ISSN 2758-9870

東京都立産業技術大学院大学
紀　要

Bulletin of
Advanced Institute of Industrial Technology

第 19 号

2026 年 2 月

東京都立産業技術大学院大学

目次　CONTENTS

論文　Regular Papers

AR を用いたコメント共有による美術鑑賞支援システムの提案
An AR-Based Comment Sharing System for Supporting Art Appreciation
小島 瑛里子　山川 美咲　渡辺 光太郎　飛田 博章
Eriko Kojima　Misaki Yamakawa　Kotaro Watanabe　Hiroaki Tobita …… 1

ソフトウェアファースト戦略とダイナミックケイパビリティ:トヨタに見るアジャイル・リーン開発の実践と意義
Software-first strategy and dynamic capabilities: The practice and significance of agile and lean development at Toyota
酒瀬川 泰孝　植木 真理子　中鉢 欣秀
Yasutaka Sakasekawa　Mariko Ueki　Yoshihide Chubachi …… 6

近代文明の「リープフロッグ型」発展戦略としてのSEZ（特別叡智拠点：Special Epistemic Zones）政策とマルチチュード政策
SEZ（Special Epistemic Zones）and multitude policy as leapfrog-type developmental strategies of the modern civilization
前田 充浩　Mitsuhiro Maeda …… 13

働き方に関する意識や行動と社外活動・転機経験との関連：人材の流動性に関する調査分析
The relationship between attitudes and behaviors regarding work styles, and extracurricular activities, transitions: Research on talent mobility
三好 きよみ　Kiyomi Miyoshi …… 28

事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの開発：「プロジェクトシミュレーション・ワークショップ」
Workshop development of digital human resources in business companies: Project simulation workshop
江川 琢雄　伊勢 一也　神森 大地　吉田 晃佑　宮本 夏美　森口 雅之　三好 きよみ
Takuo Egawa　Kazuya Ise　Daichi Jinmori　Kousuke Yoshida
Natsumi Miyamoto　Masayuki Moriguchi Kiyomi Miyoshi …… 42

事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの評価
Evaluation of a workshop for digital human resources development in business companies
宮本 夏美　吉田 晃佑　森口 雅之　江川 琢雄　伊勢 一也　神森 大地　三好 きよみ
Natsumi Miyamoto　Kousuke Yoshida　Masayuki Moriguchi
Takuo Egawa　Kazuya Ise　Daichi Jinmori　Kiyomi Miyoshi …… 50

訪都外国人における個別項目の満足度と為替レートが総合的満足度に与える影響に係る考察
Considerations about how satisfaction with individual items and
exchange rates affect overall satisfaction among foreign visitors to Tokyo
渡邊 浩司　水上 真介　小泉 暢　佐々木 誠　三好 祐輔
Hiroshi Watanabe　Shinsuke Mizukami　Toru Koizumi　Makoto Sasaki　Yusuke Miyoshi …… 58

ヘドニック法と計量因果推論による空き家率への価格効果の検証：操作変数法の頑健性に関する全国市区町村パネル分析
Verifying the price effect on vacancy rates with the hedonic method and econometric causal inference:
A nationwide municipal-level panel analysis on the robustness of the instrumental variable approach
小泉 暢　渡邊 浩司　佐々木 誠　水上 真介　三好 祐輔
Toru Koizumi　Hiroshi Watanabe　Makoto Sasaki　Shinsuke Mizukami　Yusuke Miyoshi …… 62

主成分分析による訪日外国人の観光アクティビティの分析と考察
Analysis and considerations on the tourist activities of inbound visitors to Japan through principal component analysis
佐々木 誠　水上 真介　小泉 暢　渡邊 浩司　三好 祐輔
Makoto Sasaki　Shinsuke Mizukami　Toru Koizumi　Hiroshi Watanabe　Yusuke Miyoshi …… 69

途上国におけるアイデアソン，ピッチデッキの分析：タイとカンボジアの比較
Analysis of ideathon pitch decks in developing countries：a comparison of thailand and cambodia
五十嵐 俊治　Toshiharu Igarashi …… 72

模倣から差別化へ：多抓魚にみる中国中古小売業のビジネスモデル進化
From imitation to differentiation: Business model evolution in China's second - hand retailing through the case of Duozhuayu
尹 国花　Guohua Yin …… 80

Individual optimization of distributed agents in large-scale intelligent control: A spatiotemporal performance analysis
Chaofeng Zhangi　Peng Liu　Caijuan Chen　Gaolei Li …… 85

総説　Review Papers

アーキテクチャトラップに関する一考察
A study on architecture traps
吉田 敏　賀来 高志　馬 瑞潔　袈裟丸 梨里子　島田 ひかる
Satoshi Yoshida　Takashi Kaku　Ruijie Ma　Ririko Kesamaru　Hikaru Shimada …… 91

教育用データベース管理システムの調査
Survey of database management systems for educational purposes
追川 修一　Shuichi Oikawa …… 99

音楽が健康に与える効果
The effects of music on health　田部井 賢一　Ken-ichi Tabei …… 105

Structural challenges of tourism urbanization and new developments:
The possibility of regional economic revitalization in Hakodate　Hiroaki Itakura …… 108

HMIデザインに見る技術進化・ブランド強化・人間中心設計の関係性
HMI design in the automotive field: Balancing technology, brand, and human-centered design 2025
上田 太郎　Taro Ueda …… 113

子どもと親の関係性を築く体感型木製玩具の可能性
The potential of experiential wooden toys in fostering parent-child relationships
今泉 崇　中島 修　細田 貴明
Takashi Imaizumi　Osamu Nakajima　Takaaki Hosoda …… 118

言語モデルの機械論的解釈可能性ツールの調査
Survey of tools for mechanistic interpretability of transformer language models
中内 遼吾　Ryogo Nakauchi …… 124

EC サイトに投稿されたレビューの印象評価実験から得られる因子の抽出
Extraction of factors obtained through impression evaluation experiment of reviews posted at EC sites
横山 友也　Yuya Yokoyama …… 128

研究速報　Short Notes

AI と生徒・教員が共進化する中学校技術科の安全教育教材の提案
Proposal for safety education materials for junior high school technology classes where AI co-evolves with students and teachers
根本 航太　佐藤 里恵　村越 英樹
Kota Nemoto　Rie Sato　Hideki Murakoshi …… 133

人間形サクソフォン演奏ロボットの開発研究：パートナーロボット設計に資する設計アプローチ
Design study of a humanoid saxophone-playing robot: An approach informing partner-robot design
内山 純　Jun Uchiyama …… 139

ISMS の課題を解決する文書管理支援ツールの開発と有効性検証
Development and evaluation of a document management support tool to address challenges in ISMS operations
山田 涼子　椎葉 一祐希　森田 理仁　田口 一博　濱﨑 貴成　栗﨑 雄太　奥原 雅之
Ryoko Yamada　Hiroyuki Shiiba　Yoshinori Morita　Kazuhiro Taguchi
Takanari Hamasaki　Yuta Kurisaki　Masayuki Okuhara …… 147

深層学習モデルを用いたMT 法によるキャラクターデザインの類似性評価
Character design similarity evaluation using MT method with deep neural network model (pre-trained model)
越水 重臣　小黒 諒
Shigeomi Koshimizu　Ryo Oguro …… 155

急性期脳梗塞治療の適応判定支援の試み
An architecture for determining eligibility for acute stroke treatment
小山 裕司　松本 省二
Hiroshi Koyama　Shoji Matsumoto …… 159

人材の採用・育成・知識活用を支えるAI/MAS 技術
AI/MAS technologies for supporting human resource recruitment, development, and knowledge management
阿部 雄大　渡邉 佑典　安島 聖　佐藤 里恵　村越 英樹　林 久志
Yuta Abe　Yusuke Watanabe　Akira Yasujima　Rie Sato　Hideki Murakoshi　Hisashi Hayashi …… 163

PBL 評価指標の確立に向けたアンケート調査の実施：第三報
Questionnaire survey for the establishment of pbl assessment scale: 3rd report
武蔵 恵理子　細田 貴明　松尾 徳朗
Eriko Musashi　Takaaki Hosoda　Tokuro Matsuo …… 170

デザインコミュニケーションにおける色彩表現の形容詞使用傾向
Adjective usage in color communication for design: Gender and age differences with emerging vocabulary
河西 大介　Daisuke Kasai …… 176

イタリアの地域カードパターンの文化形質データセットと系統ネットワーク
A dataset of cultural traits and a phylogenetic network for regional Italian playing card patterns
松井 実　Minoru Matsui …… 179

学修満足度ダイナミクス研究を進めるための予備的検討
Preliminary study to advance research on the dynamics of learning satisfaction
牧野 千里　Chisato Makino …… 184

東京都立産業技術大学院大学修了生アンケート調査報告
Advanced institute of industrial technology graduate survey report
池水 守彦　細田 貴明　松尾 徳朗
Morihiko Ikemizu　Takaaki Hosoda　Tokuro Matsuo …… 189

LLMを用いたカスタマーハラスメント会話データ自動生成
An automatic method for generating customer harassment conversation data using large language models
木川 真実　大室 昌也　石橋 武史　本間 塁斗　繁永 直希　浪岡 保男
Mami Kigawa　Masaya Omuro　Takeshi Ishibashi　Ruito Homma　Naoki Shigenaga　Yasuo Namioka …… 194

訪都外国人における個別項目の満足度と為替レートが総合的満足度に与える影響に係る考察
Considerations about how satisfaction with individual items and
exchange rates affect overall satisfaction among foreign visitors to Tokyo
渡邊 浩司　水上 真介　小泉 暢　佐々木 誠　三好 祐輔
Hiroshi Watanabe　Shinsuke Mizukami　Toru Koizumi　Makoto Sasaki　Yusuke Miyoshi …… 58

ヘドニック法と計量因果推論による空き家率への価格効果の検証：操作変数法の頑健性に関する全国市区町村パネル分析
Verifying the price effect on vacancy rates with the hedonic method and econometric causal inference:
A nationwide municipal-level panel analysis on the robustness of the instrumental variable approach
小泉 暢　渡邊 浩司　佐々木 誠　水上 真介　三好 祐輔
Toru Koizumi　Hiroshi Watanabe　Makoto Sasaki　Shinsuke Mizukami　Yusuke Miyoshi …… 62

主成分分析による訪日外国人の観光アクティビティの分析と考察
Analysis and considerations on the tourist activities of inbound visitors to Japan through principal component analysis
佐々木 誠　水上 真介　小泉 暢　渡邊 浩司　三好 祐輔
Makoto Sasaki　Shinsuke Mizukami　Toru Koizumi　Hiroshi Watanabe　Yusuke Miyoshi …… 69

途上国におけるアイデアソン，ピッチデッキの分析：タイとカンボジアの比較
Analysis of ideathon pitch decks in developing countries：a comparison of thailand and cambodia
五十嵐 俊治　Toshiharu Igarashi …… 72

模倣から差別化へ：多抓魚にみる中国中古小売業のビジネスモデル進化
From imitation to differentiation: Business model evolution in China's second - hand retailing through the case of Duozhuayu
尹 国花　Guohua Yin …… 80

Individual optimization of distributed agents in large-scale intelligent control: A spatiotemporal performance analysis
Chaofeng Zhangi　Peng Liu　Caijuan Chen　Gaolei Li …… 85

総説　Review Papers

アーキテクチャトラップに関する一考察
A study on architecture traps
吉田 敏　賀来 高志　馬 瑞潔　袈裟丸 梨里子　島田 ひかる
Satoshi Yoshida　Takashi Kaku　Ruijie Ma　Ririko Kesamaru　Hikaru Shimada …… 91

教育用データベース管理システムの調査
Survey of database management systems for educational purposes
追川 修一　Shuichi Oikawa …… 99

音楽が健康に与える効果
The effects of music on health　田部井 賢一　Ken-ichi Tabei …… 105

Structural challenges of tourism urbanization and new developments:
The possibility of regional economic revitalization in Hakodate　Hiroaki Itakura …… 108

HMIデザインに見る技術進化・ブランド強化・人間中心設計の関係性
HMI design in the automotive field: Balancing technology, brand, and human-centered design 2025
上田 太郎　Taro Ueda …… 113

子どもと親の関係性を築く体感型木製玩具の可能性
The potential of experiential wooden toys in fostering parent-child relationships
今泉 崇　中島 修　細田 貴明
Takashi Imaizumi　Osamu Nakajima　Takaaki Hosoda …… 118

言語モデルの機械論的解釈可能性ツールの調査
Survey of tools for mechanistic interpretability of transformer language models
中内 遼吾　Ryogo Nakauchi …… 124

EC サイトに投稿されたレビューの印象評価実験から得られる因子の抽出
Extraction of factors obtained through impression evaluation experiment of reviews posted at EC sites
横山 友也　Yuya Yokoyama …… 128

研究速報　Short Notes

AI と生徒・教員が共進化する中学校技術科の安全教育教材の提案
Proposal for safety education materials for junior high school technology classes where AI co-evolves with students and teachers
根本 航太　佐藤 里恵　村越 英樹
Kota Nemoto　Rie Sato　Hideki Murakoshi …… 133

人間形サクソフォン演奏ロボットの開発研究：パートナーロボット設計に資する設計アプローチ
Design study of a humanoid saxophone-playing robot: An approach informing partner-robot design
内山 純　Jun Uchiyama …… 139

ISMS の課題を解決する文書管理支援ツールの開発と有効性検証
Development and evaluation of a document management support tool to address challenges in ISMS operations
山田 涼子　椎葉 一祐希　森田 理仁　田口 一博　濱﨑 貴成　栗﨑 雄太　奥原 雅之
Ryoko Yamada　Hiroyuki Shiiba　Yoshinori Morita　Kazuhiro Taguchi
Takanari Hamasaki　Yuta Kurisaki　Masayuki Okuhara …… 147

深層学習モデルを用いたMT 法によるキャラクターデザインの類似性評価
Character design similarity evaluation using MT method with deep neural network model (pre-trained model)
越水 重臣　小黒 諒
Shigeomi Koshimizu　Ryo Oguro …… 155

急性期脳梗塞治療の適応判定支援の試み
An architecture for determining eligibility for acute stroke treatment
小山 裕司　松本 省二
Hiroshi Koyama　Shoji Matsumoto …… 159

人材の採用・育成・知識活用を支えるAI/MAS 技術
AI/MAS technologies for supporting human resource recruitment, development, and knowledge management
阿部 雄大　渡邉 佑典　安島 聖　佐藤 里恵　村越 英樹　林 久志
Yuta Abe　Yusuke Watanabe　Akira Yasujima　Rie Sato　Hideki Murakoshi　Hisashi Hayashi …… 163

PBL 評価指標の確立に向けたアンケート調査の実施：第三報
Questionnaire survey for the establishment of pbl assessment scale: 3rd report
武蔵 恵理子　細田 貴明　松尾 徳朗
Eriko Musashi　Takaaki Hosoda　Tokuro Matsuo …… 170

デザインコミュニケーションにおける色彩表現の形容詞使用傾向
Adjective usage in color communication for design: Gender and age differences with emerging vocabulary
河西 大介　Daisuke Kasai …… 176

イタリアの地域カードパターンの文化形質データセットと系統ネットワーク
A dataset of cultural traits and a phylogenetic network for regional Italian playing card patterns
松井 実　Minoru Matsui …… 179

学修満足度ダイナミクス研究を進めるための予備的検討
Preliminary study to advance research on the dynamics of learning satisfaction
牧野 千里　Chisato Makino …… 184

東京都立産業技術大学院大学修了生アンケート調査報告
Advanced institute of industrial technology graduate survey report
池水 守彦　細田 貴明　松尾 徳朗
Morihiko Ikemizu　Takaaki Hosoda　Tokuro Matsuo …… 189

LLMを用いたカスタマーハラスメント会話データ自動生成
An automatic method for generating customer harassment conversation data using large language models
木川 真実　大室 昌也　石橋 武史　本間 塁斗　繁永 直希　浪岡 保男
Mami Kigawa　Masaya Omuro　Takeshi Ishibashi　Ruito Homma　Naoki Shigenaga　Yasuo Namioka …… 194

AR を用いたコメント共有による美術鑑賞支援システムの提案

An AR-Based Comment Sharing System for Supporting Art Appreciation

小島 瑛里子 [1*]　山川 美咲 [1]　渡辺 光太郎 [1]　飛田 博章 [1]
Eriko Kojima[1*]　Misaki Yamakawa[1]　Kotaro Watanabe[1]　Hiroaki Tobita[1]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[*]Corresponding author: Eriko Kojima, a2115ek@aiit.ac.jp

Abstract　Visual thinking curriculum and visual thinking strategies are interactive art appreciation methods developed by the Museum of Modern Art as a way for multiple people to appreciate works of art. In this study, we have developed an art appreciation support system using augmented reality as a smartphone application to enhance learning through interactive appreciation. This system aims to propose a new type of art museum appreciation by applying the recommendation of function ality found in e-commerce websites to real-world art works. This study presents the design and implementation of a smartphone application that supports interactive viewing.

Keywords　visual thinking curriculum; visual thinking strategies; visual positioning system; augmented reality; smartphone application

1　はじめに

美術館や博物館の展示でよく使用されるデジタル技術として、Augmented Reality（AR）が挙げられる。2021 年以降、VPS（画像認識による位置情報提供）サービスの台頭により位置情報を用いたマーカーレス AR の開発はより身近な存在となってきているが、先行研究は事例がまだ少ない。同様に、AR を用いた効果についての先行研究も少ないものの、一般的には「楽しい」「記憶に残りやすい」といった効果が得られると考えられている [1]。

本研究では、マーカーレス AR を用いて鑑賞者同士が意見や感想を共有できるシステムを提案する。複数人で意見を共有する美術鑑賞手法としては対話型鑑賞がある。本システムはこの対話型鑑賞のメリットと AR を利用するメリットを活用し、使用者の美術鑑賞学習の意欲向上を図る。

美術鑑賞の手法の一つである対話型鑑賞（VTC/VTS）[2] は複数人による美術作品の鑑賞法で、ファシリテータと呼ばれる学芸員や先生など専門知識を有する人のガイドに従い参加者が作品に対する意見を交換しながら鑑賞することで、作品への興味や理解を深めていく方法である。現在は多くの美術館や美術教育の現場で活用されており、美術鑑賞学習への有効性が証明されている反面、その実施方法の特性によりいくつかの課題が挙げられる。第一に、学習内容がファシリテータ次第となる点である。解釈の問題や表現に関する推察はファシリテータが多くの可能性を示唆するはずではあるが、考え方の方向性や提供される関連情報など、ファシリテータの手腕が問われる場面が多い。第二に、ファシリテータによる誘導が必須のスタイルのため、対話型鑑賞中は参加者が受動的な姿勢での学習となる点である。また、従来から挙げられている問題として、公式な美術の現場では専門性のある訓練を積んだ人材が必要なことから、ファシリテータ人材の確保の問題が挙げられる。

上記のような問題に対して、すでにいくつかの先行研究で美術鑑賞のコメントを共有するシステムが提案されている。本研究は VPS サービスによるマーカーレス AR を用いてこの問題を解決する。

このシステムは、ユーザーが鑑賞コメントを入力した AR のオブジェクトの表示位置を任意の場所へ自由に設定できる、ハンズオン形式（利用者が自身の手を使って操作する形式）のシステムである。ユーザーは対象の展示空間に対応デバイスをかざし、AR カメラを通して自分や他ユーザーが表示位置を設定した AR を確認することができる。AR をタップすると設定時に入力したコメントが表示されるため、利用者はユーザー同士でコメントを共有することができる。なお提案システムでは、フラワー型やダイヤモンド型などのデザイン性のある AR を使用することで、展示会場の景観に適合した AR 空間を創出できる。今回の提案システムの実装では、マーカーレス AR には VPS（Visual Positioning System/Service）技術を使用した Microsoft の AR サービス、Azure Spatial Anchors を用いた。

2　対話型鑑賞

対話型鑑賞は 1990 年代に新しい美術鑑賞方法として美術教育者により日本に広まったが、参加者が新たな「気づき」を得るための活動方法として、現代では美術以外の領域でも様々な取り組みに活用されている。

三成氏は、2016 年に生命科学の社会的影響を主題とする研究プロジェクト「しま（ISLE）プロジェクト」[3] を立ち上げ、倫理的または社会的な問題を含むアート作品を対象に対話型鑑賞を行い、対話型鑑賞を生命科学に対するアクションリサーチのような形で応用することを試みた。企業活動の例では、株式会社 MIMIGURI では組織の創造性の開発育成のため、有志で行う毎週のワークショップの中で対話型鑑賞の実験を行っている [4]。このように、鑑賞対象に対して一人では思いつかなかったこと、発見できなかったことを発見し仲間やチームで共有できるという点で、学習に有効な手法であると考えられている。

3　本システムの効果

AR 体験を通した学習効果

足立ら [5] は「触ったり、使ったり、作ったりする行動を伴う体験型展示は、展示ケース内の資料を見るだけの従来の展示より、記憶に残り、理解の度合いも高まる」とし、博物館における体験型展示の分類について詳細に述べている。デバイスを使いユーザーが自ら「AR の表示位置を設定する」操作体験を博物館における体験型展示と同様に考えれば、ハンズオン形式の AR システムはユーザーが展示内容に対する理解を深めるのに有効であるといえる。実際に博物館で AR を用いた効果に関する研究として、神

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

保ら [6] は横浜市歴史博物館にて AR クイズを通した実証実験を行い、AR を介することによって来館者の展示に対する関心や認知度の向上を図ることができることを明らかにしている。

システムを介したコミュニケーションによる自己開示効果

提案システムが対話型鑑賞と異なる点は、対話型鑑賞がファシリテータを含めた数十名程度のワークショップ形式で実施されるのに対し、当システムでは対面したことのないユーザー同士で作品に投稿されたコメントのみを共有する点である。コンピュータを通じて行われるコミュニケーション（CMC）に関する先行研究では、CMC では対面でのコミュニケーションよりも自己開示が促進されることが多くの研究により報告されている [7]。また、2016 年度に内閣府が行った「子供・若者の意識に関する調査」[8] の中で、インターネットの利用についての意識をたずねた「他者と関わる際のインターネットの利用について」では、「率直に話ができるので便利」に対し「そう思う」への回答は 61.8%、「深く関わらなくてすむので参加しやすい」が 67.7%と過半数を超えた回答であった。上記から、システムを介して行う対面したことのない相手とのコメント共有による美術鑑賞は、自己開示のしやすさでは対面で行う対話型鑑賞より優位であるといえる。

4 関連研究

美術鑑賞に関する関連研究

美術鑑賞、特に複数人での鑑賞に関するシステム開発はこれまでも複数行われている。三浦ら [9] は、概念マップとソーシャルタグを活用した、複数人の芸術鑑賞における協調学習支援システムを提案した。湯浅ら [10] は、一人でも対話型鑑賞を行える音声対話システムに、他のユーザーの発話を参照できる機能を追加した。長谷部ら [11] は絵画の解説にマーカー AR を使用し、利用者の気付きと感想を共有する美術鑑賞支援システムを実現した。美術鑑賞システムへ AR を使用することの有効性については、Gong ら [12] が美術館と AR に関する研究で、AR がユーザーの学習意欲や有意義な体験、感情的なつながりを引き起こし、ユーザーの興味と学習プロセスを喚起すると述べている。

日本国内の美術館・博物館

AR 技術は、「見て・学んで楽しむ」エンターテイメントである美術館や博物館などの展示場で、現在すでに幅広く利用されている。

AR を使った美術作品展示は、日本では 2012 年頃から現れるようになった。セカイカメラ開発者の赤松正行氏の代表作「ウロボロスのトーチ」[13] は、2012 年に制作された。AR を用いた展示で著名な美術館としては、長野県安曇野市の安曇野ビンサンチ美術館 [14] が挙げられる。こちらでは主に現代美術家の北原畝氏・妻の早苗氏らの作品が展示されている。2021 年に多数の AR 対応展示と共にリニューアルオープンした当施設は、リニューアル後も引き続き AR アプリを使用して表示できる飛び出す AR 絵画の制作を進めている。

近年では博物館ガイドシステムにも積極的に AR が使用されている。東京国立博物館では、2020 年 3 月に館内の展示解説に AR に対応した館内ガイドアプリ「トーハクなび」を更改リリースした [15]。館内に設置された AR マーカーに端末のカメラをかざすと、展示品の解説動画や館内スタンプラリーなどが楽しめる。バーチャルの人物が現れて伝統演劇を披露するような鑑賞型のコンテンツや、画面をタッチすることで展示物の作成プロセスを楽しみながら学べる体験型コンテンツなど、学習のためのコンテンツが多数搭載されている。

最新デバイスを用いた例では、2022 年に北海道札幌市の東 1 丁目劇場で開催された展覧会「バンクシー展〜天才か反逆者か〜」にて、メガネ型の AR デバイス NrealLight を用いた KDDI の映像による解説サービス「au ビジュアルガイド」によるガイドツアーが公開された [16]。こちらはデバイスを操作して展示品の番号を選択すると、デバイスを通して解説が確認できるサービスである。

海外の美術館・博物館

海外の美術館や博物館でも、その規模に関わらず AR を使用した展示やサービス開発がよりさかんに行われている。

アメリカで最大級の規模を誇るデトロイト美術館では、GuidiGO 社の開発する Google Tango を使用した AR システム「Lumin」[17] を導入したイベントで話題となった。同美術館は 2017 年に、2000 年前のミイラに装置をかざすと内部の骨格の X 線写真が映し出される、ガラスケースに展示されている青銅器が再現され動きだすなどの AR コンテンツを含んだ展示を開催している。スミソニアン博物館でも 2017 年に AR を使用した展示が導入され、骨格標本にかざすと生きていた当時同様に肉付けされた姿で AR 表示されたり、展示されている骨格の姿のまま動いたりする AR コンテンツ [18] が人気を呼んだ。なお、同博物館は 2020 年に所蔵品 280 万点の電子データを自由利用のため一般公開しており、同年 12 月には Instagram の公式アカウントにてこのデータを用いた 2D および 3D モデルの AR エフェクトを公開している。そのほかのアメリカの大型美術館の最近の例では、メトロポリタン美術館が 2022 年に開催された展示会「Chroma: Ancient Sculpture in Color」に関連して、Bluecadet 社が開発した WebAR システム「Chroma AR」[19] を導入し、鮮やかな色彩と複雑な模様で描かれたギリシャ・ローマの彫刻の AR 展示を公開した。より小規模な施設の例では、アメリカの IT ソリューション企業 Cuseum 社は、2017 年に地元のアーティスト felice らと共同でコンテンツを制作し、ペレス・アート・ミュージアム・マイアミにて世界初の AR 展覧会を開催した。以降、国内外の多数の文化施設で多くのテクノロジーを利用した展示やデジタルガイドの導入を手掛けている。同社が 2018 年に開始したプロジェクト「Hacking the Heist」は、同社が 1990 年に地元ボストンのイザベラ・スチュワート・ガードナー美術館で発生した美術史上最大の盗難事件に対して地元への貢献として自主的にスタートしたプロジェクトで、盗難に遭った作品を AR を用いて再現することで蘇らせ、大きな話題となっている。同社は 2020 年 5 月に、「モナ・リザ」などの有名作品を自宅の壁面に AR 表示して楽しめる家庭用のスマートフォン向け AR アプリ「Museum for Home」[20] をリリースしている。

アメリカ以外の国の例では、英国のテート美術館で 2019 年に行われた旧 Facebook 社（現 Meta 社）の AR サービス「SparkAR」を使用したコンテンツ [21] が話題となった。この展示ではイン

スタグラムのアプリでマーカーを読み込むと、展示されている絵画が額縁から飛び出して 3D に拡張される、絵画内の人物が動くなどのアクションが楽しめる AR コンテンツを公開している。カナダを代表する美術館、トロントのオンタリオ美術館も、早くに AR を導入した大型美術館の一つである。2017 年に AR システム「ReBlink」[22] を使用した AR 展示で、中世の人物画の中の書物がノート PC にすり替わったりするなどの最新機器が出現する表現で来館者を驚かせた。また現在 2024 年まで開催されている「KAWS:FAMILY」[23] では、ニューヨーク出身のアーティスト Brian Donnelly（通称 KAWS）の作品が展示されている。この展示でも来館者は自分のスマートフォン端末にダウンロードしたアプリを使用し、館内で AR キャラクターを表示することができる。

VPS 技術

VPS（Visual Positioning System/Service）技術とは、画像認識により位置情報を取得する測位技術の一つである。VPS によるマーカーレス AR は、マーカーの代わりに位置情報を利用して表示場所を設定する AR の表示方法の一つであり、近年様々な場面での活用が進んでいる。

Google の Geospatial API は Google ライブビューの収集情報を利用した VPS サービスで、屋外では GPS よりも高い精度で位置情報取得が可能である。代表的な活用例としては、こちらを使用したスマートフォン用の屋外で遊べるインベーダゲームが先日 GooglePlay にて公式リリースされている。

POKEMON GO や Ingress などのゲーム作品で有名な企業 NIANTIC 社が提供する VPS サービス Ligntship VPS[24] は、画像情報に関して自社開発者による情報収集のほか、同社のゲームプレイヤーが端末使用環境周辺で収集した画像情報を提供する方式を採用している。開発者が同システムを利用したい場合は、開発者用サイトから対象地域周辺の 3D メッシュをダウンロードするか、専用アプリで周辺情報をスキャニングし、位置情報の特定のために情報をアップロードする必要がある。

フィンランドの VPS サービス提供企業の IMMERSAL 社は、あらかじめ画像スキャンした対象空間にスキャン用デバイスの GPS 情報と方向データをタグ付けし、各画像の AR 認識ポイントをつなぎ合わせる「空間マッピング」という方法で作成した空間データを共有する VPS システムを提供しており、こちらも現在屋内外で使用できる VPS サービスの代表のひとつである。活用例としては、2021 年に楽天モバイルがノエビアスタジアム神戸で IMMERSAL 社の VPS サービスを用いたマーカーレス AR の検証実験を行っており、新しい観戦体験の創出のための取り組みとして、サッカー試合中の選手情報・試合情報の AR 表示や AR 広告とインターネットショッピングとの連携に成功している [25]。また、国土交通省が提供する 3D 都市モデルデータプロジェクト PLATEAU の公式サイトでは、提供データを IMMERSAL 社の VPS サービスと連携した利用例を紹介しており、これによりさらに正確な位置情報を保持した AR 空間の作成が可能であることを説明している [26]。これは、ユーザーの位置情報を使用したゲームやアプリケーションに応用できるサービスである。

室内で活用されている VPS 技術の例としては、2021 年に日本科学博物館で行われた KDDI との共同実験で公開されたデジタル展示「HYPER LANDSCAPE」が話題となった。これは博物館の鑑賞体験の拡大を目的に、5G や屋内 VPS を活用してデジタル化された展示空間を構築する技術の実証実験である。デジタル化された展示空間内では、スマートグラスを通じて、未来館のシンボル展示である世界初の有機 EL パネルを使った地球ディスプレイ「ジオ・コスモス」の周りを人工衛星が飛び回る様子を鑑賞できるほか、5G による MEC を活用したバーチャルヒューマン「coh（コウ）」がアテンダントとして登場し来訪者へ解説を行う。また、2021 年夏にパシフィコ横浜で開催されたイベント「Sony presents DinoScience 恐竜科学博」[27] では、スマートグラスを通して骨格標本を見ると肉付けされた等身大の恐竜の CG が標本に重なって表示されるサービスが公開され、その迫力とリアルで繊細な AR による表現が話題となった。この実験に用いている VPS 技術は全天球カメラを用いて画像を取得し、誤差の少ない方法で画像処理を行っているが、高頻度な位置推定が必要となる場合に VPS 単体で用いると負荷が高く処理遅延が発生するため、実装にはリアルタイムに動作する SLAM と組み合わせて用いられている [28]。

このように、近年では様々な企業で VPS サービスの提供ならびに VPS 技術の研究がさかんに行われているが、より正確な位置情報の取得を試みる技術開発では特殊な装置や複雑な技術の組み合わせが必要である。

5 システム概要

本研究では、画像認識により位置情報を取得する VPS 技術によるマーカーレス AR を採用した。本システムは Android で動作するアプリケーションとして Unity（C）を用いて実装し、バックエンドのサービスとして Microsoft のクラウドサービス、Microsoft Azure Cloud を用いた。AR の表示および表示位置の設定に関する機能は Azure Spatial Anchors を用いた。このサービスの VPS 機能により、ユーザーによるマーカーレス AR の表示位置の設定を実現する。また、AR の位置情報やコメントを保存するデータベースとして Azure Cosmos DB を使用しており、NoSQL DB を用いた json ファイル形式による簡潔なデータベース機能を実装している。システムは AR の表示位置を設定するモードと AR を探すモードに大別される。以下にそれぞれのモードと構成要素について述べる。

探すモード

探すモードは、画面上部の「探すモード」にチェックを入れ、画面下部の検索アイコンをタップすることで起動する。この操作により、データベースに登録されている AR の情報を検索し表示する。表示された AR をタップすると、ユーザーが AR 設定時に登録したコメントを確認することができる（図 1）。

設定モード

設定モードは、次の 4 つのステップで実行する。まず、画面下部中央の設定アイコンからインジケータを表示させ、AR を表示させる位置を決定する。この状態で画面をタップすると、その場所が AR の表示位置として設定される。次に、キーボードが起動するのでコメントを記入し、画面下部右側の完了アイコンでコメント入力を完了する。コメント完了後、「ピンを共有するためにピ

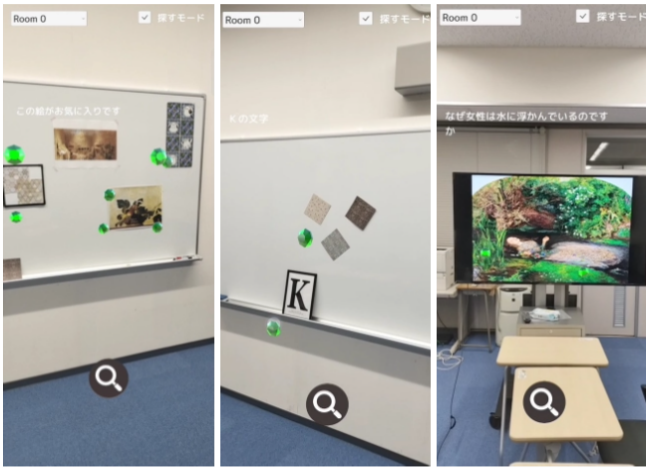


図 1　探すモード

図 2　ポスター周辺に AR を設定する様子

図 3　緑色のモニター周辺に AR を設定した様子

ンの周りをカメラに向けてください」と操作方法が表示されるので、デバイスのカメラで AR 表示位置の周辺情報を認識させる。この操作は進行状況がパーセントで表示されるため、100%になるまで行う。最後に「アンカーの作成が完了しました」と表示されたら設定完了である。

6　検証と考察

展示絵画に見立てたポストカードや、A3・A4 サイズのポスター、および絵画を表示した 80 インチの大型モニターの周りに当システムを用いて AR を設定し、それぞれのユーザーが対象の展示についてコメントを投稿した（図 2)。参加したユーザーは Android 端末にて、当システムの「探すモード」で自分や他のユーザーが設定した AR を表示し記入したコメントが確認できることと、「設定モード」で自身のコメントを記入した AR を設定できることをそれぞれ確認した。

今回の検証では緑色の 3D オブジェクトを AR として用いた。宝石のエメラルドを想起する色と形状で、AR カメラ越しの展示場の景観を向上する狙いである。ポスターに対する展示には好評価であった半面、図 3 のように大型モニターに映した絵画の背景が緑色であったため、このモニターの周辺に設定した AR は周辺の色と混ざって判別しにくいというシステム上の欠点が明らかになった。使用する AR の選定の際は、展示のテーマカラーや主要な展示物の色味を考慮する必要がある。あるいは、ユーザーがシステム上で設定する AR の色や形状を数種類から選択できるとより便利に使用できると考えられる。

使用する AR は大きすぎると設定しにくいが、小さすぎると表示する時に探しにくい。また、コメント表示時にタップしにくいという問題がある。展示物の大きさを考慮し、適切な大きさに調整する必要がある。今回の検証では、展示物に対して 1/30 以下（A3 ポスター上で 6cm 四方程度）のサイズになるように調整した AR を用いた。

7　今後の課題

現状のシステムの問題としては、第一には AR 機能の起動や AR 表示位置のデータの読み込みに時間がかかることが挙げられる。まず「設定モード」起動時にシステムが平面検知するまでの時間は数秒〜20 秒程度であった。特に壁面などの垂直面をシステム起動直後に検知することは難しく、床面などの水平面を先に検知すると比較的スムーズに垂直面を検知した。次に AR 設定後の周辺情報の読み込みは平均して 20 秒〜50 秒程度であった。なお一度 AR の表示位置として設定した場所の周辺に 2 回目以降に AR を設定する際には、読み込み速度が向上し、平均 10 秒〜30 秒程度に短縮された。本来であれば展示作品に対してコメントしたいと思ったタイミングですぐに AR を設定できることが望ましいが、現状のシステムでは上記に記した通り一定以上の時間がかかる。このほか、「探すモード」での AR の表示位置設定の読み込みにかかる時間は数秒〜20 秒程度であった。こちらも一度この動作を行った後は、即時〜数秒程度で AR が表示された。これらは AR で使用している技術に由来する問題のため、改善には他の複数サービスを用いた開発検証が必要となる。

第二に、Deapth API 未対応の端末を用いた検証では先に述べた問題でさらに時間がかかることがあった。また AR 表示に不具合が発生することもあった。他にも ARCore 対応の Android 端末の中でも条件が合致しないものは正常に動作しないことが考えられるため、安定した動作の保障には適合端末の検証が必要である。

8 まとめ

本研究では、マーカーレス AR を用いて鑑賞コメントを共有する美術鑑賞支援システムのデザインと実装について述べた。現状のシステムの問題としては、使用する AR の色形や大きさに関する問題のほか、AR 表示機能や AR 設定機能の使用時に時間がかかる操作が多いことや、自分のコメント後に投稿された他ユーザーのコメントが見られないことなどが挙げられる。より使いやすいシステムへの改良は今後の課題である。また、より多くの検証者に協力を依頼し美術鑑賞への有効性を検証していきたい。

参考文献

1. COCOAR. AR マーケティングの効果と課題. 2025. Available: https://www.coco-ar.jp/media/column/ar-marketing
2. 加藤悦子. 美術作品を中心とした視覚媒体を活用した教育の研究—VTS 美術鑑賞教育を日本に適用した教育方法の形成—. 玉川大学学術研究所紀要. 2017;22: 37–55. Available: https://tamagawa.repo.nii.ac.jp/records/440
3. 三成寿作.「しま」から学ぶ—継承性，連帯性，創造性（しまと科学技術，そしてアートを考える）. 季刊『しま』. 2018. pp. 56–59. Available: https://www.nijinet.or.jp/publishing/shima/bn/tabid/218/Default.aspx
4. 福のり子. ここからどう進む？ 対話型鑑賞のこれまでとこれから アート・コミュニケーションの可能性. 淡交社; 2023. pp. 193–202.
5. 足立拓朗. 日本国内の西アジア系博物館における体験展示-体験展示とハンズオン展示の分類案から-. 金沢大学考古学紀要. 2012. pp. 83–91. Available: http://hdl.handle.net/2297/31447
6. 神保英. 博物館での学習における拡張現実（AR）技術の可能性. 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル. 2024. pp. 16–22. Available: https://www.comm.tcu.ac.jp/cisj/15/assets/15_01.pdf
7. Joinson AN. Self-disclosure in computer-mediated communication: the role of self-awareness and visual anonymity. Eur J Soc Psychol. 2001. pp. 177–192.
8. 内閣府. 平成 29 年版子供・若者白書. 2017. p. 6.
9. 三浦慎平. 複数人での芸術鑑賞における協調学習支援システム:SyncThink. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI). 2015. pp. 1–8. Available: https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/record/141318/files/IPSJ-HCI15162018.pdf
10. 湯浅美野. 対話型美術鑑賞音声対話システムにおける発話参照機能の提案. 情報処理学会関西支部支部大会. 2021. pp. 3–5. Available: https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/record/213714/files/IPSJ-Kansai2021054.pdf
11. 長谷部すみれ. AR 技術を用いた絵画閲覧システム. 第 76 回全国大会講演論文集. 2014. pp. 881–883.
12. Zhe Gong GX Ruizhi Wang. Augmented reality(AR) as a tool for engaging museum experience. Digital. 2022;2: 33–45. doi:10.3390/digital2010002
13. 赤松正之.《ウロボロスのトーチ》[2012]. 2012. Available: https://www.ntticc.or.jp/ja/archive/works/uroboros-torch/
14. ARGO. AR 作品を楽しめる安曇野ビンサンチ美術館！「AR 美術館」としてリニューアルオープン. 2021. Available: https://ar-go.jp/media/news/ar-adumino-binnsannti-bizyutukann
15. 東京都国立博物館. トーハクなびとは. Available: https://www.tnm.jp/modules/r_free_page/index.php?id=2010
16. KDDI. スマートグラスで視覚的に作品解説、「au」ビジュアルガイド“開始〜美術館・博物館向けに提供、バンクシー展を AR で解説〜. 2022. Available: https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2022/04/15/6003.html
17. of Arts DI. Detroit Institute of Arts to premiere Lumin, a mobile tour using augmented reality, Jan. 25 Developed by DIA in partnership with Google and mobile developer GuidiGO. 2017. Available: https://dia.org/about/media-room/news/detroit-institute-arts-premiere-lumin-mobile-tour-using-augmented-reality-0
18. Smithsonian. Skin & Bones promotional video Skin & Bones promotional video. 2015. Available: https://www.si.edu/object/skin-bones-promotional-video:yt_7agVb4IG16M
19. Bluecadet. Chroma a: RTHE METROPOLITAN MUSEUM OF ART. Available: https://www.bluecadet.com/work/chroma-ar/
20. CUSEUM. Museum form home. Available: https://cuseum.com/ar-museum-from-home
21. Meta. Tech at Meta,“Augmenting abstraction: Facebook Expands AR Experiences with Tate. Available: https://tech.facebook.com/reality-labs/2019/08/augmenting-abstraction-facebook-expands-ar-experiences-with-tate-britain/
22. GCTD A. Reblink-digital art gallery at art gallery of ontario. Available: https://www.globalcreatechaward.com/post/reblink-digital-art-gallery-at-art-gallery-of-ontario
23. AGO. KAWS:FAMILY. 2023. Available: https://ago.ca/exhibitions/kaws-family
24. Niantec. Lightningship.
25. 楽天 Mobile. 楽天モバイルと楽天ヴィッセル神戸、5G と VPS 技術を活用した新たな試合観戦体験の実証実験に成功. Available: https://corp.mobile.rakuten.co.jp/news/press/2021/1110_01/
26. by MILT P. Topic14 ｜ AR・VR での活用 [2/3] ｜ Immersal で 3D 都市モデルの空間認識 AR を作成する 14.2 immersal で活用する. 2023. Available: https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/tpc14-2
27. KDDI. 実物大の恐竜が現れる！ 5G× スマートグラスを「DinoScience 恐竜科学博」で体験. 2021. Available: https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2021/03/10/5007.html
28. 小森田賢史. 画像に基づく測位技術の研究とシステムの開発実証. 映像情報メディア学会誌. 2022. pp. 129–134. doi:10.3169/itej.76.129

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ソフトウェアファースト戦略とダイナミックケイパビリティ:トヨタに見るアジャイル・リーン開発の実践と意義

Software-first strategy and dynamic capabilities: The practice and significance of agile and lean development at Toyota

酒瀬川 泰孝 [1] 植木 真理子 [2] 中鉢 欣秀 [3*]

Yasutaka Sakasekawa[1] Mariko Ueki Yoshihide Chubachi[3*]

[1] 立教大学 Rikkyo University
[2] 拓殖大学 Takushoku University
[3] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Yoshihide Chubachi, yoshi@chubachi.net

Abstract Purpose: This study investigates how Toyota integrates Agile, Lean, and Software-First approaches to enhance Dynamic Capabilities (DC) — Sensing, Seizing, and Transforming — in the face of radical shifts due to CASE and MaaS. It also examines how these approaches interact with Toyota Way 2.0 to sustain competitive advantage. Design/Methodology/Approach: A case study examines Toyota's public reports, press releases, and industry analyses; data were coded thematically under DC theory and three core strategies: Agile, Lean, and Software-First. Findings: Agile enhances Sensing via iterative feedback and rapid response. Lean fosters Transforming via Kaizen and waste reduction. Software-First accelerates Seizing with OTA updates and new service models. Toyota Way 2.0 fosters synergy among these approaches, reinforcing competitive advantage. Research Limitations/Implications: This single-case focuses on Toyota, relying largely on public data, calls for further cross-company or in-depth research. Practical Implications: Manufacturers shifting from hardware-centric to software-driven models can replicate Toyota's Agile–Lean–Software approach; a corporate culture akin to Toyota Way 2.0 amplifies its effectiveness. Originality/Value: By demonstrating how Toyota's culture and strategies strengthen DC, this study clarifies how Agile, Lean, and Software-First drive digital transformation in automotive settings, highlighting the importance of cultural alignment.

Keyword toyota way; dynamic capability; case; maas; agile

1 はじめに

目的と背景

近年、自動車産業は CASE（Connected, Autonomous, Shared, Electric）や MaaS（Mobility as a Service）といった潮流の影響を受け、ハードウェア中心の「ものづくり」からソフトウェアやサービスを重視する「コトづくり」へ変容している。特に日本市場においては、ハイブリッド車（HEV）やプラグインハイブリッド車（PHEV）への需要が高まる一方、世界市場全体ではバッテリー式電動車（BEV）へのシフトが加速しており、自動車メーカー各社は従来の大量生産志向から高収益体制の維持へと戦略の軸足を移し始めている[1,2]。本研究では、トヨタが推進する「リーン開発」「アジャイル開発」「ソフトウェアファースト戦略」が、企業の動的な環境適応能力であるダイナミック・ケイパビリティ（以下 DC）にどのように影響を与えているかを解明することで、従来の自動車産業の枠組みを超えた経営戦略上の示唆を得ることを目指す。

DC[1, 6]とは、急激に変化する外部環境に対応して企業が持続的な競争優位を確立・維持するための「感知（Sensing）」「捕捉（Seizing）」「再構成（Transforming）」の三要素からなる概念であり、特に技術革新と市場ニーズの変動が著しい自動車産業においては、デジタル技術を通じた DC の重要性が高いとされる[2]。

しかしながら、自動車産業に焦点を当て、ソフトウェアファースト戦略や DX（デジタルトランスフォーメーション）の視点からアジャイル・リーン開発が DC の三要素それぞれに具体的にどのような影響を及ぼすのかを体系的に示した研究はソフトウェア産業などではいくつか存在するが、自動車企業の経営戦視点の研究は見つけることができなかった。

リサーチクエスチョンと研究仮説

リサーチクエスチョン（RQ）：「トヨタは CASE（Connected, Autonomous, Shared, Electric）・MaaS（Mobility as a Service）時代の激変する市場環境において、どのような経営革新プロセスを通じて DC を強化し、競争優位を再構築しているのか」

以下の主要仮説（H0）と 4 つの作業仮説（H1〜H4）を設定する。本研究では、H1〜H3 を通じて個別の影響を明らかにした上で、H4 の相乗効果を検証することで、トヨタの戦略が個別の取り組みではなく、DC を包括的に高める体系的アプローチであることを示す。

主要仮説（H0）：「トヨタはアジャイル開発・リーン開発・ソフトウェアファースト戦略を統合的に活用することで、DC を強化し、CASE・MaaS 時代における新たな競争優位を確立している。」

H0 は、本研究の全体を貫く包括的仮説であり、DC の三要素（感知（Sensing）、捕捉（Seizing）、再構成（Transforming））が、これら 3 つの戦略によってどのように強化されるかを包括的に説明するものである。この主要仮説を検証するために、DC の三要素ごとに具体的な影響関係を示す 3 つの作業仮説（H1〜H3）を設定し、それらの相互作用を分析するために相乗効果仮説（H4）を追加する。

作業仮説（H1〜H3）：

H1（感知（Sensing）の強化）：「アジャイル開発の導入は、短いスプリント単位での市場適応を通じて、感知（Sensing）能力を強化する。」反復的な開発プロセスと市場フィードバックの活用が、CASE・MaaS 時代の急速な市場変化に対応する上で重要な役割を果たすことを検証する。

H2（再構成（Transforming）の強化）：「リーン開発の導入は、無駄の排除と継続的改善（Kaizen）を通じて、再構成（Transforming）能力を向上させる。」プロセスの最適化と組織の柔軟性向上が、トヨタの開発効率と変革能力を支えることを検証する。

H3（捕捉（Seizing）の強化）：「ソフトウェアファースト戦

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

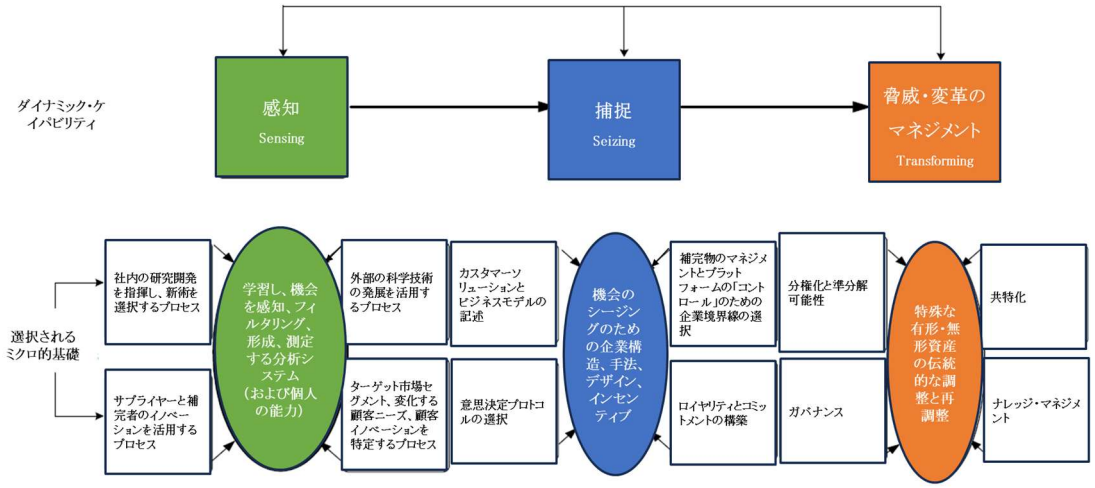


図 1　ダイナミックケイパビリティの概念図 出所：Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of sustainable enterprise performance. *Strategic management journal*, *28*(13), 1342.および、渡部直樹邦訳（2010）49 頁に基づき、筆者加筆。

略の推進により、OTA（Over the Air）更新や新規サービス導入を通じて、捕捉（Seizing）能力が加速する。」新たな市場機会の迅速な取り込が、CASE・MaaS 時代における競争優位を形成すること検証する。

H4（相乗効果仮説）：「アジャイル開発とリーン開発を組み合わせ、ソフトウェアファースト戦略を推進することで、DC の三要素が相互に補完され、競争優位をより強固にする相乗効果が生まれる。」個別に研究されてきた手法の統合的な適用が、より高度な競争優位の源泉となることを示す。

2　文献レビュー

ダイナミックケイパビリティ（DC）理論の枠組み

近年、製造業においてデジタルトランスフォーメーション（DX）や製造業のサービス化（Servitization）の潮流の中で、ハードウェア中心のビジネスモデルからソフトウェアやサービス重視のビジネスモデルへの転換が加速しており、CASE の文脈において車両は、デジタル技術と統合され、ソフトウェア駆動型のインテリジェント機能を持つことが重要となっている[2)]。自動車産業でも CASE や MaaS 等により「ものづくり」から「ことづくり」へのシフトが顕著であり、各社は製品のソフトウェア更新やサービス提供を通じて新たな価値創出と収益化を図り始めている[4]。例えば、OTA（Over-The-Air）アップデートによって新機能を継続的に提供し、顧客ロイヤルティや追加収益の向上を目指す取り組みが報告されている[2]。このような急激な環境変化への対応能力を理論的に捉える枠組みとして、ダイナミックケイパビリティ（DC）理論が有用である。DC とは、企業が外部環境の変化を「感知（Sensing）」し「捕捉（Seizing）」するとともに、内部資源を「再構成（Transforming）」して持続的な競争優位を確立・維持する能力を示す概念である**[1, 6]**。特に技術革新と市場ニーズの変動が著しい自動車産業では DC の重要性が指摘されている[5]。

Teeceは、DCのマイクロファンデーション（microfoundations）として、組織のスキル、知識共有プロセス、意思決定メカニズムが重要な役割を果たすことを示している[**6, 7**]。後続研究では、トランザクティブ・メモリー・システム（TMS）などの知識共有メカニズムが組織の動的能力を支える基盤となり得ることが指摘されており[8, 9]、特にデジタル技術を活用した企業の学習プロセスにおいて重要性が増している[10]。

DC と企業文化（トヨタウェイ 2020）の関係

近年では、企業文化が DC のマイクロファンデーションとして機能することを示す研究も増えている **[6,11]**。特に、自動車産業では、組織文化が環境適応能力や戦略実行力に大きな影響を与えることが指摘されている[12]。トヨタが提唱する「トヨタウェイ 2020」は、2001 年策定の従来のトヨタウェイ（TPS に基づく「継続的改善（Kaizen）」と「尊重（Respect for People）」の原則）を、デジタル時代に対応して進化させた新企業理念であり[3)]、トヨタ生産方式の強みとアジャイルな開発手法、ソフトウェア重視の発想を統合している。この企業文化の刷新は、組織全体に俊敏性と協働の精神を根付かせることで DC を下支えするマイクロファンデーションとして機能し、環境変化に対する感知・対応能力を高める役割を果たすと考えられる[14]。

アジャイル・リーン開発が DC の三要素に与える影響

アジャイル開発やリーン開発は、動的環境への適応力を高めるアプローチとして先行研究で注目されてきた。Vidgen & Wang は、アジャイル開発が反復的な開発サイクルと顧客フィードバック重視によって組織の柔軟性を向上させることを示している[15]。一方、リーン開発はムダの排除や継続的改善を通じてプロセス効率と適応力を強化することが示唆されており[16, 17]、組織の変革能力（Transforming）に大きな影響を与えることが明らかになっている[18]。

表 1　アジャイル・リーン開発が DC の各要素に与える影響

DC の要素	アジャイル開発の影響	リーン開発の影響
感知 (Sensing)	• 迅速な市場フィードバックの取得（短い開発サイクル） • 顧客ニーズや技術変化のリアルタイム把握（ユーザー・ストーリー、スプリント）	• 無駄の排除による効率的な情報収集 • 標準化されたプロセスによる市場変化可視化
捕捉 (Seizing)	• 反復的開発（ Iterative Development）により、新技術の迅速な採用 • クロスファンクショナルチームによる意思決定の加速	• 価値創出の最大化を目的とした p プロセス改善 • 迅速なプロトタイピングと市場投入
再構成 (Transforming)	• 柔軟な組織構造（スクラムフレームワーク等） • 継続的インテグレーション（CI/CD）により組 • 織変革を促進	• 継続的改善（Kaizen）を通じた業務プロセスの進化 • 知識共有と組織学習の促進

出所：筆者作成。

ソフトウェアファースト戦略と競争優位の関連性

ソフトウェアファースト戦略の導入は、製品のソフトウェア更新やデータ活用によりビジネスモデル変革を促進する可能性が指摘されている**[7, 2]**。従来の研究では、デジタルプラットフォーム企業がソフトウェア中心の戦略を用いることで競争優位を確立することが示されていたが、製造業、特に自動車産業においてこのアプローチがどのように適用されるかについての研究は限定的であった。本研究では、トヨタの OTA 技術や MaaS 事業の展開を分析し、ソフトウェア主導の戦略が競争優位にどのように貢献するかを明らかにする。

研究ギャップ

以上の先行研究を踏まえると、自動車産業の文脈で未解明な点が浮かび上がる。第一に、CASE や DX が進む自動車産業におけるアジャイル・リーン開発活用の包括的検討が不足している。従来の研究の多くはソフトウェア産業の事例に偏重し、複雑なハードウェア開発を伴う自動車産業でこれら手法を包括的に適用した事例研究は依然少ない。第二に、自動車メーカーによる「ソフトウェアファースト戦略」が DC の三要素に具体的にどのような影響を及ぼすのかについて、明確な知見が乏しい。今後の研究では、アジャイル・リーン開発と DC の三要素との関係をより直接的に検証することが有益であると考えられる。本研究はこれらのギャップに応えるべく、自動車産業の代表例として、トヨタの経営戦略に着目し、アジャイル・リーン開発・ソフトウェアファースト戦略の統合的な活用とトヨタウェイ 2.0 による文化的支援が DC（感知・捕捉・再構成）をいかに強化しているかを包括的に分析するという視点は、研究ギャップの解消に寄与すると考えられる。

3　調査方法

研究デザイン

ケーススタディ[19] の手法を採用し、トヨタという単一事例を対象に質的分析を行う。単一事例分析の利点としては、(1) 企業内部で起きている複雑な組織変革や開発プロセスを深く掘り下げられる点、(2) 理論的概念（DC やアジャイル・リーン開発など）との具体的対応関係を詳細に検証しやすい点が挙げられる。一方、単一事例研究は一般化可能性に限界があるため、他の自動車企業や異業種への適用については慎重な考察が必要となる。

データ収集

以下の情報源を主に活用し、多面的な資料を収集することで信頼性を補強している。統合報告書やプレスリリースは自社の広報的側面がある一方、新聞記事など第三者報道で客観性を担保した。複数資料突合せによる三角測量（triangulation）で信頼性を確保した。

1）文献レビュー：DC 理論やアジャイル・リーン開発、自動車産業の戦略論に関する学術文献・専門書を精査し、研究フレームワークを設定するうえでの基盤とした。

2）企業資料・プレスリリース・IR 情報：トヨタの統合報告書、プレスリリース、公式ウェブサイトなどの公開情報を収集し、アジャイル・リーン開発やソフトウェアファースト戦略を具体的に把握するための一次資料とした。

3）新聞・業界誌の報道：『日本経済新聞』や業界専門誌（例：『日経 Automotive』）の報道記事を活用し、企業内部資料では把握しきれない外部からの評価や客観的視点、ならびに最新動向を補足的に確認した。なお、企業関係者への直接インタビューは行っていないため（今後予定）、分析はあくまで公表されている資料や報道に基づく点に留意を要する。

分析手順

収集したデータに関しては、以下のステップで分析を行った。

①初期コード化：文献レビューで抽出した主要概念をキーワードとして、企業資料や記事のテキストを整理・抜粋した。著者 2 名がそれぞれ独立にコード化結果を突合わせた。

②カテゴリの再編成：コード化した情報を比較しながら、アジャイル開発が「感知（Sensing）」に寄与する事例、リーン開発が「再構成（Transforming）」を促進する事例、ソフトウェアファースト戦略が「捕捉（Seizing）」を強化する事例などに分類した。

③理論的フレームワークとの対照：理論的フレームワークとの対照分類した事例を DC 理論**[1, 6]**やアジャイル・リーン開発研究**[15, 2]**などと照合し本研究の各仮説に沿って妥当性を検討した。

④事例間の比較と一貫性の評価：企業資料と報道内容を相

互に参照しつつ、矛盾や不整合がないか検証したうえで、アジャイルとリーンの連携やソフトウェア主導型の組織変革に関する一貫性を評価した。

研究の限界

単一事例研究：本研究はトヨタのみを対象とするため、他社や異業種への直接的な一般化には制約がある。しかし、トヨタは国内自動車産業を代表する企業であり、ソフトウェアファースト戦略への取り組み事例として分析価値が高いと判断した。

公開情報への依拠：公開資料および報道ベースの分析であるため、企業内部の詳細プロセスやインタビューによる補足が不足している可能性がある。今後、追加的な一次データを収集することでさらに精緻な検証が可能になると考えられる。

4 結果

アジャイル開発と感知（Sensing）能力の強化

分析により、トヨタはアジャイル開発を活用することで、市場環境や顧客ニーズの変化を迅速に捉える能力（Sensing）を強化していることが確認された。特に、2020 年に開始された「Mobility Services Platform（MSPF)」におけるソフトウェア開発プロジェクト[4)]は、スクラムなどのアジャイル手法をフル活用することで、開発サイクルを約 30%短縮し、顧客ニーズの反映をスプリント単位で繰り返している。北米トヨタの関係者は「従来のウォーターフォール型開発では想定外の仕様変更への対応に時間を要したが、アジャイル体制へ移行したことで仕様変更が来ても比較的短期間で修正可能になった」と指摘しており[5)]、ユーザー視点の改良スプリントを随時実施できる点が強調されている。また、開発チーム内でのクロスファンクショナル化が進んだ結果、ソフトウェアのみならず車載通信モジュールや UI デザインの専門家などが横断的に協議・検証を行う体制が整い、市場からのフィードバックを多角的に吸収できる仕組みが構築されている。こうした取り組みは、既存研究[15]で示唆されるアジャイルの短期反復・顧客指向が企業の感知（Sensing）能力を高めるとする議論と合致しており、本研究の H1 を支持する結果である。

リーン開発と再構成（Transforming）能力の強化

リーン開発の適用は、企業内部の業務プロセスや組織構造を柔軟に再編成する能力（Transforming）の向上に寄与している。本研究では、Prime Planet Energy & Solutions（トヨタとパナソニックが共同出資するバッテリー開発会社）を事例に取り上げ、リーン手法を用いたプロセス改善がどのように開発期間と試作コストを削減しているのかを確認した[6)]。同社では、バリューストリームマッピング（VSM）を活用して「ムダ」を可視化し、ソフトウェアとハードウェアの両面で工程を最適化している。結果として、バッテリー試作品のリードタイムを従来比で約 20%短縮し、開発コストを 10%以上削減することに成功している[6)]。また、従来はソフトウェア部門とハードウェア部門が別々に進めていた設計検討を「リーン開発推進チーム」が横断的に監督する体制へ移行したところ、ボトルネックが早期に発見・解消される事例が相次いだ[16]。このような組織横断型の取り組みは、再構成（Transforming）の促進に役立つとする DC 理論[6]の枠組みとも整合し、本研究の H2 を支持する。

ソフトウェアファースト戦略と捕捉（Seizing）能力の強化

ソフトウェアファースト戦略による新技術・新サービスの捕捉（Seizing）能力の向上も顕著である。たとえば、bZ4X を中心とした電動車のソフトウェア制御技術では、OTA（Over the Air）アップデートが積極的に導入され、発売後も機能追加や不具合修正を遠隔で行う取り組みが始まっている[7)]。これにより、車両のライフサイクル全体で新しい機能を提供し続け、追加収益や顧客ロイヤルティの向上を図るビジネスモデルへの転換が進められている[2]。さらに、自社単独ではなく外部企業との連携や共同開発においても、ソフトウェア主導のアプローチが大きな役割を果たしている。具体的には、MaaS（Mobility as a Service）の実証実験で複数の IT 企業と連携し、アプリケーションやクラウドサービスを迅速に統合してサービス化する事例が見られる[8)]。こうした動きは、従来の自動車メーカーの枠を超えた新たなビジネスモデルの捕捉（Seizing）に直結しており、本研究の H3 を支持する結果である。

トヨタウェイとトヨタフィロソフィー：DC への影響

トヨタウェイ（Toyota Way）は、2001 年に策定された「継続的改善（Kaizen)」「尊重（Respect for People)」の二大原則を中核とするが、近年のデジタル化やソフトウェア指向の高まりを受け、**2020 年に「トヨタウェイ 2020」へと進化**している[9)]。

北米ソフトウェア開発拠点において、アジャイル・リーン手法の導入とあわせて Kaizen 文化をソフトウェア部門にも広く浸透させたところ、「チーム内のコミュニケーションが活性化し、機能実装のスプリント周期が平均 15%短縮した」との報告がなされた[10)]。このように、トヨタ独自の改善文化（Kaizen）がアジャイルの短期反復を支え、リーン開発のプロセス効率化とも相乗効果を生む構造は、トヨタウェイ 2020 の本質を体現している。また、「尊重（Respect)」の価値観が、ソフトウェア開発チームやハード系エンジニア、さらには他部門・他企業とのコラボレーションを円滑にする土壌となっており、企業全体が一枚岩となって変革を進められる。

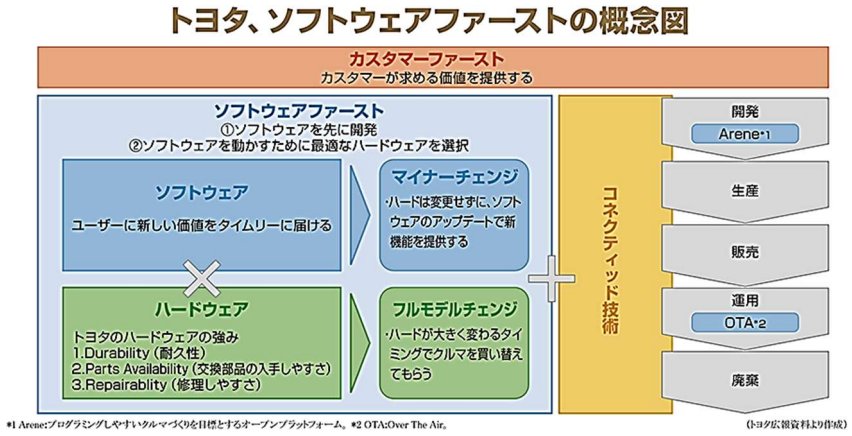


図 2　　トヨタウェイ 2020 の進化モデル

出所：FOURIN（2021）。『トヨタの 2030 年モビリティ革命』[20]

https://www.fourin.jp/report/ToyotaMotorsMobilityStrategyfor2030.html　注）Arene＊１：プログラミングしやすいクルマづくりを目標とするオープンプラットフォーム OTA＊2：Over The Air

図 3　　トヨタフィロソフィー

出所：トヨタ自動車（2023）.「トヨタ行動指針」[21]。

https://global.toyota/pages/global_toyota/company/vision-and-philosophy/code_of_conduct_001_jp_2.pdf

図 4　　トヨタアジャイルビジョン [22]

出所：Agile@Toyota North America（2018）。https://speakerdeck.com/wadak8sk/bei-mi-toyotaniokeruaziyairutoransuhuomesiyon

経営理念と DC の三要素：Sensing, Seizing, Transforming への具体的影響

トヨタウェイ・トヨタフィロソフィーの影響を DC の三要素に即して整理すると、Respect/Kaizen/Genchi Genbutsu の思想が相互に連動し、(1) 市場や現場の声を敏感に捉える仕組み（Sensing）、(2) 新規事業やサービスを素早く試作・導入する力（Seizing）、(3) 部門・組織構造そのものを柔軟に再設計する能力（Transforming）を支えていることが明らかになった（表 2 参照）。たとえば、現地現物（Genchi Genbutsu）の理念は、アジャイルスプリントのレビュー段階でエンドユーザーの

使用状況を実際に見に行く行動指針として機能し、ソフトウェア開発チームが素早く問題点を洗い出す助けになっている。

表 2 トヨタウェイと DC 三要素の対応例

トヨタウェイの要素	DC 要素	具体事例
Kaizen (改善)	Sensing	現場従業員の提案制度や短期スプリントレビューでの改善点収集
Respect	Seizing	多様な専門チームの尊重を通じた新規サービスの迅速事業化 (MaaS 連携等)
Genchi Genbutsu	Transforming	実際の使用環境を確かめながら組織を横断的に再編 (例:ソフト×ハード一体チーム)

出所：筆者作成。

経営理念が DC を下支えする構造は、CASE・MaaS 時代における自動車産業の大きな変革期において、トヨタがアジャイル・リーン・ソフトウェアファースト戦略をスムーズに導入できる要因とも考えられる。以上の結果は、H2（トヨタウェイ再構築におけるリーン・アジャイルの影響）および H4（相乗効果）の検証において特に重要な示唆を与えており、企業文化と開発手法の融合が DC の発揮に直結している点を示唆する。

5 考察

前章の調査結果を踏まえると、①アジャイル開発が Sensing を向上、②リーン開発が Transforming を促進、③ソフトウェアファースト戦略が Seizing を拡大し、さらに、④これら三手法が相乗効果を発揮することで DC を包括的に高めていることが示唆された。

1) CASE・MaaS 時代における動的環境適応の理論的および実務的示唆：自動車産業は CASE（Connected, Autonomous, Shared, Electric）や MaaS（Mobility as a Service）の出現により急激な技術・市場変化に直面している。こうした動的環境下で勝ち残るには、スピーディな感知（Sensing）と新規機会の捕捉（Seizing）、そして組織の再構成（Transforming）が不可欠である。本研究の事例からは、アジャイルとリーンのプロセス面での相互補完が環境適応を加速し、ソフトウェアファーストが製品やサービスのアップデートを効率化していることが示された。理論的には DC 理論の有効性を再確認する結果であり、実務的にも「ハード主体からソフトウェア重視へ移行する際に適切なフレームワークを採用する」必要性が浮き彫りになった。

2) トヨタウェイ・DC 理論の新たな応用可能性：トヨタウェイは従来、TPS や生産現場の改善活動を支える哲学として注目されてきた。ソフトウェア開発やサービス展開でも Kaizen や現地現物（Genchi Genbutsu）などの理念が応用され、アジャイルやリーンの導入を円滑化する要因になっている[22 - 25]。本研究の結果は、トヨタウェイが TPS 由来の改善思想を中核としつつ、デジタル時代に合わせて進化していることを示唆する。製造業以外の業種においても、企業理念や組織文化が DC 理論のマイクロファンデーション（microfoundations）[1]として機能し、動的能力を高める可能性を示唆する。

6 まとめ

リサーチクエスチョンへの回答

以上の分析結果を踏まえ、リサーチクエスチョン（RQ）に対する回答を提示する。

(1) アジャイル開発により短いスプリントサイクルを通じて顧客ニーズや市場の変化を素早く感知（Sensing）し、そのフィードバックを迅速に製品・サービスへ反映することで環境変化への先手対応を実現している。

(2) リーン開発によって全社的な継続的改善（Kaizen）と徹底した無駄の排除を行い、組織やプロセスを柔軟に再構成（Transforming）することで変化への適応力を向上させている。

(3) ソフトウェアファースト戦略の下、OTA アップデートやモビリティサービスへの展開を通じて新たなビジネス機会を迅速に捕捉（Seizing）し、デジタル技術を活用した付加価値創出を加速している。これら DC 各要素の強化により、トヨタは急激な技術革新や市場変動に対する迅速な適応と機会獲得を可能とし、CASE・MaaS 時代における競争優位の再構築に成功していると言える。

(4) 三手法（アジャイル、リーン、ソフトウェアファースト）の相乗効果を支えているのが、トヨタウェイ 2020 に代表される企業文化である。すなわち、企業理念としての「尊重（Respect for People）」や「現地現物（Genchi Genbutsu）」が、部門横断的なコミュニケーションを促し、アジャイルやリーンを柔軟に実践できる心理的安全性と組織的基盤を提供していることが確認され、DC（三要素）の総合的な発揮レベルが各手法を個別に導入した場合よりも一段と向上する。

これらの結果から、本研究の主要仮説 H0「アジャイル開発・リーン開発・ソフトウェアファースト戦略の統合的活用による DC 強化と競争優位の確立」が支持され、仮説 H4 で示した三手法の相乗効果による包括的な DC 強化も妥当であると判断できる。最後に、トヨタのこうした統合的アプローチは、CASE・MaaS の波に対応して自社の競争優位を再構築する上で有効であるだけでなく、製造業におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）推進の参考モデルとなり得ることが示唆される。

既存研究との比較

先行研究では、アジャイル開発が柔軟性を高める点[15]、リーン開発がプロセス効率を向上させる点[16]、ソフトウェアファースト戦略がデジタル化によるビジネスモデル変革を促す点が個別に示唆されている[2]一方、自動車産業のようにハードウェアとソフトウェアが高度に統合される領域で、これら三要素が企業理念（トヨタウェイ）と複合的に重なり合い、動的能力を総合的に高めている事例は十分に分析されてこなかった。本研究は、トヨタにおけるアジャイル・リーン・ソフトウェアファースト戦略の具体的運用とトヨタウェイ 2.0 の結合によるシナジーを事例ベースで示した点で、研究空白を補完している。

本研究の学術的・実務的貢献

1）学術的貢献：DC 理論が提唱する三要素（Sensing・Seizing・Transforming）を、アジャイル・リーン・ソフトウェアファースト戦略の組み合わせでどのように強化できるかを示すことで、製造業のデジタル変革における具体的適用可能性を提示し、トヨタウェイ 2020 という企業理念が、これら三手法を補完する形で DC を高次元で発揮させる仕組みを描写し、企業文化が動的能力を下支えする役割を新たな観点から強調した。

2）実務的貢献：ハードウェア中心の既存企業がソフトウェア重視のビジネスモデルへ移行する際に直面する課題（組織連携、既存部門との摩擦、開発プロセスの標準化など）に対し、アジャイル・リーンを並行導入する事例をもとに実践的指針を提供した。「ものづくり×サービス化」を推進する上で、OTA などを活用して継続的に顧客価値を提供し、サービス領域への拡張を志向する企業の参考となりうる。

今後の研究課題

今後の課題として、①他の自動車企業や異業種へ適用を広げた研究。②現場や経営層へのインタビューを通して現場での課題を掘り下げる。③サプライチェーン全体へ DC 理論の適用の影響の調査。等がある。

将来研究としては、トヨタが製造現場にアジャイル・リーンを導入できたのは、伝統的に培ってきた社内文化（例えば、カイゼン精神や自働化の思想）が受け入れの素地となっていたのか、それとも新たな組織・意識改革が必須だったのかという企業文化と変革の関連性を検証したい。

また、アジャイル・リーンが日本の製造業の開発手法に根源を持ちながら、なぜ「逆輸入」という形で再導入されているのかを探ることも課題としたい。特に、日本のものづくり現場における近年の変遷において企業が「ウェスタナイズ（欧米化）」されたことが、日本企業におけるアジャイル導入の障壁になっているという仮説について検証する。

以上を通して、日本の製造業が持つ「ものづくりの強み」と、現代の開発・生産パラダイムであるアジャイル・リーンを効果的に融合させるための示唆を得ることを目指す。

【注】

1). 植木真理子,「日本自動車企業における DX 戦略―CASE や MaaS への取り組みの現状と課題―」,『経営経理研究』, 123, pp. 27–35, 2023.

2). FOURIN,『世界自動車統計年刊 2023』, pp. 12–15, 2023. FOURIN

3). トヨタ自動車,「トヨタウェイ 2020／トヨタ行動指針」, 2020. [オンライン]. 入手先: https://global.toyota/jp/company/vision-and-philosophy/toyotaway_code-of-conduct/?utm_source=chatgpt.com （参照 2025-11-24）. トヨタ自動車株式会社 公式企業サイト+1

4). トヨタ自動車,『トヨタ統合報告書 2022』, p. 56, 2022. [オンライン]. 入手先: https://global.toyota/pages/global_toyota/ir/library/annual/2022_001_integrated_jp.pdf （参照 2025-11-24）. トヨタ自動車株式会社 公式企業サイト

5). 同上資料。

6). Prime Planet Energy & Solutions, Inc.,「バッテリー開発におけるリーン手法の適用と成果」, 会社資料, 2023. [オンライン]. 入手先: https://www.p2enesol.com/#product （参照 2025-11-24）. P2E ネソル

7). トヨタ自動車,「bZ4X ソフトウェアアップデートに関するプレスリリース」, 2023-03-15,『トヨタ統合報告書 2023』所収, 2023. [オンライン]. 入手先: https://global.toyota/pages/global_toyota/ir/library/annual/2023_001_integrated_jp.pdf （参照 2025-11-24）. トヨタ自動車株式会社 公式企業サイト

8). FOURIN,『世界自動車統計年刊 2023』, pp. 12–15, 2023. FOURIN

9). See 3）, p. 3.

10). Toyota Motor North America, “Software Innovation and Kaizen: A New Frontier in the US Division,” 社内報, 2021.

参考文献

1. D. J. Teece, G. Pisano, and A. Shuen, “Dynamic capabilities and strategic management,” Strategic Management Journal, vol. 18, no. 7, pp. 509–533, 1997.
2. P. M. D. Miguel, A. García, J. L. Montes, and C. De-Pablos-Heredero, “Impact of dynamic capabilities on customer satisfaction through digital transformation in the automotive sector,” Sustainability, vol. 14, no. 8, p. 4772, 2022.
3. O. Vermesan, S. Waldhör, S. Bockrath, P. Pype, V. Lorentz, H. E. Sand, R. Bahr, R. John, G. Mitic, G. Daalderop, and K. Kriegel, “Automotive intelligence embedded in electric connected autonomous and shared vehicles technology for sustainable green mobility,” Frontiers in Future Transportation, vol. 2, 2021.
4. G. Tomaino, W. Y. Leong, J. Teow, N. Yang, M. Ben-Akiva, L. Lee, C. Chen, J. Zhao, S. Li, and Z. Carmon, “Mobility as a service (MaaS): the importance of transportation psychology,” Marketing Letters, vol. 31, no. 4, pp. 419–428, 2020.
5. C. E. Helfat and M. A. Peteraf, “Understanding dynamic capabilities: progress along a developmental path,” Strategic Organization, vol. 7, no. 1, pp. 91–102, 2009.
6. D. J. Teece, “Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of sustainable enterprise performance,” Strategic Management Journal, vol. 28, no. 13, pp. 1319–1350, 2007.（渡部直樹訳(2010).『ケイパビリティの組織論・戦略論』中央経済社）
7. C. E. Helfat and R. S. Raubitschek, “Dynamic and integrative capabilities for profiting from innovation in digital platform-based ecosystems,” Research Policy, vol. 47, no. 8, pp. 1391–1399, 2018.
8. L. Argote and Y. Ren, “Transactive memory systems: a microfoundation of dynamic capabilities,” Journal of Management Studies, vol. 49, no. 8, pp. 1375–1382, 2012.
9. D. M. Wegner, “Transactive memory: a contemporary analysis of the group mind,” in Theories of Group Behavior. New York, NY: Springer, 1987.
10. V. Kaur, “Knowledge-based dynamic capabilities: a scientometric analysis of marriage between knowledge management and dynamic capabilities,” Journal of Knowledge Management, vol. 27, no. 4, pp. 919–952, 2022.
11. T. Felin, N. J. Foss, K. H. Heimeriks, and T. L. Madsen, “Microfoundations of routines and capabilities: individuals, processes, and structure,” Journal of Management Studies, vol.

近代文明の「リープフロッグ型」発展戦略としての SEZ（特別叡智拠点：Special Epistemic Zones）政策とマルチチュード政策

SEZ （Special Epistemic Zones）and multitude policy as leapfrog-type developmental strategies of the modern civilization

前田 充浩 [1*]
Mitsuhiro Maeda

[1] 東京都立産業技術大学院大学　Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Mitsuhiro Maeda, maeda-mitsuhiro@aiit.ac.jp

Abstract　The objective of this study is to position the Diversified Evolutional Path Model of the Modern Civilization within the framework of the Civilizational Evolution Model of Applied Infosocionomic. The author contends that today, with all Global South states simultaneously pursuing modernization, constructing the Diversified Evolutional Path Model of the Modern Civilization is imperative. The author proposes a “Leapfrog-type” developmental strategy as a new approach based on this model. This strategy includes: an “Developmental Strategy Leapfrog” that begins with DX (knowledge intensive industries) skipping labor intensive manufacturing and capital intensive manufacturing, an “Industrial Revolution Leapfrog” that begins with the third industrial revolution prior to the first and the second industrial revolutions, an “Industrialization Leapfrog” that begins with the second industrialization (autonomation) before the first industrialization (automation), and an “Informatization Leapfrog” that starts with informatization before nationalization and industrialization.In any case, it is technically crucial to create new wisdom through interoperability platforms within cyber-physical systems. In Global South states, universities and research institutions are expected to play a role in both establishing and operating these platforms, as well as d-HRD (Digital Human Resource Development). The author proposes referring to universities and research institutions fulfilling such a special role as “SEZs (Special Epistemic Zones)” and advocate for the developmental strategy they guide as a “New Brain Location Policy.” Furthermore, for the “Information Leapfrog,” we propose a multitude policy that promotes public-private partnership governance, where giant platformers assume responsibility for certain governance functions of social systems.

Keywords　applied infosocionomics; leapfrog-type developmental strategy; sez (special epistemic zones); multitude policy

1　近代文明の進化経路と多系的文明進化モデル

本研究の目的は、近代文明の進化過程を研究する専門の社会科学の分野である応用情報社会学の近代化モデルの枠組みの中に、近代文明の進化経路に関して複数の多様性経路を認める多系的文明進化モデルを位置付けることである。具体的な多様性経路として、本稿では「リープフロッグ型」というものを考える。

応用情報社会学とは、2000 年に公文俊平によって創設され、2005 年に国内学会が設立された情報社会学の研究の中で、近代文明を含む文明の進化モデルに特化した研究が独立したものであり、2021 年に世界学会（世界応用情報社会学会：Global Society of Applied Infosocionomics（Glo-SAI））が設立された。近代文明の進化モデル研究は、応用情報社会学の研究の中核をなすテーマである。

一方、応用情報社会学の近代文明の進化モデル研究においては、これまで本格的には取り組まれて来なかった重要な問題が存在する。即ち、多系的文明進化モデルの扱い方の問題である。多系的文明進化モデルとは、近代文明の進化経路は、先発国が実際に辿った経路の他にも、後発国が独自に切り開く新たな進化経路があり得る、即ち地球全体を見ると、数多く（複数）の進化経路が存在するとする考え方である。なお、地球上で実現可能な進化経路は、先発国が辿った進化経路のただ一つだけであり、それ以外には存在しない、とする考え方を、単系的文明進化モデル、と呼ぶ。

単系的文明進化モデルに則ると、先発国が辿った進化経路とは異なる進化経路とは、近代化ではないことになる。このため、近代化の後発地域であるグローバル・サウス地域に対しては、近代化の先発国であるヨーロッパが実践したものと寸分違わぬ進化経路を歩むことを求めることとなり、先発国のヨーロッパからそれら諸国に対して膨大な数の「専門家」が派遣され、各種の指導と援助が実施されることになる。

これに対して、東アジア、特に日本が辿った進化経路は、先発国であるヨーロッパとは多くの面で根本的に異なるものの、これはこれで立派な近代化である、として、多系的文明進化モデルを主張したのが、1970 年代末の駒場学派（注 1）の研究である。近代文明の進化経路については、理論上は単系的進化経路しかあり得ない訳ではなく、多系的進化経路の可能性も十分に開かれていることを社会科学として最初に示したのが駒場学派の一連の研究であり、その最初の成果は、村上泰亮等［1979］（注 2）であった。

応用情報社会学の基礎である情報社会学は、駒場学派の動きの中で生み出されたものであり、駒場学派の重要な主張が、文明の多系的進化モデルである。このため、駒場学派系譜に立つ情報社会学及び応用情報社会学の近代文明の進化モデルは、その出自においては、文明進化の多系的進化モデルの大きな影響を受けていたことは間違いない。一方、現下の応用情報社会学の近代文明の進化モデルは、本文で述べるように、近代文明進化の最先端を走る先発国の動きを示すことだけに留まっており、多系的進化モデルは十分に内生的に組み込まれているとは言い難い。

21 世紀の半ばに至った今日の時点の状況では、最早多系的進化モデルの問題を先送りにすることは許されず、早急に多系的進化モデルを組み込んだ近代文明の進化経路モデルを構築することが不可欠であると考える。今日では、筆者の用語で言えば、第 3 新近代、即ち、人種、文化、歴史、宗教等の差異に一切関係なく、地球上の全ての社会システムが、一斉に猛然と近代化を推進するようになっているためである。

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

第３新近代とは筆者の造語であり（初出は前田充浩［2019］（注３））、以下のような内容のものである。

近代文明において近代化を内生的（endogenous）に推進する主体は、近代文明の出自の地であるヨーロッパ人（白人）の社会システムに限定されるとされた時代を第１近代、と呼ぶ。ヨーロッパ列強によるアジア、アフリカの植民地化が進められた帝国主義時代のイデオロギーを支える考え方である。

次いで、ヨーロッパ人（白人）の社会システムではない有色人種の社会システムであっても近代化を内生的に推進することは可能ではあるものの、それが可能なのは、有色人種の社会システムの中で、特に先発国の教育を熱心に受け止め、先発国の指導に基づいて近代化に取り組んだ「優等生」の社会システムだけである、とされた時代を第２近代、と呼ぶ。この考え方は、相当の強度を持って今日も維持されている。今日の開発援助コミュニティ（開発援助に携わる先進国政府、多国籍開発金融機関（MDBs：Multilateral Development Banks、国際機関、NPO、研究者等）の開発援助の考え方は、基本的にこの考え方であると見ることが出来る。世界の国々を、開発援助を供与する先進国（卒業国）と開発援助を受領する国（発展途上国）に分類し、開発援助を、あくまで前者から後者に対する資金（譲許的（concessional））の供与であると定義する OECD-DAC（Development Assistance Committee）の考え方はその典型であり、また開発経済学そのものも、発展途上国が「優等生」になるための方法論を示しているという意味で、この考え方に大きく依拠していると見ることが出来る。また、1989 年に示されたワシントン・コンセンサスは、端的に 10 項目で「優等生」になるための処方箋を示しており、発表後、この実践を指導するために、実際に多くの「専門家」が先進国から発展途上国政府へ派遣され、「指導」を行った。

これらに対して、人種、文化、歴史、宗教等の差異に一切関係なく、今日では地球上の全ての社会システムが猛然と近代化を内生的に推進していると見ることが出来る。この時代を第３新近代と呼ぶ。SDGs（Sustainable Development Goals）が謳う「No One Left Behind」のスローガンは、端的にこの考え方を示していると見ることが出来る。

グローバル・サウスのうち、20 世紀中の東アジアの近代化については、第２近代的に、先進国からの指導と援助に大きく依拠して進められた面が強く見られるとしても、21 世紀におけるアフリカの近代化については、最早その考え方の枠に収めることは困難である。20 世紀中の東アジアの近代化についてまでは単系的文明進化モデルを維持することが可能であったとしても、21 世紀におけるアフリカの近代化については、最早それは不可能である、というのが筆者の見解である。

この見解を、世界システム論との関係で整理すると、以下のようになる。

応用情報社会学の近代文明進化モデルが示すのは、概ね 16 世紀半ばに開始したとされる近代文明の進化史を、進化の最先端を進んだ先発国であるヨーロッパ諸国の実例を踏まえて記述したモデルであり、これは、ウォーラーステインの世界システム論においては、「中心（center）」領域における近代文明の進化経路であることになる。

これに対して、上記の第２近代及び第３新近代の考え方に基づく分析の対象は、主としてグローバル・サウス地域の近代化であり、ウォーラーステインの世界システム論においては「周辺（peripheral）」とされた地域における近代文明の進化経路である。

グローバル・サウス地域（「周辺」）における近代化については、以下の見方があり得る。

第１の見方は、ウォーラーステインの世界システム論をそのまま踏襲し、内生的に近代文明の進化を推進する主体は「中心」地域だけであり、「周辺」（グローバル・サウス地域）は、内生的に近代化を推進することは不可能であり、「中心」において構築された近代文明の包摂（inclusion）の対象となるだけである、とする考え方である。この、「中心」による「周辺」の包摂が、グローバリゼーションと呼ばれる。

なお、このような考え方に対して異を唱え、グローバル・サウス地域における内生的な近代化の根拠を探った研究が、前田充浩［2022］（注４）である。

第２の見方は、グローバル・サウス地域における内生的な近代化の可能性を認める一方で、文明進化史における単系的進化史観に立脚し、その進化経路は、かつてヨーロッパ及び東アジアが経験したものと同一のものとなる、とする考え方である。この場合には、グローバル・サウス地域は、内生的に近代化を推進することはできるとしても、今後も引き続き近代化に関しては世界の最後尾の地位に甘んじることになる。

先述の通り、今日の世界の開発援助潮流、開発経済学の動向等は、基本的にこの考え方に立脚していると見ることが出来、日本政府も同様である。先般（2025 年 8 月）、横浜で開催された TICAD（アフリカ開発会議：Tokyo International Conference on African Development）においては、2008 年に開催された TICAD 4 以降、共通テーマが「東アジアの成功体験をアフリカへ」と設定されている。これは、地球上においては近代文明の進化経路は、まずはヨーロッパにおいて、次いで東アジアにおいて踏襲されたものの１つしか存在しないことを前提として、アフリカに対して、東アジアから半世紀遅れでそれをそのまま踏襲することを求めているものと見ることが出来る。

これらに対する反論が、第３新近代の考え方に依拠する多系的文明進化モデルの考え方である。今後のグローバル・サウス地域における近代化は、内発的であることは当然として、更にその進化経路は、これまでヨーロッパ及び東アジアで実践されたものとは根本的に異なるものであると考えるものである。

以上のように、第１近代の考え方と第２近代の考え方は近代文明の単系的文明進化モデルと、また第３新近代の考え方は多系的文明進化モデルとの親和性が高い。本稿では以下、単系的進化史観に立脚して今後のグローバル・サウス地域もそれをそのまま踏襲すべきだとされる、かつてヨーロッパ及び東アジアで実践された進化経路を正統派進化経路（authentic path）と呼び、それとは全く異なる進化経路を多様性進化経路（diversified path）と呼ぶこととする。

2　多系的文明進化の方法論としての「リープフロッグ型」発展戦略

本稿では、以上のような考え方に立脚して、今後のグローバル・サウス諸国、特にアフリカ地域の近代文明の進化経路を多様性進化経路モデルに則って探ることとする。この場合に直面する最大の問題は、その方法論、即ち実現可能性である。駒場学派が既に 1970 年代末に示したように、理論的には多様性進化経路の可能性が開かれているにしても、それを具体的に進める方法論が確立しなければ、実際に世界で実践されることはない。

先述の通り、1970 年代末以降の東アジアの近代化は、基本的には上記の第 2 近代の考え方に立脚して進められたと見ることが出来る。世界では、日本政府が TICAD 4 （2008 年）以降「東アジアの成功体験をアフリカへ」というスローガンで繰り返しているように、20 世紀末から 21 世紀初頭にかけての時期に地球上で大成功を見たグローバル・サウス諸国の近代化の実例は、何よりも東アジアの近代化であり、それは基本的にはヨーロッパの先例から学ぶものであり、それはこれからアフリカ地域においても普及されるべきものであると考えられている。典型的な正統派進化経路の考え方である。

一方、多様性進化経路が実際には推進されることがなかった最大の理由は、それを具体的に推進するための方法論が不明であったことであると推察される。多様性進化経路の推進に関しては方法論が不在であることとは対照的に、正統派進化経路については、その方法論が極めて明確であり、その明確な方法論を採用して、東アジアでは次々に大成功例が生み出されていた。

しかしながら筆者は、今日では、その方法論を明確に構築することができると考える。その最大の根拠は、最先端のデジタル技術及び DX の成果である。それらを全面的に活用することによって、これまでは実務的に困難であったグローバル・サウス地域における独自の多様性進化経路の方法論を組み立てることができる。このことから本稿では、近年のデジタル技術の進展とそれによる社会の態様の変化（本稿では、これを総称してデジタル・トランスフォーメーション（DX）と呼ぶこととする。）が、近代文明の進化史に対して与える影響を検討し、それに基づく多様性進化経路の方法論を検討することとする。DX の進展は、人々のライフスタイル、産業のあり方等の限定的な範囲における影響を遥かに超えて、近代文明の進化経路に決定的な影響を与えるものであり、従来では不可能であった、グローバル・サウス諸国による多様性進化経路の実践を可能にすると考える。

筆者が考える、最先端のデジタル技術及び DX の成果を活用した新しい多様性進化経路の中核的な考え方は、近代化を DX から開始する、というものである。

DX は、正統派進化経路においては、その前の多くの過程を経て、最終的に到達した段階であり、それに至るまでの数多くの段階を 1 つ 1 つ制覇し、最終的に辿り着くものだとされている。これに対して筆者は、DX より前の全ての段階を無視して、直截に全力で DX による社会システム構築に注力する、という方法論を主張する。近代化をその最終段階とされている DX から開始するという意味において、「逆方向進化」と呼ぶことも出来、人口に膾炙した言い方では、「リープフロッグ型」進化ということになる。本稿では、この言い方を用いることにする。

以上のように、筆者は今後のグローバル・サウス地域における近代化の進化経路として「リープフロッグ型」進化を主張するものであり、「リープフロッグ型」進化は「逆方向進化」であり、かつ多様性進化経路の 1 つであり、正統派進化経路とは全く異なるものである。

以下、応用情報社会学の近代文明進化モデルに則って正統派進化経路を整理し、論理的にあり得る「リープフロッグ型」進化のあり方を明らかにすることにする。結論を先取りして言えば、応用情報社会学の近代文明進化モデルにおいては、論理的に、時間軸の異なる 4 つの内容の「リープフロッグ型」進化が導出されることになる。

応用情報社会学の近代化モデルについては、公文俊平＋前田充浩［2021］（注 5 ）に詳述されているところであるので、ここでは要点だけをまとめる。

応用情報社会学の近代化モデルは、［図 1 ］に示すように、国家化、産業化及び情報化の 3 つの動きが順に遷移し、国家化局面（近代化の出現局面）、産業化局面（近代化の突破局面）及び情報化局面（近代化の成熟局面）の 3 つの局面を経て近代化が進展するとしている。

国家化局面とは、社会の中心的な原理が「威（power）」である局面であり、具体的には、近代世界システムの基本的な構成単位である国家の建設に社会の主要な資源が投入される時期であり、16 世紀半ばに開始された。16 世紀半ばから 18 世紀半ばにかけて、国家化の第 1 局面（出現局面）としての主権国家（sovereign states）建設が進み、18 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけて、国家化の第 2 局面（突破局面）としての国民国家（nation states）建設が進み、20 世紀半ば以降の現在は、国家化の第 3 局面（成熟局面）としての統合国家（integrated states）建設が進む。

産業化局面とは、社会の中心的な原理が「（経済的）繁栄（prosperity）」である局面であり、具体的には産業企業による利潤拡大を目的とする産業活動の推進に社会の主要な資源が投入される時期であり、国家化局面の開始から 2 世紀遅れた 18 世紀半ばに開始された。18 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけて、産業化の第 1 局面（出現局面）としての第 1 産業化（労働産業化、automation）が進み、20 世紀半ば以降の現在は、産業化の第 2 局面としての第 2 産業化（知能産業化、autonomation）が進む時代である。

ここで言う、第 1 産業化、第 2 産業化とは応用情報社会学独自の概念であり、注意が必要である。第 1 産業化とは、産業化のイニシアティブを人間（自然人）が取るものであり、AI（特定目的 AI）は人間の道具として用いられるに過ぎない。この意味の産業化が、通常人々の考える産業化である。これに対して第 2 産業化とは、「超」産業化とも呼ばれるものであり、産業のイニシアティブは AI（AGI : Artificial General Intelligence または ASI：Artificial Superintelligence）が取ることになり、人間（自然人）は産業化の中核的な主体としては参画しない。こ

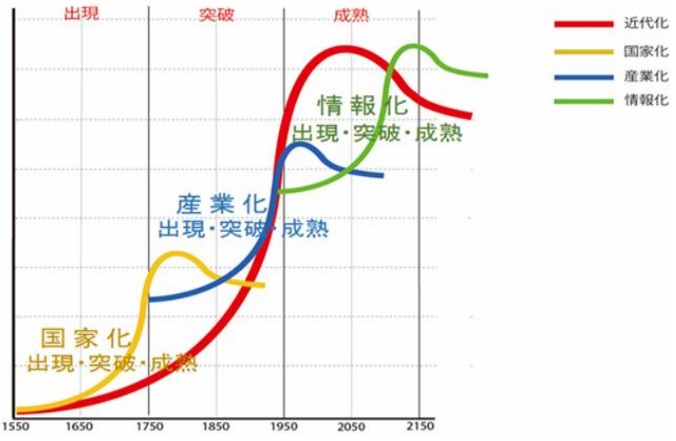
の考え方は、特にシンギュラリティ後に本格化するものと考えられる。

一般的に語られる産業革命の考え方は、全てが第 1 産業化の中での動きである。公文俊平［2015］（注 6 ）の整理によると、18 世紀半ばに開始され、18 世紀半ばから 19 世紀半ばにおいて第 1 産業化の出現局面としての第 1 次産業革命が進展した。これは、石炭と蒸気機関を主動力として、鉄工業と軽工業を基幹産業として、市場の態様は中小企業による自由競争市場であるものであった。19 世紀半ばから 20 世紀半ばにおいて第 1 産業化の突破局面としての第 2 次産業革命が進展した。これは、石油・電力と内燃機関・電動機を主動力として、重化学工業と耐久消費財製造業を基幹産業として、市場の態様は大企業による寡占的市場支配であるものであった。20 世紀半ばからは第 1 産業化の成熟局面としての第 3 次産業革命が進展しつつある。これは、情報とコンピューターを主動力として、デジタル情報通信産業とデジタルもの作り産業を基幹産業として、市場の態様は、超大企業によるプラットフォーム提供とそのユーザーとして活動する小規模事業者であるものである。

情報化局面とは、社会の中心的な原理が「愉しさ」・「共愉（conviviality）」である局面であり、具体的には、智民（netizen）と呼ばれる情報通信機器を駆使する人々（デジタル・リテラシーの高い人々）の情報発信活動に社会の主要な資源が投入される時代であり、20 世紀半ばに開始したとされる。

以上を図表にまとめると、以下のようになる。

［図表 1 ］応用情報社会学における近代化モデル



（出典：公文俊平『人類文明と人工知能 I －近代の成熟と新文明の出現』、NIRA 総合研究開発機構研究報告書、2017 年。）

［図表 2 ］応用情報社会学における近代化モデル局面論

	1550-	1650-	1750-	1850-	1950-	2050-	2150-	2250-	2350-
nationalization	Ⅰ: Sovereign (emergence)	States (break-through)	Building (maturity)						
			Ⅱ: Nation (emergence)	States (break-through)	Building (maturity)				
					Ⅲ: Integrated (emergence)	States	Building		
Industrialization			Ⅰ: labor (emergence)	-centric (break-through)	(automation) (maturity)				
					Ⅱ: Intelligence (emergence)	-centric	(autonomation)		
Informatization					Ⅰ: Informatization (emergence)				
Status QUO									

	1550-	1650-	1750-	1850-	1950-	2050-	2150-	2250-	2350-
Industrialiation			Industrialization Ⅰ						
			Industrial Revolution #1	Industrial Revolution #2	Industrial Revolution #3				
					Industrialization Ⅱ				
					Industrial Revolution #4	Industrial Revolution #5	Industrial Revolution #6		
Informatization					Informatization Ⅰ				
					Intellectual Revolution #1	Intellectual Revolution #2	Intellectual Revolution #3		

（出典：公文俊平を基に筆者作成）

以上が応用情報社会学における近代化モデルの概要である。ここで述べられている内容は、主として、先発国における近代化の推進の経緯である。この枠組みに則ると、リープフロッグとは、以下のように整理することが出来る。

本稿で述べるリープフロッグとは、近代化に向けた取り組みを、上記の応用情報社会学における近代化モデルに示されている DX に先行する全ての動きを無視して、DX から開始するというものであることになる。ここで問題になるのが、DX の内容である。応用情報社会学の近代文明進化モデルは、近代化の動きを、時間軸の異なる幾つかの動きの重畳として捉えるものであり、DX の内容についても、それぞれの時間軸の動きに応じたものが考えられることになる。整理すると、応用情報社会学の近代文明進化モデルを構成する時間軸の第 1 は、出現局面、突破局面及び成熟局面がそれぞれ 200 年間であるものであり、大進化、と呼ぶことができる。それぞれの局面は、国家化、産業化及び情報化と呼ばれる。時間軸の第 2 は、出現局面、突破局面及び成熟局面がそれぞれ 100 年間であるものであり、中進化、と呼ぶことができる。国家化、産業化及び情報化の中の出現局面、突破局面及び成熟局面をとらえたものであり、国家化では、出現局面が主権国家化、突破局面が国民国家化、成熟局面が統合国家化である。産業化では、出現局面が第 1 産業化（労働産業化）、突破局面が第 2 産業化（知能産業化）である。時間軸の第 3 は、出現局面、突破局面及び成熟局面がそれぞれ 50 年間であるものであり、小進化、と呼ぶことができる。上記のそれぞれの局面の中の出現局面、突破局面及び成熟局面を捉えたものである。典型的には、第 1 産業化（労働産業化）においては、出現局面が第 1 次産業革命、突破局面が第 2 次産業革命、成熟局面が第 3 次産業革命である。

この時間軸に則ると、DX とは、以下の別々の時間軸におけ

る動きであることになる。

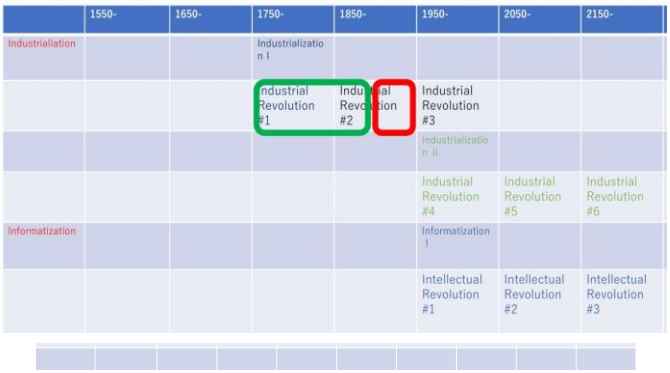
第 1 は、小進化の中の各局面の中の出現局面、突破局面及び出現局面の範囲に留まる内容の DX である。現下においては世界では第 1 産業化（労働産業化）の中の第 2 次産業革命の中で、成熟局面として捉えられる DX である。これは、DX を現下のグローバル・サウス諸国における発展戦略の枠組みで捉えるものとなる。第 2 次産業革命の中の出現局面は重化学工業化、突破局面はアセンブリー系製造業の振興であり、DX とは、第 2 次産業革命の中の成熟局面であることになる。

この場合のリープフロッグとは、第 2 次産業革命を開始するために伝統的には必要であると考えられている労働集約型製造業の振興を飛ばして直截に第2次産業革命の最終到達点であるとされる知識集約型産業の振興に取り組む、ということになる。近代化の先発国の事例と対比すると、先発国が 19 世紀の半ばに開始して概ね 1 世紀をかけて推進した蓄積を飛ばして先発国が 20 世紀半ば以降に到達した先端産業を振興する、ということになる。

なおこのリープフロッグは、時期としては第 1 産業化（労働産業化）の中の第 3 次産業革命、第 2 産業化（知能産業化）及び近代化の成熟局面としての情報化と重なるため、リープフロッグ過程においては第 1 産業化（労働産業化）の中の第 3 次産業革命、第 2 産業化（知能産業化）及び近代化の成熟局面としての情報化の成果を援用することが可能であることになる。

この時間軸のリープフロッグを図示すると、以下のようになる。先発国の近代化においては、まずは緑枠の動きが進められ、その後に赤枠の動きが進められることになったものを、緑枠の動きを飛ばして、直截に赤枠の動きから開始するものである。

［図 3 ］発展戦略リープフロッグ（マイクロ・リープフロッグ）



（出典：筆者作成）

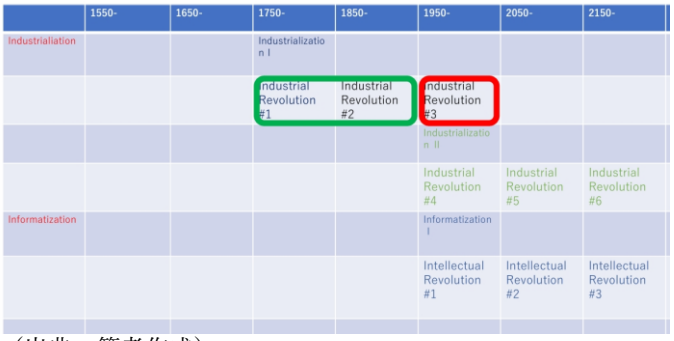
第 2 は、小進化の時間軸における DX であり、第 1 産業化（労働産業化）における成熟局面としての第 3 次産業革命としての DX である。これは、応用情報社会学における近代化モデルにおいては、20 世紀半ばに開始されるとされている。第 1 産業化（労働産業化）の中の出現局面は第 1 次産業革命であり、突破局面は第 2 次産業革命であり、成熟局面は第 3 次産業革命とされているところ、この第 3 次産業革命を DX と捉えることになる。

この場合のリープフロッグとは、先発国の事例では、16 世紀半ばからの国家化（16 世紀半ばから 18 世紀半ばにかけては主権国家化、18 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけては国民国家化）、及び 18 世紀半ば以降の第 1 産業化（労働産業化）の中で 18 世紀半ばから 19 世紀半ばにかけての第 1 次産業革命、及び 19 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけての第 2 次産業革命を飛ばして、先発国の事例では漸く 20 世紀半ばに開始されたとされる第 3 次産業革命を直截に開始することを意味する。

なおこのリープフロッグは、時期としては第 2 産業化（知能産業化）及び近代化の成熟局面としての情報化と重なるため、リープフロッグ過程においては第 2 産業化（知能産業化）及び近代化の成熟局面としての情報化の成果を援用することが可能であることになる。

この時間軸のリープフロッグを図示すると、以下のようになる。先発国の近代化においては、まずは緑枠の動きが進められ、その後に赤枠の動きが進められることになったものを、緑枠の動きを飛ばして、直截に赤枠の動きから開始するものである。

［図 4 ］産業革命リープフロッグ（ショート・リープフロッグ）



（出典：筆者作成）

第 3 は、第 2 産業化（知能産業化）そのものである。これは応用情報社会学における近代化モデルでは、近代化全体の第 2 局面としての産業化の動きの中の第 2 局面（突破局面）であり、先発国の事例では漸く 20 世紀半ばに開始されたとされる。近代化の中の産業化の動きは、出現局面が第 1 産業化（労働産業化）、突破局面が第 2 産業化（知能産業化）と捉えられるところ、このうちの第 2 次産業化（知能産業化）を DX と捉えるものである。

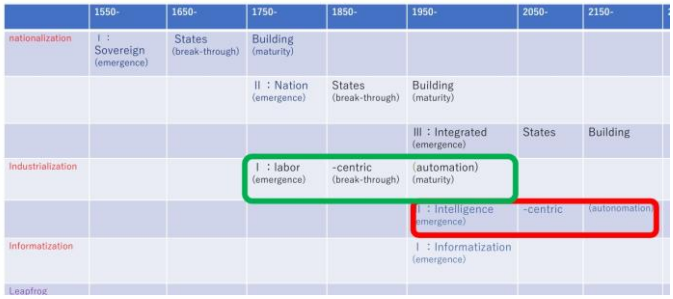
この場合のリープフロッグとは、先発国の事例では、16 世紀半ばからの国家化（16 世紀半ばから 18 世紀半ばにかけては主権国家化、18 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけては国民国家化）、及び 18 世紀半ば以降の第 1 産業化（労働産業化）（18 世紀半ばから 19 世紀半ばにかけては第 1 次産業革命、19 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけては第 2 次産業革命。）を飛ばして、先発国の事例では漸く 20 世紀半ばに開始されたとされる第 2 産業化（知能産業化）を直截に開始することを意味する。

なおこのリープフロッグは、時期としては近代化の成熟局面としての情報化と重なるため、リープフロッグ過程においては近代化の成熟局面としての情報化の成果を援用することが可

能であることになる。

この時間軸のリープフロッグを図示すると、以下のようになる。先発国の近代化においては、まずは緑枠の動きが進められ、その後に赤枠の動きが進められることになったものを、緑枠の動きを飛ばして、直截に赤枠の動きから開始するものである。

［図５］産業化リープフロッグ（ミドル・リープフロッグ）



（出典：筆者作成）

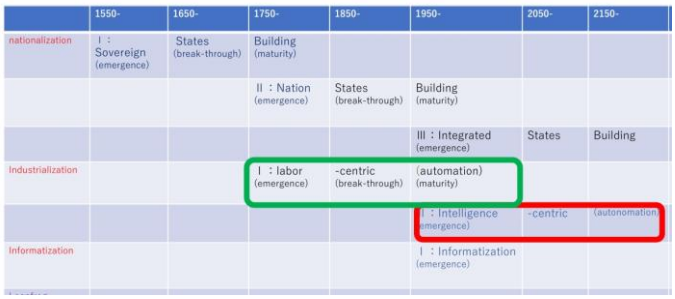
第４は、近代化全体の第３局面である情報化の動きそのものであり、先発国の事例では 20 世紀半ばに開始したとされる。

この場合のリープフロッグとは、先発国の事例では、16 世紀半ばからの国家化（16 世紀半ばから 18 世紀半ばにかけては主権国家化、18 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけては国民国家化。）、及び 18 世紀半ば以降の第１産業化（労働産業化）（18 世紀半ばから 19 世紀半ばにかけては第１次産業革命、19 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけては第２次産業革命。）及を飛ばして、近代文明の成熟局面としての情報化を直截に開始することを意味する。

以上のように整理された、時間軸の異なる４つのリープフロッグを、以下のように命名することとする。第１のリープフロッグ、即ち第１産業化（労働産業化）の中の第２次産業革命における先行プロセスとされる労働集約型製造業の振興を飛ばして直截に知識集約型産業を振興するリープフロッグを「発展戦略リープフロッグ」（マイクロ・リープフロッグ）、第２のリープフロッグ、即ち第１産業化（労働産業化）の中の第１次産業革命及び第２産業革命を飛ばして直截に第３次産業革命を開始するリープフロッグを「産業革命リープフロッグ」（ショート・リープフロッグ）、第３のリープフロッグ、即ち第１産業化（労働産業化）を飛ばして直截に第２産業化を開始するリープフロッグを「産業化リープフロッグ」（ミドル・リープフロッグ）、第４のリープフロッグ、即ち近代化の基本的な進化経路である国家化及び産業化を飛ばして直截に情報化を開始するリープフロッグを「情報化リープフロッグ」（ロング・リープフロッグ）と呼ぶ。

以上の各時間軸に基づくリープフロッグの考え方を整理すると、以下のようになる。図表の中の赤の部分を、それに先行する局面に先駆けて直截に推進することがリープフロッグの内容である。

［図６］情報化リープフロッグ（ロング・リープフロッグ）



（出典：筆者作成）

この結果、応用情報社会学における近代化モデルに基づくリープフロッグ研究においては、以下の検討を進めることとなる。

第１は、「発展戦略リープフロッグ」（マイクロ・リープフロッグ）に関する問題であり、今後のグローバル・サウス諸国においては、第１産業化（労働産業化）の中の第２次産業革命において、不可欠の先行課程とされている労働集約型製造業の振興を飛ばして直截に知識集約型産業を振興することが出来るか、という問題である。

第２は、「産業革命リープフロッグ」（ショート・リープフロッグ）に関する問題であり、第１産業化（労働産業化）の中の第１次産業革命及び第２産業革命を飛ばして直截に第３次産業革命を開始することが可能であるかという問題である。

繰り返すと、公文俊平［2015］の整理によると、第１次産業革命とは、石炭と蒸気機関を主動力として、鉄工業と軽工業を基幹産業とするものであり、これにより中小企業による自由競争市場が発展した。第２次産業革命とは、石油・電力と内燃機関・電動機を主動力として、重化学工業と耐久消費財工業を基幹産業とするものであり、これにより大企業による寡占的市場支配が発展した。

これらの過程を通じて先発国の事例では、国内において、産業化の推進のために必要な広範な社会的資本の蓄積が進められ、それによって情報とコンピューターを主動力として、デジタル情報通信産業とデジタルもの作り産業を基幹産業とする第３次産業革命が進展し、超大企業によるプラットフォーム提供とそのユーザーとして活動する小規模事業者から成る市場が発展している。

第３は、「産業化リープフロッグ」（ミドル・リープフロッグ）に関する問題であり、第１産業化（労働産業化）を飛ばして直截に第２産業化（知能産業化）を開始できるか、という問題である。具体的には、グローバル・サウス諸国において、人間（自然人）が産業化を手掛けていない場所において、汎用 AI を投入することにより人間（自然人）の介在のない産業化を推進することが出来るか、という問題である。

この問題については即断は不可能である。近時の生成系 AI の発達は、この可能性について重要な示唆を示していると見ることは可能ではあるものの、それが人間（自然人）の介在しない全面的な産業化に繋がるかどうかは不明である。このため、本稿では敢えてこの問題には立ち入らないことにする。

第４は、「近代化リープフロッグ」（ロング・リープフロッグ）に関する問題であり、近代化の基本的な進化経路である国家化

及び産業化を飛ばして直截に情報化を開始することが出来るか、という問題である。

このうち産業化の関連については別の機会に委ねることとして、本稿では、国家化との関係について検討を行うこととする。即ち、先発国の事例のように、主権国家の建設及び国民国家の建設という国家化の２つの局面を飛ばして、直截に近代文明の成熟局面としての情報化の社会システムを構築できるか、という問題である。この問題を敷衍すると、近代文明における社会システムのガバナンス機構の構築方法とは何か、ということになる。

それでは、以下、順に検討を進めることにする。

3.「発展戦略リープフロッグ」（マイクロ・リープフロッグ）

「リープフロッグ型」発展戦略

この問題は、今後のグローバル・サウス諸国においては、第１産業化（労働産業化）の中の第２次産業革命において、不可欠の先行課程とされている労働集約型製造業の振興を飛ばして直截に知識集約型産業を振興することが出来るか、という問題である。「発展戦略リープフロッグ」の検討においては、DX の効果を、新産業創出の観点に限定して捉えることが適切である。新産業創出のプラットフォーム及びインフラストラクチャーとして DX を捉えると、今後のグローバル・サウス地域が採用すべき新たな「リープフロッグ型」発展戦略を考えることが出来る。

既に見たように、今日の所謂「援助コミュニティ」（先進国政府、国際機関等、開発援助を「供与」する側の主体）においては、近代文明の単系的進化史観に立脚し、発展途上国が長期的、持続的な経済成長を実現するために採用すべき発展戦略は一つの形態のものしか存在せず、それは 20 世紀後半において東アジアにおいて採用されたものである、とする考え方が標準的である。具体的には、労働集約型製造業の振興から開始する発展戦略である。第１段階として労働集約型製造業の振興を実施し、それが成果を挙げた時点において、第２段階として製造業の高度化、即ち資本集約型製造業の振興を推進し、更にそれが成果を挙げた時点において、第３段階として知識集約型産業の振興及び DX（Digital Transformation）を推進するというものである。このような、第１に労働集約型製造業の振興による近代化の開始、第２に製造業の高度化（資本集約型製造業の振興）、第３に知識集約型産業の振興（DX の推進）という経路が正統派進化経路、または正統派発展戦略、である。

これに対して、DX を上記のように捉えるならば、その成果を最大限に活用することにより、労働集約型製造業を含めて一切の製造業の振興に先駆けて知識集約型産業の振興及び DX を推進することを嚆矢とする発展戦略を考えることが出来る。すなわち、第１段階として知識集約型産業の振興及び DX を推進し、それが成果を挙げた時点において、第２段階として、その成果を十分に適用して製造業を振興し、更に第３段階として、その成果をインフラ整備の分野にも適用していく、というものである。このような、第１に DX の推進（知識集約型産業の振興）、第２に（DX の成果を活用した）製造業（資本集約型製造業及び労働集約型製造業）の振興、第３に（DX の成果を活用した）インフラの整備、という経路を、ここでは、「リープフロッグ型」、または「逆矢（reverse arrow）」型発展戦略と呼ぶことができる。

先に TICAD に関連して触れたように、現下においては日本政府はこの考え方を採らず、アフリカ諸国に対して引き続き正統派発展戦略、即ち労集約型製造業の振興から近代化を開始すべきであると主張している。このため、アフリカ諸国に対して「カイゼン」（改善）方式による製造業振興を推進している。「カイゼン」を手法とする製造業振興支援は、1980 年代以降、日本政府が東アジア諸国に対して展開して、歴史的に大きな成果を生んできたものである。日本政府が、それをアフリカに対しても展開するとする政策的決定を行ったのは、2008 年の TICAD 4 の際であった。

「カイゼン」関連技術協力は、アフリカ大陸の地において既に大きな成果を生みつつある一方で、これは典型的な正統派発展戦略であることから、正統派発展戦略の原理そのものに起因する限界も抱えていることになる。筆者が 2025 年 5 月から 6 月にかけてエチオピアの主要大学（注７）との間で現地で開催したワークショップによると、正統派発展戦略は、以下のような原理的な問題を内包する可能性が高いとされる。

第１の問題は、近代文明の進化経路について、単系的進化史観を採ること自体に由来する問題である。単系的進化史観の最大の問題は、それを踏襲する限りにおいては、近代化（長期的、持続的な経済成長）の開始に後れを取ったアフリカ諸国は、少なくとも 21 世紀中においては、永遠に世界の最後尾の地位を免れないことになることである。

このような論理的帰結は、多くのアフリカ人にとっては耐え難いものであり、既にアフリカ人の中には、東アジア諸国とは全く異なる新たな発展戦略を採用したいとする強い願望を述べる人々が出てきている。そのような新たな発展戦略の代表例が「リープフロッグ型」発展戦略であり、それは、多系的進化史観に裏付けられるものとなる。「リープフロッグ型」発展戦略は、必ず多系的進化史観に基盤を置くものとなる。

第２の問題は、正統派発展戦略は、セクターターゲット・アプローチに立脚していることである。

セクターターゲット・アプローチとは、開発援助の実践において、開発援助の内容とされる特定の対象のみを扱う開発援助を想定しており、開発援助の対象外の制度は全て先進国と同一であると仮定するものである。例えば「カイゼン」関連技術協力では、当初においては、これは「製造業の工場内」という領域のみに対する支援を実施するものであり、「製造業の工場内」という領域の外部にある制度、更にはそれを含む広域の社会システムに関しては、援助供与国、即ち日本と同一であるとの仮定を置いて開発援助の対象外とするものである。

しかしながら、グローバル・サウス諸国において、「製造業の工場内」の外側の制度、即ち企業、サプライチェーン、物流、国民経済の経済制度、国家の社会制度、文化制度等については日本と同様であると想定することは、全く現実的ではない。この状況下で、「製造業の工場内」における生産工程についての

み日本の開発援助で改善が図られたとしても、その生産を取り巻く企業の在り方、物流のあり方、経済制度のあり方等が日本とは大きく異なることから、生産工程の改善が直ちに国家全体の経済、産業状態の抜本的な改善をもたらす可能性は必ずしも高くはない。

したがって、先進国からの開発援助においては、ターゲットされた特定のセクターに対する援助を実施するだけではなく、少なくともそれと（比較制度分析（Comparative Institutional Analysis）で言う）「制度補完性を有する（institutional complementary）」外部の制度については、所要の対応を図ることが強く求められることになる。

このように、開発援助の対象を、ターゲットされた特定のセクターに対する開発援助に加えて、それと「制度補完性を有する」外部の制度についても所要の対応を図る方法論を、ここでは（セクターターゲット・アプローチの対概念として）制度補完性アプローチ、と呼ぶ。ワークショップにおいてアジスアベバ科学技術大学が発表したところによると（注８）。

なお「カイゼン」関連技術協力については、既に JICA を始め関係者にはセクターターゲット・アプローチの問題点は十分に理解されており、現下では、「製造業の工場内」における生産工程だけではなく、企業の経営管理手法、更には社会システムのガバナンス機能の領域に至るまで広く適用されるものとなってきている。即ち、「カイゼン」概念は、当初はセクターターゲット・アプローチの桎梏に嵌っていたものの、その後、時間をかけて制度補完性アプローチを推進してきているものと見ることができる。

しかしながら、このような成功例は、「カイゼン」関連技術協力以外には多くを見ることは難しい。

「リープフロッグ型」発展戦略の実現可能性

問題は、「リープフロッグ型」発展戦略の発展戦略としての有効性である。発展戦略とは、発展途上国が新たに長期的、持続的な経済発展（近代化）に取り組む場合、それを可能にする基本的考え方である。労働集約型製造業の振興によって近代化を開始する正統派発展戦略については、その有効性が既に多くの東アジア諸国の成功例により十分な証明がなされていることとは対照的であり、未だ、世界の中ではその有効性を事実として例証する実例は出てきてはいない。

この点についての検討を行った先行研究としては、安橋正人等［2024］（注９）がある。それによれば、東アジア諸国において労働集約型製造業の振興が長期的、持続的な経済成長をもたらしたのは、それによって、人的資本（質の高い労働者）、物的資本（民間の機械・設備・建物）、インフラストラクチャー（道路、鉄道、港湾、空港などの公共資本）、社会関係資本（効率的な契約制度、信頼関係）、知的資本（科学的・技術的・経営的知識）等の産業育成に必要なストックが、長期間を経て蓄積されたためであるとされる。一方で、世界において DX が進展しつつある現下の状況においては、DX の恩恵により、東アジア諸国が長い年月をかけて実施したこれらのストックの蓄積を経ることなく、長期的、持続的な経済成長を推進すること、即ち「リープフロッグ型」発展戦略が可能になると述べられている。

そのための鍵が、デジタルによる近代的サービス産業の発展とイノベーションであるとされる。即ち、今日の先進諸国とグローバル・サウス諸国との間に存在する技術水準の格差については、グローバル・サウス諸国が先端のデジタル技術によって技術格差を埋めることができ、また現下のグローバル・サウス諸国において経済発展を阻んでいる制度の非効率性についても、デジタル技術の活用によってその改善も進めることが出来るとされる。

更に具体的にグローバル・サウス諸国における「リープフロッグ型」発展戦略を軌道に乗せるための方法論についても、第１にデジタル技術を活用した小規模企業振興（労働集約型 IT 産業振興）、第２にデジタル・サービスの「重化学工業」化（大企業組織化）、第３に既存製造業のリニューアル・サプライチェーンへの参画というものが示されている。

結論として、社会の幅広い層を対象とするデジタル教育の推進等による人的資本及び社会資本の蓄積、近代的な制度の国や社会への浸透の促進という条件をクリアするという前提において、「リープフロッグ型経済発展戦略は、各国の社会課題に応じてデジタル・サービスを活性化すれば、製造業を経ない経済発展も可能である」（安橋正人等［2024］p77）とされる。

即ち今後のグローバル・サウス諸国における「リープフロッグ型」発展戦略は可能であることになり、物流デジタル連結性強化による循環経済システムの構築は、上記論文で述べられている留意点、前提条件等をクリアする形で推進することにより、典型的な「リープフロッグ型」発展戦略の試みとして実現していくことが大きく期待される。

グローバル・サウス地方創生と SEZ（特別叡智拠点）

以上のように可能性が理論的には示されるとしても、DX 前に従来型の製造業が主導産業であった時代においては、「リープフロッグ型」発展戦略の採用は実務的には困難であり、グローバル・サウス諸国は正統派発展戦略を踏襲するしか選択肢がなかった。その上、正統派発展戦略は労働集約型製造業を嚆矢とするものであるため、人口集積に限度があり、巨大市場とのロジスティクスに関するインフラが未整備であり、また技術水準も劣位にあったグローバル・サウス諸国の地方部においては、順調な経済成長を推進することは大変に困難であった。

しかしながら、DX によって状況は大きく変わってきている。今日においては先進国において開発された最先端のデジタル技術をグローバル・サウス諸国の地方部が活用することについての障壁は低いものとなっており、それらの技術の活用は、今日の先進諸国とグローバル・サウス諸国の地方部との間に存在する技術格差を埋めることができ、また制度の非効率性の改善もたらすものであるため、グローバル・サウス諸国の地方部における人口集積、ロジスティクス、技術水準における劣位は順調な経済成長のための決定的な障害とはならない。

このため、「リープフロッグ型」発展戦略は、正統派発展戦略においては困難であった、グローバル・サウス諸国の地方部の発展を強力に推進するものとなる。DX によるグローバル・コ

ネクティビティによって、グローバル・サウス諸国の地方部が本格的な経済発展を推進することは、Richard Baldwin のサード・アンバンドリングの考え方によって予見されていたものであると見ることが出来る。

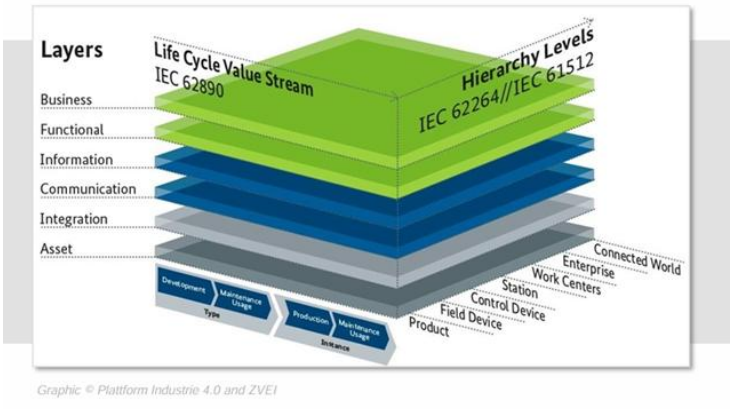
それでは、地方部を含むグローバル・サウス諸国において「リープフロッグ型」発展戦略を実際に推進するための方法論とはどのようなものだろうか。

筆者がそのための方法論として、数ある新たなデジタル技術の中で特に注目するのは、サイバーフィジカル・システム、特に、産業用等に対象範囲を限定されることなく、対象地域内の人々の活動の全ての領域を網羅する汎用サイバーフィジカル・システムである。

サイバーフィジカル・システムの考え方は、2010 年代にドイツが Industrie 4.0 の概念で提示し、爾後ドイツでは RAMI4.0 のデータアーキテクチャを示すとともに産業界での概念モデルとして GAIA-X を打ち出し、自動車産業における CATENA-X のようなデータ連携システムの構築を進めている。一方筆者は、産業分野、物流分野に限定されず、対象範囲における凡そ人間の行動全てを包含する包括的なサイバーフィジカル・システムの構築を主張する。ここでは、GAIA-X、CATENA-X 等の特定の産業向けに特化したサイバーフィジカル・システムを、特定目的サイバーフィジカル・システム、本研究で述べている包括的なサイバーフィジカル・システムを、汎用サイバーフィジカル・システム、と呼んで区別することとする。

汎用サイバーフィジカル・システムの最大の特徴は、レイヤー構造である。ドイツが Industrie4.0 の説明として示した図を以下に示す。

［図表 5 ］サイバーフィジカル・システムのレイヤー構造



（出典：Plattform Industrie 4.0-RAMI4.0–a reference framework for digitalisation）

ここでは、産業用を念頭に、Asset、Integration、Communication、Information、Functional、Business の 6 つのレイヤーが示されているところ、概念の抽象化により、上部のレイヤーを無限に考えることが出来る。その結果、遂には、産業、人々のライフスタイル、文化等社会システムの異なる分野をインターオペラブルに結ぶレイヤーを構築することが出来る。これは、智の創造に関するサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームを構築することを意味する。

ここで考えている「リープフロッグ型」発展戦略とは、製造業の振興に先立って DX による知識集約型産業の振興を進めるものである。そのためには、様々な産業分野はもとより、人々のライフスタイル、文化等広範な社会システムの異なる分野におけるデジタル技術の活用を、知識集約型産業の振興に資するかどうかという同一の基準に基づいて判断し、その判断に基づいた適切な指示を下すヘッドクォーターの役割が決定的に重要であることになる。そのようなヘッドクォーター機能を果たすためには、技術的な方法論としては、このサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームの活用しか考えられない。

労働集約型製造業の振興を嚆矢とし、その次に資本集約型製造業を振興し、最後に知識集約型産業を振興する正統派発展戦略において、発展戦略を推進するヘッドクォーターの役割を担ったのは、主として各国民国家政府の産業政策当局であった。一方、「リープフロッグ型」発展戦略の実施においては、アプリオリに政府の産業政策当局にその役割を期待することは危険である。正統派発展戦略と「リープフロッグ型」発展戦略とでは、求められるヘッドクォーターの役割が大きく異なるためである。

産業化の各段階において若干の違いがあるものの、大局的に見るならば、正統派発展戦略において求められるヘッドクォーターの役割とは、自国企業の競争力の強化に関する各種の支援を適切に実施することであったと見ることが出来る。具体的には、再度安橋正人等［2024］を牽くならば、人的資本（質の高い労働者）、物的資本（民間の機械・設備・建物）、インフラストラクチャー（道路、鉄道、港湾、空港などの公共資本）、社会関係資本（効率的な契約制度、信頼関係）、知的資本（科学的・技術的・経営的知識）等の産業育成に必要なストックの蓄積である。このためには、法制度の整備及び運用が関わることから政府部門の参画が不可欠となる。更に、巨額の資金と高い技術を必要とすることから、実務的には政府の役割を期待することが現実的であった。

一方「リープフロッグ型」発展戦略において求められるヘッドクォーターの役割とは、様々な産業分野を含む広範な社会システムの全領域を、知識集約型産業の振興という単一の基準で判断し、その判断に基づいた適切な指示を下すというものであり、そのためにはサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームを駆使することになる。即ち社会の幅広い層を対象とするデジタル教育の推進等による人的資本及び社会資本の蓄積、近代的な制度の国や社会への浸透の促進という条件をクリアすることが課題であり、その上で、第 1 にデジタル技術を活用した小規模企業振興（労働集約型 IT 産業振興）、第 2 にデジタル・サービスの「重化学工業」

化（大企業組織化）、第 3 に既存製造業のリニューアル・サプライチェーンへの参画を推進していくことになる。

ここで問題とされるのは、インターオペラビリティ・プラットフォームの運用能力である。これについては、日本のみならず多くの先進国及びグローバル・サウス諸国を見渡してみても、特に政府の産業政策当局が社会の中で特筆するほどの優位性を示しているとは考え難い。これに対して、その運用において、特にグローバル・サウス諸国の地方部において重要な役割を担うことになると期待されるのが、グローバル・サウス諸国の地方部に存在する工科系の大学／研究機関等である。工科系の大学／研究機関等は、以下のように、「リープフロッグ型」発展戦略のヘッドクォーターに求められる 4 つの機能を適切に果たしていくことが出来ると考えられる。

第 1 の機能は、サイバーフィジカル・システムの構築及び運用である。大学／研究機関等が工学系及び情報系の学部／部門を有する場合には、グローバル・サウス諸国の地方部においてサイバーフィジカル・システムの構築及びサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームの構築の役割を十分に担えるものであり、このような役割を担える機関は大学／研究機関等しか存在しないと言える。

第 2 の機能は、デジタル人材育成（d-HRD:Digital Human Resource Development）である。DX を中心的な運用原理に据える最先端の社会システムを構築し、運用するためには、膨大な数のデジタル人材を育成することが必要である。

デジタル人材育成については、大学は高等教育機関であり、大学の教育内容は高等教育であり、学生も大学生である。一方、DX に基づく社会システムの構築、運用のために必要とされる人材の圧倒的大多数を育成するための教育は、高等教育よりも下位の、中等教育、職業訓練のレベルである。グローバル・サウス諸国の地方部においては、短期間で膨大な人数がデジタル人材として育成され、当該社会システムがグローバル・アウトソーシング・ネットワークに接続することが最大の課題なのであり、高等教育によって世界最先端の AI を開発すること等は特に求められるものではない。

このような、新たな課題の人材育成については、それ専用の新しい教育機関を創設する、ということも選択肢にはある。例えば、DX 前の産業革命である第 1 産業化の第 2 次産業革命では、アセンブリー系製造業を急速に進行することが社会の大きな課題であった。大東亜戦争の敗戦により、その課題に直面した日本は、産業界の要望に応える形で、1961 年に学校教育法の特例法を制定し、新しい高度産業人材の育成機関としての高等専門学校（KOSEN）制度を創設した（注 10）。今回も、膨大な数の DX 人材育成という新たな課題に対応するためには、この高等専門学校（KOSEN）の例に倣って、新たな教育機関の制度を構築することは王道ではあることになる。

一方、実務的に考えるならば、大学が存在している限りにおいては、大学において高等教育としての大学の正規の教育とは別建てで中等教育レベルの教育プログラムを提供することは困難な話ではない。中等教育機関に高等教育の教育プログラムを提供させることは不可能である一方、高等教育機関である大学が中等教育または職業訓練の教育プログラムを提供することは十分に可能である。

第 3 の機能は、政策当局へのアウトリーチ、即ち政策当局による政策構築及び運用に対する適切な支援を実施することである。具体的には、政策当局が認識していない政策課題を明らかにして、それに対して立法措置を含む適切な対応政策を立案すること等である。これについても、グローバル・サウスの地方部においては、大学はそれぞれ地方政府との密接な関連を有しており、その政策提言は地方政府において採用される可能性が低くはない例が多いことから、十分な期待をかけることは合理的である。

第 4 の機能は、近代化の推進方法に関して、グローバル・サウス諸国の地方部発の新しい叡智を創出し、世界に広める機能である。「リープフロッグ型」発展戦略によってグローバル・サウス諸国の地方部における地方創生を推進するためには、数多くの独自の叡智が創出されることが必要である。即ち、グローバル・サウス地方創生は、経済面、産業面の活動であると同時に、哲学的な問題でもあることになる。

智の創造メカニズムについては既に多くの研究が積み重ねられているところ、その内容の最大公約数を示すと、効率的に智の創造を進めるためには、特別の社会制度が必要である、ということになる。大学／研究機関等は、その出自において、智の創造のために特別に構築された社会制度である。更に「リープフロッグ型」発展戦略においては、DX の全面的な活用が鍵となっている。即ち、DX を活用した新しい智の創造のための社会制度の構築が課題である。

本稿で見ているように、今日ではそのような新たな社会制度としては、サイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームが最有力である。また、そこにおいて創造された新たな智は、近代化を推進する世界中の人々、特に同様の試みを展開するグローバル・サウス諸国の地方部の人々に対して重要な知見をもたらすものとなる。そのような智の普及においても、サイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームは重要な役割を果たすものと考えることが出来る。グローバル・サウス諸国の地方部において、このようなサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームを構築し、運用するための主体として最も適しているのが、大学／研究機関等である。

グローバル・サウス諸国の地方部における大学／研究機関等がサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームによって独自の叡智を構築し、それを世界に対して発信することにより、従来は単なる発展戦略に関する叡智の「受入国（recipient）」であったグローバル・サウス諸国の地方部は、世界に自らの叡智を発信する発展戦略に関する叡智の「供与国（donor）」の役割を担うようになることが、少なくとも技術的は可能になる。グローバル・サウス諸国の地方部によるこのような情報発信は、世界の近代文明の進化史を、本格的な多系的進化モデルへと誘うものになると見ることが出来る。

以上のように、DX によって新たに可能性が開けることになった、グローバル・サウス諸国の、特にその地方部における「リ

ープフロッグ型」発展戦略の実践において、大学／研究機関等は、本来の機能である教育、研究とは別に、地域における発展戦略の指揮という特別の役割が期待されることになる。そのような役割を担う大学／研究機関等については、全く新しい概念で捉えることが適切であり、筆者はそれを SEZ（特別叡智拠点：Special Epistemic Zones）と呼ぶ。一般的には SEZ とは経済特区（Special Economic Zones）を指すものの、ここでは Economic ではなく、Epistemic の SEZ である。

さらに、製造業の先駆けて DX により知識集約型産業を振興する「リープフロッグ型」発展戦略の 1 つとして、SEZ（特別叡智拠点）と呼ばれる大学／研究機関等がサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームを駆使して地域全体の発展を指揮するという発展戦略については、「新頭脳立地政策」と呼ぶことができる。

以上をまとめると、今後のグローバル・サウス諸国において、第 1 産業化（労働産業化）の中の第 2 次産業革命において、正統派発展戦略においては不可欠の先行課程とされている労働集約型製造業の振興を飛ばして直截に知識集約型産業を振興することが出来るか、という問題については、グローバル・サウス諸国における工学系の大学／研究機関等が SEZ（特別叡智拠点）としてサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームを駆使する「新頭脳立地政策」を展開することにより、人的資本（質の高い労働者）、物的資本（民間の機械・設備・建物）、インフラストラクチャー（道路、鉄道、港湾、空港などの公共資本）、社会関係資本（効率的な契約制度、信頼関係）、知的資本（科学的・技術的・経営的知識）等の産業育成に必要なストックを蓄積していくことにより可能性を見出すことが出来るとの結論を得ることができる。

4.「産業革命リープフロッグ」（ショート・リープフロッグ）

続いて、第 1 産業化（労働産業化）の中の第 1 次産業革命及び第 2 産業革命を飛ばして直截に第 3 次産業革命を開始することが可能であるかという問題について検討する。

公文俊平［2015］の整理によると、第 1 次産業革命とは、石炭と蒸気機関を主動力として、鉄工業と軽工業を基幹産業とするものであり、これにより中小企業による自由競争市場が発展した。第 2 次産業革命とは、石油・電力と内燃機関・電動機を主動力として、重化学工業と耐久消費財工業を基幹産業とするものであり、これにより大企業による寡占的市場支配が発展した。

これらの過程を通じて先発国の事例では、国内において、産業化の推進のために必要な広範な社会的資本の蓄積が進められ、それによって情報とコンピューターを主動力として、デジタル情報通信産業とデジタルもの作り産業を基幹産業とする第 3 次産業革命が進展し、超大企業によるプラットフォーム提供とそのユーザーとして活動する小規模事業者から成る市場が発展している。

これについても、重要な要因は各種の社会的資本の蓄積であり、それは必ずしも第 1 次産業革命及び第 2 次産業革命を経なくとも、グローバル・サウス諸国の工学系の大学／研究機関等が SEZ（特別叡智拠点）としてサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームを駆使する「新頭脳立地政策」を展開することにより相当程度可能であると考えられる。

5.「産業化リープフロッグ」（ミドル・リープフロッグ）

次の問題は、第 1 産業化（労働産業化）を飛ばして直截に第 2 産業化（知能産業化）を開始できるか、という問題である。具体的には、グローバル・サウス諸国において、人間（自然人）が産業化を手掛けていない場所において、汎用 AI を投入することにより人間（自然人）の介在のない産業化を推進することが出来るか、という問題である。

この問題については即断は不可能である。近時の生成系 AI の発達は、この可能性について重要な示唆を示していると見ることは可能ではあるものの、それが人間（自然人）の介在しない全面的な産業化に繋がるかどうかは不明である。先述の通り、このため、本稿では敢えてこの問題には立ち入らないことにする。

6.「近代化リープフロッグ」（ロング・リープフロッグ）

次の問題は、近代化の基本的な進化経路である国家化及び産業化を飛ばして直截に情報化を開始することが出来るか、という問題である。

このうち産業化の関連については別の機会に委ねることとして、本稿では、国家化との関係について検討を行うこととする。即ち、先発国の事例のように、主権国家の建設及び国民国家の建設という国家化の 2 つの局面を飛ばして、直截に近代文明の成熟局面としての情報化の社会システムを構築できるか、という問題である。この問題は、近代文明における社会システムのガバナンス機構の構築方法そのものに関する疑問を投げかけることになる。

応用情報社会学の近代化モデルで用いられる情報化という概念は、通常用いられているような、デジタル化、DX 等のような技術に主眼を置いた概念ではなく、社会システムの構成原理に関する概念であり、ソーシャル化、とも呼ばれるものである。先に見たように、近代化の第 1 局面（出現局面）である国家化においては、社会システムの構成原理は、「威」（power）であり、中核的な主体は国家（主権国家、国民国家及び統合国家）である。即ち、国家が「威」の拡大を目的に活動することが文明における中核的な動きとなっていた時代である。「威」の拡大とは、端的には、軍事力及び外交力により、他の国家を服従させる力を拡大することである。近代化の第 2 局面（突破局面）においては、社会システムの構成原理が「（経済的）繁栄」（prosperity）であり、中核的な主体は産業企業である。即ち、産業企業が利益の拡大を目的に活動することが文明における

中核的な動きとなっていた時代である。

これらに対して情報化とは、社会システムの構成原理が「愉しさ」、「共愉」（conviviality）であり、中核的な主体は、デジタル能力が高い個人（netizen）である。即ち、デジタル能力が高い個人が、他人との繋がり、自らの主張の普及等により「愉しさ」を強めることを目的に活動することが文明における中核的な動きになる時代である。なお、「共愉」とは、イヴァン＝イリイチの造語である conviviality の公文俊平による訳語である。

「愉しさ」については公文俊平［2017］は、更に以下の 3 段階を設定している。第 1 、即ち出現局面では、特に「 繋 （つな）がる化（コミュニケーション、ソーシャル化）」が重視され、第 2 、即ち突破局面では、特に「識（し）る化（コグニフィケーション）」が重視され、第 3 、即ち成熟局面では、特に「悟る化」が重視されるとされる。

近代文明において、このような意味における情報化（ソーシャル化）が円滑に推進されるためには、産業化の場合と同様に、社会システムにおいて安定したガバナンス機構が働いていることが不可欠である。社会システムにおける安定したガバナンス機構の機能なくしては、産業化はあり得ず、勿論情報化（ソーシャル化）もあり得ない。近代文明の先発国の事例が示す、主権国家の建設及び国民国家の建設は、確かに近代文明において安定したガバナンス機構が機能する社会システムを構成するために、決定的に重要な役割を果たしたことは疑いがない。

リープフロッグの考え方に立脚すると、根本的な疑問が生じざるを得ない。リープフロッグの考え方の基本は、先発国が辿った過去の近代化経路は無視して、現段階で活用可能な最先端のデジタル技術、DX を活用することによる近代化という「多様性進化経路」を模索することである。ただし、正統派進化経路を歩む場合にも多様性進化経路を歩む場合にも、社会システムにおけるガバナンス機能という問題は、必ず乗り越えなければならない。即ち多様性進化経路においても正統派進化経路と同様に社会システムにおけるガバナンス機能の問題は必ず解決しなければならない課題であることには変わりはないものの、そのガバナンス機能の方法については正統派進化経路とは異なる方法を採用することがあり得る、ということになる。

正統派進化経路においては、近代化の第 1 局面（出現局面）は、直截に近代文明という新たな文明における新たな社会システムのガバナンス機能の方法の確立のために費やされたと見ることも出来る。正統派進化経路において生み出されたそのガバナンス機能の方法とは、国家建設、というものであった。図表 2 で示したように、国家化の第 1 局面（出現局面）では、16 世紀半ばから 3 世紀間をかけて主権国家という形態の国家が建設された。国家化の第 2 局面（突破局面）では、18 世紀半ばから 3 世紀間をかけて国民国家という形態の国家が建設された。国家化の第 3 局面（成熟局面）では、20 世紀半ばから、統合国家という形態の国家が建設されつつある。これらの国家という社会制度を構築することによって、社会システムのガバナンス機能の問題を解決しようということである。

一方、多様性進化経路の観点からこの方法論を見るならば、以下の点が大きな問題として立ち現れる。すなわち、主権国家建設、国民国家建設はもとより、現下の統合国家建設においても、それらは現段階で活用可能な最先端のデジタル技術、DX の活用を全く欠いていたために超膨大なコストと時間を必要としたものであることである。一方、人口数百万～数千万人規模の標準的な規模の国家の社会システムのガバナンス機構のためには、今日の最先端のデジタル技術、DX を活用するならば、先発国が主権国家建設、国民国家建設及び統合国家建設のためにかつて投じた時間とコストを抜本的に節約することは、技術的には十分に可能であることは間違いない。

このことから、「情報化リープフロッグ」（ロング・リープフロッグ）問題においては、社会システムのガバナンス機能の観点からは、情報化（ソーシャル化）を実現することに加え、先発国が実施した主権国家建設、国民国家建設及び統合国家建設という方法とは全く別の方法で同等の社会システムにおけるガバナンス機構の仕組みを構築できるか、が問題になることになる。

この問題に取り組んだ先行研究が、公文俊平＋前田充浩［2021］において示されるマルチチュード政策研究である。これは、近時の巨大プラットフォーマーの能力に着目し、その技術的能力を社会システムのガバナンス機能に取り組むための方法論の構築を模索したものである。

正統派進化経路においては、社会システムのガバナンス機能は公的部門であり、公的部門の主体である国家のみがそれを担当することが許されるものとされている。このことは、近代化の第 1 局面（出現局面）が国家建設という公的部門の創出過程であり、近代化の第 2 局面（突破局面）における民間部門である企業の振興は、公的部門とは別の動きとして捉えられていることから明らかである。この枠組みに則る限り、巨大プラットフォーマーは民間企業であるため公的な営為とされる社会システムのガバナンス機構からは排除されなければならないことになる。巨大プラットフォーマーに関しては、現在各国政府による規制の動きが強められているところ、それはこのような文明の進化経路上の整理を反映しているものと見ることが出来る。

一方、多様性進化経路の観点からは、このような公的部門と民間部門との峻別は、国家化に端を発する先発国が歩んだ近代化の歴史に起因するものであるため、今後の多様性進化経路を推進する上では拘泥する必要が小さいものであると見做されることになる。このような考え方に立脚して、巨大プラットフォーマーを社会システムのガバナンス機構に参画させるための特別の制度を整備することが、筆者の考え方である。巨大プラットフォーマーの技術的能力を活用することにより、圧倒的に安価で効率的な社会システムのガバナンス機能を実現することができる。巨大プラットフォーマーという民間企業を社会システムのガバナンス機能に参画させることを、官民協調（PPP：Public-Private Partnership）型ガバナンスと呼び、この方法により民間企業である巨大プラットフォーマーを社会システムのガバナンス機能に参画させる方法論のことを、アントニオ＝ネグリの用語に則って、マルチチュード型発展戦略、と呼ぶ。

公文俊平＋前田充浩［2021］が整理したところによれば、マルチチュード型発展戦略が成功するための条件は 2 つである。

第 1 の条件は、クリステンセンの言う破壊的技術（disruptive technology）の登場である。従来の社会制度が基盤にしていた古い技術を完全に陳腐化させ、古い技術に基づく社会制度を無意味にするような画期的な新しい技術の登場である。言うまでもなく、今日の多くのデジタル技術の発達の中にはこのような破壊的技術として捉えることが出来るものがあり、巨大プラットフォーマーによるデータ管理はその典型である。

第 2 の条件は、「既得権益の罠」（incumbent traps）の不存在である。

今日のデジタル技術においても見られるように、破壊的技術は、それが生み出された社会システムで採用される可能性は、実は高くはない。一見不思議にも見えるものの、その理由は、クリステンセンが言うように（注 11）、新しい技術を生み出した社会システム（クリステンセンの場合には、巨大企業）は、古い技術に関する既得権益が発生しているためである。破壊的技術を採用して社会制度を全く新しい、遥かに効率的なものにすることは、社会システム全体にとっては望ましいことであっても、陳腐化した古い技術に立脚する既得権益関係者の失業等を生むためである。

この点については、今後のグローバル・サウス諸国に関しては明るい展望が開けていると見ることが出来る。最先端のデジタル技術に関してはそれら諸国では、一般的にそのような「既得権益の罠」のリスクが小さいと言える。

このようなマルチチュード型発展戦略は、本稿が基盤としている応用情報社会学の近代化モデルに即した内容となっている。

伝統的な情報社会学近代化モデルでは、21 世紀の今日では統合国家という新しい形態の国家が出現局面を迎えているとされ、この統合国家の形態については、複数の国民国家の地域的統合（horizontal integration）として捉えられている。今日登場しているその典型例が、EU によるヨーロッパ統合である。更には、ASEAN の成功も耳目を集めている。これらは、いずれも地域的統合による統合国家建設の取り組みであり、1950 年のシューマン宣言により開始された EU 統合の動きは 2020 年に BREXIT があり、現在では 27 か国が加盟している。ASEAN は 1967 年のバンコク宣言により開始された地域統合であり、現在 10 か国が加盟している。

筆者は、近代文明の国家化の第 3 局面（成熟局面）としての統合国家建設の動きの中には、このような地域的統合に加えて、従来は国家とは性質が異なる類型の主体であると捉えられ、国家とは直接の関係を有さなかった様々な主体が国家という制度に取り込まれていくという垂直統合（vertical integration）もあると考える。その典型が、官民協調型ガバナンスとして、民間企業である巨大プラットフォーマーが政府に統合されていくというマルチチュード政策である。今日のデジタル技術の急発展は、この形態の統合国家の動きを加速するものであると考える。

正統派進化経路においては、社会システムのガバナンス機能を果たす技術を保有するのは政府であることが当然視されていた。明治維新以降、日本が近代国家を建設する上で必要な多くの社会制度はそれぞれ特有の技術を必要とした。金融システム、資本システム及び産業システムの構築に加え、戸籍管理、電力網、交通網、徴税制度、義務教育、郵便制度等、数限りない。これらを実現するためには、膨大な人間を組織化し、それらの間の情報通信が滞りなく行われることが必要であり、そのような高度な技術を有した主体は、日本という社会システムの中では唯一、大日本帝国政府であった。第 2 次世界大戦後も、この図式は基本的に変更されることはなかった。

一方、今日の世界では、社会システムのガバナンス機能に関する社会制度の構築については、巨大プラットフォーマーは圧倒的に高い技術を有する主体であり、幾つかの分野ではその能力は政府を遥かに凌駕するものであることが否定できなくなって来ている。例えば、プラットフォーマーは何億人を対象として KYC（Know Your Customer：個人認証）をこなしているのに対して、未だに日本政府は 1 億 2 千万人の国民に対する電子的な個人認証制度の構築に苦労している。

上記のように、近代化の進化経路においては、主権国家から国民国家へ、さらには統合国家へと中核的な国家の形態が遷移している。この遷移の理由は、比較制度分析で言うガバナンス競争の結果である。ある形態の国家がある時期に趨勢的な地位を占めるのは、その形態の国家が一番有効にガバナンス機能を提供できる主体であるためである。従って、他により有効にガバナンス機能を提供できる主体が登場した場合には、競争の結果、ステージが遷移して行くことになる。

応用情報社会学の近代化モデルが、20 世紀半ば以降を、国民国家という局面の成熟局面と統合国家という新たな局面が重畳する局面として捉えるのは、国民国家という形態は長らく最も有効にガバナンス機能を提供できる主体であり、今日でも相当多くの領域ではその有効性は維持されているものの、最近では単独の国民国家では対処できない重要な問題が多く発生するようになって来たために、複数の国民国家の地域的統合という統合国家との競争に敗北する場面が多くなって来ていることを示している。このことを踏まえれば、デジタル技術の活用に関するガバナンス競争において、国民国家政府が巨大プラットフォーマーに歴然と劣るのであれば、国民国家政府が独占していたガバナンス機構の形態には変化が生じて当然、ということになる。

勿論、国民国家政府とは独立して巨大プラットフォーマーが単独でガバナンス機能を担うようになることを想定することは現実的ではない。従って、21 世紀のグローバル・サウス地域においては、従来はガバナンス機能に参画することのなかった巨大プラットフォーマーという民間部門の主体が参加し、国民国家政府との間で官民協調型ガバナンス機構という形態のガバナンス機構を構築し、それによって対処して行く可能性を考えることには合理性がある。このような官民協調型ガバナンス機構は、政府とプラットフォーマーという民間部門の統合、という意味である種の統合国家として捉えられるべきものであり、結果として 21 世紀においては、複数の国民国家の地域的連合と、政府と民間部門の主体の連合という「2 重の」統合国家が登場するのではないかと考える。

官民協調型ガバナンス機構が成立するためには、官、即ち国民国家政府と、民、即ち巨大プラットフォーマーとに特別の課

題が課せられることとなる。

国民国家政府には、従来は自らが独占していたガバナンス機能の領域に、恒久的に（「捕獲」（capture）しないで）一定の範囲で民間部門の参入を認めることとなり、そのための特別の制度、特に法制度整備が必要となる。巨大プラットフォーマーには、社会システムのガバナンス機能という領域に参画するための特別の能力と意思が必要とされることとなる。

両者がこのような課題に適切に応え、官民協調型ガバナンス機構を成立させるためには、幾つか特別の条件があることとなる。逆に言えば、それらの条件を充足することが出来れば、国民国家政府は優れたデジタル技術を有する巨大プラットフォーマーをパートナーとして得ることにより、社会システムの成員に対してより優れたガバナンス機能のサービスを提供して行くことが可能になる。

なお、この場合においても、インターオペラブルな智の創造プラットフォームを提供するサイバーフィジカル・システムの重要性が強調される。

発展戦略「リープフロッグ」及び産業革命「リープフロッグ」においては、リープフロッグの推進に当たっては、社会システムの各領域に別々のモダリティによって存在する様々な智を統括して、リープフロッグの推進という単一の目的のために組織化する新たな智を生み、運用することが重要であることは繰り返しているところである。技術的にこの要求に応えることができるのは、目下のところ、インターオペラブルな智の創造プラットフォームを提供するサイバーフィジカル・システムの構築及び運用であり、それを実施する能力を有していることから、グローバル・サウス諸国の地方部に存在する工科系の大学／研究機関等を「SEZ（特別叡智拠点）」として特別の整備を進める、ということが本稿の提言である。

官民協調型ガバナンスにおいても、基本的に同様である。従来は政府という公的な機関が果たしていた社会システムのガバナンスという機能について、民間部門に所属する巨大プラットフォーマーの特別の参加を要請するものであり、巨大プラットフォーマーには、通常の経済活動により利潤の拡大という本来の役割に加えて、社会システムのガバナンス機能の実施という特別の役割が期待されることになる。グローバル・サウス諸国における工学系の大学／研究機関等が SEZ（特別叡智拠点）としてサイバーフィジカル・システムにおけるインターオペラビリティ・プラットフォームを駆使する「新頭脳立地政策」組織に本来求められる役割を超えて、社会システムの発展／ガバナンスのために特別の役割を課すことから、大学／研究機関等を SEZ という特別の概念で呼んだように、官民協調型ガバナンスの機能を実施するプラットフォーマーについても、特別の概念を付与することが必要である。ここではそれを、プラットフォーマーSEZ、と呼ぶことにする。

具体的には、巨大プラットフォーマーがその有するビッグ・データを適切に処理して官民協調型ガバナンスを実施するためには、異なるモダリティで存在するビッグ・データを社会システムのガバナンスの観点から整理し、適切な指示を導くことが必要であり、ここにおいてもインターオペラブルなサイバーフィジカル・システムの重要性が浮かび上がる。

即ち、「発展戦略リープフロッグ」及び「産業革命リープフロッグ」においては、大学／研究機関等が SEZ として社会システムの発展の指揮を執り、「情報化リープフロッグ」においては、大学／研究機関等に加えて巨大プラットフォーマーもまた SEZ として社会システムの指揮を執ることが求められると考えられる。

以上のことから、SEZ と呼ぶことが適切な大学／研究機関等及びプラットフォーマーがビッグ・データを含む各種のデータをインターオペラブルなサイバーフィジカル・システムの運用によって適切な指示を構築することにより、DX 時代においては、グローバル・サウス諸国が、様々な異なる時間軸に関する「リープフロッグ」を適切に進めていくという「多様性進化経路」が可能になると考えることが出来る。

先に「発展戦略リープフロッグ」を「新頭脳立地政策」と呼んだことに倣えば、「産業革命リープフロッグ」を「新頭脳産業革命」、「情報化リープフロッグ」を「新頭脳情報化」と呼ぶことが出来る。

注

注 1：1970 年代から 1990 年代にかけて、東京大学教養学部において進められた日本独自の社会科学の研究を、キャンパスの所在地に因んで、駒場学派、と呼ぶ。

注 2：村上泰亮・公文俊平・佐藤誠三郎『文明としてのイエ社会』、中央公論新社、1979 年。

注 3：前田充浩『第 3 新近代論―金融オーナーシップ型発展戦略の文明史的背景』、東京都立産業技術大学院大学紀要第 12 号、都立産業技術大学院大学、2019 年。

注 4 :前田充浩『グローバル内生的近代化試論－SDGs“No One Left Behind の文明論的根拠』、東京都立産業技術大学院大学紀要、2022 年。

注 5：公文俊平＋前田充浩『応用情報社会学－発展途上国における情報社会建設の指南書』、ERISE 出版、2021 年。英語版：Shumpei KUMON＋Mitsuhiro MAEDA”Applied Infosocionomics– A Manifesto of Informatized Society Building in Developing Economies”, ERISE Press, 2021。

注 6：公文俊平『プラットフォーム化の 21 世紀と新文明への兆し』、NIRA 総合研究開発機構オピニオン・ペーパー、NIRA 総合研究開発機構、2015 年。

注 7：アジスアベバ科学技術大学（2025 年 5 月 28 日）、ディレダワ大学（2025 年 5 月 30 日）、ジンマ大学（2025 年 6 月 2 日）、アダマ大学（2025 年 6 月 3 日）、アジスアベバ大学（2025 年 6 月 4 日）。

注 8：2025 年 5 月 28 日、アジスアベバ科学技術大学（アジスアベバ）におけるワークショップ。アフリカ側ではこのような考え方を「combined approach」と呼んでいる。

注 9：安橋正人・岩崎総則・藤岡亮介・及川景太『政策提言 IV「リープフロッグ型」発展戦略』、『悉皆成長のための経路多様性』（武蔵野大学国際総合研究所（MIGA）、2024 年 11 月に収録。）p72~p80。

注 10：1961 年に公布された学校教育法の特例法である高等専

門学校法においては、高等専門学校（KOSEN）は高等教育機関と定められている者の、国際的にはワシントン・アコード上、高等教育機関とは認められていない。即ち高等専門学校（KOSEN）は日本国内では高等教育機関の扱いを受けるものの、日本国外では、中等教育または専門教育の扱いを受ける。
注 11：クレイトン・クリステンセン『イノベーションのジレンマ―技術革新が巨大企業を滅ぼすとき』、玉田俊平太監修、伊豆原弓訳、翔泳社、2001 年。

参考文献

1. 村上泰亮等［1979］：村上泰亮・公文俊平・佐藤誠三郎『文明としてのイエ社会』.中央公論新社.1979 年.
2. 前田充浩［2019］：前田充浩『第 3 新近代論―金融オーナーシップ型発展戦略の文明史的背景』.東京都立産業技術大学院大学紀要第 12 号.東京都立産業技術大学院大学.2019 年.
3. 前田充浩［2022］：前田充浩『プラットフォーマーによる官民協調型ガバナンス機構－情報社会学近代化モデル「2 重の」統合国家試論』.東京都立産業技術大学院大学紀要第 15 号.2022 年.
4. 公文俊平＋前田充浩［2021］：公文俊平＋前田充浩『応用情報社会学－発展途上国における情報社会建設の指南書』.ERISE 出版.2021 年.英語版：Shumpei KUMON＋Mitsuhiro MAEDA”Applied Infosocionomics－ A Manifesto of Informatized Society Building in Developing Economies”. ERISE Press, 2021.
5. 公文俊平［2015］：公文俊平『プラットフォーム化の 21 世紀と新文明への兆し』、NIRA 総合研究開発機構オピニオン・ペーパー.NIRA 総合研究開発機構.2015 年.
6. 公文俊平［2017］：公文俊平『人類文明と人工知能 I 近代の成熟と新文明の出現』.NIRA 総合研究開発機構研究報告書.NIRA 総合研究開発機構.2017 年.
7. 安橋正人等［2024］：安橋正人・岩崎総則・藤岡亮介・及川景太『政策提言 IV「リープフロッグ型」発展戦略』.『悉皆成長のための経路多様性』（武蔵野大学国際総合研究所（MIGA）2024 年 11 月に収録）
8. クリステンセン［2001］：クレイトン・クリステンセン『イノベーションのジレンマ―技術革新が巨大企業を滅ぼすとき』.玉田俊平太監修.伊豆原弓訳.翔泳社.2001 年.

働き方に関する意識や行動と社外活動・転機経験との関連：人材の流動性に関する調査分析

The relationship between attitudes and behaviors regarding work styles, and extracurricular activities, transitions: Research on talent mobility

三好 きよみ [1*]
Kiyomi Miyoshi[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Kiyomi Miyoshi, kiyomi@aiit.ac.jp

Abstract This study aims to identify factors that promote changes in attitudes and behaviors regarding work styles, and to clarify measures for enhancing workforce mobility. This paper focuses on external experience and transition experiences, quantitatively analyzing them through a questionnaire survey. The results showed that awareness and behaviors forming the foundation for career self-reliance are promoted by such external activities and transition experiences. Factors highly correlated with job-changing intentions included external activities in fields different from one's job, transfers, obtaining qualifications or starting one's own business, experiences of failure, and experiences deeply contemplating the meaning and value of work.

Keywords transitions; external experience; work-related attitudes and behaviors; talent mobility; career self-reliance

1 はじめに

日本社会においては、少子高齢化の進行に伴い職業生活が長期化している。並行して、終身雇用の終焉、ジョブ型雇用制度の導入といった企業の人事・雇用制度の大きな変化が生じており、企業と個人の関係性も従来とは異なる様相を呈しつつある。また、近年では COVID-19 の影響による生活様式や働き方の変化に加え、生成 AI の出現が、人間に求められる仕事の質やあり方を根本から変容させつつある。

このような環境変化と需要変動、および働き方改革の推進を背景に、日本国内では 2010 年代以降、広範囲の産業・職業において人手不足が長期化している[1]。特に昨今は、デジタル技術に対応できる人材の確保が喫緊の課題であり、今後は更なる不足が予想されている[2]。これに対し政府は、成長分野への人材移動とリスキリングへの投資を強化しており、個人の学び直しや再挑戦を行うことを強く推奨している[3]。成長分野への人材移動などにより人材の流動性が高まることは、働き手が一つの企業に依存しない柔軟な転職を可能にし、雇用市場全体の活性化につながると期待される。

こうした雇用情勢、および社会環境の大きな変化の中で、個人には、主体的に自身のキャリアについて考え、環境変化に適応しながら、自らの適性を踏まえて行動することが強く要求されるようになった[4]。その結果、「働く」という行為を個人の中でどのように位置付け、意識し、行動へと繋げていくのかが、現代のキャリア形成において極めて重要な課題となっている。

本研究は、このような個人の働き方の意識と行動の変容を促す要因を明らかにし、人材の流動性を高める方策を明らかにすることを目指す。これまでに実施したインタビュー調査では、働き方の意識や行動を変容させた要因として、働く環境や仕事内容の変化に加えて、就職に対する心残りの体験、社外活動経験、転機、人との出会いなどが抽出された[5, 6]。これらの要因を踏まえ、本論文では、特に社外活動経験、および転機経験に焦点を当てる。社外活動経験、および転機経験の有無や内容によって、個人の働き方に関する意識や行動がどのように異なるのかをアンケート調査を通じて定量的に分析することを目的とする。

2 関連研究

本章では、まず、人材の流動性、および自律的キャリアについて、関連する研究を概観する。つづいて、本論文で取り扱う、社外活動、転機経験についての研究について概観する。

人材の流動性

人材の流動性という点で転職に関する代表的な研究を取り上げる。March & Simon[7]が提唱した「参加意思決定モデル」では、転職行動は、職務についての満足度と知覚された組織外への移動の可能性から影響を受け、職場に不満を感じており、かつ組織外に移動のチャンスがある場合は転職行動を起こす傾向が高まるとされている。Mobley[8]は、職務不満足から実際に転職行動を起こすまでにはプロセスがあるとし、職務満足と転職の間に、転職志向という変数を使っている。そして、職務満足よりも転職志向が有効な変数であるとしている。Blau & Boal[9]は、仕事コミットメント、すなわち職務についての満足度が高いと、組織コミットメントが低い場合でも離職意思が低くなる傾向があるとしている。Locke & Latham[10]は、高業績の成果に対する自信などの内的な報酬と昇進や昇給といった外的な報酬から強い職務満足が生まれ、職務満足は、組織コミットメントを高め、組織コミットメントの高い状態は組織にとどまりたいという意思を強めていくとしている。これらの研究からは、職務満足と職場満足が相互に関連しあって、人材の流動性に影響を及ぼしていることがわかる。

以下では、日本における人材の流動性についての研究を概観する。猪木[11]は、経済学の視点で適職選択と人材育成について言及している。渡辺[12]は転職理由のタイポロジーを提示し、大きく解雇やリストラによる「非自発的離職」と個人的理由と仕事関連の理由による「自発的離職」に二分している。さらに、仕事関連の理由は、主に現職への不満が起因であるプッシュ要因と組織外に存在するよりよい機会が起因であるプル要因に分類している。山本[13]は、働く人が強く求めるキャリアは組織内キャリアであり、組織内キャリアがうまく展開しない場合に、組織外志向（転職志向）が現れることを示唆している。安田[14]は、職場における上司との対人関係のミスマッチが、若年者の転職意向に多大な影響を及ぼすこと明らかにしている。

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

また、日本においては、転職による「上方移動」、すなわち賃金や役職アップを伴う転職が難しいことが示唆されている[15]。以上のように、日本においては、終身雇用、メンバーシップ型採用が長らく続いていたこともあり、まずは、所属する組織内でのキャリアを志向し、そこでの不満が起因となる場合に転職を検討することがわかる。

自律的キャリアの概念と日本での展開

組織に依存するのではなく個人が主体的にキャリアを形成し、個人の意思に基づいて積極的に学習することによって、キャリアが発達するという自律的キャリアという概念がある。企業の観点からは、従来組織の視点で提供されていた、人事の仕組み、教育の仕組みを個人の視点から見たキャリアデザイン・キャリア構築の仕組みに転換するものとして捉えられている[16]。1990 年代半ばから、このような考え方が、キャリア形成の望ましいあり方として重視されるようになり、実現に向けて様々な施策が行われてきている。一方、個人においても、自身のキャリア形成を企業に依存することなく、自分で考えたいということが広がってきており、「令和元年度能力開発基本調査」[17]によると、正社員の 65.7 %、正社員以外の 47.7 %が、「自分で職業生活を考えていきたい」または「どちらかといえば自分で職業生活を考えていきたい」と答えている。

主体的なキャリア形成・自律的キャリアに関連する研究としては、従業員のキャリア自律に関わる状況や活動についての研究[18]、キャリア自律に関わる意識が個人の意識や組織に与える影響についての研究[19] 、企業の経営方針、人事管理方針とキャリア自律促進との関係に着目した研究[20]、長期雇用がベースの伝統的な企業の自律的なキャリア意識の特徴の研究[21]などがある。このように、日本の主体的なキャリア形成に関する主要な研究は、これまでは、長期雇用を前提とした枠組みの中で、企業主導のキャリア形成に関するものであり、人事制度や人材育成との関連性を対象として行われてきた。

社外活動とキャリア意識の変化

業務外の活動とキャリアとの関連に関して、所属する組織の枠を自発的に越境し、自らの職場以外に学びの場を求める越境学習が注目されている。荒木[22]は、所属する組織から越境して実践共同体へ参加することで、今後のキャリアに対する意欲と展望を促し、それが社会的役割の獲得感、専門領域の自覚にも影響をあたえていることで、キャリア確立を促していることを明らかにしている。また、多様なメンバーが集まる実践共同体では、自分とは異なる考え方に触れることによって、自らの仕事や組織を俯瞰したり、客観的に捉えたりすることが可能になったことも示している[22]。館野[23]は、積極的な理由のもとに社外の勉強会に参加している人は、成長実感が高いことを明らかにしている。藤澤・高尾[24]は、プロボノ経験が、仕事に関する認知や経験を変え、意味ある仕事経験を自ら創出する行動に影響を与えることを示している。また、石山[25]は、社外活動の中でもボランティア、地域コミュニティ、異業種交流会への参加といった、所属する企業とは明確に異なる領域の人々と交流する場合に、本業の業務遂行状況へ正の影響を及ぼす可能性を示唆している。キャリア理論には、所属する職場や組織を超えて交流することで、組織や個人が発展していくというバウンダリーレスキャリア[26]という概念がある。バウンダリーレスキャリアは、物理的、および心理的な両面において境界を超える移動が特徴であるとされている[27]。梅崎ら[28]は、キャリアの成功と転職に与える影響について調査分析し、バウンダリーレスキャリアの「移動への選好」は転職を促し、「キャリア満足度」を低めていること、プロティアンキャリアの「自己指向」は転職を促しながら「キャリア満足度」を高めることを明らかにしている。プロティアンキャリアとは、社会や環境の変化に合わせて、個人が主体的に自身の知識やスキルを変化させ、自分自身のキャリアを構築していくという概念である[29]。また、尾野[30]は、若年就業者においては、キャリアに対する焦燥感が、転職行動や異動検討といった他のキャリアの選択肢探し、業務外の勉強会や交流会への参加、キャリアに関する相談や現状整理に、影響を及ぼすことを明らかにしている．このように、所属する組織の外での活動は、キャリア確立、客観的な捉え方、成長実感などの効果があり、本業の業務遂行にも影響を及ぼすことがわかる。それらは、組織内での受動的な経験では得難いものであると考えられる。

転機とキャリア意識の変化

転機は、予期せぬ出来事を含め、個人のキャリア意識とキャリア形成に本質的な変化をもたらす重要な出来事である。生涯発達心理学においては、転機はトランジションあるいは移行期とも称され、人生の節目として捉えられる。例えば、Jung [31]は、人生を日周運動になぞらえ、正午（概ね 40 歳前後）に「中年期の危機」という大きな転換期が生じると論じた。また、Levinson [32]は、人生の発達を安定期と、それに続く過渡期の繰り返しとして捉え、この過渡期が自己の人生や目標を振り返り、キャリアを再検討する重要な時期であるとした。Bridges [33]は、トランジションを終焉、ニュートラルゾーン、開始、という 3 段階の心理的プロセスとしてモデル化し、トランジションに対応するためには、まず過去を手放すことが重要であると論じた。Schlossberg [34] は、トランジションへの対応として、状況（Situation）、自己（Self）、支援（Support）、戦略（Strategies）という「4 つの S」の視点を提示した。国内の研究においても、転機がキャリアに及ぼす影響が多角的に検討されている。金井[35]は、女性の結婚や出産・育児といったライフイベントを契機とする仕事との両立への葛藤、すなわちライフキャリアにおける転機の克服に焦点を当てた。堀内・岡田 [36]は、転機経験が仕事経験からの学びを媒介し、自律的にキャリアを形成しようとする意識を促進することを明らかにしている。高田・辰巳[37]は、転機によるキャリア意識の変化として、新しい仕事の価値観、新たな問題意識、仕事以外への関心を抽出している。三輪[38]による中年期以降のキャリア事例研究では、転機とそれに伴う変化について、「自律性や成長欲求が強いことによる葛藤や不満→転職や独立・開業」、「仕事・働き方への疑問や限界の認識→専門分野の変更」、「知識・スキルの不足→学び直し」、「健康や家庭の問題→仕事の中心性の変化」の 5 分類に整理されている。金井[39]は、キャリアの節目や転機では、自己

の経験や価値観を棚卸しし、キャリアの方向性を再評価することが重要であるとしている。このように、自律的キャリアが求められる現代においては、キャリアにおける転機を成長の機会として捉え、自らのキャリアを再定義することの重要性が確認できる。

3 これまでの調査分析

本章では、本論文のアンケート調査設計の基礎となった、これまでの調査分析結果を述べる。

組織間移動プロセスの検討

自発的な転職や異動を経験している専門職へのインタビュー調査結果からは、転職要因として、職場環境や仕事内容の変化による焦燥感、閉塞感、不適合感が抽出された。それらは、プライベート時間を確保したい、次のステップを目指したい、資格を活かしたい、スキルを習得したい、といった仕事への欲求へと影響を及ぼしていることが確認された。さらに、その欲求を強化する要因として、新卒での就職に対する心残りの経験、突然の地震やコロナ禍、越境学習による人生観の変化が抽出された。このような転職へのプロセスからは、環境の変化や人生観が変化する出来事によって、キャリアの見直しを行っていることが確認できた[40]。

デジタル関連企業へと転職した経験のある専門職へのインタビュー調査結果からは、学生時代には、夢中になることがあったこと、初職はやりたいことと現実の就職活動の間で折り合いをつけたことが確認された。そして、キャリア初期には、仕事が面白くない、やりたいことがやれて充実している、というように不満足感と満足感の双方が抽出された。キャリア中期では、ロールモデルがいないことや業務に対する停滞感や違和感が抽出された。そのようなときに、友人・知人の姿をみて刺激を受け、羨しく思いながらも新しいことへの不安も感じており、これらのもやもや感からの転職意識の芽生えが確認された。このもやもや感は、成長意欲の高まりとなり、自分のスキルレベルを常に把握し、強み弱みについて自覚できているという自己モニタリングと相俟って、副業や学びという未知のことへの積極的な取り組みへの動機づけとなっていた。この一連のプロセスからは、人との出会い、自己モニタリング、かつて夢中になったことからの自己実現の欲求が転職意識を高めることが確認できた[41]。

転職経験、転職への積極性とキャリア自律、仕事への取り組み方の関連

関連研究、および前項のインタビュー調査からの分析をもとに、アンケート調査を行った。その結果、転職回数による比較検討では、複数回の転職経験者は、転職経験がない者に比較して、新しい環境に早く適応し、自分らしさを発揮することができる、といった行動領域でのキャリア自律の度合いが高い傾向が示された。転職に対する積極性の度合いによる比較検討では、転職に対して積極的な者は、キャリアへの関心が高く、自分のキャリア形成は自分の責任であり、得意分野を見つけ、自分の価値観を持って仕事に取り組むといった心理領域でのキャリア自律度合いが高い傾向が示された。また、転職に対して積極的な者は、自分の成長のためで他の人に褒められるためや注目されるためではなく、自己の成長のために働くという傾向がみられた。複数回の転職経験者、および転職への積極性が高い者、共通に、自分の価値観やポリシーを持って主体的に仕事を行っていることが示された[42]。

テレワーク従事者を対象としての調査分析では、複数回の転職経験者、および転職への積極性が高い者は、テレワーク環境下での個人の生産性、所属するチームの生産性ともに、改善したと感じていることが示された。仕事への取り組み方として、自分で自分の時間をマネジメントし、個人の仕事環境を整えて、生産性を向上させようとしていると推測される。転職経験なしの者は、職場の同僚・上司とよい関係を築くための取り組みを継続的に行っている傾向が示されたことから、職場での人間関係に気を使う傾向があり、転職を考えたことがあったとしても踏み留まることが推測された[43]。

まとめ

インタビュー調査から得られた分析結果から、キャリア自律、仕事への取り組み方について、アンケート調査を行った結果、転職経験者や転職への積極性が高い者は、キャリア自律の度合いが高く、主体的な仕事への取り組みを行っている傾向がわかった。では、そのような働き方に対する意識や行動はどのような要因によるものだろうか。転職経験者のインタビュー調査分析では、働く環境や仕事内容の変化に加えて、社外活動経験、転機、人との出会いなどが抽出されている。よって、本論文では、働き方に関する意識や行動と、社外活動や転機経験の関連について調査分析を行うこととする。

4 方法

調査対象

調査会社に委託し、2023 年 5 月にアンケート調査を実施した。全国のモニターから、大学卒、または大学院卒の正社員、20 歳代～40 歳代を対象とした。

調査内容

調査項目は、性別、年齢、職種、業務領域、転職についての質問、仕事や普段の意識や行動、社外活動経験、転機経験である。質問項目は、先行研究、および分析結果[40-43]を参考に設定した。回答方法は、転機、および社外活動については、はい・いいえのどちらかを選択、それら以外は、よくあてはまる、あてはまる、どちらでもない、あてはまらない、全くあてはまらないの 5 件法とした。以下に調査項目を述べる。

社外活動

石山[25]の①副業、②ボランティア、③プロボノ、④趣味・サークル、⑤地域コミュニティ、⑥勉強会・ハッカソン、⑦社内の業務外の活動、⑧異業種交流会の 8 項目に⑨社会人大学院等の学生を追加して 9 項目とした。回答は、ある・なしのどちらかの選択とした。

転機経験

先行研究、およびインタビュー調査の結果[40, 41]をもとに、

環境・役割の大きな変化、人との出会い、内面的・認知的な変化、私生活に由来の 4 つのカテゴリーに分類される 13 項目を作成した。環境・役割の大きな変化である、①出向・転籍、転勤、海外勤務、転職などの仕事環境の大きな変化、②昇進昇格による仕事の変化、③会社の倒産・リストラ・失業、④資格取得・起業独立、人との出会いを契機とした転機として、⑤仕事上での重要な人との出会い、⑥仕事以外での重要な人との出会い、内面的・認知的な変化を伴う転機として、⑦仕事の意味や価値について深く考える経験、⑧仕事での挫折・失敗、⑨新卒での就活がうまくいかなかった経験、⑩社外での自発的な学習経験、私生活に由来する転機として、⑪結婚・恋愛、⑫子どもの誕生や子どもの自立、⑬本人や家族の病気・介護。回答は、ある・なしのどちらかの選択とした。

ジョブ・クラフティング

ジョブ・クラフティングは、「個人が自らの仕事のタスク境界もしくは関係的境界においてなす物理的・認知的変化」[44]と定義されている。労働者が与えられた仕事をこなすだけではなく、主体的に仕事や職場環境に変化を加えながら、自ら自分の能力や適性に合った働き方を目指すことである。ジョブ・クラフティング尺度 9 項目 [45]を用いた。「タスククラフティング」「関係クラフティング」「認知的クラフティング」の 3 因子についてそれぞれ 3 項目で構成されている。「タスククラフティング」因子は、必要と感じれば新たな仕事を自分の仕事に加えるなどの質問項目で構成されている。「関係クラフティング」因子は、仕事で通じて人と積極的に関わるなどの質問項目で構成されている。「認知的クラフティング」とは、自分の担当する仕事を見つめ直すことによって、やりがいのある仕事に見立てるなどの質問項目で構成されている。

仕事スキルに対する意識

「デジタル時代のスキル変換等に関する調査報告書」[46]を参考に、仕事スキルの認識や意識に関する 5 項目を用いた。自分の市場価値を意識している、自分のスキルレベルを把握している、これからも活躍し続けるには新しいスキル習得が必要だと思うなどの質問項目で構成されている。

自己成長主導性

自己成長主導性尺度 II [47]の下位尺度のうち、「積極的な行動」、「資源の活用」からそれぞれ 3 項目、計 6 項目を用いた。「積極的な行動」は、自分を向上させようと積極的に取り組む、絶えず人として成長しようとしているなどの項目である。「資源の活用」は、成長しようと思うとき自分のまわりの人達や資源を活用するなどの質問項目で構成されている。

やりたいこと志向

キャリア意識尺度[48]の下位尺度のうち、人生と仕事においてのやりたいこと志向について、それぞれ 3 項目計 6 項目を用いた。「やりたいこと志向：人生」は、自分の人生なのだから好きにやった方がいいと思うなどの質問項目で構成されている。「やりたいこと志向：仕事」は、好きなことを仕事にしたいなどの質問項目で構成されている。

楽観的思考

成人版ライフキャリア・レジリエンス尺度[49]の下位尺度のうち、「楽観的思考」から 3 項目を用いた。本尺度は、不安定な社会においてもライフキャリアを築きあげる力の尺度である。そのうち、「楽観的思考」は、ものごとが思ったように進まない場合でも、きっと何とかなると思うなどの質問項目で構成されている。

メタ認知能力

メタ認知能力尺度[50, 51]の 14 項目を用いた。本尺度は、自分自身を客観視、理解、コントロールでき、さらに学習したことを他のことに適用できる能力をどの程度もっているかの尺度である。「メタ認知モニタリング」5 項目、「メタ認知コントロール」 5 項目、「メタ認知的知識」4 項目の 3 因子で構成されている。「メタ認知モニタリング」因子は、自分のとっている方法がうまくいっているか分析しているなどの質問項目で構成されている。「メタ認知コントロール」因子は、複雑に見える問題でも、単純な問題としてとらえなおすことができるなどの質問項目で構成されている。「メタ認知的知識」因子は、自分の興味があることについてはより深く学んでいるなどの質問項目で構成されている。

転職志向

「第 8 回世界青年意識調査」[52] の転職に関する考え方を参考に、“よりよい条件を求めて、積極的に転職する方がよい”、“自分の才能を生かすためには、積極的に転職する方がよい”、“職場に強い不満があれば、転職する方がよい”の 3 項目で構成した。

5 結果

回答者の属性

回答者は全体で 625 名であった。属性は、年齢は、20 歳代 49 名、30 歳代 157 名、40 歳代 419 名、性別は、男性 529 名、女性 94 名、記入なし 2 名であった。

尺度の信頼性の検討

まず、質問項目への回答について、「全くあてはまらない」「あてはまらない」「どちらでもない」「あてはまる」「よくあてはまる」を 1 点から 5 点で得点化し平均値を算出した。次に、各尺度の下位尺度についてクロンバック信頼性係数 α を算出した。.72～.83 であり満足できる信頼性が示された。この後の分析では、これらの尺度の因子に相当する項目の平均値を因子得点として使用する。

社外活動経験の有無による比較

社外活動の経験の有無によって、働き方の意識や行動とどのような関連があるかについて、分析した。9 項目のうちどれか 1 項目でも経験がある者を社外活動経験あり群、全く社外活動の経験がない者を社外活動経験なし群として、2 群間の得点の差について t 検定を行った。分析結果を表 1 に示す。

分析の結果、「ジョブ・クラフィティング」の 3 因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「やりたいこと志向：仕事」、「メタ認知能力」の 3 因子、「転職志向」について、社外活動経験あり群の得点が有意に高かった。一方、「やりたいこと志向：人生」「楽観的思考」については、有意な差が認められなかった。

表 1　社外経験の有無による働き方に関する比較結果

		社外経験あり (n=305)		社外経験なし (n=320)			
		平均	SD	平均	SD	t値	
ジョブ・クラフティング	タスククラフティング	3.58	0.68	3.37	0.69	3.88	***
	関係クラフティング	3.25	0.75	3.04	0.70	3.63	***
	認知的クラフティング	3.31	0.73	3.04	0.70	4.68	***
仕事スキルに対する意識		3.39	0.68	3.17	0.63	4.32	***
自己成長主導性	積極的行動	3.10	0.81	2.85	0.71	4.09	***
	資源の活用	3.15	0.78	2.96	0.65	3.34	***
やりたいこと志向	やりたいこと志向：人生	3.65	0.80	3.54	0.68	1.83	
	やりたいこと志向：仕事	3.44	0.73	3.28	0.67	2.89	**
楽観的思考		3.05	0.80	2.95	0.72	1.64	
メタ認知	モニタリング	3.32	0.66	3.15	0.62	3.32	***
	コントロール	3.45	0.65	3.29	0.62	3.17	**
	認知的知識	3.46	0.68	3.27	0.64	3.56	***
転職志向		3.35	0.81	3.19	0.75	2.59	**

***p<0.001, **p<0.01

社外活動経験の種類による比較

社外活動経験の種類によって、働き方の意識や行動とどのような関連があるかについて分析した。社外活動経験の 9 種類について、1: 当該の社外経験がある者、2: 当該の社外経験はないがその他の社外経験がある者、3: 社外活動経験がない者の 3 群とした。社外活動経験 9 種類ごとに 1 要因の分散分析を行った。結果を表 2〜表 10 に示す。以下では、各社外活動経験ごとの結果を述べる。

① 副業

副業経験あり群は、副業経験なし（社外経験あり）群、社外経験なし群との間に有意差はなかった。「ジョブ・クラフティング」の 3 因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「メタ認知モニタリング」について、副業経験あり群と副業経験なし（社外経験あり）群が、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「やりたいこと志向：仕事」「転職志向」について、副業経験あり群は、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。

② ボランティア

ボランティア経験あり群は、「タスククラフティング」、「関係クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「やりたいこと志向：仕事」、「メタ認知コントロール」「メタ認知的知識」について、ボランティア経験なし（社外経験あり）群と社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「認知的クラフティング」について、ボランティア経験あり群とボランティア経験なし（社外経験あり）群が社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「やりたいこと志向：人生」「メタ認知モニタリング」「転職志向」について、ボランティア経験あり群は、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。

③ プロボノ

プロボノ経験あり群は、プロボノ経験なし（社外経験あり）群、社外経験なし群との間に有意な差はなかった。ただし、プロボノ経験者は 12 名のため、サンプル数が少なく統計分析には適切でないと考えられる。

④ 趣味・サークル

趣味・サークル経験あり群は、「ジョブ・クラフティング」の 3 因子、「資源の活用」、「メタ認知能力」の三因子について、趣味・サークル経験なし群（社外経験あり）と社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「仕事スキルに対する意識」について、趣味・サークル経験あり群と趣味・サークル経験なし群（社外経験あり）が社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「積極的な行動」、「やりたいこと志向：仕事」、「転職志向」について、趣味・サークル経験あり群は、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑤ 地域コミュニティ

地域コミュニティ経験あり群は、「関係クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「楽観的思考」について、地域コミュニティ経験なし（社外経験あり）群と社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「転職志向」について、地域コミュニティ経験あり群は、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「タスククラフティング」、「認知的クラフティング」、「メタ認知的知識」について、地域コミュニティ経験あり群と地域コミュニティ経験なし（社外経験あり）群が、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「やりたいこと志向：仕事」、「メタ認知コントロール」は、地域コミュニティ経験なし（社外経験あり）群が社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑥ 勉強会・ハッカソン

勉強会・ハッカソン経験あり群は、「ジョブ・クラフティング」の 3 因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「やりたいこと志向：仕事」、「メタ認知コントロール」、「メタ認知的知識」、「転職志向」について、勉強会・ハッカソン経験なし（社外経験あり）群と社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「資源の活用」「やりたいこと志向：人生」「メタ認知モニタリング」について、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑦ 社内の業務外の活動

社内の業務外の活動経験あり群は、社内の業務外の活動経験なし（社外経験あり）と社外経験なし群との間に有意差はなかった。「関係クラフティング」、「認知的クラフティング」、「自己成長主導性」の 2 因子、「メタ認知的知識」について、社内の業務外の活動経験あり群と社内の業務外の活動経験なし（社外経験あり）群が社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「タスククラフティング」、「やりたいこと志向：仕事」「メタ認知モニタリング」について、社内の業務外の活動経験あり群は、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑧ 異業種交流会

異業種交流会経験あり群は、「関係クラフティング」、「認知的クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「資源の活用」、「やりたいこと志向：仕事」、「楽天的思考」、「メタ認知モニタリング」、「メタ認知的知識」について、異業種交流会経験

なし（社外経験あり）群と社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「タスククラフティング」、「積極的な行動」は、異業種交流会経験あり群と異業種交流会経験なし（社外経験あり）群が、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。「メタ認知モニタリング」について、異業種交流会経験あり群は、社外経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑨　社会人大学院等の学生

社会人大学院の学生経験あり群は、「タスククラフティング」「認知的クラフティング」について、社会人大学院経験なし（社外経験あり）群と社外経験なし群よりも有意に得点が高かったであった。「関係クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「メタ認知モニタリング」については、社会人大学院経験あり群と社会人大学院経験なし（社外経験あり）群が、社外経験なし群よりも得点が高かった。

表 2 ①副業経験の有無による比較結果

	社外活動あり 副業 1:経験あり n=71 平均	SD	2:経験なし n=234 平均	SD	3:社外活動なし n=320 平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.60	0.76	3.58	0.65	3.37	0.69	7.53	***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.38	0.76	3.21	0.74	3.04	0.70	8.19	***	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.40	0.73	3.28	0.73	3.04	0.70	11.75	***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.48	0.75	3.37	0.66	3.17	0.63	10.11	***	1,2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.20	0.95	3.06	0.77	2.85	0.71	9.31	***	1,2 > 3
資源の活用	3.22	0.90	3.13	0.74	2.96	0.65	6.06	**	1,2 > 3
やりたいこと志向									
やりたいこと志向：人生	3.62	0.77	3.66	0.81	3.54	0.68	1.80		
やりたいこと志向：仕事	3.58	0.70	3.40	0.74	3.28	0.67	6.11	**	1 > 3
楽観的思考	3.08	0.82	3.05	0.80	2.95	0.72	1.39		
メタ認知									
メタ認知モニタリング	3.37	0.68	3.30	0.66	3.15	0.62	5.81	**	1,2 > 3
メタ認知コントロール	3.44	0.60	3.46	0.66	3.29	0.62	5.03	**	2 > 3
メタ認知的知識	3.46	0.68	3.45	0.69	3.27	0.64	6.36	**	2 > 3
転職志向	3.52	0.82	3.30	0.80	3.19	0.75	5.54	**	1 > 3

***p<0.001, **p<0.01

表 3 ②ボランティア経験の有無による比較結果

	社外活動あり ボランティア 1:経験あり n=93 平均	SD	2:経験なし n=212 平均	SD	3:社外活動なし n=320 平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.78	0.61	3.50	0.69	3.37	0.69	13.29	***	1 > 2,3
関係クラフティング	3.46	0.77	3.16	0.72	3.04	0.70	12.30	***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.42	0.80	3.26	0.70	3.04	0.70	12.62	***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.58	0.67	3.31	0.68	3.17	0.63	15.29	***	1 > 2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.28	0.89	3.02	0.76	2.85	0.71	12.41	***	1 > 2 > 3
資源の活用	3.30	0.87	3.08	0.73	2.96	0.65	8.79	***	1 > 2,3
やりたいこと志向									
やりたいこと志向：人生	3.76	0.83	3.61	0.78	3.54	0.68	3.00	*	1 > 3
やりたいこと志向：仕事	3.63	0.74	3.36	0.72	3.28	0.67	9.04	***	1 > 2,3
楽観的思考	3.13	0.88	3.02	0.77	2.95	0.72	2.02		
メタ認知									
メタ認知モニタリング	3.44	0.66	3.26	0.66	3.15	0.62	8.18	***	1 > 3
メタ認知コントロール	3.58	0.57	3.40	0.67	3.29	0.62	7.85	***	1 > 2,3
メタ認知的知識	3.61	0.67	3.39	0.68	3.27	0.64	10.08	***	1 > 2,3
転職志向	3.48	0.80	3.30	0.81	3.19	0.75	5.16	**	1 > 3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 4 ③プロボノ経験の有無による比較結果

	社外活動あり プロボノ 1:経験あり n=12 平均	SD	2:経験なし n=293 平均	SD	3:社外活動なし n=320 平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.36	1.00	3.59	0.66	3.37	0.69	8.19	***	2 > 3
関係クラフティング	3.28	0.89	3.25	0.74	3.04	0.70	6.62	**	2 > 3
認知的クラフティング	3.42	0.78	3.31	0.73	3.04	0.70	11.11	***	2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.47	0.93	3.39	0.67	3.17	0.63	9.43	***	2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.22	1.07	3.09	0.80	2.85	0.71	8.57	***	2 > 3
資源の活用	3.28	1.02	3.14	0.77	2.96	0.65	5.84	**	2 > 3
やりたいこと志向									
やりたいこと志向：人生	3.28	1.08	3.67	0.78	3.54	0.68	3.29	*	n.s.
やりたいこと志向：仕事	3.39	0.96	3.44	0.73	3.28	0.67	4.23	*	2 > 3
楽観的思考	3.31	0.96	3.04	0.80	2.95	0.72	2.05		
メタ認知									
メタ認知モニタリング	3.25	0.91	3.32	0.65	3.15	0.62	5.60	**	2 > 3
メタ認知コントロール	3.28	0.76	3.46	0.64	3.29	0.62	5.48	**	2 > 3
メタ認知的知識	3.29	0.78	3.46	0.68	3.27	0.64	6.75	**	2 > 3
転職志向	3.39	0.99	3.35	0.80	3.19	0.75	3.36	*	2 > 3

***p<0.001, **p<0.01

表 5 ④趣味・サークル経験の有無による比較結果

	社外活動あり 趣味・サークル 1:経験あり n=145 平均	SD	2:経験なし n=160 平均	SD	3:社外活動なし n=320 平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.68	0.66	3.50	0.69	3.37	0.69	10.31	***	1 > 2,3
関係クラフティング	3.38	0.73	3.13	0.74	3.04	0.70	11.15	***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.42	0.74	3.22	0.72	3.04	0.70	14.12	***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.46	0.71	3.33	0.66	3.17	0.63	11.04	***	1,2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.19	0.85	3.01	0.77	2.85	0.71	10.59	***	1 > 3
資源の活用	3.29	0.80	3.02	0.74	2.96	0.65	11.08	***	1 > 2,3
やりたいこと志向									
やりたいこと志向：人生	3.69	0.79	3.62	0.81	3.54	0.68	1.95		
やりたいこと志向：仕事	3.46	0.77	3.43	0.70	3.28	0.67	4.28	*	1 > 3
楽観的思考	3.14	0.80	2.98	0.80	2.95	0.72	3.17	*	1 > 3
メタ認知									
メタ認知モニタリング	3.44	0.64	3.20	0.66	3.15	0.62	11.15	***	1 > 2,3
メタ認知コントロール	3.55	0.59	3.37	0.69	3.29	0.62	8.10	***	1 > 2,3
メタ認知的知識	3.55	0.69	3.37	0.67	3.27	0.64	9.19	***	1 > 2,3
転職志向	3.41	0.83	3.30	0.79	3.19	0.75	4.08	*	1 > 3
***p<0.001, *p<0.05									
転職志向	3.39	0.99	3.35	0.80	3.19	0.75	3.36	*	2 > 3

***p<0.001, **p<0.01

表 6 ⑤地域コミュニティ経験の有無による比較結果

	社外活動あり 地域コミュニティ 1:経験あり n=73 平均	SD	2:経験なし n=232 平均	SD	3:社外活動なし n=320 平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.71	0.72	3.55	0.66	3.37	0.69	9.11	***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.51	0.77	3.17	0.72	3.04	0.70	12.99	***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.45	0.82	3.27	0.70	3.04	0.70	12.74	***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.57	0.76	3.34	0.65	3.17	0.63	13.06	***	1 > 2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.41	0.83	3.00	0.78	2.85	0.71	16.75	***	1 > 2 > 3
資源の活用	3.33	0.83	3.09	0.75	2.96	0.65	8.79	***	1 > 2,3
やりたいこと志向									
やりたいこと志向：人生	3.58	0.89	3.68	0.77	3.54	0.68	2.14		
やりたいこと志向：仕事	3.49	0.85	3.43	0.70	3.28	0.67	4.43	*	2 > 3
楽観的思考	3.25	0.80	2.99	0.80	2.95	0.72	4.48	*	1 > 2,3
メタ認知									
メタ認知モニタリング	3.40	0.69	3.29	0.65	3.15	0.62	6.40	**	1,2 > 3
メタ認知コントロール	3.46	0.66	3.45	0.64	3.29	0.62	5.02	**	2 > 3
メタ認知的知識	3.57	0.76	3.42	0.66	3.27	0.64	7.67	***	1,2 > 3
転職志向	3.41	0.83	3.30	0.79	3.19	0.75	5.37	**	1 > 3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 7 ⑥勉強会・ハッカソン経験の有無による比較結果

	社外活動あり 勉強会・ハッカソン 1:経験あり n=89		2:経験なし n=216		:社外活動なし n=320			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.84	0.64	3.48	0.67	3.37	0.69	16.40 ***	1 > 2,3
関係クラフティング	3.50	0.78	3.15	0.71	3.04	0.70	14.45 ***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.58	0.71	3.20	0.71	3.04	0.70	20.32 ***	1 > 2,3
仕事スキルに対する意識	3.71	0.62	3.26	0.67	3.17	0.63	24.61 ***	1 > 2,3
自己成長主導性								
積極的行動	3.48	0.79	2.94	0.77	2.85	0.71	25.53 ***	1 > 2,3
資源の活用	3.30	0.85	3.09	0.74	2.96	0.65	8.40 ***	1 > 3
やりたいこと志向								
やりたいこと志向：人生	3.77	0.73	3.60	0.83	3.54	0.68	3.21 *	1 > 3
やりたいこと志向：仕事	3.63	0.71	3.36	0.73	3.28	0.67	8.84 ***	1 > 2,3
楽観的思考	3.17	0.79	3.00	0.81	2.95	0.72	2.90	
メタ認知								
メタ認知モニタリング	3.53	0.62	3.23	0.66	3.15	0.62	12.75 ***	1 > 3
メタ認知コントロール	3.64	0.60	3.38	0.65	3.29	0.62	10.52 ***	1 > 2,3
メタ認知的知識	3.63	0.64	3.39	0.69	3.27	0.64	10.78 ***	1 > 2,3
転職志向	3.61	0.81	3.25	0.78	3.19	0.75	10.66 ***	1 > 2,3

***p<0.001, **p<0.01

表 8 ⑦社外の業務外の活動経験の有無による比較結果

	社外活動あり 社内の業務外の活動 1:経験あり n=116		2:経験なし n=189		:社外活動なし n=320			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.70	0.63	3.52	0.70	3.37	0.69	10.04 ***	1 > 3
関係クラフティング	3.32	0.77	3.20	0.73	3.04	0.70	7.60 ***	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.43	0.70	3.24	0.74	3.04	0.70	13.64 ***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.48	0.70	3.34	0.67	3.17	0.63	10.87 ***	1,2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.19	0.85	3.04	0.79	2.85	0.71	9.94 ***	1,2 > 3
資源の活用	3.26	0.78	3.08	0.77	2.96	0.65	8.18 ***	1,2 > 3
やりたいこと志向								
やりたいこと志向：人生	3.63	0.80	3.67	0.80	3.54	0.68	1.79	
やりたいこと志向：仕事	3.51	0.71	3.40	0.74	3.28	0.67	5.17 **	1 > 3
楽観的思考	3.06	0.87	3.05	0.76	2.95	0.72	1.37	
メタ認知								
メタ認知モニタリング	3.38	0.67	3.28	0.66	3.15	0.62	6.48 **	1 > 3
メタ認知コントロール	3.40	0.64	3.49	0.65	3.29	0.62	5.82 **	2 > 3
メタ認知的知識	3.49	0.70	3.44	0.68	3.27	0.64	6.55 **	1,2 > 3
転職志向	3.38	0.73	3.34	0.86	3.19	0.75	3.43 *	

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 9 ⑧異業種交流会経験の有無による比較結果

	社外活動あり 異業種交流会 1:経験あり n=60		2:経験なし n=245		:社外活動なし n=320			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.74	0.68	3.55	0.67	3.37	0.69	9.61 ***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.44	0.84	3.20	0.72	3.04	0.70	9.44 ***	1 > 2 > 3
認知的クラフティング	3.56	0.77	3.25	0.71	3.04	0.70	15.69 ***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.63	0.69	3.33	0.67	3.17	0.63	14.55 ***	1 > 2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.30	0.87	3.05	0.79	2.85	0.71	11.16 ***	1,2 > 3
資源の活用	3.42	0.81	3.08	0.76	2.96	0.65	11.09 ***	1 > 2,3
やりたいこと志向								
やりたいこと志向：人生	3.71	0.79	3.64	0.80	3.54	0.68	1.87	
やりたいこと志向：仕事	3.63	0.72	3.39	0.73	3.28	0.67	7.06 ***	1 > 2,3
楽観的思考	3.33	0.81	2.99	0.79	2.95	0.72	6.30 **	1 > 2,3
メタ認知								
メタ認知モニタリング	3.51	0.68	3.27	0.65	3.15	0.62	9.12 ***	1 > 2,3
メタ認知コントロール	3.62	0.61	3.41	0.65	3.29	0.62	7.54 ***	1 > 3
メタ認知的知識	3.66	0.65	3.41	0.68	3.27	0.64	9.94 ***	1 > 2,3
転職志向	3.44	0.88	3.33	0.79	3.19	0.75	3.87 *	

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 10 ⑨社会人大学院経験の有無による比較結果

	社外活動あり 社内の業務外の活動 1:経験あり n=116		2:経験なし n=189		:社外活動なし n=320			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.70	0.63	3.52	0.70	3.37	0.69	10.04 ***	1 > 3
関係クラフティング	3.32	0.77	3.20	0.73	3.04	0.70	7.60 ***	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.43	0.70	3.24	0.74	3.04	0.70	13.64 ***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.48	0.70	3.34	0.67	3.17	0.63	10.87 ***	1,2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.19	0.85	3.04	0.79	2.85	0.71	9.94 ***	1,2 > 3
資源の活用	3.26	0.78	3.08	0.77	2.96	0.65	8.18 ***	1,2 > 3
やりたいこと志向								
やりたいこと志向：人生	3.63	0.80	3.67	0.80	3.54	0.68	1.79	
やりたいこと志向：仕事	3.51	0.71	3.40	0.74	3.28	0.67	5.17 **	1 > 3
楽観的思考	3.06	0.87	3.05	0.76	2.95	0.72	1.37	
メタ認知								
メタ認知モニタリング	3.38	0.67	3.28	0.66	3.15	0.62	6.48 **	1 > 3
メタ認知コントロール	3.40	0.64	3.49	0.65	3.29	0.62	5.82 **	2 > 3
メタ認知的知識	3.49	0.70	3.44	0.68	3.27	0.64	6.55 **	1,2 > 3
転職志向	3.38	0.73	3.34	0.86	3.19	0.75	3.43 *	

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

転機経験の有無による比較

転機経験の有無による比較社外活動の経験の有無によって、働き方の意識や行動とどのような関連があるかについて、分析した。13 項目のうちどれか 1 項目でも経験がある者を転機活動経験あり群、全く社外活動の経験がない者を社外活動経験なし群として、2 群間の得点の差について t 検定を行った。分析結果を表 11 に示す。

分析の結果、全ての因子において、転機経験あり群の得点が有意に高かった。分析の結果、「ジョブ・クラフィティング」の 3 因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「やりたいこと志向」の 2 因子、「楽観的思考」、「メタ認知能力」の 3 因子、「転職志向」について、社外活動経験あり群の得点が有意に高かった。

表 11 転機経験の有無による働き方に関する比較結果

		転機経験あり (n=470)		転機経験なし (n=155)			
		平均	SD	平均	SD	t値	
ジョブ・クラフティング	タスク	3.56	0.68	3.21	0.66	5.66	***
	関係	3.19	0.74	2.98	0.67	3.36	***
	認知的	3.25	0.73	2.96	0.68	4.42	***
仕事スキルに対する意識		3.35	0.67	3.06	0.61	5.04	***
自己成長主導性	積極的行動	3.03	0.81	2.77	0.62	4.13	***
	資源の活用	3.11	0.75	2.86	0.58	4.39	***
やりたいこと志向	人生	3.66	0.75	3.40	0.67	4.14	***
	仕事	3.42	0.71	3.17	0.66	3.90	***
楽観的思考		3.04	0.80	2.88	0.62	2.68	**
メタ認知	モニタリング	3.30	0.65	3.03	0.60	4.73	***
	コントロール	3.45	0.63	3.15	0.61	5.16	***
	知識	3.44	0.65	3.12	0.66	5.20	***
転職志向		3.25	0.88	2.93	0.80	4.20	***

***p<0.001, **p<0.01

転機経験の種類による比較

転機経験の種類によって、働き方の意識や行動とどのような関連があるかについて分析した。転機経験の 13 種類について、1:当該の転機経験がある者、2:当該の転機経験はないがその他の転機経験がある者、3:転機経験がない者の 3 群とした。転機経験の 13 種類ごとに 1 要因の分散分析を行った。結果を表 12 ～表 24 に示す。以下では、各転機経験の結果を述べる。

① 転勤、転職など仕事環境の大きな変化

転勤、転職など仕事環境の大きな変化の経験あり群は、「タスククラフティング」、「資源の活用」、「やりたいこと志向」の2因子、「メタ認知モニタリング」、「メタ認知コントロール」、「転職志向」について、仕事環境の大きな変化の経験なし（転機経験あり）群と転機経験なし群よりも、有意に得点が高かった。「関係クラフティング」「認知的クラフティング」「仕事スキルに対する意識」「積極的な行動」「メタ認知的知識」は、仕事環境の大きな変化の経験あり群と仕事環境の大きな変化の経験なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。「楽観的思考」について、仕事環境の大きな変化の経験あり群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

② 昇進昇格による仕事の変化

昇進昇格による仕事の変化の経験あり群は、「ジョブ・クラフティング」の3因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の2因子、「メタ認知能力」の3因子について、昇進昇格による仕事の変化の経験なし（転機経験あり）群と転機経験なし群より、有意に得点が高かった。「やりたいこと志向」の2因子、「転職志向」は、昇進昇格による仕事の変化の経験あり群と昇進昇格による仕事の変化なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。「楽観的思考」について、昇進昇格による仕事の変化の経験あり群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

③ 会社の倒産・リストラ・失業

会社の倒産・リストラ・失業経験あり群は、会社の倒産・リストラ・失業経験経験なし（社外経験あり）群と社外経験なし群との間に有意差はなかった。「タスククラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「積極的な行動」、「メタ認知能力」の3因子は、会社の倒産・リストラ・失業経験あり群と会社の倒産・リストラ・失業経験経験なし（転機経験あり）群は、経験なし群よりも有意に得点が高かった。

④ 資格取得・起業独立

資格取得・起業独立経験あり群は、「ジョブ・クラフティング」の3因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の2因子、「楽観的志向」、「メタ認知能力」の3因子、「転職志向」について、資格取得・起業独立経験なし（転機経験あり）群よりと転機経験なし群より有意に得点が高かった。「やりたいこと志向：人生」は、資格取得・起業独立経験なし群と資格取得・起業独立経験なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群より有意に得点が高かった。

⑤ 仕事上での重要な人との出会い

仕事上での重要な人との出会い経験あり群は、「ジョブ・クラフティング」の3因子、「仕事スキルに対する意識」、「積極的な行動」、「楽観的思考」、「メタ認知モニタリング」、「メタ認知的知識」について、仕事上での重要な人との出会い経験なし群（社外経験あり）と経験なし群より、有意に得点が高かった。「資源の活用」、「やりたいこと志向」の2因子、「メタ認知コントロール」、「転職志向」について、仕事上での重要な人との出会い経験あり群と仕事上での重要な人との出会い経験なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑥ 仕事以外での重要な人との出会い

仕事以外での重要な人との出会い経験あり群は、「関係クラフティング」と「認知的クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の2因子について、仕事以外での重要な人との出会い経験なし群（転機経験あり）と経験なし群より、有意に得点が高かった。「タスククラフティング」、「やりたいこと志向」の2因子、「メタ認知能力」の3因子、「転職志向」について、仕事以外での重要な人との出会い経験あり群と仕事以外での重要な人との出会い経験なし群（転機経験あり）は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑦ 仕事の意味や価値について深く考える経験

仕事の意味や価値について深く考える経験あり群は、「ジョブ・クラフティング」の3因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の2因子、「やりたいこと志向：仕事」、「メタ認知能力」の3因子、「転職志向」について、仕事の意味や価値について深く考える経験なし（転機経験あり）群と転機経験なし群より、有意に得点が高かった。「やりたいこと志向：人生」、「楽観的志向」は、仕事の意味や価値について深く考える経験あり群と仕事の意味や価値について深く考える経験なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑧ 仕事での挫折・失敗経験

仕事での挫折・失敗経験あり群は、「タスククラフティング」、「認知的クラフティング」、「やりたいこと志向：仕事」、「転職志向」について、仕事での挫折・失敗経験なし群（転機経験あり）群と転機経験なし群より、有意に得点が高かった。「関係クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の2因子、「やりたいこと志向：人生」、「メタ認知能力」の3因子は、仕事での挫折・失敗経験あり群と仕事での挫折・失敗経験なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑨ 新卒での就活がうまくいかなかった経験

新卒での就活がうまくいかなかった経験あり群は、「資源の活用」、「やりたいこと志向：仕事」について、新卒での就活がうまくいかなかった経験なし（転機経験あり）群と転機経験なし群より、有意に得点が高かった。「ジョブ・クラフティング」の3因子、「仕事スキルに対する意識」、「積極的な行動」、「やりたいこと志向：人生」、「楽観的思考」、「メタ認知能力」の3因子、「転職志向」について、新卒での就活がうまくいかなかった経験あり群と新卒での就活がうまくいかなかった経験なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑩ 社外での自発的な学習経験

社外での自発的な学習経験あり群は、「関係クラフティング」、「認知的クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「積極的な行動」、「やりたいこと志向」の 2 因子、「楽観的思考」、「メタ認知能力」の 3 因子、「転職志向」について、社外での自発的な学習経験なし（転機経験あり）群と転機経験なし群より有意に得点が高かった。「タスククラフティング」、「資源の活用」は、社外での自発的な学習経験あり群と社外での自発的な学習経験なし（転機経験あり）群は、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑪ 結婚・恋愛経験

結婚・恋愛経験あり群は、結婚・恋愛経験なし（転機経験あり）群、転機経験なし群との間に有意差はなかった。「ジョブ・クラフティング」の 3 因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「やりたいこと志向」の 2 因子、「メタ認知能力」の 3 因子、「転職志向」について、結婚・恋愛経験あり群と結婚・恋愛経験なし（転機経験あり）群が、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。「楽観的思考」は、結婚・恋愛経験あり群が、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑫ 子どもの誕生や子どもの自立

子どもの誕生や子どもの自立経験あり群は、子どもの誕生や子どもの自立経験（転機経験あり）群、転機経験なし群との間に有意差はなかった。「ジョブ・クラフティング」の 3 因子、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「やりたいこと志向」の 2 因子、「メタ認知能力」の 3 因子、「転職志向」について、子どもの誕生や子どもの自立経験あり群と子どもの誕生や子どもの自立経験なし（転機経験あり）群が、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。「楽観的思考」は、子どもの誕生や子どもの自立経験あり群が、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

⑬ 本人や家族の病気・介護

本人や家族の病気・介護経験あり群は、本人や家族の病気・介護経験なし（転機経験あり）群、転機経験なし群との間に有意差はなかった。「タスククラフティング」、「認知的クラフティング」、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」の 2 因子、「やりたいこと志向」の 2 因子、「メタ認知能力」の 3 因子、「転職志向」について、結婚・恋愛経験あり群と結婚・恋愛経験なし（転機経験あり）群が、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。「楽観的思考」は、本人や家族の病気・介護経験あり群が、転機経験なし群よりも有意に得点が高かった。

表 12 ①仕事環境の大きな変化の有無による比較結果

	転機経験あり 仕事環境の大きな変化 1:経験あり n=162		2:経験なし n=308		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.70	0.67	3.49	0.67	3.21	0.66	21.29 ***	1 > 2 > 3
関係クラフティング	3.29	0.80	3.15	0.70	2.98	0.67	7.17 ***	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.30	0.81	3.22	0.69	2.96	0.68	9.90 ***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.43	0.69	3.31	0.66	3.06	0.61	13.53 ***	1,2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.12	0.83	2.98	0.79	2.77	0.62	8.42 ***	1,2 > 3
資源の活用	3.23	0.79	3.05	0.73	2.86	0.58	10.64 ***	1 > 2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.83	0.73	3.57	0.76	3.40	0.67	14.22 ***	1 > 2 > 3
仕事	3.56	0.73	3.34	0.70	3.17	0.66	12.15 ***	1 > 2 > 3
楽観的思考	3.12	0.79	3.00	0.80	2.88	0.62	4.17 *	1 > 3
メタ認知								
モニタリング	3.41	0.63	3.23	0.65	3.03	0.60	14.74 ***	1 > 2 > 3
コントロール	3.61	0.54	3.36	0.65	3.15	0.61	22.37 ***	1 > 2 > 3
認知的知識	3.52	0.60	3.39	0.68	3.12	0.66	15.69 ***	1,2 > 3
転職志向	3.45	0.89	3.14	0.85	2.93	0.80	14.99 ***	1 > 2 > 3

***p<0.001, **p<0.01

表 13 ②昇進昇格による仕事の変化の有無による比較結果

	転機経験あり 昇進昇格による仕事の変化 1:経験あり n=111		2:経験なし n=359		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.79	0.56	3.49	0.70	3.21	0.66	24.33 ***	1 > 2 > 3
関係クラフティング	3.45	0.71	3.11	0.73	2.98	0.67	14.65 ***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.48	0.71	3.17	0.72	2.96	0.68	17.29 ***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.60	0.66	3.27	0.66	3.06	0.61	23.05 ***	1 > 2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.27	0.83	2.96	0.79	2.77	0.62	14.16 ***	1 > 2 > 3
資源の活用	3.33	0.70	3.04	0.76	2.86	0.58	14.47 ***	1 > 2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.76	0.73	3.63	0.76	3.40	0.67	8.79 ***	1,2 > 3
仕事	3.53	0.77	3.38	0.69	3.17	0.66	9.09 ***	1,2 > 3
楽観的思考	3.19	0.82	3.00	0.79	2.88	0.62	8.79 **	1 > 3
メタ認知								
モニタリング	3.44	0.67	3.25	0.64	3.03	0.60	5.50 ***	1 > 2 > 3
コントロール	3.61	0.62	3.39	0.62	3.15	0.61	14.29 ***	1 > 2 > 3
認知的知識	3.60	0.66	3.39	0.64	3.12	0.66	9.09 ***	1 > 2 > 3
転職志向	3.29	0.93	3.24	0.86	2.93	0.80	8.17 ***	1,2 > 3

***p<0.001, *p<0.05

表 14 ③会社の倒産・リストラ・失業経験の有無による比較結果

	転機経験あり 会社の倒産・リストラ・失業経験 1:経験あり n=36		2:経験なし n=434		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.51	0.73	3.57	0.67	3.21	0.66	15.85 ***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.12	0.86	3.20	0.73	2.98	0.67	5.32 **	2 > 3
認知的クラフティング	3.19	0.79	3.25	0.73	2.96	0.68	9.24 ***	2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.41	0.71	3.34	0.67	3.06	0.61	11.64 ***	1,2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.13	0.80	3.02	0.81	2.77	0.62	6.93 ***	1,2 > 3
資源の活用	3.02	0.88	3.12	0.74	2.86	0.58	7.71 ***	2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.47	0.89	3.68	0.74	3.40	0.67	8.90 ***	2 > 3
仕事	3.32	0.80	3.42	0.71	3.17	0.66	7.34 ***	2 > 3
楽観的思考	3.14	0.95	3.04	0.79	2.88	0.62	3.09 *	2 > 3
メタ認知								
モニタリング	3.33	0.69	3.29	0.65	3.03	0.60	10.38 ***	1,2 > 3
コントロール	3.42	0.66	3.45	0.63	3.15	0.61	12.87 ***	1,2 > 3
認知的知識	3.49	0.72	3.43	0.65	3.12	0.66	13.69 ***	1,2 > 3
転職志向	3.15	0.84	3.26	0.88	2.93	0.80	2.30 ***	2 > 3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 15 ④資格取得・起業独立経験の有無による比較結果

	転機経験あり 資格取得・起業独立経験 1:経験あり n=63		2:経験なし n=437		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.75	0.65	3.53	0.68	3.21	0.66	18.72 ***	1 > 2 > 3
関係クラフティング	3.52	0.84	3.14	0.71	2.98	0.67	12.71 ***	1 > 2 > 3
認知的クラフティング	3.59	0.79	3.19	0.71	2.96	0.68	17.79 ***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.72	0.66	3.29	0.66	3.06	0.61	23.81 ***	1 > 2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.43	0.74	2.97	0.80	2.77	0.62	17.19 ***	1 > 2 > 3
資源の活用	3.33	0.79	3.08	0.74	2.86	0.58	10.81 ***	1 > 2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.75	0.79	3.65	0.75	3.40	0.67	8.10 ***	1,2>3
仕事	3.69	0.76	3.37	0.70	3.17	0.66	12.86 ***	1 > 2 > 3
楽観的思考	3.27	0.66	3.01	0.81	2.88	0.62	6.07 **	1>2,3
メタ認知								
モニタリング	3.53	0.59	3.26	0.65	3.03	0.60	15.62 ***	1 > 2 > 3
コントロール	3.63	0.53	3.42	0.64	3.15	0.61	16.39 ***	1 > 2 > 3
認知的知識	3.63	0.55	3.41	0.66	3.12	0.66	17.05 ***	1 > 2 > 3
転職志向	3.56	0.90	3.20	0.87	2.93	0.80	4.56 ***	1 > 2 > 3

***p<0.001, **p<0.01

表 16 ⑤仕事上での重要な人との出会いの有無による比較結果

	転機経験あり 仕事上での重要な人との出会い 1:経験あり n=148		2:経験なし n=332		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.74	0.61	3.48	0.69	3.21	0.66	24.01 ***	1 > 2 > 3
関係クラフティング	3.43	0.74	3.08	0.71	2.98	0.67	17.48 ***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.48	0.66	3.14	0.74	2.96	0.68	21.35 ***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.55	0.64	3.26	0.67	3.06	0.61	22.03 ***	1 > 2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.26	0.75	2.93	0.81	2.77	0.62	17.03 ***	1 > 2,3
資源の活用	3.22	0.74	3.06	0.75	2.86	0.58	9.84 ***	1,2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.68	0.77	3.66	0.75	3.40	0.67	7.61 *	1,2>3
仕事	3.52	0.74	3.37	0.70	3.17	0.66	9.62 ***	1,2>3
楽観的思考	3.18	0.76	2.98	0.81	2.88	0.62	6.23 **	1 > 2 > 3
メタ認知								
モニタリング	3.43	0.65	3.23	0.64	3.03	0.60	15.32 ***	1 > 2,3
コントロール	3.54	0.64	3.40	0.62	3.15	0.61	15.58 ***	1,2 > 3
認知的知識	3.09	0.73	2.89	0.70	3.12	0.66	16.46 ***	1 > 2 > 3
転職志向	3.33	0.89	3.21	0.87	2.93	0.80	5.45 **	1,2>3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 17 ⑥仕事以外での重要な人との出会いの有無による比較結果

	転機経験あり 仕事以外での重要な人との出会い 1:経験あり n=107		2:経験なし n=363		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.68	0.65	3.53	0.68	3.21	0.66	18.00 ***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.38	0.71	3.14	0.74	2.98	0.67	9.84 ***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.45	0.71	3.18	0.73	2.96	0.68	15.26 ***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.50	0.69	3.30	0.66	3.06	0.61	15.36 ***	1 > 2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.25	0.75	2.97	0.81	2.77	0.62	12.24 ***	1 > 2 > 3
資源の活用	3.26	0.74	3.07	0.75	2.86	0.58	10.51 ***	1 > 2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.65	0.74	3.66	0.76	3.40	0.67	7.56 ***	1,2 > 3
仕事	3.46	0.71	3.40	0.72	3.17	0.66	7.31 ***	1,2 > 3
楽観的思考	3.03	0.86	3.05	0.78	2.88	0.62	2.79	
メタ認知								
モニタリング	3.42	0.64	3.26	0.65	3.03	0.60	13.09 ***	1,2 > 3
コントロール	3.50	0.64	3.43	0.62	3.15	0.61	13.50 ***	1,2 > 3
認知的知識	3.50	0.68	3.42	0.64	3.12	0.66	14.23 ***	1,2 > 3
転職志向	3.29	0.90	3.24	0.87	2.93	0.80	3.02 ***	1,2 > 3

***p<0.001

表 18 ⑦仕事の意味や価値について深く考える経験の有無による比較結果

	転機経験あり 仕事の意味や価値を深く考える経験 1:経験あり n=89		2:経験なし n=381		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.72	0.63	3.53	0.68	3.21	0.66	18.98 ***	1 > 2 > 3
関係クラフティング	3.51	0.71	3.12	0.73	2.98	0.67	16.32 ***	1 > 2,3
認知的クラフティング	3.57	0.72	3.17	0.71	2.96	0.68	20.70 ***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.60	0.66	3.29	0.66	3.06	0.61	20.33 ***	1 > 2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.34	0.79	2.96	0.79	2.77	0.62	16.00 ***	1 > 2 > 3
資源の活用	3.32	0.73	3.06	0.75	2.86	0.58	12.12 ***	1 > 2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.67	0.79	3.66	0.75	3.40	0.67	7.57 ***	1,2 > 3
仕事	3.64	0.75	3.36	0.70	3.17	0.66	12.79 ***	1 > 2 > 3
楽観的思考	3.13	0.77	3.02	0.81	2.88	0.62	3.52 *	1,2 > 3
メタ認知								
モニタリング	3.56	0.64	3.23	0.64	3.03	0.60	20.67 ***	1 > 2 > 3
コントロール	3.62	0.62	3.41	0.62	3.15	0.61	16.00 ***	1 > 2 > 3
認知的知識	3.65	0.73	3.39	0.62	3.12	0.66	17.18 ***	1 > 2 > 3
転職志向	3.49	0.80	3.19	0.89	2.93	0.80	12.70 ***	1 > 2 > 3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 19 ⑧仕事での挫折・失敗経験の有無による比較結果

	転機経験あり 挫折した経験 1:経験あり n=161		2:経験なし n=309		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.69	0.70	3.50	0.65	3.21	0.66	20.44 ***	1 > 2 > 3
関係クラフティング	3.28	0.81	3.15	0.70	2.98	0.67	6.79 **	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.37	0.78	3.18	0.69	2.96	0.68	12.83 ***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.37	0.73	3.34	0.64	3.06	0.61	11.57 ***	1,2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.14	0.83	2.98	0.79	2.77	0.62	8.96 ***	1,2 > 3
資源の活用	3.12	0.83	3.11	0.71	2.86	0.58	7.39 ***	1,2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.70	0.81	3.64	0.72	3.40	0.67	7.92 ***	1,2 > 3
仕事	3.55	0.76	3.35	0.68	3.17	0.66	11.90 ***	1 > 2 > 3
楽観的思考	3.01	0.86	3.06	0.77	2.88	0.62	3.07 *	2 > 3
メタ認知								
モニタリング	3.37	0.70	3.26	0.62	3.03	0.60	12.06 ***	1,2 > 3
コントロール	3.50	0.68	3.42	0.60	3.15	0.61	13.81 ***	1,2 > 3
認知的知識	3.51	0.69	3.40	0.63	3.12	0.66	15.03 ***	1,2 > 3
転職志向	3.37	0.90	3.19	0.86	2.93	0.80	2.64 ***	1 > 2 > 3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 20 ⑨新卒での就活がうまくいかなかった経験の有無による比較結果

	転機経験あり 新卒での就活がうまくいかなかった経験 1:経験あり n=55		2:経験なし n=145		3:転機経験なし n=155			
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値	多重比較
ジョブ・クラフティング								
タスククラフティング	3.64	0.65	3.55	0.68	3.21	0.66	16.10 ***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.30	0.83	3.18	0.73	2.98	0.67	5.84 **	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.44	0.79	3.22	0.72	2.96	0.68	11.52 ***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.41	0.73	3.34	0.66	3.06	0.61	11.74 ***	1,2 > 3
自己成長主導性								
積極的行動	3.13	1.00	3.02	0.78	2.77	0.62	7.10 ***	1,2 > 3
資源の活用	3.37	0.93	3.08	0.72	2.86	0.58	11.57 ***	1 > 2 > 3
やりたいこと志向								
人生	3.83	0.71	3.64	0.76	3.40	0.67	9.23 ***	1,2 > 3
仕事	3.63	0.83	3.39	0.69	3.17	0.66	9.96 ***	1 > 2 > 3
楽観的思考	3.12	0.87	3.03	0.79	2.88	0.62	3.06 *	1,2 > 3
メタ認知								
モニタリング	3.40	0.73	3.28	0.64	3.03	0.60	11.13 ***	1,2 > 3
コントロール	3.57	0.61	3.43	0.63	3.15	0.61	14.09 ***	1,2 > 3
認知的知識	3.59	0.70	3.42	0.64	3.12	0.66	15.26 ***	1,2 > 3
転職志向	3.48	0.95	3.22	0.86	2.93	0.80	1.95 ***	1,2 > 3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

表 21 ⑩社外での自発的な学習経験の有無による比較結果

	転機経験あり 社外での自発的な学習経験 1:経験あり n=39		2:経験なし n=431		3:転機経験なし n=155				
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.77	0.81	3.54	0.66	3.21	0.66	17.81	***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.57	0.85	3.16	0.72	2.98	0.67	11.13	***	1 > 2 > 3
認知的クラフティング	3.54	0.82	3.22	0.72	2.96	0.68	12.77	***	1 > 2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.75	0.85	3.31	0.64	3.06	0.61	19.86	***	1 > 2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.51	0.84	2.99	0.79	2.77	0.62	15.41	***	1 > 2 > 3
資源の活用	3.29	0.85	3.10	0.74	2.86	0.58	8.73	***	1,2 > 3
やりたいこと志向									
人生	3.60	0.85	3.67	0.75	3.40	0.67	7.72	***	1 > 2 > 3
仕事	3.58	0.76	3.40	0.71	3.17	0.66	8.18	***	1 > 2 > 3
楽観的思考	3.18	0.86	3.03	0.79	2.88	0.62	3.47	*	1 > 2 > 3
メタ認知									
モニタリング	3.47	0.74	3.28	0.64	3.03	0.60	11.91	***	1 > 2 > 3
コントロール	3.54	0.77	3.44	0.61	3.15	0.61	13.34	***	1 > 2 > 3
認知的知識	3.55	0.75	3.43	0.64	3.12	0.66	14.25	***	1 > 2 > 3
転職志向	3.67	0.83	3.33	0.76	2.93	0.80	9.94	***	1 > 2 > 3

***$p<0.001$, *$p<0.05$

表 22 ⑪結婚・恋愛経験の有無による比較結果

	転機経験あり 結婚・恋愛経験 1:経験あり n=182		2:経験なし n=288		3:転機経験なし n=155				
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.62	0.64	3.53	0.70	3.21	0.66	16.86	***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.21	0.70	3.19	0.77	2.98	0.67	5.16	**	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.27	0.72	3.23	0.74	2.96	0.68	9.24	***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.35	0.63	3.35	0.70	3.06	0.61	11.46	***	1,2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.00	0.77	3.05	0.83	2.77	0.62	6.93	***	1,2 > 3
資源の活用	3.11	0.71	3.11	0.78	2.86	0.58	7.37	***	1,2 > 3
やりたいこと志向									
人生	3.66	0.69	3.66	0.79	3.40	0.67	7.56	***	1,2 > 3
仕事	3.45	0.62	3.39	0.77	3.17	0.66	7.37	***	1,2 > 3
楽観的思考	3.12	0.78	2.99	0.81	2.88	0.62	4.42	*	1 > 3
メタ認知									
モニタリング	3.30	0.66	3.29	0.64	3.03	0.60	10.35	***	1,2 > 3
コントロール	3.46	0.63	3.43	0.63	3.15	0.61	12.95	***	1,2 > 3
認知的知識	3.49	0.63	3.40	0.66	3.12	0.66	14.62	***	1,2 > 3
転職志向	3.21	0.85	3.27	0.90	2.93	0.80	1.65	***	1,2 > 3

***$p<0.001$, **$p<0.01$, *$p<0.05$

表 23 ⑫子どもの誕生や子どもの自立経験による比較結果

	転機経験あり 子どもの誕生や子どもの自立 1:経験あり n=148		2:経験なし n=332		3:転機経験なし n=155				
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.64	0.64	3.53	0.69	3.21	0.66	17.01	***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.19	0.72	3.19	0.75	2.98	0.67	5.12	**	1,2 > 3
認知的クラフティング	3.21	0.73	3.26	0.73	2.96	0.68	9.37	***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.37	0.67	3.34	0.67	3.06	0.61	11.57	***	1,2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.02	0.77	3.04	0.82	2.77	0.62	6.64	**	1,2 > 3
資源の活用	3.11	0.67	3.11	0.79	2.86	0.58	7.37	***	1,2 > 3
やりたいこと志向									
人生	3.64	0.71	3.67	0.78	3.40	0.67	7.62	***	1,2 > 3
仕事	3.41	0.67	3.42	0.74	3.17	0.66	6.99	***	1,2 > 3
楽観的思考	3.10	0.82	3.02	0.79	2.88	0.62	3.36	*	1 > 3
メタ認知									
モニタリング	3.27	0.60	3.31	0.67	3.03	0.60	10.57	***	1,2 > 3
コントロール	3.45	0.60	3.44	0.64	3.15	0.61	12.86	***	1,2 > 3
認知的知識	3.46	0.63	3.43	0.66	3.12	0.66	13.72	***	1,2 > 3
転職志向	3.17	0.88	3.28	0.87	2.93	0.80	1.45	***	1,2 > 3

***$p<0.001$, **$p<0.01$, *$p<0.05$

表 24 ⑬本人や家族の病気・介護経験の有無による比較結果

	転機経験あり 本人や家族の病気・介護 1:経験あり n=84		2:経験なし n=386		3:転機経験なし n=155				
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	F値		多重比較
ジョブ・クラフティング									
タスククラフティング	3.62	0.67	3.55	0.68	3.21	0.66	16.03	***	1,2 > 3
関係クラフティング	3.16	0.85	3.20	0.72	2.98	0.67	5.22	**	2 > 3
認知的クラフティング	3.23	0.76	3.25	0.73	2.96	0.68	9.13	***	1,2 > 3
仕事スキルに対する意識	3.44	0.66	3.33	0.67	3.06	0.61	12.49	***	1,2 > 3
自己成長主導性									
積極的行動	3.04	0.80	3.03	0.81	2.77	0.62	6.62	**	1,2 > 3
資源の活用	3.11	0.71	3.11	0.76	2.86	0.58	7.37	***	1,2 > 3
やりたいこと志向									
人生	3.79	0.71	3.63	0.76	3.40	0.67	9.14	***	1,2 > 3
仕事	3.40	0.70	3.42	0.72	3.17	0.66	7.02	***	1,2 > 3
楽観的思考	3.13	0.83	3.02	0.79	2.88	0.62	3.46	*	1 > 3
メタ認知									
モニタリング	3.37	0.68	3.28	0.64	3.03	0.60	11.12	***	1,2 > 3
コントロール	3.52	0.66	3.43	0.62	3.15	0.61	13.60	***	1,2 > 3
認知的知識	3.56	0.62	3.41	0.66	3.12	0.66	15.43	***	1,2 > 3
転職志向	3.19	0.86	3.26	0.88	2.93	0.80	1.86	***	1,2 > 3

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

6 考察

本章では、まず、社外活動経験の有無による比較結果からの考察、次に、転機経験の有無による比較結果からの考察を述べる。つづいて総合的に考察し、最後に本研究の貢献と提言について述べる。

働き方に関する意識や行動と社外活動経験の関連

分析結果からは、ジョブ・クラフティング、仕事に対する意識、積極的行動、やりたいこと志向：仕事、メタ認知コントロールについて社外経験がある者とない者との間に有意差が確認できた。すなわち、自分のスキルや成長への意識が高いことに加えて、与えられた仕事をこなすだけではなく、主体的に仕事や職場環境に変化を加えながら、自ら自分の能力や適性に合った働き方を目指すといった行動、および転職志向との関連があると考えられる。これは、荒木[21]が指摘するキャリアに対する意欲と展望の促進や、館野[23]の成長実感の高さと合致する。梅崎ら[28]の「移動への選好」が転職を促すという知見とも合致する結果であった。

社外活動経験として、趣味・サークル、ボランティア、地域コミュニティ、異業種交流会については、それらの経験があるものと、ない者との有意差が確認できた。このような社外活動は、業務とは異なる領域の人々との交流経験が想定されるものである。趣味・サークル経験については、与えられた仕事をこなすだけではなく、主体的に仕事や職場環境に変化を加えながら、自ら自分の能力や適性に合った働き方を目指すこと、積極的に支援を探し求める、自分自身を客観視でき、学習したことを他のことに適用できるといったことと関連していることが確認できた。ボランティア経験については、必要と感じれば新たな仕事を自分の仕事に加える、仕事で通じて人と積極的に関わる、自分のスキルに対する意識が高い、自分を向上させようと積極的に取り組み支援を活用する、好きなことを仕事にしたい、自分の興味があることについてはより深く学んでいるといったことと関連していることが示された。地域コミュニティ経験については、仕事で通じて人と積極的に関わる、自分のスキルに対する意識が高い、自分を向上させようと積極的に取り組み、支援を活用する、楽観的思考といったことと関連している

ことが確認できた。異業種交流会経験については、仕事を通じて人と積極的に関わる、自分の仕事をやりがいのある仕事に見立てる、自分のスキルに対する意識が高い、積極的に支援を活用する、好きなことを仕事にしたい、興味があることについてはより深く学ぶ、楽観的思考、自分自身を客観視できるといったことと関連していることが確認できた。

社外活動経験として、副業経験、および社内の業務外の活動の経験については、経験がある者とない者との有意差が確認できなかった。これらの経験は、業務と類似領域の人々との交流が想定され、異なる考え方に触れるといったことは少ないと考えられる。よって、これらの経験が、仕事に対する意識・行動との関連性は低いと考える。なお、石山[25]は、副業、社内の業務外の活動に加えて、勉強会・ハッカソンの経験についても、所属する企業と類似の領域の人々との交流経験を想定している。しかしながら、勉強会・ハッカソン経験は、業務内容と類似領域の人々との交流ではあるが、自分のスキルに対する意識が高く、自分を向上させようと積極的に取り組み、自分の興味があることについてはより深く学ぼうとして参加していることが推定される。

以上のように、社外活動経験は、ジョブ・クラフティング行動、仕事スキルや成長に向けての意識や行動、好きなことを仕事にしたい、自分自身を客観視、理解、コントロールするといったこと、および転職志向と関連がある。特に、業務とは異なる領域の人々との交流経験が想定される、勉強会・ハッカソン、趣味・サークル、ボランティア、地域コミュニティ、異業種交流会の経験が、働き方に関する主体的な意識や行動と関連することが示された。よって、主体的にキャリアについて考えたり、働き方の意識や行動を変容したりするためには、会社員であっても、積極的に社外で活動し、業務と異なる領域の人々と交流することが効果的であると考えれらる。なお、プロボノ経験、社会人大学院等での学生経験については、サンプル数が少なく、十分な分析とはいえない。

働き方に関する意識や行動と転機経験の関連

分析結果からは、ジョブ・クラフティング行動、仕事に対する意識、自己成長主導性、やりたいこと志向、楽観的、メタ認知能力、転職志向のすべての調査項目において、転機経験がある者とない者との間に有意差が確認できた。この結果は、金井[39] が指摘した、転機が自己の経験や価値観を棚卸しし、キャリアの方向性を再評価する機会として機能すること、堀内・岡田 [36] が示した自律的キャリアの形成を促進するという知見と合致する。

環境・役割の大きな変化である、転勤、転職、昇進昇格、資格取得・起業独立は、危機と機会の両面を提供し、その対応の過程で、働き方に関する意識や行動が変化すると考えれらる。昇進昇格は、役割の複雑性が増し、新たな責任を負うこととなる。これに対応するためには、自己の行動や思考を客観的に捉えるメタ認知能力が不可欠である。よって、この結果は、Levinson [32]が示す「過渡期」において自己のキャリアを再検討し、Schlossberg [34]の「4 つの S」における戦略（Strategies）を講じる必要性が生じたためであると考えられる。役割の拡大が、自己の成長を客観的に管理する能力を促進しているといえる。資格取得・起業といった自発的でかつポジティブな転機は、三輪[31]が指摘する「自律性や成長欲求が強いことによる葛藤」の結果として生じる主体的な行動である。この転機を経た者は、ジョブ・クラフティング、自己成長主導性、メタ認知能力との関連がみられた。また、転職志向も高かったことからは、現状に留まらず、自身の能力を最大限に活かせる環境を積極的に探し求める、主体的キャリア形成の意識の現れであると考えられる。

仕事上の人との出会いを契機とした転機は、重要な他者との相互作用を通じて、自身の役割認識や行動規範が再構築され、プロアクティブなキャリア行動の促進の機会となると考えられる。金井 [39] がいう「経験の棚卸し」を他者との関係性の中で行っているといえる。

仕事上の重要な他者との出会いは、彼らの働き方やスキルを規範として明確に認識させる。この経験は、ジョブ・クラフティングや積極的な行動、仕事スキル意識といった「仕事内でのプロアクティブな行動」と楽観的思考に影響を及ぼす。さらに、メタ認知モニタリング・認知的知識の向上は、出会いから得られた知見を自己のキャリア形成に活かす内省力が高まったことを示唆している。一方、仕事以外の重要な他者との出会いは、仕事の役割に囚われない広い視野や価値観をもたらす。そのため、タスクそのものへの直接的な影響よりも、関係クラフティングや認知的クラフティングといった、より汎用的かつ内面的なキャリア意識に影響を及ぼす。これは、高田・辰巳 [37]が指摘する「仕事以外への関心」を広げ、人生全体の視点から仕事の意味づけを再構築し、自己成長への意欲を高めたと考えられる。

内面的・認知的な変化を伴う転機は、キャリア意識の変化が、外部の出来事よりも、その出来事に対する内省に依存することが推定される。仕事の意味・価値についての深い思考の経験は、ジョブ・クラフティング、自己成長主導性、メタ認知能力との関連がみられた。このような自律的キャリア形成に不可欠な意識・行動は、仕事の意味・価値についての深い思考、すなわち内省と関連しており、キャリア意識を変容させるトリガーではないだろうか。これは、Levinson [32]の過渡期の定義そのものであり、高田・辰巳[37]が抽出した「新しい仕事の価値観」や「新たな問題意識」の獲得プロセスが、クラフティングやメタ認知能力の向上と結びついていることを意味する。挫折・失敗経験は、自己の限界を認識する機会となり、堀内・岡田[36]が指摘するように「仕事経験からの学び」を促進すると考えられる。この経験は、具体的な行動の修正であるタスククラフティング、考え方の修正である認知的クラフティングを通じて、仕事のやりたいこと志向を促進していることが推定される。つまり、失敗は、自己の現実と理想のギャップを明確にし、その後のキャリア方向性を再定義する動機づけとなっている。就活の失敗の経験についても、同様に仕事のやりたいこと志向への促進効果となる。社外での自発的な学習は、転機の中でも最も多くの項目で有意差を示した。これは、成長したいという内的な動機に基づいた行動が、関係クラフティングやメタ認知能力、転職志向といったキャリア全般のプロアクティブな志向を促

進し、自己の能力として、仕事スキル意識への自信を高めていると考えられる。

家族や結婚、病気など私生活に由来する経験、会社の倒産・リストラ経験については、経験がある者とない者との有意差が確認できなかった。女性の結婚・出産では、家庭と仕事との両立での葛藤が主である[35]。結婚、出産、病気の経験そのものは、必ずしも積極的なキャリアへの行動を直ちに高めるわけではないと考えられる。むしろ、その転機によって生じる仕事と私生活の間に生じた葛藤が、三輪[31]の「仕事の中心性の変化」を引き起こし、結果として内省的な変化や新たな戦略的な行動を促すと考えられる。転機自体ではなく、その後の葛藤への向き合い方こそが、キャリア意識を変化させる鍵となる可能性があるのではないだろうか。

会社の倒産やリストラは、予期せぬネガティブな転機である。このような経験は、Bridges [33]のトランジション・モデルにおける「終焉」や「ニュートラルゾーン」の段階に留まっている可能性が考えられる。すなわち、ショックや喪失感から、自己成長のための行動や積極的な支援を活用するに至る前に心理的な停滞が生じていることが推定される。ネガティブな転機が、即座に成長の機会となるわけではなく、心理的回復のための別の支援が必要である。

総合考察

本研究では、社外活動経験、および転機経験の有無や内容によって、働き方に関する意識や行動がどのように異なるのかを、アンケート調査を通じて定量的に分析した。以下では人材の流動性への影響について考察する。

人材の流動性という点で、転職志向についての分析結果をみると、社外活動経験、および転機経験ともに、経験あり群の得点が有意に高かった。また、「ジョブ・クラフィティング」、「仕事スキルに対する意識」、「自己成長主導性」、「やりたいこと志向：仕事」、「メタ認知能力」についても、社外活動経験、および転機経験ともに、経験あり群の得点が有意に高かった。この結果からは、社外活動経験、および転機経験が、主体的キャリア形成の基盤となる意識や行動が、社外活動や転機経験によって促進されていることが示されており、個人の成長意欲と、それを最大限に活かせる環境を求める移動への選好[28]が現れている。

社外活動を個別にみると、社外活動として業務と異なる領域での活動である、ボランティア、趣味・サークル、地域コミュニティ、社外の勉強会・ハッカソンについて、転職志向が有意に高かった。これらの活動は、多様な価値観や視点に触れる機会となる。これによりメタ認知能力、すなわち自分自身を客観視し、現状の仕事や働き方に対して「より良い形はないか」「自分の能力を活かせる場は他にないか」といった批判的な内省が促される。また、社外活動は、主体的な行動を育み、自分の能力や適性に合った働き方を目指す、仕事や職場環境に変化を加えるという、すなわちジョブ・クラフティング行動をとる。しかしながら、職場での制約などでその行動が限界となる場合もあり、そのときには、自らの能力や適性を最大限に活かす場を外部に求める、つまり転職志向へとつながると考えられる。

転機活動を個別にみると、出向・転籍、転勤、海外勤務、資格取得・起業独立、挫折・失敗経験、仕事の意味や価値について深く考える経験、社外学習経験について、転職志向が有意に高かった。出向・転籍、転勤、海外勤務、資格取得・起業独立は、環境の大きな変化であり、危機と機会の両面を経験する。この過程で自己の成長が客観的となり、現状の環境では自己の能力を最大限に活かせないというギャップが生じやすくなる。その結果、現状に留まらず、自身の能力を最大限に活かせる環境を積極的に探し求める、つまり転職志向へとつながると考えられる。挫折経験、仕事の意味や価値について深く考える経験は、まさしく内省の機会であり、社外学習経験は、多様な価値観や視点に触れる機会である。また挫折・失敗経験は、自己の限界を認識する機会である。このような機会は、転職志向へとつながると考えられる。

本研究の貢献と提言

本研究は、これまでの転職・流動性研究が主に組織内要因や組織間移動プロセスに焦点を当ててきたのに対し、社外活動と転機経験という個人の自律的な成長要因が、転職意向のみならず、ジョブ・クラフティングやメタ認知といった主体的な働き方全体に広範な影響を及ぼすことを定量的に示した点で、理論的な貢献を持つ。

実践的な提言として、人材の流動性を高め、自律性を育むためには、以下の施策を提案する。1 点目としては、社外活動の積極的な推奨と承認である。業務と明確に異なる領域での活動（副業、ボランティア、趣味・サークル等）を推奨し、その経験を共有・評価する仕組みを構築する。2 点目としては、内省の機会の提供である。昇進や異動といった転機には、内省を促すワークショップを通じて、その出来事が個人の価値観や今後のキャリアに与える意味を深く考える機会を提供する。このような施策を組み合わせることで、キャリア自律に関連する意識や主体的な行動に対して有効である。なお、人材の流動性は、個人の自律的なキャリア形成の意識が高まった結果であり、企業がこの流れを止めるのではなく、ポジティブに活かす戦略が求められているのではないだろうか。

7　おわりに

本研究は、個人の働き方の意識と行動の変容を促す要因を明らかにし、人材の流動性を高める方策を明らかにすることを目指した。これまでに実施した調査研究結果を踏まえ、社外活動経験、および転機経験に焦点を当てた。社外活動経験、および転機経験の有無や内容によって、個人の働き方に関する意識や行動がどのように異なるのかを、定量的に分析した。その結果、社外活動や転機経験と働き方の意識・行動との間に有意な関連性を示すことができた。また、人材の流動性を促すための提言を行った。しかしながら、社外活動や転機経験と働き方の意識・行動の関連について、因果関係の方向性を断定することはできていない。今後の課題としては、これらの関連性の検証、さらに、間接効果の可能性も探る必要がある。

付記

本論文は，経営行動科学学会第 26 回年次大会[53]，産業・組織心理学会第 40 回大会[54]で報告した内容が一部含まれる。これらの内容をとりまとめて再構成したものである。本研究は，文部科学省科学研究費〔2020-2024 年度若手研究課題番号 20K14117〕の研究成果の一部である。東京都立産業技術大学院大学研究安全倫理委員会の承認を得て実施された。

参考文献

1. 厚生労働省. 「令和 6 年版 労働経済の分析」. 2024.
2. 情報処理推進機構.「DX 白書」. 2023.
3. 内閣官房.「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画〜人・技術・スタートアップへの投資の実現〜」. 2022.
4. 厚生労働省, 「令和 4 年版 労働経済の分析」. 2022.
5. 三好きよみ. IT 人材の組織間移動プロセスの検討―転職及び異動経験者へのインタビュー調査による―. 経営行動科学学会第 24 回年次大会. 2021; 131-135.
6. 三好きよみ. デジタル関連企業への転職プロセスの探索的検討. 第 14 回横幹連合コンファレンス. 2023; D-4-1-
7. March, J.G., & Simon,H.A.. Organizations, Willey. 1958.
8. Mobley, W.H.. Intermediate Linkages in the Relationship between Job Satisfaction and Employee Turnover. Journal of Applied Psychology. 1977; 62, 237-240.
9. Blau,G,J., & Boal,K.B.. Conceptualizing how job involvement and organizational commitment affect turnover and absenteeism. The Academy of Management Review. 1987;12（2), 288–300.
10. Locke, E. A., & Latham, G. P.. A theory of goal setting & task performance （E. A.Locke & G. P. Latham, Eds.). Prentice Hall.1990.
11. 猪木武徳.「転職」の経済学. 東洋経済, 2001
12. 渡辺深. 転職の社会学. ミネルヴァ書房, 2014
13. 山本寛. 転職とキャリアの研究,創成社, 2008
14. 安田雪. 若年者の転職意向と職場の人間関係―上司と職場で防ぐ離・転職―, Works Review.2008; 3, 32-45.
15. リクルートワークス研究所.「５カ国リレーション調査」. 2020.
16. 花田光世. 個の自律と人材開発戦略の変化―ES と EAP を統合する支援啓発パラダイム. 日本労働研究雑誌.2006; 557, 53-65.
17. 厚生労働省.「令和元年度能力開発基本調査」, 2020.
18. 武石恵美子. 林洋一郎, 従業員の自律的なキャリア意識の現状ープロティアンキャリアとバウンダリーレスキャリア概念の適用. キャリアデザイン研究.2013; 9, 35-48.
19. 堀内泰利, 岡田昌毅. キャリア自律が組織コミットメントに与える影響. 産業・組織心理学研究.2009; 23（1), 15-28.
20. 藤本真.「キャリア自律」はどんな企業で進められるのか―経営活動・人事労務管理と「キャリア自律」の関係. 日本労働研究雑誌.2028; 691, 115-126.
21. 武石恵美子, 梅崎修, 林絵美子. A 社における従業員のキャリア自律の現状. 生涯学習とキャリアデザイン.2014; 12（1), 89-100.
22. 荒木淳子. 企業で働く個人のキャリアの確立を促す実践共同体のあり方に関する質的研究. 日本教育工学会論文誌.2009; 31（2),131-142.
23. 舘野泰一. 職場を越境するビジネスパーソンに関する研究. 中原淳編著「職場学習の探求」生産性出版. 2012; 282-311.
24. 藤澤理恵.高尾義明.プロボノ活動におけるビジネス- ソーシャル越境経験がジョブ・クラフティングに及ぼす影響―組織アイデンティティとワークアイデンティティによる仲介効果―経営行動科学.2020; 31（3),69-84.
25. 石山恒貴.越境的学習のメカニズム 実践共同体を往還しキャリア構築するナレッジ・ブローカーの実像, 福村出版, 2018.
26. Arthur, M. B., & Rousseau, D. M.. The Boundaryless Career: A New Employment Principle for a New Organizational Era. Oxford: Oxford University Press. 1996.
27. Sullivan, S. E., & Arthur, M. B.. The evolution of the boundaryless career concept: Examining physical & psychological mobility. Journal of Vocational Behavior. 2006; 69（1), 19–29.
28. 梅崎修, 林絵美子, 武石恵美子. 自律的なキャリア意識が主観的および客観的キャリア・サクセスに与える影響. キャリアデザイン研究.2025; 11,107-116.
29. Hall, D.T.. Protean careers of the 21st century. Academy of Management Executive.1996; 10,8-16.
30. 尾野裕美. 若年就業者におけるキャリア焦燥感によって生じる行動,キャリアデザイン研究.2025; 11,.33-41.
31. Jung,C. G.The stages of life. In J.Campbell（Ed.), The Portable Jung.New York: Penguin, 1976.
32. Levinson,D.J. The Seasons of a Man's Life. Knopf, 1978. （南博. ライフサイクルの心理学. 講談社学術文庫, 1992) .
33. Bridges, W.. Transitions: Making Sense of Life's Changes. Addison-Wesley Publishing Company. 980.
34. Schlossberg,N. K.. Overwhelmed: Coping with Life's Ups and Downs. Lexington Books. 1989.
35. 金井篤子. 働く女性のキャリア・トランジション. 日本労働研究雑誌, 2010; 52, 44-53.
36. 堀内泰利, 岡田昌毅. キャリア自律を促進する要因の実証的研究. 産業・組織心理学研究, 2026; 29, 73-86.
37. 高田治樹, 辰巳哲子. 転機による心理的変化がキャリア意識に及ぼす影響の検討. Works Discussion Paper.2019;30,1-15.
38. 三輪卓己. ミドル&シニアのキャリア発達―知識労働者にみる転機と変化. 中央経済社, 2021.
39. 金井壽宏. キャリア・トランジション論の展開：節目のキャリア・デザインの理論的・実践的基礎. 国民経済雑誌.2001; 184（6), 43-66.
40. 三好きよみ. IT 人材の組織間移動プロセスの検討―転職及び異動経験者へのインタビュー調査による―. 経営行動科学学会第 24 回年次大会.2021;131-135.
41. 三好きよみ.デジタル関連企業への転職プロセスの探索的検討.第 14 回横幹連合コンファレンス. 2023; D-4-1-
42. 三好きよみ. 転職とキャリア自律の関連についての研究. 東京都立産業技術大学院大学紀要.2022; 15, 91-95.
43. 三好きよみ.転職に関する考え方と仕事の取り組み方の関連性の分析－テレワーク従事者を対象としたアンケート調査から－.日本キャリアデザイン学会第 18 回研究大会.2022; 140-143.
44. Wrzesniewski, A. & Dutton, J.E. . Crafting a Job: Revisioning Employees as Active Crafters of Their Work. Academy of Management Review.2007; 25, 179-201.
45. Sekiguchi, T., Li, J., & Hosomi, M., Predicting Job Crafting From the Socially Embedded Perspective: The Interactive Effect of Job Autonomy, Social Skill, & Employee Status.Journal of Applied Behavioral Science.2017; 53（4),470–497.
46. 情報処理推進機構,「デジタル時代のスキル変革等に関する調査報告書」. 2022.
47. 徳吉陽河, 岩崎祥一. 自己成長主導性尺度 II（PGIS-II）日本語版の開発と心理的測定. 心理学研究.2014; 85（2) , 178–187.
48. 安達智子.大学生のキャリア選択ーその心理的背景と支援.日本労働研究雑誌. 2004; 533,27-37.
49. 高橋美保, 石津和子, 森田慎一郎. 成人版ライフキャリア・レジリエンス尺度の作成. 臨床心理学.2025; 15（4) , 507-516.
50. 室町祐輔. 上市秀雄.メタ認知尺度作成の試み-後悔状況における適応行動と関連性の検討.日本心理学会第 79 回大会発表論文集. 2015;1PM-101.
51. 上市秀雄, 後悔を活かす心理学 成長と成功を導く意思決定と対処法,中公新書. 2022.
52. 内閣府. 「第 8 回世界青年意識調査」. 2019.
53. 三好きよみ. 社外活動経験と働き方に関する意識・行動の関連. 経営行動科学学会第 26 回年次大会. 2023;310-317.
54. 三好きよみ.転機経験と働き方に関する意識・行動の関連. 産業・組織心理学会第 40 回大会. 2025;238-241.

事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの開発：「プロジェクトシミュレーション・ワークショップ」

Workshop development of digital human resources in business companies: Project simulation workshop

江川 琢雄[1] 伊勢 一也[1] 神森 大地[1] 吉田 晃佑[1] 宮本 夏美[1] 森口 雅之[1] 三好 きよみ[1*]
Takuo Egawa[1] Kazuya Ise[1] Daichi Jinmori[1] Kousuke Yoshida[1] Natsumi Miyamoto[1] Masayuki Moriguchi[1] Kiyomi Miyoshi[1*]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Kiyomi Miyoshi, kiyomi@aiit.ac.jp

Abstract The promotion of digital transformation(DX) has become essential for companies, and it is increasingly recognized by business companies as a source of competitiveness. Therefore, it is necessary for companies to develop and maintain internally digital human resources. This paper identifies key competency-related issues based on prior research and survey analyses with respect to digital skills and competencies. Additionally, the paper introduces the design of a project simulation workshop and the results of a trial workshop.

Keywords digital human resources; competencies; project; simulation; workshop

1 はじめに

企業では，デジタル・トランスフォーメーション（DX）の推進が不可欠であり，デジタル技術を活用した革新的なイノベーションが期待されている．特に事業会社においては，これまでの外部ベンダーに依存する体制から脱却し，自社でデジタル人材を確保・育成する必要性が強く指摘されている．DX を推進する部門には，デジタルを活用した既存ビジネスの変革，デジタルによって可能となる新たなビジネスの創出といった視点が求められる[1].

しかしながら，多くの事業会社が DX を競争優位の源泉として認識し，内製化を目指しているにもかかわらず，思うように進められていないのが現状である．その主な課題は，人材の量と質の不足[2]，そして，人材像や評価基準の不明確さである[3]. DX 推進のためには，高度な技術スキルを持つ人材だけでなく，ビジネス戦略，サービス設計，プロジェクトマネジメントといったビジネススキルを持つ人材も必要である．ところが，具体的に，どのような人材が必要で，どのように評価すればよいかが明確になっていないため，採用や育成が停滞しているといわれている．このような課題への抜本的な解決策は依然として見出されていない[2].

そこで，これらの課題への対応として，事業会社におけるデジタル人材育成のための「プロジェクトシミュレーション・ワークショップ」を開発した．本ワークショップは，以下のステップを経て開発した．まず，文献調査，およびインタビュー調査を行い，事業会社のデジタル人材に必要なコンピテンシーの課題を抽出した．つづいて，抽出されたコンピテンシーの課題に対応するための「プロジェクトシミュレーション・ワークショップ」を設計した．次に，ワークショップを試行し，改善した．

本論文では，第 2 章でデジタル人材のスキル・コンピテンシーについての関連研究，第 3 章でデジタル人材に必要なコンピテンシーの調査分析結果，第 4 章でワークショップの設計，第 5 章でワークショップを試行した結果について述べる．

2 関連研究

デジタル人材のスキル・コンピテンシーについては，世界各国の公的機関，大学，コンサルティング会社，シンクタンクなどが研究や報告書を発表している．日本では，経済産業省所管の独立行政法人である情報処理推進機構（以下，IPA）が発表する各種レポートが，企業にとって重要な指針や標準（以下，ガイドライン）となってきた．IPA は，日本の産業界全体のデジタル化推進を支援し，国際競争力の強化を図るため，当該分野において次のようなガイドラインを発表している，「IT スキル標準 V3」[4] ,「i コンピテンシーディクショナリ」[5] ,「デジタルスキル標準」[6].

デジタルスキル標準[6]は，「DX リテラシー標準（DSS-L）」と「DX 推進スキル標準（DSS-P）」の 2 つの標準で構成されている．DX リテラシー標準は，DX に関する基礎的なリテラシーとして全てのビジネスパーソンが身につけるべき知識を学習するためのガイドラインである．本ガイドラインは，個人が自身の行動を振り返る際の基準や，組織・企業が構成員に求める意識・姿勢・行動を検討するための基盤となることを想定して策定されている．加えて，これらの考え方に基づき，ビジネスパーソンが実施すべき具体的な学習項目が定義されている．一方，DX 推進スキル標準は，DX 推進に必要な人材をビジネスアーキテクト，デザイナー，データサイエンティスト，ソフトウェアエンジニア，サイバーセキュリティの 5 つに類型化して企業や組織が適切な人材を育成・評価できるようそれぞれに必要なスキルを記載している．

前述の通り，IPA が作成するこれらのガイドラインが日本企業のデジタル人材育成の拠り所になっている面は大きい．一方で，IPA 以外の機関によって作成されたガイドラインや検定制度，事例集なども存在する．たとえば，知識に特化したものとして，デジタル技術を活用してビジネスの価値を高めようとする個人を対象とする「DX 検定」[7]がある．この検定では，IT 先端技術トレンドやビジネストレンドに関する知識を測定することを目的としている．DX 推進スキル標準における人材類型は主に現場やマネージャーレベルを想定しているが，「DX の推進においては経営トップの適切なリーダーシップがきわめて重要」[3]とされている．また，経営者や DX 推進をミッションとする責任者向けのガイドラインとしては，「デジタルガバナンス・コード 2.0」[8]が発行されている．コードでは，企業経営におけるデジタル化や DX 推進の責任体制，リーダーシッ

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

プ，ガバナンス強化の必要性を明確化し，具体的な取り組み方針の事例を示している．また，地方自治体による取り組みとして，東京都では DX 推進の役割を担う人材を対象に，「東京都デジタル人材確保・育成基本方針 ver2.0」[9]が取りまとめられている．基本方針はあくまで地方自治体の職員をいかに育成するかという視点で書かれたもので，IPA や経済産業省のような企業向けのガイドラインとは異なるが，大きな組織体における育成方針や課題，実際の取り組みが詳細に記載されており，当事者の視点から記載された具体的な資料として価値が高いと判断できる．これらの文献について，縦軸を対象者，横軸を知識・行動としてマッピングし図 1 に示した．

このように，DX 推進を支えるために様々な文書やガイドラインが発行されている．これらの文書の主目的は，企業のデジタル人材が習得すべき能力を類型化し，必要なスキルやコンピテンシーを明確化するとともに，獲得プロセスや評価手法を提示することである．しかし，調査の結果，いくつかの課題が明らかとなった．1 つ目は，多くの文書においてデジタル人材が所属する企業の立場についての区分けが十分に行われていない点である．DX を推進するにあたり，実際にトランスフォーメーションの対象となる事業会社と，それを提案・支援する SI 企業とでは，求められるコンピテンシーが本質的に異なると考えたためである．「デジタルガバナンス・コード 2.0」は企業経営者向け，「東京都デジタル人材確保・育成基本方針 ver2.0」は当事者の立場で記述されているが，IPA をはじめとする機関が提示するガイドラインや文書では，DX への関わり方を重視する一方で，事業会社と SI 企業の区別は曖昧である．2 つ目は，事業会社の業種による違いが十分に考慮されていない点である．「デジタルスキル標準」の付属文書である「デジタルスキル標準（DSS）活用事例集」[10]では，16 社の活用事例が示されている．しかし，これらの事例は任意サンプリングによる個別企業のケーススタディに過ぎず，網羅的ではない．加えて，情報開示の制約から，なぜその企業が当該の「デジタルスキル標準」を採用し，カスタマイズしたのか，その背景情報が不足している．最後は，文書の対象とする組織階層によって能力記述が偏っている点である．一例として，「DX 検定」や「DX 推進スキル標準（DSS-P）」など現場に近い職位を対象とした文書では，知識を重視する傾向が強い．一方，「デジタルガバナンス・コード 2.0」のように経営層や上位層を対象とした文書では，行動指針や心構えが主に強調されている．このような偏りは，組織全体でデジタル人材を育成における一貫性を妨げる可能性がある．

事業会社におけるデジタル人材に必要なコンピテンシーにおいては，事業会社の特性に着目することが重要である．加えて事業会社では，DX 推進の目的が単なる技術導入ではなく，事業そのものの変革にあるため，事業との関連性を意識した手法が不可欠である．育成の対象は，主に現場で活動するデジタル人材である．しかし，この層に関連した知識については，既存の検定やガイドラインが多く存在するにもかかわらず，人材像や評価基準は依然として曖昧なままである．この状況を踏まえると，単なる知識の体系化ではなく，行動指針や心構えといったレベルでのコンピテンシー定義が必要と考えられるが，事業会社のデジタル人材に特化したコンピテンシーの定義，およびそれらの向上施策に関する実証的な議論は十分ではない．

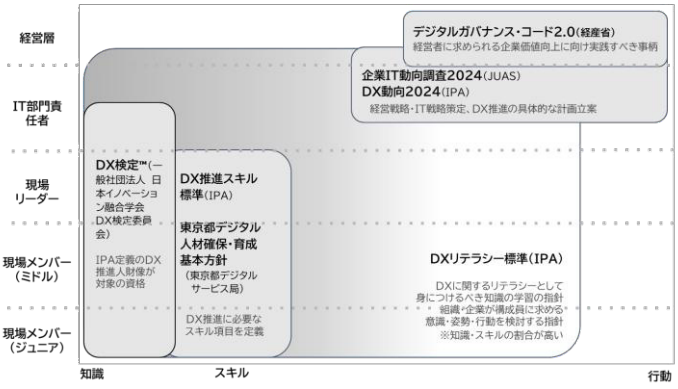


図 1　デジタル人材におけるコンピテンシーに関するマップ

3　デジタル人材に必要なコンピテンシーの調査分析

事業会社，および SI 企業に所属する技術職を対象に，デジタル人材に必要なコンピテンシーについてのインタビュー調査を実施した．その分析結果から，事業会社のデジタル人材に必要なコンピテンシーについての課題を抽出した．

インタビュー調査

2024 年 6 月にビデオ会議を用いてインタビューを実施した．調査対象者は，事業会社の技術職 16 名，SI 企業の技術職 13 名である．機縁法にて依頼を行った．インタビュー時間は 1 人当たり約 60 分であった．インタビューでは，質問項目として，DX への認識，仕事をする上で必要な能力，成長のエピソード，組織での人材育成方法などについて自由に語ってもらい，必要に応じて追加質問を行った．

表 1　調査対象者一覧

事業会社			SI 企業		
ID	業種	年代	ID	業種	年代
1	広告業	40 代	1	情報通信業	30 代
2	金融業	30 代	2	情報通信業	40 代
3	製造業	30 代	3	情報通信業	20 代
4	情報通信業	50 代	4	情報通信業	40 代
5	情報通信業	30 代	5	情報通信業	30 代
6	旅行業	40 代	6	情報通信業	40 代
7	情報通信業	30 代	7	情報通信業	30 代
8	情報通信業	30 代	8	情報通信業	40 代
9	保険業	40 代	9	情報通信業	50 代
10	情報通信業	40 代	10	情報通信業	40 代
11	サービス業	30 代	11	情報通信業	40 代
12	製造業	20 代	12	情報通信業	30 代
13	卸売業	40 代	13	情報通信業	40 代
14	情報通信業	20 代	—	—	—
15	小売業	30 代	—	—	—
16	製造業	40 代	—	—	—

質的分析

インタビュー調査の分析に，質的統合法[11]を用いた．分析テーマは，デジタル人材のコンピテンシー向上プロセスとし，事業会社の技術職 16 名，SI 企業の技術職 13 名の逐語録をそれぞれ，分析した．

事業会社の技術職 16 名の逐語録を分析した結果，916 枚のラベル，8 つのグループに集約された．8 つのグループは，自社の現状と DX 部門の悩み，自分の行動，職場環境，評価の獲得と自己実現の 4 カテゴリーに分類された．分類した結果と表札の関係性を構造化した見取図を図 2 に示す．分析結果では，「事業会社のデジタル人材のコンピテンシーの向上プロセス」として，「職務でもどかしさがあっても仲間に支えられ前向きに取り組み，自ら主体性発揮しながら完遂する．そして会社評価だけでなく，自己実現と自分の市場価値を高めるために行動する」という構造が示された[12]．

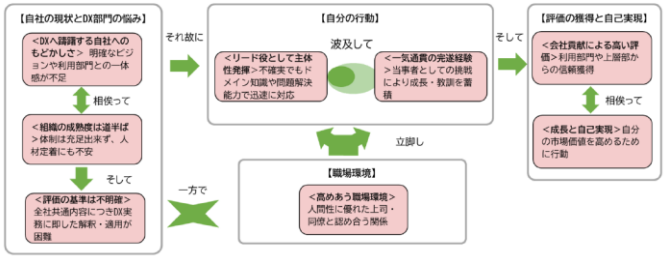


図 2　見取図（事業会社）

SI 企業の技術職 13 名の逐語録を分析した結果，574 枚のラベル，15 のグループに集約された．15 のグループは，自社の過酷な現状，自分の行動，環境からの刺激，学びの体系化と成長の 4 つのカテゴリーに分類された．分類した結果と表札の関係性を構造化した見取図を図 3 に示す．分析結果では，「評価機能の不全と顧客へのもどかしい思いを抱えつつも，経験や環境からの刺激を受けて，学びを体系化し，転職や高い視座という成果を得る」という構造が示された[13]．

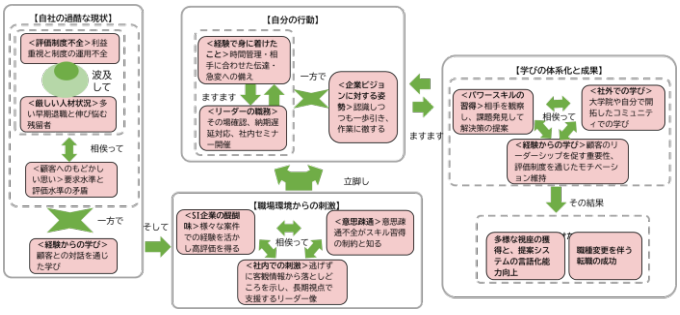


図 3　見取図（SI 企業）

テキストマイニングによる分析

インタビュー調査によって得られた，事業会社の技術職 16 名，SI 企業の技術職 13 名の逐語録を入力データとして，KH Coder Version3 を利用して，テキストマイニングによる分析を実施した[14]．頻出語の抽出を行い，事業会社，SI 企業を外部変数として，共起ネットワークの作成を行った．結果を図 4 に示す．結果からは，事業会社のデジタル人材のコンピテンシーへの認識として，「コミュニケーション」「チーム」などの語が特徴として確認された．ここからは，チームワークやコミュニケーション能力が重視される傾向があることが推察される．

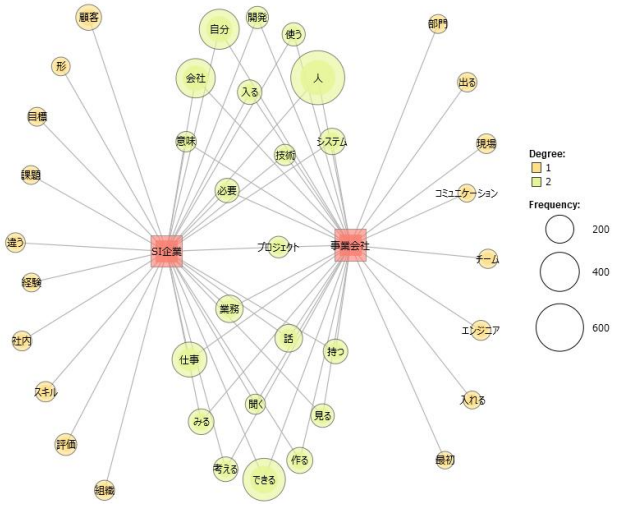


図 4　共起ネットワーク図（比較分析）

調査分析のまとめ

事業会社と SI 企業の特徴と必要なコンピテンシーについて，インタビュー調査からの質的分析，テキストマイニングによる分析結果から，表 2 にとりまとめた．事業会社と SI 企業のデジタル人材のコンピテンシー向上プロセスにおいては，仕事環境や職務範囲が大きく影響していることがわかる．特に事業会社においては，社内の曖昧な要求や不確実な状況下においても，周りを巻き込み，ドメイン知識や問題解決能力を発揮して迅速に対応していることが特徴的であった．一方で，SI 企業では，様々な案件や社外コミュニティにおける経験からの学びによって，自身を客観視している傾向がみられた．事業会社，SI 企業いずれにおいても，自分の市場価値を高めるために行動し，自己実現のために努力していることが確認できた．

事業会社のデジタル人材は，DX に対しての経営層の明確なビジョンや利用部門との一体感に不足を感じており，それは，DX に対する組織体制が充足しておらず人材の定着にも不安があることとも関連していた．これは，IPA[1] の指摘とも一致する．また，評価は全社共通の基準であり，DX 業務に即した適用が困難である．その一方で，人間性に優れ適切に指導してくれる上司やお互いに学び合い高めあう同僚がいる職場環境であることがわかった．このことから，DX 部門はジレンマも多いが，リーダーやメンバーがそれぞれ適応した行動を取って不確実性の中で試行錯誤をしている状況が考えられる．そして，社内で DX のリード役として主体的に行動し周りを巻き込んで，案件を一気通貫で経験することで成長を感じていた．テキストマイニングの結果からも「コミュニケーション」「チーム」など

の語が特徴として確認されており，チームワークやコミュニケーション能力が重視され，積極的に周囲を巻き込むという特徴を裏付けられた．

事業会社では，DX による変革や業務改善という未知へ挑戦する環境がある．また，その結果は，部門収益向上や業務時間削減など社内指標に反映される．それによって，利用部門からの感謝や上層部からの直接的に評価・信頼を得られ，また，教訓を得ることもできる．このように事業会社のデジタル人材は，事業会社ならではの環境によるものと考えられる．

表 2　事業会社と SI 企業の特徴と必要なコンピテンシー

	事業会社	SI 企業
特徴	社内の曖昧な要求や不確実な状況下においても，周りを巻き込み，ドメイン知識や問題解決能力を発揮して迅速に対応している	様々な案件や社外コミュニティにおける経験からの学びによって，自身を客観視している傾向
必要なコンピテンシー	・積極的に周囲を巻き込み，自らハブとなり他部門や経営層と密に対話 ・自社の事業構造や業務知識をもとにビジネスに貢献する	・相手に合わせたコミュニケーションにより急変に備える ・様々な経験や外部とのつながりを活かす
	・仕事や学びへのモチベーションを高く保ち，会社評価だけでなく自己実現と自分の価値を高める ・仕事環境や職務範囲が大きく影響する	

事業会社のデジタル人材に必要なコンピテンシーの課題

調査分析結果から，事業会社のデジタル人材に必要なコンピテンシーの課題として，次の 3 点を抽出した．

⚜ 積極的に周囲を巻き込む

自らがハブとなり，他部門や経営層などの主要ステークホルダーと密に対話して，取り組みを前進させること．

⚜ ドメイン知識をもとにビジネスに貢献する

対象事業のドメイン知識・業務知識について業務内容の理解を高め，ビジネス全体を視野に入れて，ビジネス面にも踏み込んで行動すること．

⚜ 仕事や学びへのモチベーションを高く保つ

会社評価のような外的なものだけではなく，自己実現と自分の価値を高めること．

これらの課題について，一般に公開されている文献では，「メンバー側から見た“経営層との関わり方”」「業務知識の学習やまとめ方」，「動機づけ」といった汎用的な表現に留まっており，具体的な方法や効果についての記載はない．

調査分析から抽出された 3 つの課題へ対応したコンピテンシーを向上させるには，更に 2 つの重要ポイントが存在する．第一に，「コンピテンシー向上のための具体情報の整備」である．先駆者の経験を価値観・知識・行動として体系化する．実務を担う現場リーダーが担うような企画・マネジメントとしての場面を取り上げ，自社として重視するべき価値観を盛り込む．多くの事業会社はこれまで IT 関連実務の多くを SI 企業のような外部に委ねてきた．よって，社内でのノウハウの蓄積がしにくい状況にあるため，まずは，情報として貯める・社内で共有するところから取り組む． 第二に，「学習する場づくり」である．業務外で学べるような場所・機会を拡充し，普段の業務から離れて自分と向き合うとともに，他人の多様な考えに触れて新たな発見を得る．

4　事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの設計

調査分析から得られた，事業会社のデジタル人材育成における課題への対応として，先駆者の経験を基にした価値観・知識・行動等の具体情報の整備と業務外で学べるような場所・機会を拡充する場が必要であると考えた．その方策として「プロジェクトシミュレーション・ワークショップ」を設計し，架空のプロジェクトを舞台としたシナリオ教材を作成した．本章では，本ワークショップの目標，特徴，教材，ワークショップの構成について述べる．

目標

- 事業会社のデジタル人材に必要とされるコンピテンシー向上の要因となる仕事への意識変容を促す．
- 普段の業務制約がない状況で自分と向き合い，他人と議論することで，新たな気づきを得る．
- グループワークによって，多様な価値観に触れるとともに，チーム活動における望ましいふるまいを習得する．
- 情報システムプロジェクトにおいて，事業会社として求められる様々なマネジメントの視点を学習する．
- 事業会社における情報システムプロジェクトで発生する問題を疑似体験することで，実際に発生したときに，スムーズな対処を可能とする．

特徴

- 事業会社で働く，情報システムプロジェクトに携わる従業員を対象にインタビューを実施し，デジタル人材に必要なコンピテンシーを質的分析によって抽出した結果をもとに開発している．
- 調査分析の結果から，「積極的に周囲を巻き込む」「自社の事業構造や業務知識をもとにビジネスに貢献する」「仕事や学びへのモチベーションを高く保つ」の 3 点をワークショップで用いる教材のテーマ設定に取り入れている．
- 情報システムプロジェクトにおける実際の事例をもとに，ストーリーを作成しており，参加者は，現実に近い問題を疑似体験できる．
- ワークショップは，事前に資料を配布しておき，当日は 2 時間 30 分と短い時間で実施できる．

教材

以下では，ワークショップで使用するシナリオ教材のストーリー，エピソードと設問の概要，設問例を述べる．

(1) ストーリー

なるべくリアリティを持たせるべく，筆者らの経験を持ち寄って，情報システムプロジェクトの概要，登場人物と体制図（図5）を設定した．

舞台となるA社は鉄道会社で，お客様向けモバイルアプリの開発プロジェクトが立ち上がることになった．主人公はデジタル企画部のプロジェクトリーダーで，ユーザー部門や開発ベンダーと協業し，様々な問題発生に対して取り組んでいく．

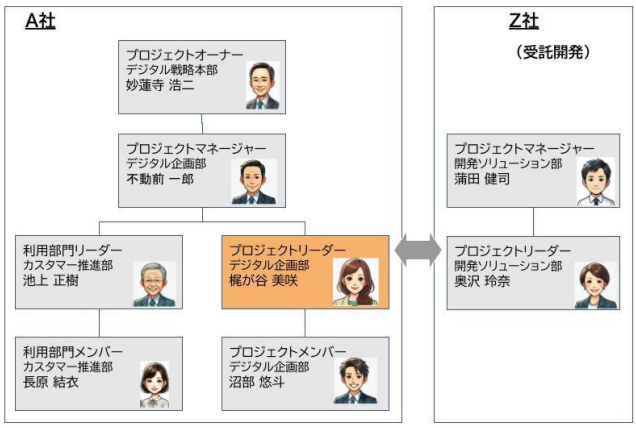


図5　登場人物と体制図

(2) エピソードと設問

エピソードは，体系的に学習できるようウォーターフォール形式での情報システム開発工程に準じている．エピソード1つにつき設問1つという組み合わせで，一問一答方式（タイプA）を23問（表3），自由回答方式（タイプB）（表4）を4問作成した．よって，参加者の職務に合わせて問題を選択することができる．エピソードと設問は，筆者らの実務経験やPMP（Project Management Professional）の試験問題を参考にして作成した．図6に一問一答方式（タイプA）のエピソードと設問の例を示す．

表3　エピソード：一問一答方式（タイプA）

企画工程
①　事業にどこまで踏み込む？
②　業務フローの役割分担
③　属人化業務の可視化に向けた行動
④　不明確な要望への対処
⑤　新技術を活用するような要望への対応
⑥　下位職に開発経験させるべきか
⑦　メンバー同士のわだかまり
⑧　新しい業務ツールの導入検討
⑨　現行システム保守切れ対応
⑩　ベンダー担当者とのコミュニケーション
開発（要件定義,設計,製造,単体結合テスト）工程
⑪　完了基準の粒度の認識
⑫　開発委託先に対する品質マネジメント
⑬　業務知識不足の解消の仕方
⑭　メンバーの過負荷状況を打開せよ
⑮　若手メンバーからの提案への向き合い方
⑯　PJ要員の削減要請
⑰　メンバーの学習意欲とPJでの役割
⑱　システム納期遅れの発覚
導入（システムテスト,ユーザー受け入れテスト,教育）工程
⑲　受け入れテストへの協力
⑳　仕様変更依頼への対応
㉑　現場ニーズとオーナー意見との板挟み
㉒　ユーザーから新システム不評の声
㉓　リリース直前でデータ移行の追加要望

表4　エピソード：自由回答方式（タイプB）

企画工程
❶　利用部門のドメイン知識をどこまで身につければよいのか
開発（要件定義,設計,製造,単体結合T）工程
❷　利用部門からの追加開発要望へどのような観点を持って対処するか
❸　終らない要件定義への対処
導入（ST,UAT,教育）工程
❹　テスト工程で開発要件漏れが発覚，どのように対応するか

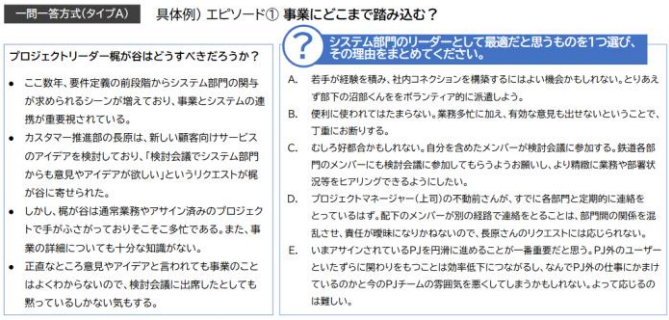


図6　一問一答方式（タイプA）エピソードと設問の例

(3) 標準解答と解説

各設問についてはすべて標準解答と解説を用意し，着眼点や観点，一問一答方式（タイプA）については，他の選択肢の不適切な理由を説明している．図7に一問一答方式（タイプA）の解答と解説の例を示す．

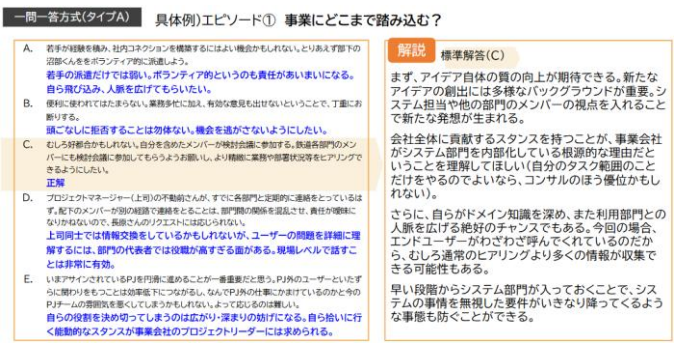


図7　一問一答方式（タイプA）の解答と解説の例

ワークショップの構成

参加者は 10 名程度，3〜4 人で構成した 3 グループでのグループワークを想定している．運営員はファシリテーターとして 1〜2 名である．

ワークショップの全体構成を図 8 に示す．ワークショップは，オープニング：目的や流れの説明，セッション 1；自己表現と相互理解，セッション 2：プロジェクトシミュレーション，振り返り：参加者全員で気づきの共有で構成されている．また，事前に，説明資料の配布やアンケート，事後に，アンケートを実施する．

以下では，ワークショップの流れに沿って，具体的に各内容を述べる．

図 8　ワークショップの構成

（1）事前の案内

参加者に対して，以下のような当日の流れやグループワークに供する情報，実施前アンケート等を事前送付する．このうち設問への解答時の注意事項では，グループワークの進め方や，要件を基にまず自分で考え自分なりに答えを出すことの重要性を伝える．

- 受講の詳細案内
- プロジェクトシミュレーションのストーリー・設定
- 設問への解答時の注意事項
- 効果測定に供するための事前アンケート

（2）オープニング：目的や流れの説明

ファシリテーターから目的と進め方を説明する．ワークショップのテーマとして，事業会社のデジタル人材に必要な 3 つのコンピテンシーとして，「積極的に周囲を巻き込む」「ドメイン知識をもとにビジネスに貢献する」「仕事や学びへのモチベーションを高く保つ」を解説する．そして，その後のセッション 1，セッション 2 のコンテンツに盛り込んでいることを説明する．

（3）セッション 1：自己表現と相互理解

1 人 1 セットのレゴⓇブロックキット（50 パーツ）を配布する．参加者は，表 5 の問いにしたがい，ブロックを使って，個人で作品を制作する．その後，その作品をグループで共有する．

このセッションは，自己紹介に代わるものであり，グループ内のリラックスした雰囲気を作る．

表 5　問いとねらい

問い	ねらい
タワーを作ろう	限られたブロックを使っても様々なタワーが出来上がることを目にし，他の人の工夫，自分との違いを知ること
仕事で活き活きワクワクしている自分	自分の仕事に対する想いを作品で表現し，言語化して共有することで，自己理解・相互理解をすすめること

（4）セッション 2：プロジェクトシミュレーション

セッション 2 の全体の流れを図 9 に示す．ファシリテーターがワークの進め方を説明し，ストーリー・登場人物を簡単に説明した後に，設問に取り組むよう指示する．

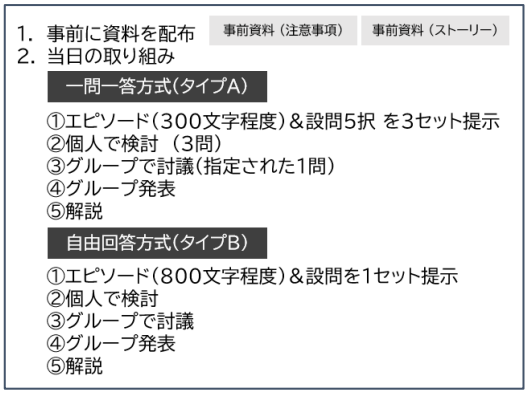


図 9　セッション 2 の流れ

はじめに，一問一答方式（タイプ A）である．参加者は，配布されたエピソード（300 文字程度）を読み，5 択の設問を解く．これを 3 セット繰り返す．個人ワーク後はグループ内でディスカッションをするが，時間の都合上，1 グループにつき 1 問とし，ファシリテーターが割り当てる．ディスカッション後，グループごとに結論とその理由を発表する．全グループが発表を終えた後，ファシリテーターより標準解答を提示し，解説する．参加者からの質問・意見を受け付け，ファシリテーターを含む全員でディスカッションし，考えを深める．

次に，自由回答方式（タイプ B）である．参加者は，配布されたエピソード（800 文字程度）を読み，設問を解く．個人ワーク後はタイプ A と同様にグループディスカッションし，グループ発表・発表後のファシリテーターによる解説・全員ディスカッションを行う．

なお，設問数は，ワークショップの所要時間によって増減させる．ワークショップ全体で 2 時間 30 分，セッション 2 には 70 分の場合，一問一答方式（タイプ A）を 3 問，自由回答方式（タイプ B）を 1 問とすることが適当である．

（5）振り返り：参加者全員で気づきの共有

ワークショップの締めくくりとして2つのセッションから得た気づきを参加者全員で共有する.

振り返りのフレームワークである KPT 方式を用いて Keep：良かったこと，継続すべきこと，Problem：悪かったことや問題点・修正すべき点, Try：今後の改善策といった内容を書き出し，チーム内で話し合い，参加者全員で共有する.

（6）実施後のアンケート

評価に用いるためのアンケートを実施する.

- 実施直後：ワークショップ満足度アンケート，およびコンピテンシーアンケートの依頼
- 実施 2～3 週間後：コンピテンシーアンケートの依頼

5　ワークショップの試行

ワークショップの進行の確認や機材の調整を確認するために，表 6 の要領で，ワークショップを試行した.

参加者は，IT 関連技術者 4 名，実施時間は，2 時間 30 分であった．試行ワークショップでは，参加者，および運営側からのフィードバックを得て，ワークショップの内容や運営の改善を行った.

表 6　試行ワークショップの実施要領

事前案内	参加者に対して当日の流れやグループワークに用いる情報，事前のアンケート依頼などを事前に送付する.
導入	ファシリテーターがワークショップのねらいや当日の流れを説明する.
セッション 1	自己表現と相互理解 レゴ®ブロックを使い，問いに沿って作品制作
セッション 2	プロジェクトシミュレーション 一問一答方式（タイプ A）： エピソード①　事業にどこまで踏み込む？ エピソード ⑪　完了基準の粒度の認識 エピソード ⑲　受け入れテストへの協力 自由回答方式（タイプ B）　： エピソード❷　利用部門からの追加開発要望へどのような観点を持って対処するか
振り返り	参加者全員で気づきの共有 ワークショップの締めくくりとして KPT 方式で気づきを共有する.
実施後アンケート	ワークショップ満足度アンケート，コンピテンシーアンケート（実施直後）に回答する.

評価

実施後，参加者，及び主催側から以下のようなフィードバックを得た.

参加者からの評価

- 解答や討議の時間が少なかった
- 討議において意見の集約が難しかった
- 主催者側からの事前アンケート依頼の連絡を見過ごしていた
- 当日の情報インプット量を減らすために事前に資料配布したほうが良い

主催者側の振り返り

- 時間を確保するために討議する設問数を減らす. タイプ A では各グループが異なる問題を討議する
- 全体の時間進行状況が分からず，現時点で全体から遅れているのか把握が難しかった
- PC 操作や資料配布といった間接的なことに費やす時間を減らす工夫が必要である

改善

評価結果から，ワークショップの運営として以下の 3 点の問題を抽出し，改善を行った.

① 解答時間，グループ討議時間が短い
- 討議時間確保のために，1 グループあたりの討議回数を 4 回から 2 回に減らした. 個人ワークとしては全問回答するが，タイプ A の設問は各グループが異なる問題を討議することに変更した
- 受講者の回答状況や討議の盛り上がりによっては時間延長することとし, アンケート時間や振り返りの時間で調整する
- グループ討議では意見が割れた結論付けでも OK とする
- ワーク時間確保のため, 設問ごとの資料配布を行っていたが，まとめて資料配布を実施する
- 円滑に進行をするために, ファシリテーターの補助員を配置する

② 参加者の事前アンケートの入力忘れ
- アンケートを確実に収集するために, 開催前日にリマインダを送付する

③　ワークショップの進行状況が把握できていない
- ワークショップ当日のタイムチャートを作成. 当日は進行状況をリアルタイムで確認できるようにする

6　おわりに

本論文では，事業会社のデジタル人材育成のために開発した「プロジェクトシミュレーション・ワークショップ」について，紹介した．本ワークショップは，デジタル人材に必要なコンピテンシーについて調査分析し，情報システムプロジェクトで発

生する問題を疑似体験できるように設計した．さらに，ワークショップを試行し改善を行った．なお，ワークショップの運営方法，および教材については，ガイドブックとしてまとめている．また，本ワークショップは，事業会社 A 社にて実践し，その有効性評価について調査分析を行っている[15,16].

付記

本論文は，第 15 回横幹連合コンファレンス[12]，第 4 回デジタル人材育成学会[13,14]，情報処理学会 情報システムと社会環境研究会第 172 回[17] で報告した内容の一部をとりまとめて再構成したものである．

謝辞

試行ワークショップへ参加していただいた皆様，インタビュー調査にご協力いただいた皆様に，謹んで感謝の意を表する．本研究は東京都立産業技術大学院大学研究安全倫理委員会の承認を得て実施されました．

参考文献

1. IPA．DX 動向 2024．2024.
2. 経済産業省．DX レポート 2 令和 2 年 12 月 28 日（中間とりまとめ）．2020.
3. IPA．DX 白書 2023．2023.
4. IPA．IT スキル標準 V3．2023.
5. IPA．i コンピテンシーディクショナリ．2014.
6. IPA． デジタルスキル標準．2024.
7. 一般社団法人日本イノベーション融合学会．DX 検定シラバス 2023．2023.
8. 経済産業省． デジタルガバナンス・コード 2.0．2022.
9. 東京都デジタルサービス局．「東京都デジタル人材確保・育成基本方針」．2024.
10. IPA． デジタルスキル標準活用事例集．2024.
11. 山浦晴男．質的統合法入門: 考え方と手順．医学書院; 2012.
12. 江川琢雄，神森大地，吉田晃佑，宮本夏美，森口雅之，伊勢一也，三好きよみ．事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの開発．第 15 回横幹連合コンファレンス．2024.
13. 神森大地，江川琢雄，吉田晃佑，伊勢一也，宮本夏美，森口雅之，三好きよみ．SI 企業のデジタル人材のコンピテンシー向上プロセスの探索的検討，デジタル人材育成学会．2024.
14. 宮本夏美，伊勢一也，森口雅之，江川琢雄，神森大地，吉田晃佑，三好きよみ．デジタル人材のコンピテンシーについての認識―技術者へのインタビュー結果のテキストマイニングによる分析―，デジタル人材育成学会．2024.
15. 宮本夏美，吉田晃佑，森口雅之，江川琢雄，伊勢一也，神森大地，三好きよみ．事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの有効性評価，情報処理学会第 87 回全国大会．2025.
16. 宮本夏美，吉田晃佑，森口雅之，江川琢雄，伊勢一也，神森大地，三好きよみ．事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの実践，東京都立産業技術大学院大学紀要. 2026; 19.
17. 江川琢雄．神森大地，吉田晃佑，宮本夏美，森口雅之，伊勢一也，三好きよみ．事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの開発．情報処理学会研究報告．2025; 2025-IS-172 1-6.

事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの評価

Evaluation of a workshop for digital human resources development in business companies

宮本 夏美[1] 吉田 晃佑[1] 森口 雅之[1] 江川 琢雄[1] 伊勢 一也[1] 神森 大地[1] 三好 きよみ[1*]

Natsumi Miyamoto[1] Kousuke Yoshida[1] Masayuki Moriguchi[1] Takuo Egawa[1] Kazuya Ise[1] Daichi Jinmori[1] Kiyomi Miyoshi[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Kiyomi Miyoshi, kiyomi@aiit.ac.jp

Abstract This paper reports on the overview of the "Project Simulation Workshop" and an evaluation of its effectiveness. The workshop was designed to foster digital human resources in business organizations by enhancing three key competencies: proactively engaging others, contributing through business and domain knowledge, and maintaining motivation for work and learning. Participants were mid-level and junior employees engaged in system planning. Through self-expression activities and project simulations, they reflected on their behaviors and discussed with peers. Based on questionnaire responses and interviews, the workshop was found to improve self-awareness and teamwork attitudes, and fostered new insights through discussions with others. Some participants also showed behavioral changes in the workplace. The results suggest that this workshop can be an effective method for digital human resources development.

Keywords competencies; digital human resources; workshop; workshop evaluation; business companies

1 はじめに

企業等において，DX を推進する人材は，量と質の両面で「大幅に不足している」状態が改善されていない．特に，事業会社においては，これまでのように外部のベンダー企業に任せるのではなく，自ら人材を確保するべきと指摘されている．デジタル人材確保の課題の一つとして，人材像や評価基準が明確になっていないことが挙がっている[1].

デジタル人材の人物像については，IT スキル標準 V3[2]，i コンピテンシーディクショナリ[3]，最近では，デジタルスキル標準[4] が公開されている．このように，様々な指針や標準が発行されているが，それらは汎用的なものであり，事業会社におけるデジタル人材育成を検討した場合，必ずしも整合しないことが見受けられる．そこで，情報システムプロジェクトに携わる従業員を対象にインタビューを実施し，事業会社のデジタル人材育成の課題を抽出した[6, 7]．その結果，積極的に周囲を巻き込む，自社の事業構造や業務知識をもとにビジネスに貢献する，仕事や学びへのモチベーションを高く保つ，の 3 つの課題が抽出された．この結果から，事業会社のデジタル人材育成の課題解決を目指してシナリオ教材を用いたワークショップを開発し[8]，実践した．

本論文では，事業会社 A 社にて実施した，「プロジェクトシミュレーションワークショップ」の概要を紹介する． 次に，ワークショップを実践し，有効性評価について調査分析を行った結果を報告する．

2 ワークショップの概要

本章では，事業会社 A 社にて実施した「プロジェクトシミュレーションワークショップ」の概要を述べる．

事業会社 A 社のデジタル部門を対象としてワークショップを開催した．A 社は近年デジタル部門の組織拡大を進めるなか人材教育に課題感を持っているとのことであった．システム企画の業務に携わっている若手・中堅の合計 20 名を 2 回に分けて対面方式で実施した．

実施要領

実践日： 2024 年 11 月 21 日（9 名），11 月 28 日（11 名）
時間 ： 2 時間 30 分
場所 ： A 社会議室での対面方式
参加者： 事業会社 A 社の情報システムプロジェクトに携わる若手・中堅社員

目的

目的は以下の 3 項目である．

- マネジメントを担う人材の能力向上
- 「積極的に周囲を巻き込む」,「自社の事業構造や業務知識をもとにビジネスに貢献する」,「仕事や学びへのモチベーションを高く保つ」の 3 つのコンピテンシー向上
- 参加者同士の相互理解を深め，自由に議論できる雰囲気の醸成

学習目標

参加者の学習目標としては，以下の 3 項目である．

- 事業会社のメンバー・リーダーとして求められる様々なマネジメントの視点を学習する
- グループワークを通じて，多様な価値観に触れるとともに，チーム活動における望ましいふるまいを習得する
- 普段の業務制約がない状況で自分と向き合い，他人と議論することで，新たな気づきを得る

ワークショップの構成

ワークショップの構成を表 1 に示す．ワークショップでは，オープニングの後，セッション 1 で，自己表現と相互理解，セッション 2 で，プロジェクト・シミュレーションを行う．セッション終了後には，振り返りを行い，クロージングで，アンケート調査を行う．

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

表１　ワークショップの構成

オープニング	目的や流れの説明
セッション１	自己表現と相互理解 自分の考えをレゴ®ブロックを使って表現し，自分の作品を説明，参加者同士で質疑応答を行う
セッション２	プロジェクト・シミュレーション 架空のプロジェクトにおいて，発生する様々な出来事への対応を検討し．参加者同士でディスカッションを行う
振り返り	KPT 参加者全員で気づきを共有する
クロージング	満足度アンケート

セッション２で使用した設問は以下の通りである．
一問一答方式（タイプ A）
①　事業にどこまで踏み込む？
⑪　完了基準の粒度の認識
⑲　受け入れテストへの協力
自由回答方式（タイプ B）
❷　利用部門からの追加開発要望へどのような観点を持って対処するか

3　ワークショップの評価

ワークショップの評価は，研修の代表的な評価方法であるカークパトリックの４段階モデル[5]を用いた．レベル１：ワークショップの満足度，レベル２：コンピテンシーの向上，レベル３：職場における行動変容を調査対象とした．レベル１，レベル２については，アンケート調査，レベル３として，ヒアリング調査を行った．以下では，レベルごとに調査内容，結果，及び考察を述べる．最後に評価の全体をとりまとめる．

レベル１：ワークショップの満足度

ワークショップの満足度については，アンケート調査を実施し，択一については集計を行った．自由記述については，テキストマイニングを用いて分析した．以下では，アンケートの調査内容，結果，考察，まとめを述べる．

調査内容：

ワークショップ実施直後にアンケート調査を実施した．
以下の質問項目①～③ ⑤～⑩について，「強くそう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「まったくそう思わない」の４段階で回答を求めた．質問項目①～④については，理由について自由記述で回答を求めた．質問項目④⑪⑫については自由記述で回答を求めた．

①　セッション１は，ブロックを使用してのワークでした．このセッションに満足しましたか？
②　セッション２は，架空のプロジェクト案件を題材としてのワークでした．このセッションに満足しましたか？
③　ワークショップで他の参加者とのディスカッションや交流は有意義でしたか？
④　セッション１，セッション２を通して，ご自身に気づきはありましたか？（自由記述）
⑤　ワークショップの進行はスムーズでしたか？
⑥　ワークショップの資料は見やすかったですか？
⑦　ワークショップでファシリテーターによる解説はわかりやすかったですか？
⑧　ワークショップの進行速度は適切でしたか？
⑨　このワークショップ全体について，満足しましたか？
⑩　このワークショップを他の人にも勧めたいと思いますか？
⑪　このワークショップをより良くするために改善すべき点があれば，お聞かせください．（自由記述）
⑫　今後，社内ワークショップとして取り上げて欲しいテーマやトピックがあればお聞かせください．（自由記述）

満足度アンケート調査結果：

ワークショップ実施直後のアンケート調査結果を図１に示す．いずれの質問についても，「とてもそう思う」「そう思う」の割合が８割を超えていた．自由記述とした④気づき，⑪改善点について代表的な内容を表２に示す．

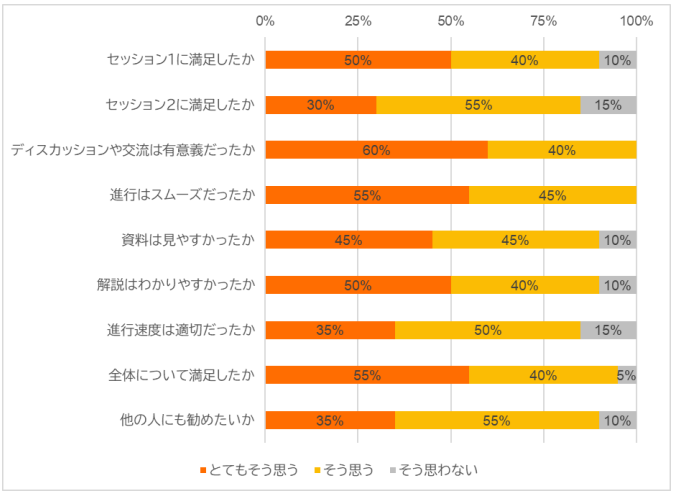


図１　ワークショップの満足度調査結果（n=20）

自由記述のテキストマイニングによる分析：

満足度アンケートの自由記述内容を対象として，KH Coder[7]を用いてテキストマイニングを実施した．データ分析の前に，適切な分析が行えるように以下の前処理を実施した．

1. 対象データ全体からの頻出語を確認した．
2. 分析上重要でないと思われる語（思う，感じ，など）を分析の除外語とした．
3. 意味をなさない単語を多く含む品詞以外の（人名や組織名などの固有名詞や感嘆詞，否定助動詞など）を抽出対象外とした．
4. 重要な意味をなすと思われる複合語（ユーザー部門，システム部門，チームビルディング，ケーススタディなど）を強制抽出語とした．KH Coder のプラグインを利用し，

表記が揺れている単語を統一した．

前処理の後，分析対象データの全体像からの傾向をみるために，頻出語の抽出を実施した．回答の中に出てくる言葉をカウントしている．次に，共起ネットワーク図を作成した．

表 2　ワークショップの満足度調査 自由記述の抜粋

気づき（自己理解・他者理解）
- 自身の強み，弱みの再認識ができた
- 他の方と比較することで自分の考え方のクセを知ることができた
- 言語化の部分でまだまだ足りないなという気づきがあった
- ワークショップの学びを業務に活かしていきたい
- 会場の雰囲気がよく，自然と会話しやすい環境があった
- 自分と他の方の考え方を比較することで自分の考え方の特徴を理解することができたため
- 新しい視点を得るきっかけとなった
- 自己表現の設問を通して，他者の観点との違いをよく理解できた
- 不確定要素の多い課題に対して一つの解決策をグループとしていかに素早く出せるか，改めて自身の弱みを再認識した機会となった
- 同じ題材でも人によって全く違う結果に繋がることが面白かった

感想
- 普段会話しないメンバーと会話ができて有意義に感じた
- 普段同じチームの方の考え方にしか触れていなかったため，他チームの考え方を伺うことができ貴重な機会でした
- 斬新なセッションで楽しみながら取り組めた
- 架空でありつつも，身近にありそうな案件でリアリティがあった

改善点
- 前提をもう少ししっかりと知った上で議論に取り掛かりたかった
- 時間の都合上チームごとに設問を分けて解いたが，全ての問題に取り組みたかった
- デジタル人材以外の方も入っていただけると，面白い意見がでそうかなとも感じた
- 模範解答をその場ではキャッチアップしきれなかったので説明を是非配布してほしい

テキストマイニングの結果と考察：

全体の頻出語上位 20 語を表 3 に示す．上位に，「自分」が 24 件，「議論」が 19 件，「意見」が 15 件出現しているのがわかる．つづいて，「時間」「視点」「ワークショップ」「考え方」の出現が確認できた．

共起ネットワーク分析の結果を図 2 に示す．共起ネットワークでは，ノード（円）で特定の単語を表し，ノードのサイズは，その単語がテキスト内でどれだけ頻出しているかを示す．ノード同士を結ぶエッジ（線）は，単語間の共起関係を表し，この線が太いほど，単語が頻繁に一緒に現れることを示す．特定のテーマや意味領域に関連する単語群をグループ（色）でのまとまりで表す．それによって，テキスト内でどのようなトピックが浮かび上がっているのかを視覚的に捉えることができる．

共起ネットワークでは，「自分」がネットワーク全体の中心に位置し，「考える」「表現」「知る」などのキーワードと密接に関連している．赤グループでは「考え方」「他者」「違い」「視点」のような語が見られ，他者との交流や意見交換を通じて新しい視点や違いに触れることが，ワークショップの大きな満足要因となっている．緑グループでは「議論」「業務」「意見」「普段」のような語が見られ，日常業務や実務に活かせる内容が得られたことが評価されており， 単なる学びにとどまらず，実践的な応用や業務改善に繋がる内容が含まれていたことが高評価の要因と思われる．黄緑グループでは「ケーススタディ」「学ぶ」「経験」のような語が見られ，参加者はワークショップが具体的な学びや経験を提供する場であったと捉えており，ケーススタディや具体的事例の紹介が，理解や学びを深める効果的なコンテンツとして機能していたと考えられる．

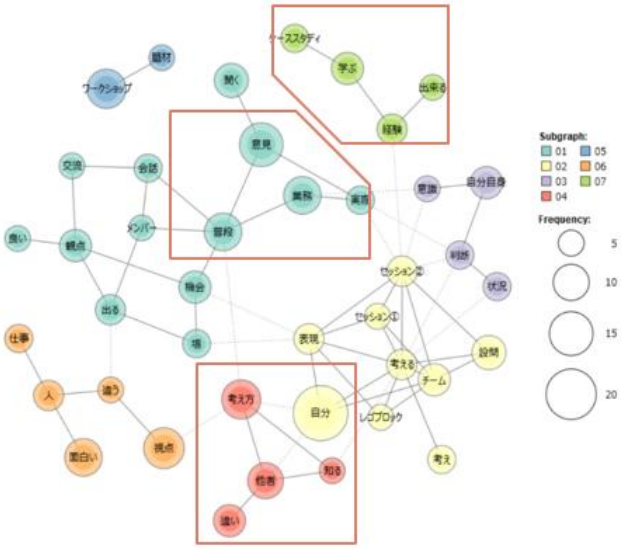


図 2　ワークショップへの感想自由記述 共起ネットワーク図

表 3　頻出語上位 20 語

	抽出語	出現回数		抽出語	出現回数
1	自分	24	11	他者	10
2	議論	19	12	設問	9
3	意見	15	13	聞く	9
4	時間	14	14	やすい	8
5	視点	13	15	チーム	8
6	ワークショップ	12	16	違い	8
7	考え方	12	17	学ぶ	8
8	業務	11	18	観点	8
9	普段	11	19	機会	8
10	面白い	11	20	自分自身	8

まとめ：

満足度アンケート調査では，いずれの質問についても，「とてもそう思う」「そう思う」の割合が 8 割を超えていた．また，自由記述からは，参加者にとって，自己認識，他者との比較などの気づきがあり，自己成長と他者との交流，および実務への応用という 3 つの観点から高く評価されたことが明らかになった．加えて，ワークショップの進行等運営に関する課題として，時間配分，参加者の構成といった改善すべき点を得ることができた．

レベル 2：コンピテンシーの向上

コンピテンシーの向上については，アンケート調査を実施し，統計的に分析した．以下では，アンケートの調査内容，結果，考察を述べる．

調査内容：

ワークショップ参加者 20 名を対象として，①ワークショップ受講前，②受講直後，③受講後 2 週間経過時点に，アンケートフォームを使って回答を求めた．

調査項目は，コンピテンシー向上に関連する尺度を用いた（表 4）．

表 4　コンピテンシーと尺度

コンピテンシー	尺度
積極的に周囲を巻き込む	・個人のチームワーク能力尺度（チーム志向能力，バックアップ能力，モニタリング能力，リーダーシップ能力，主張） ・一緒に働く人のモチベーション要因の把握 ・ジョブ・クラフティング尺度（関係クラフティング）
ドメイン知識をもとにビジネスに貢献する	・自己調整方略尺度（目標焦点化方略，モニタリング方略，メリハリ方略，タスク意識化方略） ・ジョブ・クラフティング尺度（タスククラフティング）
仕事や学びへのモチベーションを高く保つ	・自己効力感 ・自己肯定感尺度（対自己領域） ・自己理解尺度 ・自分のモチベーション要因の把握 ・ワークエンゲージメント UWES9（活力，熱意，没頭） ・ジョブ・クラフティング尺度（認知クラフティング）

使用する尺度は，自己効力感（5 件法） [10]，自己肯定感（5 件法）[11]，自己理解（5 件法）[9]，自分のモチベーション要因の把握[10]の向上・低下，ジョブ・クラフティング尺度（5 件法）[13]，自己調整方略（5 件法）[14] ，個人のチームワーク能力尺度（6 件法）[14]から，チーム志向，バックアップ，モニタリング，リーダーシップ，主張の 5 因子，ワークエンゲージメント尺度（7 件法）[15]，計 64 項目である．尺度の概要を以下に述べる．

自己効力感

人格特性的自己効力感尺度（SMSGSE）[10]から 3 項目を抽出し，「非常にあてはまる」～「全くあてはまらない」の 5 件法で回答を求めた．なお，質問項目「私にとって，最終的にはできないことが多いと思う」は，「私にとって，最終的にはできることが多いと思う」に反転させた．この反転は，回答者が自己効力感を肯定的に捉えやすいようにする目的で行った．本尺度は，一般的な自己効力感（Generalized Self-Efficacy: GSE）を測定するものであり，日常生活で「だいたいのことはできる」と感じる感覚の有無を評価する 7 項目で構成されている．

自己肯定感尺度（自己受容，自己実現的態度，充実感）

個人が自己をどれだけ肯定的に捉えているかを測定する自己肯定感尺度（対自己領域）[11]から「自己受容」「自己実現的態度」「充実感」の 3 因子 9 項目について，「非常にあてはまる」～「全くあてはまらない」の 5 件法で回答を求めた．

「自己受容」は，ありのままの自分をあるがままに受け入れることである．「自己実現的態度」は，自分自身が仕事に対して前向きに情熱を持って取り組むことである．「充実感」は，自分自身が日々の生活に自分らしく楽しさを感じていることである．

自己理解尺度

個人が自己をどれだけ理解できているかを測定する自己理解尺度[17]の「自己理解」の 1 因子 3 項目について，「非常にあてはまる」～「全くあてはまらない」の 5 件法で回答を求めた．「自己理解」は，目的となる事柄に直接向かう「接近的な自己理解」と，あることを回避することで目的の事柄に向かう「回避的な自己理解」の 2 項目で構成されている．

モチベーション要因の把握

自分自身の仕事に対するモチベーション要因[10]の，自分自身の仕事に対するモチベーション，一緒に働く人の仕事に対するモチベーションについて，“上がる状況や要因をわかっている”，“下がる状況や要因をわかっている”の 2 項目について，「あてはまる」～「あてはまらない」の 5 件法で回答を求めた．

ジョブ・クラフティング

ジョブ・クラフティング尺度 9 項目[13]を用いた．ジョブ・クラフティング尺度の 3 因子 9 項目について「非常にあてはまる」～「全くあてはまらない」の 5 件法で回答を求めた．

「ジョブ・クラフティング」は，「個人が自らの仕事のタスク境界もしくは関係的境界においてなす物理的・認知的変化」[16]と定義されている．労働者が与えられた仕事をこなすだけではなく，主体的に仕事や職場環境に変化を加えながら，自ら自分の能力や適性に合った働き方を目指すことである．「タスククラフティング」は，必要と感じれば新たな仕事を自分の仕事に加えるなどの 3 項目，「関係クラフティング」は，仕事で通じて人と積極的に関わるなどの 3 項目，「認知的クラフティング」は，自分の担当する仕事を見つめ直すことによってやりがいのある仕事に見立てるなどの 3 項目で構成されている．

自己調整方略尺度

自己調整方略尺度[12]の下位尺度「目標焦点化方略」「モニタリング方略」「タスク意識化方略」「メリハリ方略」それぞれ 3 項目，計 12 項目について，5 件法で回答を求めた．

自己調整方略尺度は，自らのモチベーションを調整しながら自律的に働く方略を行っているかについての尺度である．「目標焦点化方略」は，従業員が自ら何を目標として働くかを意識

することを指している．これは課題遂行過程における着手段階で求められる方略である．従業員が自らに課した目標の進捗状況や，チームや職場への貢献度などを意識化することで，モチベーションを高める効果があるとされている．「モニタリング方略」は，従業員が自身の仕事の進捗状況を俯瞰的に把握し，必要に応じて調整を行うことを指している．これは課題遂行過程における中途段階で求められる方略である．従業員が自身の仕事の進捗状況を把握し，管理していることを示している．「タスク意識化方略」は，従業員が 1 日にどのような仕事を行い，どのような手順で進めるかを明確に意識することを指している．これは課題遂行過程における中途段階で求められる方略である．上司から信頼されていると感じている従業員ほど，テレワークにおいても日々のタスクを意識し，計画的に業務を進めようとするとされている．「メリハリ方略」は，従業員が仕事に集中する時間と休憩やリラックスする時間を適切に切り替えることを指している．これは課題遂行過程における中途段階で求められる方略である．従業員が仕事と休憩を意識的に切り替え，メリハリをつけて業務に取り組もうとしていることを示している．

個人のチームワーク能力尺度

個人のチームワーク能力尺度[14]の下位尺度「チーム志向能力」「リーダーシップ能力」からそれぞれ 3 項目，「モニタリング能力」「バックアップ能力」からそれぞれ 4 項目，「コミュニケーション能力」の「主張因子」3 項目 計 17 項目について，「非常にあてはまる」から「全くあてはまらない」の 6 件法で回答を求めた．

個人のチームワーク能力尺度は，他のメンバーとの情報交換や相互援助などの対人的な活動であるチームワークを実行する能力を測定する尺度「チーム志向能力」「バックアップ能力」「モニタリング能力」「リーダーシップ能力」「コミュニケーション能力」の下位尺度で構成されている．

「チーム志向能力」は，自分がチームに属することを重要と考えて個人の目標よりもチームの目標を優先させて，他のメンバーとの対立を避けて調和を重視する能力のことであり，「同調」「調和」「自主」の 3 つの因子で構成されている．「バックアップ能力」は，他のメンバーを励ます情緒的サポートや実際的な助言や助力を提供する道具的サポートなどを提供する能力のことであり，「情緒支援」「情報支援」「手段支援」の 3 つの因子で構成されている．「モニタリング能力」は，チームが置かれている現状を把握し，他のメンバーの様子を観察し，それに対する自分の行動を確認して，状況に応じて調整していく能力のことである．「状況把握」「調整思考」「意見比較」の 3 つの因子で構成されている．「リーダーシップ能力」は，チームのメンバーへの指導や良好な関係を構築し，チームの問題に対処する能力のことであり，「遂行指導」「関係構築」「公平対応」「問題対処」の 4 つの因子で構成されている．

ワーク・エンゲージメント

仕事に積極的に向かい活力を得ている状態かどうかについて，ユトレヒト・ワーク・エンゲージメント尺度の短縮版 9 項目の尺度[15]から特に「活力」「熱意」「没頭」の 3 項目について，0〜 6 の 7 件法で回答を求めた．

「活力」は，仕事中に高いレベルのエネルギーと精神的な回復力を特徴とするものである． 活力のある従業員は，仕事に精力的に取り組み，困難な課題にも立ち向かうことができる．「熱意」は，自分の仕事に強く関与し，意義と誇りを感じている状態を指す．熱意の高い従業員は，自分の仕事が重要で価値のあるものだと信じており，仕事に情熱を注いでいる．「没頭」は，仕事に完全に集中し，楽しく没頭している状態を指す．没頭している従業員は，時間を忘れて仕事に熱中し，周囲の出来事を意識しなくなる．

調査結果：

コンピテンシー向上の調査結果について，①ワークショップ受講前，②受講直後，③受講後 2 週間経過時点の各項目の平均値と標準偏差を表 5 に示す．受講前と受講 2 週間経過後のアンケート結果を対象に対応のある t 検定の結果を表 6 に示す．

受講前，受講 2 週間経過後について対応のある t 検定による分析の結果について述べる．まず，平均値が上昇した因子として，自己効力感について有意差がみられた．自己肯定感の自己受容因子，自分のモチベーション要因の把握の向上要因，個人のチームワーク能力のチーム志向因子については，有意傾向がみられた．次に，平均値が低下した因子について述べる．自己調整方略尺度の目標焦点化方略については有意差がみられた．個人のチームワーク能力のバックアップ因子，リーダーシップ因子，ワークエンゲージメントの熱意については，有意傾向がみられた．

受講前，受講直後，受講 2 週間経過の平均値の推移をグラフに示した．コンピテンシー「積極的に周囲を巻き込む」について，個人のチームワーク能力尺度のチーム志向，リーダーシップ，バックアップの平均値の推移を図 3 に示す．コンピテンシー「ドメイン知識をもとにビジネスに貢献する」の自己調整方略尺度の平均値の推移を図 4 に示す．コンピテンシー「仕事や学びへのモチベーションを高く保つ」の自己理解尺度，自己効力感尺度の平均値の推移を図 5 に示す．ジョブ・クラフティング尺度，ワークエンゲージメントの平均値の推移について．それぞれ図 6 図 7 に示す．

表 5　受講前，受講直後，受講 2 週間経過後の平均値と標準偏差

		受講前		受講直後		受講後	
n=20	因子	平均	SD	平均	SD	平均	SD
自己効力感	自己効力感	2.67	0.89	3.12	0.91	3.18	0.86
自己肯定感	自己受容	3.72	0.77	3.92	0.55	3.90	0.58
	自己実現的態度	3.57	0.63	3.57	0.48	3.50	0.66
	充実感	3.50	0.84	3.73	0.78	3.62	0.80
自己理解	自己理解	4.02	0.43	4.03	0.54	4.12	0.50
モチベーション要因の把握	向上要因	3.90	0.79	4.10	0.72	4.10	0.45
	低下要因	4.20	0.77	4.40	0.50	4.15	0.49
ジョブクラフティング	タスククラフティング	3.63	0.54	3.77	0.46	3.78	0.58
	関係クラフティング	3.62	0.64	3.72	0.64	3.73	0.54
	認知クラフティング	3.73	0.74	3.77	0.68	3.75	0.71
自己調整方略	目標焦点化方略	4.13	0.46	4.08	0.57	3.92	0.53
	モニタリング方略	4.32	0.68	4.38	0.51	4.32	0.52
	メリハリ方略	4.17	0.63	4.22	0.55	4.08	0.43
	タスク意識化方略	4.35	0.57	4.28	0.54	4.30	0.75
チームワーク能力	チーム志向	4.56	0.64	4.64	0.58	4.80	0.63
	バックアップ	4.45	0.55	4.45	0.73	4.27	0.60
	モニタリング	4.88	0.60	4.88	0.47	4.78	0.47
	リーダーシップ	4.53	0.52	4.47	0.70	4.37	0.61
	主張	3.55	0.96	7.00	1.03	3.55	0.80
ワークエンゲージメント		3.11	0.81	3.25	1.02	3.00	0.91
	活力	2.78	1.08	2.93	1.37	2.75	1.05
	熱意	3.53	0.72	3.53	0.93	3.27	0.82
	没頭	3.00	0.84	3.28	0.97	2.98	0.95

表 6　受講前，受講 2 週間経過後の比較

n=20		受講前 平均	SD	受講2週間経過後 平均	SD	t 値	
自己効力感		2.67	0.89	3.18	0.86	−3.81	***
自己肯定感	自己受容	3.72	0.77	3.90	0.58	−1.53	†
	自己実現的態度	3.57	0.63	3.50	0.66	0.52	
	充実感	3.50	0.84	3.62	0.80	−0.78	
自己理解		4.02	0.43	4.12	0.50	−1.55	†
自分のモチベーション要因の把握	向上要因	3.90	0.79	4.10	0.45	−1.45	†
	低下要因	4.20	0.77	4.15	0.49	0.27	
ジョブクラフティング	タスク	3.63	0.54	3.78	0.58	−1.23	
	関係	3.62	0.64	3.73	0.54	−1.00	
	認知	3.73	0.74	3.75	0.71	−0.09	
自己調整方略	目標焦点化方略	4.13	0.46	3.92	0.53	1.90	*
	モニタリング方略	4.32	0.68	4.32	0.52	0.00	
	メリハリ方略	4.17	0.63	4.08	0.43	0.79	
	タスク意識化方略	4.35	0.57	4.30	0.75	0.47	
個人のチームワーク能力	チーム志向	4.56	0.64	4.80	0.63	−1.54	†
	バックアップ	4.45	0.55	4.27	0.60	1.42	†
	モニタリング	4.88	0.60	4.78	0.47	0.81	
	リーダーシップ	4.53	0.52	4.37	0.61	1.52	†
	主張	3.55	0.96	3.55	0.80	0.00	
ワークエンゲージメント		3.11	0.81	3.00	0.91	0.63	
	活力	2.78	1.08	2.75	1.05	0.19	
	熱意	3.53	0.72	3.27	0.82	1.49	†
	没頭	3.00	0.84	2.98	0.95	0.09	

***p< .001, *p< .05, †p< .10

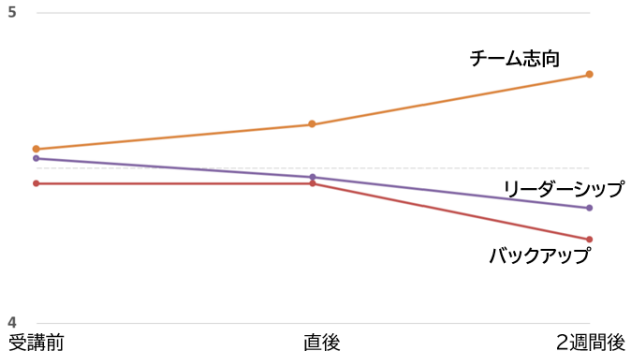


図 3　平均値の推移（個人のチームワーク能力）

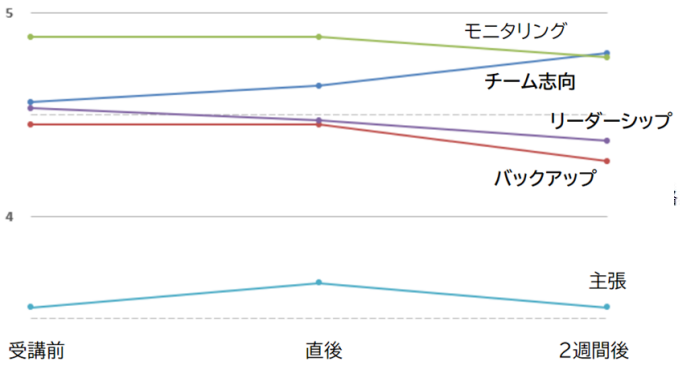


図 4　平均値の推移（自己調整方略）

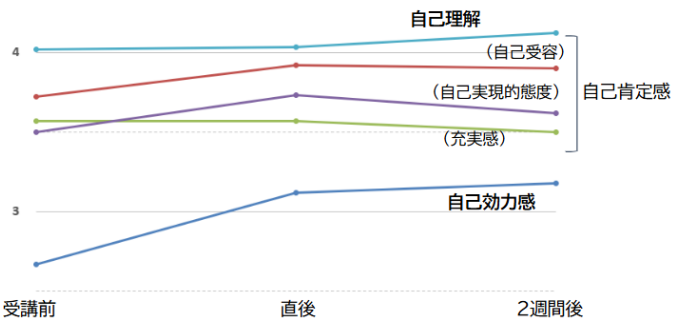


図 5　平均値の推移（自己理解，自己肯定感，自己効力感）

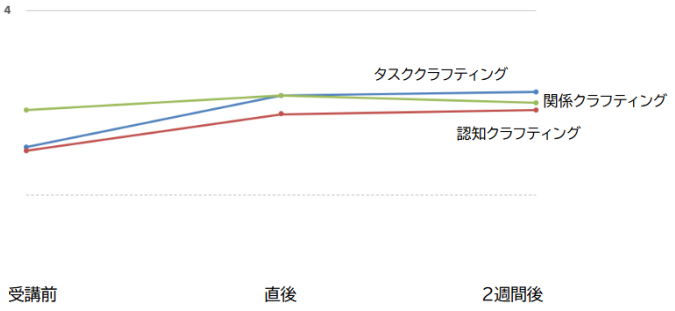


図 6　平均値の推移（ジョブ・クラフティング）

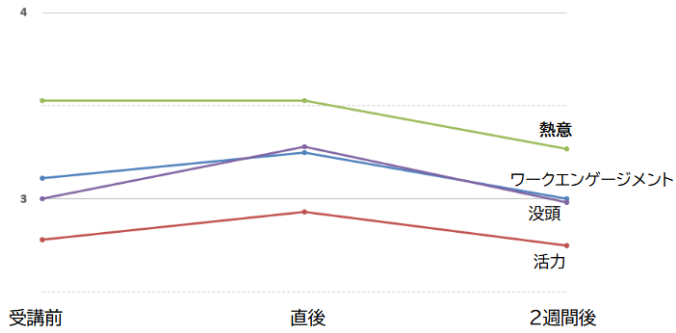


図 7　平均値の推移（ワークエンゲージメント）

考察：

アンケート調査の分析結果から，まず，3 つのコンピテンシー向上ごとに，意識変容について述べる．次に，3 つのコンピテンシー全てに関連するジョブ・クラフティング尺度，最後にワークエンゲージメントについて述べる．

コンピテンシー「積極的に周囲を巻き込む」について，個人のチームワーク能力尺度のモニタリング因子は，受講前から高い水準であったが，受講後に大きな変化はみられなかった．日常のタスクや職場環境では発揮する機会がないためと考えられる．チーム志向因子は，受講直後，受講 2 週間経過後，と平均値が上昇した．ワークショップで得た知識やスキルが日常で応用されやすい内容であり，得たスキルを日常のタスクや職場環境で試すことで，その有効性を実感し向上したと考えられる．リーダーシップ因子は，受講直後，受講 2 週間経過後と平均値が低下した．自分ではあると思っていたリーダーシップがワークショップでは発揮できなかったと推測される．受講によって，認識や期待値が変わり自己評価が厳しくなり，評価が低下したと考えられる．この結果から，リーダーシップ因子の平均点は低下しているものの自己理解が深まっていると思われる．バックアップ因子は，受講直後に変化はなく，受講 2 週間経過後低下している．受講によって，重要性を認識したものの，日常業務において実践する具体的な機会が少なかったため，意識が薄れて低下した可能性がある．主張因子は，受講前から低い水準であるが，受講直後はワークショップでの議論を通して自信が深まり向上，その後日常業務に戻り実際の職場や人間関係での主張を実践する難しさを感じて元に戻ったと考えられる．

コンピテンシー「仕事や学びへのモチベーションを高く保つ」

について，自己理解尺度は，受講前から高い水準であった．受講直後は変化がみられなかったが，日常のタスクや職場環境で，より実感したことで，受講後 2 週間経過後に上昇したと考えられる．自己効力感尺度は，受講直後に上昇し，受講 2 週間経過後は変化が見られなかった．受講直後は，ディスカッションによって同僚と考え方を摺合せしたことや，ワークショップで具体的な課題解決方法を知り，参加者が自分にもできるという感覚を得たことで，向上したと考えられる．これらはディスカッションで自分の意見を言えたこと等，プロジェクト・シミュレーションでの対処に理解が深まったことによると考えられる．

コンピテンシー「ドメイン知識をもとにビジネスに貢献する」について，自己調整方略尺度のモニタリング方略は，受講前から高い水準であり，受講直後，受講 2 週間経過後に変化がみられなかった．もともと得意な参加者が多かったことが推測され，日常的に活用しやすいスキルであるため，高い水準を維持していると考えられる．タスク意識化方略は，受講直後に低下し 2 週間後に受講前の水準に戻っている．ワークショップで新しい学びを得て，従来の方法を見直す必要性を感じたことで，一時的に不安定になった可能性がある．メリハリ方略は，受講によって上昇したが，2 週間経過後低下している．実生活での応用が難しいことによると考えられる．目標焦点化方略は，受講直後，受講 2 週間経過後と低下した．ワークショップで日常生活や業務に適用できる知識やスキルが得られにくかったと考えられる．

ジョブ・クラフティング尺度は，タスククラフティング，関係クラフティング，認知クラフティングの全ての因子で，有意ではないものの向上が見られる．受講 2 週間後にも値が維持されていることから，短期的な効果でなく日常的な実践に結びついているが，上昇幅が小さく，より大きな変化を引き出すには継続的なフォローアップが必要であると考えられる．

ワークエンゲージメントについて，受講前は低めの水準から始まり，受講直後に向上しているものの，受講 2 週間経過後には再び低下し，ほぼ受講前の水準に戻っている．ワークショップによって，参加者の仕事への関与や意欲が一時的に高まり，参加者の仕事に対するポジティブな感情を引き出した可能性があるが，2 週間後にはワークショップ直後の高揚感が薄れ，日常業務に戻る中で元の水準に戻ったと考えられる．

レベル３：職場における行動変容

職場における行動変容については，ワークショップ参加者の職場の上司に対してヒアリング調査を実施した．以下では，調査方法，結果を述べる．

なお，ワークショップを見学したヒアリング対象者からのワークショップへのコメントをとりまとめる．

調査方法：

ワークショップ実施の 4 週間経過後，ワークショップ参加者の職場の上司に対してヒアリング調査を実施した．調査対象者は，管理職（部長・課長）5 名であった．

調査結果：

ヒアリング調査結果を以下に示す．これらからは，参加者の一部において，以下のような意識・行動の変化が確認されたことがわかった．

- 新たな案件のリーダーにアサインしたところ，すぐ自らの課題認識を進言してきた
- 業務の中で新しい仕事を依頼した際，即座に掘り下げて繰り返し質問してきた
- 業務にて最近役割がリーダーレベルへ上がることになり，責任感が増している
- 本人が普段，どういう思考プロセスで考えて行動しているか自己理解が進んだ様子

ワークショップの構成等へのコメントは以下であった．

- 実務で直面するケースを教材としているので取り組みやすそう．ディスカッションが面白そう
- 選択式だと答えがばらつかず議論になりにくかった
- 自由回答式を増やし，1 問をより丁寧に作りこみ，討議に時間を割くほうが理解深まるのではないか
- 事業会社がシステム部門を内部化する意義について実務でもよく議論になるポイントであり，ファシリテーターの解説が良かったので客観的な意見として活用している

評価のまとめ

事業会社 A 社において実施した 2 回のワークショップの評価として，カークパトリックの 4 段階モデル[5]を用いた．レベル 1：ワークショップの満足度，レベル 2：コンピテンシーの向上，レベル 3：職場における行動変容を調査対象とした．

レベル 1 のワークショップ満足度アンケートの分析結果からは，参加者の 8 割から高い満足度が得られ，また「教材が実践的で学びがあった」，「グループワークによって自己認識を深めたり多様な視点に触れたりする機会となった」といったような回答が確認できた．レベル 2 のコンピテンシー向上調査の分析結果からは，「積極的に周囲を巻き込む」「ドメイン知識を活用する」コンピテンシーで一定の効果が確認できた．そして，継続的なフォローで更なる効果が期待された．「モチベーション維持」コンピテンシーでは特に自己効力感が向上し，ワークショップの効果が顕著であった．レベル 3 の職場における行動変容についてのヒアリングにおいては，一部メンバーの意識向上・行動変化が確認できた．

以上から，本ワークショップは，目的とした，マネジメントを担う人材の能力向上，「積極的に周囲を巻き込む」，「自社の事業構造や業務知識をもとにビジネスに貢献する」，「仕事や学びへのモチベーションを高く保つ」の 3 つのコンピテンシー向上，及び参加者同士の相互理解を深め，自由に議論できる雰囲気の醸成が達成できたと考えられる．また，学習目標として設定した，事業会社のメンバー・リーダーとして求められる様々なマネジメントの視点を学習する，グループワークを通じて，多様な価値観に触れるとともに，チーム活動における望ましい

ふるまいを習得する，普段の業務制約がない状況で自分と向き合い，他人と議論することで，新たな気づきを得る，についても目標が達成できたことが確認できた．さらに，調査結果からは，ワークショップ運営に対する改善点も明らかとなった．

4 おわりに

本論文では「プロジェクトシミュレーションワークショップ」の概要を紹介し，ワークショップの有効性評価について，研修の代表的な評価方法であるカークパトリックの 4 段階モデルを用いて調査を行った．レベル 1：ワークショップの満足度，レベル 2：コンピテンシーの向上，レベル 3：職場における行動変容を調査対象とし，アンケート，及びヒアリングによる調査分析を行った結果について報告した．課題として，調査結果からワークショップ運営に対する改善点も明らかになった．今後は，関連するコンピテンシーごとに詳しく検証し，ワークショップを改善していきたい．

付記

本論文は，第 15 回横幹連合コンファレンス[7]，情報処理学会第 87 回全国大会[18]で報告した内容の一部が含まれている．

謝辞

ワークショップの開催と調査を快諾された A 社様，調査にご協力いただいた皆様に感謝いたします．本研究は東京都立産業技術大学院大学研究安全倫理委員会の承認を得て実施された．

参考文献

1. IPA，DX 動向 2024 . 2024.
2. IPA，IT スキル標準 V3（2011）.
3. IPA，i コンピテンシーディクショナリ. 2014.
4. IPA，デジタルスキル標準 Ver. 1.2 . 2024.
5. Kirkpatrick, D. L., Techniques for evaluating training programs. Journal of the American Society of Training Directors.1959; 13（11）, 3-9.
6. 森口雅之，江川琢雄，神森大地，宮本夏美，吉田晃佑，伊勢一也，三好きよみ，デジタル人材に必要なコンピテンシーの探索的検討，経営情報学会 2024 年全国大会. 2024.
7. 宮本夏美，伊勢一也，森口雅之，江川琢雄，神森大地，吉田晃佑，三好きよみ，テキストマイニングを用いたデジタル人材に必要なコンピテンシーの抽出，第 15 回横幹連合コンファレンス. 2024.
8. 江川琢雄，神森大地，吉田晃佑，宮本夏美，森口雅之，伊勢一也，三好きよみ．事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの開発：「プロジェクトシミュレーション・ワークショップ」，東京都立産業技術大学院大学紀要. 2026; 19.
9. 太田洋介，石野陽子，大学生における自分探し，島根大学教育学部紀要. 2011; 45,63-69.
10. 三好昭子,主観的な感覚としての人格特性的自己効力感尺度（SMSGSE） の開発,発達心理学研究.2003; 14（2）,172-179.
11. 平石賢二,青年期における自己意識の発達に関する研究（Ⅰ），名古屋大學教育学部紀要. 1990; 37,217-234.
12. 池田浩，縄田健悟，青島美佳，山口裕幸,テレワークのもとでの自己調整方略,産業・組織心理学研究.2021; 35（1）,61-73.
13. Sekiguchi, et al.，Predicting Job Crafting From the Socially Embedded Perspective:The Interactive Effect of Job Autonomy, Social Skill, and Employee Status, social skill, and employee status. Journal of Applied Behavioral Science.2017; 53（4）, 470–497.
14. 相川充，髙本真寛，杉森伸吉，古屋真,個人のチームワーク能力を測定する尺度の開発と妥当性の検討,社会心理学研究.2012; 27（3）,139-150.
15. Shimazu et al.，Work Engagement in Japan: Validation of the Japanese Version of the Utrecht Work Engagement Scale ,APPLIED PSYCHOLOGY:AN INTERNATIONAL REVIEW. 2008; 57（3）, 510–523.
16. Wrzesniewski, A., & Dutton, J. E., Crafting a job: Revisioning employees as active crafters of their work. Academy of Management Review.2001; 26（2）, 179-201.
17. 太田洋介,石野陽子.大学生における自分探し,島根大学教育学部紀要.2011; 45,63-69.
18. 宮本夏美，吉田晃佑，森口雅之，江川琢雄，伊勢一也，神森大地，三好きよみ，事業会社のデジタル人材育成のためのワークショップの有効性評価，情報処理学会第 87 回全国大会. 2024.

訪都外国人における個別項目の満足度と為替レートが総合的満足度に与える影響に係る考察

Considerations about how satisfaction with individual items and exchange rates affect overall satisfaction among foreign visitors to Tokyo

渡邊 浩司[1]　水上 真介[2]　小泉 暢[3]　佐々木 誠[4]　三好 祐輔[5*]

Hiroshi Watanabe[1]　Shinsuke Mizukami[2]　Toru Koizumi[3]　Makoto Sasaki[4]　Yusuke Miyoshi[5*]

[1]東京都立産業技術大学院大学　Advanced Institute of Industrial Technology
[2]一般社団法人 Social Data Lab 東京　Social Data Lab Tokyo Association
[3]小泉暢税理士事務所　Koizumi Toru, Certified Public Tax Accountant Office
[4]株式会社 NearMe　NearMe, Inc.
[5]東京都立産業技術大学院大学　Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Yusuke Miyoshi, miyoshi-yusuke@aiit.ac.jp

Abstract　This study investigates factors influencing overall satisfaction of foreign tourists to Tokyo in 2022, amid COVID-19 recovery and significant yen depreciation. Despite the pandemic's impact, inbound travel began to recover in mid-2022, aided by eased border restrictions and a weaker yen, making Japan more affordable. The research explores whether exchange rates or satisfactions by item affect satisfaction. Results from regression analyses show that satisfaction with food, sightseeing, transportation, and currency exchange significantly impacts overall satisfaction. However, relative exchange rates do not have a direct effect. Notably, transportation satisfaction contributed most to overall contentment, highlighting Japan's technological and safety advantages. The findings suggest that while yen depreciation influenced travel decisions beforehand, it did not directly enhance satisfaction after the visit. Future research should focus on how specific experience factors, especially transportation, can further increase tourist satisfaction and promote tourism growth.

Keywords　inbound travel; satisfaction; currency exchange; multiple regression analysis; multilevel mixed-effects model

1　はじめに

日本経済新聞は 2025 年 6 月 13 日の記事[1]で、東京都の 2024 年度における訪日外国人が前年比 27%増の 2,479 人を記録した旨を報じた。更に同観光消費額も過去最高を更新し、前年比 44%増の 3 兆 9,625 億円に至った旨の記事であった。加えて同紙は、両係数ともに、新型コロナウイルス感染症の世界的大流行で落ち込んだ後の 2022 年度から 3 年間に着実に増加している傾向を示した。

通商白書（2023 年度版）[2]では、この傾向が始まった 2022 年度の分析として、米国の急速な利上げ等を要因とした同年 10 月には一時 1 ドル 151 円台後半まで円安が進み、インバウンド消費へのさらなる後押しとして期待されるとしている。

ドル円の為替レートの推移（図 1）[3]をみると、2022 年は下図のように、過去 20 年間の月別終値で初めて 130 円/ドルよりも円安が進んで、それ以降も更に円安が進む契機になった年であった。

図 1　ドル円レート推移[3]

この為替の動きと訪日旅行の関係は、海外からも着目されていた。例えば、米国インターネットメディアの HuffPost の 2023 年 2 月の記事[4]では、日本円はすべての主要通貨に対して下落していることに触れ、「パンデミック前の価格と比較して、日本の価格が「25%オフ」になっている」としている。更に、パンデミック後のインフレの世界では、最近は安くなっているものはほとんどない中で、日本旅行はその一つに当たるとしている。

一方、日本旅行の対象となる地域について見てみると、東京都が圧倒的に他の地域に勝っている。すなわち、観光庁「観光白書　令和 5 年版　資料編」[5]によると、「外国人延べ宿泊者数」は 2022 年の全国 1,650 万人のうち、1 位の東京都は 678 万人と 41%を占めており、2 位大阪府（213 万人、13%）と大幅に引き離している。

以上のような、コロナ禍での水際対策の緩和と円安が近年になく進んだ環境の下、訪日外国人が大幅に増加した 2022 年度において、訪日外国人はどのような点に満足を感じたのであろうか。そして、円安は満足に影響を与えているのであろうか。日本最大の観光都市である東京都に焦点を当てて検証していく。

2　先行論文に基づく仮説の設定

2.1　先行研究及びレポートの紹介

インバウンドの「満足」に関する研究

論文「訪日外国人における旅行満足と再来日の意向の規定要因」（八木 浩平、菊島 良介）[6]では、インバウンドの「体験」や「個別の満足」が「総合的な満足」に結びつく仕組みを分析している。具体的には、2016 年の観光庁「訪日外国人消費動向調査」に基づき、観光レジャー目的で来日した中国国籍及び韓国国籍の観光客に絞り、更に来日回数が初回か 2 回目以降か、及び体験の種類などに細分化したうえで分析を実施。その結果、例えば、韓国国籍では「日本食への満足」が来日回数に関わらず「総合的な満足」に結びつく等について、統計的に有意な相関分析結果を得ている。

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

尚、次項 4 で実施する東京都の分析では、「国籍」「来日回数」「訪日目的」を区分せず、また「日本食への満足」という項目は設定していないが、「食事施設への満足」と「総合的な満足」の間での有意な相関がある旨の分析結果を得ており、分析時期や範囲等が異なるものの、当該論文が基本的な分析アプローチとしての有効性を補完する材料となる。

インバウンドと「為替」に関するレポート及び研究

論文「訪日外国人旅行者数の決定要因について－近年における訪日外国人観光客数増加の背景」（谷花佳介）[7]では、 訪日外国人旅行者数の決定要因として、出発国と日本の「経済規模」「距離」等の加えて「為替レート」を変数として分析している。「為替レート」に関する変数の定義として以下のように述べている。「日本と出発地との相対為替レート Sinclair and Stabler（1997）では、相対為替レートが観光需要へと影響を及ぼす一因として指摘されている。そこで本稿では、出発地と我が国との相対為替レート（(為替レート（出発地)）／（為替レート（日本)))を旅行者の購買力の代理変数注 15 として分析モデルに導入し、旅行者の購買力が訪日外国人旅行者数へと与える影響を把握する。」同論文では、2015～2019 年の間での分析において、アジア及び北米・ヨーロッパの両地域において、「為替」の同旅行者数決定要因としての有意性を実証している。

「価格」と「満足」に関する研究

論文「The examination of the relationship between experiential value and price fairness in consumers’ dining experience」（Naeyhun (Paul) Jin）[8]では、「本研究は、レストランの環境における美学、逃避、サービスの卓越性、効率性（経験価値の次元として）に関連した満足度、口コミ、価格の公正さの関係を調査することを目的とした。」としており、「構造方程式モデルの結果は、サービスの卓越性、効率性、価格の公正さ、美学が顧客の満足度に対して有意で直接的な影響を与えることを示している。」としている。

論文「Impact of Price sensitivity on Customer Satisfaction: An Empirical Study in Retail Sector」（Punkaj Gupta）[9]は、「価格感度が顧客満足度に与える影響を分析することで、価格感度の 3 つの要素の中で、ルールと規制が高い平均スコアを持つことが観察された。価格感度要素と顧客満足度の関連については、これらの間に有意な関連があることがわかる。」としており、価格の公正さが満足度に影響を与える要素としている。

「値引」による「満足」の研究

論文「消費者の値引きへの期待と価格の知覚」（白井美由理_横浜大学）（2003）[10]では、実際の水準が期待した水準を上回れば満足感が、反対に下回れば不満足感が生じる」としたうえで、「価格の知覚を考慮するときには、内的参照価格の水準だけでなく、将来の値引きの実施時期についての予想も考慮すべきである。消費者がある値引きについて「良い値引き」であると知覚しても、そのような値引きは近いうちに再び実施されるという知覚が同時に生じれば、値引きの総合的な価値は低くなる。」としている。

2.2 仮説の設定

「為替レート」については、過年度より円安が進んでいたとしても、旅行中に購入する商品やサービスに対し、商店やサービス提供者から直接的に値引きを受けたものでもない。また、日々の変動はあるものの、例えば出発の 1 ヵ月とか数週間前に旅行を決定した時点で、旅行期間での水準感は所与のものである。すなわち、旅行の意思決定に影響を与えているかもしれないが、旅行中の満足度にまで影響を与えることは疑わしい。

以上から、訪都外国人が旅行全体を通じた総合的な満足度（以降「総合的満足度」）については、旅行中に「個別の満足」や「体験」等の累積であって、「為替レート」は影響していないのではないか。

3 実証

3.1 分析対象データ

東京都は観光産業振興に向けた施策を推進するための基礎資料として、訪都外国人旅行者の行動特性に関するアンケート方式による調査結果を毎年まとめており、2022 年（令和 4 年）に実施した調査結果を 2025 年に「令和 4 年国地域別外国人旅行者行動特性調査報告書」（以下「アンケート」）[11]として公表した。当該「アンケート」の個票データも公開されたため、同データに基づき、訪都のインバウンドにおける旅行者を分析する。分析対象として、「アンケート」に掲載の 2,426 人の回答結果を使用。当該アンケートには居住地の記載項目があり、20 ヶ国若しくはその他の国の共通コードを記載する方式となっている。このうち 20 ヶ国を選択した 2,208 件について、2023 年の各国の通貨の年間平均レートを調べ、これを日本円で換算することで 2.1.3 節の先行研究で紹介した「相対為替レート（(為替レート（出発地)）／（為替レート（日本))」を算定。この結果を各個票データに当てはめた。

また、「訪都のインバウンドにおける『満足度』」（同アンケートの項目「G3_満足度」、以下「総合的満足度」）に着目して、以降の集計を進める。尚、「アンケート」においては、「大変満足」「満足」「やや満足」「普通」「やや不満」「不満」「大変不満」の 7 段階を 1 ～7 に採番してあるが、数字が大きくなるにつれて評価が高くなる方が感覚的にも理解が進むため、左から 7～1 に採番し直して集計する。

尚、分析には統計解析ソフトウェア「STATA」を使用した。

3.2 重回帰分析

一つ目の実証として、被説明変数を「総合的満足度」とし、説明変数には先行研究の 2.1.2 節で用いられた「相対為替レート」に加え、「項目別満足度」の 13 項目のうち、直接的に金銭の支払を生じる項目を選定し、「重回帰分析」（1）を実施した。

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (1)$$

y:目的変数、$x_1, x_2, \ldots, x_n$:説明変数、β_0:切片、$\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n$:各説明変数の係数、$\varepsilon$:誤差項

当該項目は、サービスを享受するにあたり、一般的に上記に該当するものであり、「満足 01－食事施設」「満足 02－宿泊施

設」「満足 03－観光施設」「満足 04－交通機関」「満足 10－両替の利便性」「満足 11－クレジットカード・デビットカードの使いやすさ」の 6 項目を選定した。一方、除外した 7 項目については、「相対為替レート」との親和性が低いと考えられるため、除外している。例えば、「満足 06－外国語でのコミュニケーション」では、「食事」「宿泊」等におけるサービスに含まれるとすると、料金には含まれるかもしれない。また、料金を払って通訳を受けるケースも考えられる。しかし、前述の 6 項目と比べ、その行為に対して直接的に金銭を支払うケースは、相対的に少ないと想定される。

これらの項目は、KMO 検定が 0.641 と 0.6 以上となり、項目の選定におけるモデルの安定度として適切な水準を確保した。

重回帰分析の結果は、決定係数 0.12 とモデルの安定度の低い結果であった。一方で VIF 検定では、1.14 と閾値とされる 7 を大きく下回り、独立変数間の多重共線性が棄却された。

以上の前提において、「項目別満足度」6 項目のうち、「満足 01－食事施設」「満足 03－観光施設」「満足 04－交通機関」「満足 10－両替の利便性」（以下、略して「食事」「観光」「交通」「両替」）の 4 項目において P 値で 0.05 未満を確保し、帰無仮説を棄却した。一方で「相対為替レート」は帰無仮説を棄却できなかった。そして、上記 4 項目のうち「交通」は影響度を示す標準偏回帰係数が 0.2 を超え、「総合的満足度」に対し高い数値を示した（表 1）。

表 1　「総合的満足度」に対する項目別満足度 6 因子と相対為替レートの影響_重回帰分析

説明変数	β	P	
満足01－食事施設	0.144	0.000	***
満足02－宿泊施設	0.042	0.067	*
満足03－観光施設	0.105	0.000	***
満足04－交通機関	0.200	0.000	***
満足10－両替の利便性	0.056	0.022	**
満足11－クレジットカード・デビットカードの使いやすさ	0.032	0.175	
相対為替レート	0.001	0.954	

β：標準偏回帰係数，p：有意水準(***:P<0.01，**:p<0.05，*:p<0.1)

3.3　マルチレベル混合効果モデル

2 つめの実証として、被説明変数は前章と同様に「総合的満足度」とし、説明変数のうち「相対為替レート」をランダム効果、「項目別満足度」6 項目を固定効果とした「マルチレベル混合効果モデル」（2）を実施した。

$$y = \gamma_{00} + \gamma_{10}x + (u_0 + u_1x + \varepsilon) \quad (2)$$

y:目的変数、γ_{00} :固定効果（全体平均値や切片に相当）、γ_{10} :固定効果（説明変数xに対する平均的傾向及び効果）、x:個体レベルまたはグループレベルの説明変数、u_0:ランダム効果（グループ毎の切片偏差）、u_1 :ランダム効果（グループごとの傾き偏差）、ε :誤差項

算定結果に対して、全体の変動に占める「相対為替レート」別のクラスタの変動の割合である「級内相関係数」（Intraclass Correlation Coefficient（ICC））を検証した。その結果、ICC は 0.025 と 0 に近い値となり、クラスタ内の変動よりもクラスタ間の変動が小さく、観測値の相関が低い結果となった（表 2）。すなわち、通貨ごとの為替レートの違いと、「項目別満足度」の「総合的満足度」への影響に相関関係は見られなかった。

表 2　「総合的満足度」に対する項目別満足度 6 因子と相対為替レートの影響_マルチレベル混合効果モデル（2 水準モデル）

1 _固定効果

説明変数	B	P	
満足01－食事施設	0.251	0.000	***
満足02－宿泊施設	0.042	0.036	**
満足03－観光施設	0.071	0.000	***
満足04－交通機関	0.263	0.000	***
満足10－両替の利便性	0.028	0.023	**
満足11－クレジットカード・デビットカードの使いやすさ	0.024	0.177	

B：偏回帰係数，p：有意水準(***:P<0.01，**:p<0.05，*:p<0.1)

2 _ランダム効果パラメータ

	変量効果		級内相関係
	推定値	標準誤差	(ICC)
相対為替レート	0.009	0.005	0.025
残余	0.371	0.012	

4　考察と今後の課題

前章の実証では、モデルの安定度は低いものの、2 種類のモデルを採用したことで、「為替」が「満足度」に概ね影響を与えていないという共通した傾向を見ることが出来た。すなわち、2022 年度のような急激な円安下において、先行研究のように海外から日本への決定に影響を与えていたとしても、訪日後の満足度にまで寄与することは期待薄と考えられる。

一方、「交通」に関する「項目別満足度」は、「総合的満足度」に対して相対的に最も高い貢献度がみられた。

このように、「交通」は訪日外国人に対し、日本の魅力を更に向上させるポテンシャルを持つ分野と考えられる。新幹線に代表される高速鉄道ネットワークや地下鉄を含む都市鉄道に代表される我が国の公共交通網は、高い安全技術に支えられ、世界でも稀にみる時間に正確な運行がされていることは、訪日外国人に対する我が国の強力な訴求点と言える。

しかし一方、オーバーツーリズム（観光公害）により交通渋滞等を引き起こしているとの報道も見られる[12]。そのため、インバウンド需要に合わせ、交通インフラの継続的な追加整備等の相応な対策を打っていかないと、順調に拡大してきた訪日外国人の増加やインバウンド消費の拡大にも水を差しかねない。

以上のような状況を踏まえ、今後の研究において、「交通」と「満足」の関係や進むべき方向性について解明していきたい。

参考文献

1. 日本経済新聞社: 東京を訪れた外国人旅行者、過去最多 2479 万人　2024 年(2025 年 6 月 13 日記事)(2025 年 8 月 28 日閲覧) https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC137770T10C25A6000000/
2. 経済産業省：通商白書 2023_第 II 部第 2 章グローバルな成長の取り込みによる成長力の強化 (2025 年 8 月 28 日閲覧) https://www.meti.go.jp/report/tsuhaku2023/2023honbun/i223000

0.html
3. 日本銀行: 時系列統計データ_外国為替相場状況（月次）_インターバンク相場 (2025 年 8 月 28 日閲覧)
https://www.stat-search.boj.or.jp/ssi/cgi-bin/famecgi2?cgi=$nme_a000&lstSelection=FM08
4. HuffPost: Exposure Japan Is Now A More Affordable Travel Destination In 2023 (2023)
https://www.huffpost.com/entry/japan-travel-destination-affordable-tourism_n_63ecf9a4e4b0063ccb29e76d
5. 観光庁: 観光白書　令和 5 年版　資料編 (2025 年 8 月 28 日閲覧)
https://www.mlit.go.jp/statistics/content/001630308.pdf
6. 八木浩平，菊島良介：訪日外国人における旅行満足と再来日の意向の規定要因『訪日外国人消費動向調査』の個票データを用いて，農業経済研究 91(2), pp.257-262 (2019)
https://cir.nii.ac.jp/crid/1390002184856224512
7. 谷花 佳介：訪日外国人旅行者数の決定要因について －近年における訪日外国人観光客数増加の背景－，関西国際大学　研究紀要　号 23, p. 145-164（2023）
https://kuins.repo.nii.ac.jp/records/1058
8. Jin, N. (Paul), Merkebu, J., & Line, N. D., The examination of the relationship between experiential value and price fairness in consumers' dining experience. Journal of Foodservice Business Research, 22(2), 150–166. (2019)
https://doi.org/10.1080/15378020.2019.1592652
9. Punkaj Gupta, Impact of Price sensitivity on Customer Satisfaction: An Empirical Study in Retail Sector, IOSR Journal of Humanities and Social Science, 19(5):17-21. (2014)
https://www.iosrjournals.org/iosr-jhss/papers/Vol19-issue5/Version-2/C019521721.pdf
10. 白井 美由里, 消費者の値引きへの期待と価格の知覚, 消費者行動研究, 9 巻 1-2 号 p. 1-18(2003)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/acs1993/9/1-2/9_1-2_1/_pdf
11. 東京都：令和 4 年 国・地域別外国人旅行者行動特性調査結果及び同ローデータ（報告書）(2025 年 8 月 28 日閲覧)
https://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.lg.jp/data/tourism/tourism/r4
12. 日本経済新聞社: 体験型観光、訪日客とミスマッチ　ガイド育成のアウトドア対応に不備 (2025 年 5 月 4 日記事)(2025 年 8 月 28 日閲覧)
https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA1750Q0X10C25A4000000/

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ヘドニック法と計量因果推論による空き家率への価格効果の検証：操作変数法の頑健性に関する全国市区町村パネル分析

Verifying the price effect on vacancy rates with the hedonic method and econometric causal inference: A nationwide municipal-level panel analysis on the robustness of the instrumental variable approach

小泉 暢[1*] 渡邊 浩司[2] 佐々木 誠[3] 水上 真介[4] 三好 祐輔[2**]

Toru Koizumi[1*] Hiroshi Watanabe[2] Makoto Sasaki[3] Shinsuke Mizukami[4] Yusuke Miyoshi[2]

[1]小泉暢税理士事務所 Koizumi Toru, Certified Public Tax Accountant Office
[2]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[3]株式会社 NearMe NearMe, Inc.
[4]一般社団法人 Social Data Lab 東京 Social Data Lab Tokyo Association
[*] Corresponding author: Toru Koizumi , c2303tk@aiit.ac.jp
[**]Corresponding author: Yusuke Miyoshi, miyoshi-yusuke@aiit.ac.jp

Abstract This study examines whether housing prices causally affect the rate of “other vacant houses” in Japan using a municipality-level panel for 2008, 2013, 2018, and 2023. Guided by hedonic price theory, the outcome is the log vacancy rate and the key regressor is the log transaction price. To address simultaneity and reverse causality, we estimate a fixed-effects instrumental-variables (FE-IV) model with municipality and year fixed effects and cluster-robust errors. Instruments include a shift–share (Bartik) design and interactions between a station-15-minutes share and year dummies.

Point estimates generally suggest a negative elasticity of vacancy with respect to prices. However, identification diagnostics raise material caveats: the Kleibergen–Paap rk Wald statistic is 12.02 (borderline for weak instruments), and the Hansen J test is rejected at $p<0.001$, casting doubt on the exclusion restrictions. Hence, within our data and design, a definitive causal claim that higher prices reduce vacancy is not warranted. As a secondary result, the vacancy equation exhibits a U-shaped nonlinearity in aging (negative linear and positive quadratic terms); with interactions, the quadratic term with a city-center dummy is positive and significant, while the linear interaction is not.

These findings counsel caution in policy arguments that presume strong price-signal effects. Future research should strengthen identification via exogenous supply-side shifters, refined leave-one-out shift–share construction, exogenous financial shocks, and spatially robust inference, complemented where suitable by difference-in-differences.

Keywords vacant housing; fe-iv; shift–share; weak instruments; nonlinearity

1 序論

研究背景と問題意識

我が国の空き家問題は、量的増加と質的変容が並行して進んでいる。総務省「令和 5 年住宅・土地統計調査」によれば、全国の空き家数は 9,002 千戸、空き家率は 13.8％に達し、特に賃貸用・売却用ではない「その他の空き家」[注 1]の増加が社会的な課題となっている。こうした状況を受け、空家等対策の推進に関する特別措置法（平成 26 年法律第 127 号、令和 5 年法律第 50 号改正）が施行され、管理不全な空き家への早期介入や、活用促進区域制度といった政策的枠組みが整備された。

これらの政策の根底には、地域の住宅市場メカニズム、特に「価格シグナル」が空き家の発生抑制や流通促進に有効に機能するという期待がしばしば見受けられる。すなわち、住宅価格が上昇すれば、所有者は空き家を放置することなく売却や賃貸に出すインセンティブが高まり、結果として空き家率が低下する（価格抑制仮説）という考え方である。

しかし、この価格シグナルの有効性を実証的に検証する上では、根源的な課題が存在する。それは「内生性（endogeneity）の問題」である。観測データ上で価格と空き家率の間に負の相関が見られたとしても、それは以下の 3 つの可能性を区別できない。

1.因果:「価格の上昇」が「空き家率の低下」を引き起こした。

2.逆因果:「空き家率の低下（＝地域の魅力向上）」が「価格の上昇」を引き起こした。

3.交絡:観測できない第三の要因（例：地域経済の活性化）が、「価格の上昇」と「空き家率の低下」を同時に引き起こした。

この内生性の問題を克服し、価格から空き家率への真の因果効果を識別しなければ、政策の有効性を正しく評価することはできない。本研究は、この因果識別の課題に正面から向き合うものである。

研究目的と問い

本研究の主目的は、計量経済学的な因果推論の手法、特に操作変数法（Instrumental Variable method）を用いて、住宅価格が「その他の空き家率」に与える因果効果を厳密に識別することにある。

この目的を達成するため、本稿では以下の中心的な問い（リサーチ・クエスチョン）を立てる。

RQ1:一般的に妥当とされる操作変数を用いても、住宅価格が空き家率に与える因果効果は、統計的に信頼できる形で識別可能か。

この問いを検証するため、本稿では先行研究で広く用いられる操作変数候補（高齢化率のラグ、Bartik 型変数、駅アクセス時間と年の交互作用項）を採用し、その有効性と妥当性を診断する。分析の結果、これらの操作変数が深刻な「弱操作変数」や「妥当性の欠如」といった問題を抱えていることが明らかになる。この「識別の困難さ」を実証することこそが、本研究の第一の目的である。

また、副次的な問いとして、空き家率の主要な背景要因である高齢化について、以下の問いを設定する。一般に、高齢化の進展は空き家率を上昇させるといった単純な線形の関係が想定されがちである。しかし、高齢化は、その初期段階では地域コミュニティの結束による管理機能が働き空き家を抑制する可能性がある一方、一定の閾値を超えると、相続の本格化や地域全体の管理の担い手不足が深刻化し、空き家を増加させる方

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

向へ転じるという両義的な影響が想定される。加えて、家屋の物理的な耐久年数や管理状態といった条件も、時間の経過と共に非線形的な影響（例：ある時点からの急速な劣化）をもたらす可能性がある。こうした複合的な要因を踏まえ、本稿では単純な線形関係の想定を問い直す必要があると考える。

RQ2:高齢化の進展は、空き家率に対して単純な線形の影響ではなく、非線形（U 字型）の影響を持つか。

これらの問いに基づき、本稿では以下の 2 つの仮説を検証する。

H1（価格抑制仮説）:他の条件が一定であれば、住宅価格の上昇は空き家率を統計的に有意に低下させる。

H2（高齢化・U 字仮説）:高齢化率は、ある水準までは空き家率を抑制するが、転換点を境に影響が反転して空き家率を押し上げる。

分析対象の選定理由

本研究は、分析対象として総務省「住宅・土地統計調査」における「その他の空き家」の比率を用いる。この選定理由は、政策的観点および方法論的観点の双方から説明される。

第一に、政策的観点から、「その他の空き家」は最も深刻な社会問題と見なされる類型である。これらは市場での流通が停滞し、長期不在や管理不全に陥りやすい。空家等対策の推進に関する特別措置法が主な対象とするのも、こうした管理不全のリスクを抱えた空き家であり、本稿の分析対象は政策的関心と強く整合する。

第二に、より重要な点として、方法論的観点から、「その他の空き家」は本研究の目的である因果効果の識別に最も適した分析対象である。例えば、「賃貸用の住宅」や「売却用の住宅」といった空き家類型は、その定義からして住宅市場における在庫であり、需給バランスを反映する価格と定義上、同時に決定される。これに対し、「その他の空き家」の発生要因は、相続や所有者の入院といった、市場価格の変動とは直接的な関係が比較的薄い、非市場的な動機を多く含む。これにより、価格との同時決定性が相対的に緩和されるため、「価格が空き家率に与える影響」という一方の因果のパスを識別する上で、統計的に最もノイズが少ない「ベストケース」の被説明変数となる。

本稿では、この最も識別可能性が高いと考えられる変数を用いてもなお、因果効果の識別が困難であったことを示す。このことは、本研究の主たる結論である「識別の困難さ」の頑健性を、より一層強固にするものである。

本研究の貢献

本研究の貢献は、分析の結果明らかになった「因果識別の困難さ」を実証的に報告する点にあり、以下の三点に整理される。

第一に、方法論的貢献として、空き家問題という重要な政策課題に対し、固定効果操作変数法（FE-IV）という厳密な因果推論の枠組みを適用した点である。これにより、単なる相関関係の分析に留まっていた既存研究の限界を乗り越える試みを行った。

第二に、実証的貢献として、一般的に用いられる操作変数が、統計的な「強さ」の基準（Kleibergen–Paap rk Wald F＝12.02）を満たした一方で、妥当性の基準（Hansen J 検定）では棄却される（$p<0.001$）ことを実証的に提示した。これは、当該分野の因果分析の主たる制約が、IV の「弱さ」ではなく「妥当性の欠如（除外制約の不成立）」にあることを示唆する重要な知見である。

第三に、政策的貢献として、価格シグナルに基づく空き家対策の経験的基盤の脆弱性を指摘した点である。本稿の結果は、価格メカニズムが有効に機能すると単純に仮定して政策を立案・評価することの危うさを示唆している。信頼できる因果効果が不明な中で、より慎重な政策評価と、多角的なアプローチの必要性を喚起する点に本研究の政策的含意がある。

2　先行研究と仮説

先行研究の整理

我が国における空き家研究は、多様なアプローチから蓄積されてきた。益田・秋山（2020）[1]の論文でレビューされている研究群は、本稿の視点から大別すると、(1)空間的分布・地域要因、(2)所有者行動・意思決定、(3)制度・市場構造、の三つの潮流に整理できる。

第一に、空間的分布や地域要因に注目した研究群は、地理情報システム（GIS）や統計データを用いて、空き家率の地域差とその背景要因を明らかにしてきた（平原（2022）[2]）さらに秋山ほか（2018,2019）[3][4]は自治体の公共データと地理空間情報を活用した分布推定手法を提示し、地域特性を踏まえた政策設計の基礎を提供している。これらの研究は、空き家問題が都市圏と地方圏、あるいは同一市内でも地区によって異なる様相を呈することを示している。

第二に、所有者行動に焦点を当てた研究群は、アンケート調査などを通じて、所有者が空き家を売却・賃貸しない理由を探求してきた（徳田・石塚（2022）[5]）。そこでは、経済的合理性だけでは説明できない、実家への愛着といった感情的要因や、相続手続きの煩雑さといった取引コストの存在が指摘されている（中島ほか（2020）[6]）。

第三に、制度・市場構造に注目した研究群は、空き家が周辺の地価に与える負の外部性（粟津（2014）[7]）や、マクロ経済要因と空き家率の関係（妹尾（2020）[8]）を統計的に検証してきた。本研究は、この第三の潮流に位置づけられる。しかし、既存研究の多くは変数間の相関関係の分析に留まっており、本稿が主題とする価格の内生性の問題に正面から取り組んだ研究は依然として限定的である。

理論的枠組みと仮説

本研究は、不動産の価値がその特性の集合によって決定されるというヘドニック・アプローチの理論的枠組みに準拠する。この枠組みに基づき、本稿では住宅価格を、空き家の発生・滞留に影響を与える重要な市場シグナルと位置づけ、序論で述べた研究目的に対応する以下の 2 つの仮説を検証する。

H1（価格抑制仮説）

他の条件が一定であれば、住宅価格の上昇は、所有者の売却・賃貸インセンティブを高めることを通じて、「その他の空き家

率」を統計的に有意に低下させる。

H2（高齢化・U 字仮説）

高齢化率は、空き家率に対し非線形の関係を持つ。高齢化の初期段階では、地域コミュニティによる相互扶助や社会的監視機能が維持されていることに加え、自治体による空き家対策（実態把握、所有者への啓発等）も比較的機能するため、空き家率は低位に留まる。これに対し、高齢化が一定の閾値（転換点）を超えると、(i)相続の本格化・連鎖に伴う所有者不明土地・建物の増加、(ii)初期段階では機能していたコミュニティの管理能力や自治体の対策リソース（人員・予算）が限界に達し、管理不全が深刻化すること、(iii)地域経済の縮小に起因する住宅需要の構造的減退、が複合的に作用し、空き家率は逓増へと転じる。

3 データと変数

データソースとパネル構造

本研究では、全国の市区町村を単位としたパネルデータを用いる。分析期間は、総務省「住宅・土地統計調査」が公表されている 2008 年、2013 年、2018 年、および最新の 2023 年調査を基にした 4 時点とする。各市区町村の社会経済データは、国勢調査、市町村税課税状況等の調、経済センサスなど、各年の公的統計から収集した。自治体コードの経年変化については、総務省の対応表を用いた統一的なコード変換は行わず、2023 年の住宅・土地統計調査の対象となった市区町村を基準として、他の年次のデータを結合した。ただし、全体の約 89%（1,654 市区町村）は 4 時点すべての観測値を有している。なお、Bartik 型変数の作成に用いた「全産業従業者数」は経済センサスから引用しているが、住宅・土地統計調査とは調査年が異なるため、本研究では各調査年に最も近い年次の経済センサスの値を用いてパネルデータを構築している。[注 2]本稿の主要な目的変数である「その他の空き家率(対数)」が利用可能なサンプルは、1,285 市区町村（n=1,285）、のべ 4,950 観測値（N=4,950）である。本研究の主要な回帰分析は、このサンプル（もしくは操作変数等の利用可能性を考慮したサブサンプル）に基づいている（表 1）。

表 1　記述統計量

変数名	観測数（N）	平均値	標準偏差	最小値	最大値
目的変数					
その他の空き家率(対数)	4,950	-2.186	0.535	-5.817	-0.328
主要説明変数					
住宅取引価格(対数)	7,144	16.097	1.007	8.517	20.192
統制変数					
高齢化率	6,980	0.289	0.08	0.091	0.615
高齢化率（二次項）	6,980	0.09	0.05	0.008	0.378
平均延床面積	7,073	178.531	102.507	20	2000
平均木造dummy	7,144	0.735	0.214	0	1
平均駅15分圏dummy	7,144	0.341	0.294	0	1
平均繁華街dummy	7,144	0.114	0.152	0	1

主要変数

本研究で用いる主要な変数の定義は以下の通りである。

目的変数(Y):

その他の空き家率（対数）:総務省「住宅・土地統計調査」における「その他の空き家」数を、同調査の「住宅総数」で除した比率。対数変換して用いる。

主要説明変数(X)：住宅取引価格（対数）:国土交通省「不動産取引価格情報」から得られる、各市区町村・各年の実際の宅地（土地・建物）取引価格の平均値。観測期間は 4 時点（2008・2013・2018・2023 年）と短く、物価変動が限定的でデフレーター選択に恣意性が残ることから名目値の対数を採用する一方、当該変数は内生性の懸念を有するため識別において IV 推定を併用する。

統制変数：空き家率に影響を与えうる、価格以外の要因を統制するため、高齢化率（一次項、二次項、対数項）、社会増加率、課税対象所得、単身世帯率、平均延べ面積、持ち家率、木造化率、平均駅アクセス時間、商業地ダミーなどをモデルに投入する。

操作変数(Z)：高齢化率のラグ:1 期前（5 年前）の高齢化率（対数）。過去の人口動態が現在の価格に影響を与えるが、現在の空き家率には（価格を介さずに）直接影響しないと仮定する。

Bartik 型変数：基準年（2008 年）の市区町村別「全産業従業者数」と、「年ダミー」の相互作用項。全国共通のマクロショックが、地域ごとの産業基盤の大きさに応じて異なる影響を与える外生的な変動を捉える。[注 3]

駅 15 分圏×年の交互作用項：各市区町村の「駅 15 分圏ダミー（市区町村平均；0–1）」と「年ダミー」の相互作用。テレワーク等による年次的な利便性評価の変化を、事前的な地理条件（駅近割合）との相互作用として捉える。識別上の仮定は、当該交互作用が価格を介さずに当期の空き家率へ直接は作用しない（除外制約）ことである。

4 分析手法

本研究では、住宅価格が空き家率に与える因果効果を識別するため、2 段階の分析を行う。

Step 1: 固定効果モデル（OLS）による基準分析

第一段階として、価格の内生性を考慮しない場合の基準となる結果を得るため、以下の固定効果（FE）モデルを推定する。

$$\ln(\mathrm{Vacant}_{it}) = \beta_1 \ln(Price_{it}) + \gamma^T X_{it} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it},$$
$$i = 1, \ldots, N,\ t = 1, \ldots, T.$$

ここで、i は市区町村、t は年を示す。$Vacant$ はその他の空き家率、$Price_{it}$ は住宅取引価格、X_{it} は統制変数のベクトルである。μ_i は観測できない地域固有の時間不変な効果（例：地域文化、地理的条件）を捉える市区町村固定効果、τ_t は全国共通の時間的ショック（例：マクロ経済の動向、法改正）を捉える年固定効果である。

このモデルは、地域固定効果によって多くの交絡要因を統制できるが、$Price_{it}$ と誤差項 ε_{it} の間に相関が残る（＝内生性バイアス）という問題を解決できない。このモデルの推定結果は、

より厳密な分析の必要性を示すための出発点として位置づけられる。

Step 2: 固定効果操作変数法（FE-IV）による因果分析

本節では、住宅価格の内生性（需要との同時性、測定誤差、逆因果など）に対応するため、固定効果付き操作変数法（FE-IV；2SLS/GMM）により、価格の因果効果を推定する。市区町村固定効果μ_iは地域に固有で不変の特性を、年固定効果τ_tでは各年に共通のショックをコントロールする。

第 1 段階方程式（価格の外生的成分の抽出）：

$$\ln\ (Price_{it}) = \delta Z_{it} + \Pi X_{it} + \mu_i + \tau_t + \nu_{it}$$

従属変数は「その他の空き家」率の対数$\ln \text{Vacant}_{it}$内生変数は住宅価格の対数$\ln Price_{it}$とする。統制変数X_{it}は人口動態・住宅属性・立地特性等、操作変数Z_{it}は価格に影響しうるが当期の空き家率には価格を介さず直接は影響しないと想定する外生的要因（例：Bartik 型 shift–share、駅 15 分圏シェア×年など）で構成する。

第 2 段階方程式（因果効果の推定）

$$\ln(\text{Vacant}_{it}) = \beta_{\text{IV}} \cdot \ln(\widehat{\text{Price}}_{it}) + \gamma X_{it} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it}$$

ここで、$\ln(\text{Vacant}_{it})$は、その他の空き家率の対数、β_{IV}は、価格の対数が空き家率の対数に与える平均的な因果弾力性（価格を 1%変化させたときの空き家率の%変化）として解釈する。

推定には 2SLS（または等価な GMM 二段法）を用いる。標準誤差は市区町村クラスタでロバスト化し、異分散と系列相関に配慮する。

識別戦略の妥当性診断

本稿の識別戦略の妥当性は、操作変数（IV）の「弱さ」と「外生性（除外制約）」という二つの観点から評価する。まず、設計上の潜在的脆弱性として用いている年×駅 15 分圏シェア（市区町村平均ダミー）は、テレワークの普及など年次的な社会変化によって、価格を介さずに居住選好や空き家発生確率へ直接に影響し得るため、除外制約に対して脆弱である可能性を予め明示しておく。これを踏まえたうえで、弱操作変数の診断にはクラスタ・ロバストな Kleibergen–Paap rk Wald F を用い、Stock–Yogo の臨界値と比較する。本稿の推定では K-P＝12.02 が 10%相対バイアス基準を上回り、統計的には Not Weak と判定される。一方、過剰識別の下で全 IV が外生かを問う Hansen J 検定では、帰無仮説が p<0.001 で棄却され、少なくとも一部の IV が妥当でないことが示唆される。補助的に弱 IV ロバストな Anderson–Rubin（AR）も併記するが、Hansen J の棄却が示す妥当性欠如の含意を覆すものではない。以上より、本稿の FE-IV 推定における主要な制約は弱さではなく妥当性（除外制約の不成立）にあると結論づけられる。したがって、β_{IV}の解釈は、関連性・除外・単調性などの前提が満たされる範囲に限定される。

5 分析結果

本章では、まず市区町村および年の固定効果を含む基準モデル（FE-OLS）の推定結果を示す。次に、価格の内生性に対処するため、固定効果操作変数法（FE-IV）による推定結果を提示する。最後に、補足として、高齢化の非線形効果および政策変数の効果に関する検証結果を報告する（標準誤差は市区町村でクラスタ化）。

OLS（固定効果モデル）による基準分析

はじめに、価格の内生性を考慮せず、固定効果モデル（FE-OLS）を用いて住宅価格と空き家率の関係を分析した（表 2）。

主要な関心変数である「平均取引価格（対数）」の係数は-0.082 であり、統計的に有意であった（p=0.000）。これは、他の様々な要因（高齢化、建物特性など）の影響を考慮しても、住宅価格と空き家率の間に明確な負の相関関係が見られることを示唆している。しかし、この結果は前述の内生性によって生じるバイアスの影響を受けている可能性があり、ここから因果関係を結論づけることはできない。

表 2 FE-OLS による空き家率の決定要因

変数名	係数	標準誤差	t値	p値
取引価格（対数） ln(Price)	-0.082	0.01708	-4.81	0.000
高齢化率 AgingRate	-8.989	0.65336	-13.76	0.000
高齢化率² AgingRate2	26.879	0.94971	28.3	0.000
延床面積（対数） ln(Area)	0.00026	0.00009	2.96	0.003
木造ダミー（平均）	0.0016	0.04521	0.04	0.971
駅15分圏ダミー（平均）	0.15	0.04959	3.03	0.002
繁華街ダミー（平均）	0.138	0.07007	1.96	0.050
_cons	-0.223	0.2971	-0.75	0.454
Within R2	0.6713			

FE-GMM(モデル 1: 標準的 IV)による因果分析

OLS（表 2）が抱える内生性バイアスに対処するため、次に固定効果付きの操作変数法（FE-IV）を 2 段階 GMM（GMM 二段法）を用いて推定する。

第 1 段階では、内生変数に対する操作変数集合と統制・固定効果を投入し、Kleibergen–Paap rk Wald F＝12.02 を得た。これは、不均一分散やクラスタ相関に頑健な第一段階 F に相当し、Stock–Yogo の臨界値を上回るため、統計的判定としては Not Weak（弱 IV ではない）と結論づけられる。あわせて、Underidentification（K-P rk LM）＝54.20, p=0.0000 が示すように、識別そのものは成立している（表 3）。他方で、12.02 は閾値を明確に上回るものの余裕は大きくはなく、有限標本下では信頼区間の膨張や二段推定の不安定性が残り得る。このため本稿では、第 2 段階の係数推定に際し、通常の推論に加えて弱 IV ロバストな検定（Anderson–Rubin ほか）も併記し、推論の頑健性を確認する。

表 3 FE-IV (モデル 1) 第 1 段階 診断統計

診断項目	統計量	基準値 / p値	判定
Underidentification（K-P rk LM）	54.2	p=0.0000	識別（Identified）
Kleibergen-Paap rk Wald F	12.02	11.12（10% bias）	Not Weak

第 2 段階（GMM 推定）では、価格係数が-1.570（p=0.000）と推定され、弾力性として「価格 1%上昇に対し空き家率は約 1.57%低下」という大きな負の効果を示唆する数値となった。この推定値は、FE-OLS（表 2）で得られた係数(-0.082)と比較し

て絶対値が大幅に大きく、OLS 推定が内生性（測定誤差や逆因果）によって効果を著しく過小評価していた可能性を示唆している。しかし、この GMM 推定値を因果効果として採用できるかは操作変数の「妥当性（除外制約）」に依存する。GMM の妥当性を評価するための検定統計量を確認すると、深刻な問題が示される。過剰識別制約を検定する Hansen J 統計量は 32.503（p=0.0000）となり（表 4 脚注）、帰無仮説（全ての操作変数が妥当である）が強く棄却された。これは、少なくとも一部の操作変数が外生性を満たしていない可能性が高いことを意味する。

補助的に、弱 IV にロバストな Anderson–Rubin（AR）は $\chi^2(6)=182.62$, $p=0.0000$ と係数ゼロ仮説を棄却するが、Hansen J の棄却（妥当性否定）を覆すものではない。したがって、Hansen J が棄却される限り β_{IV} をバイアスのない因果効果（LATE）としては解釈できない（表 4）。数値が FE-OLS（−0.082）より大きく負側に振れている点は、測定誤差や逆因果の補正という説明と両立しうる一方で、操作変数の直接効果や年次に依存する未観測交絡との相関といった除外制約違反でも生じ得る。総じて、本モデルにおける主要な制約は弱さではなく妥当性にあり、当該係数は記述的・示唆的なものにとどめ、強い因果主張は行わない。

表 4　　FE-GMM 第 2 段階 推定結果

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
取引価格（対数） ln(Price)	-1.570	0.25258	-6.22	0.000
延床面積（対数） ln(Area)	1.133	0.22744	4.98	0.000
売却時築年数（対数） ln(Age)	-0.636	0.10256	-6.20	0.000
生活資源（対数） ln(Amenity)	-0.319	0.22119	-1.44	0.150

Hansen J（p 値）32.503（0.0000）→ Invalid

Anderson–Rubin Wald（p 値）$\chi^2(6)=182.62$（0.0000）

高齢化の非線形効果（U 字仮説）

固定効果回帰では、高齢化率の一次項が負、二次項が正となり、U 字形と整合的な結果が得られた（図 1）。交差項を含む仕様では、二次交差（高齢化率²×繁華街 dummy）が正で有意（p<0.01）となり、繁華街で曲率が強い傾向が示唆される。一方、一次交差（高齢化率×繁華街 dummy）は非有意であり、一次の傾き差は統計的に確定しない。

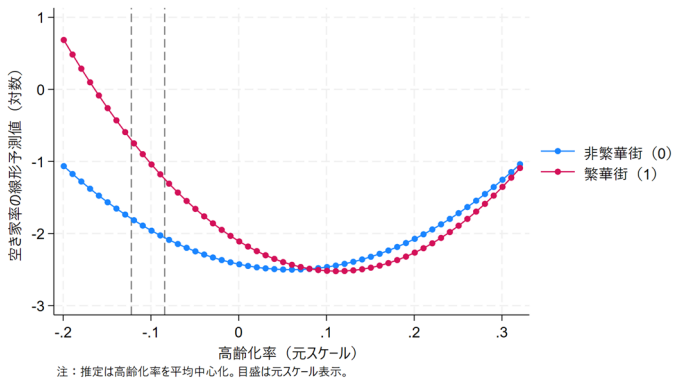


図 1　　高齢化率と空き家率（対数）の予測曲線

（市区町村・年固定効果，繁華街別）

転換点は非繁華街で約 0.205、繁華街で約 0.167（シェア尺度）と推定された。いずれも観測レンジ内に位置し、繁華街の方がより低い高齢化率で最小点に到達する傾向が示される。

代替的 IV (モデル 2) による頑健性チェック

モデル 1 の操作変数が妥当性の問題で棄却されたため、代替的な操作変数（相続リスク指標、空き家バンク導入済み dummy）を用いた別の FE-IV 分析の結果を確認した。このモデルは逆の因果（空き家率が価格に与える影響）を検証している。その結果（表 5）、K-P F 値は 72.694 と極めて高く、操作変数は非常に強力であった。しかし、このモデルでも Hansen J 検定の p 値は 0.0000 となり、同様に妥当性が棄却された。

このことは、空き家問題の因果推論において、統計的に「強力な」操作変数を見つけること以上に、「妥当な（除外制約を満たす）」操作変数を見つけることがいかに困難であるかを裏付けている。

表 5　　価格–空き家率の推定結果と IV 診断

診断項目	統計量	p値	判定
弱操作変数検定（K-P F-stat）	72.694	-	棄却（Strong）
妥当性検定（Hansen J p-value）	52.612	0.000	棄却（Invalid）

動学パネルモデル（システム GMM）による頑健性チェック

本稿の主要分析である固定効果操作変数法（FE-IV）では、操作変数の妥当性が Hansen J 検定によって棄却される（p<0.001）という深刻な問題が特定された。そこで、被説明変数（空き家率）がそれ自体の過去の値に依存する（系列相関を持つ）可能性、および変数欠落バイアスと撹乱項と説明変数の相関の可能性を修正するため、Blundell-Bond（1998）が開発したシステム GMM（System GMM）による動学パネル推定を頑健性チェックとして実施する。この推計アプローチは、三好・都築(2013)[9]の実証分析においても採用されている。システム GMM は、「一階の階差をとることにより固定効果によるバイアスを修正し、内生変数のラグを操作変数として用いることにより内生性を修正する」推計手法である。本稿でもこのアプローチに倣い、推定を行う。

モデルの仕様として、2 段階（two-step）推定、ロバスト・小標本修正クラスター（city_id）標準誤差、および直交逸脱（orthogonal deviations）を適用する。被説明変数である「平均その他の空き家率対数」の 1 期ラグ（L.y）をモデルに含め、その内生性を操作変数により処理する。具体的には、GMM 形式の操作変数として被説明変数のラグ（L.y）に対し、その 2 期前（L2.y）の値を「collapse」オプション付きで用い、同時に IV 形式（レベル方程式）の操作変数として「平均取引価格対数」（p）およびその他の統制変数（X）、年ダミー（i.t）をレベル方程式において外生的に扱う。

推定結果の概要は表 6 に示す通りである。診断統計量として、三好・都築(2013)に倣い、操作変数の妥当性を検証する Hansen J 検定と、系列相関を検証する Arellano-Bond 検定を確認する。Hansen J 検定の p 値は 0.292 と、FE-IV モデルとは対照的に棄却されなかった。これは、「操作変数の過剰識別制約が満たさ

れている」ことを示唆する。また、Arellano-Bond 検定については、差分系列の AR(1)検定が p=0.013 と有意であり、モデルの前提（レベル系列に系列相関が存在すること）を満たしていた（なお、分析期間 T=4 のため AR(2)検定は算出不能である）。主要変数の係数を見ると、主要な関心変数である「平均取引価格対数」の係数は-0.023（p=0.702）となり、統計的に有意な効果は認められない。さらに、H2 で支持された高齢化の U 字関係についても、本モデルでは一次項（p=0.978）、二次項（p=0.637）ともに有意ではなく、支持されなかった。

本システム GMM 推定における最も重大な知見は、被説明変数のラグ（L.平均その他の空き家率対数）の係数が 2.679（p=0.007）と、1 を大幅に上回った点にある。この結果は、空き家率のプロセスが動的に不安定（非定常かつ発散的）であることを示唆しており、経済理論的な解釈は極めて困難である。

表 6　動学パネルモデル（システム GMM）による推定結果

変数名	係数	標準誤差	t値	p値
目的変数				
その他の空き家率(対数)	2.679 ***	0.997	2.69	0.007
主要説明変数				
取引価格(対数) ln(Price)	-0.023	0.061	-0.38	0.702
統制変数				
高齢化率 AgingRate	-0.055	1.995	-0.03	0.978
高齢化率 Aging Rate2	-3.078	6.522	-0.47	0.637
平均延床面積	0.000	0.000	-1.43	0.153
平均木造dummy	-0.041	0.145	-0.28	0.779
平均駅15分圏dummy	0.125	0.121	1.03	0.304
平均繁華街dummy	-1.051 *	0.579	-1.82	0.070
2013年ダミー	0.763 ***	0.061	12.52	0.000
2018年ダミー	0.748 ***	0.031	24.03	0.000
定数項 _cons	3.542 **	1.505	2.35	0.019

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

AR(1)（p 値）　0.013

AR(2)（p 値）　算出不能

Hansen J（p 値）　0.292

仮説別の検証結果

H1（価格抑制仮説）：支持できず。

FE-OLS（表 2）では価格係数は有意に負（例：−0.082,p<0.001）で、相関としては抑制的である。しかし、内生性に対処した FE-GMM（モデル 1）では第一段階の強さ（K-P F=12.02）は閾値を上回る一方、Hansen J が p<0.001 で棄却され、除外制約（妥当性）に問題が示された。結果として、第 2 段階の大きな負の推定値（−1.570）は、OLS との比較からはバイアス補正の可能性も示唆されるものの、統計的妥当性が棄却されている以上、因果効果として信頼できず、H1 は因果の意味では支持に至らない（＝識別上の理由により判定不能）。

H2（高齢化・U 字仮説）：支持。

固定効果回帰で一次項が負、二次項が正となり、U 字形が統計的に確認された。この結果は、高齢化の初期段階では地域コミュニティや自治体の管理機能が空き家を抑制するものの、一定の転換点（観測レンジ内に位置し、非繁華街で約 0.205、繁華街で約 0.167 と推定）を超えると、相続問題の増加や管理リソースの限界によって空き家率が上昇に転じる、という仮説と整合的である。したがって、H2 は記述的(reduced-form)には支持される。ただし、この非線形は構造パラメータの同定ではなく、固定効果下の準因果的な関係として解釈する。

6　結論と将来課題

本研究は、全国市区町村パネルデータを用い、固定効果操作変数法（FE-IV）によって住宅価格が「その他の空き家率」に与える因果効果を厳密に識別することを試みた。

主要関心である H1（価格抑制仮説）については、FE-IV 設計において第一段階の弱さは概ね克服されていたものの（K-P F=12.02）、Hansen J の棄却（p<0.001）により操作変数の妥当性（除外制約）が成立しないことが判明した。このため、価格上昇が空き家率を因果的に低下させるという主張は、現行設計とデータでは支持できない。むしろ、本研究の貢献は、識別が失敗した要因が「弱さ」ではなく「妥当性の欠如」にあることを特定した点にある。

さらに、この識別の困難さは、代替的な動学パネルモデル（システム GMM）による頑健性チェック（表 6）によっても裏付けられた。システム GMM は、FE-IV が直面した Hansen J 検定の棄却（p<0.001）を統計上クリアしたものの（p=0.292）、今度はラグ付き被説明変数の係数が 1 を大幅に超える（2.679）という動的安定性の問題に直面した。結果として、価格の因果効果（p=0.702）をロバストな形で特定するには至らず、本稿の設計とデータでは H1 を支持できないという結論がより強固なものとなった。

一方、H2（高齢化・U 字仮説）は、固定効果下の非線形推定により支持された。高齢化率は初期には抑制的だが、転換点を超えると空き家率を増加させる。転換点はレンジ内（非繁華街≈0.205、繁華街≈0.167）に位置し、繁華街で曲率が強い傾向が示唆された。ただし、これは価格の IV 識別とは独立した準因果的エビデンスであり、政策設計には頑健性検証の継続が必要である。

学術的・政策的含意

本研究の学術的貢献は、この「識別の失敗」の原因が、従来指摘されてきた「弱操作変数」の問題ではなく、「操作変数の妥当性の欠如」にあることを実証的に報告する点にある。空き家対策に関する政策議論において、価格シグナルの役割はしばしば自明視されがちである。しかし本稿が示したように、その因果的な効果を実証することは、操作変数の設計が極めて困難であるため、経験的に非常に難しい。

この知見は、価格メカニズムが機能すると単純に仮定するのではなく、その効果を特定するためには、より精緻な識別戦略が不可欠であることを示唆している。

将来の課題：より妥当な識別戦略の探求

本研究が明らかにした「妥当性の欠如」という識別の困難さを踏まえ、将来の研究は、操作変数の「強さ」を確保しつつ、何よりもその「妥当性の高さ」を担保できる設計に重点を置く

必要がある。以下に、三つの有望な方向性を提示する。

第一の方向性は、供給サイドに由来する建設コスト系の操作変数の活用である。例えば、建設コストに直接影響するが、住宅需要や空き家の発生とは直接的な関係が薄いと考えられる外生的な地形データ（例:国土地理院が提供する GIS データ）と、全国共通の建設資材価格の年次変動を掛け合わせた変数が候補となり得る。この操作変数は、供給側のコスト変動を通じて住宅価格に影響を与えるため、需要側の要因と切り離された、よりクリーンな価格変動を捉えられる可能性がある。

第二の方向性は、シフトシェア（Bartik 型）操作変数の設計の精緻化である。本稿で用いた簡便な設計ではなく、より精緻なシフトシェア分析を用いることが考えられる。このアプローチは、シェアの内生性の問題を緩和し、より信頼性の高い識別を可能にする可能性がある。

第三の方向性は、金融市場に由来する外生的なショックの利用である。例えば、全国レベルで実施された与信規制の変更が、各地域の貸出市場の構造に応じて異なる影響を与えた場合、その差分を操作変数として利用できる可能性がある。ただし、この戦略を採用する際には、金融ショックが地域経済に影響を及ぼし、空き家率に直接的な影響を与えてしまう可能性について、慎重な検討が不可欠となる。

いずれの代替的アプローチを採用するにせよ、その妥当性を検証するために、頑健性チェックを併用することが、今後の空き家に関する因果推論研究において標準的な手続きとなるべきであろう。本稿が示した識別の壁は、空き家研究における新たな実証的フロンティアの存在を示唆している。

注記

注 1：総務省統計局『令和 5 年住宅・土地統計調査』によれば、「その他の空き家」とは、「賃貸用の空き家又は売却用の空き家及び二次的住宅（別荘、セカンドハウスなど）の空き家を除く空き家」と定義される。

注 2：具体的には、2008 年、2013 年、2018 年、2023 年の各調査時点に対し、それぞれ 2009 年、2014 年、2016 年、2021 年の経済センサスの値を対応させている。

注 3：Bartik 型操作変数の妥当性は、基準年の地域構成比（シェア）の外生性と、マクロショックの準ランダム性に依存する。本稿で用いた設計は簡便なものである。

参考文献

1. 益田 理広, 秋山 祐樹. 日本国内における近年の空き家研究の動向. 地理空間. 2020;13: 1–26.
2. 平原 幸輝. 空き家率に基づく市区町村単位の社会地図分析. 都市計画論文集. 2021;57: 1–6.
3. 秋山 祐樹, 上田 章紘, 大野 佳哉, 髙岡 英生, 木野 裕一郎, 久冨 宏大. 鹿児島県鹿児島市における公共データを活用した空き家の分布把握. 日本建築学会計画系論文集. 2018;83: 275–83.
4. 秋山 祐樹, 上田 章紘, 大内 健太, 伊藤 夏樹, 大野 佳哉, 髙岡 英生, 久冨 宏大. 公共データを活用した空き家の分布把握手法の高度化. 日本建築学会計画系論文集. 2019;84: 2165–74.
5. 徳田 光弘, 石塚 直登. 空き家所有者の利活用に対する意識構造：地方における空き家の市場流通化に向けた方略. 日本建築学会技術報告集. 2022;28: 1518–23.
6. 中島 恵太, 氏原 岳人, 織田 恭平. 空き家にさせないための態度・行動変容に関する研究. 都市計画論文集. 2020;55: 288–94.
7. 粟津 貴史. 管理不全空き家等の外部効果及び対策効果に関する研究. 都市住宅学. 2014;2014: 209–17.
8. 妹尾 芳彦. 空き家率関数の推計 : 小型パネルデータによる分析. 土地総合研究. 2020;28: 117–28.
9. 三好 祐輔, 都築 治彦. 司法制度改革による民事訴訟誘発需要仮説の実証分析. 日本経済研究（日本経済研究センター）. 2013;69: 24–54.

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

主成分分析による訪日外国人の観光アクティビティの分析と考察

Analysis and considerations on the tourist activities of inbound visitors to Japan through principal component analysis

佐々木 誠[1] 水上 真介[2] 小泉 暢[3] 渡邊 浩司[4] 三好 祐輔[5*]
Makoto Sasaki[1] Shinsuke Mizukami[2] Toru Koizumi[3] Hiroshi Watanabe[4] Yusuke Miyoshi[5*]

[1]株式会社 NearMe NearMe, Inc.
[2]一般社団法人 Social Data Lab 東京 Social Data Lab Tokyo Association
[3]小泉暢税理士事務所 Koizumi Toru, Certified Public Tax Accountant Office
[4]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[5]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Yusuke Miyoshi, miyoshi-yusuke@aiit.ac.jp

Abstract This study analyzes the behavioral patterns of international visitors to Japan based on activity data from the Japan National Tourism Organization's survey on consumption trends among foreign visitors. Principal component analysis (PCA) was applied to categorize visitors by country of residence and their travel behaviors. Results indicate that visitor activities are influenced by cultural background, income level, and geographic proximity. Western countries tend to engage in cultural and natural experiences, while East and Southeast Asian visitors show stronger preferences for shopping and leisure activities. These findings provide implications for regional tourism strategies and targeted promotional campaigns.

Keywords inbound tourism; activity analysis; PCA; visitor segmentation

1 はじめに

近年、訪日外国人観光客数は増加の一途をたどり、2024 年には年間 3,686 万人を超え、過去最高を記録した。インバウンド市場規模は約 8 兆円に達し、日本経済における重要な産業の一つとなっている。一方で、訪日客の居住国や文化的背景によって、求める観光体験やアクティビティには大きな差異が存在する。本研究では、観光庁「訪日外国人消費動向調査」の個票データを基に、国別のアクティビティ傾向を主成分分析により分類し、今後の観光戦略や地域振興に資する知見を得ることを目的とする。

2 先行論文に基づく仮説の設定

2.1 先行研究及びレポートの紹介

論文「訪日観光客の旅行目的と消費傾向に関する研究」(岸川 善紀, 田川 晋也, 根岸 可奈子)[1]では、観光庁「訪日外国人消費動向調査」のデータを用いて、主成分分析を行っている。欧州諸国が文化体験に、アジア諸国が買い物消費に偏る傾向が報告されている。また、ビジネス目的のインドやドイツ、リゾート志向のオーストラリアなど、地域特性に応じた行動差が観察されている。

また論文「観光動機に基づく外国人旅行者の分類」(破田野 智己, 竹澤 智美, 杉本 匡史, 東 泰宏, 渋田 一夫, 長田 典子)[2]では、外国人旅行者 1,157 名を対象に観光動機に基づく 8 タイプ(欲張り型、一人旅型、休息型、地域体験型、自然型、友達型、ツアー型、気まぐれ型)を分類し、個別最適な観光体験を提案するビスポークサービス実現を目指した。33 項目の観光動機尺度と 6 項目の短縮テストを開発し、判別精度 84.8%(短縮版 63.3%)を達成。観光動機タイプにより体験意欲や訪問意欲が異なり、地域資源の開発・改善に有効な指針となることを示した。

2.2 仮説の設定

前章の先行研究はいずれも観光動機や消費傾向の差異を明らかにしているが、訪日して実際にやったこと(以下、観光アクティビティ)を基準とした比較は十分に行われていない。本研究は、この実際に行った活動に焦点を当てることで、より行動ベースの文化差を定量的に示す点に新規性がある。筆者は空港送迎業務に従事しており、欧米から来た観光客は日本文化に興味があり、東アジアから来た観光客はショッピングなどの消費に興味があるということは経験的に理解しているが、本研究により定量的、科学的に把握したい。

3 実証

3.1 分析対象データ

本研究では、観光庁「訪日外国人消費動向調査」(2024 年 4 月～6 月期)[3]の個票データを用いた。調査対象は、韓国、台湾、香港、中国、タイ、シンガポール、マレーシア、インドネシア、フィリピン、ベトナム、インド、英国、ドイツ、フランス、イタリア、スペイン、ロシア、米国、カナダ、オーストラリアの 20 国を含んだ合計 107 国があり、分析対象は、観光・レジャー目的の旅行者に限定した。また観光アクティビティの項目として「日本食を食べること」「日本の酒を飲むこと」「旅館に宿泊」「温泉入浴」「自然・景観地観光」「繁華街の街歩き」「ショッピング」「美術館・博物館・動植物園・水族館」「テーマパーク」「スキー・スノーボード」「その他スポーツ」「舞台・音楽鑑賞」「スポーツ観戦」「自然体験ツアー・農山漁村体験」「四季の体感」「映画・アニメ縁の地を訪問」「日本の歴史・伝統文化体験」「日本の日常生活体験」「日本のポップカルチャーを楽しむ」「治療・検診」の計 20 項目を用いた。

尚、分析には統計解析ソフトウェア「STATA」を使用した。

3.2 主成分分析

まず国別に各観光アクティビティの平均値を算出し、Z スコアによる標準化を行った上で主成分分析(PCA)を実施した。主成分分析の結果を表に示す。表 1 で示すように第 2 主成分までの累積寄与率は 55.2%である。

表 1 各主成分の固有値と寄与率、累積寄与率(主成分分析)

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
固有値	7.9919	3.0482	2.5599	1.5413	1.0831
寄与率	0.3996	0.1524	0.1280	0.0771	0.0542
累積寄与率	0.3996	0.5520	0.6800	0.7571	0.8112

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

表2では第 1 主成分から第 5 主成分までの成分負荷量を示す。

表 2　　各主成分の成分負荷量（主成分分析）

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
日本食	0.0975	-0.0791	-0.1565	0.1369	0.6943
日本の酒	0.2673	-0.1486	-0.2051	-0.2622	0.2907
旅館に宿泊	0.2155	-0.1357	-0.3142	0.4105	-0.0136
温泉入浴	0.1906	-0.0675	-0.3506	0.3400	-0.1487
自然景観観光	0.2383	0.3078	0.1077	0.1056	-0.2468
繁華街街歩き	0.1705	0.4148	-0.2024	-0.1079	-0.1166
ショッピング	-0.0342	0.4569	-0.1065	-0.2079	0.0907
美術館博物館	0.3264	0.0970	-0.0007	-0.0380	-0.1376
テーマパーク	-0.0044	0.3891	0.2824	0.0672	0.3436
スキースノボ	-0.0848	-0.1312	0.3565	0.3502	0.0864
その他スポツ	0.1832	-0.1683	0.2857	-0.2783	-0.0794
舞台音楽鑑賞	0.2508	-0.2038	-0.0317	0.0746	-0.1667
スポーツ観戦	0.2600	-0.0640	0.1555	-0.3772	-0.1078
自然体験農村	0.1985	0.0227	0.4148	0.1040	0.2472
四季の体感	0.1581	0.2855	0.2322	0.4374	-0.1268
映画聖地訪問	0.2913	-0.0878	-0.0241	-0.0378	0.1821
歴史文化体験	0.3269	0.0913	0.0215	-0.0188	0.0107
日常生活体験	0.3154	0.0071	0.1181	0.0265	0.0687
ポップカル	0.3212	0.0059	-0.0999	-0.0614	0.0462
治療検診	0.1126	-0.3507	0.2886	0.0092	-0.1446

表 2 が示すように第 1 主成分では、日本の歴史・伝統文化体験（0.327）、ポップカルチャー（0.321）、日常生活体験（0.315）など文化体験志向が高い正の負荷量を示した。一方、ショッピング（–0.034）、スキー・スノーボード（-0.085）、テーマパーク（–0.004）など消費娯楽志向が負の負荷量を示した。

第 2 主成分では、ショッピング（0.456）、繁華街歩き（0.414）、テーマパーク（0.389）など外出志向が正の負荷量を示した。一方、治療検診（-0.351）、舞台音楽鑑賞（-0.204）、旅館宿泊（–0.135）など滞在志向が負の負荷量を示した。

図 1 では、第1主成分と第2主成分の散布図に、横軸に消費娯楽志向、文化体験志向、縦軸に外出志向、滞在志向をラベル表記した。

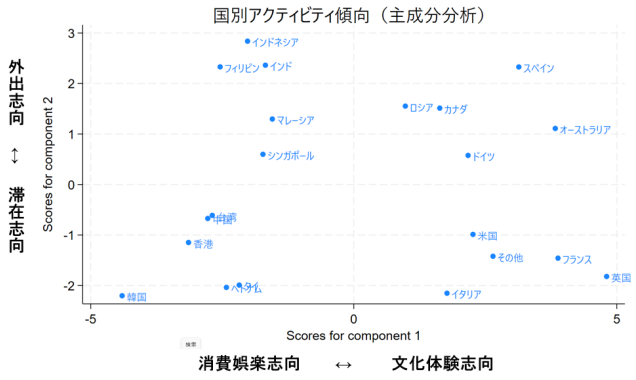


図 1　　軸ラベル付き散布図（主成分分析）

さらに、図 2 では訪日外国人の行動特性を次の 4 象限に分類した。

第 I 象限：文化体験・外出層
（例：スペイン、オーストラリア、カナダ、ロシア）

文化体験志向が高く、外出志向が高い層。日本文化や自然体験に積極的に参加する傾向が見られる。地方創生や文化ツーリズムとの親和性が高い層と考えられる。

第 II 象限：消費娯楽・外出層
（例：インドネシア、フィリピン、インド、マレーシア）

娯楽・ショッピング・都市観光などの消費娯楽を重視する層で、大都市中心の外出志向が高い。SNS 映えする観光やテーマパーク、ショッピングモール、ポップカルチャー体験への関心が強いと考えられる。

第 III 象限：消費娯楽・滞在層
（例：韓国、台湾、香港）

距離的・文化的近接性が高く、短期滞在・高頻度訪問のリピーター傾向がある。主目的は買い物・リラクゼーションであり、「慣れた日本旅行」や「日常の延長としての滞在」を求めていると考えられる。

第 IV 象限：文化体験・滞在層
（例：英国、フランス、イタリア、米国）

文化・歴史資産への関心が高く、同時に「癒し」「滞在の質」も重視する層。美術館、寺社、伝統文化体験、旅館・温泉などを通じて「静的・深層的な日本体験」を求めていると考えられる。

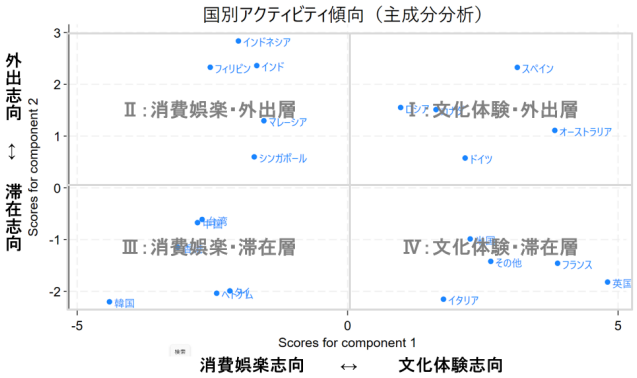


図 2　　4 象限ラベル付き散布図（主成分分析）

4　考察と今後の課題

前章の実証では、主成分分析を用いて、訪日外国人の観光アクティビティを 4 象限に分類することができた。特に第1主成分では、文化体験志向と消費娯楽志向ではっきりと分かれていることが観察できた。これらの国々を見てみると、消費娯楽志向が高いのは、東アジアや東南アジアとなっており、文化体験志向が高いのは欧米やオセアニアになっている。地理的距離や文化的近接性が、活動志向の差異に寄与している可能性がある。一方で、第2主成分の外出志向と滞在志向という軸解釈は曖昧であり、今後さらなる検証が必要である。第 II 象限は東南アジアが中心になっており、第 III 象限は東アジアが中心になっているが、第 I 象限と第 IV 象限は、同じ欧州の国でも外出志向と滞在志向に分かれた。

今後については、さらに分析の精緻化を行いたい。個票データには、滞在日数、旅行目的、同行者属性などが含まれている。これらを組み合わせた多変量分析を実施し、訪日外国人の行動類型をより詳細に解明していきたい。

参考文献

1. 「訪日観光客の旅行目的と消費傾向に関する研究」（岸川 善紀，田川 晋也，根岸 可奈子）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankanri/25/1/25_143/_article/-char/ja/
2. 「観光動機に基づく外国人旅行者の分類」（破田野　智己，竹澤　智美，杉本　匡史，東　泰宏，渋田　一夫，長田　典子）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske/23/1/23_TJSKE-D-23-00035/_article/-char/ja
3. 観光庁「訪日外国人消費動向調査」（2024 年 4 月～6 月期）
https://www.mlit.go.jp/kankocho/tokei_hakusyo/gaikokujinshohidoko.html

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

途上国におけるアイデアソン，ピッチデッキの分析：タイとカンボジアの比較

Analysis of ideathon pitch decks in developing countries： a comparison of thailand and cambodia

五十嵐 俊治 [1*]
Toshiharu Igarashi[1*]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author： Toshiharu Igarashi，igarashi-t@aiit. ac. jp

Abstract This study focuses on ideathons，a method of entrepreneurship education gaining attention in developing countries，and aims to analyze the components of pitch decks (business plan slides) created by students. Specifically，it targeted an international ideathon held in September 2025 at universities in Thailand and Cambodia (agricultural sector，8 teams total). The collected pitch decks were qualitatively and quantitatively compared and analyzed from five perspectives：(1) UI specificity，(2) market size estimation，(3) revenue model，(4) prototype，and (5) social impact.

The analysis revealed distinctive differences in the emphasis points of the pitches between the student teams from both countries. Thai teams demonstrated higher resolution in UI design and excelled in the specificity of financial planning，such as market size estimation using TAM/SAM/SOM and break-even points，presenting an overall “product-oriented” composition. In contrast，Cambodian teams showed a relatively stronger “social innovation orientation,” emphasizing solutions to social challenges like reducing middleman exploitation and including the illiterate population，with a tendency to clearly present social KPIs (Key Performance Indicators). This difference suggests it reflects the maturity of each country's entrepreneurial ecosystem and the distinct social needs they face. This analysis demonstrates the potential of students in developing countries and provides insights for designing entrepreneurship education programs tailored to each region's characteristics.

Keywords developing countries; ideathon pitch deck; comparative analysis

1 はじめに

ビジネスプラン・コンテスト（BPC）や「アイデアソン」（アイデア創出ハッカソン）は，世界各地の企業家教育において実践的なツールとして注目を集めている．大学や政策立案者は，これらのコンテストを用いて起業活動を活性化し，起業志望者にビジネスアイデアを発展・披露する機会を提供している[1]. BPC の独特な形式——競争的なピッチ，フィードバック，メンタリング，報酬といった要素——は，参加者の課題解決力，機会認識力，ビジネスプランニングといった起業家の中核的スキルの醸成に寄与する[1]. 研究によれば，この種のコンテストにはネットワーキング（仲間や審査員との交流）や潜在的投資家への露出，フィードバックを通じたアイデアの洗練などのメリットがあることが分かっている[1].

注目すべきは，こうした教育的効果が先進国・新興国の双方で認められる点である. BPC プログラムは米国で始まりアジアやアフリカにも広まり，発展途上国においても同様に有意義だと評価されている[1]. 資源に制約のある地域では，コンテストが若いイノベーターを育成し，彼らをリソースや関係者と結び付けることでローカルな起業エコシステムを醸成する手段となり得る[1]. 例えば，中国やケニアのような国々では，BPC が学生に実践的な企業家知識を得させ，スタートアップへの関心を高める貴重な機会として位置付けられている[1]. 同時に，途上国の参加者は（制度的支援の不足や不安定な経営環境など）独自の課題に直面しがちであり，BPC ではコンテスト後の追加トレーニングやネットワーキング機会を提供することで，そうした課題に対応しようとしている[1].

ハッカソン形式のアイデアソンも同様に，エクスペリエンシャル（体験型）学習のプラットフォームとして機能する．教育的ハッカソンに関する研究では，参加者のチームワークや創造性，現実の問題解決スキルが向上するとの報告がある[2]. 限られた時間内で協働する集中型イベントでは，革新的思考や「自ら手を動かして学ぶ」能動的学習が促進される．こうした形式は，学生のコミュニケーション能力・チーム協働・粘り強さ（レジリエンス）といったソフトスキルを，従来の教室環境では得にくい形で伸ばすことが示されている[2].

総じて，文献は，よく設計されたコンテストやアイデアソン型プログラムが正規の企業家教育を補完し，ハンズオンの経験を提供することで起業意向を高め，若い起業家に自信を与える効果があると示唆している[1][2]. しかし一部の研究結果は，コンテストだけでは限界もあることに注意を促している．例えば，日本で高校生・大学生を対象としたソーシャルビジネスの BPC に関するある研究では，コンテストを開催しただけでは得られるスキル育成は部分的に留まり，より幅広い継続的サポートが必要であることが示唆された[3]. まとめると，ビジネスプラン・コンテストやアイデアソンは大学や若者の起業家育成において有用な教育的介入策と考えられ，とりわけメンタリングやフォローアップの起業プログラムと組み合わせることでその効果が最大化される[1][2].

2 先行研究

2. 1 開発途上国における起業：構造とフレームワーク

開発途上国での起業家ベンチャーは，先進国とは大きく異なる状況下で事業運営を行うことが多い．一般的なハードルとして，不利なビジネス環境——煩雑な企業登録手続き，制度基盤の脆弱さ，資金調達の困難さ，インフラの未整備，経営経験の不足——が挙げられ，これらの文脈的課題がスタートアップの構造に影響を与え，適応的なアプローチを必要とする[4]. 文献では，途上国の起業家はしばしば必要に迫られた起業（ネセシティ起業）に従事する（他に選択肢がないためにビジネスを始める）傾向があり，またリソースの欠如や制度的空白を乗り

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

越えるために創意工夫を凝らす必要があると強調されている[5].

こうした状況を分析するため，研究者たちは途上国の現実に即した理論的フレームワークを提案している．代表的なものの一つがエフェクチュエーション理論である．これは成功する起業家は最初から詳細な計画に従うのではなく，手持ちの手段から始めて柔軟に方向を決めると主張する理論であり，とりわけ不安定で資源の乏しい環境に適していると考えられている[6]. 不確実性に直面した状況下で，エフェクチュエーション型の起業家は「許容できる損失」にフォーカスし，不測の事態を逆手に取り，戦略的なパートナーシップを築こうとする．これらはいずれも予測不能な市場を乗り切る上で有効な行動である[6]. 実際，起業家のエフェクチュエーション能力（例：即興対応力や提携構築力）を高めることが，限られた地元資源を効率的に活用しつつ，レジリエントで競争力のあるベンチャーを生み出す方法として注目されている[6].

もう一つ注目すべき概念がフラグル・イノベーション（frugal innovation）である．これは新興国のイノベーターたちがリソースの制約を創造的に克服し，手頃なソリューションを考案する様子を表したものである．フラグル・イノベーションは多くの場合，草の根から生まれてサービスが行き届かない人々のニーズを満たすものであり，斬新なビジネスモデルによって低所得市場向けに展開される[7]. ケーススタディでは，資金や正式な教育が限られていても，常識にとらわれない発想と複雑さの大胆な単純化によって，極めて低コストでありながら機能的な製品やサービスを生み出した事例が報告されている[7]. このようなビジネスモデルは，コアとなる価値提供に注力し，地元で入手可能な素材を巧みに活用する傾向があり，「制約」がかえってイノベーションの原動力になり得ることを示している．

さらに，開発途上地域の多くのスタートアップはソーシャル・アントレプレナーシップ（社会課題や環境問題の解決と利益追求を両立する起業）を目指すため，トリプルボトムライン（経済・社会・環境の三方面で成果を測る枠組み）のようなフレームワークが途上国のベンチャー向けに応用されている．また，起業のエコシステム・モデルも途上国向けに調整され，政府の政策，教育，文化的態度，ネットワーキングの役割などがベンチャー成功に与える影響が強調されている[5]. 例えば，これらの地域で起業を促進するには，法制度の整備，マイクロファイナンスへのアクセス改善，メンターネットワークの構築などを強化して，既存の制度的空白を補う必要があると指摘されている．

まとめると，先行研究は，開発途上国のスタートアップを分析するには文脈に応じた視点が求められると示唆している．エフェクチュエーションやブリコラージュ（手元にある資源でやりくりする創造的手法）は不確実性下での起業家のマインドセットをよく捉えているとされ[8],「フラグル・イノベーション」や Base of Pyramid（BOP）市場向けビジネスモデルの概念は，資源の乏しい顧客層にサービスを提供するためにスタートアップの構造がいかに適応されるかを示すものである[7]. これらのアプローチと，地域のエコシステム要因（制度，金融，人的ネットワークなど）への理解を組み合わせることで，新興国市場におけるスタートアップ計画の検討に理論的な基盤が形成される．

2. 2 ピッチデックの構成要素とコンテンツの定量分析

スタートアップのピッチデック（事業計画を投資家に売り込むためのスライド資料）に関する研究が近年増加している．これらの研究では，ピッチデックの内容やデザイン戦略が成功（例：投資家の関心や資金調達）とどのように関連するかを定量的に分析している．ピッチデックは一般に，事業計画の主要要素を物語のように構成して盛り込む．例えば，明確な課題の提示，提案する解決策（製品・サービス），市場規模とターゲット顧客，ビジネスモデル（収益源や収益化の仕組み），競合環境，実績（トラクション），そして創業チームといった項目が含まれる[9][10].

先行分析によれば，ほぼすべての成功したピッチデックには簡潔な課題定義が含まれており，それは具体的なユーザーの痛み（不便）や市場の非効率として描かれている[10]. 明瞭さと簡潔さが繰り返し重要であると指摘されており，専門家は課題の説明を 1〜2 枚のスライドに収め，抽象的な「こんな世界があったら…」という想像図ではなく，現在顧客が抱えている具体的な痛みを強調すべきであると助言している[10]. 市場規模の定義ももう一つの重要なポイントであり，投資家は狙う市場が十分大きく成長余地がありつつも，きちんと絞り込まれていることを求めている[10]. 単に「我々の市場規模は○兆円産業だ」といった大雑把な主張では説得力がない[10]. 代わりに，自社が実際に獲得し得るアドレス可能市場を現実的なセグメントに分解し，ボトムアップの試算や業界トレンドを踏まえて市場機会を説明することが望ましいとされている[10].

スライドのデザインやコンテンツ構成に関する近年の定量研究では，AI 技術を用いてピッチデックを分析する試みも行われている．例えば，4,597 件のピッチデックをディープラーニングによって分析した研究では，スライドの視覚的な質（美観・レイアウトの明瞭さ）とテキストによる導入部分の質が，投資家の初期判断に統計的に有意な影響を及ぼすことが示された[11]. このことは，ビジネスアイデア自体の優劣に加えて，ピッチデックがどれだけ洗練され効果的にプレゼンされているかが投資家の印象を左右し得ることを意味している[11]. 優れたビジュアルデザイン（スライドの見やすさ・統一感）は投資家の注意を引き，プロフェッショナルな印象を与えるのに役立つ. 実際，プロダクトの UI 画面など高品質なグラフィックを用いることは要点の強調に有効だが，多用は禁物である[12]. 投資家からのフィードバックでも，製品のスクリーンショット等はその独自の価値やユーザー体験を示すために必要最低限用いるに留め，詳細なデモンストレーションはピッチデック内では避けるべきだとされている[12]. 実際，多くの成功したピッチデック（ある分析では約 86%）が製品のビジュアルを含めているが，その枚数はごく少数に抑えられ，ソリューションの概観を示す程度に留めている[12]. 詳細な技術仕様や UI の説明は，デューデリジェンス（詳細審査）の段階に譲るべきである．スタートアップの競争優位が UI デザインに大きく依存している場合にはその画面を示すことも重要だが，そうでない場合に UI

の細部を過度に盛り込むと，肝心のビジネスストーリーから焦点が逸れる恐れがある[12].

研究者や実務家はまた，明確なビジネスモデルや収益モデルをピッチデックで示すことの重要性を強調している．「ビジネスモデル」のスライドでは，誰が顧客となり，どのように収益を上げるのか（収益源や価格設定モデル）を明確に説明する必要がある[9]．この部分では，市場参入戦略（Go-to-Market 戦略）やコスト構造にも触れ，ベンチャーの経済的実現可能性について投資家に洞察を与えるとよい．あるレビューでは，持続可能な収益モデルが早い段階で明示されていることが投資家にとって重要視されており，ピッチデック中で単位経済性（ユニットエコノミクス）や収益化プランに明確に言及しているものほど投資家の関心をより強く引きつける傾向があると報告されている．他の定量的知見からは，実績（トラクション）の提示と主張のデータ裏付けが成功のカギであることも明らかになっている．ユーザー数の成長や初期売上などの指標を示し，自社の主張に具体的な数値的根拠を与えるピッチデックは，資金調達において有利に働くことが多い．

総じて，先行研究によれば，最も効果的なピッチデックは簡潔で論理的に構成され，データ重視であるという共通点がある．こうしたデックでは，必須の内容（課題，解決策，市場規模，ビジネスモデル／収益モデル，チーム等）を筋道立てて過不足なく網羅し[9]，視覚要素やデザインを理解促進のために活用しつつ，冗長な情報で聴衆を圧倒しないように配慮している[12]．さらに，スタートアップの将来性を明確な数値で示すことで，説得力のある事業の展望を描いている[10]．スライド枚数などの単純集計から高度な AI 解析に至るまで，ピッチデックのコンテンツを分析した研究はいずれもこれらの原則を裏付けており，特定のスライド要素や品質指標がポジティブな投資家反応と相関することが明らかにされつつある[11]．

3 手法

本研究では，2025 年 9 月にタイ王国とカンボジア王国で相次いで開催された大学生対象のアイデアソンにおけるピッチデッキを比較分析した．両イベントは日本企業の支援する国際プログラムの一環として行われ，タイではチュラロンコン大学ソーシャル・イノベーションハブ（2025 年 9 月 6–7 日），カンボジアではプノンペン王立大学のカンボジア日本人材開発センター（CJCC，同年 9 月 13–14 日）にて開催された．いずれも教育・ヘルスケア・農業・ツーリズムの社会課題領域をテーマに掲げ，学生チームが短期間で事業アイデアを立案し最終日にピッチ発表を行う形式である．本比較では両国イベントに共通する「農業」分野に着目し，各会場から農業テーマで発表された学生プロジェクト計 8 件（タイ 3 件，カンボジア 5 件）を分析対象とした．これらのピッチデッキ（発表スライド資料）を収集し，その内容構成を質的・量的に検討した．

分析にあたっては，ピッチデッキ中の記載内容を以下の 5 つの観点に分類した： (1) UI（ユーザーインターフェース）記述の具体性，(2) 市場規模算定の明確度，(3) 価格設定および収益モデルの具体性，(4) プロトタイプ（試作品）や実装段階の可視化，(5) 社会的インパクトの訴求内容である．これらは新興国の学生による起業アイデア発表で頻出する要素であり，各提案の構成を同一基準で比較するための評価軸とした．分析ではまず各ピッチデッキのスライドを精読し，上記の観点ごとに関連する記述や図表を抜き出して質的に評価した．例えば UI 記述では画面設計や操作フローの具体的描写の有無，市場規模では TAM/SAM/SOM 等の定量指標の提示状況，収益モデルでは価格体系や損益分岐点の明示，プロトタイプではデバイスやシステム構成の提示レベル，社会的インパクトでは定量的な効果予測や SDGs への言及といった点に着目した．

さらに各観点が発表全体で占める割合をスライド枚数比（および記述量）からおおよそ推定し，定量的な比較指標とした．具体的には，UI に関するスライドが全体の何％を占めるか，市場分析に割いたページ数はどの程度か，といった比率を算出した．これにより，タイとカンボジアのチーム間で各要素に費やされた力点の差異を客観的に把握した．分析プロセスは研究チーム内でクロスチェックを行い，分類や評価の一貫性を確保した．以上の方法により収集したデータを比較することで，両国学生チームのピッチデッキ構成や強調点の特徴を明らかにした．

4 結果

タイ①：BP Agriculture（Weather Farmy）の結果

本提案は，キャッサバの乾燥効率最適化と市場価格変動への対応を目的とした「気象予測・データ駆動型農業支援システム」である．構成は「課題→技術→UI→市場→収益→社会的波及」の流れで整理されており，各ブロックの接続が明確である．特に，実証データに基づいた経済計算を導入している点において，他案件と比較しても数値的な一貫性が高い．

UI 記述の具体性：UI は，乾燥プロセスの「判断画面」および「天候アラート画面」が中心であり，温度・湿度・降水確率をリアルタイムに取得→乾燥可否を自動判定→農家に通知という一連の操作フローがスライド上で図示されている．画面は主にスマートフォンベースで，“Weather Farmy App” のロゴ・アイコン設計も含まれる．UI 関連スライドの割合は全体の約 20%であり，アプリケーションの操作イメージが十分に提示されている．また，アラート通知（red/yellow/green）を用いた視覚的フィードバック構造は，実際の業務利用を想定した高解像度の UI 描写である．

市場算定の明確度：市場規模は TAM/SAM/SOM を具体数値で提示しており，TAM=全国キャッサバ農家数（約 3,000 戸相当）×導入単価，SAM を主要 6 県に限定，SOM を初年度 82 ユーザに設定している．さらに，損益分岐点（BEP）＝82 ユーザと明記し，固定費・可変費・利益率（約 35%）を数値で示している．市場関連のスライド割合は約 15%に達し，収益予測の根拠が明快である．

価格・収益モデルの具体性：価格設定は初期導入費 5,000THB ＋月額サブスク 1,000THB と明記され，コスト内訳として「センサー機器・通信費・データサーバ費・サポート費」を列挙している．収益構造は「年間契約＋クラウドサービス」であり，

他案件よりも持続的課金モデルが明示的である．価格・収益関連スライドは全体の約 10%を占める．

プロトタイプ／実装の見え方：実装段階は中盤にあり，IoT センサユニット（DHT22＋GSM 通信）→クラウド DB→アプリ出力のアーキテクチャを明確に図示している．試作機の写真も掲載されており，“device → cloud → app” のデータ経路が可視化されている．スライド構成上，技術的説明は全体の約 25%に相当し，試作完了〜実装検証フェーズに位置している．

社会的インパクトの書き方：農家が乾燥条件を誤ることによるキャッサバ品質劣化による損失（30%）を基準値とし，本システム導入により損失を 15%まで削減できると記載されている．また，気象データの共有によって「地域全体の乾燥時期の分散化」を促進し，需給バランスの是正を図る点も社会的波及として示されている．社会的インパクト関連スライドは全体の 10%前後であり，経済的・地域的効果の双方を数値で論じる構成となっている．

タイ②：PPB Agriculture（FarmKit & SOILSYNC）の結果

本提案は，稲作を対象とした土壌状態モニタリングおよびAI による収量予測支援システムである．スライド構成は「課題→解決（機能）→UI→市場→収益→社会的波及→拡張計画」の 7 ブロックで構成され，UI/UX の描写とアプリ構造の具体性が群を抜いている．

UI 記述の具体性：本案件の中核は UI 設計にある．スライド内では，「FarmKit」モバイルアプリの画面構成（ダッシュボード，センサ値履歴，災害アラート，価格比較，作付分析）がフルカラーで描かれており，画面遷移とボタン操作の流れ（Data→Analysis→Report）が可視化されている．操作レベルでの UI 記述（ユーザが“何を押すか”の説明）が存在し，タイ国内案件中で最も高解像度な UI 描写となっている．UI 関連スライドの比率は約 30%であり，アプリ設計が事業の中核をなしている．

市場算定の明確度：TAM/SAM/SOM を金額ベースで明示しており，TAM を全国稲作農家数，SAM を主要 4 州（チェンマイ，ナコンサワンなど）に限定，SOM を初年度導入 1,000 戸と定義している．市場ブロックには，「導入率×価格×年次更新率」の三要素を乗算して市場規模を導出する明確な計算式が記載されている．市場算定関連のスライドは全体の約 15%である．

価格・収益モデルの具体性：FarmKit センサ本体を 1 セット 9,500THB，クラウド連携サービスを月額 800THB としており，データ販売・広告掲載による副収益モデルも明記されている．収益構造は「ハード＋サブスク＋データ取引」の三層で，投資家視点のキャッシュフローを想定した構成である．価格・収益関連スライドは約 10%．

プロトタイプ／実装の見え方：FarmKit センサの構造（pH・NPK・水分センサ）と SoilSync アプリの接続構成が明確に描かれており，データ収集→クラウド蓄積→AI 解析→ユーザ通知の一連のパイプラインが図式化されている．試作デバイスの写真も掲載されており，実機ベースでの検証段階にあることが明確である．プロトタイプ関連スライドは 25%前後を占め，実装の実在性が高い．

社会的インパクトの書き方：農業被害の減少（災害・洪水・干ばつ時の早期警報）に加え，肥料コスト削減率 20〜25%・収量増加 10〜15%を具体的に掲げている．また，小規模農家への技術普及による所得格差是正にも触れており，社会的効果の記述は 10%前後．タイ案件中では最も“技術が社会に届く”構造を有している．

タイ③：NaN（Avoscan）の結果

本提案は，「問題→解決（製品）→作動手順→市場規模→価格・収益→活用シーン」の一連の流れが全ブロック揃っており，各ブロックに操作レベルの情報と金額・市場量の定量が入っている点が際立つ．

UI 明記の具体性：収穫時の操作手順（伸縮ポール→センサ接触→ボタン操作→NIR 走査）を段階的に図示し，判定は 3 色 LED（緑=収穫 OK，黄=過熟，赤=未熟）で即時提示，さらに Bluetooth でスマホに保存・収穫計画に接続するところまで踏み込んでいる(UI/操作フローが“どう触るか”の粒度で明記)．UI 関連スライドの“割合”は概ね 20〜25%相当（作動説明＋判定表示＋アプリ連携の複数頁）で，手順・判定・連携の三層が可視化されている．

市場算定の明確度：TAM/SAM/SOM を金額（THB）で提示し，さらに対象農家数（約 2,800 戸）と初年度到達想定（SAM の 40%≒1,120 戸）まで分解しており，金額×顧客数×到達率の三点が揃う（市場ブロックの明記・図示は 10〜15%相当）．

価格・収益モデルの具体性：端末単価 7,500THB と短期レンタル 300THB/日を明示し，一次（デバイス販売）＋二次（レンタル）の収益多層化を示す（価格・収益関連は 5〜10%）．

プロトタイプ／実装の見え方：NIR 帯域・AS7263 センサの波長・測定原理・フードでの外光遮断・ESP32 でのデータ処理と OLED 表示まで踏み込む“実装記述”が中核で，試作〜量産初期の技術設計レベルに達している（実装・デバイス記述は 20%前後）．

社会的インパクトの書き方：従来の収穫で 30%損傷という基準値を置いた上で，無駄削減・収穫計画の改善に帰結させる構成．社会的語りは経済的損失の縮小が中心で，環境・コミュニティの記述は薄め（インパクト関連は 5%台）．

カンボジア①：Domnor Agriculture（農産物直販プラットフォーム）

本提案は，中間業者を排除し，農家とバイヤーを直接結ぶデジタル取引プラットフォームである．構成は「課題 → 解決（システム構成）→ UI 操作 → 市場規模 → 収益 → 社会的波及」の 6 ブロックで整理されており，社会課題と経済合理性の橋渡し構造が明確である．特に，プレゼン全体が「農家中心主義」を基調として設計されている．

UI／操作記述の具体性：UI は全スライドの約 25%を占め，アプリ操作の流れをユーザ（農家／バイヤー）ごとに明確に分けて図解している．スライド上では，農家：「作物登録 → 価格設定 → 出品」，バイヤー：「検索 → チャット → 購入 → 支払」という 2 つの行動経路が並列で示されている．各ステップにはボタン配置・カラーコード・進行アイコンが付されており，UI 層（操作手順）と UX 層（意思決定フロー）を同時に視覚化

している点が特徴である．

UI の特徴的要素として，チャット機能・レビュー投稿・取引履歴の自動記録が挙げられ，農家と買い手の信頼形成を支援する UX 要素が強調されている．また，UI 画面の解像度は高く，実際のプロトタイプ画像（スマホ表示）を用いた操作例が提示されており，“動作している印象”を与えるリアリティがある．

市場算定の明確度：市場算定スライドは全体の 15%を占め，TAM/SAM/SOM を金額ベースと登録農家数ベースの両軸で提示している．TAM：全国農家数×平均取引額，SAM：スマートフォン所有農家（約 40%）を対象，SOM：初年度登録目標 5,000 ユーザという構成であり，各層における具体的数値と成長シナリオが整合している．

市場ブロックでは，中間マージン削減による利益増加率＋流通コスト削減率（20〜30%）を併記しており，定量的な「社会的効果＝経済的価値」として提示している点が秀逸である．

価格・収益モデルの具体性：収益構造は二層型である．

1. 取引手数料：販売額の 10%，
2. 広告掲載・プレミアム登録費：月額 10USD 相当

取引量が増えるほどプラットフォームの収益が逓増する形で，スケーラブルな B2B/B2C 混合モデルを採用している．コスト構成は「開発・サーバ・運用」を分離して記載し，初期投資とランニングコストの比率が約 6：4 と明示されている．このため，投資家が損益分岐点を容易に把握できる構造になっている．価格・収益関連スライドは全体の約 10%．

プロトタイプ／実装の見え方：実装段階は「β版ローンチ直前」と明示されており，スライドにはサーバ構成図・データベース構造（User / Transaction / Chat / Product）が描かれている．バックエンドには Firebase＋Google Cloud Function が使用されている旨が記載され，開発環境の具体的言及がある唯一のカンボジア案件である．UI 試作と連動して，チャット送信〜決済完了までの API 呼び出しシーケンスが図示されており，技術仕様の可視化レベルが高い．

社会的インパクトの書き方：社会的波及の記述は明確であり，「中間搾取削減・所得改善・農家のデジタル包摂」の 3 軸で整理されている．中間業者排除による取引マージン 20〜30% 削減，1 農家あたり年間収益増加額：+450USD 見込み，女性農家の参入促進率：登録全体の 25%目標と，社会的 KPI を数値で示している点が際立つ．また，地域共同組合と連携し，農家教育プログラム（トレーニング費用含む）も併記されており，社会的包摂をビジネスに統合した設計である．社会的インパクト関連スライドは約 15%で，技術系よりも倫理・包摂性の構成比が高い．

カンボジア②：APS Agriculture（FarmConnect）の結果

本提案は，音声入力による取引支援と価格情報の可視化を中核とする，非識字層・高齢農家向けのスマートファーミング支援アプリである．構成は「問題→解決→UI（音声・テキスト連携）→市場→収益→社会波及」であり，UI と利用者包摂性の描写が中心に据えられている．プレゼン全体の焦点は，「文字を使えない農家でも取引ができる仕組み」にある．

UI／操作記述の具体性：UI スライドは全体の約 30%を占め，音声入力を起点とする“ワークフロー型設計”を採用している．操作フローは以下の 4 段階で構成されている：1. 音声入力による品目・価格の登録，2. 自動テキスト変換と翻訳表示（クメール語⇄英語），3. 市場価格との自動比較，4. 購買者への即時提示である．この流れが吹き出し形式で図示され，音声波形・アイコンが UI 上で表現されている．さらに，音声コマンド（例：「Sell rice fifty kilogram」）の具体例が提示され，言語モデルの運用想定が UI レベルで示されている点は他案件にない特徴である．UI はシンプルながら，非識字層が操作できる設計思想（音声・色・アイコンベース）が徹底されている．

市場算定の明確度：市場スライドは全体の約 10〜12%で，定性的記述が中心だが，対象市場を「識字率 50%未満の農家層（約 35 万人）」に限定して算出している．TAM は全国農業従事者数×導入率 20%で算出され，SOM を初年度 5,000 ユーザとしている．市場の金額換算は曖昧であるが，社会的ニーズの強度（literacy gap）を市場指標として扱う点が特徴である．

価格・収益モデルの具体性：収益構造はフリーミアム型である．基本サービス：音声登録・翻訳・価格比較（無料），有料機能：広告非表示・価格予測・音声履歴保存（月額 5USD）である．運営コストはクラウド処理と音声モデル API（推定 1,200USD/月）と記され，コスト構造の現実性も高い．ただし，商用収益よりも「利用拡大による補助金・公共連携」の可能性を重視しており，社会事業型のサステナブルモデルを志向している．価格・収益関連スライドは全体の約 10%．

プロトタイプ／実装の見え方：実装段階は「機能試作完了・UI 検証中」と記され，音声入力画面・テキスト化画面・比較画面のスクリーンショットが掲載されている．内部構成として，Google Speech-to-Text API＋Flask バックエンド＋MySQL が明記されており，技術基盤の透明性が高い．ただし，モデル精度・データ品質の定量評価は未記載であり，現状は PoC 段階と見られる．プロトタイプ関連スライドは全体の約 20%．

社会的インパクトの書き方：社会的波及スライドは全体の 20%を占め，「情報アクセス格差の解消」「高齢農家の市場接続」「女性のデジタル参画」の 3 点を中心に構成されている．特に，識字率の低い高齢農家でも音声操作で売買可能という点が明示されており，社会的意義がプレゼン全体の中心概念となっている．また，教育省・農業省との連携による試験導入計画も明記されており，社会制度との接続性が強い．環境や経済よりも人的包摂性（Human inclusion）を軸に置いた社会設計である．

カンボジア③：CropXcel Agriculture の結果

本提案は，農産物の販売・物流・在庫管理を一体化したオンラインプラットフォームであり，「課題→解決（システム構成）→市場→価格・収益→展開計画→社会的波及」の 6 ブロックで構成されている．特に，市場定義と価格設計の整合性が高く，プレゼン全体が“商用化を前提とした構造”を取っている点が際立つ．

UI 明記の具体性：操作層は「農家・配送者・販売者」の 3 アクターに分かれ，UI はそれぞれの操作を区別して設計されている．スライドでは，ダッシュボード（在庫・配送・販売状況）→注文確定画面→支払管理画面の順に操作フローが図示され，

配送ステータスが色分けされたトラッキング UI（緑＝出荷済／黄＝輸送中／赤＝遅延）として提示されている．さらに，在庫推移グラフや販売履歴リストの UI モックアップが掲載されており，実際の利用画面を想起できる視覚的精度を持つ．UI 関連スライドの割合は約 25%であり，アプリ操作・管理者画面の両方がカバーされている．

市場算定の明確度：TAM/SAM/SOM を金額（USD）で示し，TAM＝全国市場 5 億 USD／SAM＝農協経由市場 1. 36M USD／SOM＝取扱高の 5%シェア（約 68,000USD）として整理している．計算式は「取引量 × 手数料率（5%）」の単純な線型モデルであり，収益算出の根拠が明確である．また，初年度顧客獲得数（300 農家）と到達率（10%）の整合もとれており，市場ブロックの定量整合性はカンボジア案件中で最も高い．市場関連スライドは全体の約 15%に相当であった．

価格・収益モデルの具体性：収益構造は二層式で，1.　取引手数料 5%（主要収益源），2.　B2B 物流連携手数料（運送会社との API 連携収益）が明記されている．手数料収益モデルの図示に加え，キャッシュフロー図（売上→変動費→純利益）も提示されており，財務フレームが整理されている．コスト構造は開発：運用：人件費＝50：30：20 で記され，コスト分配の透明性が高い．価格・収益関連スライドは全体の 10〜12%程度である．

プロトタイプ／実装の見え方：システム構成図は，ユーザー（農家）→アプリ→クラウド DB→配送 API→顧客という一方向のデータパイプラインで構成され，Google Cloud・Firebase・物流 API（CambodiaPost）の連携が示されている．実装スライドでは，配送データ連携のモック API レスポンス例（JSON）が掲載され，実働に近い技術レベルでの理解が可能である．試作段階は「PoC 実装済・商用版開発中」と記載され，実装率は約 60%前後と推定される．技術関連スライドは全体の約 20%であった．

社会的インパクトの書き方：社会的波及は「市場透明化・取引コスト削減・農家所得の安定化」の 3 軸で整理されている．取引透明化により，農家あたりの利益率が平均＋15%上昇と明記され，価格変動リスクの低減効果を定量的に示している．また，ブロックチェーン導入を想定した将来拡張（生産履歴の追跡・偽装防止）も補足され，信頼性確保の社会設計が盛り込まれている．社会的波及スライドの割合は約 15%で，経済的持続性を中核とした構成である．

カンボジア④：We Rice Agriculture の結果

本提案は，稲わらを廃棄せず，キノコ培養に再利用する循環型農業モデルである．構成は「課題→環境負荷→解決策（再利用）→市場→収益→社会的波及」の順に整理され，社会的・環境的ストーリーの整合性が最も高い構成を持つ．スライド全体が“環境循環”の一貫したテーマで統一されており，非デジタル領域ながら技術的構成の描写が明快である．

UI・プロセス記述の具体性：本提案では UI に代わって，生産ラインの工程図（稲わら粉砕→滅菌→菌床生成→培養→出荷）が段階的に図示されている．各工程には所要時間・温度・CO_2 排出量が明記され，視覚的にも操作フローとして解釈できる構造である．IoT 要素として，温湿度センサ＋CO_2モニタによる培養管理が記載され，操作・制御の視覚化＝UI 代替要素として機能している．この「アナログ UI」的図示はカンボジア案件中で独自性が高く，製造オペレーションの透明化を果たしている．UI 関連スライドは全体の約 20%であった．

市場算定の明確度：市場ブロックでは，TAM/SAM/SOM をそれぞれ USD ベースで算出しており，TAM＝全国稲作農家の稲わら排出量×再利用単価（0. 2USD/kg 換算），SAM＝地方自治体・協同組合による導入可能量（全体の 25%），SOM＝初年度 10 拠点（約 10t/月）と設定されている．また，同一スライド上にキノコ販売市場（国内 2. 1M USD 規模）を重ねており，原材料・製品双方の市場ポテンシャルを一体で評価している点が特徴である．市場関連スライドの比率は約 15%であった．

価格・収益モデルの具体性：価格設定は明快であり，稲わら仕入コスト：0. 05USD/kg，菌床製造コスト：0. 08USD/kg，販売単価：0. 35USD/kg と記載されている．利益率（Gross Margin）は約 64%と高く，投資回収期間は 10 カ月と明記されている．収益モデルは一次（キノコ販売）＋二次（堆肥販売）＋三次（CO_2 クレジット）の三層で，多重収益構造を最も明示的に表現している案件である．価格・収益関連スライドは全体の約 12%であった．

プロトタイプ／実装の見え方：スライドには，実際の培養施設・センサ設置箇所・出荷風景の写真が掲載され，プロトタイプ実装が完了済みであることが確認できる．また，IoT 制御の概略図（温度・湿度制御→自動換気→CO_2モニタリング）が提示されており，環境制御システムの技術的理解が可能なレベルである．さらに，稲わら回収→処理→培養→販売までを 1 サイクルで 3 週間とする工程設計が示されており，実運用設計の完成度が極めて高い．技術・プロセス関連スライドは全体の約 25%を占める．

社会的インパクトの書き方：社会的波及は「廃棄削減・環境保全・地域雇用創出」の三点で構成されている．廃棄稲わら削減量：年間約 120 トン（CO_2換算で−200 トン），雇用創出：女性労働者を中心に年間 25 名雇用，農家収入増加：稲わら販売収益＋10〜15%など，インパクト指標（KPI）をすべて定量化している．特に環境 KPI を CO_2削減量として可視化している点は，全カンボジア案件中唯一である．社会的インパクト関連スライドは全体の 20%前後を占める．

カンボジア⑤（VerdiX｜Smart Farming Guardian）の結果

本提案は，「問題（気候・害虫・施肥・水）→解決（IoT＋AI＋アプリ）→ダッシュボード→市場規模→価格・サブスク→3 年ロードマップ」の流れで，社会的・運用的な効果を前面に出す構造である．

UI 明記の具体性：ダッシュボード（価格履歴・極端気象アラート・害虫検知・AI 予防 DB）の機能項目は明瞭だが，日々の操作手順や入力〜判断〜行動までの“触り方”は図解が限定的．UI明記の“割合”は概ね8〜12%相当（画面機能の俯瞰はあるが，タスク手順の段階図示は少ない）．

市場算定の明確度：TAM/SAM/SOM（USD）で 450M/250M/3. 7M）を提示．地域（Prey Veng の出荷比率）・耕地面積（600 万

ha）・作付比率（稲 60〜70%）の根拠データを併記し，上位〜中位〜到達可能市場を定義×数値で描いている（市場ブロックの“割合”は 10〜15%相当）.

価格・収益モデルの具体性：サブスク（$5/月，$50/年）とキット価格（<1 ha：$65，1–5 ha：$85）を明示し，さらにデータの法人販売（可変価格）まで含む多層収益化を提示（価格・収益関連は 10%前後）.

プロトタイプ／実装の見え方：土壌 pH・水分・温度，IoT 通信，害虫検知 AI，天気予測，可変施肥など機能一覧は明確で，Year1 のプロトタイプ化→パイロット（20–30 農家）→Year2 拡張→Year3 商用化の工程表がある．装置・回路・アルゴリズムの“具体の作り”は Avoscan 比で薄いが，スケール計画の明瞭さは高い（実装・ロードマップ関連 15%前後）.

社会的インパクトの書き方：節水 30–40%・収量 15–30%増を明示し，農家研修・NGO 連携・ローカル言語まで含めた普及計画に落とし込む. SDGs/コミュニティ視点が厚い（インパクト関連は 15%超）.

おわりに

本稿の比較分析から，途上国における学生アイデアソンのピッチデッキ構成には国ごとの特色が現れることが確認された．タイ・チュラロンコン大学のチームは，UI 設計から市場分析・収益計画・技術実装までバランス良く盛り込んだ完成度の高いピッチを展開していた．各提案は発表スライド全体を通じて「課題→解決策（技術）→ユーザー画面→市場規模→収益予測→社会的波及効果」の一連のブロックを過不足なく含み，「実際に事業化できるプロダクト」の姿を明瞭に描いている点が特徴である．特に市場規模算定や財務計画の具体性に優れ，例えばある提案では「全国キャッサバ農家数×導入率」に基づく市場規模算出や損益分岐点（ユーザ数 82 戸）を明示し，収益性を定量根拠で支えている．また別の提案ではスマートフォンアプリの UI 画面を全体スライドの 30%近く割いて詳細に描写し，ユーザが実際に操作する具体的イメージまで提示していた．これらタイの学生プロジェクトは総じて事業計画とユーザ体験の双方に磨きをかけた起業志向の色彩が強く，「どう作り，どう売るか」を明確に示すプレゼンテーションとなっていた．

一方，カンボジア・プノンペン王立大学のチームは，基本的な発表構成こそタイと共通して「課題→解決策→UI→市場→収益→社会的効果」の枠組みを踏襲していたものの，強調点においてより多様性と社会志向性が見られた．いくつかの提案では社会課題の解決そのものがプレゼンの中心に据えられ，スライド全体の 15〜20%前後を社会的インパクトの説明に充てている．例えば，農産物直販プラットフォームの事例では「中間流通マージンの 20〜30%削減による農家収入向上」や「女性農家のデジタル参画率 25%目標」といった社会的 KPI を具体的数値で示し，経済的価値と社会的価値の双方を訴求していた．また別の音声入力型アプリの事例では，非識字層の農民でも利用できる音声 UI を全面に押し出し，基本機能を無料提供するフリーミアムモデルで普及を優先する戦略を採用していた．これは短期的収益より農業現場の情報格差解消を重視する姿勢であり，タイのチームには見られないアプローチである．一方で，カンボジアの他の提案にはタイ同様に詳細な市場規模算定や収益計画を持つもの（例：取引手数料 5%による収支モデルを明確化した物流プラットフォーム提案）も存在し，社会志向と商業志向が併存している点も特徴的であった.

以上の比較から，タイの学生チームは市場性・収益性に裏打ちされたプロダクト志向のプレゼンテーション傾向が強く，対するカンボジアのチームは社会課題解決への寄与や包摂性を強調したソーシャルイノベーション志向が相対的に色濃いことが示唆された．これは両国の教育環境や起業エコシステムの成熟度，直面する社会的ニーズの差異がピッチ内容に反映された結果と考えられる．同時に，本調査対象のすべてのピッチデッキが基本的な事業計画の要素（技術・市場・収支・社会影響）を網羅しており，途上国の学生であっても短期間で高い完成度の事業アイデアを構築できる潜在力を持つことも明らかになった．今後，本研究で用いた分析枠組みを他国や他分野の学生起業アイデアにも適用することで，地域間の特徴や汎用的成功要因をより包括的に捉えることが可能である．今回明らかになった知見は，各国の教育プログラム設計者やメンターに対し，学生の強みと弱みを踏まえた指導や支援の手がかりを提供すると期待される.

参考文献

1. Dana，Léo-Paul，et al. “Business plan competitions and nascent entrepreneurs： a systematic literature review and research agenda. ” International Entrepreneurship and Management Journal，2023. doi：10. 1007/s11365-023-00838-5.
2. Oyetade，Kayode，Tranos Zuva，and Anneke Harmse. “Evaluation of the impact of hackathons in education. ” Cogent Education，vol. 11，no. 1，2024，p. 2392420.
3. Koga，Shoji. “A Study on the Effectiveness of Social Business Human Resource Development in the Business Plan Contest： Case Study of Three-Generation Collaborative Work (High School，University Students，and Business Persons) through Attitude Survey. ” Showa Women’s University Institute of Modern Business Research Annual Report，2016，pp. 1-10.
4. Collins，Ava. “Entrepreneurship in Developing Countries – What Obstacles Do They Face?” Association for Entrepreneurship USA (AFEUSA)，10 Jan. 2024，www. afeusa. org/articles/entrepreneurship-in-developing-countries-what-obstacles-do-they-face/.
5. Panda，Swati，and Shridhar Dash. “Constraints faced by entrepreneurs in developing countries： a review and assessment. ” World Review of Entrepreneurship，Management and Sustainable Development，vol. 10，no. 4，2014，pp. 405-421.
6. Ali，Muhammad Mansoor，et al. “Examining Effectuation Theory： Lessons for Entrepreneurial Activity in Developing Countries. ” Review of Economics and Development Studies，vol. 7，2021，pp. 267-280.
7. Weyrauch，Timo，and Cornelius Herstatt. “What is frugal innovation? Three defining criteria. ” Journal of Frugal Innovation，vol. 2，2017，Article 1.
8. Baker，Ted，and Reed E. Nelson. “Creating something from

nothing： Resource construction through entrepreneurial bricolage. ” Administrative Science Quarterly, vol. 50, no. 3, 2005, pp. 329-366.
9. Visible. vc. “23 Pitch Deck Examples. ” Visible Blog, 14 Oct. 2025, https://visible. vc/blog/pitch-deck-examples/.
10. Rubright, Matt. “Inside Investor Expectations： A Pitch Deck Study. ” Medium, 31 Jan. 2019, medium. com/@matthewrubright/inside-investor-expectations-a-pitch-deck-study-85e47608a816.
11. Chen, X. , et al. “A Multimodal Business Plan Analysis via Deep Representation Learning. ” Expert Systems with Applications, 2025.
12. DocSend. “Here’s How to Create a Pre-Seed Pitch Deck That Gets You Funded. ” DocSend Blog, 21 Jan. 2020, www. docsend. com/blog/pre-seed-pitch-deck-guide/.

模倣から差別化へ：多抓魚にみる中国中古小売業のビジネスモデル進化

From imitation to differentiation: Business model evolution in China's second-hand retailing through the case of Duozhuayu

尹 国花 [1*]
Guohua Yin[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Guohua Yin, yin-guohua@aiit.ac.jp

Abstract This study examines Duozhuayu, a Chinese second-hand retailer, focusing on its shift from imitation to differentiation as a latecomer. Adopting a C2B2C model inspired by BOOKOFF and Second Street, it addressed quality and efficiency issues in C2C trade. Field surveys in Shanghai reveal strategies such as stylish cultural stores, HRM for retention, and in-house logistics. The case shows how late entrants can turn imitation into competitive advantage.

Keywords Duozhuayu ; Fast Mover; Second mover

1 研究背景

近年中国では環境サステナビリティや循環経済の推進を背景に、リユース（二次流通）市場が急速に拡大している。中国政府も第 14 次 5 カ年計画（2021 年）において中古品取引の標準化・健全化を掲げ、2022 年には国家発展改革委員会がグリーン消費促進方案を打ち出すなど、中古市場拡大を支援する政策を次々と実施している。

その結果、中国国内における中古品取引市場の規模は、研究機関の推計によれば、2020 年時点で既に 1 兆人民元（約 20 兆円）に達していたとされ、高成長軌道に乗っている[1]。さらに、一部の調査では、2025 年には市場規模が 3 兆人民元を突破すると予測されている。このような市場環境の下、人々の消費意識にも変化が見られる。特に若年層（18〜34 歳）を中心に「新品でなくても構わない」「使えるものを安く賢く買いたい」という価値観が広がりつつあり、中古品を積極的に購入・活用する動きが顕著になってきた。中古品購入は節約だけでなく、自分らしさの表現や環境配慮の観点からも支持されるようになっている。こうした消費者側の意識変容と政策的後押しにより、中国の中古市場はかつてない活況を呈している。

一方、日本では、BOOKOFF やセカンドストリートに代表されるように、リユース小売業が早くから発達し、市場が成熟している。BOOKOFF は 1990 年代から全国展開を進め、明るく清潔な店舗環境のもと、「多くの人に楽しく豊かな生活を提供する」というミッションの下で、新品同様もしくは新品に近い品質の商品を中古価格で提供するという独自のビジネスモデルを確立した。古本を丁寧にクリーニング・補修し、まるで新刊のように陳列する手法は、従来汚い・暗いと敬遠されがちであった古本のイメージを刷新し、多くの消費者の支持を獲得した。このような取り組みにより、効率的な利益確保が可能となり、在庫回転率と利益率のバランスを高水準で維持している。

同様に、セカンドストリートも洋服や雑貨など幅広い中古品を取り扱い、現在では全国に 900 店舗以上の実店舗を展開する大手リユースチェーンへと成長している。明るく開放的な店内で、一点一点を丁寧に査定・陳列し、季節ごとに売場構成を工夫するなど、誰もが気軽に立ち寄れる店舗づくりを実現している。こうした工夫により、中古品の利用を日常生活の一部として定着させることに成功した。このように、日本における中古小売業の成功事例は、中国企業にとってビジネスモデルの参照例（ベンチマーク）となり得るものであり、近年では中国市場においても日本型モデルを模倣・導入する動きが見られ始めている。

2 研究目的

本研究の目的は、中国発の中古書籍・中古衣料品事業を展開するスタートアップ企業、多抓魚北京科技有限公司（以下、多抓魚）（Duozhuayu）を事例として、模倣から差別化へ至るビジネスモデルの進化プロセスを経営戦略の視点から解明することである。多抓魚は 2017 年に微信（WeChat）上のオンライン中古書店として創業し、日本の BOOKOFF に倣った C2B2C 型（Consumer-to-Business-to-Consumer）買い取り再販モデルで事業を開始したと言われている。具体的には、ユーザーから ISBN コードで書籍をスキャン・買い取り、独自に検品・クリーニングした上で他の購入希望者に再販売するという、企業が在庫を一括取得してから売る形態である。このモデルは、従来の中国に多い C2C 直接取引（例：阿里巴巴の閑魚（Xianyu）など）と比べて、取引の手間や品質リスクを企業側で引き受ける点に特色がある。実際、創業者の魏穎氏は前職のアリババ系 C2C 中古プラットフォームで直面した品質の信頼性と個人間取引の非効率という課題を解決すべく、このモデルを採用したとされる。

多抓魚社はまず標準化しやすい書籍分野に絞ってサービスを展開し、豆瓣（Douban）コミュニティのような文芸的雰囲気と高いコストパフォーマンスを武器にユーザー層を獲得した。その後、2020 年前後からは上海にオフライン店舗を開設して中古衣料品の買い取り・販売にも乗り出し、書籍で築いたノウハウを他分野へ横展開している。このように日本の先行事例を模倣する形でスタートした多抓魚が、成長の中でどのように独自の戦略・差別化を打ち出していったのか、その過程を明らかにすることが本研究の狙いである。特に、経営戦略論の視点から先行企業と後発企業の関係性や、模倣戦略・差別化戦略の転換について考察し、多抓魚社の事例を理論的枠組みに位置付けて分析する。

3 理論的枠組み

（1）先行者優位と後発者戦略

Lieberman & Montgomery は、先行者（市場への最初の参入

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

企業）が享受しうる優位性（First-Mover Advantage, FMA）として、技術的リーダーシップ、資源の先行確保、市場標準の主導、顧客スイッチングコストの醸成を指摘している[2]。先発企業は新市場でブランド知名度や顧客ロイヤルティをいち早く確立し、経験効果によってコスト面でも有利に立つことができる。他方で、先行者であるがゆえのリスクも存在する。市場開拓には多額の教育コストや新技術投資が必要であり、模倣可能性の高い市場では後発者が低リスク・低コストで追随し、先行者優位を奪う可能性がある。

このため、後発企業の戦略に関する議論では模倣と差別化のバランスが重視される。後発企業の優位性（Late-Mover Advantage, LMA）とは、先発者の市場教育成果にフリーライドしつつ、不確実性の減少を享受し、さらに独自の改良や差別化を加えることで競争優位を構築する戦略を指す。言い換えれば、後発者は単なる模倣に留まるのではなく、模倣を出発点としながら新しい価値を付与することで市場シェアを拡大しうる[3]。この視点は、模倣を戦略的行為と捉え、差別化と結合させた「模倣的イノベーション（creative imitation）」の意義を強調するものである。

（2）中古小売業に関する先行研究

中古小売業に関しては、日本や欧米における研究が蓄積してきた。BOOKOFF は、「新型中古書店」という革新的なビジネスモデルによって日本の中古本市場を刷新し、店舗オペレーションの標準化、在庫管理の効率化、そして大量出店を通じてスケールメリットを実現した成功例である。ポーター賞選考資料によれば、同社は従来専門性が高く閉鎖的であった古書店市場を一般消費者向けに開放し、明るく清潔な店舗環境の下で低価格・大量流通を可能にする仕組みを確立したとされる[4]。一方で、近年の C2C プラットフォーム（例：メルカリ）は、在庫を持たない軽資産モデルとして急成長しており、BOOKOFF 型の C2B2C モデルとの比較が論じられている。水野・大西・澁谷・山本（2019）によれば、前者は取引コストの低さを強みとするが品質保証が弱く、後者は在庫リスクを抱える代わりに品質管理や即時現金化を強みとする[5]。このように両モデルは市場で併存しており、どのように顧客価値（信頼性・利便性）を提供するかが企業戦略の焦点となっている。

従って、本論文のケースである多抓魚の中国展開は正にこの問題点を克服した好例である。結論からいうと、多抓魚は品質への不安や取引の煩雑さという中国 C2C 市場の弱点に対して、BOOKOFF 流の買い取りモデルを導入し信頼性を確保した。また、大規模なデータ分析とアルゴリズムによる価格査定システムを構築し、文芸的ブランドイメージを前面に出すことで差別化を実現した。これは、模倣と差別化を組み合わせた後発者優位の典型的事例として位置付けられる。

4 研究方法

本研究は、定性研究（qualitative research） のアプローチを採用している。具体的には、事例研究の枠組みを用い、多抓魚を中心としたビジネスモデルの進化過程を分析するものである。2025 年春には、上海市内にある多抓魚の実店舗を訪問し、店舗の立地、空間デザイン、商品陳列、価格設定などを詳細に観察した。また、現場スタッフおよび利用客に対して非公式インタビューを実施し、店舗運営や顧客行動に関する一次情報を収集した。これらの現地調査およびインタビューを通じて得られた一次データに加え、企業の公式情報、報道資料、業界レポートなどの二次資料を補完的に活用し、トライアングレーションを行った。

以上の方法により、本研究は、多抓魚の経営戦略を多角的に分析し、後発企業である同社がいかに模倣段階から差別化段階へと戦略的転換を遂げ、成功に至ったのかを明らかにすることを目的とする。

5 本論

（1）多抓魚の発展とビジネスモデル

多抓魚は 2017 年 1 月に北京で設立された。創業者の魏氏はアリババ系 C2C 中古プラットフォームに勤務していた経験を持ち、そこで二つの根本的課題に直面した。一つは、個人間取引における品質の信頼性不足である。出品される商品には偽物や劣化したものが多く、消費者は安心して購入できず、市場拡大の阻害要因となっていた。もう一つは、C2C の性格上避けがたい取引の非効率性である。出品・交渉・配送といったプロセスが煩雑であり、スムーズな取引体験を提供できなかった。

魏氏は、これらの問題を克服するには、従来型の C2C モデルではなく、企業自らが品質を担保する C2B2C モデルが必要だと判断した。すなわち、企業が個人から一括して商品を買い取り、検品・再生・再定価を行ったうえで再販売する仕組みである。このモデルは日本の BOOKOFF に代表される中古書籍ビジネスに倣ったものであり、模倣によって品質保証と効率性の両立を図った点に特徴がある。

多抓魚はまず中古書籍に対象を絞った。ISBN コードをアプリでスキャンすれば即座に査定額が提示され、利用者は不要本を無料集荷で手軽に現金化できる。回収された書籍は天津と昆山の倉庫で消毒・クリーニング・検品・再包装を経て市場に戻される。このプロセスにより、品質保証の問題を克服すると同時に、ユーザーは交渉や出品作業から解放され、効率的な取引体験を享受できるようになった。こうして短期間で数百万冊規模の流通を実現し、中古書籍市場で一定の地位を築いた。

本事業の成長は、戦略的な資金調達活動によっても大きく支えられた。2017 年のエンジェルラウンドを端緒として、経緯中国およびテンセントなど主要投資家からの出資を獲得し、企業評価額は 1 億米ドル規模に到達した。これらの投資家は、循環経済政策の推進という制度的背景の下で、同社ビジネスモデルが有する信頼性と効率性の両立可能性に注目し、その発展潜在力に高い期待を示した。

中国では年間 2600 万トン以上の衣服が廃棄されると推計されており、再利用の仕組みは未発達であった[6]。2019 年以降、多抓魚は書籍で確立したモデルを衣料品市場に拡張した。ここでも魏氏の課題意識は一貫していた。C2C 型中古衣料取引では品質保証の欠如と取引の煩雑さが大きな障害である。そこで同

社は、書籍と同様に企業が直接買い取り、厳格な基準で査定し、再販売する C2B2C モデルを導入した。偽物や劣化品、奢侈ブランドは排除し、扱うのは品質の確かなデザイナーズブランド中心とすることで、信頼性を確保した。さらに、アプリを通じた無料回収と迅速な査定・入金により、効率的な取引を可能にした。

販売戦略でも多抓魚は独自性を打ち出した。オンライン販売に偏重する中国市場の潮流に逆らい、上海や北京の繁華街に実店舗を展開したのである。おしゃれで高級感のある店舗設計により、中産階級の若年層をターゲットとし、安さではなく安心感とスタイルを訴求した。これにより、同社は単なる模倣から差別化へと一歩を踏み出した。書籍で培ったデータベースと価格アルゴリズムも衣料品に応用され、需要動向を踏まえた動的価格設定を実現している。

以上のように、多抓魚のビジネスモデル進化の軸は、創業者が直面した品質の信頼性と取引効率という二大課題をいかに克服するかにあった。

（2）経営戦略の分析

多抓魚の経営戦略を分析すると、ターゲット顧客層の明確化、差別化戦略の構築、そして物流・倉庫を基盤としたオペレーション能力の確立という三つの柱が認められる。これらはいずれも、中国市場特有の課題を克服するために策定された戦略であり、同社が模倣から差別化へと進展する上で中核をなす要素である。

・ターゲット顧客層の明確化

多抓魚社が狙う顧客層は、中国大都市に居住する若年層と新興中産階級である。この層は強い消費意欲を持ちながらも、サステナビリティ意識や個性的ライフスタイルへの関心を高めている。中国において中古品消費は長らく低所得者向けと見なされてきたが、環境配慮やファッション性を重視する若者にとって、中古品は安価な代替品ではなく、自己表現の手段となりつつある。多抓魚はこの変化を的確に捉え、安さよりもおしゃれ感や文化的雰囲気を前面に押し出すことで、他の中古市場プレイヤーとの差別化を図った。

・差別化戦略

多抓魚社の差別化戦略は、以下の三点に整理できる。

第一に、実店舗重視の方針である。中国の中古市場は EC 主流であり、アリババの閑魚（Xianyu）に代表される C2C プラットフォームが大きなシェアを占めている。しかし多抓魚は敢えてオフライン店舗を展開し、実際に商品を手に取り品質を確認できる環境を整えた。これは、中国消費者の中古品に対する信頼性への不安に応える戦略である。

2025 年春に実施した上海店舗での現地調査においては、同社の実店舗戦略を象徴する取り組みとして「詰め放題キャンペーン」が確認された。袋のサイズごとに価格が設定され、消費者は自らの予算に応じて選択する形式であった。観察された限りでは、若年層の来店者が仲間と協力しながら袋を効率的に詰める様子が多く見られ、写真や動画を撮影して SNS 上で共有する行動も確認された。これは単なる販売促進策ではなく、実店舗だからこそ可能な遊び心ある体験型イベントであり、オンライン完結型の EC プラットフォームでは提供し得ない価値を示すエビデンスといえる。

第二に、価格ではなく高級感の訴求である。従来の中古市場では安さが最大の魅力であった。しかし多抓魚は、商品セレクトや店舗デザインにおいておしゃれ感、安心感、スタイルを前面に打ち出した。上海店舗では、店内が高いデザイン性を備えただけでなく、ファッション史の展示や著名デザイナーの作品紹介イベントも開催されていた。実際、インタビュー調査においてスタッフはここは単なる中古品販売店ではなく、ファッション文化を伝える場でもあると述べており、来店者は展示を熱心に鑑賞・撮影し SNS で共有していた。これにより店舗は、商品購入の場を超えた文化発信・交流の場へと進化しており、オンライン競合との差別化に成功している。

第三に、データ駆動型の価格戦略である。同社は書籍市場で培ったアルゴリズムを応用し、数千ブランド・数万アイテムに及ぶ服飾データベースを構築している。需要が高い商品に対しては競合より高い買い取り価格を提示し、売り手のインセンティブを高める一方で、販売価格は市場動向に応じて動的に調整する。これにより価格の不透明性という中古市場特有の課題を克服している。

・物流・倉庫を基盤としたオペレーション能力

多抓魚のもう一つの強みは、物流・倉庫を統合したサプライチェーン能力である。天津と昆山に大型倉庫を設け、書籍・衣料品を一括して受け入れる体制を整え、商品の消毒・クリーニング・検品・再包装といった品質保証プロセスを標準化した。さらに物流を内製化・専属化することで、無料回収から再販までを一貫管理し、C2C プラットフォームにはない信頼性と効率性を実現している。

表 1　EC プラットフォーム型と多抓魚型の比較。

	EC プラットフォーム型 (閑魚・メルカリ等)	多抓魚型
取引形態	C2C(個人間取引)	C2B2C(企業が買い取り再販)
在庫	企業は在庫を持たない	企業が一括で在庫を保有・管理
収益モデル	制約手数料	買取価格と販売価格の差益
品質保証	出品者任せ、真贋リスク高	企業が検品・消毒・再包装
取引効率	出品・交渉・配送はユーザー負担	アプリ査定・無料集荷・迅速入金
消費者価値	安さ・多様性重視	安心感・高級感・文化体験重視
店舗展開	基本的にオンライン完結	上海・北京の繁華街に実店舗を展開
ブランド戦略	コミュニティ要素は限定的	デザイン性ある店舗、文化的価値を訴求

以上の内容から、多抓魚は従来の EC プラットフォーム型と比較すると、表 1 に示すように経営形態に独自の特徴を有していることが確認できる。すなわち、単なる模倣にとどまらず、

中国市場に適応した差別化要素を取り入れることで、独自の競争優位を構築している。

（3）経営戦略成功の基盤⇒人的資源管理と組織運営

多抓魚の差別化戦略を支える基盤は、人的資源管理（HRM）と組織運営にある。

第一に、人材採用の方針である。同社は適用人材の採用を重視し、名門大学出身者ではなく一般大学出身者で長期勤務が可能な人材を評価している。これは、販売ノウハウや店舗運営技術が属人的に蓄積される傾向を前提に、定着人材こそが知識とスキルを組織に残すという考え方に基づく。

第二に、教育・研修制度である。新人には 3 か月間の研修期間があり、OJT を中心に実務を通じて接客や商品知識を習得させている。これは現場主義的でありながら人材育成を体系化する日本的手法に近似している。

第三に、組織運営の仕組みである。多抓魚は社内に工会（労働組合）を設置し、従業員の意見を経営に反映させる体制を整えている。形式的で実効性に欠けると批判されがちな中国一般の工会とは異なり、同社の工会は実際に従業員の声を吸い上げ、労使関係の安定化に一定の役割を果たしている。このような仕組みは、むしろ日本企業に見られる協議的・合意形成型の組織文化に近く、中国における多くの日系企業が依然として形式的な工会制度に依存している現状と対照的である。

以上の点から、多抓魚は人的資源管理と組織運営を通じて戦略的基盤を確立していると評価できる。これは実店舗戦略や文化的価値訴求を支える見えざる競争力であり、差別化の持続可能性を保証する要因となっている。

このように、多抓魚は先行者である日本のモデルを模倣することで迅速な市場参入を果たしたが、その後は差別化によって独自の競争優位を確立している。本事例は、Lieberman & Montgomery の先行者優位・後発者優位論を補強する具体例であり、後発者は単なる模倣にとどまらず、市場環境に即した差別化戦略を採用することで、むしろ持続的な競争優位を形成し得ることを示している。すなわち、多抓魚のケースは模倣から差別化へという後発者戦略の典型的な進化パターンを体現している。

6　日本モデルとの関係

多抓魚のビジネスモデルは、日本の中古小売業の成功事例を参照しながら構築された。BOOKOFF からは古本回収・再生の C2B2C モデルを学び、セカンドストリートからは古着チェーン展開の仕組みを模倣している。しかし、多抓魚は単なる模倣に留まらず、中国市場に適合した形へと進化させた点に独自性がある。

第一に、取扱商品の選択である。セカンドストリートが幅広く古着やブランド品を扱うのに対し、多抓魚は奢侈ブランドを敢えて除外し、中産階級が安心して購入できるデザイナーズブランド中心に絞った。これは、真贋鑑定能力の限界に対応すると同時に、安心・信頼を重視する中国市場への適応であった。

第二に、店舗戦略である。BOOKOFF やセカンドストリートが日常的な利用可能性を強調した標準化店舗を展開するのに対し、多抓魚は上海や北京の繁華街に立地し、空間デザインや文化的イベントを組み込むことで高級感、文化的体験を前面に出した。これは日本モデルにはあまり見られない上位志向型の戦略である。

第三に、人的資源管理と組織運営においても、日本的経営との接点が認められる。前述したように、多抓魚は適用人材を重視し、長期定着によってノウハウを蓄積させる採用方針を取っていた。さらに新人に対する OJT 中心の研修制度や、社内に労働組合を設置して従業員の声を経営に反映させる仕組みは、中国的な形式的工会とは一線を画している。これはむしろ、日本的経営における現場重視の OJT 育成や企業内労働組合による労使協調に近いシステムであり、日系企業が中国で十分に根付かせていない仕組みを逆に中国企業が取り入れた事例といえる。

総じて言えば、多抓魚は BOOKOFF やセカンドストリートから事業モデルを模倣する一方で、中国市場の特性に適応する差別化戦略を展開し、さらに人的資源管理や労働組織の面で日本的経営を参照しつつ内面化している。これは模倣から差別化へという後発者優位戦略の一例であると同時に、日本的経営の要素が異なる文化・制度環境において新たに活用され得ることを示す重要な事例である。

以上の比較から明らかなように、多抓魚の発展過程は模倣から差別化への進化として位置付けられる。初期段階では、BOOKOFF やセカンドストリートの事業モデルを参照し、C2B2C 型の回収・再販システムを導入することで、品質保証と取引効率という課題を克服した。すなわち、多抓魚社の出発点は明確に模倣にあったといえる。

しかしその後、多抓魚は中国市場特有の制度環境や消費者特性に適応する形で、独自の差別化を進めた。奢侈ブランドを扱わない商品戦略、繁華街における高級感ある実店舗の展開、ファッション文化の発信拠点としての機能付与は、日本モデルには見られない特徴である。また、人的資源管理においても、日本的経営に類似した OJT 研修や企業内労働組合を自発的に導入し、従業員の定着を通じてノウハウの蓄積を図った点は、中国企業として独自性を持つ取り組みであった。

7　結論

本研究は、中国中古小売業における多抓魚社の事例を分析し、そのビジネスモデル進化を模倣から差別化への過程として位置付けた。創業者が C2C モデルの課題として認識した品質の信頼性と取引効率の低さを克服するために、BOOKOFF やセカンドストリートの C2B2C モデルを参照したことが出発点であった。その後、多抓魚は奢侈ブランドを除外する商品戦略、都市繁華街における高級感のある店舗展開、ファッション文化の発信、そして日本的経営に類似する人的資源管理と組織運営を通じて、差別化を遂げた。これにより同社は、中国市場における独自の競争優位を確立している。

（1）理論的意義

本研究の理論的貢献は、先行者優位論と後発者戦略論を架橋しつつ、後発企業の競争優位形成を明らかにした点にある。Lieberman & Montgomery が提示したように、先行者優位は技術的リーダーシップ、資産先取り、スイッチングコストによって形成されるが、それは恒久的ではなく、後発企業は模倣と差別化によって優位を覆す可能性を有する。本研究の分析は、Shankar, Carpenter & Krishnamurthi が指摘した革新的後発者の優位概念を補強し、後発者が模倣を基盤に差別化を通じて独自の競争優位を形成するプロセスを、中国中古市場の文脈で具体的に示した。特に、多抓魚の事例は、模倣と差別化の連続性を一つの戦略的進化パターンとして描き出す点に意義がある。

（2）実務的示唆

実務的観点からは、第一に、中国市場において中古品ビジネスの信頼性構築には C2B2C モデルが有効であることが確認された。単なるプラットフォーム型 C2C モデルでは解決できない品質保証と取引効率を企業が担保することが、中古市場の拡大に不可欠である。第二に、単に低価格を訴求するのではなく、高級感や文化的価値を付与することが、中産階級や若年層の需要を取り込む鍵となることが明らかになった。第三に、人的資源管理と労使協調システムは、戦略の持続可能性を支える基盤として重要である。特に、中国の日系企業が形式的工会に依存している現状に対し、多抓魚社の企業内労働組合的仕組みは学ぶべき点を提供している。

総じて、多抓魚のケースは、後発企業が先行モデルを模倣しつつ、差別化によって独自の競争優位を築く可能性を示すものである。同時に、この事例は日中両国の中古小売業に対して、信頼性、効率性、文化的価値、組織基盤という四つの次元で示唆を与えている。今後の研究課題としては、他の新興市場における C2B2C モデルの適用可能性や、人的資源管理が差別化の持続可能性に与える影響を、比較事例研究を通じてさらに検討する必要がある。

参考文献

1. 香川県産業振興財団,中国ビジネスニュース,2021 年 3 月.
2. Lieberman, M.B. & Montgomery, D.B. First-Mover Advantages, Strategic Management Journal, 9(S1). 1988.
3. Shankar, V., Carpenter, G. S., & Krishnamurthi, L. Late mover advantage: How innovative late entrants outsell pioneers. Journal of Marketing Research, 35(1). 1998.
4. Porter Prize, BOOKOFF Corporation Ltd., Institute of Strategy and Competitiveness, Hitotsubashi ICS, 2006.
5. 水野誠,大西浩志,澁谷覚,山本晶.デジタルメディア環境下の C2C インタラクション―研究動向の概観と展望. In:マーケティング・サイエンス,26(1); 2019.
6. 中国,年間 2600 万トンの不要衣類を廃棄 リユース率は 1%未満. 人民網日本語版. 2016.

Open Access This article is licensed under CC BY-NC-SA 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Individual optimization of distributed agents in large-scale intelligent control: A spatiotemporal performance analysis

Chaofeng Zhangi[1*] Peng Liu[2] Caijuan Chen[3] Gaolei Li[4]

[1] Advanced Institute of Industrial Technology, Japan
[2] Singapore Management University, Singapore
[3] National Institute of Informatics, Japan
[4] Shanghai Jiao tong University, China
*Corresponding author: Chaofeng Zhang, zhang-chaofeng@aiit.ac.jp

Abstract This paper investigates the spatiotemporal optimization mechanisms of distributed multi-agent systems (DMAS) in large-scale intelligent control scenarios. Building on the Actor–Critic reinforcement learning framework, the study models each agent's local decision process within both spatial and temporal domains, where performance evolution is influenced by the communication radius k and temporal horizon l. A closed-form analytical expression of performance gain $\Delta J_i(k,l)$ is derived to quantify the marginal and boundary effects of spatial expansion and temporal foresight. The results reveal three essential properties—monotonicity, diminishing returns, and nonlinear spatiotemporal synergy—indicating that while wider neighborhoods and longer prediction horizons enhance decision quality, their benefits gradually saturate. Simulation results based on mesh-topology networks confirm that performance improvement exhibits exponential convergence toward a theoretical upper bound. The proposed model provides a quantitative foundation for the design of robust, efficient, and scalable distributed intelligence in transportation, energy management, and industrial automation systems.

Keywords distributed multi-agent systems; spatiotemporal optimization; actor–critic learning; performance analysis; networked control

1 Introduction

With the rapid advancement of artificial intelligence (AI) systems, distributed agents have become a crucial component in achieving large-scale intelligent control and collaborative decision-making [1]. Whether in vehicular networks, traffic signal optimization, power dispatching, cloud resource allocation, or smart city perception networks and edge intelligence control, distributed agent architectures demonstrate remarkable potential [2, 3]. Compared with traditional centralized control models, distributed systems can perform local observation, information exchange, and autonomous decision-making based on network topology, maintaining high responsiveness and stability even under limited communication bandwidth and highly dynamic environments [4]. This structured intelligent paradigm has become the foundation for next-generation self-organizing and self-adaptive systems, providing theoretical support for building scalable and energy-efficient autonomous networks [5, 6].

The increasing attention to distributed agent research mainly stems from its outstanding advantages in security, scalability, communication efficiency, and real-time responsiveness [7]. Since each agent node can perform inference and policy updates locally, the overall system can significantly reduce communication and computation overhead [8]. Meanwhile, with the popularization of lightweight AI models and edge learning architectures, the local learning and decision-making capabilities of agent units have been greatly enhanced [9]. For instance, modular learning frameworks based on deep neural networks (DNNs) and convolutional neural networks (CNNs) can achieve high-precision perception and control tasks with limited computational resources [10]. Moreover, the recent deployment of large language models (LLMs) and multimodal cognitive networks at edge nodes enables agents to perform semantic-level understanding and multisource information fusion in complex environments, thereby achieving higher-level autonomous optimization and cross-domain collaboration [11]. These advancements highlight the adaptability and intelligence of distributed agents in future industrial IoT, vehicular networks, energy management, and public infrastructure scheduling [12, 13].

However, despite the maturity of theoretical frameworks and practical applications of distributed intelligent systems, several deep-seated challenges remain in their research and deployment.

First, there exists a persistent gap between local optimality and global optimality. In multi-agent systems (MAS), each agent makes decisions based on local observations and limited communication. Although such local optimization strategies can converge quickly, they do not necessarily correspond to the global optimum [14]. For example, in intelligent power grids, if each node independently adjusts its output solely based on its own power demand, it may reduce energy consumption in the short term but cause overall power fluctuation and network instability, ultimately compromising global efficiency. This inconsistency between individual rationality and system optimality represents a fundamental contradiction in distributed optimization, necessitating the introduction of reward sharing, neighborhood regularization, or graph-based coordination mechanisms to achieve local–global consistency [15].

Second, there is the trade-off between individual heterogeneity and system consistency. While the heterogeneity of distributed agents grants flexibility to the system, inconsistencies in local learning models or reward mechanisms may lead to policy drift [16]. In dynamic environments, such drift causes some nodes' update directions to deviate from the global objective, disrupting cooperative equilibrium. For instance, in distributed traffic signal control, if intersections independently optimize signal timing based on local vehicle flow without global coor-

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

dination, it may result in "green-wave misalignment" and fragmented traffic flow between regions, reducing overall throughput efficiency [17]. Therefore, it is essential to introduce consistency constraints, hierarchical coordination, or consensus-driven multi-agent reinforcement learning (MARL) algorithms to maintain global stability while preserving autonomy [18, 19].

Third, the issue of system robustness and fault tolerance remains critical. In real-world scenarios, distributed nodes may go offline due to communication failures, energy depletion, or hardware malfunction [20]. Such failures can disrupt network topology and trigger localized cascading degradation, leading to overloaded neighboring nodes and global performance decline. For example, in edge computing or unmanned system clusters, when several nodes disconnect, the remaining nodes must redistribute tasks, potentially causing delay accumulation and system imbalance [21]. Consequently, designing agent mechanisms capable of adaptive topology recovery, local redundancy computation, and collaborative fault tolerance is essential to ensure the long-term stability of distributed intelligent systems [22, 23].

These three challenges respectively correspond to the bottlenecks of distributed systems in terms of optimality, coordination, and stability, revealing the structural trade-off of distributed intelligence—how to maintain local autonomy and learning efficiency while achieving global consistency and system robustness.

Building upon the above context, this study aims to explore the temporal and spatial optimization mechanisms of distributed agents in large-scale intelligent control systems. The research objective is to construct an efficient optimization framework that balances real-time responsiveness with global performance through the dynamic equilibrium between local training and global coordination. First, this paper systematically elaborates on the update strategies and communication structures of agents under distributed learning frameworks, with emphasis on the roles of temporal evolution and spatial topology in decision convergence [24]. Second, through theoretical analysis, we derive the performance bound of agents approaching the global optimum under temporal unfolding and spatial diffusion conditions [25]. Finally, by integrating experimental results and visualized analyses, we demonstrate the performance evolution of distributed systems along the dimensions of temporal dynamics and spatial coupling [26]. This study provides both theoretical foundations and practical insights for the optimization design of distributed intelligent networks in transportation, energy management, and industrial control applications.

2 Learning Strategies for Distributed Models

In a typical distributed intelligent control scenario, the system consists of multiple agents with sensing, computing, and decision-making capabilities, denoted as the set $\mathcal{A} = \{1, 2, \dots, N\}$[26]. These agents form a network structure through a local communication topology $\mathcal{G} = (\mathcal{A}, \mathcal{E})$, where $(i, j) \in \mathcal{E}$ indicates an information exchange link between agent i and agent j. At each time step t, every agent i has a state, action, and reward represented as (s_i^t, a_i^t, r_i^t). Each tuple forms an experience sample for subsequent learning and updating. The global dataset of the system is expressed as:

$$\mathcal{D} = \{ (s_i^t, a_i^t, r_i^t, s_i^{t+1}) \mid i \in \mathcal{A}, t = 1, 2, \dots, T \}. \quad (2)$$

Scenario Description and Data Sampling

Taking a traffic signal control network as an example, the state of intersection i at time t can be represented as the local observation vector [27]:

$$s_i^t = [\rho_i^t, v_i^t, \omega_i^t]^T, \quad (3)$$

where ρ_i^t denotes the traffic density, v_i^t denotes the average speed, and ω_i^t denotes the average red-light waiting time.

The action space of agent *i* is defined as:

$$a_i^t \in \mathcal{A}_i = \{\tau^1, \tau^2, \dots, \tau_k\}, \quad (4)$$

where each τ_k represents a possible signal phase duration or switching action. The reward function r_i^t reflects the immediate effect of current decisions on traffic efficiency, formulated as:

$$r_i^t = -(\alpha_1 \rho_i^t + \alpha_2 \omega_i^t), \quad (5)$$

where $\alpha_1, \alpha_2 > 0$ are weighting coefficients balancing throughput and delay. Through continuous sampling and interaction, each agent *i* stores its local experience samples into a buffer $\mathcal{D}_i \subset \mathcal{D}$, which are later used for model updating.

Critic Function and Reward Modeling

To achieve both individual optimization and global coordination, this study employs an Actor–Critic (A–C) structure as the core of the distributed learning framework [28]. Each agent i contains two primary networks:

1) Actor network, parameterized by θ_i, responsible for generating the optimal action distribution under the current state.

2) Critic network, parameterized by φ_i, responsible for evaluating the expected spatiotemporal return of the policy.

Spatial Dimension: Considering the locality of the network structure, the critic function of agent i, denoted $C_i(\cdot)$, depends not only on its own state but also on the joint state set of its k-hop neighbors $s_\{N_i^k\}$, expressed as:

$$C_i(s_\{N_i^k\}) = E[\, \Sigma_{t=0}\hat{}\infty \gamma^t r_i^t \mid s_0\hat{}\{N_i^k\} = s_\{N_i^k\} \,], \quad (6)$$

where N_i^k denotes the k-hop neighborhood of agent i, and $\gamma \in (0, 1)$ is the discount factor. This function captures the local expected return under spatial coupling and the influence of

neighboring interactions on individual performance.

Temporal Dimension: To analyze the impact of temporal unfolding on policy performance, we define the cumulative reward over a time window of length l as:

$$R_i^{\{t,l\}} = \Sigma_{\{\tau=0\}}^{\{l-1\}} \gamma^{\tau} r_i^{\{t+\tau\}} + C_i\left(s_{\{N_i^k\}}^{\{t+l\}}\right). \quad (7)$$

That is, within a time horizon of l steps, the cumulative discounted rewards are aggregated along with the terminal spatial evaluation value. This formulation integrates temporal dependency and spatial correlation [29].

Local Loss Function and Global Constraints

Each agent i updates its parameters locally by minimizing its independent loss function L_i, ensuring policy improvement based on its own data [30]:

$$L_i(\varphi_i, \theta_i) = E_{\{(s_i, a_i, r_i) \sim \mathcal{D}_i\}} [(C_i(s_i) - R_i^{\{t,l\}})^2 - \lambda \log \pi_{\{\theta_i\}}(a_i \mid s_i) R_i^{\{t,l\}}]. \quad (8)$$

where the first term represents the critic error, and the second term represents the policy gradient ($\pi_{\{\theta_i\}}$ is the policy distribution), with $\boldsymbol{\lambda}$ as the balance coefficient. This function embodies the joint optimization principle of the traditional Actor–Critic framework.

Considering the coupling among multiple agents, both spatial and temporal factors can be incorporated into the loss function:

$$L_i'(\varphi_i, \theta_i) = E_{\{(s_{\{N_i^k\}}, a_{\{N_i^k\}}, r_{\{N_i^k\}}) \sim \mathcal{D}\}} [(C_i(s_{\{N_i^k\}}) - R_i^{\{t,l\}})^2 - \lambda \Sigma_{\{j \in N_i^k\}} \log \pi_{\{\theta_j\}}(a_j \mid s_j) R_j^{\{t,l\}}]. \quad (9)$$

Here, the update of agent i considers not only its own experience but also the k-hop spatial neighbors and l-step temporal feedback, thereby realizing a spatiotemporal coupled optimization mechanism.

Local Averaging and Global Consistency

To alleviate local estimation bias in distributed learning, we define a neighborhood-based local averaging function to approximate global consistency:

$$\hat{C}_i(s_t^{\{N_i^k\}}) = (1 / |N_i^k|) \Sigma_{\{j \in N_i^k\}} C_j(s_t^{\{N_j^k\}}), \quad (10)$$

where $|N_i^k|$ denotes the number of neighboring agents. This represents a weighted average estimation within the k-hop neighborhood, used to approximate the global value function $C_global(s)$. As $k \to K_{\max}$, the system approaches global consistency; conversely, when k is small, the system retains a higher degree of distributed independence. This formulation establishes a balance between global communication overhead and local learning precision.

In summary, the proposed critic function C_i simultaneously depends on the spatial dimension (k) and temporal dimension (l), forming a dual-scale (spatiotemporal) learning mechanism in the multi-agent network. The spatial dimension k determines the communication radius and coordination degree among agents, whereas the temporal dimension l reflects the foresight and stability of policies in dynamic environments.

By integrating these two features into the loss function, the distributed system effectively achieves a trade-off between local autonomy and global coordination, providing a theoretical foundation for subsequent performance analysis and convergence proofs.

3 Spatiotemporal Performance Analysis

Research Objectives and Problem Statement

Building on Section 2, we defined for each agent i the state s_i^t, action a_i^t, and reward r_i^t. We further characterized the collaborative decision-making mechanism over space and time by introducing the k-hop neighborhood state set $s_{\{N_i^k\}}$ and the cumulative return over a time window of length l, denoted:

On this basis, this section develops an analytical and simulation-friendly performance model to quantitatively assess how the spatial radius k and the temporal unfolding length l affect individual performance. The model provides theoretical support for the performance visualizations and parameter tuning presented in the subsequent experiments. Our research objective is as follows: under the unchanged definitions of Section 2, we conduct a simplified modeling of the spatiotemporal dimensions and derive a closed-form expression for the performance gain function $\Delta J_i(k, l)$. This enables us to reveal both the performance bounds and the growth trends induced by variations in k and l.

Spatiotemporal Performance Modeling

According to the definitions in Chapter 2, the spatiotemporal return of agent i can be expressed as:

$$R_i^{\{t,l\}} = \Sigma_{\{\tau=0\}}^{\{l-1\}} \gamma^{\tau} r_i^{\{t+\tau\}} + C_i\left(s_{\{N_i^k\}}^{\{t+l\}}\right), \quad (11)$$

where $\boldsymbol{C}_i(\boldsymbol{s}_{\{\boldsymbol{N}_i^k\}})$ denotes the critic function based on the k-hop neighborhood. If an ideal baseline with infinite time and global information is denoted as $\boldsymbol{J}_i^{\{\boldsymbol{opt}\}}$, then the deviation of actual performance from the ideal one can be decomposed into two components:

$$\varepsilon_i(k, l) = \varepsilon_s(k) + \varepsilon_t(l), \quad (12)$$

where $\boldsymbol{\varepsilon}_s(\boldsymbol{k})$ represents the spatial approximation error that decreases with the spatial radius k, and $\boldsymbol{\varepsilon}_t(\boldsymbol{l})$ represents the temporal truncation error that decreases with the time horizon l. To obtain a simulatable and monotonically decreasing form, an **exponential decay model** is adopted:

$$\varepsilon_s(k) = B_s e^{\{-\alpha k\}}, \quad \varepsilon_t(l) = B_t e^{\{-\beta l\}}, \quad B_s, B_t, \alpha, \beta > 0. \quad (13)$$

Here, α and β denote the convergence rates in the spatial and temporal dimensions, respectively. Accordingly, the performance improvement relative to the baseline is given by:

$$\Delta J_i^{+}(k,l) = A_s(1 - e^{\{-\alpha k\}}) + A_t(1 - e^{\{-\beta l\}}) + A_{st}\left(1 - e^{\{-\alpha k\}}\right)\left(1 - e^{\{-\beta l\}}\right), \quad A_s, A_t, A_{st} > 0 \quad (14)$$

where A_s, A_t, and A_{st} represent the maximum performance gains contributed by spatial expansion, temporal foresight, and their joint effect, respectively. This function characterizes three essential properties:

1）**Monotonicity** – performance never decreases as k or l increases;

2）**Diminishing returns** – the marginal gain gradually saturates as k and l grow;

3）**Spatiotemporal interaction** – the performance improvement exhibits nonlinear enhancement when both k and l increase simultaneously.

Discrete Performance Increment and Marginal Characteristics

To investigate the local trend of performance growth, consider the discrete performance difference under finite steps. Define the discrete growth rates as follows:

$$\Delta_k|_l(k) = \Delta J_i(k+1,l) - \Delta J_i(k,l) \quad (15)$$

$$\Delta_l|_k(l) = \Delta J_i(k,l+1) - \Delta J_i(k,l), \quad (16)$$

which represent the **marginal gains** achieved by expanding one spatial neighbor (at fixed l) or adding one temporal step (at fixed k), respectively. From Eq. (14), we obtain:

(Spatial one-step increment at fixed l)

$$\Delta_k|_l(k) = \left(1 - e^{\{-\alpha\}}\right)e^{\{-\alpha k\}[A_s + A_{st}(1 - e^{\{-\beta l\}})]} \quad (17)$$

(Temporal one-step increment at fixed k)

$$\Delta_l|_k(l) = \left(1 - e^{\{-\beta\}}\right)e^{\{-\beta l\}[A_t + A_{st}(1 - e^{\{-\alpha k\}})]}. \quad (18)$$

These equations indicate that both spatial expansion and temporal foresight exhibit exponentially diminishing marginal returns. When l is large, the marginal benefit of spatial expansion increases; when k is large, the marginal benefit of temporal extension also increases, reflecting the spatiotemporal complementarity. Furthermore, taking the second-order discrete differences with respect to k or l yields:

$$\Delta_k{}^2 \Delta J_i(k,l) = -e^{\{-\alpha k\}(1 - e^{\{-\alpha\}})^2[A_s + A_{st}(1 - e^{\{-\beta l\}})]} < 0. \quad (19)$$

$$\Delta_l{}^2 \Delta J_i(k,l) = -e^{\{-\beta l\}(1 - e^{\{-\beta\}})^2[A_t + A_{st}(1 - e^{\{-\alpha k\}})]} < 0. \quad (20)$$

These results confirm that the performance gain is strictly concave in both dimensions, meaning that the benefit from adding one more spatial neighbor or one more temporal step decreases progressively.

4 Spatiotemporal Performance Analysis

To facilitate experimental comparison, we consider a mesh network topology that expands along both the spatial radius k and temporal horizon l. Within this spatiotemporal range, the performance function of agent i is given by:

$$\Delta J_i(k,l) = A_s\left(1 - e^{\{-\alpha k\}}\right) + A_t\left(1 - e^{\{-\beta l\}}\right) + A_{st}\left(1 - e^{\{-\alpha k\}}\right)\left(1 - e^{\{-\beta l\}}\right),$$

where the parameters A_s, A_t, A_{st}, α, and β can be assigned specific numerical values according to the network topology and scenario. From Eq. (21), the following analytical results can be directly computed for simulation visualization.

The figure illustrates the performance improvement $\Delta J(k,l)$ of a single agent under varying spatial radius k and temporal unfolding length l. Brighter colors indicate greater performance gain. As observed, performance increases monotonically with k and l, but the incremental gain gradually decreases, exhibiting a typical law of diminishing returns. The overall trend validates the spatiotemporal synergistic effect predicted by Eq. (21):

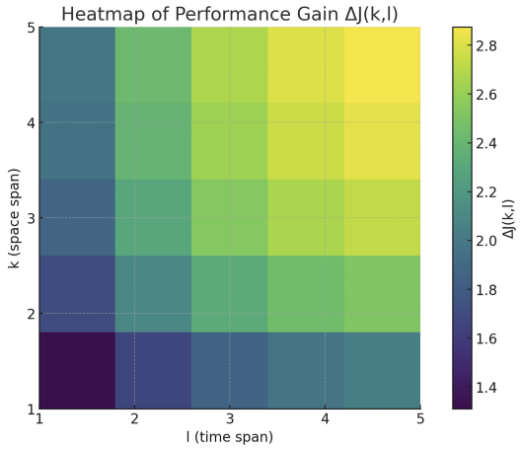


Fig. 1 Heatmap of Performance Gain.

when both spatial expansion and temporal foresight increase simultaneously, performance improvement is the most significant, whereas expanding either dimension alone yields limited benefit.

The performance difference caused by increasing the spatial dimension only can be expressed as:

$$\Delta J_i(5,l) - \Delta J_i(1,l) = \left(e^{\{-\alpha\}} - e^{\{-5\alpha\}}\right)\left[A_s + A_{st}\left(1 - e^{\{-\beta l\}}\right)\right] \quad (22)$$

This represents the magnitude of performance improvement obtained when expanding from a local to a wider neighborhood under a fixed time span l.

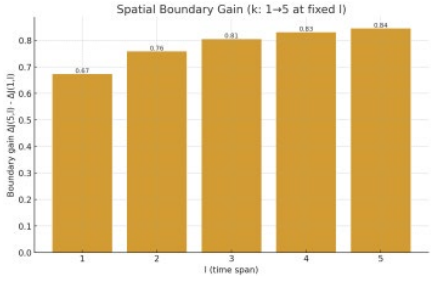


Fig. 2 Spatial Boundary Gain.

The results show that as the time horizon extends, the performance gain from spatial expansion gradually increases but

tends to saturate. When l is small, enlarging the spatial neighborhood significantly enhances local perception and decision-making. However, as l becomes larger, the performance increment stabilizes, indicating that with sufficient temporal information, further spatial expansion contributes little additional improvement. This finding is consistent with the theoretical expression of Eq. (22), revealing the "temporal attenuation of spatial gain" effect in spatiotemporal interactions, which provides practical guidance for optimizing neighborhood size in distributed agent design.

The performance difference resulting from increasing the temporal dimension only is defined as:

$$\Delta J_{\mathrm{i}}(k,5) - \Delta J_{\mathrm{i}}(k,1) = \left(e^{\{-\beta\}} - e^{\{-5\beta\}}\right)\left[A_{\mathrm{t}} + A_{\mathrm{st}}\left(1 - e^{\{-\alpha k\}}\right)\right] \quad (23)$$

This describes the improvement achieved by extending temporal foresight while keeping the spatial neighborhood fixed.

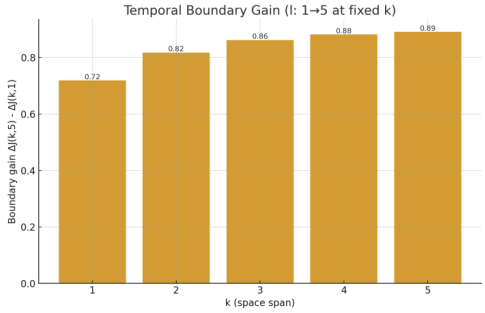


Fig. 3 Temporal Boundary Gain.

As observed, all resulting gain values are positive, indicating that extending the temporal horizon significantly enhances performance within a fixed spatial range. As k increases, the incremental gain approaches saturation, reflecting the diminishing returns behavior described by Eq. (23). This verifies the temporal saturation property of the model and confirms that spatial expansion and temporal foresight contribute synergistically but nonlinearly to the total performance gain.

To intuitively describe the performance relative to the theoretical upper bound, we define the normalized form:

$$\Delta J_{\mathrm{i}}(k,l)/(A_{\mathrm{s}} + A_{\mathrm{t}} + A_{\mathrm{st}}) = 1 - [(A_{\mathrm{s}} + A_{\mathrm{st}})e\hat{}\{-\alpha k\} + (A_{\mathrm{t}} + A_{\mathrm{st}})e\hat{}\{-\beta l\} - A_{\mathrm{st}}\, e\hat{}\{-\alpha k\}\, e\hat{}\{-\beta l\}\,] / (A_{\mathrm{s}} + A_{\mathrm{t}} + A_{\mathrm{st}}). \quad (24)$$

This expression is used to plot contour maps or heatmaps, visually illustrating how closely the performance approaches the theoretical upper bound.

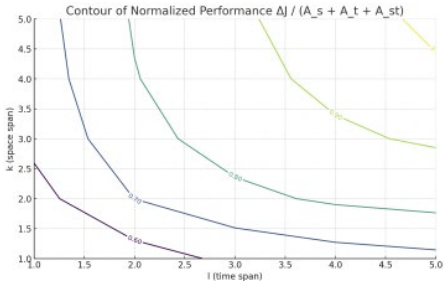


Fig. 4 Contour of Normalized Performance.

The figure depicts the normalized performance ratio of an agent under various spatial radii k and temporal horizons l, representing the proportion of performance achieved relative to the theoretical maximum $(A_{\mathrm{s}} + A_{\mathrm{t}} + A_{\mathrm{st}})$. It can be observed that performance gradually approaches the upper bound as both k and l increase. However, the improvement shows distinct substitutive and complementary effects between space

In summary, this chapter reveals the performance evolution trends and boundaries of distributed agents as the spatial radius k and temporal depth l increase.

5 Conclusion

This study establishes a unified analytical framework for quantifying the spatiotemporal performance of distributed multi-agent systems. By deriving explicit functions that characterize the relationships between spatial radius, temporal depth, and performance gain, the research clarifies how local autonomy and global coordination can be balanced through structural coupling in both dimensions. The theoretical results and simulation analyses demonstrate that the performance improvement follows an exponential saturation pattern, validating the proposed model's predictive accuracy. The findings provide valuable insights for designing adaptive, fault-tolerant, and energy-efficient distributed intelligent networks. Future work will focus on extending the model to heterogeneous agents and dynamic topologies, enabling real-time adaptive coordination under uncertain environments.

References

1. S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Pearson, 2021.
2. Z. Chen et al., "Distributed multi-agent learning for IoT-based cyber-physical systems," *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 3, pp. 2511–2524, 2023.
3. H. Yu, Y. Shi, and M. Wang, "Networked coordination in smart city agents," *Nat. Mach. Intell.*, vol. 5, pp. 1045–1055, 2023.
4. T. Chu, J. Wang, and L. Codeca, "Multi-agent deep reinforcement learning for large-scale traffic signal control," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 23, no. 6, pp. 5018–5030, 2022.

5. M. Liu, Y. Chen, and C. Wu, “Resilient distributed AI for large-scale networked control,” *Nat. Mach. Intell.*, vol. 6, pp. 1283–1295, 2024.
6. L. Busoniu, R. Babuska, and B. De Schutter, “Multi-agent reinforcement learning: An overview,” *Innovations in Multi-Agent Systems and Applications*, Springer, 2020.
7. H. Zhang et al., “Distributed control in multi-agent systems with limited communication,” *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 68, no. 5, pp. 2554–2569, 2023.
8. J. Li and H. Chen, “Communication-efficient MARL via topology-aware aggregation,” *IEEE Trans. Neural Netw. Learn. Syst.*, vol. 35, no. 2, pp. 389–401, 2024.
9. Y. Luo and X. Shen, “Edge intelligence for multi-agent collaboration,” *Proc. IEEE*, vol. 111, no. 1, pp. 23–41, 2023.
10. K. He et al., “Deep residual learning for image recognition,” *CVPR*, pp. 770–778, 2016.
11. T. Brown et al., “Language models are few-shot learners,” *NeurIPS*, vol. 33, pp. 1877–1901, 2020.
12. C. Wu, J. Yu, and Y. Wang, “Federated reinforcement learning for large-scale edge systems,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 7, pp. 5541–5555, 2023.
13. Y. Zhang, M. Tan, and K. Jiang, “Cooperative optimization in distributed reinforcement learning for smart grids,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 14, no. 2, pp. 1550–1564, 2023.
14. J. Li and X. Wang, “Graph neural MARL with consensus regularization,” *AAAI*, pp. 5461–5469, 2023.
15. X. Pan, L. Zhang, and W. Yang, “Adaptive coordination for heterogeneous agents,” *IEEE Trans. Cybern.*, vol. 54, no. 1, pp. 121–135, 2024.
16. T. Chu et al., “Large-scale traffic signal optimization via MARL,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 23, no. 6, pp. 5018–5030, 2022.
17. H. Yu, Z. Chen, and W. Yang, “Consensus-based MARL with adaptive communication,” *IEEE Trans. Neural Netw. Learn. Syst.*, vol. 35, no. 1, pp. 223–236, 2024.
18. Y. Liu, C. Zhang, and J. Wang, “Hierarchical coordination in decentralized reinforcement learning,” *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 68, no. 9, pp. 5132–5146, 2023.
19. X. Guo and T. Lin, “Resilient MARL under communication failures,” *IEEE Trans. Cybern.*, vol. 54, no. 3, pp. 987–999, 2024.
20. R. Wang, F. Qian, and H. Zhao, “Adaptive fault-tolerant edge coordination,” *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, vol. 21, no. 2, pp. 1390–1405, 2024.
21. J. Li, S. Zhang, and X. Shen, “Fault-tolerant federated learning with dynamic edge topology,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 11, no. 4, pp. 3412–3425, 2024.
22. M. Liu, Y. Chen, and C. Wu, “Resilient distributed AI for large-scale networked control,” *Nat. Mach. Intell.*, vol. 6, pp. 1283–1295, 2024.
23. F. Wang, Y. Xu, and T. Huang, “Spatiotemporal representation learning for distributed agents,” *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 36, no. 2, pp. 254–269, 2024.
24. J. Chen and Z. Zhou, “Temporal-spatial credit assignment in multi-agent systems,” *NeurIPS*, pp. 17822–17835, 2023.
25. Q. Luo, L. Liu, and H. Zhao, “Performance analysis of distributed learning over dynamic networks,” *IEEE Trans. Netw. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 3, pp. 1641–1654, 2024.
26. L. Busoniu, R. Babuska, and B. De Schutter, “Multi-agent reinforcement learning: A survey,” IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. 38, no. 2, pp. 156–172, 2023.
27. T. Chu, J. Wang, and L. Codeca, “Multi-agent deep reinforcement learning for traffic signal control,” IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 23, no. 6, pp. 5018–5030, 2022.
28. R. Sutton and A. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, 3rd ed., MIT Press, 2023.
29. W. Xu, K. Zhang, and T. Basar, “Graph reinforcement learning: Foundations and advances,” Proc. IEEE, vol. 111, no. 1, pp. 97–118, 2023.
30. H. Yu, Y. Shi, and M. Wang, “Spatiotemporal coordination in multi-agent learning,” IEEE Trans. Cybern., vol. 54, no. 2, pp. 1135–1150, 2024.

アーキテクチャトラップに関する一考察

A study on architecture traps

吉田 敏[1*] 賀来 高志[1] 馬 瑞潔[1] 袈裟丸 梨里子[1] 島田 ひかる[1]

Satoshi Yoshida[1*] Takashi Kaku[1] Ruijie Ma[1] Ririko Kesamaru[1] Hikaru Shimada[1]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology

*Corresponding author: Satoshi Yoshida, yoshida-satoshi@aiit.ac.jp

Abstract This paper examines the concept of architecture, which has been used primarily in management studies but also in engineering and sociology. This concept focuses on the interdependencies of components when artifacts are created, enabling the interpretation of the characteristics of the designer's philosophy. Within typical economic activities, there is an aspect where all created artifacts are designed based on somewhat biased design philosophies, often without the creators themselves being consciously aware of it. These artifacts encompass everything conceived and created by humans, ranging from primary business targets like products and services to information, systems, and solutions. Consequently, across various industrial sectors, we frequently observe situations where competition unfolds to create superior offerings, or conversely, where companies persist in unwinnable contests. Here, amidst the prevailing sense of stagnation in various domestic industries, we will carefully examine the "tendencies in the design philosophy of creators" – a potential contributing factor to this stagnation – utilizing architectural concepts. Crucially, if creators continue to produce objects based on their own unique design philosophies without conscious awareness, what must they know, and what must they be mindful of? However, it cannot be denied that such points have not been clearly discussed until now. The purpose of this paper is to confront these issues head-on, discuss key points requiring attention, and suggest possible directions.

Keywords architecture trap; artifact; integration; modular; design information

1 はじめに

本稿では，経営学を中心に工学や社会学でも使われてきたアーキテクチャという概念[1]について取り上げたい．この概念は，人工物が創られるときに構成要素の相互依存性に着目し，そのつくり手の設計思想の特性を読み解くものである．

通常の経済活動の中では，つくり手自身も自分の特性を理解しないまま，ある程度偏った考え方によって，創り出す全ての人工物を設計しているのではないだろうか．この人工物とは，製品やサービスなどの事業の主対象から，情報，システム，ソリューションなどの，人間が考案して創り出す全ての対象を含むものである．このある程度偏った考え方による事業展開により，様々な産業領域において，優位性を持って対象をつくる競争を展開する場合や，逆に，勝てるわけの無い競争を続けていく場合など，多くの状況を散見することになる．

ここでは，昨今，国内の各産業で閉塞感が漂う中，その原因の一部となっている可能性がある「つくり手の設計思想の傾向」を，アーキテクチャ概念を活用しながら，注意深く読み解いていく[1]．特に，つくり手は，自覚の無いまま独自の設計思想に基づき対象をつくり続けるとしたら，何を知らなければならず，何に気を付けなければならないのかが重要な点になってくるはずである．しかし，このような点について，これまでは明確に議論されてこなかったのではないだろうか．本稿の目的は，このような点について正面から向かい合い，対応すべき要点を議論し，考えられる方向性を示唆することである．

2 設計思想とアーキテクチャ

2.1 つくり手の設計思想

全ての人工物は，人によって設計され，人によってつくられることになる．そのとき，つくり手は，自分の考え方に沿った形で設計をまとめ，その設計の内容を実現するためのプロセスを考案し，対象をつくっていく．このときの設計内容やプロセスを創るための「自分の考え方」とは，どのような特性があるものであろうか．論理的に解かない限り，明快には説明しきることが困難である面は無いだろうか．ここでは，この「自分の考え方」を，つくり手の「設計思想」とし[1]，考察を加える．

以上の内容を，つくり手の設計思想を中心に出来上がった対象を中心に再考する．何らかの人工物が創られるとき，つくり手の設計思想によって，出来上がる人工物の特徴が異なる．例えば，「これはA社らしい製品だ」とか，「やっぱり日本のサービスは良い」などと感じるときはあるのではないだろうか．これらの感覚は，多くの受け手で共通した感覚である．しかし，それを言語で説明しようとしても上手く表現しきることが難しく，「ものづくりの極み」とか「おもてなしの素晴らしさ」などの，少々抽象的な表現を用いて，感覚的に納得しようとしてきたのではないだろうか．要するに，これらの内容について，核心的なところには触れず，全容もよく把握できていないまま，放置してきた面があったのではないだろうか．本章では，この設計思想について，一つの視点から論理的に考察していく．

つくり手の対象を創り出す思想について，先行研究による様々な視点から見たいくつもの考え方を学ぶことができる．ここでは，代表的なものとして，構成要素の相互依存性に着目した考え方に基づいて議論していく[2,3]．この考え方は，創られる人工物は，複数の要素でできているということを前提とし，それらの要素間の関係性に着目したものである．実際の製品などの人工物の要素数はかなり多そうである．例えば有形の製品を前提に部品数を要素数としてみても，ある種の自動車では数万点の部品，ある種の飛行機では数百万点の部品でつくられているといわれている．また，これらの製品は，有形の部品だけで成り立っているわけでなく，制御システムを含むソフト面の要素も含まれることになる．逆に，たった一つの要素でつくられる製品は少ないと考えられる．

このように複数の構成要素によって対象をつくり上げるとしたら，その要素間をどのように調整するかによって，出来上がる対象の特性に差異が生じることになりそうである．対

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

象をつくり上げるとき，この構成要素間の調整に関し，二つの考え方が成り立ちそうである．一つの考え方としては，要素間を微調整しながら，全体を最適化するという方向性があげられそうである[4]．また，別の考え方としては，関係の強い要素間を結び付けて塊をつくっていき，塊の最適化を優先する考え方もあげられそうである[5]．先行研究では，前者の場合は，全ての構成要素の相互調整を繰り返すことによって全体のパーフォマンスを引き上げる方向性となり，後者の場合は，合理的な塊のつくり方によって全体の複雑性を抑える方向性となると指摘されている[2-6]．また，前者を「インテグラル型」または「擦り合わせ型」，後者を「モジュラー型」または「組合せ型」とされている[1-6].

2.2 設計思想の地政学的側面

興味深い点が，ここで指摘している設計思想について，地域や国ごとに明確な傾向があるという示唆が存在するという点である[1].

日本における傾向については，基本的に多くの場合の設計思想がインテグラル型であるとされており，オペレーション重視型とされている[1]. これは，実際に対象をつくる段階で，微調整を繰り返しながら，徹底的なつくりこみが行われる特徴を指摘しているものである．例えば，有形の部品や素材によって出来ている製品を取り上げ，つくられた製品の構成について観察すると，性能や品質を上げるために部品や素材の相互調整が高いレベルで進められ，全体のパーフォマンスを引き上げていることが理解できることになる[6]．また，液体製品やサービス製品などの場合，出来上がる製品の構成は，単純な観察では理解しにくいことになる．しかし，それをつくるプロセスにインテグラル型の特徴を理解することになる．つくるための一つ一つのプロセスは，明確に独立しているというより，相互に微調整を必要とするような特徴があり，それによって全体のパーフォマンスを高くしていると解釈できることになる[6].

米国・中国・韓国は，モジュラー型の傾向があるとされている[1]．それぞれの有形の製品の構造を解析すると，確かにモジュラー型の傾向が認められることが多いと考えられる．ただし，それぞれが異なる面も持っており，米国がつくる方向性やつくるマネジメント面に強い特徴を持つモジュラー型の傾向があり，中国が情報や労働力の集約に基づいたモジュラー型の傾向を持ち，韓国は資本と判断力の集中をベースとしたモジュラー型という特徴があるとされている[1].

各地域・各国で，事業経営者・製品企画者・製品設計者・生産管理者・販売促進管理者などがどのような考え方でオペレーションを進めているのか，各オペレーションがどのような構成になっているのか，それらの改善の仕方がどのようなプロセスで進められているのか等について，調査することにより，その組織の設計思想の傾向を把握することができると考えられる．ただし，その傾向が把握されている組織は先行研究の範囲に留まり，その結果として全体の傾向が理解されている国や地域も限られており，限定的な知見だけが存在するといえる．また，調査が進められた産業領域についても，限定的な範囲となっており，一部の産業領域に限られていると言わざるを得ない．また，この理論によって議論がなされていない経済的な活動の分野を考えてみると，かなり多くの対象が浮かぶことになる．学術領域で分類して考えても，医学・薬学・農学・法学・文学・教育学・芸術学・体育学などにおいては，殆どこのような視点の議論がなされていないのではないだろうか．人間が何かをつくるとき，何かをしようとしているとき，必ずこの視点の議論が意味を持つことになると考えられる．このような，この考察が進められていない状況については，不可思議であると言わざるを得ない.

2.3 アーキテクチャの様相

製品やサービスを主体的に考え，その構成や生産プロセスを読み解いていくと，異なる側面が見えてくる．違う言い方をすれば，つくり手の設計思想に基づく創造の結果として，製品構成や生産プロセス構成が生まれるが，そこに対象ごとに読み解くべき特性が表出する可能性があるということである．先行研究で，一つ一つの製品やサービスを取り上げたとき，その対象独自のアーキテクチャの傾向が理解できるということである[1,6-8]. 例えば，ガソリン車がインテグラル型，デスクトップ PC がモジュラー型の設計思想でつくられる傾向があるということである．これは，それぞれの対象に求められる機能の複雑性や，対象領域の技術的な熟成度などにより，対象ごとに優位性があるつくり方が明確になり，産業領域全体で同じ傾向が表出してくる面があると考えられる．ガソリン車は，多くの部品を擦り合わせながら微調整を繰り返し，求められる各機能のために性能を引き上げながら，乗る人のための空間を広く快適にするために，多くの努力が繰り返されていると考えることができるのではないだろうか．一方，デスクトップ PC は，全体の大きさはある程度の許容範囲が認められながら，供給する機能を明確化しながら，各機能を独立した部品によって構成できており（演算処理機能は CPU，記憶機能はメモリ，入力機能はキーボードなど），その標準化された部品を選択しながら寄せ集めることによって，必要とされる製品をつくり上げることができる．要するに，製品分野ごとに，多くのつくり手に共通する設計思想が存在するということである.

ここまで述べてきた通り，つくり手の設計思想によってさまざまな対象はつくられ，その特性が，地域ごとに，製品領域ごとに，異なる内容で表出することになる．その関係性をまとめたものが図 1 である.

前項で触れたように，対象が部品などの組み合わせでできている製品の場合は，それらの部品のストラクチャーを観察することによってアーキテクチャのタイプが理解できる面がある．この視点を，先行研究では「製品アーキテクチャ」と呼んでいる[1,6]．また，つくるプロセスを観察し，そこに存在する相互調整に関する特徴を把握していくことを，先行研究では「プロセスアーキテクチャ」と呼んでいる[1,6].

ここでは，これらに加え，「設計内容」に着目することを提案したい．つまり，何らかの人工物が生み出されるとき，設計され，つくるプロセスが考えられ，生産されていく，とい

うことが常に行われていることに注目するということである．このとき,「設計内容」について, 少々丁寧に解釈していくと，設計するための条件を整理し，その内容に沿って設計をまとめる，という二つの側面があることに気づく．要するに，つくり手によって，設計条件と設計内容がつくられていくことが理解できる．そのため，ここでは，つくり手によってまとめられた設計条件のストラクチャーと，それに基づいてまとめられた設計内容のストラクチャーとが，考察対象として重要であるという提案をしたい．本稿では，前者を「設計条件アーキテクチャ」，後者を「設計アーキテクチャ」とおき，議論を進める．これらをまとめたのが，図 2 である．なお，本稿では，先行研究の内容を中心に，「製品アーキテクチャ」と「プロセスアーキテクチャ」を議論し，他の二つの様相は他行に譲るものとする．

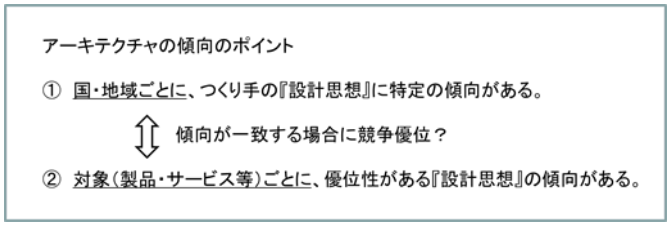


図 1　設計思想の地域ごとのつくり手特性と製品特性

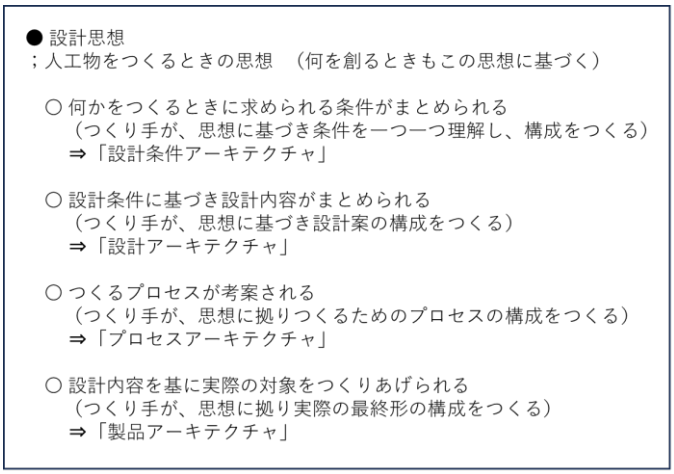


図 2　設計思想の各様相の整理

2.4　アーキテクチャのダイナミクス

先行研究では，アーキテクチャのダイナミクスという概念が示されている[6,9]．これは，有形の製品領域において，主要と考えられる製品構成が年代と共に変化していくことを指摘したものである．当初は合理的な切り分け方などが理解できていないためにインテグラルの製品構成が主流であり，年代と共に合理的な切り分け方が理解されることによりコストの抑制などの生産合理性があるモジュラーの製品構成に移行していくことが示唆されている．また，その後，主要な設計条件が変更されるとき，再度，合理的な切り分け方が理解できなくなりインテグラル化し，年代と共に，整理されてモジュラー化していく，という内容である．

この現象については，まさに指摘されている通りのことが広い範囲で起こっていることが自明であると考えられる．ある程度前の年代では，部品ごとの微調整が繰り返されることによって初めて必要な仕様が達成できたが，今日では，標準部品の寄せ集めで必要な仕様が達成できるものは，周囲を見回しても散見される．例えば，モニタ，デスクトップ PC や多くの家電品など，製品アーキテクチャがインテグラル型からモジュラー型に移行したものは少なくない．

このダイナミクスに関する一般化をしたものが，図 3 となる[6,9]．この図で，横軸は，対象の開発における時間的経過を指し，縦軸は，上部がアーキテクチャのインテグラル型の傾向，下部がモジュラー型の傾向を指すものである．当初，製品等が初めて開発されたときは，製品アーキテクチャにインテグラル型の傾向が生じ（Ti），その後モジュラー型への移行が始まり（T1），モジュラー型として安定することになる（Tm）．その後，主要な前提条件が変更されることが起こると，場合によっては標準化されたつくり方が根本から検討され直すことになり，インテグラル型の製品アーキテクチャが用いられることになる．

つまり，対象の主な製品アーキテクチャについては，経時的に変化していくことが示されていることになる．ただし，この周期の長さについては，対象の特性によってかなり差異が生じることになる．また，モジュラー型からインテグラル型への移行は，不確実性に基づくものであり，定期的に起こるとは言いかねる面が含まれている．

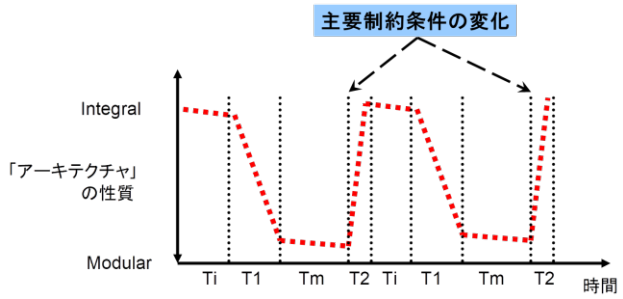


図 3　アーキテクチャのダイナミクス（[6]に加筆）

2.5　ダイナミクスによる優位性の変化

ここまでの議論により，つくり手は『設計思想』に基づく独自のアーキテクチャの傾向を持ち，対象ごとに優位性のあるアーキテクチャの傾向があることが理解できる．また，つくり手側のアーキテクチャの傾向は変化することが考えにくく，対象のアーキテクチャの傾向は変化していくことも理解できたといえる[1,6,10]．

ただし，先行研究の指摘の範囲以上に，このような現象は多くの範囲で起こっていると考えられる．まず，プロセスアーキテクチャについても，当初は多くのプロセスで微妙な調整が必要であったものも，年代と共に標準的なプロセスの組

み合わせで必要な内容をつくり上げることができている製品領域は少なくないと考えられそうである．例えば，前述のモニタやデスクトップ PC などの領域では，部品が標準化されていることから当然の流れと理解できる面があるが，当初は微妙な調整が必要だったプロセスが，標準部品の寄せ集めを行うプロセスへと変更されてきていることは理解しやすい．

ここでは，先行研究に加え，二つ加えておきたい．一つ目が設計条件アーキテクチャのダイナミクスである．設計条件は，情報や知識などによって構成される人工物であり，つくり手によってつくられる対象の一つである．設計条件は，単に与えられる条件ではなく，つくり手によって，多くの要素が理解され，解釈され，ストラクチャーを構築されていくことになる．このストラクチャーは，つくり手ごとに異なることになり，以降の工程に深く影響を与えることになる．この理解や解釈も，新規性が高い製品分野などでは，複雑性を抑えることが難しく，インテグラル型になる可能性が高いと考えられる．そして，その後，複雑さを抑制する方向として，解釈の仕方が標準化に移行していくことが想定される．もう一つが，設計アーキテクチャである．設計内容は，設計図や仕様書などにまとめられていくことになる．これは，設計条件に基づき，つくり手がつくり上げる情報と考えることができるが[10]，その内容も様々な塊や階層が存在し，他の様相と比較しても，基本的に同じ構造の議論ができると考えられる．例えば，よく言われる「設計の標準化」などは，設計の各階層がモジュラー化していることを表すことが多いと考えることができる．

図 2 で挙げた 4 つのアーキテクチャについて，製品などの対象について考えると，新規性が高い場合は，いずれもインテグラル型の可能性が高いと考えることができそうである．これは，当初から，合理的な塊を設計することが困難な面，複雑性を抑えるのが困難な面，標準化を推し進めるのが困難な面を回避することが難しいと考えられ，全ての階層で微調整が進み，インテグラル型を帯びることが想定できると考えられる．また，これらは，つくり手によって対象への理解が進むことによりモジュラー化が進むことも想定できる[10].

一方，ここでの視点から，つくり手の設計思想の傾向について考えてみたい．何らかの対象を初めて設計するとき，対象がある程度複雑なものであれば，設計条件をどのように整理し，解釈すれば良いか，想定することは難しく，複雑性を抑えることなく対処することになると考えられる．また，そのような設計条件に基づき，設計案をつくり，つくるためのプロセスを設計し，生産していくとき，各工程で合理的に複雑性を抑えながらまとめることは困難な状況になると考えられる．そして，つくり手側が，設計も生産も熟練している場合，各様相で同じようなアーキテクチャが表出することが当然であるという仮説は立ちやすい．しかし，各様相のアーキテクチャを確認してみると，地域別に異なることが指摘されており，それは年代と共に変化しない傾向がある[6,9,10].

これらのことから，製品やサービスなどの各対象領域において，年代ごとに優位性があるつくり手が変化していく可能性があることが示されることになる．対象領域で主要なつくり方がインテグラル型である場合，インテグラル型の設計思想の傾向があるつくり手が優位であり，年代と共に主要なつくり方がモジュラー化していく場合，モジュラー型の設計思想の傾向を持つつくり手が優位な状況へ移行していくということになる．

実際の製品領域をみていくと，確かに，国際的に活躍していたのが 30 年位前には日本企業だったが，現在は米国企業・中国企業・韓国企業などになってきている製品領域は，少なくないことが理解できる．先行研究が行われている領域では，確かに製品アーキテクチャもモジュラー化しており，実際の傾向は明らかにここでの仮説通りとなっている[1.11-13].

3　アーキテクチャトラップへの対応

3.1　実際の経済活動における「アーキテクチャトラップ」

本稿では，つくり手が意識せず，つくり手の設計思想によるアーキテクチャの傾向と，つくる対象の優位性があるアーキテクチャの傾向とが，異なる場合に引き起こされる現象を，「アーキテクチャトラップ」とする．この状況は，つくり手側が最善を尽くす意思を持ちながら努力をしても，必要な方向性とは異なる方向性の努力を積み重ね，期待される結果とは乖離することになる．この現象が起こる背景には，ここまで議論してきた通り，インテグラル型の設計思想を持つつくり手は，対象をつくり上げるために，疑問を持つことなく，まっしぐらに微調整を繰り返しつくり込んでいくことがあげられる．その過程の中では，つくり手は目の前の課題に対して最高の答えを出そうとし続けるわけであり，インテグラル型の設計思想を持つつくり手であれば，部分的にもモジュラー化させる強い志向は無く，インテグラル型の答えを出し続けようとすることになるわけである．モジュラー型の設計思想を持つ場合も同様である．徹底的にモジュラー型の答えを出し続ける傾向があると考えられる．

現在，産業領域・製品領域を個別に考えると，少なくない領域においてインテグラル型の競争優位性が減少する可能性が考えられる．主な理由の一つとしては，基盤的技術の急激な発展が考えられる．コンピュータに代表される演算処理技術については，言及するまでもなく，年々急激な発展をし続け，少し前の最高度の機種の能力が，現状の普及版機種の能力より劣るような状態が繰り広げられている．また，通信技術や AI も急激に発展し，モノやシステムをつくるための基盤的な技術が飛躍的に変化していることが理解できる．このことは，個々の製品領域で見てみると，インテグラル型からモジュラー型へのダイナミクス（図 3 の T1）の期間が短くなっていくことが考えられることになる．

例えば，外壁や内壁に使用される建材タイル製品領域では，微妙な材料と焼き方の使い分けなどでテクスチャーに関する品質を上げるインテグラル型の傾向が続いてきた中，高度に発展したプリンタ技術による表面印刷の影響で，かなり短期間で業界中のモジュラー化が起こった．このことは，国内のタイル産業に大きな影響を及ぼしたのは言うまでもない．このような状況は，多くの製品領域で確認できる可能性が高い

と考えられる．このとき，国内組織はどのような対応をすることになるのであろうか．タイル産業領域では，撤退や我慢などのキーワードが聞こえてくることになる．新しい戦略の策定などが望まれると考えられるが，タイル産業でもかなり大きなサイズのタイルによる意匠性の高い製品の考案など，動きはみられる．ただし，たった二つの基本的なこと，「ユーザー側が本当に求めていることの実現」，「つくり手としての自組織の強さの活用」を実行することが極めて難しいことが理解される．

ただし，モジュラー型の設計思想の傾向を持つ組織でも，同様のアーキテクチャトラップに当たることは起こっているわけである．例えば，鉄鋼製品領域では，1980 年代以降，韓国企業が，他国から技術移転を活用して規模を拡大してきた面があったようである．しかし，建設用資材などの汎用グレードのキャッチアップは早かったものの，自動車用の防錆鋼板などの，工程の中で鉄の状態を最適制御しないと加工性・防錆性が実現しないような製品領域では，長い期間後塵を拝することとなったようである[7]．これは，前者がモジュラー型の製品領域であり，後者がインテグラル型の製品領域であったと考えることが出来そうであるが，モジュラー型が得意なつくり手は，このような技術移転の中でもモジュラー型のつくり方・考え方を継続することになる傾向があるようである．そのため，モジュラー型の設計思想の持ち主は，ある製品領域でインテグラル型の設計思想によって様々な擦り合せや微調整が行われていたとしても，モジュラー型の製品構成や生産プロセスを創り出し，結果としてインテグラル型が優位な製品領域ではある期間は悪戦苦闘が続くことになると考えられる．

3.2　インテグラル型のアーキテクチャトラップ

多くの国内企業は，インテグラル型の組織的な設計思想を持っている場合，インテグラル型のアーキテクチャトラップに直面している可能性が考えられそうである．

国内の有形の製品をつくっているいくつかの企業で，共通する傾向があることが認識できたため，ここでまとめておく．それらの企業の対象産業領域は，機械，自動車，電子部品，印刷，陶磁器，ガラス，建築，建材，家具等となっている．

まず，このような有形の製品をつくる以上，つくり手は，対象を企画し，設計し，生産していくことになる．また，マーケティングをし，販売促進し，メンテナンスの対応面を用意していくことになる．このような中で，国内各社に共通していたものとして，技術力の強さと製品品質の高さについて，極めて大きな信頼感と自信を持っている傾向であった．たしかに，これらの企業の製品は，各製品領域で影響力を持つような高いレベルにあるものであり，場合によっては国際的にも品質レベルで優位性を持つものも少なからず含まれている．特に，つくられた製品の物理的構成と，生産するためのプロセス構成については，高い構成要素相互依存性が認められ，強いつくり込みの傾向が確認できる内容であった．

次に，傾向として認められたのが，事業展開の方向性を議論していく組織内の機能の不在である．通常，事業展開の策定を行う機能として，経営側のボードメンバーによる会議体が考えられる．しかし，国内企業の共通した傾向といえそうであるが，ボードメンバーは各部門のリーダーが集まった構成となっており，事業展開を戦略的に策定する専門家が含まれていないことになる．現行のこのような会議体は，現状の事業的強みを合理的に堅持することは精度高く可能であると考えられ，これまで培った組織的能力を連続的に発展させるためには的確なメンバー構成である．そして，良い形で連続的な発展を実現してきた中では，極めて重要な機能を担ってきた．ただ，もしも，事業展開や製品創造の方向性を根本的に見直す必要があるとしたとき，このようなメカニズムは課題を抱える可能性があるのかもしれないとも思える．

これまでの議論から考えていくと，上記のようなインテグラル型の設計思想を持つつくり手の傾向として，対象の継続的なつくり込みの強さと，対象の方向性の戦略的な変更に関する困難さとが，表出することは，不自然ではないのかもしれないということになる．その理由として，インテグラル型の設計思想の場合，検討対象となるすべての要素をできるだけ擦り合わせ，全体のパーフォマンスを上げる方向で設計情報を創り上げていくことが中心となり，対象要素を戦略的に意図をもって切り分けていくような方向性は薄く，このような点がデメリットとなりえるからである．このような設計思想は，製品などの構成や，つくるためのプロセスについて，できるだけ微調整してつくり込むことになり，国内のリーディング企業は他の追従を許さないインテグレーションが達成される事例も少なくないと考えられる．それにより，高い製品品質，堅強なつくる生産プロセスなどの実現があったと考えられる．一方，それまでの方向性を見直す必要性，製品の目的や生産工程の変更や見直しなどの必要性が生じたとき，戦略性をもって対応できるかどうかに課題が生じる可能性があり得ることになる．モジュラー型の設計思想の場合，対象要素をどのように合理的に切り分けるかを，常に優先的に検討し続けると考えられる．この場合，製品の目的や方向性や，生産システムの発展の方向性を，飛躍的かつ戦略的に発展する可能性について継続的に検討することになる面が生じる．逆に，インテグラル型の設計思想の場合，このような面について検討する思考が薄く，継続的な徐々なる発展に重心がおかれる可能性が高くなる面が否定しきれない．

これらから，インテグラル型の設計思想を持つ組織体のアーキテクチャトラップとして，製品や生産プロセスのつくり込みに集中し，市場の要望や技術の合理性などの面から方向性の変更が欲せられるときに，対応に関する課題があることが考えられそうである．表出する結果として，市場が求める製品の品質や価格から逸脱したオーバースペックの製品をつくったり，サプライチェーンの変更によるコストの抑制と品質の維持のコントロールがうまくいかないことが起こったり，様々な危険性を抱えている可能性があると言えそうである．繰り返しになるが，つくり手組織としては，その理由が理解できず，うまくいかない状況に直面し，その理由がインテグラル型の設計思想で対応していることだとしても，インテグラル型の考え方を変えないで対応し続けることになっている

のではないだろうか.

3.3 インテグラル型を活かす事例

前項で,インテグラル型の設計思想を持つつくり手組織が,モジュラー型の思想が取りづらいとした場合の危険性について,アーキテクチャトラップとしての議論を進めた.ただし,国内企業の中で,極めて良い結果をたたき出している企業を見ていくと,アーキテクチャトラップを掻い潜るような戦い方を見出すことができるので,事例を挙げていきたい.

まず,ユニットバスについて見てみたい[14].ユニットバスは,60 年ほど前の東京オリンピックの準備段階で,宿泊施設が少ない状況の中,早急にホテルの建設が求められていた中で考案されたとされている.それまでは,建物のフレームができた後,その場で水回りをつくり上げていたが,できるだけ工場生産をしておいたものを現地でくみ上げるだけにできないかという発想ということになる.そのために,ユニット化され,パネルなどごとに工場でつくられ,現地ではくみ上げるだけという方向性でつくられたものである.そのため,インテグラル型の設計思想のつくり手組織が,ユニット化というモジュラー型のメリットを前提としてつくったシステムであり,その中で製品品質,施工上の品質,メンテレベルの品質を確立したものであると言える.現在に至るまで,素材や末端レベルの部品など,継続的につくりこまれ,簡単にコピーされるような製品になっていない反面,モジュラー型の生産プロセスの維持は貫かれている.結果として,国際的にも極めて高いユニット型の水回り製品となっており,高い競争力が確立されていると考えられる.

次に,エアコンの成功例を見てみたい.国内企業の中国進出において,極めて成功した事例がある.中国の富裕層をターゲットとして,高品質のエアコン製品領域において,極めて高い結果を残している.この事例では,インテグラル型の品質面が高いエアコン事業モデルは,使い手の求める内容をきれいにそろえた面がある.要するに,製品だけでなく,製品に関する情報やサービスのインテグラル化を行ったと考えることができる.中国のマンションはスケルトンで売られ,内装やエアコンはマンション買い手が用意する必要がある.また,エアコンは,買い手から見ると様々な製品が似たようなものに見え,どのような理由で価格が違うのかも理解しにくい.この企業は,ショールームの空間を使って,エアコンの殆どすべての部品が高いレベルでつくられているのを手にとって解るようにし,性能が騒音などによって直感で納得することになる工夫を加え,設置工事からメンテナンスまで専門のスタッフが物件に張り付くサービスを供給している.要するに,製品構成や精査プロセスだけでなく,使い手に必要な情報をインテグレーションさせ,伝わるようにした事業モデルであるといえる.

3.4 インテグラル型の設計思想の戦略

前項のように,つくり手の設計思想がインテグラル型に偏っていたとしても,有効な対応に関する考え方は存在すると考えられる.ただし,基本的な理解がないと,単純にインテグラル型の発想と考え方だけで事業を展開していくことになり,アーキテクチャトラップに直面することになる.

前項の事例を整理すると,二つの方向性が見えてくる面がある.一つ目が,通常つくり手が集中していく製品構成と生産プロセスなどについて階層化し,どの層をどのように狙っていくかを考える戦略である.もう一つが,使い手の視点を徹底的に導入し,つくり手の視点の偏った見方によってつくることを回避する戦略である.

一つ目の戦略について考えていく.つくり手,特に設計者は,対象を設計していくわけである.ここまでの考え方では,インテグラル型の設計思想を持つ設計者は,インテグラル型の構成の設計内容を構築することになる.このとき,全ての設計の局面で,インテグラル型の考え方を用い,その傾向が全体の設計内容に影響するはずである.事実,様々な産業における多くの日本企業の設計者は,ヒヤリングを通した内容からは,基本的にインテグラル型の思想で考え,設計対象の隅から隅まで出来るだけ擦り合わせをしていく印象がある.一方,設計者へのヒヤリングから得られる情報の中に,設計者が対象を設計するときに,対象を 2 層もしくは 3 層に分けて考えているという仮説が立つ可能性がありそうである.要するに,設計者の立場で対象の設計を考えるとき,2 ～ 3 層に分けて考えているようであり,逆に言うと,10 層や 20 層を検討していくことはできていない可能性が高いということである.2 層というのは,設計者が対象を設計するときに,まずは大体の全体像に関する考え方のイメージを固め,あとはそれ以下の下層に対する考え方を固めるというものである.また,3 層というのは,全体像の考え方のイメージを固め,次に主要なものの考え方のイメージを固め,最後に詳細に関する考え方を固めるというようなものである.

この考え方のイメージという部分をアーキテクチャで整理すると,2 層または 3 層に分けて設計者の考え方を理解することができることになる.このとき,3 層で考えると,典型的なインテグラル型の設計思想の場合,上層がインテグラル型,中層がインテグラル型,下層もインテグラル型で設計された内容を確認できることになる.前項のユニットバスの事例を考えると,上層（建築）インテグラル型,中層（ユニットバスの主要要素）モジュラー型,下層（ユニットバスの部品や素材）インテグラル型,というモデルになっているわけである.ただし,多くの場合のヒヤリング事例を 3 層として紐解くと,図 4 の A から B へ,B から D へという移行が多く認められそうである.これは,開発初期段階の対象は 3 層ともインテグラル型で設計され,徐々にコスト抑制を中心とした生産合理性が理解されると下層が標準部品の組み合わせでつくられるモジュラー化がなされ,次に中層までモジュラー化が起こり,最終的にはすべての階層でモジュラー化しているということが想定される.これが,図 3 のダイナミクスの T1 の一つの流れと考えられる.しかし,このような典型的な流れでは起こりえないと考えられる図 4 の C が,ユニットバスのパターンに当てはまる.これは,下層でコピーできないような高い品質を実現し,中層で合理性の高い標準化を推し進めているモデルであり,ライバル製品でこのようなモ

デルは見当たらないものとなっている．下層の強さと中層の合理性から，他の追従を許さない可能性を持つモデルと考えることができる．

次に，使い手の視点を徹底的に導入し，つくり手の視点による偏った見方を回避する戦略について考えたい．複数の企業へのヒヤリングから，有形の製品領域の企業を中心に，ものをつくる技術力の高さに誇りと重要性を強く感じている設計者や生産者が多いことが把握できている．その結果，高い技術力によってつくられる高品質の製品の供給が，目指すべき正しい目的としているつくり手組織が多く見受けられる傾向がある．もちろん，このようなモデルは完全に否定されるものではない．複数の産業領域で，「失われた 30 年」の前まで，このようなモデルで世界のトップレベルに上り詰めた国内企業が散見されるわけである．そして，それらは，各組織内で成功体験として深く刻まれていることとなっている．しかし，このモデルが有効に働くタイミングは，限られているのではないだろうか．よく見えないテレビはよく見えるようになると良い，かなり大きく重いバッテリーは小さく軽くなると良い，すぐに壊れる機械は壊れないようになると良い，というようなことは当然である．つくり手も使い手も，同じ方向性を望むことになり，そのためには徹底的につくり込み，品質を上げ，少しでも高い性能を達成することが重要となってくる．ただ，製品開発が進み，熟成度が高まり，どのテレビでもきちんと見え，どのバッテリーでも軽く小さくなっていき，どの機械でも壊れにくくなれば，そこからの品質や性能の向上だけを徹底的に追及することだけを肯定し続けることは難しいのではないだろうか．同じように人物や風景が十分にきれいと感じる範囲で映るテレビなら，使い手からは価格を抑えることが求められそうである．技術重視のつくり手組織は，もっときれいに映すための開発を継続することになるかもしれないが，使い手が望んでいるのかどうかを理解する必要はなかろうか．

前述の，あるエアコン産業の国内企業の中国戦略をもう一度注意深く見ていく．この事例の場合，基本的に初めて中国に進出した時，リーダーが技術分野出身ではないという条件の中，新しいビジネスモデルを組み上げる必要性が生じたと考えられる．通常の技術力中心の企業であれば，技術分野のマネージャーがプロジェクトリーダーとなることが考えられそうである．しかし，この場合，技術分野の考え方が中心とならずに，技術面の品質の高い製品のビジネス展開を進めたことになる．結果として，ユーザーが欲しい情報を，ユーザーが欲しい順番に並べるようなショールームをつくり，ユーザーがしてほしいことを全て叶えるようなビジネスモデルを提供している．具体的には，数億円，数十億円のマンションを購入したエアコンを探しているオーナーを相手に，どうしても欲しいと思うことになる情報，どうしても供給してほしいサービスについて，説明が重ねられていくことになる．ショールームでは，まず対象の高品質製品について，部品を一つ一つ並べ，見たことの無い位軽く硬い樹脂系の素材によるファンを触れられるようにし，細かい部品の精工さを理解させるために虫眼鏡を通して特定の部品を見せたりし，それらの部品は全て日本製で注意深く作っている情報が加えられる．そして，その後，無響音室でライバル製品との製品稼働時のノイズの聴き比べが出来るようにし，極めて明確な差を理解させられることになる．このあたりで，ユーザーはこの製品の品質の良さに確信し始めている可能性が高いと考えられる．その次には，室外機の平面の形状と大きさが書かれている説明を目にすることになり，床面積 1 ㎡あたり数百万円のマンションの持ち主は，対象製品の床面積の小ささから金額的な割り安感も得始めることになる．最後に，その顧客専属となる技術者が出てきて，機種選定，設置工事，メンテナンスなどの解り難い作業に関する当該顧客専用のサービスのメニューを提供する．ここまで揃うと，このショールームに来てエアコンを購入しない方が不自然に感じるのではないだろうか．このモデルは，まさにユーザー視点のビジネスモデルということが出来そうであり，基本的にインテグラル型の設計思想によるモデルと考えられる．

これらの二つの方向性については，インテグラル型の設計思想の各事業設計者が理解を深めることにより，成功に向かう事業展開を進めることが出来る可能性を示している．また，これらの方向性は，当然応用も考えられ，一つ目の方向性は「全体の中でどこを狙うか」という点に集約できる面があり，二つ目の方向性は「自分が売るモノからでなくユーザーが得ようとするモノから考え直す」という点を特化して考えることが肝要であることは理解しやすい面である．これらのポイントに，インテグラル型の設計思想によるパーフォマンスの高い提案が供給されることが，重要な点になると考えられる．

ただし，これらのような戦略的なつくり方が考えられるものの，多くの国内企業は，現実の経済活動の中では全ての局面で徹底的なインテグラル型の答えを出していると考えられる．これは，それぞれの担当者が最善と考える答えを積み重ねることだけが繰り返されることによって，当然起こり得る結果である．しかし，理解しておかなければならないのは，戦略的に思考プロセス・判断基準・製品概念・技術構成などを刷新し，組み換え，組織的能力を非連続的に発展させていく能力も持たなければならないことである．これは，モジュラー型の設計思考であれば基盤的な思考の方向性となるが，インテグラル型の思考で的確に行っていくことを実現するためには，努力が必要であると考えられる．重要な点である．

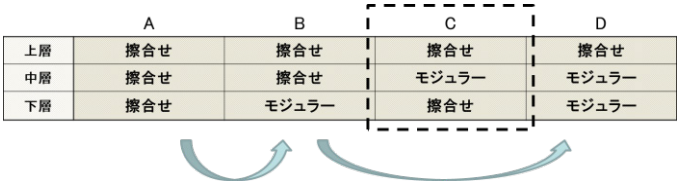


図 4　設計者の視点によるアーキテクチャの 3 層モデル

4 まとめ

本稿では，つくり手の設計思想の傾向を，アーキテクチャ概念を活用しながら注意深く考察を加え，つくり手が何を理解しなければならないかということについて理解しながら，対応すべき方向性を議論した．特に，日本のつくり手の設計思想の傾向から，インテグラル型の傾向を前提とし，これまで進められてきたメカニズムや，結果として起こる現象についての仮説を掲げ，考察を加えたものである．

ここでまとめた考え方を前提にすると，いくつかの一般的な事柄も理由が理解できる面が生じる．例えば，前述の「失われた 30 年」という言い方が様々なところで使われてきた．確かに 30〜40 年前には，いくつもの領域で日本の企業が世界のトップに君臨し，「Japan as Number One」という示唆もいろいろな局面で受け入れられたのかもしれない．これは，基盤的技術の発展状況と，各製品開発の熟成度が関係しており，インテグラル型の設計思想による各局面でつくり込みが重要であったと考えると，本稿での仮説に沿うことになる．その頃は，自動車や家電品をはじめ多くの有形の製品に関して，工場生産の生産合理性に関する方向性が定着し，そのラインの上での詳細の合理性について焦点が移りだしたことがあったといえる製品領域もあったと考えられる．その他，企画段階における事業構成や，設計における製品やサービスの構成内容や，販売促進のフレームワークのつくり込みなどにおいて，パーフォマンスの向上が競争の要点であった領域が散見されていたのではないだろうか．また，それらを実践するためのプロセスのつくり込みも，標準化した内容の組み合わせというより，徹底的につくり込む競争が展開されていたと考えられそうである．しかし，コンピュータなどの演算処理技術やインターネットなどの通信技術は，今日に比べると創世記であったとも言えそうであり，AI などについてはまさに雲泥の差が生じていることになる．この面を考えると，世界のどこかで優れたつくり方ができた場合，30 年前は最初につくった組織が優位性を握り続ける期間が長かったとしても，今日では他組織による様々なプロセスのコピーがすぐに起こってしまう可能性を否定しきれないことになる．そこには，全ての局面をインテグラル型でつくり込むより，合理性の高い標準部品や標準プロセスの組み合わせを実現するモジュラー型の展開の方が，優位性が高くなる面があると考えられる．これは，日本の企業の閉塞感の理由の理解と共に，アメリカを中心に国際的に活躍する，大規模なオープン型の事業ビジネスモデルなどについても，その生成メカニズムの一部を理解することができそうである．これらは，今後の議論としたい．

本稿の提案することは，インテグラル型の設計思想の場合，戦略性を優先的に考えることが難しい面や，局所的に高度につくり込みことができる面などの特性がある点を的確に活用することである．これまでこのような戦略性を持たなかった組織が，強みを活かしながら，弱みをカバーしていくことができれば，これからでも飛躍的に躍進できる可能性があり，それを実践すべきであるということである．次の 10 年で，国内の各企業が国際的に優位性を確保することを本気で狙って頂くべきであり，また，場合によってはこれがラストチャンスになる可能性も念頭に置いて頂くべきかと思われる．

参考文献

1. 藤本隆宏，日本のもの造り哲学（増補版），日本経済新聞出版，2024.
2. Simon, H.A., The Sciences of the Artificial. MIT Press, Cambridge, MA., 1969.
3. Alexander, C., Notes on the Synthesis of Form, Cambridge, Harvard University Press, 1964.
4. Clark, K. B., and Fujimoto, T., Product development performance. Boston, MA: Harvard Business School Press. 1991.
5. Baldwin C. and Clark K., Design Rules, Vol. 1: The Power of Modularity, Boston, The MIT Press, 2000.
6. 藤本隆宏，青島矢一，武石彰: ビジネス・アーキテクチャー，有斐閣, 2001.
7. 辺 成祐，プロセス産業における技術移転と設計改変 —日韓鉄鋼技術移転を事例に，MMRC ディスカッションペーパー No.479，2015.
8. 藤本隆宏，野城智也，安藤正雄，吉田敏，建築ものづくり論，有斐閣，2015.
9. 吉田敏他，構成要素の特性の変化に伴う建築生産技術と生産組織の動態的な適合関係，日本建築学会計画系論文集 第 598 号 pp 137-144, 2005.
10. 吉田敏編著, 技術経営 —MOT の体系と実践—, 理工図書, 2012.
11. E. F. Colombo, N. Shougarian, K. Sinha, G. Cascini, and O. L. de Weck, “Analysis for customizable modular product platforms: theory and case study”, Res. Eng. Des., vol. 31, pp. 123–140, 2020.
12. A. S. Moslehian, T. Kocaturk, and R. Tucker, “An integral view of innovation in hospital building design: understanding the context of the research/practice gap”, Build. Res. Inf., vol. 49, pp. 265–280, 2021.
13. R. Tee, A. Davies and J. Whyte, “Modular designs and integrating practices: Managing collaboration through coordination and cooperation”, Res. Policy, vol. 48, pp. 51–61, 2019.
14. 内田祥哉，建築生産のオープンシステム，彰国社, 1977.

Open Access This article is licensed under CC BY-SA 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

教育用データベース管理システムの調査

Survey of database management systems for educational purposes

追川 修一 [1*]

Shuichi Oikawa[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[*]Corresponding author: Shuichi Oikawa, oikawa-shuichi@aiit.ac.jp

Abstract This paper examines database management systems (DBMS) designed for educational purposes. It first compares several DBMS implementations developed for academic use, including SimpleDB (Boston College), BusTub (Carnegie Mellon University), Go-DB (MIT), and RookieDB (UC Berkeley). These DBMS differ in programming language, system architecture, and features. SimpleDB, written in Java, provides a basic relational database with SQL support, while others, such as BusTub (C++) and Go-DB (Go), offer different functionalities and learning approaches. To explore whether implementing a DBMS in Python enhances understanding for learners, the study attempts to reimplement SimpleDB in Python. The conversion process highlighted differences in syntax, type handling, and memory management between Java and Python. While Python simplifies some aspects, such as eliminating explicit type declarations, it also introduces challenges in debugging and maintaining readability. Key differences include Python's lack of built-in tools equivalent to Java's StreamTokenizer and ByteBuffer, requiring alternative implementations. The findings suggest that merely rewriting a DBMS in Python does not inherently improve understanding. Instead, leveraging Python's existing libraries, modularizing components, and incorporating visualization tools could make DBMS concepts more accessible. The paper concludes by identifying future research directions, including the integration of Python's standard libraries and visualization techniques to enhance learning efficiency. Overall, the study contributes to database education by evaluating the effectiveness of Python in DBMS implementation and proposing improvements for educational DBMS tools.

Keywords systems software; database management systems; education

1 はじめに

コンピュータの主要な利用目的がデータ処理であるため、データベースは常に必要とされている。データベースを効率的に利用するためには、データベースを構築し管理するデータベース管理システム (DBMS) に対する理解の重要性は非常に高い。DBMS は、利用目的に合わせ、大規模なデータベースを対象とするものから、組み込みシステムでも使用できるものまで、様々な種類が開発されている。その中でも、組み込みシステムで使用できる SQLite [1] は、非常に手軽に利用できる環境が整っていることから、学習用途としても使いやすい。一方で、DBMS を構築するための技術を学ぶには、実用的な性能を提供するために、SQLite でもその実装は複雑であり、データベースを学ぶ初学者が理解することは非常に困難である。

この状況は、システムの根幹となるソフトウェアであるオペレーティングシステム (OS) カーネルや、ハードウェアではプロセッサでも同様である。OS カーネルやプロセッサは、コンピュータの実行基盤や実行機能そのものを提供する基盤システムとして、効率的なシステムの開発および運用のために、その理解の重要性は非常に高い一方で、非常に複雑なシステムである。OS カーネルを構築するための技術を学ぶには、実用的に用いられている Linux 等の OS カーネルの実装を初学者が理解することは非常に困難である。プロセッサについては、基本的に商用でプロプライエタリであることから、実用的に用いられているプロセッサの実装を学ぶことはできない。そのため、OS カーネルやプロセッサの実装を学ぶための教材としての実装が、これまで数多く開発されてきた。

OS カーネルの実装を学ぶための教材としては、現在では xv6 [2] が最も有名である。Xv6 の前には、教育を主目的として XINU, MINIX, Nachos 等が開発されてきたが、それぞれ異なる難点があり、xv6 ほど普及しなかった。Xv6 は、単純ではあるが概念的には現在でも通用する UNIX V6 のシステムコールインタフェースの提供、モノリシックデザインによる理解しやすさ、平易な C 言語による単純な実装、プロセッサの特権モードを用いて実際に動作する OS カーネルであり、誰でも簡単にコンパイルし、プロセッサのシステムエミュレータで実行できる手軽さを提供し、修正や機能追加を通して、OS カーネルの動作原理を理解することができるようになっていることから、広く普及したと考えられる。

DBMS にも、その実装を学ぶために、大学の講義における教材として開発されたものとして、Boston College で開発された SimpleDB [3] があり、解説書 [4] も出版されていることから、広く知られている。その他、CMU では BusTub [5], MIT では Go-DB [6], UCB では RookieDB [7] 等が、データベースの講義のプロジェクト用教材として開発されている。それぞれの実装に用いられているプログラミング言語は、SimpleDB は Java, BusTub は C++, Go-DB は Go, RookieDB は Java であり、実用的なシステムを実装するためには適しているプログラミング言語で実装されている。

本論文では、教材として開発された教育用途の DBMS の比較を行い、その差異を明らかにする。さらに、教育用途の DBMS の 1 つである SimpleDB を Python で実装し、Python で DBMS を実装することで、データベースを学ぶ初学者が DBMS の実装を理解しやすくなるかを検証する。

以下、2 章では教材として開発された DBMS の比較を行う。3 章では SimpleDB を Python で実装した経験について述べ、考察する。4 章では今後の課題を述べ、5 章で本論文をまとめる。

2 教育用 DBMS の比較

本章では、大学の講義における教材として開発された教育用 DBMS の比較を行う。講義の教材として提供されているソースコードまたはレポジトリがあるものとして SimpleDB [3, 4], BusTub [5], Go-DB [6], RookieDB [7] を選択した。まず、それぞれの DBMS の特徴について述べ、その後に、特徴をふまえて比較を行う。

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

SimpleDB

SimpleDB [3, 4] は Boston College で開発された DBMS である。Java で記述されており、テストプログラムも含めて、12,649 行のソースコードから構成されている。

構文解析器は、文字列をトークン化する際には、Java が標準で提供する StreamTokenizer を用いた、独自の実装である。構文解析器を単純化するために、実行可能な SQL はかなり制限されているが、SELECT FROM WHERE からなる基本的な SELECT 構文をはじめ、CREATE TABLE, CREATE INDEX などの CREATE 構文、INSERT INTO などの INSERT 構文が実行できる。一方、HAVING, GROUP BY, SORT など、機能を実装したソースコードは提供されいるものの、構文解析器には含まれておらず、SQL では実行できない機能もある。

対象とする値は整数と文字列だけである。レコードは固定長に限定されているものの、機能面では、基本的な機能は網羅している。リレーショナル代数の演算としては、直積、射影、選択を提供している。選択条件は等号だけである。物理的データ格納方式は、固定長レコードのヒープファイルである。固定長レコードであるため、ヒープファイル内は、固定オフセットを用いた順次アクセスを行う。インデックスは、ハッシュと B 木を提供している。問合せ処理においては、結合はインデックスを用いた結合とマージ結合、ソートはマージソートを提供している。また、問合せ最適化は、選択は先に実行するというようなヒューリスティックスとコスト見積りに基づき行う。トランザクションは、ロックを用いた同時実行制御により実現している。そして、UNDO/NO-REDO 方式に基づいたログを用いた障害回復を行う。

以上のように、SimpleDB は機能を絞り込んだ実装となっているものの、基本的な機能は網羅した実装となっていることがわかる。従って、一般的なデータベースの教科書に述べられている機能の実現方法について、ソースコードから学ぶことができるものとなっている。

BusTub

BusTub [5] は Carnegie Mellon University (CMU) で開発された DBMS である。C++で記述されており、テストプログラムも含めて、bustub 本体の 17,541 行のソースコードに加え、付加機能を提供するサードパーティからの 117,802 行のソースコードと共に提供されている。Linux (Ubuntu) および MacOS でコンパイル、実行可能とされているが、Linux が開発環境として推奨されている。構築に必要なパッケージをインストールするためのシェルスクリプトも用意されており、レポジトリに記載の手順に従って、ソースコードから DBMS およびテストを構築可能であることを、Linux を用いて実際に確認した。

講義 [8] の資料は、スライドが公開されているだけでなく、授業動画も YouTube で提供されており、誰でも視聴できるようになっている。プロジェクトに関する動画は提供されていないが、開発内容および開発方法について詳細な情報が掲載されているため、授業動画を視聴し、プロジェクトに取り組むことで、DBMS の実装についての理解を深めることができる。

構文解析器は、元々は PostgreSQL で開発されたものを DuckDB 用に改変されたものを用いており、ソースコードの構成としては、サードパーティのソースコードに含まれる。実用的な DBMS で用いられている構文解析器であるため、構文解析器だけでソースコードは 41,212 行あるが、bustub で対象とする値は整数と文字列だけである。

プロジェクトとしては、Buffer Pool Manager, Index, Query Execution, Concurrency Control を開発することとなっている。レポジトリが提供するソースコードから構築した bustub は、テーブルを参照しない単純な SQL 文の実行は可能であるが、テーブルを参照する SQL を実行できるようにするには、これらのプロジェクトに取り組み、ソースコードを完成させる必要がある。

Go-DB

Go-DB [6] は Massachusetts Institute of Technology (MIT) で開発された DBMS である。講義 [9] の資料は、スライドのみが公開されている。Go-DB は、その名のとおり、Go で記述されており、テストプログラムも含めて、DBMS 本体は 7,820 行のソースコードから構成されている。プロジェクトを実施するにあたり、特に開発環境の指定は無いが、レポジトリのプロジェクトページに記載の手順に従って、ソースコードからテストを実行可能であることを、Linux を用いて実際に確認した。

構文解析器は、Go のレポジトリに登録されている sqlparser を用いた、独自の実装である。SELECT, INSERT, DELETE 構文の他、トランザクションのための BEGIN, COMMIT, ROLLBACK 構文も処理できるようになっている。SELECT 構文では、WHERE, GROUP BY, ORDER BY, HAVING 句が処理可能であり、WHERE, HAVING における選択条件として、等号だけでなく大小関係も用いることができる。また、副問合せも処理できる。対象とする値は整数と文字列だけであり、レコードは固定長に限定されている。

プロジェクトとして、Storage Access, Operators, Transactions を開発することとなっている。開発内容および開発方法について情報をもとに、プロジェクトに取り組むことが可能である。Go-DB で SQL を実行できるようにするには、これらのプロジェクトに取り組み、ソースコードを完成させる必要がある。

RookieDB

RookieDB [7] は University of California, Berkeley (UCB) で開発された DBMS である。講義 [10] の資料は公開されていないが、プロジェクトの開発内容および開発方法について情報 [11] は公開されている。RookieDB は、Java で記述されており、テストプログラムも含めて、DBMS 本体は 43,604 行のソースコードから構成されている。プロジェクトを実施するにあたり、特に開発環境の指定は無いが、説明は IntelliJ IDE の使用を前提としている。CLI でのソースコードからテストを実行可能する方法についての記載は無いが、Java の構築ツールである Maven の設定ファイルが提供されているため、標準的な方法で実行できることを、Linux を用いて実際に確認した。

構文解析器は、JavaCC および JJTree を用いて、BNF により定義された文法から生成するようになっており、基本的な構文および句が処理できるようになっている。プロジェクトとして、B+ Trees, Joins and Query Optimization, Concurrency, Recovery を開発することとなっており、これらに取り組むことは可能である。

表 1　プロジェクト課題で実装する機能

DBMS	課題
bustub	Buffer Pool Manager, Index, Query Execution, Concurrency Control
Go-DB	Storage Access, Operators, Transactions
RookieDB	B+ Trees, Joins and Query Optimization, Concurrency, Recovery

比較

これまで述べた DBMS における、プログラミング言語、構文解析器、プロジェクト課題について、比較を行う。

プログラミング言語は、Java, C++, Go が用いられている。4 つの DBMS のうち、SimpleDB および RookieDB の 2 つが Java で記述されている。MIT では Go-DB が開発される前は、Java で記述された DBMS が用いられていたことから、教育用システムの記述に Java が良く用いられていることがわかる。

構文解析器の実装方法は、既存のソフトウェアから流用している bustub のような方法から、BNF から生成している RookieDB, ライブラリで基本的なトークン化を行った後の構文解析のソースコードは独自に実装する SimpleDB, Go-DB まで、様々である。当然、既存のソフトウェアから流用は、処理できる SQL 文に制限は無くなる一方で、複雑である。独自の実装は、単純で理解しやすい一方で、処理できる SQL 文には制限があり、一長一短である。

表 1 にプロジェクト課題で実装する機能をまとめる。 内容としては、ストレージアクセスやバッファ管理、インデックス、問合せ、トランザクション処理または同時実行制御、障害回復と、類似した課題が出されていることから、これらが実装を理解すべき内容であり、特に問合せおよびトランザクション処理は全てに含まれることから、特に重要であることがわかる。

3　Python による SimpleDB の実装

SimpleDB の実装の理解、および Python を用いることで DBMS 実装の理解が容易になるのかを確認することを目的として、SimpleDB を Python で実装した経験について述べる。

実装手順

実装は、機能モジュールごとにテストプログラムがあるため、そのテストを実行でき、正しい結果が得られるようにするテストファーストによる開発を行った。まずテストプログラムについて、次に述べるように、ソースコードの Python への書き換えを行う。次に、テストプログラムが直接参照するクラスのソースコードの書き換えを行う、というように、参照関係に沿ってソースコードの書き換えを進めた。

SimpleDB が提供するテストは、機能テストのレベルであり、網羅性も低い。また、1 つ 1 つのメソッドをテストするユニットテストは提供されていない。そのため、テストとしては不十分であり、例えば、機能 A に提供されているテスト A が実行できたとしても、機能 A を使用する別の機能 B のテストを実行した際に、機能 A の問題が生じることが頻発した。

ソースコードの書き換え

現時点では、SimpleDB の Java プログラムを、Python で書き換えただけである。Java プログラムを Python に書き換える作業は、全般的には単純である。まず、文法を Python に合わせる変更を行う。これには、変数の型の指定の削除、文末の区切り文字 `;` や複合文の中括弧 `{}` の削除、クラスからインスタンスを生成する `new` の削除、インスタンス変数を指定するために `this` から `self` への変更、print 文の名称変更、コメントを指定する文字の変更などが、どのソースコードファイルでも共通に必要となる作業であった。

また、データ型としては、整数や文字列等のプリミティブ型以外に、データの集合を管理するデータ型として、Java の ArrayList と Map が使用されている。ArrayList は、Python ではリスト (list) 型に置き換えた。また、Map は、Python では辞書 (dict) 型に置き換えた。リスト型、辞書型ともに、必要な機能が提供されており、それぞれのデータ型の操作命令を書き換えるだけで十分であった。

書き換えにあたり、Java と Python の文法上の違いから注意を要する点として、インデント、インスタンス変数の指定方法、オブジェクトの比較がある。Python は、インデントにより文のブロック（複合文）を構成する方法を採用している。一方、Java では中括弧 `{}` で囲むことでブロックを構成する。従って、Java ではインデントは単にソースコードの読みやすさだけに関係するが、Python ではインデントによりプログラムの意味が変わってしまうことになる。現在のエディタはプログラムの構文から正しくインデントを付けてくれるため、エディタが付けてくれたインデントを維持するようにすれば基本的には問題はないが、Java のソースコードにはある中括弧を削除する際などに、インデントを変更することが無いように、気を付ける必要はある。

書き換え時には、インスタンス変数の指定方法の違いにも注意をはらう必要がある。Java では、`this.` を変数名の前に付けることでインスタンス変数であることを指定することができるが、同じ変数名がローカル変数として使用されていない場合は、`this.` を省略可能である。一方、Python では、メソッドのローカル変数とインスタンス変数を明確に区別できるようにとの意図から、必ず `self.` をインスタンス変数名の前に付ける必要がある。ここで問題となるのは、Python では変数を宣言する必要がないという点である。つまり、インスタンス変数であるにも関わらず `self.` を付け忘れると、メソッドのローカル変数として扱われてしまうだけでなく、実行時にエラーも発生しないことになり、発見が困難な書き換えの間違いとなってしまう。

その他、Java と Python で概念的には同じであるが、詳細は異なっている点として、比較演算子における等価性と同一性の扱いがある。Java では、等価性の比較には `equals` メソッド、同一性の比較には `==` 演算子を用いるものとしている。Python では、等価性の比較には `==` 演算子、同一性の比較には `is` 演算子を用いるものとしている。しかしながら、Python では、特にメソッドが定義されていなければ、`==` 演算子で同一性の比較を行い、実行時に

エラーが発生しない。そのため、発見が困難な間違いとなってしまうことがある。

不足機能の実装

単純なソースコードの書き換えでは対応できず、Java にはあり Python には無かったため、不足した機能がいくつかあった。それらは、構文解析器における StreamTokenizer、バイト単位のデータを格納する ByteBuffer、ファイルアクセスのメソッドである。

StreamTokenizer は、Java が標準で提供するクラスであり、文字列をトークン化する汎用的な機能を提供している。Python もトークン化する機能を tokenize モジュールを標準で提供しているが、これは Python ソースコードに特化しているため、使用できない。Python には様々なモジュールが開発されており、それらを組み合わせて使用するのが Python の特徴ともなっている。SQL の構文解析器として sqlparse も提供されているが、StreamTokenizer との差異が大きいため、必要な機能のみを持つトークン化を行うクラスを実装した。

ByteBuffer は、バイト単位のデータを格納することを目的としたクラスであり、Java 処理系が管理するヒープの外にバッファ領域を確保することも可能である。Python では、処理系が管理するヒープの外にバッファ領域を確保するには、例えば C 言語の関数を呼び出すなど、Python の処理系の外での処理を行う必要がある。DBMS の実装としては、データ領域を DBMS の管理下に置くという点で、ヒープの外にバッファ領域を確保する意味があるが、Python で記述する DBMS ではそこまでする必要は無いと判断した。ByteBuffer が提供するバイト単位のデータの操作については、Python の `bytearray` を用いた。`bytearray` 内のデータはスライスを用いることでバイト単位でアクセス可能である。整数 (int) 型とバイト表現の変換のためには `from_bytes`, `to_bytes` 関数を用いて行うことができる。

ファイルアクセスのメソッドも、Java と Python では大きく異なっており、単純な書き替えでは対応できず、Python で実装し直す必要があった。ファイルをアクセスする際には、アクセスのモードを指定してファイルを open した後に読み書き、即ち read, write を行うという処理の流れとなるが、Python におけるファイルを open する際のモードの指定方法について理解不足があり、正しい動作のためのモード指定を把握するのに時間がかかってしまった。

具体的には、書き込みの対象となるファイルが存在しない場合、ファイルを作成してから書き込みを行うことになるが、ファイルが存在する場合と分けて処理する必要があった。ファイルを作成するためには、モードとして w を指定する。しかしながら、ファイルが存在する場合は、モードとして w を指定すると、既存の内容は消されて (truncate) しまう。また、モード a を指定すると、既に書かれているデータの後に追加するため、既存の内容が消されることはないが、既に書かれているデータは変更できない。ファイルが存在する場合としない場合で場合分けをすることで、ファイルが存在する場合はモードとして r+ を指定することで、書き込まれた内容はそのままに、書き込みが可能になり、またファイルが存在しない場合はモードとして w を指定することで、ファイルを作成できる。

考察

SimpleDB の Python による実装について考察する。まず、SimpleDB の Python による実装の目的とした、Python を用いることで DBMS 実装の理解が容易になるのか、について考察する。さらに、ソースコードの書き換えおよびテストについて考察する。

Python を用いることで DBMS 実装の理解が容易になるのか、であるが、Python を用いるだけではならない、と言える。実際に、単に Java から Python に書き換えを行っただけの SimpleDB の Python による実装の、クラス構成や処理の流れは Java のソースコードと何ら変わりないという現状では、違いはプログラミング言語が Java と Python で異なっているだけであり、わかりやすさに影響するのは、プログラミング言語への習熟度だけである。次の、書き換えについての考察でも述べるが、Java のソースコードでは明示的に変数の型が宣言されていることから、ソースコードの一部分のみを見た場合には、どのデータ型に対する処理を行っているのかがわかりやすい一方で、Python のソースコードでは型情報を削除してしまったために、デバッグ時にはデータ型を調べるところから始める必要があることも多かった。Python のソースコードでは、それなりの記述量になる変数の型宣言がないことで、処理の流れに集中できるという利点はあるものの、SimpleDB では public 宣言されているテスト以外のクラスは 93 あり、これらの数多くのクラスを把握するには、変数の型宣言は有用であると考えられる。以上の考察からは、Python を用いるだけでは DBMS 実装の理解が容易になることはなく、理解を容易にするためには、単に Python を用いるだけでなく、Python の利点を活用した実装を行う必要があると言える。

次に、Java から Python へのソースコードの書き換えについて考察する。前述した点として、Python では変数や関数の型宣言が不要であるため、書き換えでは全て削除してしまったことで、どのデータ型に対する処理を行っているのかが、わかりにくくなってしまったのは、望ましくない点である。Python では、変数や関数に型アノテーションを付けることができる。処理系は、プログラムの実行にあたり、変数や関数の型アノテーション情報を用いることは無いが、開発者にはヒントになり、また処理系とは別の静的解析ツールによる型検査を行うことができる。Java から Python へ書き換える際には、元々の Java のソースコードには型宣言があるため、書き換え作業が多少煩雑にはなるが、Python の型ヒントへの書き換えは単純作業で可能である。型アノテーションを付けることで、デバッグ時にはデータ型を調べる必要がなくなり、また静的解析ツールによる型検査が行えるようになることは利点である。

変数の型情報に関しては、本研究では教育目的での開発であることから処理性能を重要視しないため、実行時に積極的に型を検査する利点は大きいと考えられる。Python では、`type` 関数および `isinstance` 関数により実行時に型情報を取得できる。デバッグ時には `assert` 文（言語によっては関数）により、変数の値の範囲等を検査するのと同様に、型を検査することが考えられる。

さらに、Python において、型に基づき適切な処理を行うための洗練された方法として、抽象基底クラスやプロトコル、データクラス (dataclass) がある。抽象基底クラスおよびプロトコルは、引

数として受け取ったオブジェクトがあるメソッドをサポートしているか、確認できるようにするための仕組みである。抽象基底クラスは実行時に、プロトコルは型検査器による確認を可能にするが、プロトコルは実行時に確認することも可能である。単純に `type` 関数および `isinstance` 関数を用いるだけでは、型に応じた処理を行うには、対象とする型を列挙する必要があるが、抽象基底クラスおよびプロトコルを用いることで、メソッドに注目したかたちで型に応じた処理を抽象化することが可能である。

データクラスは、複数のインスタンス変数を保持する機能に特化したクラスであり、コンストラクタや比較演算のための特殊メソッドを自動生成する機能を提供する。演算子が用いられた時に呼ばれる特殊メソッドが自動生成されることから、例えば、等価性の比較が容易に行えるようになる。

これら、型アノテーション、抽象基底クラス、プロトコル、データクラスは、比較的新しい機能である。標準化されているプログラミング言語と異なり、コミュニティで開発され、広く用いられているプログラミング言語では、段階的に毎年のようにアップデートされていくため、定期的に知識をアップデートする必要性を実感した。

最後に、テストについて考察する。実装手順の節で述べたが、SimpleDB が提供するテストは、機能テストのみであり、ユニットテストは提供されていない。機能テストの提供目的は、機能の使い方の例示であるとも言える。そのため、ユニットテストが提供されていないことも含めて、網羅性については考慮されていないと考えられる。SimpleDB の開発目的からすれば、簡単な機能テストのみの提供となるのは自然な成り行きであるが、Python への書き換え時にはユニットテストがあれば、デバッグが容易になり、より効率良く書き換えができたと考えられる。また、Python に適した処理に変更する、即ちリファクタリングを行うには、ユニットテストおよび網羅性の高い機能テストが必要となる。

4 今後の課題

本研究の目的は、データベースを学ぶ初学者が理解しやすい実装の DBMS を開発することである。その目的を達成するための課題として、既存モジュールの活用、モジュール化、可視化がある。

既存モジュールの活用

Python で実装することを前提とすると、既存モジュールを活用するという選択肢が有力になる。Python の高い生産性の理由の 1 つとしてあげられるのが、数多くの既存モジュールが提供されていることである。Python でプログラミングをするにあたり、デファクトスタンダードとなっているモジュールを用いない理由は無いと言っても良い。例えば、データ処理では、数値計算のための NumPy、データ分析のための Pandas を用いることが当然であり、NumPy, Pandas を用いて実現できることを、独自に実装することに意味は無い。

一方、SimpleDB は Java 標準のライブラリ以外を使用することなく、実装されている。Java にもライブラリのレポジトリは存在し、デファクトスタンダードとなっているライブラリはあるものの、SimpleDB は外部のライブラリには依存せずに、必要な機能を実装している。そのため、主要なクラスの部品となるクラスが数多く定義、実装されることになり、ソースコード全体としては見通しの悪いものとなっている。

従って、既存モジュールの活用という点では、SimpleDB が実装している機能のうち、Python のデファクトスタンダードとなっているモジュールが提供している機能については、それらのモジュールに置き換えることで、抽象度が上がり、理解しやすい実装となると考えられる。

モジュール化

Python でデファクトスタンダードとなっているモジュールが活用されている理由として、組み合わせて使用することが非常に容易であることがある。例えば、Pandas は NumPy を基盤に構築されている。NumPy が基本的な配列のデータ構造とその操作、計算処理を提供し、Pandas は NumPy の上のレイヤのモジュールとして、応用的なデータ操作を提供している。さらにその上のレイヤとして、機械学習処理を提供する Scikit-Learn があり、入出力に Pandas のデータ形式を用いている。NumPy, Pandas, Scikit-Learn は、それぞれ機能的に異なる、独立に開発されているモジュールであるにも関わらず、それぞれの責務が明確であり、機能独立性が高く、関連性がわかりやすいことが、容易に組み合わせ可能であることにつながっている。

このようなモジュール間の関係性で言えば、NumPy, Pandas を基盤として、その上のレイヤとしてデータベースの機能を実現するモジュールを構築する方法が考えられる。Pandas で可能なことは Pandas に任せ、Pandas が提供しないデータベース機能を、その上のレイヤのモジュールとして実現することで、抽象度が上がり、理解しやすい実装となると考えられる。

可視化

既存モジュールの活用、モジュール化は、理解しやすいソースコードを実装するための課題として述べた。理解しやすくするということでは、実装したソースコードが実現している処理の流れを理解しやすくすることも必要であり、そのための手段としては可視化がある。

DBMS は、選択、結合、ソート、検索といったデータ処理に関わる処理の他、同時実行制御や障害回復などの実行制御に関わる処理を行い、それぞれ様々なアルゴリズムが実装される。アルゴリズムの説明を行う際には、例となるデータセットについて実行の流れを図示することが多い。説明では少ない固定のデータセットを用いるが、実際に動作する DBMS がその処理を可視化することができれば、様々なデータセットについての処理を確認することができ、アルゴリズムの理解度が上がると考えられる。

5 おわりに

本論文では、教材として開発された教育用途の DBMS の比較を行い、その差異を明らかにした。さらに、教育用途の DBMS の 1 つである SimpleDB を Python で実装し、Python で DBMS を実装することで、データベースを学ぶ初学者が DBMS の実装を理解しやすくなるかを検証した。単に Java から Python に書き換えただけの DBMS の実装では、DBMS 実装の理解は容易にはならないことがわかった。Java から Python に書き換えた DBMS の実装で

は、クラス構成や処理の流れは Java のソースコードと何ら変わりないためである。

そこで今後の課題として、既存モジュールの活用、モジュール化、可視化をあげた。まずは、既存モジュールの活用、モジュール化に取り組み、データベースを学ぶ初学者が理解しやすい実装の DBMS の開発を進める。

参考文献

1. SQLite. Available: https://www.sqlite.org
2. Xv6, a simple Unix-like teaching operating system. Available: http://pdos.csail.mit.edu/6.828/xv6
3. The SimpleDB database system. Available: https://cs.bc.edu/ sciore/simpledb/
4. Sciore E. Database Design and Implementation, 2nd ed. Springer; 2020.
5. Cmu-db/bustub. Available: https://github.com/cmu-db/bustub
6. MIT-DB-Class/go-db-2024. Available: https://github.com/MIT-DB-Class/go-db-2024/
7. Berkeley-cs186/sp25-rookiedb. Available: https://github.com/berkeley-cs186/sp25-rookiedb/
8. CMU 15-445/645 database systems. Available: https://dsg.csail.mit.edu/6.5830/
9. MIT 6.5830/6.5831: Database systems. Available: https://dsg.csail.mit.edu/6.5830/
10. UCB CS186 introduction to database systems. Available: https://cs186berkeley.net
11. UCB CS186 projects. Available: https://cs186.gitbook.io/project

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

音楽が健康に与える効果

The effects of music on health

田部井 賢一 [1*]
Ken-ichi Tabei[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Ken-ichi Tabei, tabei-kenichi@aiit.ac.jp

Abstract This abstract provides an integrated overview of the findings from multi-domain systematic reviews recently reported on the effects of Music-Based Interventions (MBIs) on health. MBIs demonstrate small-to-moderate effects in the mental health domain, with moderate or greater effects also reported depending on the intervention modality and target population, and relatively consistent efficacy is confirmed in areas such as improving the quality of life for patients with chronic pain and cancer, and alleviating perioperative anxiety and pain. Conversely, the evidence is less consistent for physical and cognitive outcomes, including long-term changes in cognitive function and blood pressure, and objective measures of sleep. The variation in effects is thought to be influenced by the intervention modality (passive listening vs. active participation), the intervention dose (frequency, duration, timing), target characteristics (age, disease, severity, cultural background), setting (clinical vs. home-based), music preference, concomitant therapies, and the choice of outcome measures. Future efforts are expected to establish the clinical utility and social adoption of MBIs by advancing research designs that control for these variables and promoting the standardization of outcome evaluation.

Keywords music-based interventions; mental health; pain management; quality of life; systematic review and meta-analysis

1 はじめに

何千年も前から、音楽が人々に喜びをもたらし、苦痛を和らげる力を持つことは広く知られてきた。現代においては、さまざまな分野の研究者が音楽を用いた介入（Music-Based Interventions: MBIs）の作用機序を解明し、その科学的根拠を確立するための研究を進めている[1]。近年の神経科学的知見により、リズム、音高、旋律、和声といった音楽の基本要素に関連する特定の脳領域が徐々に特定されつつある。これに伴い、臨床研究や経験的観察を通して、MBIs が情緒的幸福感、運動機能、認知機能、感覚機能、さらには心血管機能に及ぼす潜在的な治療効果が体系的に検討されてきた[1]。

現段階では MBIs の効果に関して最終的な結論には至っていないが、多様なアプローチがアルツハイマー病、パーキンソン病、自閉症、心血管疾患、心的外傷後ストレス障害など、認知症や慢性疼痛、不安、ストレスを伴う幅広い健康状態の症状管理に寄与し得る可能性が示唆されている。たとえば、近年の国際的ワークショップでは、がん患者の同種造血幹細胞移植に対するマインドフルネスを基盤とした音楽療法、文化的背景や気分に即した対面型音楽療法によるストレス軽減と胎児在胎週数の改善、パーキンソン病患者の歩行変動を減らす「無声歌唱」法、さらには慢性疼痛の重症度を軽減するための合唱団トレーニングなど、現在進行中の多様な研究事例が報告された[1]。また、児童への音楽教育が社会的・情緒的学習を通じて就学準備を支援し、作業記憶や実行機能の向上につながる可能性も示されている。これらの知見は、学校や地域社会における芸術活動への参加が子どもの発達に与える効果や、高齢者における音楽訓練の認知機能向上効果を理解するうえで、心理学および神経科学的研究が重要であることを示している[1]。

本論文では、このように複数領域にまたがるエビデンスを踏まえ、音楽を用いた介入が健康に及ぼす効果について、多角的かつ総合的に検討する。

2 音楽を用いた介入の健康への効果

近年、音楽を用いた介入（Music-Based Interventions: MBIs）の健康効果について、多領域にわたる系統的レビューやメタ分析が相次いで報告されている。まずメンタルヘルス領域では、de Witte, Aalbers [2]によるメタ分析では、51 件のトライアル／93 件の効果量を統合し、音楽療法が不安症状に対して全体として小〜中程度の効果を示した。特に自己報告による心理的な不安には中程度の効果が認められた一方で、生理的指標への効果は小さく、有意ではなかった。受動的（リスニング）または受動的と能動的の併用形式は、能動より受動（または併用）が相対的に高い効果を示唆する所見がみられた。もっとも、効果量の違いが介入様式、実施条件、対象特性で説明されるかを統計的に検討する分析の結果は限定的であり、解釈には慎重を要する。

Lin and Li [3]による大学生を対象とした系統的レビューおよびメタ分析では、音楽療法が抑うつ症状に対して大きな改善効果を示した。一方で、各研究間でプロトコルが多様で異質性が高かったことから、プログラム仕様や実施条件によって効果が変わる可能性があり、結果の慎重な解釈とさらなる標準化研究が求められている。結論では、学業不安の軽減や睡眠の質の改善といった潜在的効果や、音楽療法の実施のしやすさ、コストの低さ、受容性の高さが強調されており、メンタルヘルス支援としての応用可能性も示唆されている。

さらに Zhang, Lu [4]によるメタ分析では、音楽聴取・音楽訓練・音楽療法という 3 種類の音楽介入が、一般成人、学生・若年成人、高齢者、医療・介護従事者、うつ・不安などの精神症状を有する群、慢性疼痛やがん罹患経験者の臨床・非臨床集団双方において 主観的幸福感（SWB）に及ぼす全体的な影響を評価した。各介入形式や対象集団の特性によって効果の差異が示唆されており、介入形式や対象によって SWB への影響が変動する可能性が明らかとなった。ただし、具体的な効果量や統計的有意差の詳細は本文を参照する必要がある。

神経・発達・認知領域では、Salihu, Chutiyami [5]は 20 件のシステマティックレビューを対象にしたメタレビューを実施し、音楽介入が高齢者や認知障害を持つ成人において不安の軽

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

減に対しては小〜大の効果を示すエビデンスがあると報告した。一方、認知機能、抑うつ、ストレスに対しては効果が変動する可能性があるとされている。研究間の方法的異質性が高いため、改善領域や具体的な介入条件による効果の違いについては、依然としてさらなる検討が必要である。

さらに、Gao, Xu [6]による小児自閉スペクトラム症（ASD）を対象としたシステマティックレビューおよびメタ分析では、13 件・1,160 名を対象とし、音楽療法が行動症状に対して中等度の改善効果を有意に示した。ただし、高い異質性が認められ、研究の地理的偏りやサンプルサイズの制約など方法論的限界も指摘されているため、より厳密な RCT による追試が必要であるとされた。

疼痛・がん・身体症状領域においては、Chen, Yuan [7]の系統的レビューとメタ分析が、音楽介入によって慢性疼痛患者の痛みと抑うつが有意に低下することを報告したが、不安やQOLへの効果は限定的であった。疾患カテゴリや地域によって効果が異なる可能性もある。

また、Luo, Zhang [8]のメタ分析は、がん患者において音楽介入が QOL を改善し、不安・抑うつも軽減することを示した。特に受動的音楽聴取介入の成績がやや良好とされるが、がん種や治療段階によって効果は変動する。

Zhuang, Chen [9]の系統的レビューでは、妊娠高血圧性疾患において収縮期・拡張期血圧が臨床的に意味のある低下を示唆された。ただし、介入方法の多様性や盲検化の困難さが制約となる。

加えて、Li, Guo [10]が行った心胸外科術後患者を対象とする系統的レビューとメタ分析では、音楽介入が術後の不安や痛みを有意に軽減し、収縮期血圧も有意に低下した。一方で拡張期血圧には統計的に有意な変化は認められず、ベンチレーション時間や入院日数の改善も確認されなかった。オピオイドの使用量が減少する傾向も示唆されたが、術式や介入のタイミングなどによって効果に変動があった可能性があるため、さらなる検討が必要である。

意識障害（重度脳障害）領域では、Murtaugh, Morrissey [11]のアンブレラレビューは、音楽療法を含む複数の介入（感覚刺激、正中神経刺激、モビライゼーション等）について、意識障害のある患者への効果を総覧した。一定の有益性が示唆されるが、アウトカム定義や測定法の非標準化とレビュー品質のばらつきにより、結論は慎重に解釈すべきである。

総じて、MBIs はメンタルヘルス、不安・抑うつ、慢性疼痛、がん患者の QOL、周術期の不安・痛みなどでは比較的首尾一貫した有効性が示される一方、認知機能や血圧の長期効果、睡眠の客観指標といった身体・認知アウトカムではエビデンスの不均質性が大きい。効果の分岐には、介入様式（受動聴取／能動参加）、介入量（頻度・期間・タイミング）、対象特性（年齢・疾患・重症度・文化圏）、実施環境（臨床／在宅）、音楽嗜好や共存療法、評価指標の選択が影響すると考えられる。

3 まとめ

本稿では、近年報告された多領域にわたる系統的レビューおよびメタ分析の知見を踏まえ、音楽を用いた介入（MBIs）が健康に及ぼす効果を概観した。エビデンスは、メンタルヘルス領域を中心に、不安・抑うつの軽減や慢性疼痛・がん患者の QOL 向上、周術期の不安・痛み緩和などにおいて比較的安定した有効性を示している。一方、認知機能、血圧の長期的影響、睡眠の客観指標といった領域では結果が一貫せず、効果の再現性や介入条件の最適化には未解決の課題が多い。介入様式、実施条件、対象特性、環境要因、音楽の嗜好性などが効果に影響を与えることが示唆されており、今後はこれらの変数を統制した研究が求められる。さらに、アウトカム指標の標準化や実装科学の観点を取り入れた研究計画を推進することで、MBIs の臨床的有用性と社会的普及を両立させる道筋が明確になる。本稿は田部井[12]に改変を加えたものである。

参考文献

1. Chen WG, Edwards E, Iyengar S, Finkelstein R, Rutter DF, Fleming R, et al. Music and medicine: quickening the tempo of progress. Lancet. 2024;403(10433):1213-5. Epub 20240318. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00477-X. PubMed PMID: 38513679.
2. de Witte M, Aalbers S, Vink A, Friederichs S, Knapen A, Pelgrim T, et al. Music therapy for the treatment of anxiety: a systematic review with multilevel meta-analyses. EClinicalMedicine. 2025;84:103293. Epub 20250609. doi: 10.1016/j.eclinm.2025.103293. PubMed PMID: 40547443; PubMed Central PMCID: PMCPMC12179724.
3. Lin Y, Li Q. Efficacy of music therapy for depressive symptoms in college students: a meta-analysis and systematic review. Front Psychol. 2025;16:1576381. Epub 20250718. doi: 10.3389/fpsyg.2025.1576381. PubMed PMID: 40755543; PubMed Central PMCID: PMCPMC12315556.
4. Zhang J, Lu Y, Mehdinezhadnouri K, Liu J, Lu H. Impact of music-based interventions on subjective well-being: a meta-analysis of listening, training, and therapy in clinical and nonclinical populations. Front Psychol. 2025;16:1608508. Epub 20250709. doi: 10.3389/fpsyg.2025.1608508. PubMed PMID: 40703746; PubMed Central PMCID: PMCPMC12285531.
5. Salihu D, Chutiyami M, Bello UM, Sulaiman SK, Dawa KK, Hepworth A, et al. A meta-review of systematic reviews on the effectiveness of music therapy on depression, stress, anxiety and cognitive function in adult's with dementia or cognitive impairment. Geriatr Nurs. 2024;60:348-60. Epub 20241009. doi: 10.1016/j.gerinurse.2024.09.014. PubMed PMID: 39388962.
6. Gao X, Xu G, Fu N, Ben Q, Wang L, Bu X. The effectiveness of music therapy in improving behavioral symptoms among children with autism spectrum disorders: a systematic review and meta-analysis. Front Psychiatry. 2024;15:1511920. Epub 20250114. doi: 10.3389/fpsyt.2024.1511920. PubMed PMID: 39896995; PubMed Central PMCID: PMCPMC11783185.
7. Chen S, Yuan Q, Wang C, Ye J, Yang L. The effect of music therapy for patients with chronic pain: systematic review and meta-analysis. BMC Psychol. 2025;13(1):455. Epub 20250430. doi: 10.1186/s40359-025-02643-x. PubMed PMID: 40307940; PubMed

Central PMCID: PMCPMC12042639.
8. Luo T, Zhang S, Zhao M, Song H, Wang S, Han J. Efficacy of Music Therapy on Quality of Life in Cancer Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. Psychooncology. 2025;34(5):e70165. doi: 10.1002/pon.70165. PubMed PMID: 40317804.
9. Zhuang Q, Chen L, Yang Y. Effects of Music Therapy on Patients with Hypertensive Disorders of Pregnancy: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Integr Complement Med. 2025. Epub 20250605. doi: 10.1089/jicm.2024.0688. PubMed PMID: 40468854.
10. Li T, Guo Y, Lyu D, Xue J, Sheng M, Jia L, et al. The effectiveness of music in improving the recovery of cardiothoracic surgery: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. BMC Anesthesiol. 2024;24(1):339. Epub 20240928. doi: 10.1186/s12871-024-02732-1. PubMed PMID: 39342080; PubMed Central PMCID: PMCPMC11437799.
11. Murtaugh B, Morrissey AM, Fager S, Knight HE, Rushing J, Weaver J. Music, occupational, physical, and speech therapy interventions for patients in disorders of consciousness: An umbrella review. NeuroRehabilitation. 2024;54(1):109-27. doi: 10.3233/NRE-230149. PubMed PMID: 38277314.
12. 田部井賢一, 音楽を健康に活かす. 音楽心理学研究会論文集第 18 巻. 2025 :13-15.

Structural challenges of tourism urbanization and new developments: The possibility of regional economic revitalization in Hakodate

Hiroaki Itakura [1*]

[1]Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Hiroaki Itakura itakura-hiroaki@aiit.ac.jp

Abstract This paper examines why Hakodate continues to decline despite tourism success. Although attracting 5 million tourists annually, Hakodate's population declined 20% since 1980 (320,000 to 250,000). Through historical analysis and comparison with Kanazawa City, this study identifies structural limitations of tourism-dependent development.

Hakodate transformed from a multi-industry port city to tourism-dependent economy following the collapse of fishing, shipbuilding, and maritime commerce (1960s-1980s). While tourism promotion increased visitors and consumption, four critical limitations emerged: (1) low-wage, unstable employment failing to retain young workers; (2) limited economic ripple effects with substantial income leakage externally; (3) high vulnerability to seasonal fluctuations and external shocks; (4) inability to reverse demographic decline.

Comparative analysis with Kanazawa reveals sustainable regional economies require diverse industrial foundations. Unlike Hakodate, Kanazawa maintains stability through balanced tourism, administrative functions, higher education institutions, and manufacturing sectors. The research concludes tourism complements but cannot serve as sole core industry. Regional revitalization requires multi-sectoral industrial development, youth retention strategies, and coordinated government efforts. This study illuminates tourism-led development limitations applicable to numerous Japanese regional cities facing similar structural challenges.

Keywords tourism urbanization; regional economic decline; industrial structural transformation; Hakodate; economic ripple effects

1 Introduction

1.1 Problem Statement

Hakodate is one of Japan's representative tourist cities. The night view from Mount Hakodate is known as one of the "Three Great Night Views of the World" and "Three Great Night Views of Japan." The city possesses diverse tourism resources including the Motomachi district with its historic buildings, red brick warehouse district, Goryokaku, and morning market. In the 2025 "Municipal Attractiveness Ranking," it ranked first. In 2016, the Hokkaido Shinkansen opened, significantly improving access from Tokyo. Tourist arrivals fluctuate around 5 million annually, with tourism consumption exceeding 100 billion yen [1].

However, Hakodate's population peaked at approximately 320,000 in 1980 and has continued to decline, reaching approximately 250,000 in 2020 [2]. This represents a 20% population decrease over 40 years. The outflow of young people is pronounced, and the aging rate exceeds 35%. The economic scale is also shrinking, with evident stagnation in the regional economy through shopping street closures, corporate withdrawals, and declining municipal tax revenues.

A paradox exists here. Despite success as a tourist city, why is Hakodate in decline? This paper aims to answer this question.

1.2 Previous Research and This Study's Perspective

There is substantial research on regional revitalization through tourism. While many studies emphasize the positive effects of the tourism industry on regional economies—job creation, income increase, and improved regional image—research pointing out the limitations of tourism dependence also exists. In particular, issues such as employment instability in the tourism industry, low wage structures, and limited economic ripple effects have been identified.

However, there are few studies that comprehensively analyze the limitations of tourism promotion targeting cities like Hakodate that have "succeeded in tourism urbanization but are in decline." This study analyzes the relationship between the tourism industry and the overall regional economy from three perspectives: industrial structure, employment, and population dynamics, using Hakodate as a case study.

1.3 Analytical Framework

This paper proceeds with analysis using the following framework: First, we trace Hakodate's historical changes from the Meiji period to the present, clarifying the process of "loss of core industries." Second, we analyze the characteristics of the tourism industry—employment quality, economic ripple effects, and seasonal fluctuations—revealing the structural limitations of the tourism industry. Third, we analyze the relationship between population dynamics and the regional economy, elucidating the mechanism of youth outflow. Fourth, through comparison with other tourist cities, we clarify Hakodate's specificity and generality.

2 Hakodate's Historical Changes: The Process of Losing Core Industries

2.1 Meiji Period to Pre-War: Multi-layered Economic Foundation

Hakodate as an Open Port

Hakodate was an international trading port opened in 1859 and was one of the political, economic, and cultural centers of

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

Hokkaido from the Meiji period to the pre-war era. Hakodate's economy had a multi-layered foundation including: (1) port and shipping industry, (2) fishing industry with herring fishing as the core, (3) shipbuilding industry, (4) commerce and finance, and (5) administrative, educational, and cultural functions. Rather than depending on a single industry, Hakodate was a comprehensive regional city with multiple industrial foundations. The population continued to grow, reaching approximately 140,000 in 1920 and approximately 200,000 in 1940.

2.2 Post-War to 1980s: Gradual Loss of Core Industries

Decline of the Fishing Industry

After the war, the fishing industry that supported Hakodate's economy rapidly declined. The greatest factor was the collapse of herring fishing. Herring catches plummeted in the 1950s, becoming nearly depleted by the 1960s. Furthermore, the 1977 establishment of 200-nautical-mile zones restricted distant-water fishing. Hakodate's catch volume drastically decreased from approximately 200,000 tons in the 1960s to tens of thousands of tons by the 1980s [3].

Contraction of Shipbuilding

With the decline of the fishing industry, shipbuilding also contracted. Hakodate Dock fell into financial difficulties in the 1980s and implemented large-scale workforce reductions.

Decline in Port Functions

Changes in the transportation system significantly lowered Hakodate Port's status. The decisive factor was the abolition of the Seikan ferry in 1988. The Seikan ferry had been the main artery connecting Honshu and Hokkaido for 80 years. With the opening of the Seikan Tunnel, the ferry was abolished, and related jobs and industries were lost all at once. Tomakomai Port became Hokkaido's main logistics hub, and Hakodate Port's cargo handling volume continued to decrease.

Outflow of Commercial and Financial Functions

As Sapporo's concentration intensified, corporate headquarters and branches located in Hakodate moved to Sapporo. Financial institutions also underwent consolidation, and withdrawals of department stores and large commercial facilities occurred in succession.

2.3 1980s Onward: Acceleration of Population Decline and Economic Contraction

Hakodate's population peaked at approximately 320,000 in 1980 and then turned to decline. The main cause is youth outflow and natural decrease (deaths exceeding births). By 2020, it reached approximately 250,000. The decline of core industries resulted in significant job losses, particularly in relatively high-wage "quality jobs." The regional economy contracted, with deteriorating fiscal conditions and declining administrative services.

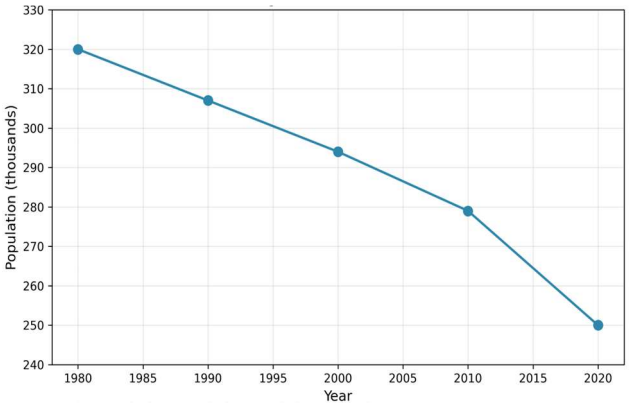


Fig.1 Hakodate Population Trends (1980–2020)
Source: Hakodate City Statical Book [2]

3 Transition to Tourism Urbanization: Strategy and Results

Development of Tourism Promotion Policies

Facing the decline of core industries, Hakodate positioned tourism promotion at the center of regional policy from the 1980s. Hakodate City formulated the "Hakodate City Tourism Basic Plan" in 1988, positioning tourism as a core industry. The city actively invested in preservation and development of tourism resources including historic buildings, port district redevelopment, event hosting, food tourism, and transportation access improvement. In March 2016, the Hokkaido Shinkansen opened, significantly improving access.

3.1 Results of Tourism Promotion

Hakodate's tourist arrivals increased from around 2 million annually in the 1980s to over 4 million in the 2000s. After the Hokkaido Shinkansen opened in 2016, it reached approximately 5.57 million, recording a historic high [4]. Tourism consumption was estimated at approximately 107 billion yen in 2015 [5]. Tourism-related employment increased, and Hakodate received high nationwide recognition as a tourist city.

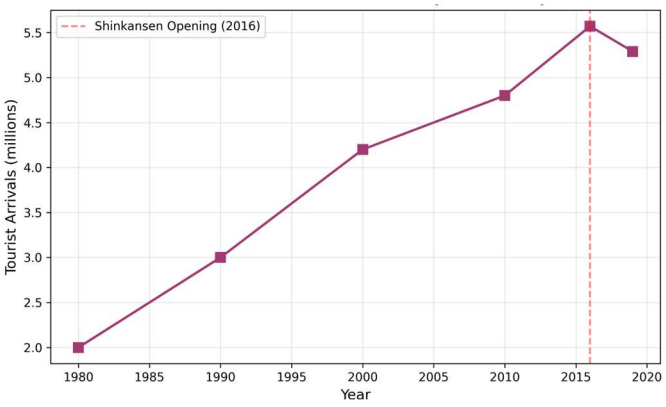


Fig.2 Tourist Arrivals in Hakodate(1980–2019)
Source: Hakodate City Tourism Statistics[1][4]

3.2 Summary: The "Success" of Tourism Urbanization

Judging from these indicators, Hakodate's tourism promotion can be called a "success." However, despite this, Hakodate City's overall population is declining and the economy is contracting. Why? The next chapter analyzes the structural limitations of the tourism industry.

4 Structural Limitations of the Tourism Industry: The Problem of "Cannot Make a Living from Tourism"

4.1 Employment Quality: Issues of Low Wages and Unstable Employment

Wage levels in the tourism industry (accommodation, food service industries) are significantly below the all-industry average [6]. In Hakodate, jobs lost in fisheries and shipbuilding were relatively high-wage regular employment, while many jobs newly created in the tourism industry are low-wage part-time and temporary positions. The tourism industry has a high proportion of non-regular employment, with hotels and restaurants temporarily hiring personnel during busy seasons and reducing them during off-seasons. This low-wage, unstable employment is not attractive to young people, who seek higher-wage, more stable employment and move to Sapporo or Honshu.

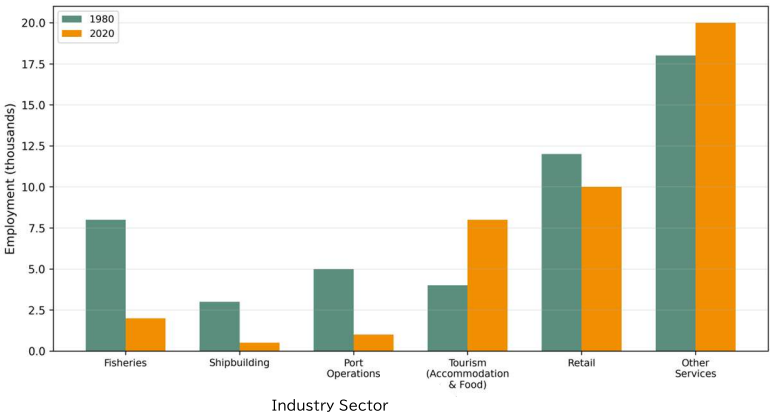


Fig 3. Employment by Industry Sector in Hakodate (1980 vs 2020)
Source: Hokkaido Fisheries Statics [3], Basic Survey on Wage Structure [6]

4.2 Limitations of Economic Ripple Effects

The economic ripple effects of the tourism industry are often overestimated. Much of what tourists spend flows out to external areas. Major hotel chains have headquarters in Tokyo with profits flowing back. Much of the ingredients and products are procured from outside Hokkaido. Many transportation companies are external enterprises. Income circulating within the region is only a portion of tourism consumption. The regional multiplier effect of tourism consumption is 1.3-1.5, significantly lower than manufacturing (2.0-2.5). Additionally, the tourism industry is not organically connected to regional agriculture, fisheries, manufacturing, and construction, making economic ripple effects limited.

4.3 Seasonal Fluctuation and Employment Instability

Hakodate's tourism has large seasonal fluctuations, with highest numbers in summer and autumn, and off-seasons in winter and spring. This creates employment instability and necessitates reliance on seasonal and short-term employment. Tourism demand is also easily affected by weather, disasters, economic recession, and infectious disease outbreaks, creating vulnerability to external shocks.

4.4 Structure Unable to Stop Population Decline

Tourism industry employment does not contribute to youth retention due to its low wages and instability. Young people continue to flow out, birth numbers decrease, natural decrease accelerates, and the aging rate rises above 35%. Tourism promotion does not lead to solving fundamental problems of youth outflow, declining birthrate, and aging.

4.5 Summary: Limitations of the Tourism Industry

The analysis reveals four main structural limitations: (1) employment quality issues with low wages and instability not leading to youth retention, (2) limited economic ripple effects with much consumption flowing out externally, (3) vulnerability to seasonal fluctuation and external shocks, and (4) inability to stop population decline. While the tourism industry can support part of the regional economy, it is insufficient to compensate for the loss of core industries and support the entire regional economy. This is the essence of "cannot make a living from tourism."

5 Comparative Analysis: Comparison with Kanazawa City

5.1 Why Compare with Kanazawa

To clarify Hakodate's factors of decline, this paper selects Kanazawa City as a comparison target for the following reasons: (1) commonality as historic cities and tourist cities, (2) timing of Shinkansen opening (Kanazawa in March 2015, Hakodate in March 2016), (3) positioning as regional cities facing structural challenges, and (4) appropriate population scale (Kanazawa approximately 460,000, Hakodate approximately 250,000).

5.2 Overview of Kanazawa City

Kanazawa is a historic city that developed as a castle town, escaping war damage and preserving historic townscapes. From the 1980s onward, it actively promoted preservation and tourism. With the March 2015 Hokuriku Shinkansen opening, tourist numbers increased significantly. Kanazawa's population is approximately 460,000, having remained nearly flat over recent decades [7].

Table 1 Comparion of Key Indicators: Hakodate vs Kanazawa

Indicator	Hakodate	Kanazawa
Population (2020)	250,000	460,000
Population Change (1980-2020)	-20%	Stable
Prefectural Capital	No	Yes
Major University Students	~1,000	~10,000
Manufacturing Sector	Declined	Active (99% gold leaf)
Tourism Annual Visitors	5 million	4-5 million
Aging Rate	>35%	~28%

Source: *Hakodate City Statical Book [2], Kanazawa City Statical Book [7]*

5.3 Comparison of Hakodate and Kanazawa

While both cities share characteristics as historic tourist cities with similar Shinkansen opening timing, their population dynamics are contrasting. Kanazawa maintains its population

while Hakodate experiences rapid decline. Key differences include:

(1) Prefectural capital functions: Kanazawa is Ishikawa Prefecture's capital with clustering of administrative institutions creating stable white-collar employment. Hakodate is not Hokkaido's capital, with administrative functions concentrated in Sapporo.

(2) Scale of higher education institutions: Kanazawa has multiple large universities including Kanazawa University (10,000 students), bringing young population inflow and local graduate retention. Hakodate's universities are smaller with low local retention.

(3) Manufacturing existence: Kanazawa has surviving manufacturing including machinery, textiles, and traditional crafts (gold leaf at 99% national share), creating higher-wage stable employment. Hakodate's major manufacturing has declined.

(4) Regional centrality: Kanazawa functions as a core city within Ishikawa Prefecture and the Hokuriku region. Hakodate faces overwhelming Sapporo concentration, with regional core functions concentrated there.

5.4 Summary: Importance of Diverse Economic Foundations

Comparison with Kanazawa reveals that cities dependent on tourism alone are fragile, and having diverse economic foundations is important. Kanazawa has multiple economic foundations including administrative functions, higher education, and manufacturing in addition to tourism. Hakodate lost its core industries and became overly dependent on tourism. While the tourism industry brings certain effects, it has structural limitations making it insufficient to support the entire regional economy. Hakodate's decline stems not from tourism promotion failure but from losing economic foundations other than tourism and being unable to reconstruct them.

6 Factors Making Hakodate's Industrial Restructuring Difficult

6.1 Geographic Constraints

Hakodate is located approximately 300 km from Sapporo, disadvantageous for corporate location and logistics. Hakodate Port has difficulty accommodating large vessels, and Hakodate Airport is a regional airport with limited international and cargo flights. These logistics infrastructure constraints make manufacturing location difficult.

6.2 Policy Choice Issues

Since the 1980s, Hakodate concentrated policy resources on tourism promotion, relatively neglecting investment in other industries. Utilization of universities and research institutions for industry-academia collaboration has been insufficient. While youth retention is recognized as important, concrete results remain limited due to the fundamental shortage of "attractive employment."

6.3 Impact of National and Hokkaido Policies

Hokkaido development policy has emphasized Sapporo-centered development, with infrastructure investment concentrated there, making investment in Hakodate relatively less and expanding economic disparities. Public works reduction from the 1990s contracted the construction industry without constructing alternative industrial foundations, accelerating regional economic hollowing out.

7 Conclusion

7.1 Findings of This Study

This paper addressed the question "Despite success as a tourist city, why is Hakodate in decline?" The analysis reveals that Hakodate's decline stems from the loss of core industries, which created structural economic weakening. The tourism industry proved insufficient to compensate for this loss, exhibiting critical limitations in employment quality and limited ripple effects. While tourism promotion succeeded in increasing tourist numbers and consumption, population decline and economic contraction persisted. Comparative analysis with other cities demonstrates the importance of diverse economic foundations. The factors preventing core industry reconstruction are complex, including geographic constraints, policy choices, and national and Hokkaido-level policies.

7.2 Meaning of "Cannot Make a Living from Tourism"

The tourism industry can support part of the regional economy but cannot become a core industry supporting the entire regional economy. Tourism is a "complementary industry," not a "core industry." Core industries create high-wage stable employment, strengthen economic circulation within the region, retain young people, and lead to population increase. The tourism industry does not satisfy these conditions. Therefore, tourism promotion alone cannot stop population decline or revitalize the regional economy.

7.3 Policy Implications

The research suggests several policy implications. First, while tourism promotion should continue, over-dependence on tourism alone is inadvisable. Second, regions must develop diverse industries through manufacturing attraction and new industry development. Third, strengthening youth retention measures is essential to address demographic challenges. Fourth, regional cooperation should be enhanced to expand economic zones beyond individual municipalities. Fifth, national and prefectural policy changes are necessary to correct metropolitan concentration and expand investment in regional cities.

7.4 Future Research Issues

This study has several limitations that suggest directions for future research. More rigorous quantitative analysis is needed, particularly regarding economic ripple effects and employment statistics. The scope of comparative analysis should be expanded to include other tourist cities beyond those examined here. Future studies should incorporate perspectives from residents and businesses through surveys and interviews to complement the macro-level analysis presented here. Finally, rigorous policy evaluation is necessary to assess the effectiveness of

tourism and industrial promotion policies implemented by municipalities.

7.5 In Conclusion

Hakodate's case symbolizes problems faced by many Japanese regional cities. Many municipalities position "tourism" as a solution to core industry loss, population decline, and economic contraction. However, as this study reveals, tourism promotion alone cannot fundamentally solve these problems. Tourism is important but "you cannot make a living" from it alone.

Regional economic revitalization requires comprehensive efforts including construction of diverse industrial foundations, youth retention, and strengthening regional cooperation. This cannot be achieved by a single municipality alone; collaboration among diverse actors including national and prefectural policy changes, private sector investment, and resident participation is indispensable.

Hakodate's challenge continues. How to construct new economic foundations while using success as a tourist city as a foundation. This question is a challenge shared not only by Hakodate but by many regional cities in Japan.

References

1. Hakodate City, "Hakodate City Tourism Statistics," 2019 edition
2. Hakodate City, "Hakodate City Statistical Book," 2020 edition
3. Hokkaido Department of Fisheries and Forestry, "Hokkaido Fisheries Statistics," various years
4. Hakodate City, "Hakodate City Tourism Statistics," 2016 edition
5. Hakodate City Tourism Department, "Hakodate City Tourism Consumption Survey Report," 2016
6. Ministry of Health, Labour and Welfare, "Basic Survey on Wage Structure," 2019 edition
7. Kanazawa City, "Kanazawa City Statistical Book," 2020

HMIデザインに見る技術進化・ブランド強化・人間中心設計の関係性

HMI design in the automotive field: Balancing technology, brand, and human-centered design 2025

上田　太郎 [1*]
Taro Ueda [1*]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Taro Ueda, ueda-taro@aiit.ac.jp

Abstract This document examines the development of Human Machine Interface (HMI) design in the automotive field from three perspectives: technological innovation, brand identity, and human-centered design. HMI has evolved from a purely functional interface to a core element of the overall user experience. Recent technological advances have expanded expressive possibilities and strengthened the link between HMI and brand identity, while human-centered design has emphasized safety and psychological comfort. Through the interaction of these three dimensions, HMI is transforming from an information interface into a design domain that defines the relationship between humans and mobility.

Keywords hmi; user experience; brand design; human centric design; mobility

1　はじめに

私が長年携わってきた自動車業界では、近年HMI（Human Machine Interface）の役割がかつてないほど重要性を増している。HMIは単なる操作系ではなく、ユーザー体験全体を形成する要素となりつつあり、ドライバーと車両及び情報サービスの関係性を決定づける「顔」とも言える存在となっている。

本稿では、自動車におけるHMIデザインの変遷を俯瞰し、その発展を支えてきた三つの要素、「技術進化」「ブランド強化」「人間中心設計」の関係性を整理することを目的とする。具体的には近年のデジタル化（GUIやデジタルUXの事例）を手掛かりに、変化の起点を整理する。

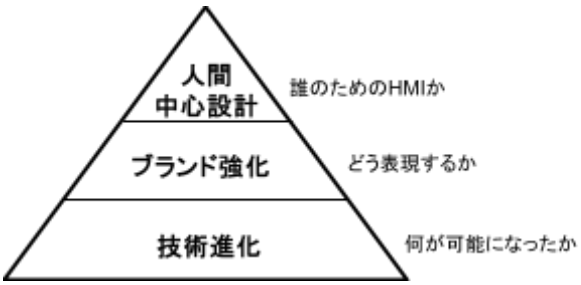


図 1　HMIデザイン進化の3要素とその関係性（模式図）

2　技術進化とHMIデザインの変遷

カー・ナビゲーションの発達により、HMIの高機能化が進み、HMIは機械操作を前提としたメカニカルなインターフェイスから、情報処理を伴うデジタルインターフェイスへと大きく変化してきた。その変化の起点には、常に技術の進化が影響している。私がデザインを担当してきた自動車分野では、1970年代のメーターなどの計器盤中心の構成から、1990年代のナビゲーションの機能統合、2000年代以降のディスプレイの大型化・多層化を経て、現在のソフトウェア主導のHMIへと移行してきている[11-12]。

特に、GUI（Graphical User Interface）の普及はHMIデザインの大きな転換点となった。表示技術の高精細化とタッチパネル技術の導入により、操作の主体は物理スイッチから画面上の情報階層を操作するタッチ・インタラクションへと移り、グラフィックに加え情報構造そのものもデザインの対象となった。これは、従来の「装置としての操作性」から「体験としての操作感」への変化をもらたした。また、ソフトウェア更新によって機能やデザインを後から更新できるという特徴は、インターフェイスのライフサイクルを変え、設計とデザインのプロセスにも大きな影響を与えた。

図2　BMW iDrive (2001)のナビゲーション機能統合HMI [11]

図3　Tesla Model 3 (2016)のデジタルディスプレイHMI [12]

さらに、センサー技術やAI（Artificial Intelligence）の導入により、HMIは単なる操作系ではなく、安全安心のための運転状況やユーザー状態を理解し適応するインテリジェントシステムへと発展している。たとえば、視線検知や音声認識を用いたマルチモーダルHMIは、従来のGUI中心の体験を拡張し、より安全でその時の状況に合わせたインタラクションを実現しつつある。これらの技術は、情報の「見せ方」だけでなく、「伝え方」そのものを変化させている。

一方で、GUI依存の高まりは、新たな課題も生んでいる。視覚負荷の増大や注意の分散、タッチ操作時の触覚情報の欠如などは、特に運転中のHMIにおいて深刻な問題として指摘されている。技術の進化が操作自由度を拡大する一方で、人間の認知特性との乖

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

離を生じさせる危険性もある。この点は、後述する「ブランド体験」や「人間中心設計」との関係の中で再考されるべき重要なポイントである。

以上のように、HMIの進化は技術革新によって牽引されてきたが、その影響は単なる機能拡張にとどまらない。GUIを中心とするデジタル化は、デザインの表現方法、ブランドの差別化、さらにはユーザー体験全体の再定義へとつながっている。技術の発展はHMIの基盤を形づくると同時に、次の段階で論じるブランド価値および人間中心の体験設計を支える前提となっている。

3　ブランド価値とHMI

近年の自動車開発において、HMIは「操作のしやすさ」や「情報の視認性」を超え、ブランド体験の中核として位置づけられている。かつてのブランド表現は、エクステリアデザインやエンジンサウンドなど、主として物理的・感性的な要素が中心であった。しかしデジタル化が進んだ現在、HMIデザインはユーザーが日常的に接する「ブランドの体験の顔」となりつつある。たとえば、メニュー構成やアニメーションのスピード、ボタンのフィードバック音、照明の色温度など、細部のデザイン言語がブランドの個性を形成する。これらは従来のインテリアデザインの領域を超え、「デジタル・エクスペリエンス・デザインアイデンティティ」として体系化されつつある。また、ブランド価値を支えるのは、単に「美しいUI」ではなく、「どのような体験を通してそのブランドを感じるか」である。すなわち、HMIデザインは「ブランドポリシーをユーザーの体験に翻訳すること」といえる。

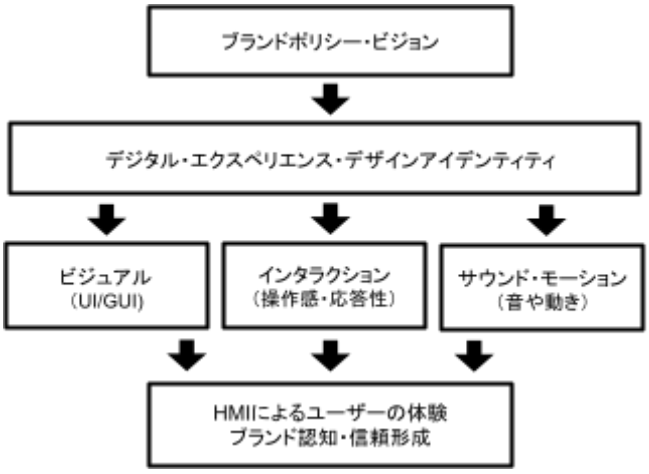


図4 「デジタル・エクスペリエンス・デザインアイデンティティ」構成モデル（模式図）

この背景には、技術の高度化によって機能差が見えにくくなったことがある。エンジン性能や安全装備といった従来の差別化要素が均質化するなかで、ユーザーが日常的に接する情報インターフェイス体験が、ブランドを感じさせる主要な接点となった。このことは、デザインの新たな役割と領域を拡張させた。たとえば、画面遷移の追従速度やアニメーションの魅力や滑らかさ、音声フィードバックのトーンなどは、企業ごとの哲学や価値観を反映する「ブランドデザイン言語」としてデザインされるようになっている。

さらに、デジタルHMIの普及は、ブランドアイデンティティの一貫性管理にも新たな課題をもたらした。GUIを通じた体験は、車載システムにとどまらず、スマートフォンアプリやクラウドサービス、ディーラーでの接客端末など、複数の接点に広がっている。このような分散した接触体験を統一的に管理するために、多くのメーカーが「デジタルブランドガイドライン」や「HMIデザインシステム」を戦略化し始めている。

これらは従来のビジュアルガイドライン（デザインシステム）に加え、操作体系、情報遷移、モーションスタイルなど、ユーザー体験全体を対象にするものである。

HMIを通じてブランド価値を評価するためには、従来の性能指標（操作時間、エラー率など）に加え、

- 一貫性（Consistency）
- 感情的共鳴（Emotional Resonance）
- 記憶価値（Memorability）
- 信頼感（Trust）

といった定性的要素を評価軸として組み込む必要がある。

これらは、ユーザーの内的体験を定量化する新しい試みであり、デザイン評価手法としても今後の発展が期待される。

ブランド体験価値	**HMI**デザイン要素	デザインの意図
一貫性	ナビゲーションの構造、配色ルール、フォント体系	ブランドの「らしさ」を統一して伝える
感情的共鳴	アニメーション、音響フィードバック、照明演出など	ブランドの感性を体験価値として表現する
記憶価値	スタートシークエンス、起動音、操作パターン	ブランドを想起させる印象的な体験を作る
信頼感	応答速度、学習しやすい操作系、情報階層設計	安心して使える“信頼のデザイン”を実現する
文化的共感	言語・色彩・触感の文脈対応	地域文化とブランド価値の調和を図る

図 5　ブランド体験とHMI要素の対応関係（概念図）

一方で、ブランド体験を過度に強調することは、ユーザーの理解性や安全性を損なうリスクもある。たとえば、独自性を追求するあまり標準的操作体系を逸脱したHMIは、ユーザーに混乱をもたらす場合がある。ブランド表現と使いやすさの両立は、デザインプロセスの再構築を含めHMIデザインにおける重要な課題の一つである。

このように、HMIは単なる「操作のための仕組み」から、「ブランド価値を可視化・体験する場」へと変化している。ブランドの理念や世界観が、物理的な形状やGUIの細部にまで反映されることで、ユーザーはHMIを通じてブランドと継続的な関係性を感じることができる。技術がHMIの基盤を形成し、ブランドがその意味を与えるという構造のもとで、次章ではそれらを最終的に受け取る人間中心の視

点から、HMI体験を再確認する。

4　人間中心設計とUX：HMIの人間中心化

人間中心設計（Human-CenteredDesign:HCD）は、ISO 9241-210で定義されるように、「利用者のニーズ、期待、制約を設計プロセスの中心に据える」考え方である[1]。自動車HMIにおいても、かつては「操作系の合理化」や「情報提示の最適化」を目的とした設計が中心であったが、現在ではドライバーの心理的負荷、信頼感、心地よさ、魅力といったデザインの感性的要素を含む“総合的体験（UX）”としての設計が重視されている。

この変化は、テクノロジーが高度化するほどに、人間側の理解・安心・共感を与える設計・デザインが必要になるという逆説的な状況を示している。HMIデザインはもはや「人間の機械への理解を助ける装置」ではなく、「人間の理解を支援する体験的メディア」となりつつある。

人間中心化の中核は、感性工学と認知心理学の活用である。操作時の安心感や視覚的リズム、情報の理解容易性など、ユーザー体験の質を左右する要素は、数値化しにくい「感情」「印象」「期待」といった心理的要因によって構成される。

自動車のHMIでは特に、運転時のストレスや注意分配、習熟過程などがUX設計の基礎データとなる。

これに基づいて、

- 操作に対する予測可能性（Predictability）
- 応答の即時性（Responsiveness）
- 表示情報の認知負荷（Cognitive Load）

を適切に調整することが求められる。

たとえば、視線移動を最小化する情報配置、指先の操作感の一貫性、触覚・音・光の協調設計などは、すべてUXの一部として体験全体の“快適さ”を形成している。

このように、従来のHCDプロセスは、ユーザーの観察と評価を中心に進められてきた。しかし、AI・自動運転時代のHMIでは、ユーザーがすべてを操作するわけではなく、システムが主体的に判断する状況が増えている。このとき、HMIは「ユーザーが理解できる範囲での自律性」を備える必要がある。

したがって今後は、

- 自律系との協調設計（Cooperative HMI）
- 信頼形成のUX（Trust-based UX）
- 説明可能なインターフェイス（Explainable HMI）

といった新しい人間中心設計の枠組みが必要となる。

ユーザーが「なぜその挙動が起こったのか」を理解できることが、信頼の基盤であり、人間中心の本質でもある。

HMI開発の現場では、エンジニアリング・デザイン・リサーチの三領域が密接に連携することが不可欠である。近年は、UXリサーチによって得られた知見を早期に開発サイクルへ組み込む「デザイン・スプリント型プロセス」が導入されている。

この手法では、

1. ユーザー観察・インサイト抽出
2. ペルソナ設定・体験シナリオ策定
3. プロトタイプ作成
4. 実使用環境での検証（車両シミュレーション含む）

という段階を反復しながら、定性的UXと定量的評価の両面からHMIを検証する。

この循環的な開発アプローチ（アジャイルプロセス）が、「真に人間中心のHMI」を成立させる要となる。

HMIの人間中心化は、単なるユーザビリティ改善に留まらず、「テクノロジーが人を支える構造」から「人とテクノロジーが信頼関係を築く構造」への転換である。
UXデザインはその媒介として、操作、認知、感情、信頼を一体化する役割を担う。今後のHMIデザインは、感性・認知・倫理を含む総合的な人間理解の上に立脚することが求められるだろう。

5　今後の展望と課題

今後のHMIは、AI技術の発展とマルチモーダル化の進展によって、ユーザー個々の文脈や感情に応じた動的な体験設計へと移行していく。車両が走行状況・生体情報・環境データなどを統合的に理解し、最適な情報提示や操作手段を選択することで、より自然で負担の少ないインタラクションが実現する。
このようなAIベースのHMIは、単なる利便性の向上にとどまらず、ユーザーとの信頼関係を築く「感情的インターフェイス」への進化を予見させる。

一方で、近年はスマートフォンOSを中心とした車載インフォテインメントの標準化が急速に進んでいる。Android Automotive OS や Apple CarPlay、Google Automotive Services（GAS）などの導入は、ユーザーエクスペリエンスの一貫性を高める一方で、車両メーカー固有のHMIデザインを均質化させる傾向を生み出している。こうしたプラットフォーム主導の設計環境では、「誰のUXか」という問いが改めて重要になってくる。

この状況において、自動車メーカーに求められるのは、「標準化されたUIフレームの中で、ブランド体験をどのように差別

化・表現するか」という戦略的デザインである。具体的には、UI構造や機能仕様が共通化されても、アニメーションの速度感、音響フィードバックの質感、情報提示のタイミングなど、体験のトーン&マナー（Tone and Manner）によってブランドアイデンティティを再構築する方向性が考えられる。

すなわち、今後のHMIデザインは、

- OSレイヤーの標準化（統合化）
- ブランド体験の独自化（差別化）

という相反する要素を共生させるデザインマネジメントが求められる。

AIが個人最適化を担い、OSが機能標準化を進めるなかで、ブランドはその上位概念として「どのように感じさせるか」「何を象徴するか」をデザインする必要がある。その意味で、今後のHMIデザインは、技術・ブランド・人間中心の三要素を「統合的に設計・調律する総合デザイン領域」へと発展していくことが期待される。

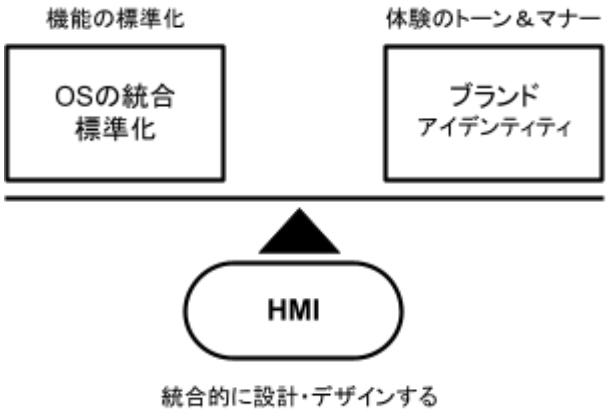


図 6 OSの統合・標準化とブランド差別化の関係（模式図）

6 まとめ

本稿では、私が長年に渡り携わってきたカーデザインの中から、自動車におけるHMIの進化を、「技術進化」「ブランド価値」「人間中心設計」という三つの視点から整理した。これら三要素はそれぞれ独立して発展してきたものの、現在では互いに密接に関係し、HMIデザインの方向性を決定づける構造を形成している。

まず技術の進化は、HMIの形態や範囲を大きく拡張させた。ディスプレイ化・デジタル化・ネットワーク化の流れは、操作設計から体験設計への転換を促し、HMIを情報伝達装置から体験媒介装置へと進化させた。

次に、ブランド価値の観点からは、HMIがデザインの主要な対象として製品の印象や企業の世界観を伝える主要な手段となった。GUIの構成要素（色・モーション・サウンドなど）は、単なる操作のためのデザインを超えて、ブランドアイデンティティを構築する要素へと発展している。このことは、HMIが企業戦略や顧客体験全体において果たす役割の大きさを示している。

最後に、人間中心設計の視点からは、HMIがユーザーの文脈に基づいて再定義されつつあることを確認した。認知負荷、感情、操作リズムといった人の特性を考慮することが、HMIの品質と安全性の両立に不可欠である。さらにマルチモーダル化やAIによる個人最適化の進展により、HMIはより柔軟で状況適応的な体験へと向かっている。

まとめると、HMIの進化は「技術が契機」「ブランドが差別化」「人間中心が方向性」を与えるという三層構造で理解できる。今後の課題は、この三要素を統合的にマネジメントする体制と、その成果を評価・検証する新たなデザインプロセスを構築することである。HMIはもはや単なるインターフェイスではなく、人と技術、そしてブランドをつなぐ「体験のプラットフォーム」として進化し続けている。

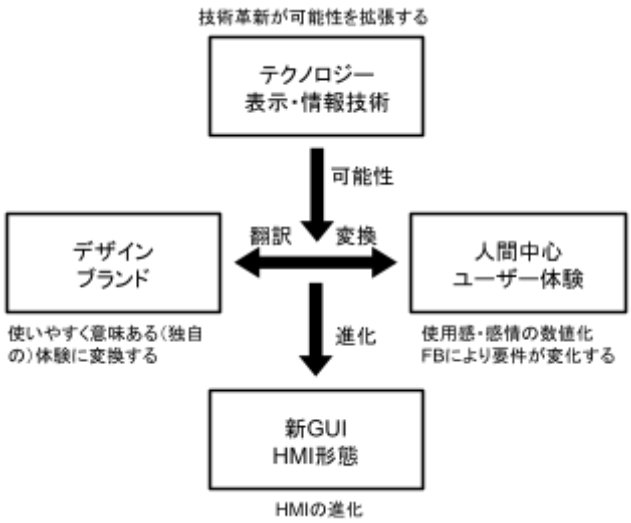


図 7 技術・デザイン・人間中心設計の統合プロセス（模式図）

参考文献

1. ISO 9241-210:2019, *Ergonomics of human-system interaction — Human-centred design for interactive systems*.
2. Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books.
3. Hassenzahl, M. (2010). *Experience Design: Technology for All the Right Reasons*. Morgan & Claypool.
4. Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press.
5. Krippendorff, K. (2006). *The Semantic Turn: A New Foundation for Design*. CRC Press.
6. ISO 15005:2017, *Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Dialogue management principles and compliance procedures*.
7. 柳澤秀吉(2019)『人間中心設計入門』共立出版.
8. 小林一樹(2021)『クルマのUI/UXデザイン戦略』日刊工業新聞社.
9. Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N., & Diakopoulos, N. (2016). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (6th ed.)*. Pearson.
10. Norman, D. A., & Draper, S. W. (Eds.) (1986). *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*. CRC Press.
11. https://www.bmw.com/ja/freude/evolution-of-the-bmw-idrive.html
12. https://www.tesla.com/ja_jp/model3

子どもと親の関係性を築く体感型木製玩具の可能性

The potential of experiential wooden toys in fostering parent-child relationships

今泉 崇[1*] 中島 修[1] 細田 貴明[2]

Takashi Imaizumi[1*] Osamu Nakajima[1] Takaaki Hosoda[2]

[1]前橋工科大学 Maebashi Institute of Technology
[2]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Takashi Imaizumi, p9100527@maebashi-it.ac.jp

Abstract In recent years, the number of dual-income households in Japan has exceeded 70% of all married households, resulting in less time for parents and children to spend together. This study explores how tactile wooden toys can facilitate communication and strengthen emotional bonds between parents and children in such contexts. Adopting an exploratory design research approach (Research through Design), a collaborative workshop was conducted with university design students and an industrial designer to create concept models using regional wood materials. Three key design concepts emerged: "Play and Health" (physical interaction), "Sound and Time" (temporal and auditory connection), and "Creation and Concentration" (collaborative immersion). These prototypes were exhibited at the Next Eco Design 2024 fair, where qualitative feedback from visitors revealed the importance of balancing sensory value with practical considerations such as safety, durability, and storage. Based on the findings, three design dimensions—physicality, temporality, and creativity—were identified as essential for fostering embodied interaction and shared experiences between parents and children. The study concludes that wooden toys can be redefined as experiential, relationship-mediating products that enrich family communication while promoting the sustainable use of regional materials. Future work will refine prototype evaluation indicators and develop practical design guidelines for real-world implementation.

Keywords wooden toys; design research; parent–child interaction; embodied experience; sustainable design

1 はじめに

日本の家族構造は，長期的・不可逆的な転換過程にある．共働き世帯は 1997 年以降，一貫して専業主婦世帯を上回り，2022 年には「夫婦のいる世帯」の約 7 割，世帯数で 1,262 万に達した[1]．この構造変化の背景には，産業構造の転換，実質賃金の伸び悩みといった経済的要因，ならびに性別役割観の変容や女性の就業継続意識の高まりが複合的に作用している[2]．他方で，子育て期の共働き世帯では，家事・育児分担の偏り，休息時間の不足，教育・老後資金への不安が継続的に報告され，日常の心理的・時間的ストレスとして顕在化している[2]．本研究は，このような制約状況において，親子が限られた時間内で関係性の質（Quality of Time）を高める手立てとして，玩具を媒介としたコミュニケーションに着目する．

玩具は単なる遊具ではなく，親子の対話・協働・創造的な関係を惹起する「社会的媒介」として機能しうる[3]．とりわけ木製玩具は，素材の温もりや重量感，手触り，経年変化といった触覚・感覚特性により，ことさらに言語化を要しない「体感的コミュニケーション」を誘発する点で注目に値する．しかし，玩具デザイン研究の主潮は，子どもの発達・安全・教育的効果に焦点が置かれてきたため，親と子の「関係性」そのものを主要アウトカムとして設計・評価する枠組みは十分に体系化されていない[4]．加えて，共働き家族に見られる「意識」と「実態」の乖離——すなわち，家事・育児の分担意識は高まっているにもかかわらず，実際の分担は依然として妻に偏りがちであるというジェンダー・パーセプション・ギャップ——は，家庭内の摩擦コストを高め，親子相互作用の「量」だけでなく「質」をも低下させる要因となっている[2]．

以上を踏まえ，本研究の目的は，共働き世帯における親子関係に着目し，体感型木製玩具のデザインが親子の相互作用と心理的つながりの構築にいかに寄与し得るかを探索的に明らかにすることである．具体的には，(a) デザインワークショップを通じたコンセプトモデルの創出と観察，(b) 展示会におけるフィードバックの収集・解釈を通じて，木製玩具の社会的・感情的価値を検討する．ここでいう「どのように（How）」とは，工学的な性能最適化ではなく，玩具を媒介とする親子の相互作用や体験を観察的かつ創造的に理解する探索的アプローチを指す．すなわち，親子が共有する時間の密度と公平性を評価軸とし，プロセス重視の遊び（過程そのものに目的が存する遊び）を理論基盤とした「リレーショナル・デザイン」の枠組みを構築することを目指す．

2 木製玩具の現状

第 1 章で述べたように，共働き世帯の増加に伴い，親子が限られた時間の中でどのように関係性を築くかが重要な課題となっている．本章では，この関係性を媒介するモノとしての「木製玩具」に注目し，既往研究・社会動向・教育現場の 3 つの視点からその現状と可能性を整理する．

先行研究と研究の位置づけ

まず，木製玩具に関する先行研究を概観するため，J-STAGE 文献検索を用いて関連論文を調査した（検索時刻：2025 年 10 月 17 日 11:30）．検索語は，1）玩具，2）玩具 木製，3）玩具 木製 子育て，4）玩具 木製 共働き，5）玩具 木製 子育て 共働き，6）玩具 木製 子育て 共働き 生活 の 6 項目である．重複を含む検索結果件数は，1）玩具：10,303 件，2）玩具 木製：665 件，3）玩具 木製 子育て：35 件，4）玩具 木製 共働き：7 件，5）玩具 木製 子育て 共働き：6 件，6）玩具 木製 子育て 共働き 生活：6 件であった．

この結果から，玩具に関する研究は多いものの，共働きや親子関係に焦点を当てた木製玩具研究は非常に限定的であることがわかる．

既存の主要潮流は概ね二つに大別できる．第一に，地域材の活用や産学官連携を軸に玩具を地域振興・ものづくり教育の文脈で扱う研究群（例：阿部・北川ほか）[5]．第二に，発達・安全・教育効果を対象化し，感性工学・人間中心設計の枠組みで木製玩具の教育的有効性を検討する研究群（例：林）である[4]．

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

いずれもモノの特性（素材，安全性，知育性）を中心に据える点で共通し，親子の相互作用そのものを主要アウトカムとして設計・評価する枠組みは相対的に手薄である[4, 5].

人口動態と玩具市場の変化

厚生労働省の人口動態統計（令和 6 年＝2024 年）によれば，出生数は 686,061 人と統計開始以来最少，合計特殊出生率は 1.15 で過去最低である．自然増減も連続してマイナス幅が拡大しており，子ども関連市場には構造的逆風が続く[6–8].

それでも拡大する玩具市場．一方で国内玩具市場は 2024 年度 1 兆 992 億円（前年比 107.9%）と過去最高を更新し，牽引役はトレカ等のキダルト領域（市場の約 27.5%）やキャラクター系の伸長である．対象人口の縮小にもかかわらず，体験価値・付加価値へのシフトが進む[9–11]．玩具はもはや「子ども専用の道具」から，世代横断の体験共有型プロダクトとして再定義されつつある．木製玩具はデジタル依存から距離を取り，触覚・重量感・経年変化といった身体性で差別化できるため，短時間で濃い交流を狙う共働き家庭に戦略的適合を持つ[3].

教育現場と地域社会における玩具

教育や子育ての現場では，木製玩具を活用する「木育（もくいく）」の取り組みが全国的に広がっている．木育とは，北海道庁が中心となり平成 17（2005）年 3 月に提案された理念や施策である．これらは，北海道庁により『木育（もくいく）』プロジェクト報告書として公開されている[12].

群馬県は 2020 年 12 月 16 日に認定 NPO 法人芸術と遊び創造協会（東京おもちゃ美術館）とウッドスタート宣言を締結（都道府県では全国 3 番目）．背景には「林業県ぐんま県産木材利用促進条例」（2019 年施行）と運用指針があり，森林資源循環と人づくりを統合する政策基盤が整備されている[13–17]. これらは地域材おもちゃ・木質空間・人材育成（木育インストラクター）を束ね，地域経済と子育て支援を接続する．

東京おもちゃ美術館は 0〜99 歳が楽しめる体験型ミュージアムで，約 300〜350 名の「おもちゃ学芸員」が日々運営を支える．読み聞かせ，テーブルゲーム，木工等の専門家参加により，多世代交流と「遊びの質」を高めるエコシステムが形成されている．公共・準公共空間は国産木材玩具の「試用市場」として機能し，親の安全・価値認知を醸成し，生活文化への浸透を加速する[18–21].

一方で，前橋市の老舗黒田人形店では HABA やネフ等の欧州ブランドが中核を占め，高品質×高価格帯の市場構造が確認できる．輸入ブランドは長年のデザイン資本と国際基準の安全性で強固な信頼を獲得してきた．地域材玩具が政策の「プッシュ」だけでなく市場の「プル」を得るには，短時間で確実に親子の関係性を濃くするという機能的信頼（=体験設計の再現性）を，公共拠点と小売の両ルートで可視化・検証していく必要がある[22].

小括

本章では，木製玩具をめぐる現状を，政策・市場・教育現場という三つの視点から整理した．

まず，群馬県を中心とした木育推進の取り組みは，法的な裏付けと専門機関との連携によって体系的に展開されていることが明らかになった．県産木材の利用促進条例やウッドスタート宣言は，単なる啓発活動にとどまらず，森林資源の循環利用と人づくりを一体的に進める政策的枠組みとして機能している．

次に，市場の側面からは，前橋市の老舗玩具店「黒田人形店」を例に，輸入高級ブランドによるプレミアム市場が支配的である一方，地域材玩具が十分に浸透していない現状が確認された．これは，「木の温もり」や「自然素材の安心感」が広く支持されながらも，価格・流通面の障壁によって日常利用が限定されていることを示している．

さらに，教育・保育現場では，木製玩具や木育活動が，子どもの感覚的・社会的発達を促進し，親子や地域の関係性を深める実践として注目されている．特に公共の子育て支援施設や東京おもちゃ美術館に見られる「触れて・作って・遊ぶ」体験型プログラムは，木育の理念を生活の中に根づかせる重要な役割を果たしている．

これらの考察から，木製玩具は単なる遊具ではなく，親子関係の形成や地域の持続可能な発展を支える媒介として機能し得ることが示唆された．

次章では，この理解を踏まえ，実際に行ったデザインワークショップと展示発表の事例を通じて，体感型木製玩具のデザインが親子の相互作用にどのように寄与するかを検討する．

3　学生デザイナーによるデザイン提案 ―展示発表から可能性の探索

実践の背景と目的

本研究は，第 1 章で整理した社会的背景―共働き世帯の増加と，それに伴う「親子が共に過ごせる時間の希少化」―および第 2 章で確認した政策・市場・教育現場の動向を踏まえ，木製玩具を「親子関係を媒介する体験のデザイン対象」として再定義し，その可能性を探索的に明らかにすることを目的とする．とりわけ，親子が限られた時間のなかで「同じ場・同じ対象・同じ感覚」を共有できる状況を，木という素材の多感覚的特性（触感，重さ，硬さ，温度，香り，音）に着目して設計し直すことで，相互作用（interaction）と共感（empathy）を誘発する仕掛けを見いだすことを目指す.

本章で報告するデザインワークショップと展示発表は，前橋工科大学・中島研究室が進める地域産材を用いた体感型玩具開発の枠組みに位置づけられる共同実践である．ここでの「体感型」とは，単に素材が木であることを指すのではなく，木のもつ物理特性を身体運動・音・時間・かたちの変化として経験できるように設計し，親子の相互作用を自然に促すことを意味する．

実践の方法論は，探索的デザイン研究（Research through Design, RtD）の立場をとる．すなわち，（1）親世代の生活制約（時間不足・多重課題・ストレス）と子どもの遊びのニーズを仮説化し，（2）学生デザイナーが共感的調査とスケッチ／試作を通じて概念（コンセプト）を外化し，（3）小規模なユーザ

ー接点（展示会での対話，観察メモ，簡易アンケート）を通じて反応を収集・省察し，(4) コンセプトの再定義へと循環させる．本章はこの (1) 〜 (3) までのラウンドを扱い，得られた示唆を第 4 章の考察へと接続する．

対象とする親子の相互作用は，大きく三つの側面に分けて仮説化する．(ⅰ) 身体的共感：からだの動きやリズムを共有し，互いの反応を観察し合う過程（例：叩く・押す・引く・転がす）．(ⅱ) 感覚的同期：音や手触り，匂いなどの感覚を同時に味わい，微細な変化を「聴き合う／感じ合う」過程．(ⅲ) 並行的関係性：同じ場・同じ素材を共有しながら，それぞれが没入しつつも時折視線や作品を交差させる過程．これら三側面は，これまでの教育的枠組みで語られてきた「発達・学習」だけでは捉えきれない関係の動的生成を扱うための，デザイン上の観察軸である．

以上を踏まえ，本章の目的を次の三点に整理する．第一に，体感型木製玩具のコンセプトを創出し，その設計意図（親子のどの相互作用を促すのか）を明示すること．第二に，展示発表で得られた質的フィードバック（来場者のコメント，ふるまいの観察）を記述し，親子関係のどの局面に手がかりが得られたかを初期的に同定すること．第三に，これらの知見を木育研究および地域資源活用の文脈に照らし合わせ，今後の開発・実装に向けた設計課題（安全性・耐久性・価格・流通，遊びの継続可能性，家庭内での置き場所や音問題など）を抽出することである．

なお，本章は教育実習の記録ではなく，研究としての端緒を与えることを意図している．したがって，評価は統計的な有意性ではなく，設計仮説の妥当性を高めるための質的証拠の収集と解釈に力点を置く．具体的には，コンセプトモデルの背後にある相互作用仮説（どの仕掛けが，どのような関係を生むのか）を可視化し，展示会での行動観察や言語反応と突き合わせる．これにより，次段階でのプロトタイプ改良・家庭内試用・小規模フィールド評価へと接続するための設計判断基準を整える．

本実践はまた，地域産材の価値提案を親子の生活文脈に結びつける試みでもある．市場で高価格帯の輸入玩具が存在感を持つ一方で，地域材による「手が届く価格・サイズ・メンテナンス性」を備えた玩具群を提示できれば，公共施設での「試用市場」と家庭での「継続利用」を橋渡しできる可能性がある．すなわち，地域資源の循環（林業・製造・流通・生活）を，親子の共体験という価値で駆動する設計仮説である．

本章で扱う主なコンセプトモデルは，展示パネル資料に基づく三類型――遊びと健康／音と時間／創造と集中――である．それぞれは，身体運動，聴覚的リズム，並行的没入という異なる相互作用を焦点化しており，木材の物性を遊びの「仕掛け」に翻訳している．章後半では，これらの設計意図と観察結果を対応づけ，親子の共体験を成立させる設計原理のスケッチとして抽出する．

最後に，研究上の限界を明記する．本章は探索的段階であり，参加者の属性は限定的，観察期間も短い．展示という公共的環境は家庭内利用と条件が異なるため，反応の一般化には注意が必要である．また，音・匂い・触感などの多感覚評価は，倫理配慮と計測方法の標準化が求められる．これらの点は，第 4 章の考察および今後の実装研究（長期使用・複数家庭での縦断観察）で補う計画である．にもかかわらず，本章は「親子の時間を設計する」という視点から木製玩具を再定義し，地域資源と生活文化を結ぶデザイン研究の足場を築くものである．

デザインワークショップの概要

本節では，木製玩具を媒介とした親子の相互作用の探究を目的として実施したデザインワークショップの構成とプロセスを示す．本実践は，前橋工科大学中島研究室において，2024 年 11 月 1 日から 12 月 3 日までの約 1 か月間にわたり行われた．参加者は，クラフトデザインを専攻する大学生 7 名であり，共働き子育て世代の親をターゲットとした「体感型木製玩具」の開発を課題とした．

プロジェクトは，(1)インプット，(2)デザインワークショップ，(3)個人ワーク，(4)プレゼンテーション，(5)コンセプト決定，(6)コンセプトモデル制作という六つのフェーズから構成された．各フェーズは個人作業とグループディスカッションを横断的に組み合わせ，創造的思考と観察的洞察の両立を図る形式を採用した．

(1) インプットフェーズ

学生に対し，JIDA 東日本ブロック・エコデザイン研究会が公開するエコデザイン講義映像（2 本）の視聴を課し，加えて群馬県前橋市の黒田人形店を訪問し，市場で流通する木製玩具を観察するフィールドワークを実施した．この段階で，素材としての木の特性や，現代の玩具デザインにおける課題（価格，耐久性，安全性，感性価値）への理解を促した．

(2) デザインワークショップフェーズ

「共働き世帯における親子の時間の質を豊かにする木製玩具とは何か」を共通の問いとして共有し，約 3 時間のワークショップで実施した．第 1 ラウンドでは発想量を重視したブレインストーミング，第 2 ラウンドではアイデアシート（アイデア名，スケッチ，価値・利用シーン）による質の精緻化を行った．各自のインプット（講義・フィールドワーク）を踏まえ，「遊び」「触感」「時間」「音」「成長」等のキーワードをグルーピングし，親子の共体験を促す「体感型」玩具の方向性を抽出した．

(3) 個人ワークフェーズ

学生が個別にアイデアスケッチと試作を行い，モジュール構造や遊び方のバリエーションを検討した．構造的な工夫としては，「クサビ」「ホゾ」など日本の伝統的木工法を応用し，針葉樹でも繰り返し組み立て可能な構造を試みた．

(4) プレゼンテーションフェーズ

個々の提案を発表し，他のメンバーおよび指導教員・ゲスト講師からの講評を受けた．各案は「遊びと健康」「音と時間」「創造と集中」という三つのキーコンセプトに整理され，親子の関係性を媒介する多様な体験価値を提示した．

(5) コンセプト決定フェーズ

グループ内の意見を統合し，三つのコンセプトを最終テーマとして確定した．これらはそれぞれ「身体性（触覚）」「時間性（音と記憶）」「創造性（集中と没入）」を軸に据え，木育が提供する体験「木と五感でふれあう」という理念[12]と整合している．

(6) コンセプトモデル制作フェーズ

選定されたテーマに基づき，各チームがスギ材・ヒノキ材・MDF 材（Medium Density Fiberboard：中質繊維板）を用いて実物大のモックアップを制作した．制作過程では，針葉樹の柔らかさや加工性の特性を理解するだけでなく，生産効率を意識して，レーザーカッターといったデジタル工作機器を活用しながら，五感を通して親子が触れ合う“時間の共有”を形にすることを目指した．なお MDF は試作段階の形状検証・加工性評価を目的とした補助材料であり，地域産材活用そのものはスギ・ヒノキ材の試作で検討した．最終成果は，12 月 4 日から 6 日にかけて東京ビッグサイトで開催された「Next Eco Design 展 2024」で展示され，一般来場者からの感性的フィードバックを通じて，玩具の社会的・教育的価値について初期的な示唆を得た．展示物を図 1 に示す．

A: 遊びと健康（写真右）
B: 音と時間（写真左上）
C: 創造と集中（写真左下）
図 1　体感型木製玩具の 3 コンセプトモデル

このように，本ワークショップは，教育実践としての意義に留まらず，木育の理念を具現化するデザイン研究として機能した．学生の創造的活動を通じて，親子の関係性を支える体感型木製玩具のデザイン原理を抽出する試みであり，次節ではその具体的成果を事例として整理する．

デザインコンセプトモデルの創出と展示発表：「Next Eco Design 展 2024」

本節では，前節で述べたデザインワークショップを通じて抽出された三つのコンセプトを整理し，展示発表を通じて得られたフィードバックと考察を示す．各コンセプトは，親子の関係性を媒介する「体感型木製玩具」としての役割をそれぞれ異なる側面から捉えており，親子間の心理的・身体的相互作用を促すための異なるアプローチを提示している．

(1) コンセプト A：「遊びと健康」――身体的ふれあいの再構築

第一のコンセプト「遊びと健康」は，日常生活の中で不足しがちな親子の身体的ふれあいを再構築することを目的とする．作品の原型は，体の動きを取り入れた“共遊（きょうゆう）”型の木製玩具であり，柔らかいスギ材を用いたモジュール状のパーツが特徴である．親子が同時に握る・引く・積むといった動作を通じて，触覚や力加減，呼吸のリズムを共有する設計となっている．

このデザインは，単なる運動遊びではなく，親子が互いの身体の動きに「同調」する体験を通して心理的つながりを強化する点に特徴がある．ワークショップで得られたアイデアスケッチでは，「遊びながら健康を意識する」「リズムを感じる」「体温でつながる」といったキーワードが頻出した．展示会での来場者コメントでも，「親子で一緒に身体を使って遊べるのが良い」「スギの香りが安心感を与える」といった感性的反応が多く寄せられた．

(2) コンセプト B：「音と時間」――記憶を媒介する木の響き

第二のコンセプト「音と時間」は，木の音色を通して親子の時間的つながりを表現するものである．ヒノキやブナなど異なる樹種を組み合わせ，叩く・転がす・揺らすなどの動作によって多様な音を奏でる構造をもつ．木の密度や乾燥度によって音がわずかに異なり，同じ動作でも個々の「家庭の音」が生まれる点に独自性がある．

この玩具は，日常生活における“音の記憶”を媒介とし，親子の時間の共有を「聴覚的経験」として残すことを意図している．ワークショップ時の議論では，「木の音が記憶を呼び戻す」「音が時間の経過を感じさせる」といった発言が見られた．展示会では，親子で同時に叩くことでリズムが合う瞬間に笑顔が生まれるなど，音を介した非言語的コミュニケーションの効果が確認された．

このコンセプトは，木育活動における「五感教育」の中でも特に聴覚的要素に焦点を当てた応用例であり，木育の教育理念の 1 つである五感と響きあう感性を育むとも合致する[12]．

(3) コンセプト C：「創造と集中」――没入による共体験の共有

第三のコンセプト「創造と集中」は，静的な遊びを通じて親子が協働的に思考し，集中の時間を共有することを目的としている．複数の木片を自由に組み合わせて立体構造を作る「共創型ブロック玩具」であり，釘や接着剤を使わずに木片同士を嵌合させる構造を採用した．これにより，子どもは創造的な組み立て遊びを，親は構造理解や助言を通じて支援するという役割分担が自然に生まれる．

このプロセスでは，親が子の創造を見守り，子が親の手助けを受け入れるという双方向の心理的交流が促進される．展示時の観察では，保護者が「子どもの発想に気づかされる」「自分も一緒に夢中になる」と述べるケースが多く，集中状態を共有することで「親子の並行的コミュニケーション」が生まれることが示唆された．

(4) 展示発表とフィードバックの分析

これら三つのコンセプトモデルは，前述のとおり「Next Eco Design 展 2024」において一般公開された．展示ブースでは，学生が自ら制作意図を説明し，来場者に自由に触れてもらう形式を採用した．展示会場では，同意を得た来場者の口頭コメントをスタッフがメモし，個人が特定されない形で要約記録した．写真・動画の記録は行わず，同意者のみに実施した．

来場者からは,「温もりがあってよい」「一緒に遊んだらおもしろそう」「安全そうな見た目」「知育によさそう」といった感性的コメントが多く寄せられた．一方で,「家事中も音を通じてコミュニケーションがとれそう」「親子でも，子どもだけでも遊べそう」「強度的には問題ないのか」「音の大きさが心配」「部屋が散らかりそう」といった実用面での意見も見られた．

これらのフィードバックを整理すると，木製玩具は「感覚的価値」と「生活適合性」の両立が鍵となることが明らかになった．すなわち，親子の共体験を支えるデザインであると同時に，家庭での継続的利用を可能にするコスト・メンテナンス設計が不可欠である．展示会は，その実社会における受容可能性を検証する“社会実装の初期段階”として機能したといえる．

(5) 小括

本ワークショップの成果である三つのコンセプトモデルは，それぞれ「身体性」「時間性」「創造性」という異なる軸から，親子の相互作用をデザイン的に再構築する試みであった．これらのプロトタイプは，単なる造形提案に留まらず，共働き世帯の生活文脈における“限られた時間の質”を豊かにする手段として，体感型木製玩具の可能性を提示している．

また，展示発表を通じて得られたフィードバックは，木製玩具が持つ「共体験の媒介物」としての役割を裏付けるとともに，今後の社会実装や製品化に向けた課題（価格・素材・保守性）を明確にした．次章では，これらの成果を基に，親子関係形成における木製玩具デザインの意味と今後の展開可能性について考察を行う．

4　体感型木製玩具の可能性の考察

親子関係形成における木製玩具デザインの意味

本ワークショップの結果，体感型木製玩具が親子関係の形成に寄与する手がかりとして，次の三軸を初期的に同定した．

- 身体性：共同の操作や動作（握る・引く・積むなど）を通じて，親子が身体的リズムや力加減を共有することによって生まれる同調感覚．
- 時間性：たとえ子どもと物理的に離れていても，音や感覚的手がかりを介して遊びの継続や想起が成立する，時間的・聴覚的なつながり．
- 創造性：共同制作や見守りを通じて，親が子の発想を受け入れ，子が親の助言を受け入れるといった，言葉を介さない並行的コミュニケーション．

これら三軸は，第 3 章で示した三つのコンセプト――A「遊びと健康」，B「音と時間」，C「創造と集中」――にそれぞれ対応する（A＝身体性，B＝時間性，C＝創造性）．この対応関係は，体感型木製玩具が多感覚的な相互作用を媒介する構造をもつことを示唆している．

一方で,「時間性」に関しては展示で指摘されたように，音量や家庭内のノイズ許容度，片付けや収納性といった生活適合性との両立が課題として残る．したがって，親子の共体験を支えるデザインを成立させるには，感覚的価値と生活適合性の双方を考慮した調整が必要である．

以上を踏まえると，木製玩具はもはや「子どものためのモノ」に限定されるものではなく，親子が共に時間を共有し，身体的・心理的な関係を形成する体験共有型プロダクトとして再定義できる．これは，共働き世帯における限られた時間を豊かにし，家庭内での関係形成を支えるデザイン研究の方向性を示す初期的な成果である．ただし，本研究は探索的段階にあり，結果の一般化には慎重な検討が必要である．これらの知見は，親子の相互作用を媒介するデザインアプローチとしての体感型木製玩具の有効性を示唆するものであり，本研究のリサーチクエスチョン「木製玩具のデザインはいかに親子間の相互作用や心理的つながりに寄与し得るか」に対する探索的回答となる．

今後の展開可能性

今後は，前節で同定した三軸（身体性・時間性・創造性）を操作的に測定可能な指標として再定義し，プロトタイプ改良と小規模家庭試用を通じて検証を重ねる計画である．これにより，体感型木製玩具が親子間の心理的・身体的相互作用にどのように寄与するかを段階的に明らかにしていく．

次段階の評価では，以下のような最小指標セットを想定している．

- 使用実態：使用頻度，平均プレイ時間，同席・非同席での遊び比率
- 相互作用：共同動作回数，並行的コミュニケーションの持続時間
- 生活適合性：知覚騒音・音量許容度，片付け負担，設置・収納性
- 安全・耐久性：角 R 処理，表面仕上げ，接合部の緩み・破損有無
- 主観評価：親および子どもの楽しさ，安心感，関係性への寄与意識

データ収集には，短冊式アンケート（Likert 尺度），観察チェックリスト，簡易日誌法（1 週間記録）を組み合わせる．特に「時間性」コンセプトにおいては，家庭内で許容される音の範囲と遊びの豊かさを両立するため，音の発生構造（材種・厚み・空洞・制振材）と収納一体型構造（散らかり防止・持続的使用）を重点的に検討する．

また，MDF は試作段階における形状検証と加工性評価を目的とした補助材料であり，量産を想定した実装研究では地域産材（スギ・ヒノキ）を主材とする．今後は，地域材活用のサプライチェーンや価格形成の仕組みを視野に入れた実証を進め，体感型木製玩具の社会実装へと展開させる．

これらの反復的検証により，親子の共体験を誘発する設計指針を段階的に具体化していく．たとえば，共同動作を促す把持部形状，家庭内騒音基準に収まる発音構造，収納導線を前提としたモジュール寸法などである．こうした設計判断の累積によって，『限られた時間の質』を高める体感型木製玩具の実装可能性を高め，共働き世帯の生活に寄り添う持続的なデザインモ

デルを確立することを目指す.

5 おわりに

本研究は，日本における人口動態の変化や玩具に対するニーズの多様化といった社会的背景を踏まえ，学生デザイナーが木育研究の視点から探索的デザイン研究（Research through Design）を実践することによって進められた．多角的な視点が求められる中で，必要な情報を汲み取り，つなぎ合わせながらアイデアを具体化していくという，ライブ感のある研究プロセスとなった．

その結果，参加メンバーは，親子関係の形成における「あるべき姿」「ありたい姿」を創造し，それを実現するための仮説的アウトプットを提示することができた．展示やワークショップを通じて得られたフィードバックからは，今後の可能性を見いだすと同時に，生活適合性や音量，安全性，耐久性など，実装段階で検討すべき課題も明確になった．

今後，社会実装や製品化へ進むためには，探索的デザイン研究を反復しながら，コンセプトモデルをより実製品に近いプロトタイプへと発展させ，検証を重ねることが求められる．

デザイン面では，親子の体験設計をさらにブラッシュアップし，CMF（Color・Material・Finish）によるモノとしての魅力の追求や，最適な製造方法の検討が重要である．木育の側面からは，地域産材の活用を通じて森林資源の循環利用や地域文化の継承を図る必要がある．ビジネスの側面では，市場におけるポジショニング，価格設定，流通方法といった仕組みを確立することが今後の課題となる．

こうした多面的な課題を乗り越えることで，共働き子育て世代の忙しい生活に寄り添い，子どもの成長を感じ取ることができる，愛される玩具の実現を目指す．それが世代を超えて遊ばれ続け，家族の絆をより深めることによって，けん玉やコマといった日本の伝統的木製玩具に並ぶ新たな価値をもつ体感型木製玩具のデザインへと発展していくと考える．

本研究は，親子関係形成を媒介するデザインアプローチとしての体感型木製玩具の有効性を探索的に示した点に意義がある．今後は，第 4 章で同定した三軸（身体性・時間性・創造性）を理論的・実践的に深化させ，家庭環境・地域資源・産業実装をつなぐデザイン研究として継続的に発展させていきたい．

参考文献

1. 厚生労働省. 令和 5 年版 厚生労働白書 本編図表バックデータ：図表 1-1-3「共働き等世帯数の年次推移」. 2023. Available: https://www.mhlw.go.jp/stf/wp/hakusyo/kousei/22/backdata/02-01-01-03.html [cited 2025 Oct 27].
2. 博報堂生活総合研究所. 「家族 30 年変化」調査結果 第二弾―夫の家事参加意識は 30 年で最高 でも実態はまだまだ妻に偏り―（ニュースリリース）. 2018 Jul 2. Available: https://www.hakuhodo.co.jp/uploads/2018/06/20180702.pdf [cited 2025 Oct 27].
3. 米山宗久. 玩具遊びを通じた親子関係の構築と多世代交流の必要性―プラレール遊びを通じた効果検証より―. 長岡大学研究論叢. 2019;17:1–29. Available: https://nagaoka-u.repo.nii.ac.jp/record/82/files/k17%201-29.pdf [cited 2025 Oct 27].
4. J-STAGE 検索（玩具／木製／共働き関連の俯瞰）. 検索実施：2025-10-17 11:30（JST）. Available: https://www.jstage.jst.go.jp/ [cited 2025 Oct 17].
5. 阿部恵利子, 北川圭子. 大学生による木育教材及び木製玩具のデザイン開発プロセス. 日本建築学会計画系論文集. 2012;77(676):1537–1543. Available: https://doi.org/10.3130/aija.77.1537 / https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/77/676/77_1537/_article/-char/ja
6. 厚生労働省. 令和 6 年（2024）人口動態統計月報年計（概数）の概況. 2025 Jun 4. Available: https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai24/dl/gaikyouR6.pdf [cited 2025 Oct 27].
7. 厚生労働省. 令和 6 年（2024）人口動態統計（確定数）の概況. 2025 Sep 16. Available: https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei24/index.html [cited 2025 Oct 27].
8. 厚生労働省. 人口動態統計 各年次推移・自然増減（統計表）. Available: https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1.html [cited 2025 Oct 27].
9. 一般社団法人 日本玩具協会. 2024 年度 国内玩具市場規模・動向. 2025 Jun 25. Available: https://www.toys.or.jp/pdf/2025/2024_data_zenpan.pdf [cited 2025 Oct 27].
10. 一般社団法人 日本玩具協会. 2024 年度国内玩具市場規模(主要 10 品目）. Available: https://www.toys.or.jp/pdf/2025/2024_data_10bunya.pdf [cited 2025 Oct 27].
11. 日本ネット経済新聞. 国内玩具 5 年連続成長―市場規模 7.9%増で過去最高．トレカが 27.5%. 2025 Jul 11. Available: https://netkeizai.com/articles/detail/15233 [cited 2025 Oct 27].
12. 北海道庁. 木育（もくいく）プロジェクト報告書／木育とは. 2005（初出）; 更新あり. Available: https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sky/mokuiku/toha_frame.html [cited 2025 Oct 31].
13. 群馬県. 群馬県は「ウッドスタート宣言」を行い，木育を推進します. 2020 Dec 16（更新：2024 Nov 23）. Available: https://www.pref.gunma.jp/page/9102.html [cited 2025 Oct 27].
14. 群馬県. 12/16 ウッドスタート宣言 調印式の開催について. 2020 Dec 14. Available: https://www.pref.gunma.jp/site/houdou/26972.html [cited 2025 Oct 27].
15. 群馬県. 林業県ぐんま県産木材利用促進条例. 2019 Apr 1 Available:. https://www.pref.gunma.jp/site/gikai/24692.html [cited 2025 Oct 27].
16. 群馬県. 県産木材の利用の促進に関する指針. 2021 Oct 1. Available: https://www.pref.gunma.jp/page/9106.html [cited 2025 Oct 27].
17. 全国知事会. 国産木材の需要拡大に向けた各都道府県の取組事例集. 2024 Jul 17. Available: https://www.nga.gr.jp/committee_pt/item/ea880a53c53286c470da269ee1a184e6_5.pdf [cited 2025 Oct 27].
18. 認定 NPO 法人 芸術と遊び創造協会. 支える人｜おもちゃ学芸員について. 東京おもちゃ美術館. Available: https://art-play.or.jp/ttm/support/volunteer.html [cited 2025 Oct 27].
19. 認定 NPO 法人 芸術と遊び創造協会. 東京おもちゃ美術館（全国のおもちゃ美術館）. Available: https://art-play.or.jp/ttm/ [cited 2025 Oct 27].
20. 東京ボランティア. ボランティア「おもちゃ学芸員」がつなぐおもちゃを真ん中に広がる多世代の交流【東京おもちゃ美術館】. Available: https://www.vln.metro.tokyo.lg.jp/learn/hint/51683 [cited 2025 Oct 27].
21. 東京おもちゃ美術館. ボランティア おもちゃ学芸員について. Available: https://art-play.or.jp/ttm/news/news-5943/ [cited 2025 Oct 27].
22. 黒田人形店. Kuroda-toys｜ 店舗案内・取扱. Available: http://kuroda-toys.com/items-woodentoys/ [cited 2025 Oct 27].

言語モデルの機械論的解釈可能性ツールの調査

Survey of tools for mechanistic interpretability of transformer language models

中内 遼吾 [1*]

Ryogo Nakauchi[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[*]Corresponding author: Ryogo Nakauchi, nakauchi-ryogo@aiit.ac.jp

Abstract Tools for mechanistic interpretability (MI) of transformer language models provide systematic means to visualize and intervene in model activations. Analyses conducted with these tools help improve the explainability and interpretability of language model outputs. While analyzing internal model activations previously required advanced expertise, the emergence of increasingly mature MI tools has gradually lowered this barrier. This paper discusses the current trends in these MI tools.

Keywords mechanistic interpretability; large language models

1 はじめに

言語モデルの機械論的解釈可能性（MI: Mechanistic interpretability）ツールは，モデル内部の活性化状態の可視化と介入を行う MI 技術を簡易かつ系統的に用いるための機能を提供する．これを使って分析を施すことで，言語モデルの出力結果に対する説明性や解釈性の確保を一定程度目指すことができる．従来はモデル内部の活性化状態を分析するためには高度な専門知識を必要としたが，成熟しつつある MI ツールの登場によって徐々にその敷居が下がりつつある．

言語モデルが様々な分野の情報システムに組み込まれるようになったことで，その内部機序分析の必要性はますます増してきている．言語モデルを使うことに伴うハルシネーションの問題やモデル内部がブラックボックスであることの問題が意識され，組み込む情報システムの性質によっては説明性をどのように確保するかといった論点が重要になるケースがある．言語モデルは巨大なアーキテクチャと複雑な内部表現を持つため，その内部機序の全てが明らかになっているわけではない．しかしながら，MI ツールを使うことで探索的に解釈性を向上させることができる．

以下，MI 技術の適用レイヤごとに章を分け，各分野のツールについて述べる．様々に提案されている MI ツールのうち，特に Transformer ベースの言語モデルを明示的に対象とするものを扱う．

2 活性化状態の可視化・介入基盤

本章では，活性化状態の可視化・介入基盤レイヤのツールについて述べる． TransformerLens[1] と nnsight[2, 3] は，Transformer ベースの言語モデル内部の活性化状態を分析するための可視化・介入基盤の定番ライブラリとして定着している．TransformerLens は分析用にフック点を埋め込んで独自に再実装した HookedTransformer を使い，各点からキャッシュした層及びサブモジュール単位の活性化をもとに内部表現を分析する機能をパッケージ化している．主な機能には活性化キャッシュ，フック登録，パッチングのユーティリティ，可視化などがある．上流実装の個別性を抽象化することで系統的なアブレーションや活性化パッチング，ヘッド単位の分析を可能にしている．

TransformerLens と連携した可視化を簡易に行えるライブラリには CircuitsVis[4]がある．これは注意パターンやトークンごとの寄与を対話的に表示する機能を備える．Python と JavaScript の両方で利用することができる．

TransformerLens と並ぶもう一つの定番ライブラリである nnsight は，Hugging Face[5] の既存モデルをラップし，トレース文脈で入出力活性や勾配の追跡・介入を指定できる実験環境である．分析対象としてパラメータ規模の巨大なモデルを扱うケースに対応するため，リモート実行基盤である National Deep Inference Fabric[6]との連携機能が用意されている．これを使うことでリモート GPU 上に展開したモデルに対しても分析を行うことができる．新しいアーキテクチャを素早く扱いたい場合や，手持ちの計算機環境上に展開するのが難しい大規模パラメータのモデルを分析したい場合に利便性が高い．

nnterp[7]は NNsight を更に抽象化して可用性を高めるためのラッパである．NNsight をそのまま使う場合は分析対象とするコンポーネントを指定するときにモデルごとの命名規則の違いを考慮する必要がある．nnterp を使うことで，どのモデルを対象とした場合でも共通の指定方法で処理を実行できるようになる．それにより，複数のモデルを横断分析する際に簡素な実装で完結させることができる．

3 特徴抽出

本章では，特徴抽出のツールについて述べる．Sparse Auto-Encoder (SAE) [8]は，モデル内部の密な表現を解釈しやすい疎な表現に変換することで分析を図る特徴抽出の代表的手法である．SAE で得られる表現は人間が理解可能な特定の語彙属性や構文の役割などの特徴に対応することが期待される．

SAE を簡易に扱うための代表的なライブラリに，前述の TransformerLens から分かれて発展した SAELens[9]がある．このライブラリでは，訓練ループや学習済み SAE の Hugging Face からの読み込み，評価・分析ユーティリティなどがパッケージされている．これを用いることでモデル内部の活性化状態に対する SAE の訓練・評価・介入を系統的に実施できる．訓練ループでは，対象層の活性化キャプチャやバッチ構成，正則化，スパース率やコード次元を管理する機能を備える．評価ユーティリティでは特徴量の分離性と安定性を Weights & Biases[10]でロギングする機能を統合する．学習済み SAE の読み込みができるため，外部で訓練した特徴辞書の再評価や介入実

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

験を行うことも可能である．

モデルの重みがオープンソースになっていない API 専用モデルのためのツールも近年公開されてきた．OpenAI は GPT-4 を使って学習した大規模な潜在変数を持つ SAE[11, 12]を公開している．その Web 版ビューア[13]では GPT-2 small に加えて GPT-4 について，層・位置・特徴を選択して活性化例と寄与度を可視化することができる．Google DeepMind の Gemma Scope[14, 15]では Gemma 2 に対する JumpReLU SAE が全ての層で公開されている．ランディングページやモデルの挙動評価，Hugging Face 上での重みも示されている．Anthropic も Claude 3 Sonnet の内部表現から学習した SAE を使ったビューアである Feature Browser[16, 17]を公開する．

SAE の有効性を確保するためには適宜必要なバリデーションを実施する必要がある．そうしたプロセスに必要な機能を統合した評価スイートに SAEBench[18, 19]がある．これは SAE の解釈可能性・分離性・応用有用性などの評価に関わる多数の指標を集約し，Neuronpedia[20]上に展開する Web UI[21]から対話的に利用することができる．異なる設定で学習された多数の SAE がまとめられてあり，横断比較が可能である．

上述した Neuronpedia は，SAE 特徴量の可視化・探索・共有を中心に据えたオープンプラットフォームであり，多数のオープン SAE の特徴量ダッシュボードのホストとして利用される．また，API とツール群により活性化状態の即時評価も可能である．SAE にとどまらず，知識編集やステアリングの機能も備える共有インフラとしても利用できるため，再現性と仮説検証の共有にも有用である．

4 回路追跡

本章では，回路追跡を効率化するツールについて述べる．回路追跡とは，モデル内部を計算グラフで表現し，分析対象とする出力傾向に対する寄与度の大きいサブグラフを見つけ出す手法である．モデル内部での情報伝達回路を明らかにすることで，モデルの振る舞いやコンポーネントの役割を理解する意義がある．

回路追跡の自動化を提案した初期の手法に Automated Circuit Discovery (ACDC) [22, 23]が挙げられる．この手法では分析対象とする一つの出力を起点として，出力側から計算グラフ上の各エッジに対して活性化パッチングを自動実行する．当該出力への影響が小さいエッジを反復的に除去していくことで寄与度が大きい回路を抽出するアプローチをとっている．

Edge Attribution Patching (EAP) [24, 25]は，活性化パッチングを線形近似することでこの過程の高速化を図った．網羅的なパッチングの代わりに順伝播と逆伝播の双方でエッジの重要度を計算し，寄与度が小さいエッジを削除して回復度を評価する．論文では既存の自動化手法に比べて ROC-AUC 等の識別指標で性能が上回ることが示されている．

Information Flow Routes (IFR) [26, 27]は，与えられた予測に対して重要度の高いノードとエッジを選択するために帰属を用い，トップダウンの回路グラフを構成する手法を提案する．Llama-2 を使った実験では，繰り返し現れるヘッドの役割やドメイン特化が示されている．手作業でテンプレートを作成せずにデータセットを集約できる予測ごとの回路グラフに重点を置く．EAP と同じく，パッチングよりも効率的であるため，より大規模なモデルやより広範なカバレッジへの拡張がしやすい．

IFR の考え方を組み込んだ対話的ツールに LM Transparency Tool[28, 29]がある．上位層の表現からヘッドやニューロンに至るまでのモデルの予測プロセスを追跡して変化量を特定のコンポーネントに帰属させ，計算の寄与度の大きい部分を検査用に可視化することができる．IFR などの帰属手法を基盤とすることで処理の高速化が図られており，探索的に可視化を行いたい場合にも適する．

回路追跡で得た仮説回路や特徴集合が特定の挙動に対して決定的であるかを確認する段階では因果検証のための手法が必要となる．Causal Scrubbing[30]は，分布操作下における挙動に対して仮説上のメカニズムが持つ寄与度を検証する手法として提案された．仮説が真のメカニズムを捉えている場合にのみ行動を維持するリサンプリング介入を定義することで，回路パッチングを一般化する考え方をとっている．

Tracr[31, 32]は，Restricted Access Sequence Processing プログラムを内部構造が既知のデコーダモデルにコンパイルすることで，発見されたパターンが正しいか否かを考えることなく手法の評価を行えるように図られている．Tracr モデルは，スパース特徴を圧縮する際の重ね合わせの検証やトークン頻度などのタスクにおける回路追跡や因果関係の検証に適する．

5 モデル編集と潜在ステアリング

本章では，モデル編集と潜在ステアリングについて述べる．モデル編集は，モデルの重みを書き換えることで特定の知識や挙動を更新する操作を指す．潜在ステアリングは推論時に隠れ状態にベクトルを加えるなどの線形操作を行い，出力を特定の方向に誘導するものである．これらは生成結果を制御するための手法であると同時に，モデル内部で事実知識や属性情報が集中している位置や集中の程度を検証するための手段としても用いられる．

Rank-One Model Editing (ROME) [33, 34]は，中間層 MLP の一部を事実知識が key-value ペアで保存された線形連想メモリとして扱う．知識編集するにあたって解析的に求められるランク 1 の重み更新を行うだけで済ませる軽量化された手法を提案する．MEMIT [35]はこれを数千の関連のバッチ編集に拡張し，より大きなモデルにスケーリングする．ここで直接的な重み介入を体系的に組織化できることが示されている．

Model Editor Networks using Gradient Decomposition (MEND) [36, 37]は，勾配の低ランク分解を利用して入力と誤差のベクトルを単一隠れ層の小規模 MLP で変換し，その出力から重み更新を作成して効率的に知識編集を図る手法である．検証結果では 10 億パラメータを超えるモデルでも単一 GPU で実行できる例が示されており，大規模モデルの局所編集を効率化することができる．

知識編集がモデルの重みを永続的に変更するアプローチを

とるのに対し，推論時の動的介入によってモデル制御に変更を加えるアプローチをとる手法に潜在ステアリング[38]がある．これは，隠れ状態を直接操作することで，ファインチューニングなしで生成を目標の文や属性へと導くことを目指す手法である．

これら各手法を統合して系統的に扱えるようにしたツールに EasyEdit[39, 40]と EasyEdit2[41, 42]がある．前者が知識編集，後者が潜在ステアリングに対応しており，様々な手法を単一 API で扱えるフレームワークとして提案された．知識編集では基本的な知識更新・挿入・消去に加えて，マルチモーダルにも対応する．また，複数のベンチマークを統合した評価機能も備えている．

6 軽量検証ツール

本格的なツールを利用する手前で，Jupyter Notebook などで短時間に可視化・初期検証を行うユースケースではより軽量なツールが適する場合もある．LLM 登場以前から使われている軽量可視化ツールである BertViz[43]や Ecco[44]は依然として LLM の MI にとっても有用である．これらは軽量な実行環境内であっても注意重みやトークンレベルの寄与を素早く可視化できる．より重い実験を行う前段階で，簡易的な確認を実施するのに適している．

Patchscopes[45]は，内部表現を分析するためにモデル自体を用いて自然言語の活性化状態を説明するフレームワークである．既往の語彙への投影手法と介入手法を統合し，初期層の分析や表現力の問題に対処する．よりパラメータ規模の大きなモデルを用いて小規模モデル内の表現を説明することが提案され，多段推論のエラー解析に似た応用例が示されている．

7 Vision Language モデルへの適用

本章では Vision Language モデル（VLM）応用のための MI ツールについて述べる．VLM は画像埋め込みとテキスト表現を同時に処理し，マルチモーダルな意味空間を生成する点で特有の内部構造を持つ．そのため，言語モデル用ツールをそのまま適用することは難しく，モダリティ横断に対応した新しい MI 基盤が模索されている．

Prisma[46, 47]は，視覚および動画変換モデルにおける機械論的解釈を目的としたツールであり，活性化キャッシュや回路追跡，SAE やトランスコーダの訓練機能などを統合する．初期研究では，言語より低いスパース率でも有効となる傾向や，SAE 再構成の注入でモデル損失が下がる場合のあることが示されている．

大規模 VLM の解析を目指したツールに LVLM-Interpret[48, 49]がある．これは大規模 VLM における回答生成時の寄与量が大きい画像パッチとテキストトークンを対話的に解析するフレームワークである．入力画像とテキストプロンプトをもとに，モデル出力に対して視覚的注意の寄与度マップを可視化する．

VLM-Lens[50, 51]は複数の VLM を横断的に扱い，指定した層の内部表現を抽出して特徴分布や層間差異を比較することを目的としたツールである．実験パラメータ設定を抽象化しており，モデルの固有差を吸収して横断的な解析を容易にしている．得られた内部表現から，特定の概念方向やモダリティ間対応を検出する試行方法も示されている．

8 おわりに

本稿では Python 等で利用可能なライブラリや Web UI で対話的に利用可能なものを中心に言語モデルの内部機序の理解に寄与する MI ツールについて述べた．多様な問題関心から提案されてきたツール群を整理するため，やや乱雑ではあるが概ねの傾向をもとに分類して述べた．しかしながら，主要な MI ツールは現在進行形で機能追加が行われている状況にある．また，複数の手法を統合する方向性もみられる．このため，特定の分類に収まっていないツールも多々あるのが実態である．

言語モデルの内部機序には未解明の点も多くあるが，MI 手法の発展は急速に進んでいる．今後も基礎的な研究が充実していくことによって，その知見を取り入れた MI ツール開発も継続的に進展していくはずである．ツールの成熟に伴う可用性の改善により，幅広いユースケースで言語モデル利用時の説明性が担保しやすくなることが期待できる．

参考文献

1. TransformerLens: A library for mechanistic interpretability of GPT-style language models. Github; Available: https://github.com/TransformerLensOrg/TransformerLens
2. nnsight: The nnsight package enables interpreting and manipulating the internals of deep learned models. Github; Available: https://github.com/ndif-team/nnsight
3. Fiotto-Kaufman J, Loftus AR, Todd E, Brinkmann J, Pal K, Troitskii D, et al. NNsight and NDIF: Democratizing access to open-weight foundation model internals. arXiv [cs.LG]. 2024. doi:10.48550/arXiv.2407.14561
4. CircuitsVis: Mechanistic Interpretability Visualizations using React. Github; Available: https://github.com/TransformerLensOrg/CircuitsVis
5. Hugging Face – The AI community building the future. Available: https://huggingface.co/
6. NSF National Deep Inference Fabric. Available: https://ndif.us/
7. Dumas C. nnterp: Unified access to Large Language Model modules using NNsight. Github; Available: https://github.com/Butanium/nnterp
8. Towards Monosemanticity: Decomposing Language Models With Dictionary Learning. Available: https://transformer-circuits.pub/2023/monosemantic-features/index.html
9. Bloom J. SAELens: Training Sparse Autoencoders on Language Models. Github; Available: https://github.com/jbloomAus/SAELens
10. Weights & Biases. In: Weights & Biases [Internet]. 12 Apr 2024 Available: https://wandb.ai/site/ja/
11. Gao L, la Tour TD, Tillman H, Goh G, Troll R, Radford A, et al. Scaling and evaluating sparse autoencoders. arXiv [cs.LG]. 2024. Available: http://arxiv.org/abs/2406.04093
12. sparse_autoencoder. Github; Available: https://github.com/openai/sparse_autoencoder
13. SAE viewer. Available: https://openaipublic.blob.core.windows.net/sparse-autoencoder/sae-viewer/index.html

14. Lieberum T, Rajamanoharan S, Conmy A, Smith L, Sonnerat N, Varma V, et al. Gemma Scope: Open sparse autoencoders everywhere all at once on Gemma 2. arXiv [cs.LG]. 2024. doi:10.48550/arXiv.2408.05147

15. google/gemma-scope · Hugging Face. Available: https://huggingface.co/google/gemma-scope

16. Scaling Monosemanticity: Extracting Interpretable Features from Claude 3 Sonnet. Available: https://transformer-circuits.pub/2024/scaling-monosemanticity/

17. Feature Browser. Available: https://transformer-circuits.pub/2024/scaling-monosemanticity/features/index.html

18. Karvonen A, Rager C, Lin J, Tigges C, Bloom J, Chanin D, et al. SAEBench: A comprehensive benchmark for sparse autoencoders in language model interpretability. arXiv [cs.LG]. 2025. doi:10.48550/arXiv.2503.09532

19. Karvonen A. SAEBench. Github; Available: https://github.com/adamkarvonen/SAEBench

20. Neuronpedia Docs. Available: https://docs.neuronpedia.org/

21. SAE Bench - Evals. Available: https://www.neuronpedia.org/sae-bench

22. Conmy A, Mavor-Parker AN, Lynch A, Heimersheim S, Garriga-Alonso A. Towards automated circuit Discovery for mechanistic interpretability. arXiv [cs.LG]. 2023. doi:10.48550/arXiv.2304.14997

23. Conmy A. Automatic-Circuit-Discovery. Github; Available: https://github.com/ArthurConmy/Automatic-Circuit-Discovery

24. Syed A, Rager C, Conmy A. Attribution patching outperforms automated circuit discovery. arXiv [cs.LG]. 2023. doi:10.48550/arXiv.2310.10348

25. Syed A. edge-attribution-patching: Code for my NeurIPS 2024 ATTRIB paper titled “Attribution Patching Outperforms Automated Circuit Discovery.” Github; Available: https://github.com/Aaquib111/edge-attribution-patching

26. Ferrando J, Voita E. Information flow routes: Automatically interpreting language models at scale. arXiv [cs.CL]. 2024. doi:10.48550/arXiv.2403.00824

27. Ferrando J, Voita E. Information flow routes: Automatically interpreting language models at scale. Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics; 2024. pp. 17432–17445. doi:10.18653/v1/2024.emnlp-main.965

28. llm-transparency-tool: LLM Transparency Tool (LLM-TT), an open-source interactive toolkit for analyzing internal workings of Transformer-based language models. *Check out demo at* https://huggingface.co/spaces/facebook/llm-transparency-tool-demo. Github; Available: https://github.com/facebookresearch/llm-transparency-tool

29. Tufanov I, Hambardzumyan K, Ferrando J, Voita E. LM Transparency Tool: Interactive tool for analyzing Transformer language models. arXiv [cs.CL]. 2024. doi:10.48550/arXiv.2404.07004

30. LawrenceC, Garriga-alonso A, Goldowsky-Dill N, ryan_greenblatt, Radhakrishnan A, Buck, et al. Causal Scrubbing: a method for rigorously testing interpretability hypotheses [Redwood Research]. 3 Dec 2022
Available: https://www.lesswrong.com/posts/JvZhhzycHu2Yd57RN/causal-scrubbing-a-method-for-rigorously-testing

31. Lindner D, Kramár J, Farquhar S, Rahtz M, McGrath T, Mikulik V. Tracr: Compiled transformers as a laboratory for interpretability. arXiv [cs.LG]. 2023. doi:10.48550/arXiv.2301.05062

32. tracr. Github; Available: https://github.com/google-deepmind/tracr

33. Meng K. rome: Locating and editing factual associations in GPT (NeurIPS 2022). Github; Available: https://github.com/kmeng01/rome

34. Meng K, Bau D, Andonian A, Belinkov Y. Locating and editing factual associations in GPT. Koyejo S, Mohamed S, Agarwal A, Belgrave D, Cho K, Oh A, editors. arXiv [cs.CL]. 2022. pp. 17359–17372.
Available: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2022/hash/6f1d43d5a82a37e89b0665b33bf3a182-Abstract-Conference.html

35. Meng K. memit: Mass-editing thousands of facts into a transformer memory (ICLR 2023). Github; Available: https://github.com/kmeng01/memit

36. Mitchell E. mend: MEND: Fast Model Editing at Scale. Github; Available: https://github.com/eric-mitchell/mend

37. Mitchell E, Lin C, Bosselut A, Finn C, Manning CD. Fast model editing at scale. arXiv [cs.LG]. 2021. doi:10.48550/arXiv.2110.11309

38. Subramani N, Suresh N, Peters M. Extracting latent steering vectors from pretrained language models. Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2022. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics; 2022. pp. 566–581. doi:10.18653/v1/2022.findings-acl.48

39. EasyEdit: [ACL 2024] An Easy-to-use Knowledge Editing Framework for LLMs. Github; Available: https://github.com/zjunlp/EasyEdit

40. Wang P, Zhang N, Tian B, Xi Z, Yao Y, Xu Z, et al. EasyEdit: An easy-to-use knowledge editing framework for large language models. Proceedings of the 62nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 3: System Demonstrations). Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics; 2024. pp. 82–93. doi:10.18653/v1/2024.acl-demos.9

41. EasyEdit2.
Available: https://zjunlp.github.io/project/EasyEdit2/?utm_source=chatgpt.com

42. Xu Z, Wang S, Xu K, Xu H, Wang M, Deng X, et al. EasyEdit2: An easy-to-use steering framework for editing large language models. arXiv [cs.CL]. 2025. doi:10.48550/arXiv.2504.15133

43. Vig J. bertviz: BertViz: Visualize Attention in NLP Models (BERT, GPT2, BART, etc.). Github; Available: https://github.com/jessevig/bertviz

44. Alammar J. ecco: Explain, analyze, and visualize NLP language models. Ecco creates interactive visualizations directly in Jupyter notebooks explaining the behavior of Transformer-based language models (like GPT2, BERT, RoBERTA, T5, and T0). Github; Available: https://github.com/jalammar/ecco

45. Ghandeharioun A, Caciularu A, Pearce A, Dixon L, Geva M. Patchscopes: A Unifying Framework for Inspecting Hidden Representations of Language Models. Forty-first International Conference on Machine Learning. 2024.
Available: https://openreview.net/forum?id=5uwBzcn885

46. Joseph S, Suresh P, Hufe L, Stevinson E, Graham R, Vadi Y, et al. Prisma: An open source toolkit for mechanistic interpretability in vision and video. arXiv [cs.CV]. 2025. doi:10.48550/arXiv.2504.19475

47. ViT-Prisma: ViT Prisma is a mechanistic interpretability library for Vision and Video Transformers (ViTs). Github; Available: https://github.com/Prisma-Multimodal/ViT-Prisma

48. Stan GBM, Aflalo E, Rohekar RY, Bhiwandiwalla A, Tseng S-Y, Olson ML, et al. LVLM-interpret: An interpretability tool for large vision-language models. arXiv [cs.CV]. 2024. Available: http://arxiv.org/abs/2404.03118

49. Aflalo E. LVLM Interpret.
Available: https://intellabs.github.io/multimodal_cognitive_ai/lvlm_interpret/

50. Sheta H, Huang E, Wu S, Alenabi I, Hong J, Lin R, et al. From behavioral performance to internal competence: Interpreting vision-language models with VLM-Lens. arXiv [cs.CL]. 2025. doi:10.48550/arXiv.2510.02292

51. vlm-lens: [EMNLP 2025 Demo] Extracting internal representations from vision-language models. Beta version. Github; Available: https://github.com/compling-wat/vlm-lens

EC サイトに投稿されたレビューの印象評価実験から得られる因子の抽出

Extraction of factors obtained through impression evaluation experiment of reviews posted at EC sites

横山 友也 [1*]
Yuya Yokoyama[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Yuya Yokoyama, yokoyama-yuya@aiit.ac.jp

Abstract The widespread of the Internet has realized electronic commerce (EC) site that enables us to make purchases online and is used by a lot of people throughout the world. In order to avoid a mismatch between user and products, on EC sites, users can write a review on the product they purchased. Other users can then assess the review as helpful if the comment is found satisfactory. These functions play a vital role in helping users refer to the review of the commodity and make decisions whether to buy it. Nevertheless, with more users and items flooded on EC sites, the issues of mismatches are becoming conspicuous. Meanwhile, there would be a method to introduce a questioner to respondents who would likely be expected to appropriately answer the question at Question and Answer (Q&A) community. Therefore, this methodology using Q&A statements could be extensive to the reviews on products of EC sites so that the mismatches between users and commodities could be avoided. Therefore, this paper reports the analysis result of extracting the impression from the review contents posted at EC sites. As a result of the factors analysis applied to the experimental results, eight factors are obtained. This result has revealed that the approach of extracting impressions from the statements can be applicable to the review statements of EC sites as well.

Keywords EC site; factor analysis; factor loading; impression evaluation experiment; impression word

1 はじめに

近年、インターネットの普及に伴って EC サイトが発展を遂げ、世界中の人々がオンラインで商品を購入できる時代になっている。経済産業省の「令和 4 年度デジタル取引環境整備事業（電子商取引に関する市場調査）」の報告によると、日本国内の BtoC-EC（消費者向け電子商取引）市場規模は、22.7 兆円に達しており、なおも増加一途をたどっている。 BtoC-EC 市場のうち、楽天市場[1]や Amazon[2]、Yahoo!ショッピング[3]のような EC サイトで購入された食料品や電子機器、書籍のような物販系分野では 13.9 兆円に達している[4]。これらの統計から、EC 市場は今後もますます発展し続けていくことが容易に推察される。

EC サイトにおいてユーザと商品のミスマッチを防ぐために、ユーザは自身が購入した商品について 5 段階でレビューを投稿することができる。他のユーザがそのレビューを参照して、その意見に満足したら「役に立った」ボタンで評価することが可能である。このような EC サイトの機能のおかげで、ユーザはレビューを参考にすることができ、商品の購入を検討することが可能である。しかし、ユーザや商品が激増するにつれて、この役立つシステムも機能不全に陥ることで、ユーザと商品のミスマッチが顕著になり、ひいては重大な社会問題につながる。他方、Yahoo!知恵袋[5]のような Q&A サイトにおける質問者と回答者の引き合わせに関する方法論が確立されている[6-8]。この方法論は、Q&A サイト以外の分野やデータセットへの汎用可能性も課題の一つとなっている。

以上の背景をもとに、本稿では、Q&A サイトにおけるユーザ同士の引き合わせの手法を用いて、EC サイトに投稿されたレビューの文章から受ける印象を参考に、ユーザと商品のミスマッチングの解消を目的とした研究を行う。Q&A サイトの時の手法と同様に、40 件のレビューについて 50 語の印象語を用いて 5 段階で評価を実施した。実験結果に因子分析を施したところ、文章の内容や性質を表す因子が 8 因子得られた。したがって、Q&A サイトに投稿された文章から印象を抽出する方法論は、楽天市場に投稿されたレビューに対しても適用可能であることを示し、他の分野やデータセットへの汎用化の可能性の一端を示している。

本稿の構成は次の通りである。第 2 節では、関連研究について整理する。第 3 節では、分析に使用する楽天市場の概要について説明する。第 4 節では、楽天市場に投稿されたレビューを評価素材とした印象評価実験と結果・考察について詳述する。最後に、第 5 節で本稿をまとめる。なお、本稿は著者が国際会議 KICSS 2024 において発表した内容である[6]。

2 関連研究

2.1 EC サイトに関する研究

EC サイトに関する研究は、多数行われてきている。Li らは、店舗の評価基準を生成して自動的なスコア化を実行する評価印象辞典を用いたシステムを提案している[7]。レビューの分類や店舗評価の比較機能を通じて、Li らのシステムは明確に店舗を評価する能力を示し、望ましい商品や店舗を選択するに有用であることも示している。Yoshida らは、レビューを投稿したユーザがとった購入行動を理解することを目的として、分類されたレビューを購入データのカスタマーID と紐づけを行い、分類されたレビューや購入データをもとに各レビューを投稿した人が再度購入に至ったかどうかを分析した[8]。分析の結果、再購入とトピックごとの評価の関係性を明示した。Horie らは、有用なレビューを明らかにすることで機械的に有用なレビューを抽出する手法を提案している[9]。EC サイトを普段から利用している 48 名の被験者へのインタビュー調査の結果、商品の選択にあたってレビューが商品の選択に役立てられると考えられているかが大きく異なっていることを示した。また、有用と思われているレビューに関する情報も顧客次第で異なっていることも示されている。

2.2 Q&A サイトから印象を抽出する手法

Yokoyama らは、Q&A サイトにおける質問者に適切な回答者を引き合わせる研究手法を確立してきた[10, 11]。印象評価実験を通して、文章に関する因子が 9 個得られた[10]。因子とは、複数の印象語により説明された文章の性質を意味する。的確性、

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

不快性、独創性、容易性、執拗性、曖昧性、感動性、努力性、熱烈性の 9 因子が得られた[10]。なお、因子名は、各因子に対応する印象語を包括的に表現していると著者達が判断した名称を付与している。因子に対応する印象語を表 1 に示す。

表 1　　9 因子と対応する印象語[10]

因子	印象語				
第1因子（的確性）	説得力がある	流暢な	重要な	美しい	好ましい
	真実味がある	巧みな	清々しい	妥当な	充実した
	素晴らしい	的確な	丁寧な		
第2因子（不快性）	非常識な	憤慨した	不快な	残念な	不当な
	幻滅した	呆れる	怖い		
第3因子（独創性）	独創的な	予想外な	特殊な	斬新な	不思議な
第4因子（容易性）	易しい	明瞭な	難しい		
第5因子（執拗性）	細かい	しつこい	長い		
第6因子（曖昧性）	曖昧な	不充分な			
第7因子（感動性）	心温まる	感動的な			
第8因子（努力性）	涙ぐましい				
第9因子（熱烈性）	熱い	力強い			

他言語への汎用化を目的として、この手法は英語の Q&A の文章にも適用を試みた。日本語の場合と同様に、英文の評価素材からも 9 因子が抽出された[11]。因子名は的確性、評価性、落胆性、当惑性、斬新性、力量性、困難性、丁寧性、懐郷性の 9 因子が得られている。

以上の結果から、日本語と英語の質問回答文間において共通点と相違点の両方がみられる[10, 11]。共通点としては、類似した因子が得られている点である。さらに、主要な因子が共通して得られており、特に「的確性」と称した因子は両言語とも第 1 因子で得られている。一方で、相違点もまた確認されている[8]。まず、因子によっては言語間で異なる形態で抽出されている。特に、日本語の第 2 因子「不快性」は、英語では第 3 因子「落胆性」と第 4 因子「当惑性」の別々の 2 因子で抽出されている。さらに、片方の言語の因子で得られた因子では他方では得られないケースも起こっている。例えば、日本語の第 5 因子「執拗性」と第 8 因子「努力性」は英語では抽出されず、一方で英語の第 8 因子「丁寧性」と第 9 因子「懐郷性」は日本語では得られなかった。

全体的に、本手法は日本語と英語以外の他言語のみならず、他の分野やデータセットにも拡張できる可能性があることを示している。

2.3　　本稿の指針

2.1 節で紹介されたように、EC サイトに関する先行研究は複数あり、現在も進行中である。しかし、著者達の知る限り、EC サイトのレビューの印象を用いた研究はまだ行われていない。一方で、2.2 節で記述したように、Q&A サイトの印象を用いた研究は他のデータセットへの汎用化も見込むことができる。したがって、本稿における著者達の指針は、印象を利用した手法を EC サイトのレビューに適用を試みることである。

3　　楽天市場データ

分析に使用する EC サイトのデータセットは、国立情報学研究所[12]から提供されているデータセットの一種である楽天市場データである。このデータセットには、2015 年から 2019 年の期間の商品データ、商品レビューデータ、店舗データが収録されている。この 5 年間で、22,505,858 件のレビューが収録されている。レビューデータの内容は下記の通りである[13]。

- 投稿者 ID
- 店舗名
- 店舗 ID
- 評価ポイント（1〜5 の 5 段階）
- レビュー本文（文章の内容）
- 参考になった数
- レビュー登録日時

「参考になった」は評価ポイントの数値によらず、閲覧者が投稿者が商品の購入を検討するのにどの程度レビューが役立ったかを表している。全 22,505,858 件のレビューのうち、「参考になった数が 20 以上のレビューを後述の分析に使用した。なお、閾値の 20 件は試験的に定めたものである。したがって、参考になった数が 20 以上のレビューデータは 20,821 件である。

4　　EC サイトのレビューを用いた印象評価実験

4.1　　目的

EC サイトには、様々な文章表現や印象、評価値であふれている。すべてのレビューには最小で 1.0、最大で 5.0 の幅で評価ポイントが付けられている。高評価のレビューは、「この商品の質が良いので気に入っています」のような満足なコメントに留まりがちである。一方で、低評価のレビューは、何が問題であったか、何故この店をお勧めできないか、どのように店舗は改善する必要があるか、等の具体的な内容を有していることが多い。そこで、ユーザと商品のミスマッチをなるべく回避するために、EC サイトのレビューについて印象語で評価を行う印象評価実験を実施する。基本的な実施手順は、2.2 節で記述した Q&A サイトの場合[10, 11]とほぼ同じである。

4.2　　実験手順

3 節で記した「参考になった数」が 20 以上のレビュー20,821 件から実験素材を選定するにあたり、次の 2 点の基準を考慮した。

- 評価ポイントが最高値の 5.0 ならびに最低値 1.0 を 20 件ずつ選定した。
- 文法上の誤記が極力ない文章を選定した。

後者に関しては、例えば形態素解析のような構文解析を適用することを今後計画しているため、非常に重要である。些細でも文法上の誤記があると、構文解析の適切な結果が得られなくなる可能性があるため、そのような誤記を回避するのは非常に重要である。

これらの基準をもとに、実験素材として高評価レビュー20 件

（レビュー5 件×4 店舗）ならびに低評価レビュー20 件（レビュー5 件×4 店舗）の計 40 件を選択した。評価素材の例として、高評価のレビュー5 件を表 2（a）、低評価のレビュー5 件を表 2（b）にそれぞれ示す。これらの表記を高評価は HR3-1, HR3-2, HR3-3, HR3-4, HR3-5 とし、低評価は LR3-1, LR3-2, LR3-3, LR3-4, LR3-5 としている。

表 2　実験に使用したレビューの例[6]

(a)高評価レビュー

HR3-1	沢山の商品が揃っているので、購入するまでに かなり時間が掛かります。 でも、いろいろな商品があるので 一度に購入出来るのは嬉しいです。 此れからも利用させて頂きます。
HR3-2	4本足の杖と、洗濯洗剤を頂きました。スーパーセール中に注文、最終日には到着。洗剤は小箱に。杖はプチプチでくるまれ、茶の包装紙で、軽々と到着。ショップ様、助かりました。どうもありがとうございました。
HR3-3	5品注文。全てお届け目安を1～3日以内で出荷予定の品に揃えて注文したので7日注文→11日着はまあ予定通りかなと。全く問題なく、丁寧に梱包され届いています。ありがとうございました。
HR3-4	当然といえば当然ですが、品揃え、対応の良さと どれをとっても文句のつけようがありません。クーポンの配布も頻繁ですし、ポイントの事も併せて考えると 結局安くつくのでまとめ買いしています。他店や公式サイトなどで売り切れの商品も探して見ると在庫がある場合も多いのでチェックは欠かせません！ 頼りにしています。
HR3-5	いつもお世話になっています。10月購入分のレビューですが 今回の発送は早かったですね、注文より3日目に受け取っています。何時も急ぎの商品は有りませんが此くらいの日数で受け取れると嬉しいです。有難うございました。

(b)低評価レビュー

LR3-1	1週間程度で発送とあったので購入を申し込んだら、「メーカー欠品」とのことで、1週間程度（8/21頃）納品が遅れるとのメール。その納品目途の日になって再度1週間延長、今日になってさらに1週間延長、「キャンセルするならどうぞ」とのメール…。さすがに3度目の延長メールでキャンセルさせてもらいました。「楽天24」＝直営＝信用できると思っていたが、商品を確保できないのなら、最初から注文を受けないで欲しい。極めて不誠実。
LR3-2	8月22日に購入した品物の中の1点が「入荷遅れになる」とのことで「全て揃ってからの出荷になる。お届け予定日は9月8日～9月11日」とメールがきました。その商品のページを見ると納期が3日～5日と書いてあります。楽天の直営店なのに嘘の納期を書いてます。今までは爽快ドラッグを使っていましたが、あまりの発送の遅さに嫌気がさし、こちらに変えました。楽天24に切り替えた最初の方は《あるものは先に発送、ないものは後日発送》してくれて助かってました。楽天の直営店として納期の表記をしっかりと、ないものは「在庫切れ」の表示の徹底をしてもらいたいです。楽天の他のショップの方がよほどきちんとしていると思います。
LR3-3	発送が驚く程遅いです。スタッフの対応も非常識でした。注文から２ヶ月以上待たされましたがその間の連絡等はなく、不安になり何度かご連絡差し上げましたが回答はなく、３ヶ月が経つ頃に在庫なし。との連絡が…。他のショップで頼めば、時間を無駄にすることも不快になることもありませんでした。どういう状況かご連絡いただけるか、せめて返信くらいはしてほしかったです。無礼なショップ。
LR3-4	欠品は仕方ないが、とにかく対応が遅い！他の方のレビューをみると、明らかに自分より後に購入した人への連絡は1日でしてるのに対し、こちらへの連絡は購入の6日後。しかも到着予定の日にちになってキャンセルとか失礼にも程がある。対応の悪さに呆れた。
LR3-5	毎回届くのが非常に遅い。だが買い回りの店舗稼ぎや近所にないものを注文するときには仕方なく利用する。最長で2か月待ったことがある。配送遅れているのだから、その間にセールのお知らせとかクーポンとか配信するな。そんな暇あったら在庫管理しろ。

4.3　実験手順

6 名の被験者の協力のもとで、40 件のレビューを 50 語の印象語を用いて 5 段階で評価を行う印象評価実験を実施した。印象語とは、文章の文体や内容から受ける印象を表す印象語である。実験に使用した 50 語の日本語を表 3 に示す。被験者には、4.2 節で示した実験素材 40 件のレビューの文章内容が含まれる Word ファイルと、評価シートとして Excel ファイルを提供した。4.2 節で示した HR3-1, …, HR3-5 の範囲での評価シートを表 4 に示す。

表 3　印象語 50 語[6]

文章表現（22語）	易しい	巧みな	丁寧な	美しい	清々しい	流暢な
	特殊な	説得力がある	明瞭な	曖昧な	難しい	しつこい
	たどたどしい	味気ない	不充分な	大袈裟な	細かい	
	単純な	堅い	長い	複雑な	斬新な	
文章内容（28語）	涙ぐましい	素晴らしい	好ましい	感動的な	的確な	妥当な
	重要な	心温まる	独創的な	充実した	楽しい	不快な
	怪しい	辛辣な	憤慨した	幻滅な	怖い	残念な
	不当な	非常識な	呆れる	真実味	仕方が無い	
	熱い	力強い	予想外な	不思議な	懐かしい	

表 4　評価シートの一部[6]

印象語	…	HR3-1	HR3-2	HR3-3	HR3-4	HR3-5	…
易しい	…						…
心温まる	…						…
美しい	…						…
好ましい	…						…
予想外な	…						…
…	…	…	…	…	…	…	…

4.4　実験結果

実験結果に対してバリマックス回転をかけて因子分析を施した。ここで、因子数を決定する基準として「固有値 1.0 以上」または「累積寄与率 80%以上」の 2 通りがある。これらのうち、今回の分析においては前者の基準を採用したところ、因子数を 8 個として因子分析を実施した。固有値、寄与率、累積寄与率を表 5 に示す。バリマックス回転を施した因子負荷量を表 6 に示す。因子負荷量の絶対値が 0.5 以上の場合は因子の解釈に有意であることを示しているため、該当する因子について網掛けを施している。詳細な解釈は後述の節において記述する。

表 5　因子の固有値、寄与率、累積寄与率[6]

因子	固有値	寄与率 [%]	累積寄与率 [%]
1	13.5	17.4	17.4
2	9.47	16.7	34.2
3	5.31	16.3	50.5
4	3.11	6.2	56.7
5	1.99	5.2	61.9
6	1.45	2.6	64.6
7	1.25	2.3	66.9
8	1.11	2.2	69.0

表 6　因子負荷量（EC サイトの場合、網掛：絶対値 0.5 以上）[6]

印象語	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子	第7因子	第8因子
呆れる	0.916	0.026	-0.059	-0.165	0.009	0.057	0.147	0.064
不快な	0.901	-0.014	-0.228	-0.063	0.059	0.092	-0.024	0.078
非常識な	0.865	-0.016	-0.023	-0.151	-0.030	0.037	0.158	0.119
憤慨した	0.838	-0.003	-0.129	0.164	0.102	0.087	0.085	0.188
残念な	0.815	-0.157	-0.237	0.104	0.321	0.007	-0.176	-0.088
不充分な	0.759	0.254	0.186	0.040	-0.214	-0.122	-0.023	-0.187
怪しい	0.727	0.261	0.162	0.203	-0.254	0.014	-0.065	-0.160
幻滅な	0.721	0.053	-0.083	0.509	0.158	0.096	-0.028	0.134
辛辣な	0.648	0.069	-0.237	0.217	0.155	0.065	0.100	0.081
仕方が無い	0.629	0.000	-0.102	0.581	0.275	0.092	-0.042	0.060
大袈裟な	0.033	0.834	0.087	-0.016	-0.032	-0.051	-0.033	-0.131
斬新な	0.018	0.801	0.249	-0.093	0.097	-0.033	0.000	-0.071
特殊な	0.008	0.760	0.285	-0.119	0.110	0.063	0.083	0.177
堅い	-0.104	0.739	0.360	-0.043	0.150	0.034	0.085	0.002
曖昧な	0.112	0.690	0.153	0.026	0.072	0.023	-0.021	-0.305
怖い	0.218	0.687	-0.184	-0.137	-0.055	0.193	-0.016	0.237
独創的な	0.060	0.654	0.167	-0.080	0.159	0.161	0.067	0.222
たどたどしい	0.098	0.608	-0.029	-0.080	-0.098	0.396	-0.188	0.133
味気ない	-0.113	0.593	0.329	0.018	-0.026	-0.014	0.101	-0.012
熱い	-0.054	0.574	0.148	0.087	0.339	0.201	0.064	0.124
細かい	0.144	0.571	0.159	0.242	0.232	-0.024	-0.009	0.045
充実した	-0.159	0.562	0.524	-0.106	0.247	-0.022	0.205	0.087
不思議な	0.457	0.559	0.235	-0.030	-0.252	-0.008	-0.021	-0.092
しつこい	0.165	0.544	-0.289	0.259	0.371	0.321	-0.156	0.066
美しい	-0.031	0.077	0.922	0.086	-0.002	-0.108	-0.152	-0.002
心温まる	-0.151	0.103	0.870	0.080	-0.113	-0.055	-0.192	0.030
易しい	0.241	0.095	0.821	0.217	-0.121	-0.041	0.107	0.084
好ましい	-0.400	0.194	0.757	-0.022	0.136	0.066	0.001	-0.129
素晴らしい	-0.283	0.247	0.748	-0.054	0.173	0.189	0.101	-0.122
感動的な	-0.222	0.447	0.709	-0.085	0.233	0.033	-0.060	-0.051
楽しい	-0.254	0.483	0.674	-0.078	0.208	0.046	-0.005	-0.083
清々しい	0.101	0.204	0.598	0.190	-0.103	0.102	0.206	0.122
重要な	0.193	0.285	0.597	0.061	0.092	-0.030	0.291	0.172
丁寧な	-0.331	0.322	0.576	0.104	0.216	-0.012	0.033	-0.069
的確な	0.275	-0.062	0.570	0.439	0.046	0.044	0.458	-0.011
明瞭な	0.342	0.039	0.509	0.495	0.134	0.050	0.370	-0.019
単純な	0.320	0.026	0.280	0.582	-0.025	-0.054	-0.036	0.003
妥当な	0.462	0.026	0.439	0.514	0.139	-0.031	0.271	-0.117
流暢な	-0.024	0.286	-0.009	0.369	0.756	-0.040	-0.097	0.123
予想外な	0.073	0.372	0.115	-0.150	0.569	-0.029	0.004	-0.055
説得力がある	0.201	-0.005	0.256	-0.029	0.519	-0.092	0.233	0.049
涙ぐましい	0.210	0.376	0.047	0.019	-0.059	0.777	0.060	-0.049
力強い	0.445	0.131	0.166	0.364	0.195	-0.047	0.000	0.604

4.5　考察

4.5.1　因子の解釈

4.4 節では、EC サイトに投稿されたレビューの文体や内容を表す 8 因子が抽出された。因子負荷量の絶対値 0.5 以上の印象語に基づいて、各因子対して下記のように解釈を施した。

・　第 1 因子：「呆れる」「不快な」「非常識な」といったネガティブな印象と、「辛辣な」「仕方が無い」のような不可避な状況から構成されている。これらの要素を考慮して、この因子を「批判的反応」と称する。

・　第 2 因子：「大袈裟な」「斬新な」「特殊な」といった独特な観点からの印象と、「曖昧な」「怖い」「たどたどしい」のような困惑を表す語から構成されている。以上の内容より、第 2 因子を「未知への戸惑い」と称する。

・　第 3 因子：「美しい」「心温まる」「易しい」のように、ポジティブな印象から構成されている。この内容より、第 3 因子を「感動体験」と称する。

・　第 4 因子：「単純な」「仕方が無い」「妥当な」「幻滅な」の

ように、率直な印象を表す語から構成されている。これらの内容から、第 4 因子を「現実的評価」と称する。

- 第 5 因子：「流暢な」「予想外な」「説得力がある」のように、商品の便利さを表現する語から構成されている。以上の内容から、第 5 因子を「利便性」と称する。
- 第 6 因子：「涙ぐましい」のように、困難さや努力を表現する語から構成されている。以上より、第 6 因子を「同情」と称する。
- 第 7 因子：因子負荷量の絶対値が 0.5 以上の単語が存在しない。したがって、第 7 因子には解釈を施さない。
- 第 8 因子：「力強い」のように、文章から受ける圧力を表す語から構成されている。したがって、第 8 因子を「インパクト」と称する。

4.5.2 因子の比重の比較

EC サイトと Q&A サイトとで因子の寄与率の傾向の差異に着目する。因子名、固有値、寄与率、累積寄与率を表 7 にまとめる。Q&A サイトの場合、主に 2 因子が Q&A サイトに投稿された文章の印象を表している。一方で、EC サイトの場合は主として 3 因子が EC サイトに投稿された文章の印象を示している。累積寄与率の観点からみると、Q&A サイトの 2 因子は 25.9%を占めているのに対して、EC サイトの 3 因子は 50.4%にまで達している。これらの比較により、EC サイトと Q&A サイトの主要因子の差異の傾向を伺うことが可能である。

表 7　実際の評価の例[6]

(a) EC サイト

因子	因子名	固有値	寄与率 [%]	累積寄与率 [%]
1	批判的反応	13.5	17.4	17.4
2	未知への戸惑い	9.47	16.7	34.1
3	感動体験	5.31	16.3	50.4
4	現実的評価	3.11	6.2	56.6
5	利便性	1.99	5.2	61.8
6	同情	1.45	2.6	64.4
7	−	1.25	2.3	66.7
8	インパクト	1.11	2.2	68.9

(b) Q&A サイト

因子	因子名	固有値	寄与率 [%]	累積寄与率 [%]
1	的確性	11.1	14.5	14.5
2	不快性	6.78	11.4	25.9
3	独創性	2.69	6.1	32.0
4	容易性	2.24	3.7	35.7
5	執拗性	1.56	3.6	39.3
6	曖昧性	1.50	3.5	42.8
7	感動性	1.43	3.1	45.9
8	努力性	1.18	2.1	48.0
9	熱烈性	1.10	2.0	50.0

5　まとめ

本論文では、これまでの筆者が確立した Q&A サイトにおけるユーザ同士の引き合わせの手法を用いて、EC サイトに投稿されたレビューの文章から受ける印象を参考に、ユーザと商品のミスマッチングの解消を目的とした研究を行った。楽天レビューに投稿された 40 件のレビューについて、50 語の印象語を用いて 5 段階で印象評価評価を実施した。実験結果に因子分析を施したところ、楽天レビューの文章の内容や性質を表す因子が 8 因子得られた。Q&A サイトに投稿された文章から印象を抽出する方法論は、楽天市場に投稿されたレビューに対しても適用可能であることを示し、他の分野やデータセットへの汎用化の可能性も示すことができた。また、Q&A サイトの場合と因子を比較し、共通点ならびに相違点も見出している。

参考文献

1. 楽天市場 [cited 26 Dec 2025]. Available: https://www.rakuten.co.jp.
2. Amazon [cited 26 Dec 2025]. Available: https://www.amazon.com.
3. Yahoo! ショッピング [cited 26 Dec 2025]. Available: https://shopping.yahoo.co.jp.
4. 経済産業省 [cited 26 Dec 2025]. Available: https://www.meti.go.jp/press/2023/08/20230831002/20230831002.html.
5. Yahoo! 知恵袋 [cited 26 Dec 2025]. Available: http://chiebukuro.yahoo.co.jp/
6. Yokoyama Y., Hosoda T. and Matsuo T.: “Extracting Factors through Additional Impression Evaluation Experiment Assessing Both High-rated and Low-rated Reviews Posted at EC Sites”, IIAI Letters on Institutional Research, Vol.6 (2025), the 19th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS 2024), pp1-13, 2024/12/5, Bali, Indonesia, DOI: https://doi.org/10.52731/liir.v006.336.
7. D. Li, H. Nishikawa, M. Ueda, and S. Nakajima, “A Store Evaluation System using Automatic Scoring of Retail Stores Based on Product Review Analysis”, Proc. of the 2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData), pp.2124-2130, 2023.
8. M Yoshida, T Tabata and T Hosoda, “A Study on Relationship Between Consumer Review Behavior and Purchasing in EC site,” Proc. of the 9th International Congress on Advanced Applied Informatics (AAI 2020), pp.791-796, 2020.
9. K. Horie, M. Onoda and T. Kaneko, “A proposal of review extraction method considering the knowledge amount of consumers and the purchase stage,” Total Quality Science, Vol.4, No.2, pp.83-91. 2018.
10. Y. Yokoyama, T. Hochin, H. Nomiya and T. Satoh, “Obtaining Factors Describing Impression of Questions and Answers and Estimation of their Scores from Feature Values of Statements,” Software and Network Engineering, Springer, Volume 413, pp.1-13, 2013.
11. Y. Yokoyama, T. Hochin and H. Nomiya, “Estimation of Factor Scores from Feature Values of English Question and Answer Statements,” Proc. of IEEE/ACIS 15th International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2016), pp.741-746, 2016.
12. Rakuten Group, Inc. (2020): Rakuten Ichiba data. Informatics Research Data Repository, National Institute of Informatics. (dataset). [cited 26 Dec 2025]. Available: https://doi.org/10.32130/idr.2.1
13. Rakuten Data Release [cited 26 Dec 2025]. Available:, https://rit.rakuten.com/data_release

AIと生徒・教員が共進化する中学校技術科の安全教育教材の提案

Proposal for safety education materials for junior high school technology classes where AI co-evolves with students and teachers

根本 航太[1] 佐藤 里恵[2] 村越 英樹[2*]

Kota Nemoto[1] Rie Sato[2] Hideki Murakoshi[2*]

[1]株式会社ミラプロ MIRAPRO Co., Ltd.
[2]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Hideki Murakoshi, hm@aiit.ac.jp

Abstract We propose an AI-assisted, co-evolutionary safety education system for junior high school technology classes, where students engage in practical activities such as woodworking and metalworking that inherently involve safety risks. Current instructional environments face limitations due to large class sizes and the high supervision burden on a single teacher. Moreover, existing textbooks and materials emphasize fundamental safety awareness but do not sufficiently cultivate students' ability to recognize and prevent hazards autonomously. To address these issues, we propose introducing a system that integrates wearable cameras, AI-based hazard detection, and KYT (Kiken Yochi Training) to form a cyclical learning process. During practice sessions, students' actions are recorded and analyzed by AI: the multimodal model CLIP identifies potentially dangerous scenes, while YOLO detects specific hazardous regions within each frame. These detected frames are then converted into individualized learning tasks in which students identify and reason about dangerous points. Their responses are subsequently used to refine both classroom KYT discussions and AI re-training, allowing students and AI to co-evolve. A prototype implementation confirmed that CLIP could recognize hazardous behaviors such as operating a drill while wearing gloves, though prompt engineering remains critical for higher precision. YOLO-World accurately detected common objects (e.g., gloves) but struggled with specialized machinery such as bench drills, indicating the need for domain-specific datasets. This co-evolutionary model promotes both continuous AI improvement and the development of students' active hazard-perception skills, suggesting a novel direction for technology-education safety instruction.

Keywords safety education; technology education; co-evolutionary learning; wearable camera

1 はじめに

中学校技術科は、木材・金属等の材料加工や電気工作などの実習を通して、ものづくりに関する基礎的な知識や技能を育成することを目的としている。しかし、これらの学習活動は工具や機械を使用するため、常に一定の危険を内包している点に特徴がある。独立行政法人日本スポーツ振興センターが公表している学校管理下の災害統計[1]によると、「実習・実験室」で発生した負傷件数 2,087 件のうち、技術・家庭科の授業中に発生したものは 835 件と高い割合を占めている。すなわち、技術科は教育活動の中でも特に事故の発生リスクが高い教科である。

一方で、安全管理の観点からは、学級規模の大きさも重要な課題である。2022 年の法改正[2]により、中学校の 1 学級あたりの生徒数は段階的に 35 人へと引き下げられたが、厚生労働省職業能力開発局の「職業訓練サービスガイドライン」[3]では、実技指導において「受講者 15 人に講師 1 人以上」が望ましいとされている。これと比較すると、技術科の授業は依然として 1 人の教員に過大な安全管理負担がかかっており、生徒一人ひとりの作業状況を常時監督することは困難である。すなわち、「クラス定員の多さ」が安全指導の限界を生む原因の一つとなっていると考えられる。

さらに、教育現場の調査[4]によれば、事故やヒヤリハットの多くは工具や機械の扱い時に集中しており、特に電動工具の使用場面に危険が偏在していることが指摘されている。また、安全衛生に関する授業時間が設けられていない学校も少なくなく、注意喚起の掲示や安全マニュアルの整備が不十分な場合も多い。作業時の服装についても、安全靴や作業服を着用せずに制服やスリッパで実習を行う例があり、環境整備・服装面の不備も事故の一因となっている。このように、道具・環境・安全教育の三要素が複合的に絡み合い、安全指導の実効性を損ねている現状がある。

川路・谷田（2020）[5]は、現行教科書における安全教育の内容を分析し、「安全能力」の育成がどのように意図されているかを明らかにした。その結果、授業中の工具取扱い、家庭内での安全確保、社会的安全意識の涵養といった基礎的な記述が中心であり、危険情報の整理・行動ミス防止・不安全行動の自制など、初歩的な安全意識の定着に重きが置かれていることが示された。一方で、経験に基づく危険察知、原因分析、再発防止といった高度で実践的な安全能力は十分に扱われていない。すなわち、教科書は「安全行動の基礎」は育成できるが、「現場での危険判断力」や「主体的な再発防止力」までは育成しきれていないという限界を持つ。

このように、教科書を中心とした従来の安全教育には「現場対応力の欠如」という構造的な課題があり、生徒が自ら危険を察知・判断する能力を育成するには不十分である。したがって、今後の安全教育には、学習者自身が危険を「見て・考えて・判断する」プロセスを体験的に学べる教材の導入が求められる。

文部科学省の「中学校技術・家庭科（技術分野）事例集」[6]では、安全指導を含む授業実践の工夫が紹介されているものの、特定単元に即した断片的な事例が多く、体系的な安全教育カリキュラムの構築には至っていない。また、「技術・家庭科安全ハンドブック」[7]など、教員向けの安全指導資料も整備されているが、これらは主に指導者視点からの安全管理を目的としており、生徒が自ら危険を見つけ、考える学習機会は十分に設計されていない。

教育実践研究の中では、江口（2012）[8]が中学生向けの KYT（危険予知トレーニング）教材を JavaApplet で開発し、グループ学習の制約を超えた個別学習型の試みを行っている。この教材は、即時フィードバック機能によって生徒の危険予測力を高める効果を示したが、提示される危険場面はあらかじめ用意された静止画像であり、生徒自身の実体験や学校固有の環境を反映することは難しかった。また、教材の更新や個別化には教員の手作業が必要であり、現場への普及には課題が残る。

さらに、技術科教育における安全指導を ICT 活用の観点から扱った事例は限定的である。山下・田中・谷田（2024）[9]は、技術科教員の教材提示手法を分析し、ICT 機器が整備されているにもかかわらず、教科書や実物提示といった従来型の指導法が依然として主流であることを明らかにしている。この傾向は ICT 機器を使用した学習指導方法に対する教員の熟練度が影響を与えていると推察している。

一方で、教材開発技術の分野では、近年、AI や自然言語処理を用いた問題自動生成や教材自動生成の研究が進展しているが

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

（例：石田ら, 2025[10]）、これらの多くは理数系教科や語学など、知識理解を対象とした学習支援が中心である。VR を利用した体験型の教材開発（庄 司ら, 2022[11]）や安全教育教材（武田ら, 2020[12]）も進んでいる。模擬的な体験を提供する点では有効であるものの、現実の作業現場や生徒個々のデータに基づいて危険を可視化し、学習へ還元する仕組みは構築されていない。

関（2020）[13]は医療現場で手術のトレーニングを AR で行うシステムを開発した。熟練医の手技映像を学習者の視野に重ね合わせて模倣学習を促すシャドウイング型の訓練支援を主目的としている。そのため、主に動作の再現性や立体的な手技理解の支援に重点が置かれており、危険な操作の自動検出や誤った手技の判定といった安全面のフィードバック機能は備えていない。

以上のように、中学校技術科における安全教育の現状には、複数の課題が複合的に存在する。第一に、授業環境そのものが工具や機械を扱う高リスクな性質を持ちながら、一人の教員が多数の生徒を監督する構造的制約が存在し、作業を細かく把握することが難しい。第二に、教科書や既存教材は安全意識の基本教育には有効であるものの、生徒が自ら危険を発見・判断し、再発防止策を考えるような実践的安全能力を育成する設計になっていない。第三に、ICT や AI 技術の進歩が進む一方で、その利用は教員の個々の能力に左右され、実際の現場の作業映像や生徒自身の行動データを教材化する仕組みはほとんど整っていないといえる。

既存研究では現場の多様な環境や生徒の個人差に応じて動的に危険を可視化し、学習者自身の体験に還元する仕組みは未だ確立されていない。

したがって、本研究では、中学校技術科における安全教育の課題を解決するために、AI による危険行動検出と学習者主体の危険予知活動を組み合わせた「生徒主体型・共進化型教材」の設計を目的とする。

本稿第 2 章では、現場の危険行動データを基にした AI・ウェアラブル教材が提供するサービスの構想について述べる。第 3 章では危険行動を検出するウェアラブルデバイス、および教材開発について説明する。第 4 章では試作したウェアラブルデバイスの危険行動検出評価について記載する。第 5 章は本稿のまとめである。

2　サービス構想

本サービスの全体像を図 1 に示す。ウェアラブルカメラ、AI 解析、危険予知訓練（KYT）を組み合わせ、記録・抽出・課題化・改善の循環を通じて AI と生徒が共に成長する共進化型の安全教育モデルとして設計されている。以下では、図 1 に示した各フェーズごとにサービスの詳細を記載する。

記録

実習時、生徒はウェアラブルカメラを装着し、作業過程を継続的に記録する。これにより、従来は教員の目視に依存していた観察を客観的データとして蓄積でき、個々の生徒の作業状況を時系列で追跡可能となる。映像は授業後の解析に使用される。記録段階で取得する映像によって、後段の危険推定と教材生成の効率化に資する。

また、授業中に危険行動が検知された場合は、抽出フェーズからアラートを受け取ることで、アラームを鳴らして危険行動の発生を知らせることで教員を補助する。

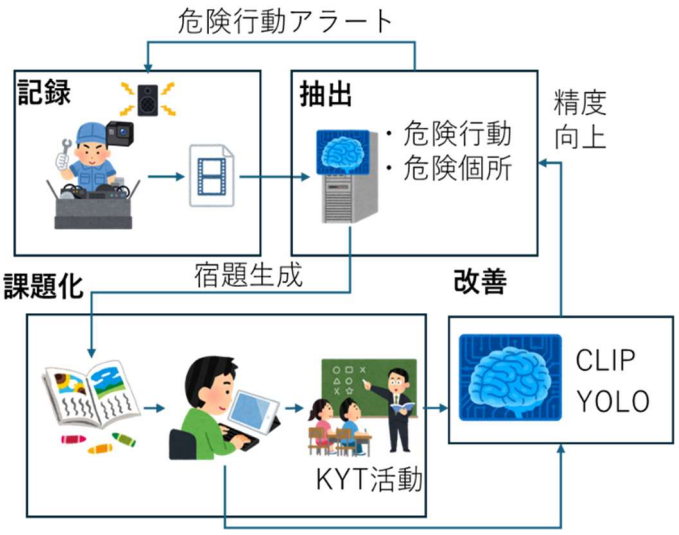


図 1　サービスの全体像

抽出

映像に対して AI 解析を行い、危険関連場面と具体的な危険箇所を段階的に抽出する。まず CLIP により「手袋を着用したまま卓上ボール盤を操作する」等の自然言語プロンプトとの類似度計算を用いて潜在的に危険度の高いフレーム群を自動選別する。この作業は作業中に行われ、危険行動が抽出されたときはアラートを発する。

危険行動だと判定されたフレームは YOLO により物体検知が行われ、フレーム内の危険部位の位置を特定する。

こうして得られたデータは、後段の「課題化」に使用され、AI と生徒・教員が共に成長する「共進化」の基盤となる。

課題化

抽出された静止画像は宿題として生徒に配信される。生徒は提示画像上で危険箇所を指示し、その理由を考察して回答を提出することで、「見て・考えて・判断する」プロセスを反復的に体験する。

さらに、授業内では KYT（危険予知トレーニング）として、宿題で生徒が誤って回答した画像を用い、グループ討議によって危険性・想定事故・対策を検討する。その後、各グループは発表を通じて知見を共有し、その内容は AI にフィードバックされる。

本設計にはナッジの要素を取り入れており、安全行動が増えると宿題量が減少する仕組みを通して、生徒は安全行動の内在的報酬を経験的に学ぶ。教材は単なる知識伝達の道具ではなく、生徒の行動変容を促す仕組みとして機能する。このサイクルを通じて、生徒の学びと AI の検知能力の双方が向上する共進化が実現する。

改善

KYT 活動で得られた生徒の討議内容や新たに発見された危険事例は、AI の学習データとして活用される。具体的には、討議の中で挙がった新しい危険行動を自然言語プロンプトとして CLIP に登録し、それに対応する新しい物体ラベルを YOLO に定義する。これにより、AI はこれまで検出できなかった危険要素を新たに識別可能となる。

次に、登録したラベルを用いて YOLO-World で自動抽出を行い、抽出結果を宿題として生徒に提示する。生徒は提示された画像の正誤を判定し、その回答内容が YOLO の再学習用データとして蓄積される。このようにして、学習者の経験をもとに AI の検出精度が段階的に高まる共進化的改善サイクルが形成される。

3　危険行動検出と教材開発

本章では、本サービスを支える AI 技術として、CLIP を用いた危険場面抽出と YOLO を用いた危険箇所特定の詳細と、それらを使用した教材作成の仕組みについて述べる。

AI の処理フロー

図 2 に、本研究での 2 種類の AI を組み合わせた処理フローを示す。まず、生徒がウェアラブルカメラで撮影した実習動画から、CLIP によって危険が含まれる場面を抽出し、続いて YOLO によって危険箇所を特定する。

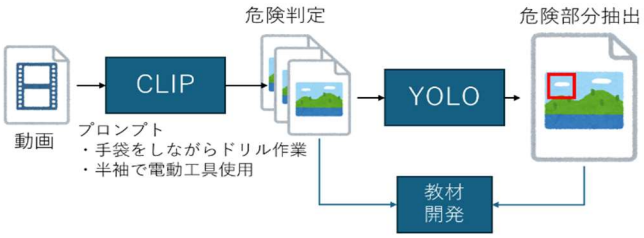


図 2　AI の処理フロー

危険判定

本研究における危険判定は、OpenAI が開発したマルチモーダルモデル CLIP（Contrastive Language–Image Pretraining）[14] を基盤とする。CLIP は、膨大な画像と言語の組み合わせを事前学習することで、テキストと画像を共通のベクトル空間に写像し、その類似度を計算できる特性を持つ。任意の文章（例：「手袋をしたままドリルを使用している」「腕時計をしたままドリルを使用している」）を入力すると、その内容と関連性の高い画像を自動的に判別できる。

この特性を活用し、危険行為を自然言語で定義し、映像中の各フレームをテキストと比較することで危険判定を行う。

具体的な処理の流れは以下の通りである。

①危険行動のテキスト定義

教育現場で想定される代表的な危険行為を自然言語で記述するとともに、逆の意味となる文章、すなわち安全であると認識される文章を記述する。

例えば、「保護メガネを着用せずに電動工具を使用している」の対として、「保護メガネを着用せずに電動工具を使用していない」などの組み合わせを複数記述する。危険な行為と安全な行為の類似度の平均値を取り、その差を危険行動のスコアとする。

②閾値の設定

CLIP はプロンプト内容によってスコアが変動するため、あらかじめ「安全な作業映像」を基準データとして撮影し、①で定義した危険行動のスコアから危険判定の閾値を定義する。

③テキストとの類似度計算

ウェアラブルカメラで撮影した実習映像をフレーム単位に分割し、①で定義した危険行動のスコアを算出する。閾値を超えた場合、そのフレームを「危険」と判定する。

④危険場面の抽出

③で危険と判定されたフレームを自動的に抽出し、教材（宿題や KYT 活動用の資料）として登録する。

危険行動を認識する AI モデルは他にも存在するが、本研究で CLIP を採用した理由は主に 2 点である。

1 点目は軽量な点である。CLIP は単一フレームごとの画像認識を行うため、動画全体を解析する行動認識モデルに比べて計算負荷が軽い。そのため、ウェアラブルカメラから送信された映像を AI サーバで逐次解析し、教員が目を離した場面でも危険を実時間に近い検知が可能であり、危険な行動があった際の警告が可能となる。

2 点目は柔軟な拡張性である。危険行為を自然言語で追加できるため、KYT 活動で生徒が新たに発見した危険を、そのままテキストとして AI に入力するだけで検出対象を拡張できる。すなわち、生徒は AI が提示する危険事例を教材として安全意識を高め、同時に AI は生徒の発見を学習資源として検知精度を高める。この仕組みは「人と AI が共に成長する共進化型の学習モデル」という本研究の理念に適合するものである。

教材開発

CLIP は映像全体を対象に「この場面に危険が含まれているか」を判定できるが、具体的にどの部分が危険であるかを示す機能は持たない。そのため、CLIP が危険と推定した画像を入力として、危険箇所を領域として特定する AI モデルを導入する必要がある。本研究では物体検出アルゴリズムの一つである YOLO（You Only Look Once）[15] を採用した。

YOLO は、入力画像を一度の畳み込み処理で解析し、画像内に存在する複数の物体を同時に検出・分類することが可能なモデルである。従来の物体検出手法（R-CNN 系など）が「候補領域の抽出 → 各領域の分類」という段階的処理を必要としたのに対し、YOLO は画像をグリッドに分割し、各セルに対して物体の存在確率と位置（バウンディングボックス座標）を直接予測する。これにより、リアルタイム処理が可能な高速性と、位置推定における一貫性を両立している。

本研究における YOLO の役割は、CLIP によって「危険を含む」と判定された画像から、さらに危険とみなされる具体的な部位を抽出し、矩形領域として抽出することである。例えば、手袋を着用したまま工具を操作する手、回転工具に近づいた腕時計、あるいは保護具を着用していない顔周辺といった箇所を対象とする。さらに、CLIP に登録した危険行動のテキスト定義と関連付ける形で、それぞれの危険行動に対応する特徴的な物体を YOLO に登録しておく。これにより、生徒が画像上でタッチした位置が、定義された危険行動に該当するかどうかを判定できる。

YOLO はその高い検出精度と汎用性から、多くの派生モデルが開発されている。その中でも YOLO-World [16] は、アノテーションを必要とせず、自然言語で記述したラベルに基づいて物体を検出できる点に特徴がある。

ただし、YOLO-World は教師データを用いた従来のモデルに比べて検出精度が低下する場合がある。そこで本研究では、YOLO-World が抽出した結果をアノテーション支援データとして活用する。具体的には、新たに登録された物体に対して、蓄積された画像群から YOLO-World で検出を行い、その結果が正しいか否かを生徒が

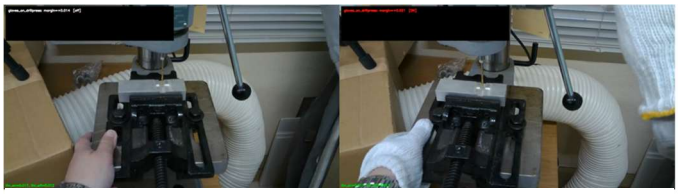
二択で判定するユーザインタフェース(UI)を実装する。これにより、バウンディングボックスを手作業で作成せずとも、簡易的なアノテーションが可能となる。さらに、このプロセス自体を「宿題」として学習サイクルに組み込むことで、生徒がタブレット上で判定作業を行うたびにアノテーションデータが蓄積され、YOLO モデルの再学習による精度向上が実現する。

4 危険行動抽出評価

図 2 に示した危険行動抽出装置を試作し、CLIP による危険行動の抽出精度と YOLO による危険部位の抽出精度の検証を行った。本検証の目的は、CLIP モデルによって「手袋を着用した卓上ボール盤操作」を自動的に識別できるかを検証することである。

CLIP による危険行動抽出

今回使用する映像は、都立産業技術大学院大学の夢工房内で卓上ボール盤を使用する場面を撮影した。図 3 左に示す「手袋を着用せずに卓上ボール盤を使用する」正しいシーンと図 3 右に示す「手袋を着用して使用する」危険なシーンの 2 パターンの行動を撮影した。



正しいシーン　　危険なシーン

図 3　正しいシーンと危険なシーンの比較

危険行動検出実験には、撮影した動画を 16 本に分割し、正しい行動の動画 10 本と手袋をしている危険な動画 6 本を検証に使用した。

CLIP のモデルは「CLIP-RN50x64」を使用し、プロンプトは図 4 に示す。「手袋をしながらドリルを操作している」危険行動を説明する文章を 9 件、危険行動に該当しない文章を危険行動を説明する文章に対になるように 10 件記載した。

危険行動および安全行動を表す各プロンプト文を、図 5 に示す 6 種類のテンプレート文に挿入することで、多様な文章表現を生成した。これにより、特定の文体や語句に依存した認識の偏り(バイアス)を抑制し、より安定した判定が得られるようにした。

作成した各テンプレート文は CLIP モデルに入力され、テキスト側のベクトルとしてエンコード・正規化を行った。同様に、映像フレームを CLIP で画像ベクトルに変換し、両者のコサイン類似度を算出した。最終的には、危険行動(positive)プロンプト群と安全行動(negative)プロンプト群の類似度の差(マージン値)をスコアとして用いた。

閾値の設定は、撮影した映像から不安全なシーン、安全なシーンの画像を 7174 枚抽出してスコアを算出した。このスコアを利用して、不安全な動画を 1 度でも不安全だと判定できる値(0.019)を閾値とした。将来的にはこの手順を自動で行うようなアルゴリズムを提案したいと考えている。スコアが閾値を 3 フレーム以上連続して超過した場合に「危険行動」と判定した。これは一部フレームでスコアが一時的に高騰する(スパイクする)現象を抑制し、過検出を防止するための仕組みである。

```
dict(
name="gloves_on_drillpress",
#Positive: 「手袋をしながらドリルを操作している」文面
pos=[
    "Operating a benchtop drill press while wearing work gloves",
    "Using a bench drill with gloves on; hand feeding the rotating spindle",
    "A gloved hand lowering the quill of a drill press during drilling",
    "Close-up of gloves near the rotating drill press chuck while drilling",
    "Gloved operator pressing the lever of a benchtop drill press",
    "Work gloves visible while drilling a workpiece on a drill press",
    "Gloved hands holding the workpiece under a spinning drill press bit",
    "Column drill (pillar drill) in use; operator wearing gloves",
    "Pedestal drill actively drilling; operator has gloves on"
],
# Negative: 危険行動には該当しない文面（素手・停止中等）
neg=[
    "Operating a drill press with bare hands and without gloves",
    "Using a bench drill safely with no gloves; bare skin hands visible",
    "Drill press in use; operator not wearing gloves",
    "Using a handheld cordless drill with gloves (not a drill press)",
    "Operating a lathe with gloves (not a drill press)",
    "Using an angle grinder while wearing gloves (not a drill press)",
    "Operating a milling machine with gloves (not a drill press)",
    "Bench grinder with gloves on (not drilling)",
    "Drilling on a benchtop drill press with bare hands, no gloves",
    "Drilling on a benchtop drill press with bare hands"
],
)
```

図 4　実験に使用したプロンプト

```
    "Photo of {} in a workshop.",
    "Video frame of {} at a school tech lab.",
    "A person {} in a factory workshop.",
    "Close-up photo of {}.",
    "High-speed video still of {}.",
    "Safety training image showing {}."
```

図 5　実験に使用したテンプレート文

各画像を 100 回ずつ評価したところ、危険行動時の画像 6 本は 100%検知できている。しかしながら、安全行動時の画像 10 本は 50%検知にとどまっている。安全行動時に危険行動と誤検知している原因として、手袋とドリル部が同一フレーム内に十分映っていない映像でスコアが低く出てしまい、それに閾値を合わせてしまった結果として誤検知が増えてしまった。スコアが低い 1 本を見逃す閾値を設定すると、誤検知は 0 本になることがスコアの分布からわかっている。安全上、見逃しを減らすことが重要になってくる。したがって、危険行動の見逃しを最小限に抑えつつ、誤検知を低減するための閾値設定が、今後の精度向上における重要な課題であると考えられる。

使用した CLIP-RN50x64 は高精度な ResNet ベースモデルであり、危険行動と安全行動のスコア差を比較的明瞭に捉えることができた。一方で、推論負荷が大きく、教育現場でのリアルタイム運用には軽量モデル(例:ViT-B/32, RN50x4)との比較や最適化が必要である。さらに、CLIP モデルの特性上、入力テキストが英語である点は教育応用上の制約となる。学習者が日本語で危険シーンを記述し、それを AI が解釈できるようにするためには、日本語 CLIP モデルの導入や日英対応プロンプトの検討が求められる。

なお、CLIP のプロンプト設計では、テンプレートや文章表現の違

いによってスコアが大きく変動することが確認された。このことは、AI にとって「どのような表現で危険を説明するか」が識別精度に直結することを意味する。教育応用の観点からは、生徒が自ら危険行動の具体的な場面を想起し、それを言語化して AI に提示する過程自体が安全意識の向上につながると考えられる。今後は、プロンプト設計による検出率の違いを可視化し、生徒がその効果を体験的に理解できる仕組みを検討していく。

YOLO による判定

今回は「手袋をしながら卓上ボール盤を使用」するシーンの中で危険箇所の検出をした「手袋」と「ドリル」のラベルを追加し、YOLO-World にて抽出を行った。

「手袋」は図 6 で示すようにかなり正確に検出できている。一方で、素手を「手袋」として検出している部分もあるので学習用画像とする前に判別する必要がある。

一方で「ドリル」（卓上ボール盤）は様々なラベルを試してみたが、卓上ボール盤自身をドリルとして認識することはほとんどなく、別の物体をドリルとして検出してしまった。

卓上ボール盤のような専門的な物体は学習データに含まれていないため YOLO-World では判別できないためと推察できる。

図 6 YOLO を使った判定結果

5 おわりに

本研究では、中学校技術科における安全教育の課題を踏まえ、ウェアラブルカメラと AI を活用した共進化型安全教育システムの構想を提案した。CLIP を用いて実習映像から危険行動を抽出し、YOLO によって具体的な危険箇所を特定することで、生徒が「危険を見て・考え・判断する」学習を日常的に行える仕組みを示した。

試作では、CLIP および YOLO-World を用いた危険判定の有効性を検証した。その結果、一定の精度で危険行動を識別できることが確認された。CLIP による判定では、プロンプト設計やテキスト表現の工夫によって精度向上の余地があると考えられる。

一方、YOLO-World による物体検出では、「グローブ」のような一般的な対象は比較的高い精度で認識できたのに対し、「卓上ボール盤（ドリル）」のような専門的機器については検出が不安定であり、誤認識も多く見られた。これは、事前学習モデルの学習データに産業用機器が十分含まれていないことが原因であると推察される。

これらの結果から、一般物体検出モデルをそのまま安全教育の教材生成に適用するには限界があることが示唆された。したがって、今後は手動アノテーションを通じて教師データを構築する仕組みを導入する必要がある。また、CLIP による危険文脈の判定と YOLO による物体検出を組み合わせることで、より精度の高い危険箇所特定が可能になると考えられる。

今後は、アプリケーションの開発を進めるのと共に実際の学校授業への導入に先立ち、教員および生徒を対象としたワークショップ形式の検証実験を実施する予定である。ワークショップでは、模擬的な実習環境を設定し、参加者にウェアラブルカメラを装着して作業を行ってもらう。その映像を CLIP および YOLO で解析し、AI の危険検知結果と人間の危険認知との対応関係を比較・検証する。また、参加者自身が AI の判定結果をもとに危険箇所を考察する体験を通して、AI との協働が安全意識の変容に与える影響を観察する。これにより、本システムの教育的有効性と改良点を明らかにすることを目指す。

さらに、CLIP のプロンプト設計や YOLO-World による自然言語ベースの危険物体登録機能を改良し、参加者が自ら新たな危険行動を定義・追加できる仕組みを検討する。プロンプト作成や危険シーンの言語化を通じて、学習者が安全を自ら構築する主体的学びを促進できる可能性がある。

今後の課題としては、ワークショップ環境と実際の学校環境との乖離、映像データの扱いに関する倫理的配慮、AI モデルの一般化性能などが挙げられる。これらの課題を段階的に解決しながら、将来的には中学校現場における安全教育の補助教材としての実装を目指す。AI と生徒が共に成長する本システムを通じて、技術教育における新しい学びの形を探求していきたい。

参考文献

1. 独立行政法人日本スポーツ振興センター. 学校等の管理下の災害［令和 6 年版］.2025. Available from: https://www.jpnsport.go.jp/anzen/kankobutuichiran/tabid/3053/Default.aspx
2. 文部科学省. 公立の義務教育諸学校等の教育職員の給与等に関する特別措置法等の一部を改正する法律案（概要）. 2025. Available from: https://www.mext.go.jp/b_menu/houan/an/detail/mext_03106.html
3. 厚生労働省. 職業訓練サービスに関する指針. 2025. Available from: https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11800000-Shokugyounouryokukaihatsukyoku/02_5.pdf
4. 磯部 征尊, 宮川 秀俊, 村松 庄太朗. 愛知県内の中学校技術科教育における安全管理と安全指導の現状と課題. 日本産業技術教育学会誌. 2017;59(1):1–8.
5. 川路 智 治, 谷田 親彦. 安全能力の構造に基づいた技術科教科書の分析. 日本教科教育学会誌. 2020;43(3):1–9. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcrdajp/43/3/43_1/_pdf/-char/ja
6. 文部科学省. 中学校技術・家庭科（技術分野）事例集. 文部科学省. 2025. Available from: https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseiouen/mext_02685.html
7. 矢澤 巌弥, 田中 伸英, 山口 三枝子, 濱 晴奈, 布川 広, 野田 まなみ. 技術・家庭科における安全指導の工夫―すぐに活用できる技術・家庭科安全ハンドブックの作成―. 川崎市教育委員会. 2025. Available from: https://kawasaki-edu.jp/index.cfm/7%2C226%2Cc%2Chtml/226/25-149-152.pdf?utm_source=chatgpt.com
8. 江口 啓, 渡邉 肇也, 小林 健太,金原 恭. 中学生のための KYT シートを用いた安全教育教材の開発. 日本産業技術教育学会誌. 2012;54(4):205–212.
9. 山下大吾, 田中愛也, 谷田親彦. 中学校技術科における ICT 機器等を活用した学習指導の実態調査. 日本教育工学会論文誌. 2024;48(Suppl.),113-116: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/48/Suppl./48_S48060/_pdf/-char/ja
10. 石田 崇,雲居 玄道,小林 学,平澤 茂一.生成 AI を用いた統計学の学習用練習問題自動生成システムの試作. 日本教育工学会論文誌. ,2025;49(2):341-354. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/49/2/49_48068/_pdf/-char/ja
11. 庄司 真史,小林 佑介,河合 研志,佐藤 友彦. 視点の水平移動可能な BYOD 型地学 VR 巡検教材の開発.地学教育. 第 74 巻第 1 号, 13–30,2022. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/chigakukyoiku/74/1/74

_13/_pdf/-char/ja
12. 武田 昂大, 湯原 聖也, 木原 拓己, 粟飯原 萌, 古市 昌一. 指差呼称による玉掛け作業の安全教育を目的とした VR システムの開発. 日本デジタルゲーム学会 年次大会 予稿集. 第 10 回 年次大会,183-186,2020. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/digrajproc/10/0/10_183/_article/-char/ja/
13. 関 拓哉. Microsurgery 用 AR トレーニングシステムの開発.ライフサポート.32 巻 1 号,17,2020. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/lifesupport/32/1/32_17/_pdf/-char/ja
14. Radford A, Kim JW, Hallacy C, Ramesh A, Goh G, Agarwal S, Sastry G, Askell A, Mishkin P, Clark J, Krueger G, Sutskever I. Learning transferable visual models from natural language supervision. arXiv:2103.00020 [Preprint]. 2021 [cited 2025 Aug 16]. Available from: https://arxiv.org/abs/2103.00020
15. Redmon J, Divvala S, Girshick R, Farhadi A. You only look once: Unified, real-time object detection. arXiv:1506.02640 [Preprint]. 2016 [cited 2025 Aug 16]. Available from: https://arxiv.org/abs/1506.02640
16. Cheng T, Song L, Ge Y, Liu W, Wang X, Shan Y. YOLO-World: Real-time open-vocabulary object detection. arXiv:2401.17270v1 [Preprint]. 2024 [cited 2025 Aug 16]. Available from: https://arxiv.org/abs/2401.17270v1

人間形サクソフォン演奏ロボットの開発研究：パートナーロボット設計に資する設計アプローチ

Design study of a humanoid saxophone-playing robot: An approach informing partner-robot design

内山 純 [1,2*]
Jun Uchiyama[1,2*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[2] 早稲田大学 Waseda University
*Corresponding author: Jun Uchiyama, jun-uchiyama@aiit.ac.jp

Abstract This paper summarizes design insights gained through the development of a saxophone-playing robot and reorganizes them as an integrated design approach grounded in a product-design perspective within bio-robotics. By employing design abduction to reframe prior assumptions, we revisited the holding and blowing conditions of the instrument and coupled them with an evaluation framework grounded in the harmonic structure of the produced tones. This approach led to verifiable improvements, including downsizing, enhanced maintainability, an expanded practical pitch range, and greater stability in the low register. In parallel, we concisely review the lineage of musical-instrument performance robots and clarify a human-normative viewpoint that informs partner-robot design. The paper is intended as a short research note that consolidates prior results and articulates a practical, design-oriented framework that can support subsequent development of partner robots.

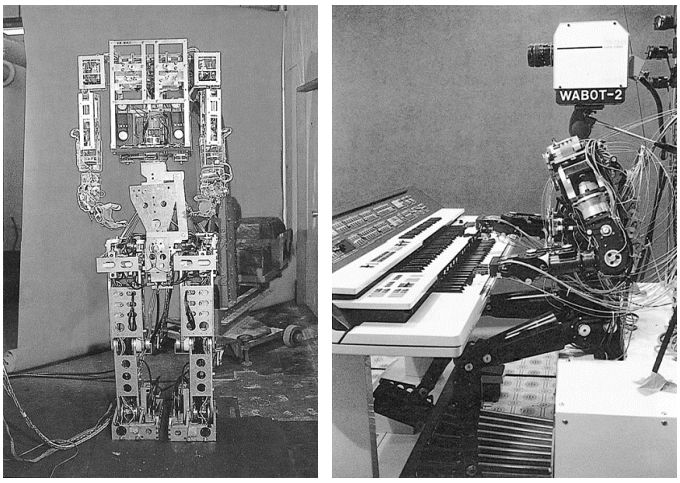
Keywords design abduction; reframing; harmonic structure; human normativity; partner robot

1 はじめに

ロボット産業は製造分野での産業用ロボットを中心に発展してきたが、近年はサービス分野へと対象領域を拡大しつつある[1]。日常生活の支援を目的とするロボットは「パートナーロボット」[2]と呼ばれ、家事や介護、店舗での接客などにも活用されている。これらの領域では機能的価値に加え、感性価値を含むユーザー体験が重視され、人間中心の視点に立脚した開発が求められる。

人間形ロボットの研究では、バイオ・ロボティクスの枠組みのなかで人間（生物）を究極の模範とし、実証的なロボットの開発を通じて人間の心身メカニズムを解明し、ロボット設計方法論の確立を目指している。『楽器演奏家』を模範とする楽器演奏ロボットの研究では、「巧みで力強い楽器演奏パフォーマンス」に加え、「豊かなユーザーインタラクション」が重要な要件となる。

なかでも多様な演奏表現が可能なアルト・サクソフォンを対象とした演奏ロボットの研究は、学際的な視点から意義ある研究課題といえる[3,4]。



(a) "WABOT-1" (b) "WABOT-2"

図 1 "WABOT" (WAseda roBOT; Waseda Univ.) [5,6]

本稿では、楽器演奏ロボット開発で得られた知見を踏まえ、パートナーロボット設計に資する視点を整理する。

本研究の源流は、1973 年に世界に先駆けて開発されたヒューマノイドロボット『WABOT-1』(WAseda roBOT, 図 1（a）, 早稲田大学（早大)）である。これに続く鍵盤楽器演奏（電子オルガン演奏）ロボット『WABOT-2』(WAseda roBOT-2, 図 1（b）, 早大）は、1980 年に準備が開始され、1985 年の国際科学技術博覧会（つくば '85）で公開された。

加藤（早大）によると、『WABOT-2』の開発コンセプトは「人間をロボット化させないために機械を人間化させる」ことであり、『WABOT-2』のような楽器演奏機能を持つロボットと『WABOT-1』のような二足歩行機能を持つロボットの融合は、未来の「マイロボット」の形を予見させるものである。必ずしも人間型になることを意味しないが、結果として形は人間に似てくることが予想され、『WABOT-2』は「マイロボット」への道を開くきっかけになるという[7]。

『WABOT-2』から始まった人間形楽器演奏ロボット（早大）の系譜は、人間形フルート演奏ロボット『WF』(Waseda Flutist robot）[8]、さらに本研究の人間形サクソフォン演奏ロボット『WAS』(Waseda Anthropomorphic Saxophonist robot）の開発へと発展した[9]。

From left: ERS-300, ERS-220, ERS-110, ERS-210, ERS-7

図 2 "AIBO" [10] (Sony Group), adapted from author's previous publication in Sony Group: ERS-300[11], ERS-210[12], ERS-7[13–16]

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

この流れは、産業からサービスへの市場文脈の変化と呼応し、人間規範に基づく設計要件の具体化に寄与してきた。また、社会実装の観点からは、AIBO に代表される製品事例が、感性価値を内包したロボティクスの可能性を社会に提示している（図 2）[10]。

2 概要

本稿は、以上の文脈に立脚し、『WAS』の第六世代となる『WAS-X』（図 3）[17,18]開発で得られた知見を、プロダクトデザイン視点に基づき再構成し、統合的な設計アプローチとして要約する[3,4]。

『WAS-X』は、デザイン・アブダクション[19,20]に基づくリフレーミング（課題の再構築）により、これまでの先入観を払拭し、視点を変えることで多くの「気づき」を得て、小型化と構造の簡素化により煩雑な調整から解放された。さらに、楽器本来の響きを回復しつつ、将来のユーザーインタラクション研究の可能性を広げた。

ここでいうデザイン・アブダクション（design abduction）とは、Dorst のいう既知の「価値」から逆算して構想／結合し、検証する固有の推論様式を指す。フレーミング／リフレーミングは、その推論を駆動するフレーム（枠組み）の再構築であり、デザイン・アブダクションの鍵となる。

このリフレーミングは、従来の枠組みでは見過ごされがちであった課題に対する解決策の創案に寄与し、プロダクトデザインの多様なアプローチがパートナーロボット開発に新たな視点と解決策をもたらす可能性があることを示唆する。バイオ・ロボティクス研究にプロダクトデザインのプロセスを取り入れることで、人と共生するパートナーロボット開発に資する視座を提示できる。

以降、3 章で系譜を概観し、4 章で本アプローチを述べる。さらに、5 章で展開可能性を示し、6 章で今後の課題を述べる。

3 『WF』および『WAS』の系譜

本章では、1 章で述べた『WAS-X』に至る『WF』および『WAS』の進展を概観する。

『WF』の推移

『WABOT-2』の後、『WF』は、1990 年から開発が進められ、フルート演奏に必要な呼気および口唇／口腔の制御を中心課題として段階的に洗練された。初期には、楽器特性に合わせた呼気の圧力／流量の安定化と指機構の整備を行い、その後、演奏者の口腔の模擬にも取り組み音質向上を図った。

2005 年の『WF-4RIII』以降は、演奏方法の高度化に加えてユーザーインタラクションの研究も進められ[21–24]、2013 年の『WF-4RVI』まで開発が継続された。図 4[4,9]に示す外観の変遷からも分かるように、人間形に近づく一方、制御性向上のための構造が大型化と複雑化を招き、ユーザーインタラクション研究の進展が阻まれた。

『WAS』の推移

『WF』において、演奏者とロボットとの双方向インタラクションの難しさから、演奏者を再現性の高い演奏ロボットに置き換える方針が検討され、使用楽器としてフルートに加えアルト・サクソフォンが採用された。

2007 年に開始された『WAS』は、サクソフォン固有の楽器保持／吹奏／運指を含む複合課題に取り組んだ。五世代目の『WAS-5』は、代表的な楽器演奏ロボットとして広く知られている[9,25]。しかしながら、制御性向上のための構造は、大型化と複雑化を招き、機構の位置調整は煩雑で、実用的な吹奏音域は狭く安定していない（図 5[4,9]）。ユーザーインタラクションに関する研究も、ハードウェアプラットフォームと連携せずに進めざるを得ない状況であった[26,27]。

そこで、小型化、保守性の向上、実用音域の拡大を最優先課題として、著者らは 2019 年に『WAS-X』開発に着手した。改めてバイオ・ロボティクスの観点から、発音メカニズム全体の設計を見直し、開発方針を以下の二点とした。

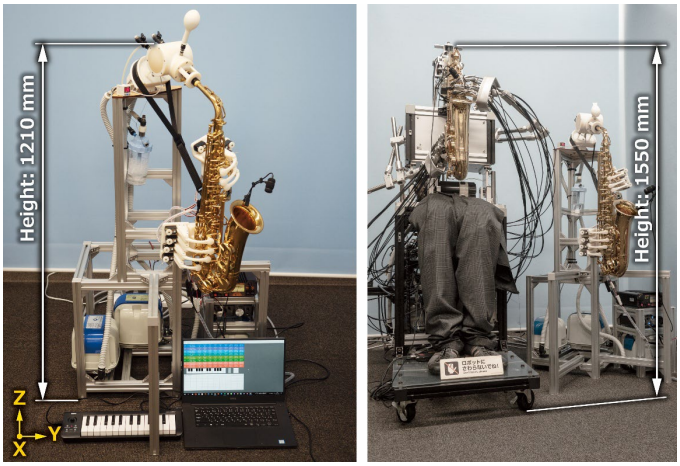
・演奏者の楽器保持を規範とする。
・演奏者吹奏音の倍音構造を規範とする。

また、次のステップとして、ユーザーインタラクションを可能にするため、以下の二点を開発目標として策定した。

・座位の演奏者を規範とした楽器保持の具現化
・演奏者の倍音構造を規範とした吹奏音の生成

これらの方針と目標に基づき、設計→試作→評価の反復を重ねた結果、以下の三点を実装し、それぞれの効果を確認した。

・ネックストラップを用いた楽器保持システム：
　楽器固定による倍音成分の損失の緩和に貢献
・上顎中央切歯基準、軟素材頬搭載の吹奏システム：
　実用的な吹奏音域の拡大に貢献
・左手第一指と右手第一指を基準とした手指部システム：
　位置ずれがなく保守性の向上に貢献



(a) "WAS-X" (b) "WAS-5" and "WAS-X"

図 3 "WAS-X" Hardware Platform Appearance[18]

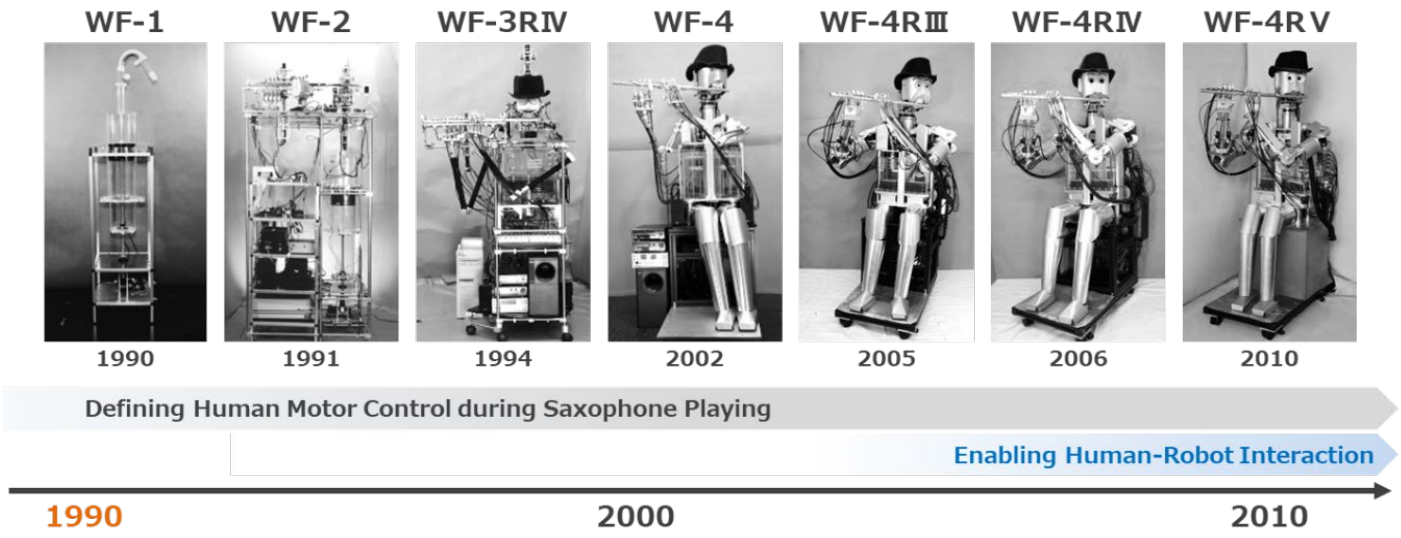


図 4 Evolution of the “WF” Series (Waseda Flutist Robot, Waseda Univ.)
—timeline of key mechanism updates in blowing, embouchure, and fingering. Redrawn by Author

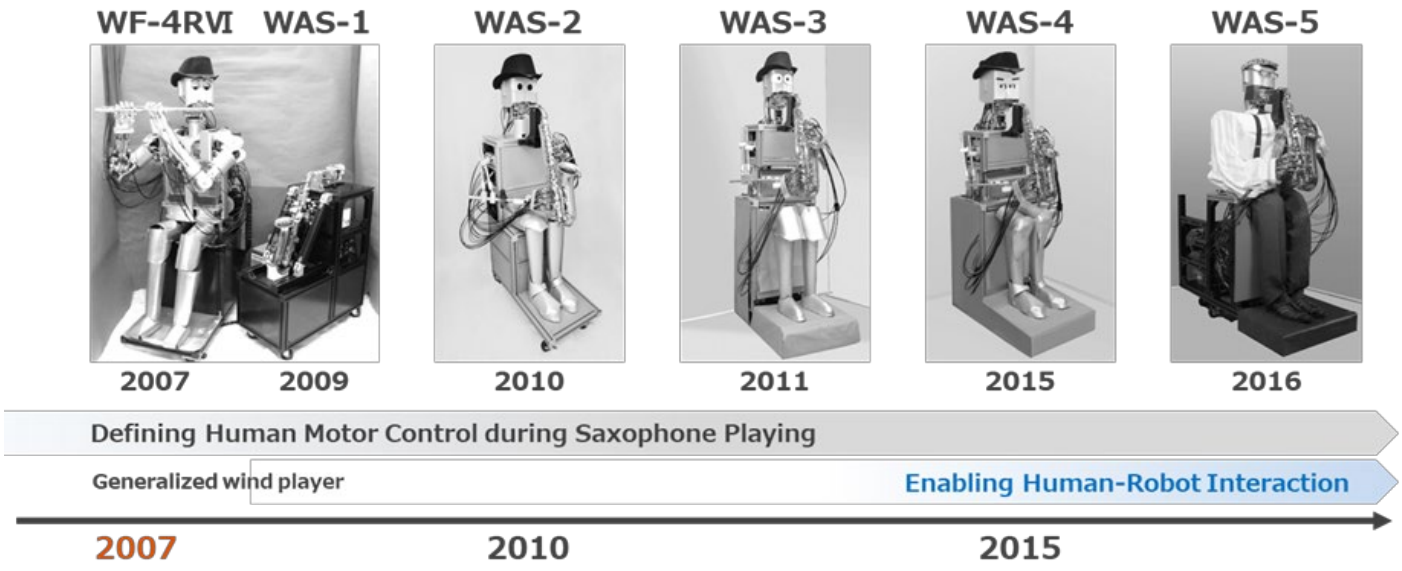


図 5 Evolution of the “WAS” Series (Waseda Anthropomorphic Saxophonist robot, Waseda Univ.)
—timeline of key mechanism updates in blowing, embouchure, and fingering. Redrawn by Author

4　『WAS-X』開発アプローチ

本章では、『WAS-X』開発アプローチについて、バイオ・ロボティクスの観点からプロダクトデザイン視点の運用を統合的な設計アプローチとして整理する。『WAS-X』開発では、デザイン・アブダクションに基づくリフレーミングにより設計視点を再定義し、結果として「楽器中心設計」の考え方に基づく楽器保持／吹奏／運指システムを構築した。さらに、評価視点を「有効な楽音域」に定めた倍音構造の分析により、小型化／保守性／実用音域／低域安定の到達点を明確化できた（ここでいう「有効な楽音域」とは、楽音として有効利用が可能とされる音域（30～5500 Hz）[4,28]を指す。）。

開発におけるリフレーミング

『WAS-X』開発の各段階で、従来の設計方法に起因するバイアスを排し、客観的な視点を維持するためにプロダクトデザイン視点に基づく設計アプローチを適用した。

楽器を基準とした設計および倍音構造の分析による評価の着想は、発音原理や演奏方法、演奏観察、自身の演奏経験および演奏教本[29]から得られた知見に基づくデザイン・アブダクションによるリフレーミングを通じて創出された。

楽器を中心に据えた設計方針は、演奏観察、発音原理の分析、演奏方法の調査、さらに自らの演奏体験に基づく試行錯誤を通じて得られたリフレーミングにより導かれた。この設計方針を「楽器中心設計」[3,4,18]と名付け、『WAS-X』の開発指針として位置づけた。これにより、楽器保持条件（楽器支持／拘束）、吹奏条件（口唇／口腔／呼気）、運指条件（設計基準／キーとの接触）の再定義が促され、設計→試作→評価の反復過程において設計バイアスの抑制が図られた。

統合的設計アプローチ

設計プロセスは、1 仮説形成（演奏観察／発音原理／演奏方法／自らの演奏体験）→ 2 探索的モデリング（人間規範にもとづく楽器保持／吹奏／運指、生体材料の模擬）→ 3 ラピッドプロトタイピングと検証（モデルの具現化と反復的開発により機能を確認）→ 4 倍音構造の評価（有効な楽音域を対象）→ 2 へ還流という循環で構成される（図 6）。各段の通過条件は簡潔で、「吹奏不可なら 2 へ戻る／吹奏可なら 4 へ進む」であり、評価結果に応じて再び 2 へ戻す。

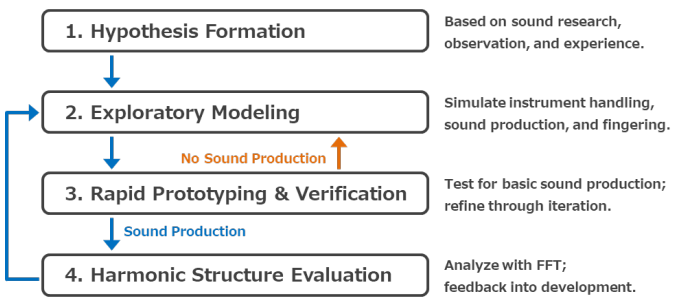


図 6　WAS-X Development Process Overview[4]

開発段階に応じた評価

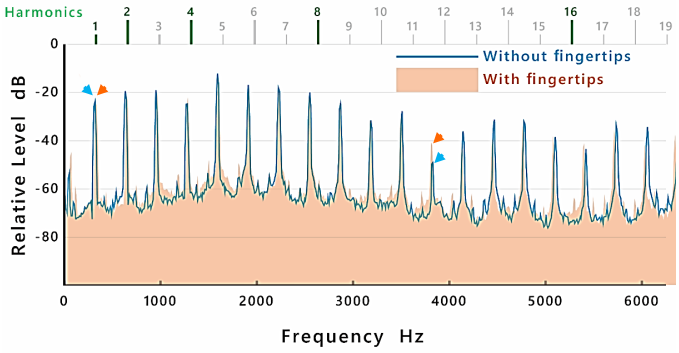
『WAS-X』開発において、初期段階では吹奏の可／不可による判定で十分であったが、次段階では吹奏音の質的評価が求められた。これまで十分に注力されてこなかった有効な楽音域の倍音構造について、基音を基準とした視覚化により再評価した。

例えば、本学紀要 17[3]でも提示したように、指先ティップ（軟素材）有無の評価において、図 7（a）および（b）に示すように、E4 のように全キー開の指運（運指因子の影響が小さい）では指先ティップ有無の差は限定的であり、D♯3 のように複数キー閉の指運では基音の損失が顕著であることが可視化された。

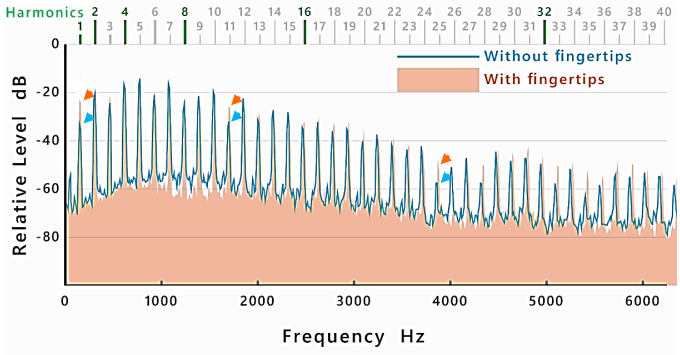
一般的な可聴域(20～20000 Hz)全域にわたる従来の『WAS』評価では見逃されていたが、上記のようにデザイン・アブダクションによるリフレーミングを通じて創出された評価法によって、『WAS-X』における軟素材ティップの導入が低域の倍音欠損を緩和する可能性が示された。

さらに、SC (spectral centroid) ／PNR (peak-to-noise ratio) ／HER (harmonic energy ratio) などの一般的な指標を整理し、人間の聴覚特性に基づき主要倍音の重みづけを行った評価関数（HEI a-sax）[4]を提案し、人間の演奏に対する近接度の定量化を試みた。

このように、評価においても人間規範に基づいたデザイン・アブダクションによるリフレーミングが行われ、開発段階に応じて評価法を柔軟に採択することにより開発効率を高められることが示唆される。



(a) "WAS-X"(E4, all keys open)



(b) "WAS-X"(D♯3, multiple keys closed)

図 7　“WAS-X” frequency spectrum: fingertips’ impact[4]

5　パートナーロボット開発への展開

本章では、人間形サクソフォン演奏ロボット『WAS-X』の開発で得られた設計上の知見を、パートナーロボット開発に関連する設計視点として整理する。4 章で述べたように『WAS-X』では、演奏者の楽器保持を規範とし、演奏者の吹奏音の倍音構造を規範として設計判断を行い、その評価を有効な楽音域に限定した倍音構造分析で行った。この評価枠の切り替え自体がリフレーミングとして機能し、設計→試作→評価の反復を通じた改善に寄与した。

『WAS-X』開発ロードマップ

『WAS-X』の開発を通じて、アルト・サクソフォンが演奏者によって容易に保持・吹奏・運指できるよう、各構成要素のレイアウトや重心配置が精緻に調整されていることを改めて認識した。人間中心に設計された楽器を演奏するロボットの開発は、楽器設計において人間を規範としてきた先人の設計思想に直接触れる貴重な機会でもあった。

また、サクソフォンは人間が実際に演奏可能であるため、サクソフォン演奏ロボットの研究開発においては、人間の身体を設計の参照モデルとして活用できる可能性がある。すなわち、開発者自身が五感を通じて楽器の保持・吹奏・運指といった行為を体験することにより、制御原理への理解を深化させ、多くの気づきを得ることができる。このような体験的理解を通して、ロボティクス設計に関する新たな示唆が得られることが期待される（図 8）。

図 8　“WAS-X” development roadmap. Milestones linking mechanism updates with harmonic-structure evaluation and practical outcomes.

パートナーロボット開発

1 章で述べたように、人々の日常生活を支援する「パートナーロボット」は、近年、社会において身近な存在となってきた。こうした商品開発には、ロボティクスエンジニアに加えてプロダクトデザイナーも参画し、デザイン手法やプロセスが積極的に活用されている。このことは、パートナーロボット開発において、機能性の追求に加え、意匠性も重要な要素になりつつあることを示唆している。

『WAS-X』は、小型化、保守性の向上および実用音域の拡大により、ユーザーインタラクション研究の可能性を見出しつつある。しかしながら、現段階ではなお初級者レベルに達していない。また、プロダクトデザイナーでもある著者が関与しているが、いわゆるスタイリングを中心とした意匠性の追求は行っていない。あくまでバイオ・ロボティクスの枠組みの中で、人間（演奏者）を規範とし、演奏観察、発音原理の分析、演奏方法の調査、さらに自らの演奏体験に基づいたラピッドプロトタイピングによる試行錯誤を通じ、吹奏音の音響スペクトラル分析による定量的な評価を基に開発を進めてきた。

従来の設計方法に起因するバイアスを排し、客観的な視点を維持するための手段としてプロダクトデザイン手法を活用した。特に「リフレーミング（課題の再構築）」を通じて、設計の視点を再定義し、バイオ・ロボティクスにおける生物模倣／模擬の設計において、プロダクトデザインのアプローチが有効に機能することを示した。

これらの成果は、楽器演奏ロボットとしての課題解決にとどまらず、パートナーロボット開発における設計的アプローチの深化にも資する知見を示している。『WAS-X』の開発で得られた知見が、パートナーロボットにおける機能性と意匠性の両立にいかに貢献し得るかを検討することは、今後の重要課題である。

以下では、著者が井口信洋研究室（早大）で開発に関わった形状記憶合金アクチュエータを利用した「パフォーマンス・ロボット」と、その後ソニーグループでプロダクトデザイナー／デザインエンジニアとして関わった「エンタテインメントロボット」ついて述べ、『WAS-X』開発を踏まえ、パートナーロボット開発への展望に考察を試みる。

形状記憶合金アクチュエータを使用したパフォーマンス・ロボット開発

1985 年の国際科学技術博覧会（つくば '85）[30]では、独特な未来的デザインを特徴とするルイジ・コラーニのロボットが芙蓉グループのパビリオン（芙蓉ロボットシアター）で披露され、『WABOT-2』（早大）も公開されている。

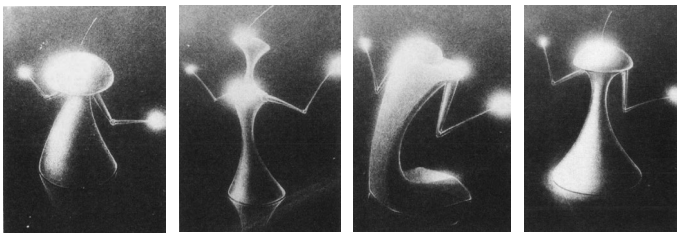
一方、1984 年から井口信洋研究室（早大）では、著者らがプロダクトデザインのプロセスと手法を活用し、形状記憶合金アクチュエータを使用した「パフォーマンス・ロボット」の開発を進めていた[31]。デザインコンセプトを立案し、アイデアスケッチを展開（図 9 (a)）、意匠確認用デザインモックアップを作成後、動作プロトタイプを制作した。また、SD 法による複数の動作プロトタイプの評価も試みられている[32]。

デザインモックアップ（図 9 (b) 中央）と動作プロトタイプ（図 9 (b) 左）を比較すると、外観イメージ（サイズ、形態）に大きな相違が見られる。ここでは優劣を論じるのではなく、意匠性を優先したデザインモックアップと機能性を優先した動作プロトタイプの外観イメージの違いについて考察する。

このような相違は開発初期段階では頻繁にみられるが、ロボット開発においてハードウェアプラットフォームの構成は通常機能性が優先され、基本構成は開発エンジニアに委ねられる。機能的制約の十分な理解なくプロダクトデザイナーが構成を変更することは難しく、結果として外観イメージは開発エンジニアが構築したハードウェアプラットフォームの構成に強く影響を受ける。

本「パフォーマンス・ロボット」開発では、初期にはプロダクトデザイナーとしてアイデアスケッチからデザインモック

アップを担当し、後期には開発エンジニアとして動作プロトタイプの構築を行った。外観イメージの相違は、初期段階におけるメカニズム理解の不十分さ、後期段階における設計スキルの熟度不足に起因すると捉えられる。しかし、こうした課題は個々の役割の限界というより、プロダクトデザインとエンジニアリングの統合プロセスに内在する構造的問題として捉える必要がある。

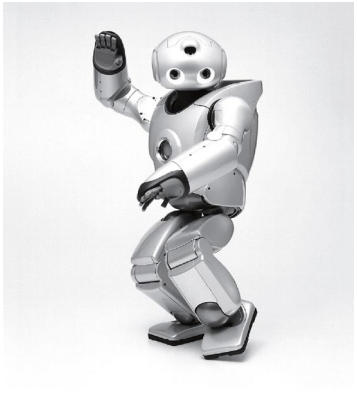


(a) Performance robot idea sketches

(b) Back left: scene sketch, back right: Rendering, front right: image mockup, center: Design mockup, left working prototype

図 9　Performance robot: Sketches and prototypes (Waseda Univ.). A visual summary of stage-oriented prototypes that connect expression and function.

(a) "QRIO: SDR-3X"
Height: 500 ㎜



(b) "QRIO: SDR-4X"
Height: 580 ㎜

図 10　"QRIO" (Sony Group, Yamaguchi Robotics Institute)[33,34]. Adapted from author's previous publications. An example of product-level integration of functional and affective values.

エンタテインメントロボット『AIBO ERS-210』（犬型）

『AIBO』については 1 章で触れたが、『AIBO ERS-210』におけるハードウェア開発プロセスを補足する[10]。初代『AIBO ERS-110』の開発時には、設計用 3DCAD システム（I-deas, SDRC）と意匠設計用 3DCAD システム（FRESDAM, ソニー）が異なり、開発部門も分かれていたため、動作領域やセンサ配置条件などの設計要件と外観意匠要件の情報共有が難しく、開発の長期化や非効率化が課題であった。

第二世代『AIBO ERS-210』[12]（図 2）の開発では、プロダクトデザイナー（著者）がテクニカルディレクター／デザインエンジニアとして 3DCAD を用いたチーム設計に参画した。開発当初から、関節位置や可動範囲、センサ条件などの諸条件を盛り込んだアイデアスケッチを展開し、商品企画や原画製作者（空山基氏）とコンセンサスを図りつつ、開発エンジニアと 3DCAD 上でアイデアスケッチ画像を共有しながら開発を進めた。機構・構造開発と意匠開発を 3DCAD 上で同時進行し、相互に確認できる体制を構築した。

エンタテインメントロボット『QRIO』（人間形）

エンタテインメントロボット『QRIO』（ソニーグループ製）は、歌やダンス、記憶に基づく会話、物体認識、自律走行など多彩な特技を持つ二足歩行可能なエンタテインメントロボットである。2000 年に『QRIO: SDR-3X』[35,36]が発表され（図 10（a））、2002 年に『QRIO: SDR-4X』[34,37–39]が発表された（図 10（b））。

『SDR-3X』と『SDR-4X』の原画はソニーグループの沢井邦仁氏によるもので、丸みを帯びた体型と大きな目を特徴とするアニメ風キャラクターとしてデザインされた[40]。両モデルは共通のアニメ風原画を起点として開発されたが、外観には大きな差異が見られる。

『SDR-3X』では基本構造がエンジニア主体で検討され、構造確定後に頭部および胸部の外観形状をデザインエンジニア（著者）が 3DCAD（Pro/ENGINEER, PTC）で構築した（図 10（a））。一方『SDR-4X』では、『AIBO ERS-210』に引き続き構想設計段階から 3DCAD（I-deas）を活用したチーム設計に参画し、デザインエンジニアとしての役割を担った。関節可動角、センサ配置、アクチュエータ位置を考慮した座標系を構築し、機構・構造開発と意匠開発を同時進行させた。全体デザインは原画の意向を尊重しつつ、機能性と意匠性の両立を図った形状へ最適化された（図 10（b））。

チーム設計による 3DCAD 設計データによりデザインモックアップが制作され、意匠確認と形状の微調整に活用された。この際、意匠的な特徴の多くは、機能性と意匠性の両立を目指し、構造要素への深い関与を通じて創出された。

具体的には、腰部のシャッター構造は安全性に配慮した指挟み防止を目的として設計され、手部カバーは転倒復帰をサポートする役割を担う。また、センサやモータを機能的に配置することで、頭部形態に意匠的な特徴を持たせることが可能となった。これらの特徴は、当初の原画や『SDR-3X』には見られないものであり、機能的特徴を意匠的価値へと昇華させた例である。

開発過程では、3DCAD を活用したパラメトリックな形状データ構築が採用された。すなわち、設計条件や意匠的要件に基づき形状データを構築し、各パラメータの変更が関連形状へ自動的に反映される仕組みである。これにより、機能的意図と意匠的意図の双方を包含した設計が可能となる。

例えば、スケルトンモデル（自由度を考慮して可動関節位置を定義した骨格構造）に基づき、各部品の外観形状が連動して生成される。したがって、基本構造が決定した後でも意匠的な調整が可能であり、機能的な変更に伴う可動角、センサ配置、アクチュエータなどの配置変更にも対応し、意匠的な破綻を回避しながら効率的な修正を可能としている。

この柔軟な形状データ構築のアプローチは、機能性と意匠性の両立が求められるエンタテインメントロボットのハードウェア開発における有効かつ汎用性の高い設計戦略として確立され、その後の開発規範となった。複数プロジェクトにおける試行錯誤を通じてラピッドプロトタイピングが加速し、効率的な設計プロセスの実現につながった。当時はなお実験的段階にあったが、現在では一般化されたデザイン開発方法の一つとして定着している[4,10]。

6 今後の課題

人間形パートナーロボットの開発においては、機能や性能のみならず、意匠設計が重要な役割を果たし得る。ここでは、ロボティクスエンジニアが意匠設計で考慮すべき点に触れる。例えば、高トルクのサーボモータを搭載し安全規格を満たしていても、指挟みのリスクが残る設計であれば、外観を「親しみ易い」イメージとすることの適否は慎重に判断する必要がある。

また、「知的な」イメージを持つロボットが開発されたとしても、外観イメージと実装された知的能力の間に乖離が生じた場合、その調整の方途を検討する必要がある。

これらの課題では構造設計と意匠設計のバランスが求められる。ロボティクスエンジニアは、プロダクトデザインの手法やプロセスを理解し、統合的に活用することで、安全性と体験価値に配慮した設計に寄与できる。ただし、ここで述べた論点は仮説であり、さらなる検証と具体的研究が必要である。特に、構造設計が意匠設計に与える影響、およびその逆の関係は、今後の重要な研究課題である。

今後のロボット開発では、技術的進展に加え、ユーザーの安全性と体験価値を重視した意匠設計の方向性が求められる。エンジニアリングとデザインの協調を通じて、ロボットが日常生活により自然に適応し、幅広い場面で活用される可能性が示唆される。

7 おわりに

人間形ロボットの先駆者である加藤（早大）は、『WABOT-2』が巧みな演奏を可能とし、人間と調和する能力を有することから、「情報動力機械」という第三の機械[7]（パートナーロボット）の実現に向けた一歩であると指摘している。また、高西（早大）は「人間の生活空間との整合性と親和性」および「人間との自然な意思疎通と相互理解」を目指すためには、ロボットの形態は「人間形」であるべきだと論じており[41]、工学とデザインの融合を目指す上で重要な示唆を与える。

本稿は、本学紀要 17[3]に掲載した『WAS-X』開発の続報であり、一連の研究成果をまとめた学位論文「サクソフォン演奏ロボットの設計方法論に関する研究」[4] の内容を整理したものである。

また、本学、基本研究費および傾斜的研究費（部局分）支援による研究テーマである「パートナーロボットの開発研究：コンセプト構築におけるラピッドプロトタイピングの有用性」の成果報告でもある。また、東京女子医科大学／早稲田大学連携先端生命医科学研究センター（TWIns）、パラメトリック／テクノロジー株式会社、ダッソー／システムズ株式会社、ヤマハ株式会社に支えていただいた。早稲田大学未来ロボット研究機構、早稲田大学ヒューマノイド研究所、早稲田大学高西研究室の皆様に感謝の意を表す。

参考文献

1. 株式会社日経 BP. ロボット未来予測 2033. 2024.
2. 総務省. 平成 27 年版 情報通信白書. 2015. pp. 192–198.
3. 内山 純, 橋本 智行, 近藤 嘉男, 林 家宇, 高西 淳夫. 楽器中心設計に基づく人間形サクソフォン演奏ロボットの開発研究. 東京都立産業技術大学院大学紀要 第 17 号. 2024; 138–145.
4. 内山 純. サクソフォン演奏ロボットの設計方法論に関する研究. 早稲田大学. 2025.
5. Kato I, Ohteru S, Kobayashi H, Shirai K, Uchiyama A. ON THEORY AND PRACTICE OF RPBPTS AND MANIPULATORS. ROMAN. 1973;1: 12–24.
6. 加藤 一郎, 大照 完, 白井 克彦, 成田 誠之助. けん盤楽器演奏ロボット “WABOT-2”WAseda roBOT-2. 日本ロボット学会誌. 1985;3: 337–338. Available: http://jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/jrsj1983/3.337?from=Google
7. 加藤 一郎. 第三の機械—マイロボット. 日本ロボット学会誌. 1985;3: 235–238. doi:10.7210/jrsj.3.235
8. 高西 淳夫, 平井 大生, 三好 茂貴. 人間形フルート演奏ロボットの開発. 日本ロボット学会誌. 1994;12: 439–443. doi:10.7210/jrsj.12.439
9. Cosentino S, Takanishi A. Human–Robot Musical Interaction. In: Miranda ER, editor. Handbook of Artificial Intelligence for Music: Foundations, Advanced Approaches, and Developments for Creativity. Cham: Springer International Publishing; 2021. pp. 799–822. doi:10.1007/978-3-030-72116-9_28
10. 内山 純. Anatomy 9: 人と暮らし始めたロボットたち. In: 伊奈 史郎, editor. 図録: Anatomy, “Premium 10”, JIDA デザインミュージアムに観る日本デザインの力. 日本インダストリアルデザイン協会; 2019.3. pp. 58–61.
11. 公益財団法人日本デザイン振興会. 2003 グッドデザイン賞, エンタテインメントロボット 「AIBO ERS-300」. 2002 [cited 2 Oct 2023]. Available: https://www.g-mark.org/gallery/winners/9d05dbc1-803d-11ed-862b-0242ac130002?years=2002
12. 川北 貢造, 山岸 建, 武田 由佳, 内山 純, 空山 基. 自律歩行ロボットおもちゃ (AIBO ERS-210). Patent. 意匠登録第 1114065-70,1114864-74 号, 2001.
13. 武田 由佳, 内山 純, 川北 貢造, 星野 弘就, 石井 大輔, 大口 伸彦, 菅原 拓. 自律歩行ロボットおもちゃ (AIBO ERS-7). Patent. 意匠登録第 11205738-40 号, 2004.
14. 公益財団法人日本デザイン振興会. 2003 グッドデザイン賞, エンタテインメントロボット 「AIBO ERS-7」. 2003 [cited 2 Oct 2023]. Available: https://www.g-mark.org/en/gallery/winners/9d13119e-803d-11ed-862b-0242ac130002?years=2003

15. ソニーグループ. エンタテインメントロボット (2003 年) AIBO ERS-7. 2003 [cited 2 Oct 2023]. Available: https://www.sony.com/ja/SonyInfo/design/gallery/ERS-7/
16. 公益財団法人日本インダストリアルデザイン協会. JIDA デザインミュージアムセレクション Vol.6, エンタテインメントロボット AIBO ERS-7. 2004 [cited 2 Oct 2023]. Available: http://jida-museum.jp/archive/DMHP/2004/item02.html
17. Uchiyama J, Hashimoto T, Ohta H, Nishio Y, Lin J-Y, Cosentino S, et al. Development of an Anthropomorphic Saxophonist Robot Using a Human-like holding Method. 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII). IEEE; 2023. pp. 1–6. doi:10.1109/SII55687.2023.10039316
18. Uchiyama J, Hashimoto T, Ohta H, Lin J-Y, Cosentino S, Takanishi A. A humanoid saxophone-playing robot based on instrument-centered design. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer Nature Switzerland; 2023. pp. 295–306. doi:10.1007/978-3-031-35634-6_21
19. Dorst K. Frame Innovation: Create New Thinking by Design. MIT Press; 2015. Available: https://play.google.com/store/books/details?id=UBt8BwAAQBAJ
20. Dorst K. The core of 'design thinking' and its application. Des Stud. 2011;32: 521–532. doi:10.1016/j.destud.2011.07.006
21. Solis J, Chida K, Isoda S, Suefuji K, Arino C, Takanishi A. The anthropomorphic flutist robot WF-4R: from mechanical to perceptual improvements. 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2005. pp. 64–69. doi:10.1109/IROS.2005.1545259
22. Solis J, Suefuji K, Taniguchi K, Takanishi A. The mechanical improvements of the anthropomorphic flutist robot WF-4RII to increase the sound clarity and to enhance the interactivity with humans. In: Zielińska T, Zieliński C, editors. Romansy 16: Robot Design, Dynamics, and Control. Vienna: Springer Vienna; 2006. pp. 247–254. doi:10.1007/3-211-38927-X_32
23. Solis J, Ozawa K, Petersen K, Takanishi A. Design and development of a new biologically-inspired mouth mechanism and musical performance evaluation of the WF-4RVI. 2013 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts. 2013. pp. 200–205. doi:10.1109/ARSO.2013.6705529
24. Petersen K, Solis J, Takanishi A. Musical-based interaction system for the Waseda Flutist Robot. Auton Robots. 2010;28: 471–488. doi:10.1007/s10514-010-9180-5
25. 林 家宇. Musical expression system with psychoacoustic elements for an anthropomorphic saxophonist robot. Ph.D., Waseda University. 2021.
26. Yi-Hsiang MA, Han Y, Lin J-Y, Cosentino S, Nishio Y, Oshiyama C, et al. A Synchronization Feedback System to Improve Interaction Correlation in Subjects with Autism Spectrum Disorder. 2018 9th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST). 2018. pp. 285–290. doi:10.1109/ICAwST.2018.8517233
27. Han Y, Nishio Y, Yi-Hsiang MA, Oshiyama C, Lin J-Y, Takanishi A, et al. A human-robot interface to improve facial expression recognition in subjects with autism spectrum disorder. 2018 9th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST). 2018. pp. 179–184. doi:10.1109/ICAwST.2018.8517228
28. 大蔵 康義. 目で見る楽器の音: By FFT Analysis. 国書刊行会; 2004.
29. Teal L. The Art of Saxophone Playing. Alfred Music; 1963.
30. 白井 克彦 編. 科学万博出展ロボットの技術面を語る. 日本ロボット学会誌. 1985;3: 397–407. doi:10.7210/jrsj.3.397
31. Iguchi N, Uchiyama J, Kimura H, Hamashima Y. Development of a performance robot. Adv Robot. 1990;5: 3–13. doi:10.1163/156855391X00025
32. 松浦 壮一, 藤城 智子, 山本 一道, 井口 信洋. ダンスロボットの開発とその主観的評価. 日本ロボット学会誌. 1991;9: 177–183. doi:10.7210/jrsj.9.177
33. QRIO: SDR-3X. In: https://www.sony.com [Internet]. [cited 1 Nov 2023]. Available: https://www.sony.com/ja/pressroom/pict_data/e_robot/2000_sdr3x.html
34. QRIO: SDR-4X. In: https://www.sony.com [Internet]. [cited 1 Nov 2023]. Available: https://www.sony.com/ja/SonyInfo/CorporateInfo/History/common/images/13/2003_QRIOprotoyype.jpg
35. ヤマグチロボット研究所. In: ヤマグチロボット研究所ウェブサイト [Internet]. [cited 10 / 02 / 2023]. Available: http://yrt.jp/
36. Kuroki Y. A small biped entertainment robot. MHS2001 Proceedings of 2001 International Symposium on Micromechatronics and Human Science (Cat No01TH8583). IEEE; 2001. pp. 3–4. doi:10.1109/MHS.2001.965213
37. Ishida T. Development of a small biped entertainment robot QRIO. Micro-Nanomechatronics and Human Science, 2004 and The Fourth Symposium Micro-Nanomechatronics for Information-Based Society, 2004. 2004. pp. 23–28. doi:10.1109/MHS.2004.1421265
38. Sabe K. Development of entertainment robot and its future. Digest of Technical Papers 2005 Symposium on VLSI Circuits, 2005. 2005. pp. 2–5. doi:10.1109/VLSIC.2005.1469320
39. Qrio, the robot that could. IEEE Spectrum. 2004;41: 34–37. doi:10.1109/MSPEC.2004.1296012
40. 沢井 邦仁. "QRIO"におけるデザインプロセス. 日本ロボット学会誌. 2004;22: 979–983. doi:10.7210/jrsj.22.979
41. 高西 淳夫. ヒューマン・コミュニケーションを志向したヒューマノイドロボット. 日本ロボット学会誌. 1997;15: 971–974. doi:10.7210/jrsj.15.971

ISMS の課題を解決する文書管理支援ツールの開発と有効性検証

Development and evaluation of a document management support tool to address challenges in ISMS operations

山田 涼子[1*] 椎葉 一祐希[1] 森田 理仁[1] 田口 一博[1] 濱﨑 貴成[1] 栗﨑 雄太[1] 奥原 雅之[1]

Ryoko Yamada[1*] Hiroyuki Shiiba[1] Yoshinori Morita[1] Kazuhiro Taguchi[1] Takanari Hamasaki[1] Yuta Kurisaki[1] Masayuki Okuhara[1]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Ryoko Yamada, a2336ry@aiit.ac.jp

Abstract In recent years, the importance of information security has been increasing rapidly, and many organizations have introduced Information Security Management Systems (ISMS) as a framework for protecting information assets and managing risks. However, in actual operations, organizations often face difficulties in managing the large number of ISMS-related documents. These difficulties include complex document structures, frequent updates, and the need to maintain revision history properly. Such challenges can lead to inefficiencies, mistakes, and delays in compliance tasks.To improve this situation, this study proposes the development of a web-based tool that supports the management of ISMS documents. The tool is designed to help users easily update documents, track revision history, and view important metadata through a simple and intuitive interface. By reducing the effort required for document handling, the tool aims to make ISMS operations more efficient and reliable.A prototype of the system was developed and evaluated in a simulated environment that resembles actual organizational use. The evaluation results suggest that the tool can significantly reduce the workload involved in document management and improve workflow efficiency. The tool also shows potential for smooth integration with existing ISMS processes without causing major disruptions.This study contributes to practical ISMS operation by providing a concrete solution to common document-related problems. In addition, it suggests that IT-based support tools can play an important role in promoting efficient and sustainable information security management, especially in environments that require strict compliance.

Keywords information security management system (isms); document management; web application;

1 はじめに

近年，情報セキュリティに対する社会的関心が高まり，企業や組織における情報資産の保護は経営上の重要課題となっている．情報漏えいやサービス停止などのインシデントは企業の信用喪失や経済的損失に直結するため，情報セキュリティ対策はすべての組織にとって不可欠な取り組みである．

このような背景のもと，体系的な情報セキュリティ管理のフレームワークとして ISMS（Information Security Management System）の導入が進んでおり，ISMS 認証を取得する組織は年々増加している．2024 年 3 月時点で国内における認証取得件数は 8,000 件を超えており，その普及が進んでいることが分かる[1].

しかしながら，組織における ISMS の運用においては一般に文書管理が問題となることが多い．ISMS に関する国際規格である ISO/IEC 27001 は要求事項および管理策に対する文書化を求めており，組織は ISMS を導入維持するために多数の文書を策定・管理して，組織内外の変化に応じて適宜改訂する必要がある．管理対象となる文書は種類が多いだけでなく階層的かつ相互参照の構造を持つことから，改訂対象の特定や一貫性の維持は負荷が高い業務となる．文書の改訂漏れや不整合が生じた場合，ISMS の要求事項に対する不適合を招き，最悪の場合には認証の維持が困難となるおそれがある．文書管理を手作業ではなく，適切な支援ツールによって行うことができれば，このような困難に対する解決の手段となりうる．

本稿では，このような問題に対処するために開発した ISMS 文書管理支援ツールの設計と実装，有効性および発展可能性について述べる．2 章では，ISMS 文書管理における問題の要因と既存の対策アプローチについて整理･分析をする．3 章では，2 章で明らかにした課題解決のための仮説を示した上で，仮説を検証するために開発したツールの設計と実装について述べる．4 章では，開発したツールの機能検証および利用者評価の結果を示し，ISMS 文書管理業務に対してツールが貢献できる可能性と実用化に向けた課題について考察を行う．

2 既存の ISMS 文書管理と関連研究

本章では，1 章で述べた ISMS 文書管理における問題の要因を詳述し，既存の対策アプローチを整理・分析してその限界を示すことでツールの独自性と対象範囲を明確にする．

ISMS 文書管理における問題の要因

ISMS 文書管理における問題は，主に以下の 3 つの要因に起因する．

1 つ目は，ISMS 文書群が特有の階層構造を持つことである．ISMS 文書群は一般にピラミッド型の階層構造を成すように構成される．このため，上位文書の変更は下位の複数文書の変更に波及する可能性がある．

2 つ目は，文書同士が複雑な相互関連性を持つことである．1 つの管理策を実現するために複数の文書が関係するなど文書間に複雑な依存関係があるため，一文書を改訂した際の影響範囲を正確に把握することは極めて困難となる．

3 つ目は，文書の多種・多量性である．ISMS の適切な運用には多数の文書が必要とされ，ある大学における運用事例では，補足資料を含め 87 種類の文書が管理されているとの報告もある[2]. この膨大な文書群の中から改訂対象箇所や関連箇所を漏れなく特定する作業は，管理者にとって大きな負担となっている．

これら 3 要因が複合的に作用することで，文書改訂時の影響範囲の特定が困難となり，結果として「改訂漏れ」と「文書間の不整合」という 2 つの課題が生じている．

既存ツール及び研究の動向と限界

前節で述べた課題に対し，これまでにいくつかの対策アプローチが取られてきた．本節では，これらを「汎用的な文書管理ツール」「ISMS 運用支援サービス」「先行研究」の 3 つの観点から整理し，それぞれの有効性と限界を論じる．

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

汎用的な文書管理ツール

Google Drive や Microsoft SharePoint といった汎用的な文書管理ツールは，ファイルの保存，ファイルの共有，バージョン管理などの基本的な機能を提供し，ISMS 文書管理に広く利用されている．実際に，コスト抑制の観点からこれらのツールを活用する運用管理手法が提案されている[3]．しかし，このようなアプローチは，ツールが ISMS 文書特有の階層構造や文書同士の関連性を管理する機能を備えていないため，命名規則やフォルダ構造の厳格化といった運用者の規律に大きく依存する．その結果，文書同士の整合性確認や改訂時の影響範囲の特定といった作業は依然として運用者の手作業と知識に委ねられている．

ISMS 運用支援サービス

ISMS 認証の取得や運用を支援するサービスは，大別して専門家が人的に支援する「コンサルティングサービス」と，ツールによって支援する「専用 Web サービス」に分類される．特に後者の専用 Web サービスは，ISMS 文書のテンプレート提供，規格改訂への対応，タスクや進捗の管理といった機能を通じて ISMS 運用のプロセス効率化を支援しており，認証取得や運用プロセスそのものの支援に主眼が置かれている．しかし，筆者らが調査した限りでは， ISMS 文書の文書構造や他の文書・要求事項・管理策などとの間に存在する複雑な関連性をシステム的に活用し改訂作業を直接支援する機能までは提供していない．

先行研究

ISMS 文書管理の効率化に関する学術的なアプローチとしては，文書の構造化やデータベース化に関する研究が複数報告されている．例えば，国内の研究では XML を用いて ISMS 文書を構造化により文書の再利用性や機械処理の可能性を高めることを目的とした試みがある[4]．ただし，これらは管理策の分類に主眼を置いており，文書同士の複雑な関連性に基づいた管理運用までは対象としていない．海外では，ISMS 情報データベースシステム(ISMDS)の研究が報告されている[5]．この研究は，ISMS に関する規格や文書をメタデータと共にデータベースで一元管理するアプローチをとっている．この点は，本ツールが目指す文書の構造化というアプローチとも共通しており，重要な示唆を与えるものである．しかし，この研究では，文書の改訂内容とその文書の関係性を活用して，影響を受ける他の文書を抽出し修正を支援する重要性については触れられているが，その具体的なアプリケーションの実装や詳細については論じられていない．

これらの先行研究は，文書の構造化や標準化の有用性といった重要な示唆を与えるものの，その具体的な解決策を実装・提示するには至っていない．

本稿の対象課題と対象範囲

以上のように，既存のツールや研究には課題が残されている．汎用ツールや既存の ISMS 運用支援サービスは，ISMS 文書特有の階層構造や複雑な関連性を捉えきれていない．また，先行研究は文書の構造化やデータベース化の有用性を示唆してはいるものの，文書同士の依存関係を活用した改訂作業の直接的な支援には踏み込んでいない．そこで，これらの課題を解決することを本ツールの開発の目的とする．具体的には，ISMS 文書特有の構造と複雑な関連性をシステム的にモデル化・活用し，文書の改訂時に整合性を維持するための修正箇所を提案する文書管理支援ツールを開発する．なお，本稿の対象は ISMS 文書の構造化と管理・改訂支援に特化し，リスクアセスメント手法の改善や監査対応は対象外とする．

3 ツールの設計と実装

前章で述べたように，ISMS 文書管理においては「改訂漏れ」と「文書間の不整合」という 2 つの課題がある．本稿ではこれらの課題に対して次の仮説を設定した．すなわち，ISMS 文書同士の関連性，属性情報，改訂履歴を基に整理された文書構造を活用できるツールは，ISMS 文書改訂作業の効率化および ISMS 文書の適切な管理に貢献できる，という仮説である．

この仮説を検証するため，ISMS 文書が持つ構造的な特徴を定義・活用する支援ツールを開発し，その有効性を検証することとした．次節以降では，ツールの開発にあたり ISMS 文書とその管理において考慮すべき特徴を整理した内容を記す．

ISMS 文書の構造化

ISMS 文書群のモデルの例として，「方針」「管理規定」「管理手順」「様式・記録」の 4 区分に大別され，階層的に構成されるものがある．図 1 にこのような ISMS 文書の階層構造の構成を示す．

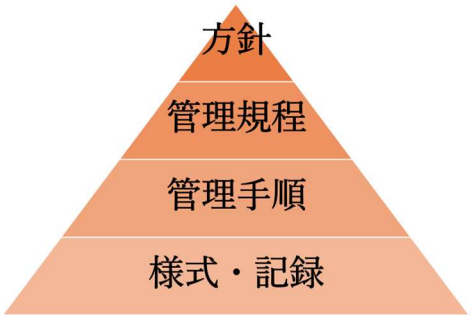


図 1 ISMS 文書の階層構造の構成

「方針」が最上位に定められ，二層目の「管理規程」ではルールが定められる．三層目の「管理手順」ではルールをどのように実施するかが手順化され，四層目の「様式・記録」では日々の運用を記録する様式が定められる．文書同士は階層を超えて相互に参照・依存し合う関係性を持ち，一文書の改訂が複数文書の改訂に波及する構造となっている．このような ISMS 文書群の構造は，改訂時の文書同士の整合性維持や改訂の影響範囲の把握を困難とし，改訂漏れや属人化といった運用上の課題を引き起こす要因となっている．

そこで本稿で開発を行ったツールでは，ISMS 文書のデータに文書同士の親子関係を定義することで階層構造を構成し，文書に付けたタグ同士のリンクによって関連性を定義することで ISMS 文書を構造化した．ツールにおける各 ISMS 文書は章

や節などのセクションを持ち，各セクションについて親子関係による階層構造だけでなくタグ同士のリンクによって文書同士が持つ多様な関連性を柔軟に表すことが可能になった．関連性を持つ ISMS 文書同士に対するタグ付け例を図 2 に示す．

例えば，この組織の場合，「方針」に分類される「ISMS 情報セキュリティ基本方針」の一部のセクションは，子関係にある「管理規定」に分類される一文書である「ISMS 情報セキュリティ対策規程」の一部のセクションと「ISMS 不適合の対応及び是正処置」の一部のセクションとの間に相互参照関係があり，さらに子関係あるいは孫関係にある「情報資産分類基準」や「ISMS 是正処置計画書兼報告書」を参照しているというような ISMS 文書同士の関係性が発生しうる．この場合に，ISMS 文書のデータが構造化されていると「ISMS 情報セキュリティ基本方針」の当該セクションを改訂した際に，関連が定義されている「ISMS 情報セキュリティ対策規程」と「ISMS 不適合の対応及び是正処置」の該当セクションのみならず「情報資産分類基準」や「ISMS 是正処置計画書兼報告書」の改訂も併せて提案することが可能となる．

このように，ISMS 文書が持つ構造的な特徴を定義して構造化を行い，文書同士の整合性の維持や改訂の影響範囲の把握を実現した．

更新履歴と更新期限の管理

ISMS 文書管理においては，変化するリスクや法令，業務環境に適応し，PDCA サイクルに基づく継続的改善を達成するため，定期的な見直しと適切な更新によって有効性や正確性を維持することが求められる．特に，更新作業の属人化は対応の遅延，改訂漏れの発生といったリスクを招く要因となる．

本ツールでは，各 ISMS 文書のデータに改訂時の属性情報（改訂内容のカテゴリ付け，改訂履歴）を付与し，変更履歴を記録・保持できるようにした．これにより，過去の改訂経緯のトレーサビリティが確保され，特定の担当者に依存しない管理体制を構築できる．さらに，属性情報の付与により，過去のイベント（例えば組織改編やリスク評価の見直し）発生時に同時に改訂された文書を横断的に検索するだけでなく，前述の構造化による関連性の柔軟な表現と組み合わせて関連する文書の改訂を促す提案が可能となった．また，各文書データには更新期限を設定し，所定の時期に利用者へ通知を行う仕組みを用意した．このように定期的な文書見直しの徹底を促すことで，ISMS 文書の運用・更新サイクルをシステム的に支援し改訂漏れのリスク低減が可能となった．

設計方針と実装概要

本ツールの開発にあたり，ISMS 文書管理業務の実効性と効率性の向上を目的として，ユーザー中心設計（User-Centered Design: UCD）におけるペルソナシナリオ法を採用した．ペルソナシナリオ法については Cooper の著作[6]を参考にした．利用者の視点を反映するため実務現場で文書管理を担うユーザーをペルソナに設定し，カスタマージャーニーマップとユーザーストーリーの作成を通じて実務に即した機能要件を導出して設計・実装を行った．

まず，主なターゲットユーザーとなる ISMS 責任者と ISMS 担当者の 2 名をペルソナに設定し，各ペルソナについて，基本情報，経歴，シナリオ，感情，モチベーション，業務プロセスの進め方を整理した．内容の一例を図 3 に示す．ISMS 責任者は情報システム部の部長として会社方針に従い ISMS 認証取得プロジェクトをリードする立場である．一方の ISMS 担当者は主任として ISMS 文書作成・更新などの業務に携わる立場である．これらのペルソナが抱える固有の課題を踏まえ，両者の業務負担の軽減と効率化を目標にツール設計を進めた．

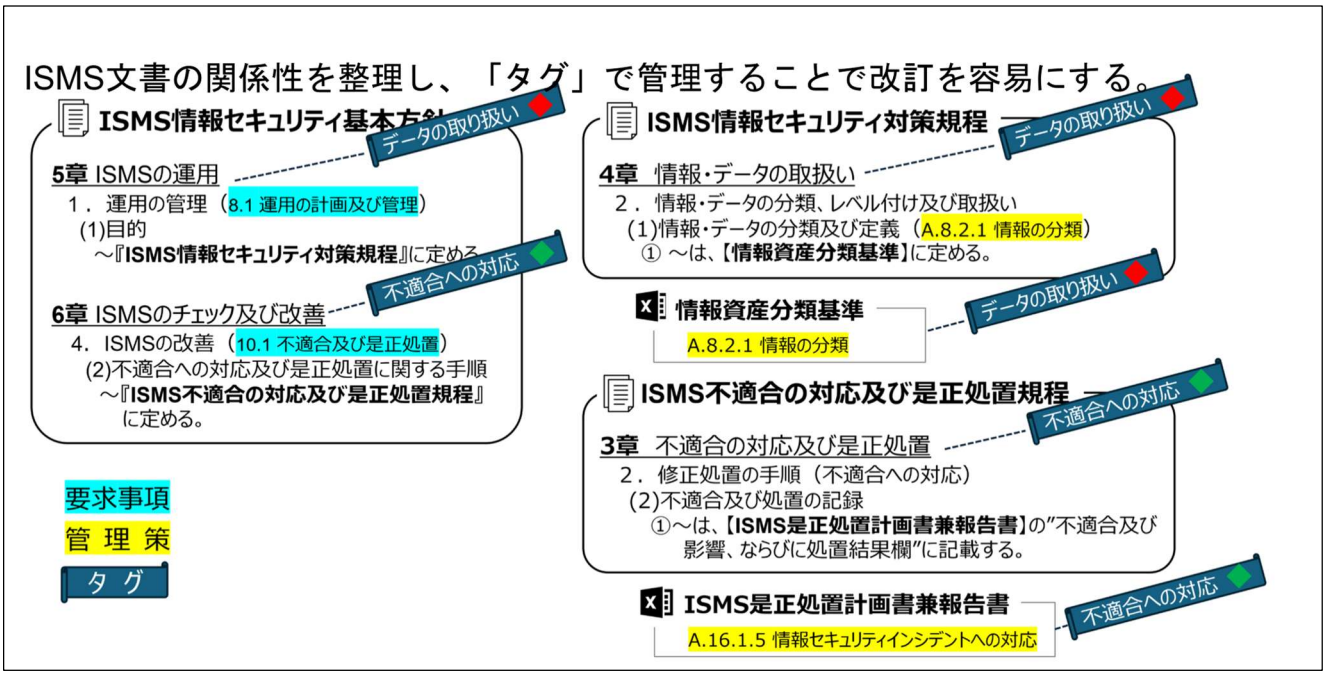


図 2　　ISMS 文書同士の関連性に係るタグ付け例

次に，設定したペルソナ毎に，ISMS の認識から導入・運用・維持管理までの各フェーズ（認識，情報収集，比較・検討，導入，維持管理）におけるユーザー体験をカスタマージャーニーマップとして作成し，各フェーズで利用者のタッチポイント，具体的な行動，利用者の思考・感情を分析した．作成したカスタマージャーニーマップの一例を図 4 に示す．この分析により，利用者が抱える具体的な問題や期待が明確になり，それを解決・達成するために必要な機能を設計の基盤とした．

さらに，ペルソナ毎に日常業務や現場で直面する典型的な課題をもとにユーザーストーリーを作成し，ツールに求められる機能を洗い出した．これらのユーザーストーリーはツールの導入・運用・更新／定期審査の利用フェーズに分類し，重要性に応じて優先度（高・中・低）を付けた．図 5 にユーザーストーリーと機能洗い出しの関係を示す．

そして，ユーザーストーリーをもとに「ISMS 文書導入支援機能」「ISMS 文書参照関係把握機能」「ISMS 文書更新支援機能」「ISMS 文書更新履歴管理機能」の 4 つの機能について要件を定義して各機能の役割を明確化し，開発の優先順位を付けて機能の実装を行った．「ISMS 文書導入支援機能」と「ISMS 文書参照関係把握機能」は主に初期導入時の負担軽減に資するものであり，「ISMS 文書更新支援機能」と「ISMS 文書更新履歴管理機能」は文書管理運用において利用者が直面する実務上の困難を解決するものである．

次節以降で，特に重要度が高いと判断した「ISMS 文書更新支援機能」と「ISMS 文書更新履歴管理機能」の 2 つの機能について，詳細な実装と評価を報告する．

ISMS責任者：山田太郎

基本情報
・名前: 山田太郎
・年齢: 54歳
・職位: 情報システム部部長

経歴
・大学卒業後、ソフトウェア開発会社に入社。
・プログラマー、システムエンジニア（SE）、プロジェクトマネージャーを経験。
・5年前から社内の情報システム担当。前年度から情報システム部の部長に就任。

シナリオ
「今年度中にISMS認証を取得し、顧客やパートナーに対して情報セキュリティの基準に準拠していることを証明し、信頼を得る」という会社方針の下、ISMSの認証取得プロジェクトの責任者に任命された。

感情
・国際基準の文書管理は未経験。話を聞いている限り複雑で量も多く大変そう。
・ISMSの概要は理解できるが、具体的な運用や文書化について想像つかない。
・プロジェクトの失敗による減給や降格。作業が増えることによる休みの減少が心配。

モチベーション
・ISMS認証を問題なく取得し、組織の信頼性を高める。
・セキュリティ事故を防ぎ、自分自身の組織内での評価を維持、向上させる。
・認証取得を理由にトップにセキュリティ強化を理由に支援してもらいやすくする。

検討している進め方
・経験のある外部コンサルタントと協力し、ISMS文書の標準化と管理プロセスの整備を進める。
・社内のセキュリティ文化とプロセスを改善し、ISMS認証の維持に向けた体制を構築する。
・認証プロセス中のリスクを最小化し、経営層に進捗と課題を定期的に報告する。

図 3　　ISMS 責任者のペルソナ

LENS	人物像:名前:山田太郎　職位:情報システム部長					
STAGES	認識	情報収集	比較・検討	導入	維持管理	•••
タッチポイント	・書籍 ・Web検索	・PJメンバー ・外部コンサルタント ・ISMS導入済み企業担当者	・外部コンサルタント ・ISMS導入支援ツール	・外部コンサルタント ・ISMS導入支援ツール	・内部監査（自組織内→実施周期に定義なし） ・外部監査（3年：更新審査，1年毎：維持審査） ・文書更新	
DOING	・ISMS認証に関する書籍を数冊買ってきて読む ・ISMS認証と取得方法についてWebで検索する	・下記を行い、報告するようPJメンバーに指示する －社内でISMS認証に関する有識者を探して話を聞く －ISMS導入済み企業担当者との情報交換をおこなう －外部コンサルタントへコンタクトを取りどのような支援を受けることが出来るか話を聞く －市場に存在するISMS導入支援ツールの調査をする	・数社の外部コンサルタントとコミュニケーションを取って見積要件を出す。概算見積を取得する ・ISMS導入支援ツールのメリットデメリットを検討する。営業担当者とコンタクトを取って製品説明を聞く	・外部コンサルタントの助言でISMS導入支援ツールを導入する ・ツールの使用状況やPJメンバーの報告から進捗状況を把握する ・経営層に対してのPJ報告 ・顧客やビジネスパートナーに対するISMS認証取得結果の報告 ・当初予算との乖離具合を把握する ・PJメンバーの稼働状況把握 ・導入までの予実状況を把握したい	・監査対応に向けて ドキュメントの更新の指示を出す ・認証規格改定に対応の指示を出す ・ISMS事務局の体制維持	
THINKING	・ ISMSの概要は理解できるが、自社における具体的な運用や文書化について想像つかない ・ISMS取得のために現状把握と取りうる手段の候補を考え始める	・取りうる手段を抜け漏れなくリストアップしたい ・各手段は何をどこまでできるのかを知りたい ・導入のスケジュール感が気になる ・コストが気になる	・スコープ/スケジュール/コストの観点から適切な選択をしたい ・各手段のメリット・デメリットを抜け漏れなく検討したい	・スケジュール通りにISMS認証審査を取得したい ・経営層から良い反応を引き出したい	・ISMS認証を継続できるかどうか、監査結果が気になる ・ 認証規格の改訂があり、PJを立ち上げて対応が必要 ・事務局メンバーの入れ替わりがあり、事務局の体制・レベル維持が懸念事項	
FEELING	・プロジェクトの失敗による減給や降格 ・作業が増えることによる休みの減少が心配	・PJメンバーの調査スキルが心配 ・報告内容に対する物足りなさ	・判断することのプレッシャー	・プロジェクトのゴールが見えてきた安心感 ・予定通りにISMS認証が取得できるかどうかが心配 ・コスト超過が心配	・認証は取得したものの、維持も大変	
Expectation of Product	→	→	→	→	→	
Oppoortunities	・情報収集手段		・異なる手段の比較を支援する ・セキ文の無料試用、検討の○×票を提示する	・セキ文機能 一覧(セキ文管理文書+外部文書)チェックをつけて確認できるような機能 各文書の標準作成時間を提示する	・セキ文機能(内部監査) 文章最終更新日などをすぐに確認できる	

図 4　　ISMS 責任者のカスタマージャーニーマップ

赤：佐藤社長, 青：山田部長, 緑：吉田主任, オレンジ：一般社員

	導入	運用	更新・定期審査
優先度:高	・ISMSの導入にあたって自社に適した管理文書であるかが分からない ・文書間の参照関係を俯瞰で確認 **ISMS文書導入支援機能** **ISMS文書参照関係把握機能**	・管理基準や文書を横断検索したい ・出来事と改訂履歴を時系列で確認 **ISMS文書更新支援機能** **ISMS文書更新履歴管理機能**	・文書横断的に過去の更新履歴(いつどういったイベントにもとづいて更新をしたか)の把握 ・リスクアセスメント規程の見直しが必要であることを自動通知 ・更新箇所を一括で変更したい。 ・セキュリティ文書の下書き、上司の承認、確定が管理できる ・他文書における同内容・関連内容のアラート ・組織図やオフィスレイアウト図の変更に伴う、更新の自動通知
優先度:中	・所有する情報資産からリスクを提案してほしい ・ISMS認証の進捗状況と担当者を把握・共有したい ・関連する付属書A管理策の特定	・規程・文書をブックマークし他のユーザーと共有したい ・管理文書から根拠規程をすぐに呼び出せるようにしたい ・ルールが覚えられない。担当者に質問するが回答が遅い。 ・当社の管理基準や管理策の説明 ・話題になっている事件に関係する管理規程・マニュアルの自動通知・把握 **ISMS文書周知・教育支援機能**	・監査の準備をしたい
優先度:低		・セキュリティ管理文書のエッセンスが日替わりで表示される ・セキュリティ研修に係る資料作成の支援がされる ・顧客からのISMS認証に関するFAQ対応 ・ダッシュボードを通じて組織全体のISMS活動を把握したい ・閲覧状況と理解の把握	・規定の改定情報を把握したい
共通機能	・必要な人に必要な機能を提供したい　・ユーザー管理（役割と権限）　・ユーザー認証と認可（ユーザー登録、ログイン/ログアウト、パスワードリセット） ・入力検証　・ナビゲーション（メニュー等）　・ISMSの文書を入力し保存する　・ISMSの規程を表示する　・ISMSの規程の一覧を表示する　・ISMSの文書を更新する ・ツールのサポート（FAQ）　・通知機能（イベント、アクティティ、メールでリマインダー）		

図 5　　ユーザーストーリー

主要機能の実装概要

本節では，今回開発した ISMS 文書管理支援ツールの中でも特に重要な機能である「ISMS 文書更新支援機能」と「ISMS 文書更新履歴管理機能」の実装概要について述べる．これらの機能は，文書同士の関連性や属性情報を活用することで，利用者の業務負担軽減と更新漏れ防止を目的として実装されたものである．

ISMS 文書更新支援機能

ISMS 文書更新支援機能は，文書改訂作業における関連文書の同時改訂と修正箇所の漏れ防止を目的として実装した．本機能は，各文書に設定した属性情報（関連文書，管理策，要求事項）や任意のタグ情報および修正したテキストから抽出した単語の情報を用いて，一つの文書を変更する際に関連する他文書の修正箇所を提案し，一括での改訂を可能にする．

例えば，組織変更などのイベントにより管理者が特定の文書を修正すると，関連文書においても同様の変更が必要となるケースが頻繁に存在する．このようなケースにおいて本機能は，過去の改訂履歴や文書構造化情報をもとに，更新が必要と推定される箇所を自動抽出し修正候補として提案する．管理者は提案された修正箇所を画面上で確認し，複数文書を一括して改訂することもできる．修正対象がスコアリングされて提案されるため，管理者は優先度を把握して効率的に更新作業を実施できるようになる．

本ツールは 5 種類の評価要素に基づいて文書間の改訂必要性を評価する．表 1 に評価要素を示す．これらの評価要素は ISMS 文書群の特性と実務上の文書改訂の業務プロセスを踏まえて設定した．文書同士で共有されるタグ情報は最も高い関連性を示すため最大の重み付けとした．次いで文書の直接的関連付けを重視し，改訂時に共通する語句の存在は中程度の重み付けとした．管理策と要求事項については，間接的な関係性を示す要素として低い重み付けとした．これらの重み付けはプロジェクトメンバーによる改訂作業の場面を想定した検討を経て決定された．

この機能により，文書同士の関連性を活用した包括的な文書管理が可能となり，特に改訂時の見落としを大幅に削減できることが期待される．

表 1　　文書更新支援機能におけるスコアリング要素

評価要素	重み
同一タグによる関連付け	5
文書間の直接的関連付け	4
変更テキストの一致	3
管理策の関連付け	2
要求事項の関連付け	1

ISMS 文書更新履歴管理機能

ISMS 文書更新履歴管理機能は，各文書の改訂履歴を記録・蓄積し文書を横断して検索・参照できるようにすることで，管理者が改訂経緯を把握しやすくすることを目的として開発した．本機能では，各文書の改訂履歴に「いつ（改訂日時）」「誰が（修正者）」「どこを（対象文書・章）」「何のために（改訂理由のカテゴリー，フリーテキスト）」という属性情報を付与し，履歴情報を関連付けて管理する．管理者は，文書履歴表示画面において過去の文書名や時系列で改訂履歴を確認できるほか，組織改編やリスク評価の見直しのような特定のイベントに伴う過去の改訂箇所を迅速に把握できる．また，属性情報に基づいた履歴情報のフィルタリング機能により，共通のタグや特定の管理策に関連する改訂履歴を横断的に抽出することが可能である．本機能は ISMS 運用においては必要不可欠である定期

審査や監査において特に有効である．過去の文書改訂やその経緯を容易に追跡し提示できるため，準備作業を大幅に効率化し監査時の対応能力向上に貢献する．

このように ISMS 文書更新履歴管理機能は，文書の改訂経緯を把握しやすくし，ISMS 運用の安定性および信頼性の維持を支援する役割を果たしている．

4 評価と考察

本章では，3 章で設計・実装した ISMS 文書管理支援ツールの有効性を検証するために実施した機能検証および利用者評価の結果を示し，それに基づく考察を述べる．

機能検証

本ツールの有効性を検証するため，ISMS の導入を検討している企業および導入済みの企業（計 3 社）を対象として評価を実施した．利用者には対面でデモンストレーション（以下，デモ）を実施した．デモでは，各機能を利用した具体的なタスク（例：組織変更に伴う複数規程の一括変更，過去の特定インシデント対応における関連文書の検索）を実演した後，質疑応答の時間を設け，利用者からの質問に応じて関連機能の追加的な操作の実演を行った．評価方法は，A 社および B 社にはデモ後に評価を依頼し，C 社にはアカウントを 1 週間貸与してツールを試行してもらった後，Google フォームを使用したアンケート形式で評価を収集した．評価対象企業の概要を表 2 に示す．

アンケートは 10 段階評価とし，有償利用価値については製品化された場合の希望月額利用料を「0 円」「100 円」「1,000 円」「10,000 円」および「それ以上」の 5 択で尋ねた．質問内容とその評価結果を表 3 に示す．

表 3 に示した結果から，「ISMS 文書更新支援機能」および「ISMS 文書更新履歴管理機能」はいずれも平均 9.7 点と極めて高い評価を得た．また，他者への推奨度についての設問においても平均 9.3 点という高い評価を得た．有償利用価値については 3 社中 2 社が「月額 10,000 円以上」の価値があると回答した．

利用者評価

機能検証と並行して実施したインタビューを通じて，利用者からの主観的な評価と改善点に関する意見を収集した．

肯定的な評価として，「文書の関連性を設定することで，更新すべき内容が分かりやすくなる点は良い」や「文書管理に構造化や関連性を取り入れることで，更新が容易になるのは非常に良い」といった，本ツールの設計思想を肯定するコメントが得られた．また，ある利用者からは，ISO/IEC 27002:2022 への対応に際して多大な労力を要した経験を踏まえ，「このような規格の大幅なアップデートにシステムで効率的に対応できるのであれば非常に価値が高い」と述べており，本ツールへの強い期待が示された．さらに，「毎年繰り返す作業である ISMS 文書更新において，早期の時間投資で効率化できるのはありがたい．日常的な運用は本ツールで行い，大規模なアップデートがある際はコンサルタントを併用する」といった，現実的なハイブリッド型の利用モデルも提案された．

一方で，実用化に向けた具体的な改善要望も明らかになった．1 点目はタグ付けの支援機能についてである．「IT に不慣れな担当者にとっては，タグの付け方や使い方が難しい可能性があるため，機械学習や AI を活用してタグ名や使い方を推奨してほしい」というニーズが確認された．2 点目は既存文書の移行機能についてである．「既存文書をインポートする際に，文章を自動で構造化し，管理策や要求事項などと関連付けを行えるようにしてほしい」という要望があった．

考察

機能検証と利用者評価の結果から，本ツールが ISMS 文書管理業務において貢献できる可能性と実用化に向けた課題が明

表 2 評価対象企業の概要

会社名	社員数	ISMS 認証取得状況	利用者	利用方法
A 社	約 10 名	未取得（導入検討中）	社長	デモ後に評価を依頼
B 社	約 30 名	未取得（導入検討中）	社長	デモ後に評価を依頼
C 社	約 50 名	取得済	ISMS 専任担当者	アカウントを 1 週間貸与

表 3 質問内容と結果

質問内容	10 段階評価(3 社平均)
・ISMS 文書更新支援機能の有効性 ・ISMS 文書更新履歴管理機能の有効性 「セキュリティ担当者にとって，本ツールを使用することで効率化が進み，文書管理以外の運用や施策の定着の作業に時間を使えるようになると思いますか」	9.7
「本ツールはどの程度他の利用者にお勧めできますか」	9.3
・有償利用価値について 「製品化された場合，月額いくらであれば購入したいか」	10,000 円以上：2 社 1,000 円：1 社

らかになった．

機能評価で得られた高い評点は，本ツールの中核コンセプトである文書の構造化と関連付けが利用者の改訂作業の効率化と明確化に対して直接的に貢献したことを示唆している．本ツールの有効性は，システムが ISMS 文書の複雑な相互関連性を管理して利用者に分かりやすく提示することで，従来は手作業や担当者の記憶に頼っていた部分を補い，改訂作業の負担軽減とミス防止に貢献した点にあると考えられる．構造化というアプローチは，単に文書を電子的に保管するだけでなく，文書に付随する情報を積極的に活用することで，文書管理業務の質的向上をもたらす可能性を示した．

また，利用者評価から，本ツールが日常的な更新作業だけでなく数年周期で発生する大規模な規格改訂プロジェクトにおいても価値を発揮し得ることが示唆された．ここで注目すべきは，利用者から提案されたハイブリッド型の利用モデルである．これは，本ツールが既存のコンサルティングサービスと競合するのではなく，むしろ共存・協調し得る可能性を示すものである．すなわち，定型的・反復的な文書管理業務をツールが担い効率化することで，コンサルタントは本来注力すべき高度なリスク分析や戦略的助言といった知的作業にリソースを集中できる．このようにツールによる効率化と専門家による高度な判断を相互に補完し合う関係性は，ISMS 運用の質と効率の向上に貢献する有効なアプローチの一つと考えられ，妥当な価格設定（利用者評価では月額 1 万円以上が 2 社）と合わせて，企業が本ツールの導入を検討する強い動機となり得る．

一方，タグ付けの支援機能と既存文書の移行機能について，現時点での課題が明らかになった．課題解決のため，利用者から要望があったタグ付けの AI 支援や既存文書からの円滑な移行を可能にするインポート機能の強化が求められる．これらは今後の開発において優先して対応すべき事項であり，本ツールの利便性向上と導入障壁の低減が期待される．

5 おわりに

本稿では，ISMS 文書の作成および管理を支援することを目的として，規格改定や組織内部の変更といった様々な事由に起因して生じる変更に対し，文書同士の関連性を管理し，記載内容の整合性を維持することにより効率的な文書改定作業を可能とするツールの開発について検討した．

本ツールの開発および評価を通じて明らかとなったのは，多くの利用者が ISMS 文書の改定作業に対して負担を感じており，文書管理業務の効率化に対するニーズが存在するということである．また，文書同士の関連性や属性情報に基づき整理された文書体系を活用して文書改訂を支援するという本ツールのアプローチについて，一定の有効性と現実的な適用可能性を有することも確認された．

一方で，実際のユーザー評価に基づくフィードバックから，解決すべき課題が残されていることも明らかになった．なかでも特に大きな課題として，本ツールにおいてタグ付けの作業が手動で行われる点がある．文書の整理や検索，依存関係の把握を円滑に行う上でタグ付けは欠かすことのできない重要な操作であるが，それを手作業で実施しなければならない現状は，利用者にとって新たな負担となっており，ツール導入の利点を相殺しかねない要素となっている．実際，「文書へのタグ追加を手作業で行うのは負荷が大きい」といった声が寄せられており，ユーザー体験の改善が求められている．また，多くの企業においては，新しく ISMS 文書を作成する段階というよりも，すでに一定の ISMS 文書群が整備・運用されているという実情がある．このような既存文書の管理を本ツールで行う場合には，単純に文書ファイルをインポートするだけでは不十分であり，それぞれの文書が内包する要素や意味を構造的に整理し直す作業が不可欠である．しかしながら，この作業には相応の労力が伴うため，導入初期の負担感をいかに低減するかが課題となる．これらの課題に対する一つの有効な解決策として，セキュリティ文書に特化したエディタ機能を実装し，タグ付けをはじめとするマークアップ作業をより直感的かつ容易に行えるようなインターフェースを整備することが考えられる．さらにタグ付け作業の省力化を図るため，AI 技術を導入し，企業ごとの文書の特徴に応じたタグの自動推薦機能を備えることにより，ツールの使用を重ねるごとに精度を向上させ，結果としてユーザー体験の質が向上するような仕組みの構築も期待される．

本ツールの将来的な発展の方向性としては，ツールによる文書の構造化とあわせて，その機械可読性をさらに高めることで，ISMS において求められるモニタリングや評価プロセスの自動化・高度化へ応用することも考えられる．その具体的な方策の一つとして，米国国立標準技術研究所（NIST）が開発する OSCAL（Open Security Controls Assessment Language）[7]といった標準的な文書記述フレームワークを取り入れることが考えられる．この OSCAL のような国際的な枠組みを活用することで，文書の相互運用性が向上し，他組織との連携やコンプライアンス対応の効率化についても促進される．その結果として組織の情報セキュリティ体制の信頼性が高まり，本ツールが組織におけるガバナンスの強化に資するツールとなることも期待される．

参考文献

1. 一般社団法人情報マネジメントシステム認定センター. ISMS 適合性評価制度に関する調査報告書[Internet]. 2023 [cited 2025 July 20]. Available: https://isms.jp/enquete/2023/report2023.pdf
2. 上杉喜彦, 佐藤正英, 笠原禎也, 大野浩之, 高田良宏, 井町智彦, et al. 金沢大学総合メディア基盤センターにおける ISMS. In: 大学 ICT 推進協議会 2019 年度年次大会論文集. 2019. Available: https://axies.jp/_files/report/publications/papers/papers2019/SF4-6.pdf
3. 長谷川孝博, 井上春樹, 八巻直一. ISMS 文書の低コストかつ高効率な管理運用手法. 情報処理学会研究報告インターネットと運用技術. 2009;2009-IOT-6(7): 1-6. Available: https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/record/62436/files/IPSJ-IOT09006007.pdf
4. 高橋達明, Ramirez Caceres GH., 勅使河原可海. XML を用いた ISO/IEC 17799 の構造化に関する検討. 情報処理学会研究報告コンピュータセキュリティ. 2005;2005-CSEC-31(8): 43-48. Available: https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/record/44704/files/IPSJ-CSEC05031008.pdf

5. Suhaimi AIH., Goto Y., Cheng J. An information security management database system (ISMDS) for engineering environment supporting organizations with ISMSs. IEICE Trans Inf Syst. 2014;E97-D(6): 1516–1527. doi:10.1587/transinf.E97.D.1516. Available: https://www.jstage.jst.go.jp/article/transinf/E97.D/6/E97.D_1516/_pdf
6. A Cooper. コンピューターは、むずかしすぎて使えない！. 東京: 翔泳社; 2000.
7. National Institute of Standards and Technology. OSCAL: the Open Security Controls Assessment Language [Internet]. [cited 2025 Jun 25]. Available: https://pages.nist.gov/OSCAL/

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

深層学習モデルを用いたMT法によるキャラクターデザインの類似性評価

Character design similarity evaluation using MT method with deep neural network model (pre-trained model)

越水 重臣[1*]　小黒 諒[1]

Shigeomi Koshimizu[1*]　Ryo Oguro[1]

[1]東京都立産業技術大学院大学　Advanced Institute of Industrial Technology
[*]Corresponding author: Shigeomi Koshimizu, koshi@aiit.ac.jp

Abstract　The objective of this study was to assess the degree of similarity of AI-generated character images (signal data) to existing character images (unit space data) based on the Mahalanobis distance calculated with the MT method in quality engineering. The characteristic of this study was that the feature vectors that were generated in each layer when images were input into EfficientNet-B4 used as a pre-trained model (deep neural network model) were automatically used as the feature items of the MT method for calculating the Mahalanobis distance. As a result of assessing the character images generated by AI (Midjourney) based on the keyword, "Pokémon," using the Mahalanobis distance, we ascertained the probability with which that we could assess the similarity to existing Pokémon images.

Keywords　ai-generated images; similarity; quality engineering; mt method; mahalanobis distance

1　はじめに

研究の背景

近年、生成AIが大きな注目を集めている。今後、生成AIはあらゆる場面で人間の仕事のやり方を変えていくであろう。例えば、デザイナーのようなクリエイターの仕事においては、まず生成AIに基本的なデザイン案を創出させて、そこに人間であるデザイナーが自身のクリエイティビティを加えて作品を仕上げていくといった業務プロセスが想像できる。また、実際にそのようなデザインプロセスが採用され始めている[1]。

さらに、そのようなデザインプロセスにおいて、AIが複数案を生成した場面で、どのデザインが一番所望するものに近いかを数値化して評価できるとデザイナーの意思決定をより一層支援できるのではないかと考えた。すなわち、AIのした仕事を別のAIが評価するということであり、近い将来にそういったことが現実になりそうである。

このような背景から、パターン識別の手法である品質工学のMTシステム[2, 3]を使ったAI生成画像の評価方法を考えたときに次の着想を得た。すなわち、AIが生成した画像が既存作品の画像に比べて類似性が高いのか／低いのかを品質工学のMT法により数値化して評価するという方法を本報では提案する。

研究の目的および方法

本研究では、事例としてキャラクターのデザインを取り上げる。AIが生成したキャラクター画像が既存のキャラクター画像に対してどの程度の類似性を有しているかをMT法のマハラノビス距離により数値化して評価することを目的としている。そして、具体的な題材としてゲームキャラクターの「ポケモン」を用いて研究を行う。

AIが生成したキャラクター画像は、画像生成AIであるMidjourneyに「ポケモン」、「ほのおタイプ」といったキーワードをプロンプトとして与えて生成させた。プロンプトのみを使った生成方法で、既存のキャラクター画像を読み込ませるなどの操作はしていない。その結果、Midjourneyが生成したキャラクター画像の5個を図1に示す。

そして、既存のポケモン画像をMT法の単位空間とし、画像生成AIが生成したキャラクター画像（図1）をMT法の信号データとする。単位空間とは基準となるデータ群のことであり、信号データとは評価対象サンプルのことである。MT法では、信号データと呼ばれる評価対象サンプルについて、単位空間からのマハラノビス距離を計算し、その距離の大小により、信号データが単位空間に属するか否かを判定する。具体的には、AIによって生成されたキャラクター画像が既存のキャラクター画像に似ているとなれば、MT法で計算されるマハラノビス距離は小さくなる。すなわち、マハラノビス距離が小さいほど、そのAI生成画像は既存画像との類似性が高いと判断できるということになる。

さらに、人間が図1に示すAI生成画像を見たときに感じる「ポケモンらしさ」について、アンケートによる主観評価を実施し、MT法により計算されたマハラノビス距離とアンケート結果の相関関係を確認する。もし、両者の結果に相関があれば、MT法で計算されたマハラノビス距離は、人間が感じる「ポケモンらしさ」を測る代用特性となりうると考えられる。

図1　AIにより生成したキャラクター画像

2　深層学習モデルを用いたMT法

本研究で用いる事前学習済みの深層学習モデル

機械学習による画像分類では、深層学習が用いられる。深層学習では、ラベル（教師信号）を付けた画像データを集めて学習させるのだが、それが極めて手間のかかる作業となる。そのため、一般的かつ大規模な画像データセットによって既に学習

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

を終えた「事前学習済みモデル」を利用して別の問題に転用する「転移学習」が提案されている。事前学習済みモデルは汎用的な AI ということができる。本研究では、この事前学習済みモデルとして既存研究[4]でも使用されている EfficientNet を用いた。EfficientNet は 2019 年に Google の研究者が開発し公開した画像分類モデルで、少ないパラメータ数で高い精度を実現することが特徴である。

事前学習済みモデルを用いた特徴量の生成

EfficientNet は、EfficientNet-B0 から EfficientNet-B7 までの 8 つのモデルで構成されているが、本研究では、EfficientNet-B4 と呼ばれるアーキテクチャを採用している。その概念図を図 2 に示す。EfficientNet-B4 は 9 つの層から構成されるディープニューラルネットワークモデルである。このモデルに画像を入力すると画像データが層を通過するごとに特徴ベクトルが算出される。図 2 に示すように、特徴ベクトルの数は第 1 層で 48 個、第 9 層では 1792 個となっている。本研究では、この特徴ベクトルをそのまま MT 法の特徴項目として採用し、各層のマハラノビス距離を計算する。

これまで一般に、特徴量の設計は人間により行われてきた。キャラクターの外見的特徴量の抽出に関しても従来研究が存在し、特徴量を計測するアルゴリズムが提案されている[5]。

一方、本研究では、事前学習済みモデルが生成する特徴ベクトルをそのまま機械的に MT 法の特徴項目として採用するので、技術者が自ら特徴項目を考案する必要がないということになる。これは特徴量の考案にかかる労力がなくなるほか、別途、特徴量を計算する必要がなくなるため、トータルの計算時間も短くなるというメリットにもつながる。

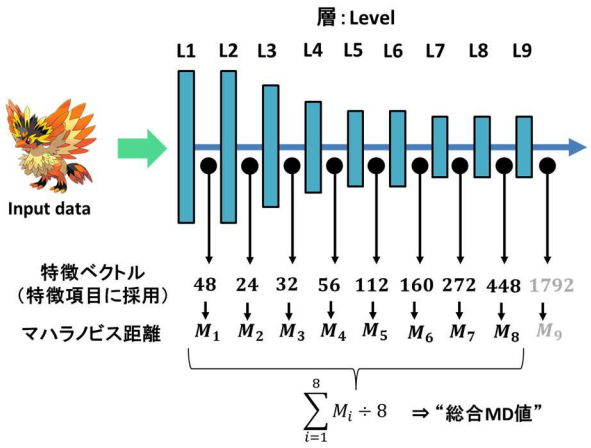


図 2　　事前学習済みモデルと総合 MD 値の計算

総合 MD 値の導入

前述のようにディープニューラルネットワークの各層を通過するときに計算される特徴ベクトルを使ってマハラノビス距離を計算する。ただし、第 9 層（L9）では特徴ベクトルの数が 1792 個もあり、後述する単位空間サンプルの数を上回るためマハラノビス距離が計算できない。そこで図 2 に示すように、第 1 層（L1）から第 8 層（L8）までで計算された 8 個のマハラノビス距離の平均値を計算して、これを「総合 MD 値」と呼び、本研究における評価指標とした。

3　ジャックナイフ法による単位空間の調査

一つ抜き交差検証による解析方法

ここでは、ジャックナイフ法（一つ抜き交差検証）を用いて、単位空間サンプルの調査を行う。一つ抜き交差検証とは、1 個のデータのみをテスト用に利用し、残りを全て学習データとして利用する交差検証のことを言う。本研究の MT 法における一つ抜き交差検証の方法を図 3 に示す。単位空間は 1190 サンプルのポケモン画像である。画像は「ポケモンずかん」のサイト[6]のものを採用した。まず、単位空間から 1 つのサンプル画像を抜き取る。この時、単位空間に属するサンプル数は 1189 になる。これを新たに単位空間として、抜き取った 1 サンプルについて総合 MD 値を計算する。続いて、抜き取ったサンプルを単位空間に戻し、また別のサンプルを 1 つ抜き取り、総合 MD 値を計算する。以下、単位空間の 1190 サンプルすべてについて同様の計算を繰り返し、1190 サンプルの総合 MD 値を得る。この調査により 1190 サンプルの総合 MD 値が得られることになり、最もポケモンらしいキャラクターデザインからそうでないものまでを総合 MD 値の順番に並べることができる。

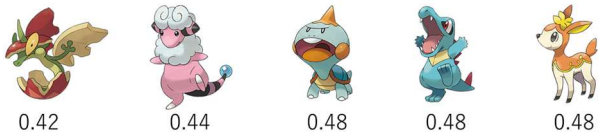
図 3　　一つ抜き交差検証による単位空間の調査方法（画像はポケモンずかん[6]より引用）

一つ抜き交差検証による解析結果

ジャックナイフ法による解析結果を以下に示す。まず、総合 MD 値が小さくなったポケモン画像群（上位 5 個）を図 4（a）に示す。総合 MD 値が小さいということは「ポケモンらしい」キャラクターデザインであることを意味している。同図の画像下の数値は総合 MD 値を示しているが、左端の画像が最小値の 0.42 となっている。5 個の画像がいずれも丸みを帯びたかわいい感じのキャラクターになっていることが視認できる。逆に総合 MD 値が大きくなったポケモン画像群（上位 5 個）を図 4（b）に示す。総合 MD 値が大きいとは「ポケモンらしくない」キャラクターデザインを意味していると言える。同図では右端画像の総合 MD 値が最大値である 10.69 となっている。図 4(a) の画像と比べると、例えばギザギザとした鋭角なデザイン要素が含まれるなど、明らかにキャラクターデザインは変化してお

り、ポケモンのキャラクターとしてはレアな印象を受ける。

このようにジャックナイフ法により単位空間に属する全1190サンプルの画像について、総合MD値による順位付けをすることができた。さらに、その結果をヒストグラムで表したものが図5である。ヒストグラムに累積比率を示す折れ線グラフを重ねているが、そのグラフによれば、総合MD値が3を超えるようなサンプルの割合は全体の1.2%と小さい割合であることがわかった。すなわち、総合MD値が3を超えるようなポケモン画像は、かなりレアなキャラクターデザインと判断でき、ポケモンらしさを判別するための1つの基準となるのではないかと考えられる。



(a)　総合MD値が小さいポケモンキャラクター

(b)　総合MD値が大きいポケモンキャラクター

図 4　ジャックナイフ法による解析結果（画像はポケモンずかん[6]より引用）

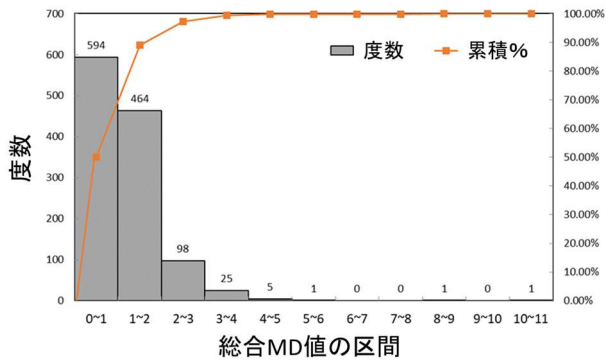


図 5　単位空間サンプルのヒストグラムと累積比率

4　総合MD値によるAI生成画像の類似性評価

解析方法

ここでは、総合MD値を使って図1のAI生成画像を評価する。その解析方法の概略を以下にまとめる。

・単位空間：既存のポケモン画像 1187サンプル（ピカチュウ、ヒトカゲ、リザードンは含まれない）

・信号データ：AIが生成したキャラクター画像 5サンプル（図1）とピカチュウ、ヒトカゲ、リザードン

・評価方法：信号データの総合MD値を計算し、単位空間からの距離が小さい画像ほどポケモンらしい、すなわち、既存画像との類似性が高いと判断する

ちなみに、信号データには、ポケモンキャラクターの代表として、ピカチュウ、ヒトカゲ、リザードンをベンチマーク的な意味合いで加えている。今回、Midjourneyを使って生成したキャラクター画像は、その生成時のプロンプトにPokémonのほかFlame type（ほのおタイプ）の文言を記述してあり、ほのおタイプのポケモンを生成したことになっている。そのため、ほのおタイプのポケモンの代表としてヒトカゲとリザードンを加えている。

解析結果

事前学習済みモデルのEfficientNet-B4に信号データを入力する。EfficientNet-B4における8つの層を通過するときに計算される特徴量ベクトルをMT法の特徴項目に採用し各層のマハラノビス距離を計算した。その結果を図6に示す。

さらに、それら8個のマハラノビス距離の平均値である総合MD値を用いて、信号データを比較した結果を図7に示す。図7では左から総合MD値が小さくなる画像の順番に並べている。また図6と図7には、参考として単位空間サンプルの平均値（Unitspace_Ave.）も示している。

図7では、その総合MD値が小さいほど単位空間に近いということになる。すなわち、既存ポケモンキャラクターのデザインに関する特徴をよく捉えており、よりポケモンらしい画像であると言える。実際に、ピカチュウ、ヒトカゲ、リザードンはその総合MD値が小さくなっている。順番としては、それらの後に5つのAI生成画像が続くわけであるが、その中でも総合MD値が小さい方がよりポケモンらしい画像になっていると判断できる。例えば、前章で述べた総合MD値の閾値3を採用して、図7のAI生成画像を見てみると、AI_3とAI_0の2つの画像は総合MD値が閾値3を下回っており、ポケモンらしいデザインであると判別できる。逆に、AI_1、AI_4、AI_2の3つの画像については、閾値3を超えており、ポケモンらしくないデザインであると判別できる。

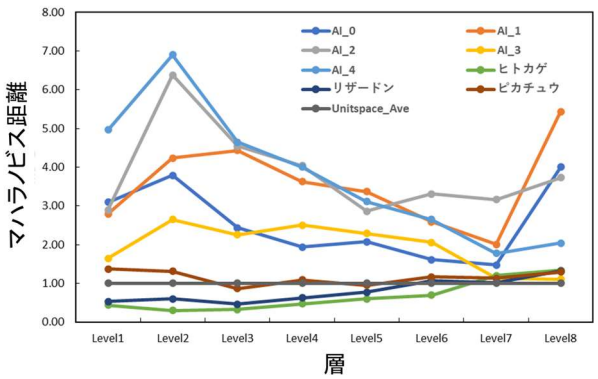


図 6　DNNの各層におけるマハラノビス距離

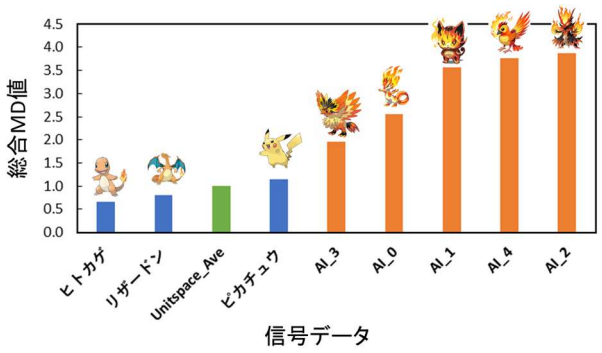


図 7　　総合 MD 値による信号データの評価（一部の画像はポケモンずかん[6]より引用）

5　アンケートによるポケモンらしさの主観評価

アンケートの方法

図 1 に示した AI 生成画像を被験者に見てもらい、「ポケモンらしさ」があると思うかを問うアンケートを実施した。5 つの AI 生成画像について、以下に示す 4 段階で回答してもらい対応する評点を得た。

・そう思う　⇒　評点：4
・どちらかと言えばそう思う　⇒　評点：3
・どちらかと言えばそう思わない　⇒　評点：2
・そう思わない　⇒　評点：1

アンケート回答数は n=32 であり、AI 生成画像ごとに評点の平均値を求めた。

アンケートの結果

アンケートの結果を表 1 に示す。同表上段は評点平均値の高い順に左から並べている。また参考までに、同表下段には 4 章で述べた AI 生成画像の総合 MD 値による順位も付記している。アンケート評点と総合 MD 値の両方を比較すると、3 位以下のところでは順位が入れ替わっているところがあるものの、1 位と 2 位については同じ評価結果をなっていることがわかる。したがって、総合 MD 値による評価は、人間が感じるポケモンらしさを数値化することにおおよそ成功しているのではないかと考えられる。

表 1　　アンケート結果

	1位	2位	3位	4位	5位
アンケート 評点平均値（n=32）	3.8	3.6	2.3	2.1	1.5
総合MD値	2.0	2.6	3.6	3.8	3.9

6　おわりに

本研究の目的は、AI が生成したキャラクター画像（信号データ）が既存のキャラクター画像（単位空間データ）に対してどの程度の類似性を有しているかを MT 法のマハラノビス距離により数値化して評価することである。そして本研究の特色は、ディープニューラルネットワークの事前学習済みモデルである EfficientNet-B4 に画像を入力したとき、各層で生成される特徴量ベクトルをそのまま MT 法の特徴項目に採用し、マハラノビス距離を計算することである。

本報で述べた総合 MD 値により、ポケモンというキーワードをもとに AI（Midjourney）が生成したキャラクター画像を評価したところ、既存のポケモン画像との類似性を数値化できている可能性を得た。AI 生成画像を人に見てもらい「ポケモンらしさ」を評価したアンケート結果と MT 法の総合 MD 値との間に相関が見られたことからも、総合 MD 値による評価は人間が感じるポケモンらしさをうまく数値化できているのではないかと考えられる。

7　謝辞

東京都立産業技術大学院大学の修了生である大坂冬子氏には本研究に関して貴重な議論や助言をいただいた。同じく、同大学の修了生である渡邉泰成氏には研究遂行にあたり多大な協力をいただいた。ここに記して深く感謝する。

参考文献

1. 日経デザイン編. ヒット商品の裏にデザインあり！ (日経 BP ムック). 日経 BP; 2024.
2. Shoichi T, et al. QUALITY RECOGNITION AND PREDICTION Smarter Pattern Technology with the Mahalanobis-Taguchi System, MOMENTUM PRESS; 2012.
3. 田口玄一監修. 品質工学便覧 第 5 章 MT システムのパターンの診断と SN 比－MT 法－, p128-134, 日刊工業新聞社; 2007.
4. Rippel O, et al., Modeling the Distribution of Normal Data in Pre-Trained Deep Features for Anomaly Detection, (2020), https://arxiv.org/abs/2005.14140
5. 高松耕太, 島津恵子. キャラクターの外見的特徴量の計測実験. 情報処理学会研究報告. 2010 年度 (5), 1-4, 2011-02
6. ポケモンずかん, ©2025 Pokémon. ©1995-2025 Nintendo/Creatures Inc./GAME FREAK inc. , https://zukan.pokemon.co.jp/

急性期脳梗塞治療の適応判定支援の試み

An architecture for determining eligibility for acute stroke treatment

小山 裕司[1*] 松本 省二[2]

Hiroshi Koyama[1*] Shoji Matsumoto[2]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[2]藤田医科大学 Fujita Health University
*Corresponding author: Hiroshi Koyama, koyama@aiit.ac.jp

Abstract Ischemic stroke is a leading cause of death and long-term dependency care in Japan. The time from the symptom onset to reperfusion significantly impacts the outcome. However, in emergency medical environments there are the uncertainty of onset time, the complexity of various severity assessment scores, and the difficulty of collecting diverse data, such as medication records and blood glucose levels. Therefore, it is difficult for doctors to quickly and accurately determine the most appropriate treatment for ischemic stroke. We have designed an architecture that aggregates data according to the guidelines, drawing from best practices that were achievable only in a few specialized hospitals. This architecture was implemented using information technology. The system includes concepts such as usability improvements and automated extraction from images and audios. The system enhances usability, improves the accuracy of eligibility determination, reduces the required time, and alleviates the workload of medical staff.

Keywords acute ischemic stroke; eligibility determination; data aggregation; workload reduction

1 はじめに

脳の血管が詰まって生じる脳梗塞は、我が国の死亡原因の第4位であり、さらに寝たきり原因の第1位の重要疾患である。近年、脳閉塞血管の再開通を実現する再灌流療法が開発され、脳血管の閉塞から再開通までの時間が長いほうが治療効果が低下し、実際、脳血管再潅流が1時間遅れるごとに、脳梗塞発症後3ヶ月の時点での生活自立率が10〜20%下がることが報告されている[1-3]。したがって、発症から再潅流までの時間を短縮できるかどうかが後の生活自立率に影響する。このように、早期治療が患者の生存率及び生活自立率を左右するにも関わらず、病院間、地域間、さらには国家レベルでも医療体制の違いによる格差が依然として残存している。

著者らは、2013年からIT技術を活用によって、急性期脳梗塞等の救急患者の病院到着から治療開始までの時間を短縮するための仕組み（アーキテクチャ）に関する研究を行っている。著者らが開発した、救急診察及び治療の各種のタスクを効率的に管理する情報システム〈Task Calc.〉は、来院から治療までの時間の大幅に短縮することを可能にした[4, 5]。

しかし、この情報システム〈Task Calc.〉の運用によっても脳梗塞の急性期治療の適応判断には、発症時刻、各種の脳卒中評価スコア算出、抗凝固薬内服歴、血糖値等の多岐にわたる情報収集が必要であり、医療スタッフ（医師、看護師等の医療従事者）の負担は依然として大きく、このため、素早く正確に治療の適応判定を行うことは難しく、時間短縮が阻害されていることがわかった。また、昨今の仕事と生活の調和（ワークライフバランス）の実現の影響で、救急医療の現場では専門の医師不足が生じ、これも急性期脳梗塞の早期治療では問題である。

本研究では、特定の専門病院だけで実現できている時間短縮の最良の事例（ベストプラクティス）を参考に、各種のガイドラインにしたがって適切に患者情報を集約し、治療の適応判定を支援するための仕組みを設計した。開発の際には、IT及びAIを活用し、利用者インターフェイスの洗練による使い勝手の改善の概念、画像及び音声からの自動抽出等を考慮した。

本稿の第2章では情報システム〈Task Calc.〉の特徴を示し、第3章では新たに導出された課題を整理し、第4章ではこれらの課題を解決するための仕組みの設計を示す。最後の第5章では試作版から現状の課題及び今後の改善を列挙し、本稿をまとめる。

2 情報システム〈Task Calc.〉

急性期脳梗塞治療では、患者の病院到着から治療開始までに、脳卒中協会作成の『静注血栓溶解（rt-PA）療法 適正治療指針』のチェックリスト[6, 7]に記載されている約40項目の診察、検査、準備、確認が必要であり、CT検査室、血液検査室等の物理的に離れた、複数の部署での複数の医療スタッフによる処置が必要である。救急医療を担当する病院では、早期治療実現のため、これら多数の処置の手順の流れに相当する「最適プロトコル（治療の流れ）」を設計し、医療スタッフがこのプロトコルに従って処置を迅速に実行することで、時間短縮及び安定を図っていた。しかし、プロトコルの実行を操るプロトコル管理が属人的であり、早期治療のための時間短縮の成否は、医療スタッフの練達、メンバー構成に依存し、医療スタッフに相当の負担が生じ、検査の待ち時間あるいはミスが生じる等の問題が存在した。著者らは、これらの問題を解決するため、タスク管理、情報連携等を行う情報システム〈Task Calc.〉を開発し、以下を実現することで、効果的に救急医療のプロトコルを管理し、救急医療の効率を改善する取り組みを行った[4, 5]。

- 救急医療での治療までの時間の短縮及び安定（タスク管理）
- 医療スタッフの負担軽減（情報連携）
- 実績の評価の支援（集計）
- プロトコルの設計及び普及の支援

これらを実現し、治療効率の改善に寄与する要素及び仕組み（アーキテクチャ）を以下に列挙する。

- 最適プロトコルの設計
  最良の事例（ベストプラクティス）に相当する時間短縮で実績のあるプロトコルを参考に、治療ガイドライン

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

準拠、待ち時間の削減、並列処置の実現各病院の環境及び事情を反映した体制の構築等を意識し、最適プロトコルを設計した。また、最適プロトコルの普及によって、理論的には、救急医療の最良の事例をあらゆる病院で同様に簡単に正確に効率的に試みることができる。また、各病院の異差あるいは事情を反映することもできる。

- プロトコル管理
  プロトコル管理を効果的に実現するために、情報を瞬時に効果的に理解してもらうこと、プロトコルに従って正確に治療を進めてもらうこと、医療スタッフが効率的に情報連携を実現することを意識し、「最新情報の集約（俯瞰）表示（ダッシュボード）」、「型付の構造情報」、「経過時間等の表示」、「プロトコル導引」、「プロトコル調整」、「複数のプロトコル管理」「スクランブルの瞬時立ち上げ」、「多対多コミュニケーション」等の仕組みを準備した。図 1 に例を示す〈Task Calc.〉の患者画面（ダッシュボード）には、特定患者の時々刻々変わる治療進捗に関する現在の最新情報が集約表示され、現状を視覚的に瞬時解釈できる。この画面は各端末上に同期して表示される。

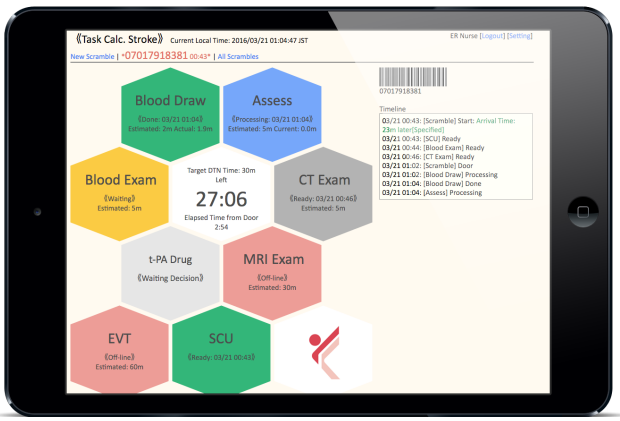


図 1　〈Task Calc.〉の患者画面の例

- 実績の評価及び改善
  医療スタッフが早期治療の重要性、プロトコルの仕組み、継続的改善の意義を理解することが不可欠である。〈Task Calc.〉は処置過程の時間情報を自動的に記録し、累積情報の集計結果を簡単にグラフとして可視表示し、評価することで次の改善に結び付けることができる。

情報システム〈Task Calc.〉は小倉記念病院、藤田医科大学病院等の複数の病院での運用が行われ、以下の事項が確認できた[4, 5, 8]。

- 治療開始時間の安定的短縮
  患者到着から治療開始までの時間は、中央値の短縮以外に、最高値、四分位範囲も低下し、治療開始時間の安定的短縮が確認できた。また、プロトコル設計及び準備の段階でも、脳梗塞治療は「時間との戦い」であるという意識改革及び浸透が生じ、治療開始時間が生じることがわかった。
- 医療スタッフの負担の軽減
  「多対多コミュニケーション」等の機能によって、従来の電話連絡の手間、ミス、責任が軽減され、医療スタッフの負担が軽減された。
- 生活自立率の改善
  脳卒中後の患者の機能的独立度を評価する評価尺度 mRS（modified Rankin Scale）[9]での退院時の予後良好群 2 以下が 46.6%から 64.7%に有意に増加した[8]。

情報システム〈Task Calc.〉を脳梗塞以外の救急疾患へ活用する試みも行われ、循環器科救急、産科救急及び心臓外科救急への展開も行われ、また、遠隔からの専門医の診療支援に対応した新版の開発も進んでいる。

3　解決しようとする課題

情報システム〈Task Calc.〉の運用によって、以下に列挙する課題が新たに導出された。これらの課題によって、治療の適応判定を素早く正確に行うことが難しく、時間短縮が阻害されていることがわかった。図 2 に急性期脳梗塞治療の流れ（プロトコル）を示す。この図の（A）の箇所の時間短縮が今回の課題である。

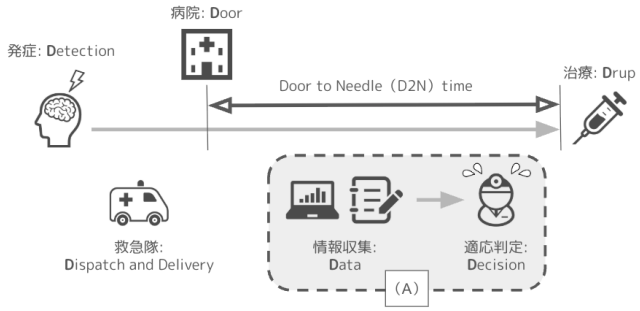


図 2　急性期脳梗塞治療の流れ（プロトコル）

- 多岐にわたる情報収集
  脳梗塞の急性期治療の適応判断には、発症時刻、抗凝固薬内服歴、血糖値等の情報を収集する必要がある。これらの情報は物理的に離れた、複数の部署での複数の医療スタッフによって取得され、各種の紙媒体、記録メディア、医療情報システム等に記録される。医療スタッフは、適応判断に必要とされる各種の情報を抽出する必要があるが、時間を争う救急医療の現場では、この作業は煩雑であり、負担が大きい。
- 各種の脳卒中評価スコアの計算
  脳卒中関連の評価スコアは、目的によって NIHSS（NIH Stroke Scale）、CPSS（Cincinnati Prehospital Stroke Scale）、ELVO screen、GAI2AA score 等が複数存在する[10-13]。これらの評価スコアの計算自体は比較的単純であるが、時間を争う救急医療の現場では、この複数の計算は煩雑で、また計算ミスが発生する恐れも残る。

- 専門の医師不足
  昨今の仕事と生活の調和（ワークライフバランス）の影響によって、常時（24 時間 365 日）、脳梗塞の専門の医師を配置することが難しい救急医療の現場は病院が多い。

4 仕組みの設計

本研究では、これらの課題を解決するため、特定の専門病院だけが実現できている時間短縮の最良の事例（ベストプラクティス）を参考に、各種のガイドラインにしたがって適切に患者情報を集約し、治療の適応判定を支援する仕組み（アーキテクチャ）を設計した。図 3 に今回の仕組みの概念図を示す。初期の試作版の設計の特徴を以下に示す。

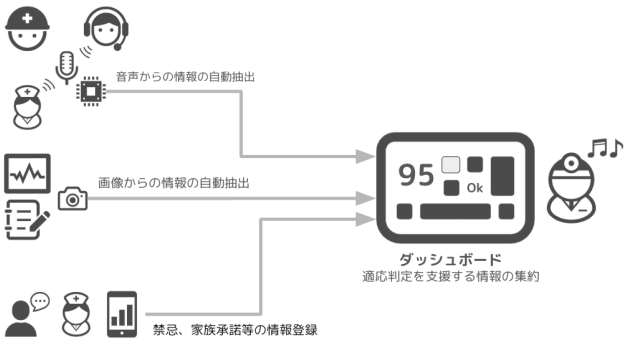


図 3 本研究で開発する仕組みの概念図

- 多岐にわたる情報収集の煩雑さの整理
  脳梗塞の急性期治療の適応判断に必要とされる各種の情報は、各種の紙媒体（記録用紙、薬手帳、紹介状、FAX 用紙、救急隊からの連絡用紙）、記録メディア（CD-ROM、メモリ）、医療情報システム（電子カルテ、医療画像管理システム）等に記録される。今回は、ベストプラクティス、MECE（Mutually Exclusive and Collectively Exhaustive）の概念及び各種のガイドラインにしたがい、収集する情報（項目）自体及び手順（流れ）を整理し、情報の漏れあるいは重複を減らし、効率改善を試みた。
- 利用者インターフェイス（UI: User Interface）の洗練
  使い勝手の良さは、医療スタッフの作業を補い、負担及びミスを軽減し、作業の効率を高める効果が期待できる。表面上の多機能さを売りにしたシステムは機能の多さが使い勝手を犠牲にしている。今回は、使い勝手を意識したスマート UI は「Less is more」の概念にしたがった設計を行い、表面上は簡素に、機能及び表示項目を削減するが、自動計算、バリデーション、自動補完、履歴、アンドゥ、アラート等の細部で利用者の作業を補う機能を実装した。また、画面表示も、瞬時に俯瞰的に情報を認識できるように、ダッシュボード上に情報を効果的に集約表示することを試みた。
- 画像、音声等からの自動抽出
  救急医療の現場での音声、画像等から AI 等を活用し、適応判断に必要とされる各種の情報を自動抽出することによっても医療スタッフの作業を補うことを期待する。また、各種の紙媒体、記録メディア、医療情報システム等に記録された情報からも、適応判断に必要とされる各種の情報を自動取得し、処理を行う。
- 各種の脳卒中評価スコアの自動計算
  収集した情報から各種の脳卒中評価スコアを計算する。また、著者らの機械学習による脳卒中及び急性脳主幹動脈閉塞症（ELVO: Emergent Large Vessel Occlusion）の簡易判別に関する研究成果も活用する[14-16]。

5 まとめ

本稿では、早期治療を実現するための情報システム〈Task Calc.〉の実際の運用から導出された新しい課題を解決するため、時間短縮の最良の事例（ベストプラクティス）、使い勝手を意識したスマート UI、AI による情報の自動抽出等の要素を準備することで、適切に患者情報を集約し、治療の適応判定を支援する仕組み（アーキテクチャ）を設計した。特に、スマート UI の設計では、「Less is more」の概念を意識し、以下に示す要素によって使い勝手を高めた。これによって、医療スタッフの作業を補い、負担及びミスを軽減し、作業の効率を高める効果が期待でき、結果的に医療スタッフの負担軽減から、治療の適応判定の正確さ、早期治療の改善を実現する。

- 簡素（機能及び表示項目の削減）
- 自動計算
- 利用者の作業の補助
- 利用者の作業の支援（履歴、アンドゥ、アラート等）
- 情報の集約表示（ダッシュボード）

最後に、現状の課題及び今後の改善等を列挙する。

- A/B テスト等による使い勝手効果の比較
- 運用の記録の解析による時間短縮の有効性の検証
- 医療機関による差に対する調整

当取り組みによって、救急医療の診療の質の向上、地域あるいは国家レベルでの医療格差の是正、さらには健康寿命延伸に貢献したい。

参考文献

1. Saver JL. Time is brain -- quantified. Stroke. 2006;37: 263-6. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16339467/
2. Emberson J, et al. Effect of treatment delay, age, and stroke severity on the effects of intravenous thrombolysis with alteplase for acute ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from randomised trials. Lancet. 2014;384: 1929-35. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25106063/
3. Saver JL, et al. Time to Treatment with Endovascular Thrombectomy and Outcomes from Ischemic Stroke: A Meta-analysis. Journal of the American Medical Association. 2016;316: 1279-88. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27673305/

4. 小山 裕司, 松本 省二, 吉良 潤一. 急性期脳梗塞治療支援システムの取り組み. 情報処理学会 論文誌. 2015;5: 1390-1398. Available from: https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=160373&file_id=1&file_no=1
5. Shoji Matsumoto, Hiroshi Koyama, et al. A Visual Task Management Application for Acute Ischemic Stroke Care. Frontiers in Neurology. 2019;10. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2019.01118/full
6. 静注血栓溶解（rt-PA）療法 適正治療指針 第三版. 2019. Available from: https://www.jsts.gr.jp/img/rt-PA03.pdf
7. 静注血栓溶解（rt-PA）療法 適正治療指針 第三版 2023 年 9 月追補. 2023. Available from: https://www.jsts.gr.jp/img/rt-pa03_supple.pdf
8. Shoji Matsumoto, Hiroshi Koyama, et al. Reduced Workflow Times for Reperfusion Therapy for Acute Ischemic Stroke Using a Visual Task Management Application. Stroke: Vascular and Interventional Neurology. 2023;1. Available from: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/SVIN.122.000551
9. Wilson JL, et al. Reliability of the Modified Rankin Scale Across Multiple Raters: Benefits of a Structured Interview. Stroke. 2005;4: 777–781. Available from: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.STR.0000157596.13234.95
10. P Lyden, et al. Improved reliability of the NIH Stroke Scale using video training. Stroke. 1994;11: 2220-6. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7974549/
11. R U Kothar, et al. Cincinnati Prehospital Stroke Scale: reproducibility and validity. Annals of Emergency Medicine. 1999;4: 373-8. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10092713/
12. Kentaro Suzuki, et al. Emergent Large Vessel Occlusion Screen Is an Ideal Prehospital Scale to Avoid Missing Endovascular Therapy in Acute Stroke. Stroke. 2018;9: 2096-2101. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30354974/
13. Tsuyoshi Ohta, Shoji, Matsumoto, et al. Optimizing In-Hospital Triage for Large Vessel Occlusion using a Novel Clinical Scale (GAI_2AA). Neurology. 2019;22: e1997-e2006. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6913326/
14. 大橋 博明, 青木 満, 徐 向陽, 重田 恵吾, 米盛 輝武, 松本 省二, 小山 裕司. 機械学習を利用した脳卒中の簡易判別システムの開発. 産業技術大学院大学 紀要 第 12 号. 2018.
15. 小山 裕司, 重田 恵吾, 佐川 博貴, 大橋 博明, 松本 省二. 機械学習による ELVO 予測システムの開発. 産業技術大学院大学 紀要 第 13 号. 2019.
16. 小山 裕司, 佐藤 孝治, 林 昌純, 清元 佑紀, 重田 恵吾, 松本 省二. ELVO 予測の改善の取り組み. 産業技術大学院大学 紀要 第 15 号. 2022.

人材の採用・育成・知識活用を支える AI/MAS 技術

AI/MAS technologies for supporting human resource recruitment, development, and knowledge management

阿部 雄大[1] 渡邉 佑典[1] 安島 聖[1] 佐藤 里恵[1] 村越 英樹[1] 林 久志[1*]
Yuta Abe[1] Yusuke Watanabe[1] Akira Yasujima[1] Rie Sato[1] Hideki Murakoshi[1] Hisashi Hayashi[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Hisashi Hayashi, hayashi-hisashi@aiit.ac.jp

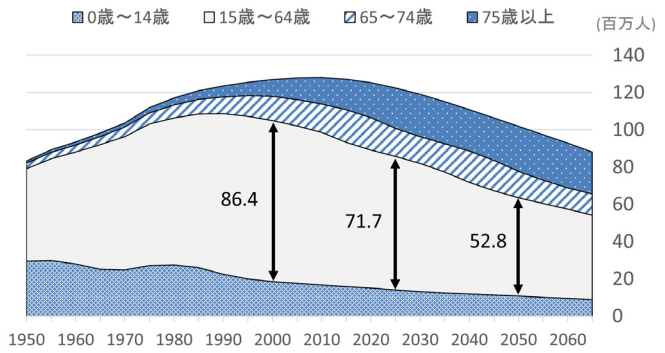
Abstract This study addresses the social challenge of labor shortages in Japan's super-aging society by exploring approaches that leverage AI technologies and multi-agent simulations (MAS) to comprehensively support recruitment, development, and knowledge utilization. Due to the accelerating decline in the working-age population caused by rapid aging and low birth rates, Japan faces increasingly severe difficulties in knowledge transfer and securing human resources, exemplified by the so-called "2025 problem." Furthermore, delays in promoting digital transformation (DX), along with shortages of human resources, governance, and data infrastructure, have been identified as structural issues, indicating the need for comprehensive initiatives that go beyond simple IT utilization. This paper reports on three sub-themes undertaken by the Hayashi Project Team (PT) as part of the PBL-based education program. Chapter 2 focuses on the recruitment stage, discussing job-seeking support through AI interview training using LLMs. Chapter 3 addresses human resource development, examining the balance between short-term operational efficiency and long-term technical training. Chapter 4 focuses on retention, proposing the autonomous detection of knowledge gaps and their supplementation in conversational AI. Through these efforts, the project aims to establish a sustainable framework for human resource support spanning recruitment, development, and retention. It should be noted that this paper does not report completed research results but rather presents a research concept as a progress report.

Keywords AI; multi-agent simulation; recruitment; human resource development; knowledge management

1 はじめに

東京都立産業技術大学院大学（以下，AIIT とする）では，専門職大学院として，PBL（Project Based Learning）型教育を導入している．本稿では， PBL 型教育の一環として林 PT（Project Team）で取り組んでいる「人材の採用・育成・知識活用を支える AI/マルチエージェントシミュレーション (MAS) 技術」について報告する．

近年，日本社会は急速な高齢化と少子化の進行により，労働力人口の減少が大きな社会課題となっている．図 1 に示す国立社会保障・人口問題研究所による年齢別人口推計（平成 29 年推計）[1] では，2000 年から 2025 年にかけて労働力人口が 17%減少し，2050 年にはさらに 26%減少すると報告されている．この推計には，新型コロナの影響や出生率の低下などの要因は反映されておらず，実際の減少ペースはより深刻化する可能性が指摘されている [2,3]．さらに，「2025 年問題」と呼ばれる団塊世代の大量退職は，産業現場における技術・知識の継承断絶や中長期的な人材確保の困難化を引き起こすと懸念されており，人材に関する課題は早急な対応を要する領域である [3]．



（注 1)2016 年以降は，将来推計人口は出生中位（死亡中位）推計による．
（注 2)2015 年までは総務省「国勢調査」（年齢不詳をあん分した人口）による．

図 1 年齢別人口推計の推移（平成 29 年推計）

労働力不足への対応として企業や自治体でデジタル化や DX（デジタルトランスフォーメーション），AI の活用が推進されているが，図 2 に示すとおり日本の投資水準は国際的に見て低く，推進の遅れが課題となっている [4,5]．その背景には，人材不足に加えて，データ基盤やガバナンスの未整備といった構造的要因があることが指摘されており [4]，単なる「IT 活用」や「足りない人材を補う」といった短期的な対策にとどまらず，人材の入口から成長，そして定着に至るまでを一貫して支援する仕組みの構築が不可欠であると考えられる．

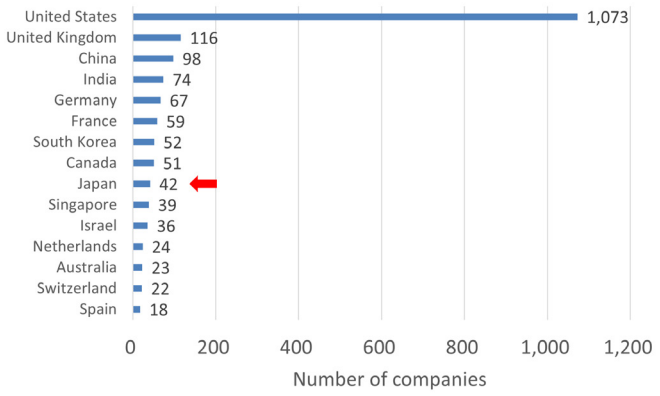


図 2 新たに資金調達を受けた AI 企業数（国別・2024 年）

以上の背景を踏まえ，本プロジェクトでは，超高齢社会における労働力不足に対して，人材の採用・育成・知識活用を支える AI/MAS 技術にてアプローチする．

本稿の構成は次のとおりである．第 2 章から 4 章で各小テーマについて記述する．第 2 章では，人材の入口である人材採用に着目し，LLM を活用した AI 面接訓練による就職支援ついて論じる．続く第 3 章では，人材の成長に焦点を当て，短期的業務効率化と長期的技術者育成の両立について述べる．第 4 章では，人材の定着に対して知識活用に着目し，対話型 AI における知識ギャップ検出と補完の自律制御を取り上げる．最後に第 5 章では，本研究のまとめと今後の展望を述べる．

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

2 LLM を活用した AI 面接訓練による就職支援

背景

2022 年の調査によると，面接を経験した 23 年卒の大学生・大学院生を対象とし，面接が得意であるかを対面式の面接とライブ形式の WEB 面接で質問したところ，対面式の面接の場合は「得意（どちらかといえば含む)」は 53.2%，「苦手（どちらかといえば含む)」は 46.8%となり，ライブ形式の WEB 面接の場合は「得意（どちらかといえば含む)」は 53.4%，「苦手（どちらかといえば含む)」は 46.6%となった [6]．22 年卒を対象とした質問では，対面式の面接の場合は「得意（どちらかといえば含む)」は 50.9%，「苦手（どちらかといえば含む)」は 49.1%となり，ライブ形式の WEB 面接の場合は「得意（どちらかといえば含む)」は 54.2%，「苦手（どちらかといえば含む)」は 45.8%となった [6]．この結果から，対面式の面接とライブ形式の WEB 面接の両方で「得意（どちらかといえば含む)」の割合は「苦手（どちらかといえば含む)」の割合を上回ったが，どちらの形式の面接でも半数近くは苦手であると回答した．加えて，同調査内で対面式の面接やライブ形式の WEB 面接が苦手と回答した学生にどのような点が苦手か複数回答で質問したところ，「緊張する（62.4%)」「言葉に詰まる（48.7%)」「自分に自信がない（46.9%)」「自分の意見や考えを上手く伝えられない（43.9%)」「自分の良さを上手く表現できない（42%)」が上位となった [6]．この調査結果から，半数近くの大学生・大学院生は面接が苦手であり，その主な要因として「言葉に詰まる」・「自分の意見や考えを上手く伝えられない」・「自分の良さを上手く表現できない」といった言語的な表現力やアピール力の課題が挙げられている．

関連研究

LLM を活用した AI 面接訓練の関連研究は，対話型フィードバック，LLM を使用した評価の 2 つに大別される．

対話型フィードバックに関しては，LLM によってフィードバックをチャット形式で進行させることで学習体験を向上させる手法が提案されている [7]．

LLM を使用した評価に関しては，主に LLM を利用した文章生成や文章評価 [8–11] と，LLM-as-a-Judge[12–15] である．文章生成や文章評価は，AI 面接訓練の際に回答を評価するため参考にしている．LLM-as-a-Judge に関連する論文は，LLM による評価作業という点において，就活生の発話内容を LLM で評価する本研究と類似点が見られる．

目的

本研究の目的は，言語的な表現力やアピール力に不安を抱き，面接が苦手である就活生を対象として，言語的な側面から面接練習サービスを提供し，発言内に含まれる長所や経験といった細かな言語的要素を評価することで，表現力や自己アピール能力を最大化させることである．

問題定義

対話型フィードバックを活用した面接練習の先行研究において，延々と修正点が出続けてしまう「修正ループ」状態があると言及されている [7]．この「修正ループ」によって，ユーザーは自己否定感や焦燥感を感じ，学習に対するモチベーションが低下したとされている．また，「修正ループ」による自己否定感や焦燥感によって，学習の目的が「AI に承認されるための回答を考える」ことに偏ってしまい，実際の面接での最良の答えを見つけることがおろそかになる可能性があると指摘されている [7]．そのため本研究では，少ない回数の「修正ループ」にすることを課題とした．

解決手法

LLM を利用して就活生の発話内容を解析し，言語的に長所や経験をアピール出来ているかを定量的・定性的にフィードバックする．ユーザーはフィードバックを受けた後に再度挑戦し，フィードバックを受ける．これの繰り返しによって，少しずつ言語的な表現方法が上達する．フィードバックの手法として，対話型フィードバックを採用する．これは，対話形式による建築的なフィードバックや，フィードバックへの質問とそれへの回答の流れで構成される対話によって，ユーザーの理解を深めて学習体験を向上させることを目的としている．この時，「修正ループ」が発生しないよう，発言の段階評価や点数化・課題や問題の段階的な評価によってゴールを設定できるようにし，ループを脱却出来るようにする．

また，発言の段階評価や点数化・課題や問題の段階的な評価を出力する際に，LLM の精度を LLM 自身に評価させる「LLM-as-a-Judge」という仕組みで用いられる手法を取り入れることで，評価基準の安定化や評価理由をより明確化させる．これによって，ユーザーは「何故この修正が必要であるのか」が簡単に分かるようになる．

支援は図 3 のように 5 段階で構成されており，各段階はそれぞれ以下のようになっている．

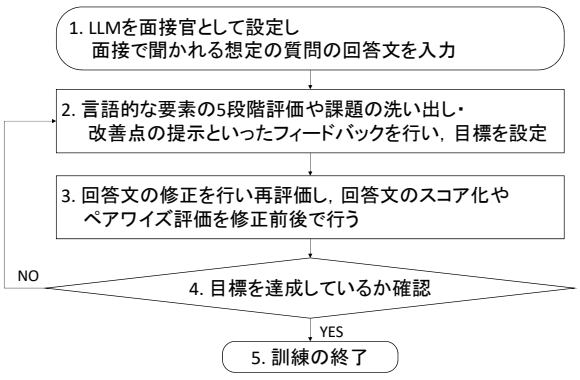


図 3 考案中の支援の流れ

1 段階目は，面接で聞かれると想定される質問の回答文を入力するところから始まる．質問には予め設定されているものの他に，訓練したい質問を自分で設定することもできる．ユーザーはその質問に対する回答を入力する．入力は音声入力と文字での入力を想定する．

2 段階目は，入力された回答文に対して LLM を利用し，言語的な要素の 5 段階評価や課題の洗い出し・改善点の提示などを行っ

たのちに対話型フィードバックを行う．この時，この訓練における目標を設定する．これは終了の条件に利用される．

3 段階目は，ユーザーは 2 段階目でのフィードバックを元に，回答文の修正を行う．LLM は回答文のスコア化やペアワイズ評価を修正前後で行う．

4 段階目は，修正された回答文が設定された目標に達しているかを判断する．設定した目標に達していない時，未達事項の重要度を考慮して改善の必要があると判断した場合は，2 段階目に戻りフィードバックと修正を行い，訓練を続ける．修正を繰り返す間に新たな課題が発生した時，課題の重要度が高いと判断した場合は，これも修正対象とし目標に追加する．

目標に達していると判定された場合，5 段階目の訓練の終了に移行する．また，設定した目標に到達している事のほかに，設定した目標に達していなくても未達事項の重要度が低い場合や，直近の文章の評価や課題が大きく変化せず頭打ちになったとユーザーが判断した場合は，ユーザーが自主的に訓練の終了に移行できるよう設計する．

評価軸

評価軸は① **言語的な要素の 5 段階評価**と② **文章の課題の解決数**を訓練開始時点と終了時点で比較し，長所や経験をアピールする能力を訓練出来たかを確認する．また，少ないループ回数で言語的な表現方法の上達や，より多い・より重大な課題を解決できることがベストであるとし，③ **修正ループの回数**をそれに対応する評価軸とする．

①の「言語的な要素の 5 段階評価」は，支援内容の 2 段階目の部分で記載した通り LLM によって判定を行う．この時，LLM-as-a-judge の仕組みを応用し精度の確保する．また，②の「課題の解決数」については，少ないループ回数でより多い・より重大な課題を解決できることがベストであるとし，大まかな算出方法を「解決した課題の重みの総和を修正ループの回数で割る」とする．

まとめと今後の研究計画

本節では，AI 面接を活用した面接練習に着目し，修正ループへの対策と LLM-as-a-Judge の手法の活用，対話型フィードバックを組み込んだ AI 面接訓練を取り上げた．

今後は，回答の段階評価や点数化・課題や問題の段階的な評価を行うプロンプトを改良し，AI エージェント同士での面接練習シミュレーションなども活用し，提案手法の有効性の定量的検証に取り組む．

3 短期的業務効率化と長期的技術者育成の両立

背景

日本では今，熟練技術者の大量退職と若手の人材不足が同時に進行している．現場では「即戦力の活用」が求められるが，その一方で「新人の育成」は後回しにされがちである [16]．技術者チームでも，「目の前の成果を優先すれば育成が進まない」「育成に力を入れると業務効率が落ちる」というトレードオフが日常的に起きている．

関連研究

関連研究ではクラウドソーシングが挙げられ，作業者・タスクの異質性を前提に，品質・コスト・効率の調和を図る方法論が体系化されている [17–22]．代表例は，補完的スキルによるチーム形成・割当最適化，オンライン到着タスクへの逐次割当，および階層的スキル木による適合度最適化からなる一連の研究群である [18–22]．また，経験学習の体系化，組織内知識伝播のモデル化，手戻りリスクを考慮した優先規則，ならびに複合タスクの視点は，能力―需要―資源の適合という設計原理を補強する [23–26]．本研究はこれらの知見を接続し，タスク割当とスキル成長を同一枠組で評価する．

目的

本研究の目的は，こうしたジレンマに対して，タスクの割り当て戦略によって，短期成果と長期育成のバランスがどう変わるのかを，シミュレーションで定量的に評価・可視化することである．あわせて，現実の運用に資する意思決定指針（どの状況でどの戦略が望ましいか）を抽出することを目指す．

問題定義

ここで，本研究における 2 つの指標を定義する．まず「短期成果」である，これはたとえば「今，このステップで何件タスクを処理できたか」といった仕事の速さや効率である．一方でもう一つの「長期育成」は，特に新人技術者がどれだけ成長したかという，人材の伸び具合を示す指標となる．この 2 つは往々にして反発し合い，即戦力にばかりタスクを振れば，当然早く終わるが，新人が育たず将来的な生産性が伸びない．逆に新人に多く任せれば育成は進むものの，目の前の仕事が滞ってしまう．そこで本研究では，「どのような割り当て戦略を取れば，短期・長期の両方を高められるか？」を探ることが問題設定となる．

解決手法

この問いに対して，マルチエージェントシミュレーションの構築を行う．まず，技術者エージェントを設定する．このうち何名かは完全な新人で，スキル値が最低値からのスタートとする．各タスクは，ネットワーク／データベース／ソフトウェア／セキュリティの 4 カテゴリで構成され，毎ステップごとに複数タスクが生成される．このタスク群を，以下の 3 つの戦略で割り当てて，一定ステップ数でその効果を比較した．1 つ目は，best 戦略．スキル値が最も高いエージェントに優先的に割り当てる．これは即戦力重視型となる．2 つ目は，random 戦略．完全にランダムにタスクを配分するベースライン比較用となる．3 つ目が，新人や中堅を優先戦略．スキルが平均以下のエージェント，新人や中堅を優先する育成重視型となる．この 3 つの方針が，チーム全体の処理効率や新人の成長にどう影響するかを可視化で示す．(1) タスク処理時間: ステップ毎のエージェントがタスクを実行する時間を可視化 (2) スキルの成長率: 各エージェントが初期からどれだけ成長したかの平均を可視化．これらを戦略間で比較し，短期・長期の折衷点を可視化することで，運用上の意思決定のための知見を提示する．以下の図 4 は今回のシミュレーションのフローチャートとなる．

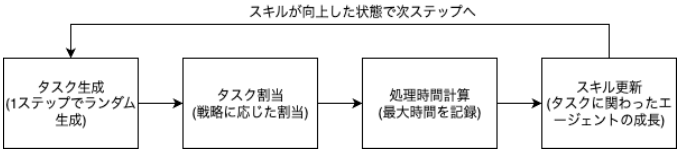


図 4　フローチャート

- タスク生成：各ステップ s でタスク需要ベクトル $\mathbf{v}_s = (v_{\mathrm{NW}}, v_{\mathrm{DB}}, v_{\mathrm{SW}}, v_{\mathrm{SEC}})$ を確率モデルに基づき生成する（$v_{\cdot}$ は各カテゴリの件数である）.
- 割り当て：所与の戦略（best/random/新人や中堅を優先戦略）に従い，タスクをエージェントへ割り当てる．ステップ s の「エージェント × カテゴリ」割当の集合を $\mathrm{Assignments}_s$ とする.
- 処理時間計算：割当ペア $(i,k) \in \mathrm{Assignments}_s$ に対し処理時間

$$T(i,k) = \frac{\mathrm{difficulty}_k}{\mathrm{skill}_{i,k}} \tag{1}$$

を計算する（$\mathrm{difficulty}_k > 0$：カテゴリ k の基礎難易度，$\mathrm{skill}_{i,k} \geq 0$：エージェント i の当該スキル）.
- 記録：各ステップ s のボトルネック時間（並行実行下の最大所要時間）を

$$T_{\max}(s) = \max_{(i,k)\in \mathrm{Assignments}_s} T(i,k) \tag{2}$$

とし，完了件数・未処理件数，割り当てログを保存する.
- スキル成長：タスク完了後，担当カテゴリ k のスキルを

$$\mathrm{skill}_{i,k} \leftarrow \min\{\, \mathrm{skill}_{i,k} + \mathrm{learn_rate}_k,\ \mathrm{skill_cap} \,\} \tag{3}$$

に更新し，累積学習効果を反映させる（$\mathrm{learn_rate}_k > 0$：カテゴリ k の学習レート (1 件あたりの増分)，skill_cap：スキル上限値）．ここで $\min\{\cdot\}$ は上限が決まっていることを意味する.

評価軸

評価は次の軸で行う．(1) 短期効率: 各ステップの処理ボトルネック時間（式 2）及びその推移統計．(2) 長期育成: 期間終了時のカテゴリ別平均スキル上昇（式 3 の累積値）.

まとめと今後の研究計画

今回の予備実験で，新人や中堅を優先すると，長期的に全体のスキルアップに繋がるが，短期的効率は悪く best 戦略だと，短期的効率は良いが，長期的に全体のスキルアップはできないことがわかった．今後は，シミュレーション設定を現実に近づけた上で「短期的効率」と「長期的スキルアップ」をバランスよく両立するためのアルゴリズムの新規開発に取り組む.

- 短期効率：best が最良である．処理時間の小ささと安定性で優位に立つ.
- 学習の広がり：random は効率の不安定性と引き換えに，平均スキルの上昇が広範に生じる.
- 育成投資の回収：新人や中堅の優先戦略は初期では遅いが，中盤以降に処理時間が逓減し，弱点カテゴリの底上げが顕著である.

4　対話型 AI における知識ギャップ検出と補完の自律制御

背景

日本は急速な超高齢社会に突入しており，熟練技術者の退職に伴う知識や技能の消失が深刻な課題となっている．この状況において，企業や組織では LLM を活用したナレッジ共有や自動応答システムの導入が進められている．しかし，現場適用にはいくつかの課題が残されている．第 1 に，機密性の高い社内知識の取り扱いが難しく，クラウド依存型 AI の利用が制限される点であり，国内ガイドラインも機密データの取り扱い・偽情報対策（RAG 等の活用を含む）を明確に求めている [27]．第 2 に，LLM が出力する誤情報（ハルシネーション）により，誤答や不完全な情報が業務に混入する危険性がある点であり，公的ガイドラインおよび産業応用の研究でも検出・抑制の必要性が繰り返し指摘されている [27,28].

関連研究

対話型 AI の信頼性向上や知識補完に関する研究は，主に RAG（Retrieval Augmented Generation）による知識補強，ハルシネーション抑制と信頼性評価，ユーザーへの情報欠落提示の 3 つに大別される.

RAG による知識補強に関しては，Web 分野の主要国際会議である WWW 2025 において，HTML 構造を保持することで従来のプレーンテキスト抽出に比べ，より正確な情報伝達を可能とする HtmlRAG が提案されている [29]．この手法は HTML クリーニングとブロックツリー型プルーニングを組み合わせ，構造化情報を活用することで RAG の性能向上を実現している．同様に，NeurIPS 2024 でもドキュメント構造を考慮した RAG 最適化手法が報告されており，情報欠落の抑制につながることが示されている [30]．また，情報検索分野の国際会議である SIGIR-AP 2024 においては，検索文書の精度と更新性を同時に考慮する最適化が提案されており，情報鮮度を評価する視点が強調されている [31].

LLM の信頼性評価に関しては，出力に不確実性推定を導入することでハルシネーションを早期検出する試みが報告されている [32]．さらに，複数回の再生成による一貫性評価 [33]，複数モデル間での応答比較と統合による信頼性向上 [34] が有効であることが示されている．NeurIPS 2024 の別研究では，外部知識ベースを用いたファクトチェック枠組みが提案され，応答の事実性を補強する有効性が報告されている [35].

一方で，ユーザーに不足情報を明示し，補完を促す研究は限定的である．NAACL 2024 の産業応用研究では，実運用において利用者が不足部分を理解し補う仕組みの重要性が指摘されている [36]．また，経営学領域の研究では，暗黙知の欠落が知識継承や組織学習の阻害要因となることが報告されている [37]．産業保健分野においても，高齢労働者の知識伝承が業務効率や安全性に直結する課題として論じられている [38].

これら先行研究の知見を踏まえると，本研究が目指す「知識ギャップの自動検出」と「非 IT 人材にも理解可能な自然言語による補完要請文の生成」は，既存研究には見られない独自のアプローチであり，学術的にも実務的にも意義を有する.

目的

本研究の目的は，超高齢社会における知識継承の断絶や人材不足という社会的課題に対し，LLM を活用して知識活用を支援する枠組みを構築することである．背景で述べたように，現場では熟練者の退職による知識消失，クラウド依存や機密性に起因する導入制約，そしてハルシネーション混入の危険性が課題となっている．また，関連研究の調査からも，既存のアプローチは主として「正確な回答生成」や「事実照合」に焦点を当てており，知識の欠落を利用者に伝え補完を促す仕組みは十分に検討されていないことが明らかとなった．

そこで本研究では，正答精度の追求にとどまらず，不足部分を明確化して知識継承を促進する新しい対話型 AI の枠組みを提案し，社内有識者や退職者の断片的知識を有効に活用できる仕組みを目指す．

問題定義

対話型 AI は，応答において根拠が不明瞭な部分や一貫性を欠く部分，あるいは社内に存在しない情報に依拠する部分を含むことが多い．これらはユーザーにとって「知識ギャップ」となり，回答の信頼性や実務適用性を損なう要因となる．既存研究では，出力の再生成やファクトチェックにより精度を高める手法が提案されているが，「どの要素が不足しているのか」を明示し，利用者が補完行動に移れる形で提示する仕組みは不十分である．また，AI の導入やカスタマイズには高度な IT 知識を要し，教育・運用コストが高いことも課題である．経済産業省の DX 関連レポートや直近の調査では，この要因として人材・ガバナンス・データ基盤の不足がボトルネックとなることが示されている [4,39].

したがって，本研究では応答内の知識ギャップを体系的に検出し，その属性（社内知識不足・外部情報不足・曖昧表現など）を分類した上で，利用者に補完を促す要請文として提示することを課題とする．

解決手法

本研究の提案手法は，対話型 AI の応答から不足要素を抽出し，行動可能な要請文へ接続するまでを① **信頼度・整合性の多角的判定**と② **知識属性の判定に基づく補完アクション分岐**の 2 段階で構成する．第 1 段階では応答の妥当性を複眼的に評価して「知識ギャップ候補」を抽出し，第 2 段階では不足の性質を判別し，依頼先・必要資料・期限・提出形式を含む要請文へと落とし込む．

まず第 1 段階の**信頼度・整合性の多角的判定**では，応答を主張単位に分解し，**自己信頼度の手掛かり**（曖昧表現や対数確率の校正値），**RAG ソースとの整合性**（内容一致の被覆と参照文書の更新日による鮮度），**再生成による一貫性**（同一クエリに対する複数出力の揺らぎ），**外部ファクト検証**（公開データベースや外部 LLM による照合），**類似クエリ履歴との整合**（過去の承認応答との矛盾や抜け漏れ）を定量化する．これらを総合して**総合信頼度**を次式で定義し，所定の運用しきい値を下回る主張を「根拠が弱い／欠落している」とみなしてギャップ候補とする．

$$R = \alpha S_{\text{self}} + \beta S_{\text{rag}} + \gamma S_{\text{cons}} + \delta S_{\text{fact}} + \varepsilon S_{\text{hist}}, \quad \sum \alpha_i = 1 \quad (4)$$

ここで，S_{self} は自己信頼度の手掛かり，S_{rag} は参照文書との一致度と鮮度を統合した指標，S_{cons} は再生成一貫性，S_{fact} は外部照合の支持度，S_{hist} は履歴整合である．各スコアは $[0,1]$ に正規化し，重み $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ はドメインや運用目的に応じて校正する．

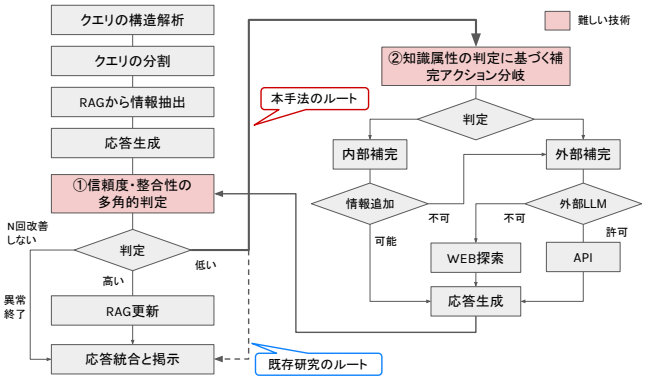


図 5　考案中の ChatAgent のフレームワーク

つづく第 2 段階の**知識属性の判定と補完アクション分岐**では，抽出したギャップ候補を「社内資料不足」「外部情報不足」「曖昧表現（定義・前提の不足）」に分類する．分類結果に応じて，社内資料不足であれば該当部署・担当（例：保全部門，品質保証部）に対する資料アップロードや版数・章節の特定依頼を，外部情報不足であれば公開データベース照会や外部 LLM の限定的参照を促す．曖昧表現の場合は，対象機種・適用範囲・前提条件などのクエリ再定義を提案する．生成される要請文は次の行動をアシスタントすると共に，可視化 UI 上で根拠リンク・版数・更新日とともに提示してトレーサビリティを担保する．分類後の社内知識に関する不足については，どの部署・担当に照会すべきか，あるいはどの社内データベースを参照すべきかを明示する仕組み，外部情報に関しては，参照可能な公開データベースや外部 LLM への照会を限定的に案内する仕組みの構築が求められる．利用者が具体的な補完アクションに直結できることが期待されるが，社内の担当部署やデータベースとの対応付けを動的に判定する仕組みは，組織固有の構造や知識管理の実態に依存するため実装が難しく，本研究における今後の重要な課題となる．

以上の 2 段を統合するために，図 5 に示す自律制御型 ChatAgent のフレームワークを提案する．機能は，クエリの構造解析と分割（*plan*），RAG からの情報抽出（*retrieve*），応答生成（*synthesize*），**信頼度・整合性の多角的判定**（*assess*；式：(4) に基づく R の算出），**知識属性の判定に基づく補完アクション分岐**（*classify* & *request*），RAG 更新，および最終応答の統合提示を順次実行する．RAG 更新は判定スコアが既定値を上回る場合に限定し，不確実な情報による誤更新を防ぐ．図 5 に示すように，既存研究のルートが応答精度の向上に留まり，不十分な判定時の対処を欠いていたのに対し，本研究のルートは判定を挟んだ RAG 更新を導入することで，最終応答の信頼性向上と知識コーパスの持続的な進化を可能にする．

評価軸

評価は，最終応答の正確性と信頼性を中心に行う．外部ベンチマークは TruthfulQA を利用予定である．また，内部指標として Coverage（一致率），Freshness（情報鮮度），Self-report（自己信頼度），Support strength（検索スコア）を用いる．さらに，応答の揺らぎや矛盾率を補助指標として設定し，定量的に評価する．

まとめと今後の研究計画

本節では，人材の定着に対して知識活用に着目し，対話型 AI における知識ギャップ検出と補完の自律制御を取り上げた．本研究により，応答の信頼度や知識属性に基づく制御の枠組みを提示し，知識継承を支援する仕組みの基盤を示すことができた．今後は，社内文書や現場の点検業務といった具体的タスクへの適用を想定し，自律制御型チャットエージェントの実装を進めるとともに，最終応答の正確性と信頼性の評価や提案手法の有効性の定量的検証に取り組む．

5 まとめ

本研究は，超高齢社会における労働力不足という社会的課題に対して，人材の採用・育成・知識活用を支援する AI/MAS 技術の活用をテーマとした．各小テーマごとに，人材の入口から成長，そして定着に至るまでを一貫して構想整理し，その有効性と今後の方向性を示した．今後は，それぞれの提案手法の実装を進め，各サブテーマの提案手法の有効性を検証していく．

第 2 章では，人材の入口である人材採用に着目し，LLM を活用した AI 面接訓練による就職支援について論じた．今後は回答の段階評価や点数化・課題や問題の段階的な評価を行うプロンプトを改良し，支援のテストを行う予定である．

第 3 章では，人材の成長に焦点を当て，短期的業務効率化と長期的技術者育成の両立について述べた．今後はよりリアルなシミュレーションとして OJT 要素を取り入れ，スキルの高いエージェントと低いエージェントが協力することにより，タスクをこなすことに加えて，スキルの成長を促すことを目指していく．

第 4 章では，人材の定着に対して知識活用に着目し，対話型 AI における知識ギャップ検出と補完の自律制御を取り上げた．今後は，社内文書や現場の点検業務といった具体的タスクへの適用を想定し，最終応答の正確性と信頼性の評価，提案手法の有効性を検証する．

参考文献

1. 国立社会保障・人口問題研究所. 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）. 国立社会保障・人口問題研究所; 2017 Jul. Available: https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp29_ReportALL.pdf

2. 統計情報課. 令和 6 年（2024 年）人口動態統計月報年計（概況）. 厚生労働省; 2025. Available: https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai24/index.html

3. 内閣府. 令和 5 年版 高齢社会白書（全体版）. 内閣府（Cabinet Office, Government of Japan）; 2023. Available: https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/zenbun/05pdf_index.html

4. デジタルトランスフォーメーションに向けた研究会. DX レポート ～IT システム「2025 年の崖」の克服と DX の本格的な展開～. 経済産業省; 2018 Sep. Available: https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/dx/20180907_03.pdf

5. Stanford University, Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI). Artificial Intelligence Index Report 2025. Stanford HAI; 2025. Available: https://hai.stanford.edu/assets/files/hai_ai_index_report_2025.pdf

6. 株式会社マイナビ. マイナビ 2023 年卒 学生就職モニター調査 6 月の活動状況. 株式会社マイナビ HR リサーチ統括部; 2022. Available: https://career-research.mynavi.jp/wp-content/uploads/2022/07/s-monitor-23-6-001.pdf

7. Daryanto T, Ding X, Wilhelm LT, Stil S, Knutsen KM, Rho EH. Conversate: Supporting reflective learning in interview practice through interactive simulation and dialogic feedback. Association for Computing Machinery (ACM). 2025;9: 1–32. doi:10.1145/3701188

8. Nakamoto S, Okamoto Y, Nakakouchi T, Shimada K. Towards Human-Level Evaluation: Assessing the Potential of GPT-4 in Automated Evaluation and Feedback Generation on Japanese Essays. Proceedings of the 16th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI 2024). 2024. pp. 156–161. doi:10.1109/IIAI-AAI63651.2024.00039

9. 中辻, 松本, 鈴木, 野本, 佐藤. 人間の意図を容易かつ正確に反映する LLM エージェントを用いた創造的文書作成支援技術. 人工知能学会全国大会論文集第 39 回 (2025). 2025. pp. 3J6GS501–3J6GS501. doi:10.11517/pjsai.JSAI2025.0_3J6GS501

10. Li R, Marrese-Taylor E, Matsuo Y. Evaluating Japanese Language Proficiency in Large Language Models through Definition Modeling Techniques. 人工知能学会全国大会論文集 第 38 回 (2024). 2024. pp. 3Q5IS2b02–3Q5IS2b02. doi:10.11517/pjsai.JSAI2024.0_3Q5IS2b02

11. Shankar S, Zamfirescu-Pereira J, Hartmann B, Parameswaran A, Arawjo I. Who Validates the Validators? Aligning LLM-Assisted Evaluation of LLM Outputs with Human Preferences. Proceedings of the 37th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Association for Computing Machinery (ACM); 2024. pp. 1–14. doi:10.1145/3654777.3676450

12. Gu J, Jiang X, Shi Z, Tan H, Zhai X, Xu C, et al. A survey on LLM-as-a-judge. arXiv preprint arXiv:241115594. 2024. doi:10.48550/arXiv.2411.15594

13. Gebreegziabher SA, Chiang C, Wang Z, Ashktorab Z, Brachman M, Geyer W, et al. MetricMate: An Interactive Tool for Generating Evaluation Criteria for LLM-as-a-Judge Workflow. Proceedings of the 4th Annual Symposium on Human-Computer Interaction for Work. 2025. pp. 1–18. doi:10.1145/3729176.3729199

14. Szymanski A, Ziems N, Eicher-Miller HA, Li TJ-J, Jiang M, Metoyer RA. Limitations of the LLM-as-a-Judge Approach for Evaluating LLM Outputs in Expert Knowledge Tasks. Proceedings of the 30th International Conference on Intelligent User Interfaces. 2025. p. 952-966. doi:10.1145/3708359.3712091

15. Wang R, Guo J, Gao C, Fan G, Chong CY, Xia X. Can LLMs Replace Human Evaluators? An Empirical Study of LLM-as-a-Judge in Software Engineering. Association for Computing Machinery (ACM). 2025;2: 1955–1977. doi:10.1145/3728963

16. Nakatani H. Population aging in Japan: policy transformation, sustainable development goals, universal health coverage, and social determinates of health. Global Health & Medicine. 2019;1: 3-10. doi:10.35772/ghm.2019.01011

17. Hettiachchi D, Goncalves J, Kostakos V. A Survey on Task Assignment in Crowdsourcing. ACM Computing Surveys. 2022. Available: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3494522

18. Ho C-J, Jabbari S, Vaughan JW. Adaptive Task Assignment for Crowdsourced Classification. Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning (ICML 2013). 2013. Available: https://proceedings.mlr.press/v28/ho13.html

19. Wang D, Ding W. A Hierarchical Pattern Learning Framework for Forecasting Extreme Weather Events. Proceedings of the IEEE International Conference on Data Mining (ICDM 2015). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2015. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/7373429

20. Mavridis P, David Gross-Amblard ZM. Using Hierarchical Skills for Optimized Task Assignment in Knowledge-Intensive Crowdsourcing. Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web (WWW ’ 16). Montréal, Québec, Canada: Association for Computing Machinery (ACM); 2016. p. 843-853. doi:10.1145/2872427.2883070

21. Sepehr Assadi SJ Justin Hsu. Online Assignment of Heterogeneous Tasks in Crowdsourcing Markets. Proceedings of the AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP 2015). 2015. Available: https://ojs.aaai.org/index.php/HCOMP/article/view/13236

22. Tang F. Optimal Complex Task Assignment in Service Crowdsourcing. Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-20). 2020. p. 1563-1569. Available: https://www.ijcai.org/proceedings/2020/0217.pdf

23. Biskup D. A State-of-the-Art Review on Scheduling with Learning Effects. European Journal of Operational Research. 2008. Available: https://www.researchgate.net/publication/222866154_A_State-of-the-Art_Review_on_Scheduling_with_Learning_Effects

24. 橋本, 藤原, 鈴木, 奥田, 伊勢, 塩谷. 組織における知識伝播過程のマルチエージェントシミュレーション. 電気学会論文誌 C（電子・情報・システム部門誌）. 2013. Available: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejeiss/133/9/133_1770/_article/-char/ja/

25. 満行, 大和, 稗方, モーザー, 磯沼, 岡田, et al. システム開発プロジェクトにおける手戻りリスクを考慮したタスク優先ルール設計に関する研究. 日本機械学会論文集. 2016. Available: https://www.jstage.jst.go.jp/article/transjsme/82/835/82_15-00474/_article/-char/ja/

26. Uçar B, Aykanat C, Kaya K, Ikinci M. Task Assignment in Heterogeneous Computing Systems. Journal of Parallel and Distributed Computing. 2006;66: 32-46. doi:10.1016/j.jpdc.2005.06.014

27. 産業サイバーセキュリティセンター. テキスト生成 AI の導入・運用ガイドライン. Information-technology Promotion Agency (IPA); 2024. Available: https://www.ipa.go.jp/jinzai/ics/core_human_resource/final_project/2024/f55m8k0000003spo-att/f55m8k0000003svn.pdf

28. Wang S, Wang X, Mei J, Xie Y, Chen S-Q, Xiong W. Developing a Reliable, Fast, General-Purpose Hallucination Detection and Mitigation Service. Proceedings of the 2025 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (Volume 3: Industry Track). Albuquerque, New Mexico: Association for Computational Linguistics (ACL); 2025. pp. 971–978. doi:10.18653/v1/2025.naacl-industry.72

29. Tan Z, others. HtmlRAG: Unlocking the Power of Structured Information in Retrieval-Augmented Generation. Proceedings of the ACM Web Conference 2025 (WWW ' 25). Sydney, Australia: Association for Computing Machinery (ACM); 2025. doi:10.1145/3589334.3645678

30. Bo X, Zhang Z, Dai Q, Feng X, Wang L, Li R, et al. Reflective Multi-Agent Collaboration based on Large Language Models. Proceedings of the 37th Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2024). New Orleans, USA: Curran Associates, Inc.; 2024. Available: https://openreview.net/forum?id=wWiAR5mqXq

31. Diaz F, Drozdov A, Kim TE, Salemi A, Zamani H. Retrieval-Enhanced Machine Learning: Synthesis and Opportunities. Proceedings of the 2024 Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval in the Asia Pacific Region (SIGIR-AP 2024). Tokyo, Japan: Association for Computing Machinery (ACM); 2024. pp. 299–302. doi:10.1145/3673791.3698439

32. Xiao Y, Wang WY. Quantifying Uncertainties in Natural Language Processing Tasks. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2019. pp. 7322–7329. doi:10.1609/aaai.v33i01.33017322

33. Park J, Kim G, Kang J. Consistency Training with Virtual Adversarial Discrete Perturbation. Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (NAACL 2022). Association for Computational Linguistics (ACL); 2022. pp. 5646–5656. Available: https://aclanthology.org/2022.naacl-main.414.pdf

34. Manakul P, Liusie A, Gales M. SelfCheckGPT: Zero-Resource Black-Box Hallucination Detection for Generative Large Language Models. Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Singapore: Association for Computational Linguistics (ACL); 2023. pp. 9004–9017. doi:10.18653/v1/2023.emnlp-main.557

35. Wei J, Yang C, Song X, Lu Y, Hu N, Huang J, et al. Long-form factuality in large language models. Proceedings of the 37th Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2024). 2024. Available: https://neurips.cc/virtual/2024/poster/96675

36. Zhao Y, Singh P, Bhathena H, Ramos B, Joshi A, Gadiyaram S, et al. Optimizing LLM-Based Retrieval Augmented Generation Pipelines in the Financial Domain. Proceedings of the 2024 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (Industry Track). Mexico City, Mexico: Association for Computational Linguistics (ACL); 2024. pp. 279–294. doi:10.18653/v1/2024.naacl-industry.23

37. 三輪. IT・AI の進歩による仕事と働き方の変化――知識労働・感情労働・定型労働のマネジメントの展望――. 日本経営学会誌. 2020;44: 72–81. doi:10.24472/keieijournal.44.0_72

38. Matsumoto Y, Kaneita Y, Itani O, Otsuka Y. Development and validation of the Work Style Reform Scale. Industrial Health. 2023;61: 462–474. doi:10.2486/indhealth.2022-0090

39. 経済産業省 商務情報政策局 情報技術利用促進課, 独立行政法人情報処理推進機構. デジタルトランスフォーメーション調査 2024 の分析. 経済産業省; 2024 May. Available: https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/investment/keiei_meigara/dx-bunseki_2024.pdf

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

PBL 評価指標の確立に向けたアンケート調査の実施：第三報

Questionnaire survey for the establishment of pbl assessment scale: 3rd report

武蔵 恵理子 [1*] 細田 貴明 [1] 松尾 徳朗 [1]
Eriko Musashi[1*] Takaaki Hosoda[1] Tokuro Matsuo[1]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Eriko Musashi, musashi-eriko@aiit.ac.jp

Abstract This study presents the third report of an Institutional Research (IR) project on Project-Based Learning (PBL) conducted at the Advanced Institute of Industrial Technology (AIIT). The research aims to examine how adult learners' expectations and satisfaction with PBL evolve over time. Using comparable questionnaire data collected in fiscal years 2023 and 2024, the study quantitatively analyzes pre-activity expectations and post-activity satisfaction to identify trends in students' perceptions of learning. Results indicate that overall satisfaction exceeded expectations in both years (Δ2023 = +0.14; Δ2024 = +0.21), confirming consistent educational quality and progressive program refinement. In 2024, satisfaction increased notably for socially meaningful themes and hybrid learning styles such as face-to-face (+1.10) and online (+0.36) participation. Factors related to team composition, particularly intergenerational diversity (+1.20) and professional experience (+0.65)—also showed significant improvement, suggesting that heterogeneous collaboration environments enhance engagement and learning outcomes. Conversely, expectations for "originality" and "creativity" slightly declined, while satisfaction with "leadership" (+0.31) and "presentation skills" (+0.19) improved, indicating a shift from creativity-oriented interests to practical, collaborative, and self-reflective learning orientations. These findings suggest that AIIT's PBL program has reached a stage of educational maturity characterized by stability, inclusivity, and self-directed growth. Future research will focus on developing longitudinal indicators that integrate psychological safety, instructor facilitation, and post-graduation learning continuity.

Keywords project-based learning; pbl satisfaction gap analysis; longitudinal analysis; recurrent education; institutional research

1 はじめに

近年，社会人の学び直しやリカレント教育が高等教育政策の主要課題として位置づけられ，実践的課題解決を中心とした学修形態である Project-Based Learning（以下，PBL）の意義が再評価されている[1]．東京都立産業技術大学院大学（以下，本学）における PBL は，社会人学生が自らの職務経験や専門性を基盤として，新たな価値創出や課題解決に取り組むことを目的として設計されている[2]．こうした学修形態を通じて，学生がどのような期待を抱き，どのような成果を得ているのかを定量的に把握し，教育改善に還元することは，Institutional Research（以下，IR）の観点から極めて重要である[3]．

本研究は，2023 年度から継続して実施している PBL 履修生アンケート調査の第三報にあたる．第 1 報[3]では，PBL 受講前における学生の事前期待構造を明らかにし，学生が独自性や新奇性の高いテーマ，実務的課題への取り組み，そして教員との良好な関係を強く期待していることを示した．続く第 2 報[4]では，履修後の満足度を測定し，テーマの独自性や学びの社会的意義に関しては高い満足が得られた一方で，チーム活動やキャリア上の成果に対しては期待を下回る傾向があることを報告した．

第 3 報である本稿では，2023 年度と 2024 年度の 2 年間の調査結果を再整理し，PBL に対する学生の意識傾向を年度間で比較分析する．すなわち，2023 年度から 2024 年度にかけての「事前期待—事後満足度」構造の差分を比較することで，PBL 教育プログラム全体の成熟度や安定性を準縦断的（pseudo-longitudinal）に検証することを目的とする．

2 これまでの調査結果の整理と本研究の位置づけ

2023 年度に実施した PBL 履修者アンケートの分析（第 1 報・第 2 報）[3, 4]は，PBL 教育の成果を明らかにすることを目的として，履修前の事前期待と履修後の満足度に関する調査を行った．これらの調査により，学生が PBL をどのように認識し，どのような学習経験を通じて意識を変化させているかが段階的に明らかになっている．

第 1 報[3]では，PBL 履修前の学生が「実務的課題の解決」や「チームによる協働作業」に強い期待を抱いていることが示された．とりわけ，社会課題を扱う独自性の高いテーマや，教員との良好な関係性への期待が高く，学生が PBL を実社会と接続された学びの場として捉えていることが明らかとなった．履修後の満足度調査では，こうした要素に対する評価が高く，PBL が実践的学修の機会として有効に機能していることが確認された．一方で，「異質性のあるチーム構成」や「時間管理」など，協働のプロセスに関わる課題も指摘され，今後の教育設計における改善点が示された．

第 2 報[4]では，PBL 履修後の学生における事前期待と事後満足の年度内比較の結果として，全体傾向はおおむね第 1 報の事前期待と一致しており，「社会的意義のあるテーマ設定」や「オンライン演習の柔軟性」，「教員からの助言と支援」に対して高い満足が示された．しかし，年度を通じていくつかの変化も確認された．特に，「収益性や経済性」に関するテーマへの関心が低下する一方で，「修了後の学びの継続」や「自己成長意識」といった項目の評価が上昇しており，学生の意識が実務的成果の獲得から，学びの持続や自律的成長へと移行しつつあることが明らかとなった．

以上の結果を踏まえると，PBL に対する学生の期待や評価は，初期段階では実務経験や協働作業といった外的要因に強く依存していたが，次第に「学び方そのもの」や「学びを継続する力」といった内的側面へと関心が広がっていることがうかがえる．本稿では，2023 年度と 2024 年度の調査結果を再整理し，年度間の変化傾向を定量的に分析する．

3 分析

本章では，2023 年度および 2024 年度に実施した事前・事後アンケートの結果をもとに，PBL 履修者の期待および満足度の

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

変化を分析する[3, 4]. 両年度の共通設問群を抽出し，各項目の平均値・および差分（Δ＝満足度−期待値）を算出して年度間の傾向を比較する.

本分析の目的は, PBL が学生の意識や学びのあり方に与える影響を時系列的に把握し，教育実践の改善に資する示唆を得ることである.

データ・方法

分析対象とした調査は，2023 年度[3, 4] および 2024 年度に本学 PBL 履修者を対象とする．本調査は，2023 年度と同様に 2024 年度における PBL 活動前の事前期待と PBL 活動後の満足度に関するデータを収集した．質問項目は「PBL テーマに対する期待」「PBL 活動に対する期待」「担当教員との関係性」「修了後の展望」「習得したい能力」「PBL 全般に関する意識」の 6 つの大項目から構成され，設問は一部の統合・整理を経て全 59 項目とした．回答形式は 5 段階のリッカート尺度であり，事後調査では「解答できない」という特別選択肢を引き続き設け，スケール外として処理した．調査の概要を表 1 に示す.

表 1　　2024 年度実施アンケート調査の概要

調査名称	PBL 演習履修にあたっての調査（2024 年度）
調査目的	PBL 履修生の PBL 活動に対する期待および活動後の満足度を把握し，前年度との比較を行うため
調査方法	教育支援システム（manaba）によるオンラインアンケート
調査期間	事前調査：2024 年 4 月〜6 月／事後調査：2025 年 2 月〜3 月
調査対象	2024 年度 PBL 履修者
調査対象者数	事前：86 件（事業 21 件，情報 38 件，創造 27 件）／事後：81 件（事業 25 件，情報 34 件，創造 22 件）

2024 年度における事前期待と満足度に関する差の算出結果

算出結果は，表 2 のとおりになった（事前期待と満足度の差がプラスの場合は青，マイナスの場合は赤で表記）．以下に特徴的な結果について記載する.

PBL テーマに対する事前期待は概して高く，多くの項目で満足度が事前期待を上回った.

「社会課題を取り上げたテーマ」（x3）は事前期待 4.20・満足度 4.38（Δ=+0.18），「身近で問題となっているテーマ」（x4）は事前期待 4.15・満足度 4.30（Δ=+0.15），「公共性の高いテーマ」（x6）は事前期待 3.93・満足度 4.10（Δ=+0.17）で，いずれもプラス幅を示した.

一方，「収益性に着目したテーマ」（x5）は事前期待 3.51・満足度 3.37（Δ=−0.14）であり，満足度が期待を下回った．テーマ選定の主体では，「誰かから提示されたテーマ」（x16：事前期待 3.18・満足度 4.04，Δ=+0.86）および「自ら探し出したテーマ」（x17：事前期待 3.59・満足度 4.25，Δ=+0.66）で大きなプラスが見られた．また，「個人で取り組むテーマ」（x19：事前期待 3.28・満足度 4.15，Δ=+0.87）も高い伸びを示した.

一方，「独自性のあるテーマ」（x1：事前期待 4.32・満足度 4.25，Δ=−0.07）および「新奇性のあるテーマ」（x2：事前期待 4.14・満足度 4.08，Δ=−0.06）は，いずれも小幅なマイナスであった.

PBL 活動形式に関しては，全般に満足度が事前期待を上回った.

「対面での演習」（x22）は事前期待 3.08・満足度 4.18（Δ=+1.10）で最も大きな上昇を示し，「オンラインでの演習」（x23）は事前期待 3.77・満足度 4.13（Δ=+0.36）であった.

学修環境に関する項目では，「活動時間の長短」（x21：事前期待 3.17・満足度 3.93，Δ=+0.76）や「PT メンバの社会人経験の豊富さ」（x25：事前期待 3.56・満足度 4.21，Δ=+0.65）が高く，さらに「世代間バランス」（x26：事前期待 3.08・満足度 4.28，Δ=+1.20）は本年度最大の上昇幅を示した．また，「異質性のバランス」（x27：事前期待 3.72・満足度 4.24，Δ=+0.52）もプラスであり，チーム構成や多様性への評価が高い.

教員に関する項目は総じて高評価であった.

「一般知識に関する指導」（x36）は事前期待 3.52・満足度 4.41（Δ=+0.89），「PBL 活動のマネジメント」（x37）は事前期待 3.82・満足度 4.24（Δ=+0.42），「ファシリテーション」（x38）は事前期待 3.81・満足度 4.11（Δ=+0.30）でいずれも上昇した.

一方，「専門分野に関する指導」（x35：事前期待 4.57・満足度 4.48，Δ=−0.09）と「教員との良好な関係」（x40：事前期待 4.64・満足度 4.55，Δ=−0.09）は，非常に高い水準を維持しながら小幅なマイナスとなった.

修了後に関する項目では，ほとんどの設問で満足度が事前期待を上回った.

「PBL 活動の継続」（x41）は事前期待 3.34・満足度 3.61（Δ=+0.27），「他大学への進学」（x42）は事前期待 3.30・満足度 3.52（Δ=+0.22），「就職・転職」（x44）は事前期待 3.18・満足度 3.70（Δ=+0.52），「起業・創業」（x43）は事前期待 3.11・満足度 3.44（Δ=+0.33），「昇給・昇格」（x45）は事前期待 3.11・満足度 3.30（Δ=+0.19）でいずれもプラスであった.

「大学院との継続的な関係性」（x46）は事前期待 4.06・満足度 3.94（Δ=−0.12）で，わずかにマイナスとなった.

習得したい能力に関する項目は，全体として期待値が高く，差分は小さい傾向が見られた.

マイナス幅が大きかったのは，「設計・開発力」（x57：事前期待 4.30・満足度 4.01，Δ=−0.29），「創造力」（x54：事前期待 4.36・満足度 4.11，Δ=−0.25），「問題解決力」（x48：事前期待 4.55・満足度 4.34，Δ=−0.21），「分析力」（x47：事前期待 4.44・満足度 4.24，Δ=−0.20）であった.

一方，「リーダーシップ」（x52：事前期待 3.90・満足度 4.21，Δ=+0.31）および「プレゼンテーション力」（x55：事前期待 4.06・満足度 4.25，Δ=+0.19）はプラスであった.

全体指標では，「自己の成長」（x58：事前期待 4.65・満足度 4.35，Δ=−0.30）および「PBL 全般」（x59：事前期待 4.39・満足度 4.28，Δ=−0.11）がいずれも小幅なマイナスであった．一方で，全体平均は事前期待 3.87・満足度 4.08（Δ=+0.21）であり，総じて満足度が期待を上回った.

表 2　学生の期待と満足度のギャップ分析結果（2024 年度）

質問項目	全体			a.事業			b.情報			c.創造		
	事前期待	満足度	差	事前期待	満足度	差	事前期待	満足度	差	事前期待	満足度	差
	統計量	統計量		統計量	統計量		統計量	統計量		統計量	統計量	
x1 独自性のあるテーマ	4.32	4.25	(0.07)	4.29	4.47	0.18	4.32	4.36	0.04	4.33	3.96	(0.38)
x2 新奇性のあるテーマ	4.14	4.08	(0.06)	4.12	4.33	0.21	4.11	4.18	0.07	4.19	3.78	(0.40)
x3 社会課題を取り上げたテーマ	4.20	4.38	0.18	4.18	4.60	0.42	4.16	4.36	0.20	4.30	4.26	(0.04)
x4 身近で問題となっているテーマ	4.15	4.30	0.15	4.12	4.40	0.28	4.11	4.30	0.19	4.22	4.22	(0.00)
x5 収益性に着目したテーマ	3.51	3.37	(0.14)	3.94	3.53	(0.41)	3.41	3.58	0.17	3.41	2.96	(0.45)
x6 公共性の高いテーマ	3.93	4.10	0.17	3.82	4.53	0.71	3.84	3.91	0.07	4.15	4.09	(0.06)
x7 難易度が適切なテーマ	3.61	4.06	0.45	3.35	4.47	1.12	3.64	4.15	0.51	3.74	3.65	(0.09)
x8 幅広い知識を求められるテーマ	3.89	4.15	0.26	3.53	4.27	0.74	3.93	4.36	0.43	4.04	3.78	(0.25)
x9 深い専門的な知識を求められるテーマ	3.94	4.20	0.26	3.47	4.47	1.00	4.14	4.24	0.10	3.93	3.96	0.03
x10 実務的なテーマ	4.31	4.25	(0.06)	4.59	4.60	0.01	4.34	4.45	0.11	4.07	3.74	(0.33)
x11 学術的なテーマ	3.59	3.69	0.10	3.18	4.13	0.95	3.66	3.67	0.01	3.74	3.43	(0.31)
x12 自身のキャリアや経験とリンクしたテーマ	4.07	3.80	(0.27)	4.18	4.00	(0.18)	4.25	4.00	(0.25)	3.70	3.39	(0.31)
x13 自身の履修した授業とリンクしたテーマ	3.97	3.87	(0.10)	4.12	4.47	0.35	3.89	3.94	0.05	4.00	3.39	(0.61)
x14 日本国内におけるテーマ	3.83	4.32	0.49	4.18	4.53	0.35	3.73	4.39	0.66	3.78	4.09	0.31
x15 グローバルなテーマ	3.35	3.70	0.35	2.71	3.80	1.09	3.59	3.55	(0.04)	3.37	3.87	0.50
x16 誰かから（教員や他メンバから）提示されたテーマ	3.18	4.04	0.86	2.82	4.20	1.38	3.18	4.24	1.06	3.41	3.65	0.24
x17 自ら（プロジェクトで）探し出したテーマ	3.59	4.25	0.66	3.41	4.67	1.26	3.61	4.27	0.66	3.67	3.96	0.29
x18 PTメンバ全員で取り組むテーマ	4.17	4.23	0.06	4.41	4.53	0.12	4.09	4.36	0.27	4.15	3.83	(0.32)
x19 個人で取り組むテーマ	3.28	4.15	0.87	2.59	4.40	1.81	3.41	4.33	0.92	3.52	3.74	0.22
x20 PT（Project Team）での活動	3.89	4.30	0.41	4.24	4.60	0.36	3.91	4.39	0.48	3.63	3.96	0.33
x21 活動時間の長短	3.17	3.93	0.76	2.82	4.00	1.18	3.16	4.03	0.87	3.41	3.74	0.33
x22 対面での演習	3.08	4.18	1.10	2.94	4.60	1.66	2.70	4.18	1.48	3.78	3.91	0.14
x23 オンラインでの演習	3.77	4.13	0.36	3.65	4.67	1.02	4.00	4.24	0.24	3.48	3.61	0.13
x24 学内設備の利用	3.24	3.42	0.18	3.12	3.87	0.75	2.75	3.52	0.77	4.11	3.00	(1.11)
x25 PTメンバの実務・社会人経験のキャリアの豊富さ	3.56	4.21	0.65	3.59	4.53	0.94	3.45	4.18	0.73	3.70	4.04	0.34
x26 PTメンバの世代間のバランス	3.08	4.28	1.20	2.94	4.27	1.33	2.89	4.30	1.41	3.48	4.26	0.78
x27 異質性（多様性）のバランス	3.72	4.24	0.52	3.82	4.47	0.65	3.55	4.30	0.75	3.93	4.00	0.07
x28 PTの先輩からの指導・アドバイス	3.65	3.87	0.22	3.65	4.07	0.42	3.61	4.06	0.45	3.70	3.48	(0.23)
x29 PTの受け入れ体制	4.18	4.25	0.07	4.12	4.47	0.35	4.09	4.18	0.09	4.37	4.22	(0.15)
x30 他PTの活動との連携	3.10	3.51	0.41	2.88	3.53	0.65	2.98	3.64	0.66	3.44	3.30	(0.14)
x31 外部機関の活動との連携	3.78	4.11	0.33	3.88	4.53	0.65	3.64	3.94	0.30	3.96	4.09	0.12
x32 観察，実験，調査などを通じて関係性を明らかにすることを目指す実証的アプローチによる活動	4.11	4.13	0.02	4.29	4.40	0.11	4.11	4.24	0.13	4.00	3.78	(0.22)
x33 ものごとの因果関係等の関係性を明らかにすることを目指す理論的アプローチによる活動	4.01	3.90	(0.11)	4.12	4.20	0.08	3.98	4.03	0.05	4.00	3.52	(0.48)
x34 活動内容の学会、展示会等での対外発表	3.82	4.06	0.24	3.29	4.07	0.78	3.84	4.18	0.34	4.11	3.87	(0.24)
x35 担当教員の専門分野に関する指導	4.57	4.48	(0.09)	4.47	4.73	0.26	4.52	4.45	(0.07)	4.70	4.35	(0.36)
x36 一般知識に関する指導	3.52	4.41	0.89	2.88	4.47	1.59	3.66	4.45	0.79	3.70	4.30	0.60
x37 PBL活動に関するマネジメント	3.82	4.24	0.42	3.71	4.60	0.89	3.73	4.18	0.45	4.04	4.09	0.05
x38 PBL活動でのファシリテーション	3.81	4.11	0.30	3.76	4.47	0.71	3.75	4.18	0.43	3.93	3.78	(0.14)
x39 学生同士の活動への関与	3.95	4.30	0.35	3.94	4.67	0.73	3.89	4.21	0.32	4.07	4.17	0.10
x40 教員との良好な関係	4.64	4.55	(0.09)	4.71	4.87	0.16	4.66	4.55	(0.11)	4.56	4.35	(0.21)
x41 修了後のPBL活動の継続	3.34	3.61	0.27	3.18	3.80	0.62	3.09	3.58	0.49	3.85	3.52	(0.33)
x42 他大学への進学	3.30	3.52	0.22	2.65	3.80	1.15	3.18	3.61	0.43	3.89	3.22	(0.67)
x43 起業・創業	3.11	3.44	0.33	3.47	3.87	0.40	3.00	3.30	0.30	3.07	3.35	0.27
x44 就職・転職	3.18	3.70	0.52	2.53	3.53	1.00	3.34	3.85	0.51	3.33	3.61	0.28
x45 所属組織内での昇給・昇格	3.11	3.30	0.19	2.71	3.53	0.82	3.27	3.45	0.18	3.11	2.91	(0.20)
x46 大学院との継続的な関係性	4.06	3.94	(0.12)	4.12	3.93	(0.19)	3.91	4.00	0.09	4.26	3.87	(0.39)
x47 分析力 - 問題を深く理解し、論理的に分析し、考案する能力	4.44	4.24	(0.20)	4.47	4.33	(0.14)	4.43	4.36	(0.07)	4.44	4.00	(0.44)
x48 問題解決力 - 実際の課題に対して効果的な解決策を見つけ出し、適用する能力	4.55	4.34	(0.21)	4.53	4.27	(0.26)	4.55	4.52	(0.03)	4.56	4.13	(0.43)
x49 自己学習力 - 自ら学習目標を設定し、必要な情報を探求し、新しい知識や技術を習得する能力	4.38	4.35	(0.03)	4.29	4.47	0.18	4.36	4.45	0.09	4.44	4.13	(0.31)
x50 コミュニケーション力 - 明確にアイデアを伝え、他者と効果的に意思疎通を行う能力	4.32	4.23	(0.09)	4.18	4.07	(0.11)	4.25	4.42	0.17	4.52	4.04	(0.48)
x51 協働力 - チーム内で協力し、共通の目標達成に向けて作業する能力	4.34	4.28	(0.06)	4.41	4.27	(0.14)	4.32	4.58	0.26	4.33	3.87	(0.46)
x52 リーダーシップ - チームやプロジェクトを率い、目標に向けて他者を導く能力	3.90	4.21	0.31	3.94	4.27	0.33	4.00	4.36	0.36	3.70	3.96	0.25
x53 情報活用力 - 必要な情報を効率的に検索、評価し、適切に利用する能力	4.41	4.27	(0.14)	4.41	4.33	(0.08)	4.34	4.45	0.11	4.52	3.96	(0.56)
x54 創造力 - 新しいアイデアや解決策を生み出す能力	4.36	4.11	(0.25)	4.35	4.07	(0.28)	4.23	4.15	(0.08)	4.59	4.09	(0.51)
x55 プレゼンテーション力 - アイデアや成果を効果的に伝える能力	4.06	4.25	0.19	4.06	4.07	0.01	4.11	4.48	0.37	3.96	4.04	0.08
x56 適応力 - 変化する環境や状況に柔軟に対応し、効果的に行動する能力	4.35	4.38	0.03	4.35	4.33	(0.02)	4.39	4.55	0.16	4.30	4.17	(0.12)
x57 設計・開発力- 機能や感性を統合してデザインし、最終的に市場にローンチする能力	4.30	4.01	(0.29)	4.35	4.07	(0.28)	4.23	4.15	(0.08)	4.37	3.78	(0.59)
x58 PBL演習を通した自己の成長	4.65	4.35	(0.30)	4.59	4.40	(0.19)	4.73	4.48	(0.25)	4.56	4.13	(0.43)
x59 PBL演習全般　（PBL演習に対する総合的な期待度）	4.39	4.28	(0.11)	4.18	4.53	0.35	4.43	4.52	0.09	4.44	3.78	(0.66)
全体の平均	3.87	4.08	0.21	3.77	4.28	0.51	3.84	4.16	0.32	3.97	3.83	(0.13)

2023 年度と 2024 年度の比較結果

本比較は，2023 年度および 2024 年度に共通して実施された PBL 履修前後アンケートの結果を対象とし，各設問における事前期待値と事後満足度の平均値の差（Δ＝満足度−期待値）を算出したものである．この「差分」は，プラスの場合は「事前期待を上回る満足度」，マイナスの場合は「期待を下回る満足度」を示す．なお，両年度の回答者は同一個人ではないため，本分析は個人内の変化を捉えるものではなく，教育プログラム全体の傾向を把握するための準縦断的比較（pseudo-longitudinal comparison）として位置づける．

算出結果は表 3 に示すとおりであり，全体平均では，2023 年度における事前期待の平均値 3.73 に対して，履修後の満足度は 3.87 となり（Δ=+0.14），2024 年度では事前期待 3.87 に対して満足度は 4.08 となった（Δ=+0.21）．いずれの年度においても満足度は事前期待を上回っており，PBL 全体に対する評価はおおむね良好であった．

PBL テーマに対する事前期待は両年度とも高く，多くの項目で満足度が事前期待を上回った．

「社会課題を取り上げたテーマ」（x3）では，2023 年度が事前期待 3.83・満足度 4.22（Δ=+0.39），2024 年度が事前期待 4.20・満足度 4.38（Δ=+0.18）であり，いずれもプラスであるが上昇幅は縮小した．「身近で問題となっているテーマ」（x4）は，2023 年度が事前期待 3.85・満足度 4.32（Δ=+0.47），2024 年度が事前期待 4.15・満足度 4.30（Δ=+0.15）と同様の傾向を示した．また，「公共性の高いテーマ」（x6）も 2023 年度で事前期待 3.54・満足度 4.06（Δ=+0.52），2024 年度で事前期待 3.93・満足度 4.10（Δ=+0.17）と，両年度ともプラスではあるが差分が縮小している．

一方，「独自性のあるテーマ」（x1）は 2023 年度で事前期待 3.91・満足度 4.28（Δ=+0.37）であったのに対し，2024 年度では事前期待 4.32・満足度 4.25（Δ=−0.07）と小幅なマイナスに転じた．「新奇性のあるテーマ」（x2）も同様に，2023 年度が事前期待 3.78・満足度 4.06（Δ=+0.28），2024 年度が事前期待 4.14・満足度 4.08（Δ=−0.06）であり，上昇幅が減少している．なお，「収益性に着目したテーマ」（x5）は，2023 年度 Δ=−0.10，2024 年度 Δ=−0.14 と，いずれの年度においても満足度が期待を下回った．

活動形式については，いずれの年度でも満足度が事前期待を上回った．

「対面での演習」（x22）は，2023 年度が事前期待 3.25・満足度 3.95（Δ=+0.70），2024 年度が事前期待 3.08・満足度 4.18（Δ=+1.10）であり，特に 2024 年度で大きく上昇している．「オンラインでの演習」（x23）は，2023 年度が事前期待 3.67・満足度 4.31（Δ=+0.64），2024 年度が事前期待 3.77・満足度 4.13（Δ=+0.36）と，上昇傾向を維持しつつも幅はやや縮小した．

また，「活動時間の長短」（x21）では，2023 年度が事前期待 3.16・満足度 3.31（Δ=+0.15），2024 年度が事前期待 3.17・満足度 3.93（Δ=+0.76）となり，学修環境に対して肯定的であった．

チーム構成要因では，「PT メンバの社会人経験の豊富さ」（x25）は，2023 年度で事前期待 3.89・満足度 4.09（Δ=+0.20），2024 年度で事前期待 3.56・満足度 4.21（Δ=+0.65）と上昇した．

また，「世代間バランス」（x26）は，2023 年度が事前期待 4.00・満足度 4.00（Δ=0.00），2024 年度が事前期待 3.08・満足度 4.28（Δ=+1.20）であり，最も大きな改善が見られた．「異質性のバランス」（x27）についても，2023 年度が事前期待 4.07・満足度 4.00（Δ=−0.07），2024 年度が事前期待 3.72・満足度 4.24（Δ=+0.52）と，多様性への評価が上昇している．

教員に関する項目は，両年度とも高水準で推移した．

「専門分野に関する指導」（x35）は，2023 年度が事前期待 4.50・満足度 4.44（Δ=−0.06），2024 年度が事前期待 4.57・満足度 4.48（Δ=−0.09）であり，極めて高い水準を維持している．「一般知識に関する指導」（x36）は，2023 年度が事前期待 3.69・満足度 4.35（Δ=+0.66），2024 年度が事前期待 3.52・満足度 4.41（Δ=+0.89）と，いずれも大きな上昇を示した．「PBL 活動のマネジメント」（x37）は，2023 年度が事前期待 3.76・満足度 3.98（Δ=+0.22），2024 年度が事前期待 3.82・満足度 4.24（Δ=+0.42）であり，運営面での評価も改善が見られた．

一方，「教員との良好な関係」（x40）は，2023 年度が事前期待 4.51・満足度 4.51（Δ=0.00），2024 年度が事前期待 4.64・満足度 4.55（Δ=−0.09）と，非常に高い評価を維持している．

修了後に関する項目では，全般的に 2024 年度での改善が確認された．「PBL 活動の継続」（x41）は，2023 年度が事前期待 3.47・満足度 3.72（Δ=+0.25），2024 年度が事前期待 3.34・満足度 3.61（Δ=+0.27）で，わずかに上昇した．「起業・創業」（x43）は，2023 年度が事前期待 3.36・満足度 3.19（Δ=−0.17），2024 年度が事前期待 3.11・満足度 3.44（Δ=+0.33）とプラス方向に転じた．「就職・転職」（x44）も，2023 年度が事前期待 3.38・満足度 3.37（Δ=−0.01），2024 年度が事前期待 3.18・満足度 3.70（Δ=+0.52）であり，大きく改善している．

一方，「大学院との継続的な関係性」（x46）は，2023 年度が事前期待 3.96・満足度 3.97（Δ=+0.01），2024 年度が事前期待 4.06・満足度 3.94（Δ=−0.12）で，わずかに低下した．

習得したい能力に関しては，両年度とも高い期待値が示されたが，満足度との差分にはわずかな変化がみられた．

「問題解決力」（x49）は，2023 年度が事前期待 4.38・満足度 4.15（Δ=−0.23），2024 年度が事前期待 4.55・満足度 4.34（Δ=−0.21）であり，ほぼ同水準で推移している．「リーダーシップ」（x51）は，2023 年度が事前期待 4.03・満足度 3.94（Δ=-0.09），2024 年度は事前期待 3.90・満足度 4.21（Δ=+0.31）で，上昇した．また，「プレゼンテーション力」（x54）は，2023 年度が事前期待 4.08・満足度 4.20（Δ=+0.12），2024 年度が事前期待 4.06・満足度 4.25（Δ=+0.19）で，わずかに上昇した．「自己の成長」（x56）は，2023 年度が事前期待 4.60・満足度 4.28（Δ=−0.32），2024 年度が事前期待 4.65・満足度 4.35（Δ=−0.30）と，いずれも高い期待水準を維持している．

「PBL 全般」（x57）は，2023 年度が事前期待 4.38・満足度 4.12（Δ=−0.26），2024 年度が事前期待 4.39・満足度 4.28（Δ=−0.11）であり，マイナス幅が縮小した．

以上のように，年度間比較では，全体平均および主要項目の多くで満足度が事前期待を上回る結果が得られた．一方，「独自性」や「新奇性」では差分が縮小し，学生の関心が創造性中心から社会的・実践的方向へ移行している．いずれの年度も

PBL 全体の評価は高く，教育的効果の安定が確認された．

表 3　PBL 履修前後アンケート（2023・2024 年度）における期待値と満足度の比較

	質問項目	2023年度 事前期待 統計量	2023年度 満足度 統計量	2023年度 差	2024年度 事前期待 統計量	2024年度 満足度 統計量	2024年度 差
1	独自性のあるテーマ	3.91	4.28	0.37	4.32	4.25	(0.07)
2	新奇性のあるテーマ	3.78	4.06	0.28	4.14	4.08	(0.06)
3	社会課題を取り上げたテーマ	3.83	4.22	0.39	4.20	4.38	0.18
4	身近で問題となっているテーマ	3.85	4.32	0.47	4.15	4.30	0.15
5	収益性に着目したテーマ	3.17	3.07	(0.10)	3.51	3.37	(0.14)
6	公共性の高いテーマ	3.54	4.06	0.52	3.93	4.10	0.17
7	難易度が適切なテーマ	2.63	2.88	0.25	3.61	4.06	0.45
8	幅広い知識を求められるテーマ	3.88	4.18	0.30	3.89	4.15	0.26
9	深い専門的な知識を求められるテーマ	4.04	4.22	0.18	3.94	4.20	0.26
10	実務的なテーマ	4.17	4.21	0.04	4.31	4.25	(0.06)
11	学術的なテーマ	3.35	3.75	0.40	3.59	3.69	0.10
12	自身のキャリアや経験とリンクしたテーマ	4.00	3.84	(0.16)	4.07	3.80	(0.27)
13	自身の履修した授業とリンクしたテーマ	3.86	4.00	0.14	3.97	3.87	(0.10)
14	日本国内におけるテーマ	3.22	4.28	1.06	3.83	4.32	0.49
15	グローバルなテーマ	3.40	3.51	0.11	3.35	3.70	0.35
16	誰かから（教員や他メンバから）提示されたテーマ	2.63	3.23	0.60	3.18	4.04	0.86
17	自ら（プロジェクトで）探し出したテーマ	3.70	4.28	0.58	3.59	4.25	0.66
18	PTメンバ全員で取り組むテーマ	3.91	3.90	(0.01)	4.17	4.23	0.06
19	個人で取り組むテーマ	3.38	3.80	0.42	3.28	4.15	0.87
20	PT（Project Team）での活動	4.01	3.71	(0.30)	3.89	4.30	0.41
21	活動時間の長短	3.16	3.31	0.15	3.17	3.93	0.76
22	対面での演習	3.25	3.95	0.70	3.08	4.18	1.10
23	オンラインでの演習	3.67	4.31	0.64	3.77	4.13	0.36
24	学内設備の利用	2.95	3.07	0.12	3.24	3.42	0.18
25	PTメンバの実務・社会人経験のキャリアの豊富さ	3.89	4.09	0.20	3.56	4.21	0.65
26	PTメンバの世代間のバランス	4.00	4.00	0.00	3.08	4.28	1.20
27	異質性（多様性）のバランス	4.07	4.00	(0.07)	3.72	4.24	0.52
28	PTの先輩からの指導・アドバイス	3.63	3.48	(0.15)	3.65	3.87	0.22
29	PTの受け入れ体制	3.89	4.13	0.24	4.18	4.25	0.07
30	他PTの活動との連携	3.42	2.98	(0.44)	3.10	3.51	0.41
31	外部機関の活動との連携	3.83	3.52	(0.31)	3.78	4.11	0.33
32	観察，実験，調査などを通じて関係性を明らかにすることを目指す実証的アプローチによる活動	3.84	4.01	0.17	4.11	4.13	0.02
33	ものごとの因果関係等の関係性を明らかにすることを目指す理論的アプローチによる活動	3.71	3.97	0.26	4.01	3.90	(0.11)
34	活動内容の学会、展示会等での対外発表	3.67	3.81	0.14	3.82	4.06	0.24
35	担当教員の専門分野に関する指導	4.50	4.44	(0.06)	4.57	4.48	(0.09)
36	一般知識に関する指導	3.69	4.35	0.66	3.52	4.41	0.89
37	PBL活動に関するマネジメント	3.76	3.98	0.22	3.82	4.24	0.42
38	PBL活動でのファシリテーション	3.54	4.03	0.49	3.81	4.11	0.30
39	学生同士の活動への関与	3.61	4.06	0.45	3.95	4.30	0.35
40	教員との良好な関係	4.51	4.51	0.00	4.64	4.55	(0.09)
41	修了後のPBL活動の継続	3.47	3.72	0.25	3.34	3.61	0.27
42	他大学への進学	3.44	3.50	0.06	3.30	3.52	0.22
43	起業・創業	3.36	3.19	(0.17)	3.11	3.44	0.33
44	就職・転職	3.38	3.37	(0.01)	3.18	3.70	0.52
45	所属組織内での昇給・昇格	3.17	3.00	(0.17)	3.11	3.30	0.19
46	大学院との継続的な関係性	3.96	3.97	0.01	4.06	3.94	(0.12)
47	コミュニケーション力 - 明確にアイデアを伝え、他者と効果的に意思疎通を行う能力	3.80	3.96	0.16	4.32	4.23	(0.09)
48	協働力 - チーム内で協力し、共通の目標達成に向けて作業する能力	4.04	3.81	(0.23)	4.34	4.28	(0.06)
49	問題解決力 - 実際の課題に対して効果的な解決策を見つけ出し、適用する能力	4.38	4.15	(0.23)	4.55	4.34	(0.21)
50	自己学習力 - 自ら学習目標を設定し、必要な情報を探求し、新しい知識や技術を習得する能力	4.41	4.19	(0.22)	4.38	4.35	(0.03)
51	リーダーシップ - チームやプロジェクトを率い、目標に向けて他者を導く能力	4.03	3.94	(0.09)	3.90	4.21	0.31
52	創造力 - 新しいアイデアや解決策を生み出す能力	3.98	4.06	0.08	4.36	4.11	(0.25)
53	分析力 - 問題を深く理解し、論理的に分析し、考案する能力	3.92	3.92	0.00	4.44	4.24	(0.20)
54	プレゼンテーション力 - アイデアや成果を効果的に伝える能力	4.08	4.20	0.12	4.06	4.25	0.19
55	設計・開発力?- 機能や感性を統合してデザインし、最終的に市場にローンチする能力	3.98	3.84	(0.14)	4.30	4.01	(0.29)
56	PBL演習を通した自己の成長	4.60	4.28	(0.32)	4.65	4.35	(0.30)
57	PBL演習全般　（PBL演習に対する総合的な期待度）	4.38	4.12	(0.26)	4.39	4.28	(0.11)
	全体の平均	3.73	3.87	0.14	3.87	4.08	0.21

4 考察

2024 年度の PBL 実施結果に基づく考察（年度内傾向）

本年度（2024 年度）の調査結果から，PBL の教育実践における安定性と学修者の主体的学びの深化が確認された．まず，全体平均では事前期待 3.87 に対し満足度 4.08（Δ=+0.21）となり，PBL 全体への評価は引き続き良好であった．特に「社会課題を扱うテーマ」「公共性の高いテーマ」など，社会的意義を重視したテーマ設定に対する満足度が高く，PBL の社会実装志向が学修者に共有されていることが示唆された．

活動形式では，「対面での演習」（Δ=+1.10）および「オンラインでの演習」（Δ=+0.36）がともに高評価を得ており，ハイブリッド型 PBL の柔軟な運営が学生の満足度向上に寄与したと考えられる．また，チーム構成要因に関しては，「PT メンバの社会人経験の豊富さ」（Δ=+0.65）や「世代間バランス」（Δ=+1.20）など，多様性を含む学習環境に対してポジティブな評価が示された．

教員に関する項目では，「一般知識に関する指導」（Δ=+0.89）や「活動マネジメント」（Δ=+0.42）など，学習支援型の関与が高く評価されている．一方で，「専門分野に関する指導」（Δ=−0.09）は高水準ながらわずかに低下しており，学生の主体的探究を促す支援スタイルへの移行が進んでいる可能性がある．

修了後の展望に関しては，「PBL 活動の継続」（Δ=+0.27）や「就職・転職」（Δ=+0.52）など，進路意識の広がりが確認された．能力面では「リーダーシップ」（Δ=+0.31）や「プレゼンテーション力」（Δ=+0.19）が上昇する一方，「問題解決力」「創造力」「自己の成長」では小幅なマイナスが見られ，学びの成果を長期的に認識する傾向がうかがえる．

2023 年度との比較に基づく教育的考察（年度間比較）

2023 年度の結果（事前期待 3.73→満足度 3.87，Δ=+0.14）と比較すると，2024 年度は全体の満足度が一段階上昇しており，PBL 教育の安定的運営と改善効果が確認できる．特にチーム関連の項目で伸びが大きく，「社会人経験の豊富さ」（2023：+0.20→2024：+0.65）や「世代間バランス」（2023：+0.60→2024：+1.20）は顕著な上昇を示した．これは，PBL 班構成における多様性確保と経験共有の促進が学習効果を高めた結果と考えられる．

教員支援に関しても，「一般知識に関する指導」（2023：+0.66→2024：+0.89）や「ファシリテーション」（2023：+0.49→2024：+0.30）など，総じて高水準を維持しているが，支援の焦点が「専門知識の提供」から「学習過程の伴走」へと変化している点が特徴的である．また，「対面での演習」（2023：+0.70 → 2024：+1.10）では運営体制の改善効果が現れており，PBL 運営の柔軟性が向上した．

一方で，「自己の成長」（2023：−0.32→2024：−0.30）や「PBL 全般」（2023：−0.26→2024：−0.11）など，主観的満足度の上昇幅が小さい項目もみられた．これは，PBL の継続的実施により学生がより高い期待を抱くようになった結果，基準点が上昇している可能性がある．

総じて，2023 年度から 2024 年度にかけて，PBL 教育は安定性の確保と多様性の深化を特徴とする成熟段階に移行しているといえる．

5 結論と今後の課題

本研究では，2023 年度および 2024 年度に実施した PBL 履修者アンケートの結果をもとに，学修者の事前期待と満足度の関係を分析し，教育実践の安定性と改善傾向を明らかにした．結果として，PBL 教育は継続的な運営を通じて安定化し，学修環境の多様化が進展していることが確認された．とりわけ，チーム構成における社会人経験や世代間の多様性が学びの深まりに寄与していることが示唆された．

また，教員支援のスタイルにも変化が見られ，専門的指導から学習支援・伴走型への移行が進み，学生主体の学びを支える体制が整いつつある．一方で，「自己の成長」や「問題解決力」など高期待項目では，期待値と満足度の差が小さい傾向が続いており，PBL がより高次の学びや長期的成長を促す段階に入っていると考えられる．

今後の課題としては，第一に，事後調査を継続し，縦断的なデータに基づく教育評価を確立すること．第二に，チーム内の心理的安全性や教員支援の適切な介入度を定量的に評価する手法を導入すること．第三に，PBL 修了後のキャリア形成や学びの持続性を追跡する仕組みを整えることが挙げられる．

本研究で得られた知見は，本学の IR 活動における PBL 教育の質保証および教育設計の改善に資するものであり，今後も実践と研究の往還を通じて教育の持続的発展が期待される．

参考文献

1. 文部科学省，「2040 年に向けた高等教育のグランドデザイン（答申）（中教審第 211 号）」，2018.
2. 松尾徳朗，越水重臣，佐々木信夫，川田誠一 他: 高等教育における専門職人材育成モデル，産業技術大学院大学紀要 = Bulletin of Advanced Institute of Industrial Technology, 12, pp. 97-100, 2018.
3. 細田 貴明・岡崎 浩二・松尾 徳朗，「PBL 評価指標の確立に向けたアンケート調査の実施：第一報」，産業技術大学院大学紀要 = Bulletin of Advanced Institute of Industrial Technology, 2023(17): 179–185.
4. 細田 貴明・岡崎 浩二・松尾 徳朗，「PBL 評価指標の確立に向けたアンケート調査の実施：第二報」，産業技術大学院大学紀要 = Bulletin of Advanced Institute of Industrial Technology, 2024(18): 173-178.

デザインコミュニケーションにおける色彩表現の形容詞使用傾向

Adjective usage in color communication for design: Gender and age differences with emerging vocabulary

河西 大介 [1*]
Daisuke Kasai[1*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Daisuke Kasai, kasai-daisuke@aiit.ac.jp

Abstract This study investigates the use of adjectives in color-related expressions within design communication, focusing on variations by gender and age. A web-based survey was conducted with 13 participants (male and female, aged 20s to 50s), who rated the frequency of 50 adjectives from the Color Image Scale on a five-point scale. Non-parametric analyses were applied: the Kruskal–Wallis test indicated no significant differences among age groups, whereas the Mann–Whitney U test revealed significant gender differences for “meticulous,” “elegant,” and “luxurious” ($p < 0.05$). Positive adjectives such as “fun,” “refreshing,” and “luxurious” were most frequently used, consistent with previous findings. Open-ended responses introduced new expressions such as “vivid,” “emo,” “cute,” and “cool,” reflecting contemporary linguistic trends in color perception and digital media. These findings suggest that while traditional descriptive structures remain stable, emerging vocabularies capture modern sensibilities, highlighting the increasing linguistic diversity in color communication within contemporary design.

Keywords impression words; color image scale; adjective usage

1 はじめに

製品開発やブランディングなどのプロセスにおいて、色彩の選定や展開は、コンセプトやブランドイメージを消費者に伝達するうえで欠かせない要素の一つである。色は感覚的な印象を伴い、視覚的情報を超えて心理的・情緒的なメッセージを伝えるため、デザインの意思決定において重要な役割を果たす。こうした色彩の印象を共有するための代表的な手法として、小林重順氏と日本カラーデザイン研究所によって開発されたカラーイメージスケールが広く用いられている[1, 2, 3, 4, 5, 6]。

このスケールは、180 語の形容詞を基盤とした言語イメージスケールをもとに構成されており、130 色の単色イメージスケールと 50 語の形容詞に対応した配色イメージスケールの 2 種類で構成されている。特に配色イメージスケールは、各形容詞とその印象に対応する配色が設定されており、デザイナー間やクライアントとの間で色彩のイメージを共有するための共通言語として、実務・教育の両面で広く利用されてきた。

しかし、これらの形容詞は 1970 年代に設定されたものであり、現代のデザイン環境や多様な価値観、感性の変化を十分に反映しているとは言いがたい。デザインのグローバル化やデジタル化が進む今日においては、色彩を表す言語表現にも時代に即した更新が求められている。

著者らはこれまでに、デザインコミュニケーションにおける色彩表現に着目し、50 語の形容詞を対象に使用頻度分析を行った[7]。この研究では、生活科学部の女子大学生 36 名を対象として、色彩のイメージを表す際にどのような語が多く用いられるかを統計的に検討し、ポジティブな印象を与える語の使用傾向が強いことを明らかにした。しかし、被験者層が若年の女性に限定されていたため、年齢や性別による使用傾向の違いを検討するには限界があった。

そこで本研究では、先行研究で用いた分析枠組みを継承しつつ、年齢および性別の異なる被験者を対象に調査を行い、色彩を表す形容詞の使用傾向に見られる属性間の差異や共通点を明らかにすることを目的とする。これにより、形容詞使用の傾向がどの程度一般化可能であるかを検討し、デザインにおける色彩イメージの言語的共有のあり方に新たな視点を提示することを目指す。

2 研究方法

調査対象

本研究では、前報[7]と同様の手法を用い、被験者属性を拡張して調査を実施した。

被験者は 20 代から 50 代までの男女 13 名（20 代男性 2 名、20 代女性 1 名、30 代男性 4 名、30 代女性 1 名、40 代男性 2 名、40 代女性 1 名、50 代男性 1 名、50 代女性 1 名）である。多様な年齢層および性別を含む構成とすることで、色彩表現における形容詞使用傾向の一般化可能性および属性による差異の検討を目的とした。

調査方法

本研究では、前報[7]で用いた評価手法に準じて調査を実施した。配色イメージスケールに使用されている 50 語の形容詞[6]を対象とし、各語について「全く使用しない」「あまり使用しない」「どちらとも言えない」「よく使用する」「非常によく使用する」の 5 段階で使用頻度を自己評価する Web アンケートを行った。また、自由記述欄を設け、スケールに含まれない形容詞および形容動詞についても回答を求めた。表 1 にアンケート調査に使用した 50 語の形容詞を示す。

なお、本研究における調査設計の詳細（質問項目の構成、回答形式、Web アンケートの実施環境など）は前報[7]に詳述されている。本調査は、産業技術大学院大学研究安全倫理委員会の審査および承認を得て実施した。

分析手法

得られたデータを基に、色彩表現における形容詞の使用傾向を明らかにするための統計分析を行った。まず、回答者の属性（年代・性別）に基づいてデータを群分けし、ノンパラメトリック検定により群間差を検討した。具体的には、年代間（20 代〜50 代）の比較には Kruskal–Wallis 検定を、性別間（男性・女性）の比較には Mann–Whitney U 検定を用いた。

さらに、各形容詞について平均値および平均ランクを算出し、全体的な使用傾向を把握するとともに、頻繁に用いられる語とそうでない語の特徴を比較した。統計処理には Python を使用した。

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

表 1　50 語の形容詞

1	あどけない	26	スマートな
2	子供らしい	27	知的な
3	ユーモラスな	28	風流な
4	たのしい	29	味わい深い
5	ポップな	30	伝統的な
6	カジュアルな	31	本格的な
7	にぎやかな	32	貫禄のある
8	強烈な	33	風格のある
9	行動的な	34	おごそかな
10	エネルギッシュな	35	ダンディな
11	甘美な	36	真面目な
12	ロマンティックな	37	魅惑的な
13	清麗な	38	ぜいたくな
14	のんびりした	39	豪華な
15	やすらいだ	40	野性的な
16	うるおいのある	41	たくましい
17	新鮮な	42	清潔な
18	家庭的な	43	さわやかな
19	くつろいだ	44	青春の
20	温厚な	45	若々しい
21	女らしい	46	明快な
22	気品のある	47	スピーディな
23	優雅な	48	モダンな
24	エレガントな	49	合理的な
25	洗練された	50	緻密な

3　調査結果

年代間の比較

Kruskal–Wallis 検定の結果、50 語の形容詞のうち、「知的な」「温厚な」「くつろいだ」「新鮮な」「ロマンティックな」が相対的に高い統計量を示したが、いずれも有意水準 5%を下回る差は確認されなかった（$p > 0.05$）。このことから、年代間における形容詞使用傾向の差は統計的に有意ではないことが確認された。ただし、一部の語彙では年代による評価傾向の違いが得られた。

性別間の比較

性別間の比較として実施した Mann–Whitney U 検定では、「緻密な」「風流な」「豪華な」において有意差（$p < 0.05$）が確認され、「さわやかな」「本格的な」も有意傾向（$p < 0.1$）が確認された。これらの語は男性被験者群において使用頻度が高い傾向が見られ、性別によって色彩表現に対する印象や語彙選択の違いがあることが得られた。

全体傾向

全体の平均ランクを算出した結果、「たのしい」「さわやかな」「豪華な」といったポジティブな印象を与える形容詞が引き続き高い値を示し、前年度の研究結果[7]と整合する傾向が確認された。これにより、特定の形容詞群が世代や性別を超えて共通的に用いられる傾向を持つことが得られた。

自由記述の分析

配色イメージスケールに含まれない語彙や表現の使用傾向を把握するため、自由記述欄に回答された語を抽出し、頻度分析を行った。回答は 13 名中 5 名から得られ、合計で 20 語以上の多様な表現が確認された。

頻回答内容には、「映える」「エモい」「かわいい」「かっこいい」が挙げられた。また、「単調な」「メリハリのある」「退屈な」「うるさい」といった視覚的印象に関連する語が確認された。さらに、「シックな」「スタイリッシュな」「サイケな」などのデザイン性やファッション性を示す語、および「真面目な」「元気な」「静かな」など人物や雰囲気に関する印象語も確認された。

4　考察

本研究の結果から、デザインにおける色彩表現には、共通して使用される形容詞の傾向、性別や年代による印象表現の違い、そして新しい語彙の出現という複数の特徴が見られたと考えられる。

まず、「たのしい」「さわやかな」「豪華な」などの語が多く用いられる傾向は、色彩を通じて肯定的で快適な印象を伝えようとする意識が広く共有されていることを示唆している。これらの語は前年度の研究結果[7]とも一致しており、色彩イメージを言葉で共有する際に自然に選ばれやすい表現と考えられる。

一方で、性別による違いが示された「緻密な」「風流な」「豪華な」「本格的な」などの語は、色彩に対する注目点の差を反映していると考えられる。男性被験者は構造的・装飾的な印象を表す語を多く用い、女性被験者は感覚的・情緒的な印象を表す語を選ぶ傾向が見られた。これにより、色彩評価の観点が性別によって異なり、多様な視点から形成されていることが考えられる。

さらに、自由記述から得られた「映える」「エモい」「かわいい」「かっこいい」などの語は、従来の配色イメージスケールに含まれていない新しい表現であり、SNS やデジタルメディアに関連する現代的な美的感覚を反映していると考えられる。また、「単調な」「うるさい」「スタイリッシュな」「真面目な」などの語が挙げられたことは、色彩評価が単なる印象の強弱ではなく、使用目的や状況に基づくバランスや調和の観点から行われている可能性がある。

これらの点を踏まえると、現代のデザインコミュニケーションにおける色彩表現は、従来の固定的な形容詞スケールに基づく評価から、文脈や使用目的を踏まえた柔軟で多様な表現へと変化していると考えられる。したがって、デザイナーやクライアント、異なる世代・文化的背景をもつ利用者間で色彩イメージを共有する際には、より幅広い言語的表現を活用できる枠組みの整備が求められる。

5　まとめ

以上の結果から、色彩表現における形容詞の使用傾向は、従来の固定的な評価枠組みを超え、社会的文脈や文化的共有を反映した多層的な体系へと拡張しつつあることが示された。

以上の結果から、色彩表現における形容詞の使用傾向は、従来の静的な評価枠組みを超えて、社会的文脈や文化的共有の観点を含む多層的な体系へと拡張しつつあると考えられる。

6　今後の課題

本研究は、被験者数が限られているため、結果の一般化には慎重な解釈が必要である。今後は、被験者数を拡大し、職業、専門領域、文化背景などの社会的要因を考慮した多変量的分析を行うことで、より精緻な検討が可能になると考えられる。

また、自由記述で得られた語を整理・分類し、次世代の配色イメージスケールの更新や再構築に反映させることが重要である。

参考文献

1. 小林重順，日本カラーデザイン研究所．カラーイメージスケール_Version 2．講談社; 2001.
2. 山脇一宏，椎塚久雄．カラーイメージスケールを利用した音楽の特徴抽出．日本知能情報ファジィ学会誌. 2005;17: 615-621.
3. 清澤雄．かわいい色の調査結果に基づく評価者のクラスター分類とその嗜好特性．日本感性工学会論文誌. 2014;13: 107-116.
4. 小川早紀，萩原将文．イメージ語のクラスタリングを利用した配色支援システム．日本感性工学会論文誌. 2016;15: 287-296.
5. 河西大介，折戸隆樹，大野綾，越水重臣．色彩教育におけるデジタルデバイス用配色トレーニングアプリケーションの開発-アプリケーションの評価と分析-．日本色彩学会第 53 回全国大会発表予稿集. 2022: 155-158.
6. 日本カラーデザイン研究所．配色のイメージスケール WARM-COOL / SOFT-HARD [Internet]. [cited 20 Oct]. Available: http://www.ncd-ri.co.jp
7. 河西大介．デザインのコミュニケーションにおける色彩表現の形容詞使用頻度の分析．東京都立産業技術大学院大学紀要. 2025; 18:109-111.

Open Access This article is licensed under CC BY-NC 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

イタリアの地域カードパターンの文化形質データセットと系統ネットワーク

A dataset of cultural traits and a phylogenetic network for regional Italian playing card patterns

松井 実 [1,2*]

Minoru Matsui[1,2*]

[1] 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[2] トリノ工科大学 Politecnico di Torino
*Corresponding author: Minoru Matsui, xerroxcopy@gmail.com

Abstract Playing-card history is rich in narrative, with abundant digitized scans online, yet machine-readable dataset and rigorous comparative analysis remains scarce. Here we report a snapshot of the development of an open dataset of cultural traits of playing cards, specifically for the Italian regional playing cards, along with its phylogenetic network representation. We treat Italy as a well-defined *micro-world* boundary where four suit traditions (French, Italian, Spanish, and German suits) co-exist. We coded sixteen regional patterns/taxa for suit system, iconography (e.g., sword/baton styles), composition (ranks, courts, indices, borders, mottos), reversibility, and dimensions, among other traits. We then computed mixed-type dissimilarities with Gower distance. We visualized a NeighborNet with high global fit to the input distances (fit = 99.5%). Tree-likeness diagnostics indicated moderate network signal (δ= 0.277; mean Q-residual = 0.0404). The network recovers coherent clusters corresponding to each suit's patterns and broadly aligns with geography, while the German-suited Salzburger shows horizontal transfer signals. Despite relying solely on contemporary mass-produced decks and a small sample, results suggest that historical signals persist and can be extracted from these present-day decks. We provide the dataset as a machine-readable spreadsheet.

Keywords cultural phylogenetics; NeighborNet; evolutionary design

1 背景

イタリア滞在に伴い、真っ先に覚える必要のあった言葉のひとつが、カードでの支払いを伝える際に必要となる伊 *carta*「(デビット・クレジット) カード」であった。日本人の発音はどうしても「かるた」に近くなってしまい、これが現地人には滑稽であるらしい (彼の指導のもと発音を改善しようとしたが一切上達しなかった)。日本語の「かるた」は葡 *carta*「(プレイング) カード」に由来するとされるが、「かるた」という遊びは、いわゆる「プレイングカード」とは次第に袂を分かって定着した。日本で現在広く用いられるプレイングカードは、「トランプ」と呼ばれる♠♥♦♣のフランス式 4 スートと A–K の計 52 枚のイギリス風パターン一系統にほぼ限られている。しかし、明治期以降に広がったイギリス風「トランプ」も、南蛮かるたから発展した「かるた」も、系譜を辿れば少なくとも部分的にはともに同一の祖先 (マムルーク朝のカード) にたどりつく。世界のプレイングカードは地域ごとに枚数や大きさ、材質、スート、図案などが大きく異なる複数の系統に発展してきた。

プレイングカードの起源は中国唐朝とする説が有力で、その伝播の歴史は長大で複雑である。我々のよく知る「トランプ」は膨大な分岐と融合の結果の一つの枝葉にすぎない。その親族の一部を紹介すると、まず起源とされる唐朝のスートは通貨と強く結びついており、当時の印刷技術の進歩がその発展に貢献したとされ、細長い物が多く、100 枚を超えるパターンもある。ペルシャやインドのガンジファは手塗りの円形で 96 枚組が典型的だが、文献上は 360 枚組のものまであり、紙のほかに布、木、象牙、鼈甲などの材質が知られている。マムルーク朝のカードは 250 mm を超える大型のもので、偶像崇拝禁止により人物像がないのが特徴であり、イタリア・スペインのラテン系統のカードの由来とされる。日本ではラテン系統に由来する 48 枚組の天正カルタから派生したとされ、75 枚のうんすんカルタのように 5 スート 75 枚に拡張したものや、12 ヶ月 ×4 枚構成の花札のような極めて分厚く小型の原型を留めないほどにローカライズされたものまである。ヨーロッパではルネサンス以降タロットカードへと派生し、15 世紀イタリアの 78 枚組のものをはじめ、大型のものや 97 枚前後のパターンなどが知られている。中欧のプレイングカードには少ない枚数のデッキが目立ち、たとえばオーストリアのシュナプセンは 20 枚と極めて少ない。

スート数は仏式♠♥♦♣をはじめとして 4 スートが多いが、日本の株札は 1 スートといえるし、中国の 3 スートからうんすんカルタの 5 スート、ガンジファの 8 スートから極端なものでは 18 スートまであるとされる。

輸出入も広く行われており、それが伝播の歴史を更に複雑にしている。ベルギーで生産されたパリ発祥の意匠はバルカン半島や北アフリカ、中東などオスマン・トルコ圏やイタリアのジェノヴァで定着し、スペインからは世界中の植民地に伝播し、土着化した。

こういった伝播の経緯の複雑さを叙述だけに依存せずに定量的に扱うには、図案や構図、スートや札構成、微細な意匠の差などの文化形質を体系的にコード化し、距離化して可視化する文化系統樹の推定が有効といえる。これまでの記述中心のプレイングカード史に対して、データに基づいたナラティブとは独立の定量的な裏付けを与えることが期待される。

ところが、機械可読なフォーマットでプレイングカードの特徴を整理した公開データセットは見当たらず、定量的な比較が手軽に行える環境が整備されているとは言いがたい。プレイングカードの歴史的伝播を論じるために樹形図を示している文献はウェブサイトを除けば見当たらず、文化系統樹の手法を厳密に適用しているものも我々の知る限り報告されていない。その結果、意匠史の豊富なナラティブを、独立のデータ的根拠で検証・更新する基盤が不足している。

そこで、本稿はその空白を埋める研究速報として、世界各地のプレイングカードの文化形質データセットの現時点での整備状況と、その可視化例を報告する。

本稿では世界のプレイングカードのなかでも特に多様なイタリアのプレイングカード carte da gioco を題材に絞り、16 種類の地域パターンをもとに基礎的なコーディングと可視化を行った。次節でイタリアのカードを選定した理由を述べる。

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

なぜイタリアのプレイングカードか

西欧各国におけるプレイングカードのスタイルの違いは歴史を色濃く反映している。イタリア統一は比較的近年で、それまでは多くの都市国家や王国が分立し、そうでなければ近隣国の支配下にあった。統一以前は言語的にも文化的にも小さくない違いがあり、影響はいまだに色濃く残っている。プレイングカードも例外ではなく、地域によって大小の差のある 16 種類が現存し容易に購入可能である。これはフランス（概ねパリ風の一種類に集約されている）、スペイン（概ねカスティーリャ風、加えてカタラン風）、イギリス（フランススートを採用したイギリス風）を大きく上回り、イタリア同様に近年まで統一が遅れたドイツ（多数が廃盤になっており、今も容易に入手可能なのはザクセン風やフランケン風、フランススートを使った Turnierbild など 4 種類程度に限定）よりもやや多様であるといってよい。

イタリアのプレイングカードは単一国内にイタリア系、ドイツ系、スペイン系、フランス系という 4 種のスート系統が現存しているのも特徴的である（ドイツでもドイツ系とフランス系の 2 スートが混在する）。40 枚のデッキが多いが同じ地域内でも 52 枚や 36 枚の構成で販売されるものも少なくなく、この点でも多様である。

ドイツのプレイングカードも、イタリアほどではないものの歴史的多様性は高いが現行の量産品の品種は数系統に収束している影響で、現行品の購入による詳細なデータ収集が困難で追試の容易さで劣る。フランスやスペイン、英米は一国内現行量産モデルの多様性に乏しいため、それだけを取り上げるには不向きである。多様な地域固有の意匠が凝縮しているのはイタリアのプレイングカードである。

理想的には、考古学的資料から販売が継続しているものまで含めて膨大な形質データを用意し、そこから文化系統樹を推定してマクロスケールの歴史を復元するのが正攻法的アプローチだが、初期段階で対象を広げれば形質データは不均質になることが懸念される。まずは再現が容易な小さな地域での手法の妥当性を検証してから、段階的に拡張すべきだと考えた。そこで本稿では、ここまで述べてきたように多様性が単一国に凝縮したイタリアの carte da gioco を境界が明確な「小世界」として最適と判断して採用し、形質的距離から系統関係をどこまで復元できるかを最小限のデータセットで検証する。

2 イタリアの16種類のパターン

イタリア各地のプレイングカードのデザインは Wikimedia commons などのウェブサイトである程度確認できるが、全地域種が揃っているわけではなく、製造者も撮影者も製造年もカード品質も均質ではない。そのため Dal Negro 社製造の 16 種類のセット *Completo Carte Regionali Italiane*, Cod. 010100（以下「16 種セット」）を使用した。このセットに含まれるデッキはイタリア統一期（19 世紀後半）、とくに 1862 年に制定された全国的なカード課税法下で、地域ごとの代表的な図案が行政的要因によって統合・固定化されたのちに成立した近代的標準形である。そのため、統一以前の各地の工房ごとの図案の多様性はこの 16 種セットにはほとんど反映されていない点に留意が必要である。特に、16 種類をイタリアの地域カードの定型として確立し普及させたのは Dal Negro 社と Modiano 社による量産であった。

以下に、16 種セットに含まれる地域カードのパターンについてそれぞれ説明する。特記がない限りすべて 40 枚組である。現時点でのイタリアのプレイングカードの機械可読なデータセットは Google Spreadsheets 上 [1] で公開した。以下で `Region` のように等幅文字で示した語はスプレッドシート内のパターン列（`pattern`）に記載したものに対応する。

フランス系統 Picche-Cuori-Quadri-Fiori

日本で現在広く知られる♠♥♦♣のフランススートを使用しているパターン群であり、その名のとおりフランス起源の 4 スートが北西イタリアへ流入し定着したと考えられている。後述のドイツスートが 15 世紀末にフランスに流入し、印刷技術の制約から単純化した図案とされる。

日本では「スペード」とよばれる♠は英語で英 *spades*「鋤」でもあるが、スート名としての語源は伊 *spade*「剣」もしくは西 *espada* に由来するとされる。いっぽう、♠のフランス語名は剣ではなく仏 *piques*「長槍」であり、同様にイタリア語でもフランス系統スートでは♠を伊 *picche*「長槍」と呼ぶ。♠の図案じたいはドイツスートにおける独 *Blätter*「葉」に由来し、剣でも長槍でもない。ドイツの葉の図案がフランスで単純化・抽象化された結果、本来の意味は脱落し、「槍に似ている」と再解釈され命名されたと解釈できる。♠のスート名はフランスでもイタリアでも「長槍」であって剣ではないが、イタリアやスペインなどのラテン系のスートで用いられる剣モチーフと近縁である。しかし国際的に広く知られるフランス系統の 1 パターンであるイギリス風においてはフランスから♠の図案を輸入しながらも、名称だけはラテン系の伊 *spade*「剣」や西 *espadas*「剣」を引き継いだ。その結果、図案（長槍）と名前（剣）がずれることとなった。

♥ 仏 *cœurs*「心臓」/伊 *cuori*「心臓」/英 *hearts*「心臓」はドイツスートとほとんど同じ形状であり、名称も独 *Herzen*「心臓」と同義で、図案と名称に混乱をきたすことなく一貫して伝播した。

♦は仏 *carreaux*「タイル」で、由来的にはドイツスートの独 *Schellen*「鈴」に相当するが、フランスへの移行の過渡期には三日月スートであった時期もあり、鈴→三日月→タイルという図案の継承にはある程度の連続性がみられるとされる。英語では英 *diamond*「ダイヤモンド」になり、富を表すという点では、ラテン系統での金貨（伊 *denari*、西 *oros*）に意味的に近接している。この図案はイタリアにおいてはイギリス同様フランスでの「タイル」の意味が失われ、*quadri*「四角」とよばれている。

♣仏 *trèfles*「クローバー」は前述の♠と似た経緯で、図案としてはドイツスートの *Eicheln*「どんぐり」をもとにしているがその名称は脱落し、フランスで単純化・抽象化された図案が見た目だけでクローバーの葉に似ているとされ命名されたと解釈できる。イタリアでは伊 *fiori*「花」と意味がやや変容しているが、植物関連であるという点では連続性がある。イギリスにおいては♠の名称と同様に、英 *clubs*「棍棒」は図案はそのままに名称だけラテン系の伊 *bastoni*「棍棒」や西 *bastos*「棍棒」を引き継いだ結果、図案（ドイツのどんぐり→フランスのクローバーの葉）と名称（ラテンの棍棒）がずれることとなった。日本でも♣をクローバーと呼ぶことがあるが、これはフランス語由来もしくは図案からのフラン

ス同様の類推と考えられる。

`Piemontesi` ピエモンテ風。1700 年代のサヴォイア公国/ピエモンテむけ輸出用のドーフィネ風を起源とする https://i-p-c-s.org/pattern/ps-63.html。全スートのエースに装飾がされているのが特徴で、水平分割による両頭。40 枚組のほかに 36 枚組と 52 枚組がある。

`Milanesi_Estere` ミラノ風。19 世紀のデザインをもとにしている https://shop.dalnegro.com/blog/carte-regionali-nord-italia/。16 種セットに収録されている、裏が青い輸出用の `Milanesi_Estere` (Cod. 015011) はコーナーにインデックスがふられているが、裏の赤い `Milanesi` (Cod. 015009) はインデックスがふられておらず、より伝統的な意匠となっている。隣接のピエモンテ風と同様、両頭で水平分割。Lombarde (ミラノが位置するロンバルディア州風) とも呼ばれる。

`Genovesi` ジェノヴァ風。ほぼ同等のベルギー風パターンと一緒に「ベルギー・ジェノヴァ風」とくくられることも多い。ベルギー・ジェノヴァ風は国内標準で課税対象の *portrait officiel*（パリ風）を避ける輸出版のひとつとして成立した。パリ風と比べると、斜め分割線にビーズ様の装飾がない、人物名が付記されない、青ではなく緑を使うなどの回避策が特徴である。パリで B.P. Grimaud によって 1860 年前後に製造されたパターンがベルギー・ジェノヴァ風の原型である https://i-p-c-s.org/pattern/bgp.html。ベルギー風は特にカジノ用途で大規模に輸出され各地に定着したが、特にジェノヴァでインデックスのないジェノヴァ風として広まった。斜めの分割線が特徴である。40 枚組のほかに 36 枚組と 52 枚組がある。

`Toscane` トスカーナ風。フランス系統で唯一の単頭である。Modiano 社などが販売する同一意匠の大判版で `Fiorentine` フィレンツェ風というバリアントがあり、サイズが `Toscane` の 58 mm ×88 mm に対して 67 mm ×101 mm である。これをトスカーナ風にまとめるべきかは判断がわかれるが、今回の分析では別々とした。

ドイツ系統 Foglie-Cuori-Campanelli-Ghiande

`Salzburger` ザルツブルク風。イタリア国内で唯一のドイツスート（♠相当が伊 *foglie*「葉」、♥相当が伊 *cuori*「心臓」、♦相当が伊 *campanelli*「鈴」、♣相当が伊 *ghiande*「ドングリ」）を採用する。オーストリアの都市ザルツブルクで成立したドイツ系統のパターンが起源である。南チロルやトレントは中世以来オーストリア（ハプスブルク）領であり、ドイツ語を用いる共同体としてドイツ系統のスートを用いる文化があった。第一次世界大戦の帰結としてイタリアに編入されたのちも、ザルツブルク風として現存している。Salisburghesi とも呼ばれる。

イタリア系統 Spade-Coppe-Denari-Bastoni（儀仗）

イタリア系統のスートは♠相当が伊 *spade*「剣」、♥相当が伊 *coppe*「杯」、♦相当が伊 *denari*「コイン」、♣相当が伊 *bastoni*「バトン（儀仗）」であり、次節で紹介するスペイン系統と非常に似通っている。大きな差は、spade がスペイン系統で見られるヨーロッパらしい直剣ではなく曲刀（いわゆるシミター）であること、杯がより角ばっていることが多いこと、そしてなにより、バトンがスペイン系統でみられる節だらけの木の枝・棍棒ではなく、儀仗であることである。細長いコンパクトなパターンが多いのもイタリア系統の特徴である。

`Trentine` トレント風。イタリア系統の例に漏れず細長い（54 mm ×100 mm、アスペクト比 0.54）。最古級とされ、次で述べるベルガモ風とブレシア風の源流といわれる。40 枚組のほか、52 枚組がある。

`Bergamasche` ベルガモ風。トレント風よりも一回り小さく隣接するミラノ風と全く同じサイズ（51 mm ×91 mm）で、アスペクト比はイタリア系統のなかで最も高い 0.56 である。ベルガモ空港はミラノの空港とみなされているが、プレイングカード上では大きく系統が異なる。両頭でわずかに斜めの分割。

`Bresciane` ブレシア風はベルガモ風よりもさらに小さく、16 種類のなかで最も面積が小さい（43 mm ×89 mm）。トレント風からの派生とされ、アスペクト比は 0.483 と 16 種類のなかで最も細長い（そのため 16 種中で最小面積だが最短ではない）。イタリア国内で唯一 52 枚構成しかない。

`Trevisane` トレヴィーソ風。次のトリエステ風の源流とされる。アスペクト比は 0.495。40 枚組のほか、52 枚組もある。Trevigiane とか Veneto とも呼ばれる。

`Triestine` トリエステ風はスロベニアやクロアチアなどの中欧との関連が強い。サイズはトレヴィーソ風よりも少し幅広短小となりサイズはわずかに小さく、トレント風と同じ（54 mm ×100 mm、アスペクト比 0.54）。

`Primiera Bolognese` ボローニャ風。Tarocco Bolognese と区別するために Primiera が付記される。両頭で、分割は水平が多いがわずかに斜めのものもあり、また単純な線で分割されないものもある。

スペイン系統 Spade-Coppe-Denari-Bastoni（棍棒）

南イタリアは伝統的にアラゴン→スペイン副王統治→ブルボンとイベリア系王朝による支配が続いた。その影響で剣・杯・金貨・棍棒というスペイン系スートが南イタリアで定着した。spade は直剣で bastoni がバトンではなく節だらけの木の枝、棍棒である。

`Piacentine` ピアチェンツァ風は北イタリアのエミリア・ロマーニャのパターンだが、周囲をフランス系統やイタリア系統に囲まれている。これはナポレオンのフランス軍が 18 世紀後半に持ち込んだスペイン系統の Aluette というデッキの模倣から出発したためという説が一般的である。その特異な成立経緯にもかかわらず、ナポリ風に次ぐ知名度を誇り、全国で使用されている。その Aluette 由来からフランコ-スペインパターンの亜種として分類される。かつては単頭だったが、20 世紀中頃からスペイン系統では唯一両頭となった（水平分割）。サイズは 51 mm ×91 mm で次のロマーニャ風やフランス系統のミラノ風、イタリア系統のベルガモ風と等しい。

`Romagnole` ロマーニャ風も Aluette 由来であり、フランコ-スペインパターンの亜種と解釈できる。ピアチェンツァ風と似るがナポリ風やシチリア風と同様の単頭である。

`Napoletane` ナポリ風。イタリア国内で誰もが知るパターン。ナポリ風と、次に紹介するシチリア風はマドリード風に由来する

とされる。3 ♣にみられる棍棒を束ねるグロテスクな面がアイコニックで、単頭。サイズは 51 mm ×82 mm で次のシチリア風やフランス系統のピエモンテ風と等しい。

`Siciliane` シチリア風。ナポリ王国との関連が深かったのもあり、ナポリ風に似る。ヴィネットとよばれるスートやランクと無関係の図案が多数添えられているのが特徴で、単頭。

`Sarde` サルディーニャ風。イタリア半島からやや離れてスペインに近いサルディーニャ島で一般的なパターンで、スペイン系統のなかでも特にスペイン本国でみられる意匠との類似性が高い。スペインのカードと同様に、インデックスが角に配置され絵札が 11-13 ではなく 10-12 相当である。サイズは 58 mm ×88 mm でフランス系統のジェノバ風やトスカーナ風と等しい。単頭。

3 データセットの整備

以下で `trait` のように等幅文字で示した語はスプレッドシート内での列名に対応する。

形質のコーディング

`spade`, `heart`, `diamond`, `club` には♠ (picche/foglie/spade); ♥ (cuori/coppe); ♦ (quadri/campanelli/denari); ♣ (fiori/ghiande/bastoni) に相当するスート名を伊語で示した。`exist_sword` は剣があるか、`sword_style` は剣のスタイルで直剣 (straight)/曲刀 (scimitar)。`exist_bastoni` は広く bastoni でくくられるバトンや棍棒があるか、`bastoni_style` には細かくスペイン系統の棍棒（club）かイタリア系統のバトン (baton) かを、`exist_coppe` は広く杯があるか、`coppe_shape` には細かくスペイン系統の丸い杯かイタリア系統に多い角張った杯か（ボローニャ風のみ丸い）、また `coppe_handle` には杯に持ち手がつくか（Napoletane, Siciliane, Sarde にはハンドルがある）。`width` はカードの幅 (mm)、`height` はカードの長さ (mm)。どちらも製造者によって微妙に違うが、ここでは Dal Negro 社のものに統一した（Toscane の大判版である Fiorentine のみ Modiano 社の Toscane 85 をもとにした）。`aspect_ratio` は幅/長さのアスペクト比で大きいほど横長。`surface_area` は面積 mm^2。`count_total_cards` は合計枚数。`exist_1` から `exist_13` はそれぞれのランクが存在するか。`exist_point_card` はベルガモ風にのみ同梱されるポイント表示用カードがあるか。`queen_equivalent` は女王にあたるカードが女王かどうか（Queen/Not Queen)。`max_pip` は数札の最大ランク（7 か 10）で、`gap_pip_to_court` は数札からコート（絵札）までのギャップ（連続している場合最小の 1、40 枚組では 4 のことが多いが Sarde のみ 3 である)。`courts_set` はコートの意匠の組で、”Fante-Donna-Re”/”Unter-Ober-König”/”Fante-Cavallo-Re” である。`face_numbering` はコートのランクの範囲で”10-12” (Sarde) もしくは”11-13” (それ以外)。`reversible` は両側から使えるか (”double” 両頭/”single” 単頭) で、`reversible_style` は両側から使えるパターンの分割スタイルで、水平分割なら”horizontal”、斜め分割なら”slash” とし、単頭の場合 `NA` とした。`exist_king_throne` は王が玉座に座っているかで、両頭の場合 `NA` とした。`count_colour` は黒以外の印刷色数。`is_skin_coloured` は肌色が塗られているか。`exist_pip_indices` は数札に、`exist_court_indices` はコートにインデックスがあるか。`count_pip_border` は数札の、`count_court_border` はコートのボーダー数（0-2)。`exist_pip_border` は数札にボーダーがあるか。`is_border_round` はボーダーがあるとしたら角丸かどうか（なければ `NA`)、`exist_court_motto` はコートに、`exist_ace_motto` はエースにモットーが書かれているかどうか。`back` は裏側の意匠がジェネリック (”common”) か、そのパターン特有（”special”）か。`back_detail` はその意匠の種類である。

系統ネットワークの推定

プレイングカードのデータセットに含まれる文化形質には `length` のような連続量、`sword_style` のような名義尺度、`exist_*`（形質の有無）のような二値データが混在する。そのため、各形質ごとにデータを「0-1 の値をとる不一致度」に正規化し、重み付きで平均する距離法である Gower 距離によってタクソン間の距離を算出した。Gower 距離は連続・順序・名義・二値尺度など混在した型を一気に扱えるうえ、連続量のスケール差を気にしなくてよく、しかも形質の有無のような二値情報に関しては (Jaccard 距離と同様に）非対称に設定すれば「存在しない」もの同士は比較から除外することができるため、複雑な文化形質データを扱う上で有益である。実装は上記スプレッドシート [1] 内の `patterns` シートのうち、スートシステムの情報（例:`"French"` や`"Italian"`）などのメタデータを落とした文化形質データのみを R 上で`{cluster}`の `daisy(metric = "gower")` 関数を用いて算出した。40 枚組が標準的なパターン（例：ピエモンテ風）については 40 枚組のみをデータに含め、36 枚組や 52 枚組は除外した。トスカーナ風のサイズ違いであるフィレンツェ風はデータに加えたため、総計 17 種類となっている。`exist_*`ではじまる形質は「それが存在するか否か」であるため、`daisy()` 関数内で非対称な二値データとして扱った。

距離行列を CSV で書き出して SplitsTree v6.0.0[2] で読み込み、NeighborNet[3,4] 法で可視化した。推論アルゴリズムは既定の `ActiveSet` を選択した。

4 文化系統ネットワーク推定

現段階（snapshot for AIIT bulletin バージョン）での文化形質データセットをもとにした、NeighborNet による文化系統ネットワークの推定結果を図 1 に示す。ネットワーク全体の樹状性を示すδスコア（低いほど樹状、高いほどネットワーク状）は 0.277 であった。Q-残差スコアは 0.0404 であった。これらは中程度の混合・水平伝播を示唆する。イタリア、フランス、スペインの各系統の形成するクラスタをそれぞれ色付けした（`I_`はイタリア系統、`S_`はスペイン系統、`F_`はフランス系統、`G_`はドイツ系統を表す)。市販現行品に限定した分析でも、歴史的シグナルをとりだしうることを示唆する。NeighborNet 図は回転や反転してもなんら問題はないため、北を上とした地図を想定してイタリア系統のスプリットの上にフランス系統のスプリットを、左にスペインを置くとドイツを含め各国の地理的関係を粗く再現している。異彩を放つザルツブルク風は特に水平伝播の影響が色濃く、どちらかと

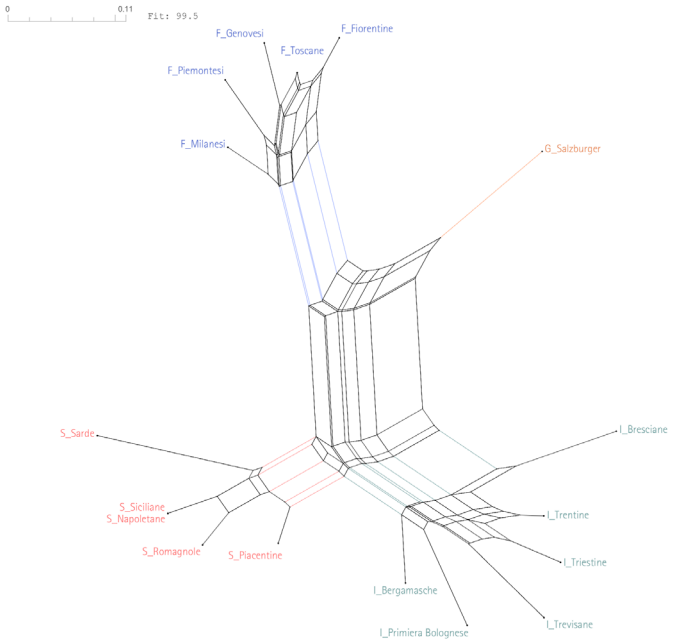


図 1　16 種類 (+サイズ違い 1 種類) のイタリアの地域カードの文化形質をもとにした NeighborNet による系統ネットワーク。右上の Fit: 99.5% は最小二乗適合度（高いほど距離行列をよく再現）。

いうとフランス系統に近く配置されている。

5　おわりに

本稿ではイタリアという小さな地理的範囲に限定してデータセットを整備してきた研究の現時点での到達点をまとめ、予備的な可視化を提示した。小規模データであっても、系統に対応するクラスタと地理的整合性をある程度確認できた。

一方で、本稿での標本は Dal Negro 社（わずかに Modiano 社）による製品の標準化以後に偏っており、イタリア統一以前の地域内多様性や、廃盤となった意匠を十分に捕捉できていない。また、形質の独立性は理想化であり、重み付けやスケール化の選択によって大きく結果が変わる可能性がある。また、データ範囲をイタリアに限定したため、近隣国での標準的パターンや、国内パターンの祖先とされる国外史料との直接比較などは今回のデータセットの射程外である。これらは今後の拡張で系統的に検証する必要がある。

今後はこのデータセットを足がかりに、(1) イタリアのタロットカード、(2) ドイツ、フランス、スペイン、スロベニアやクロアチアなどイタリアのプレイングカードとの関連の強い近隣国のバリアント、(3) 各地域の歴史的パターンへの訴求、さらには (4) 日本のかるたや始祖とされる国の紙牌など非ヨーロッパ圏の統合を進める。

本データセットの公開を通じて、叙述中心に傾きやすいプレイングカード史を、独立した定量データによって検証・更新する基盤へ発展させることを目指す。

参考文献

1. Matsui M. Dataset for the italian playing cards. Google docs. 2025.

2. Huson DH, Bryant D. The SplitsTree App: interactive analysis and visualization using phylogenetic trees and networks. Nat Methods. 2024;21: 1773–1774. doi:10.1038/s41592-024-02406-3

3. Bryant D, Huson DH. NeighborNet: improved algorithms and implementation. Front Bioinform. 2023;3: 1178600. doi:10.3389/fbinf.2023.1178600

4. Bryant D, Moulton V. Neighbor-net: an agglomerative method for the construction of phylogenetic networks. Mol Biol Evol. 2004;21: 255– 265. doi:10.1093/molbev/msh018

Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

学修満足度ダイナミクス研究を進めるための予備的検討

Preliminary study to advance research on the dynamics of learning satisfaction

牧野 千里 [1*]

Chisato Makino[1*]

[1]東京都立産業技術大学院大学　Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Chisato Makino, makino.chisato.xg@alumni.tsukuba.ac.jp

Abstract　The author has discussed enrollment management for working adult learning and the dynamics of learning satisfaction in order to realize this enrollment management before. In this article, assuming that the learning satisfaction function is expressed as a linear combination, the author discusses "clarifying the relationship between changes in facial expression and learning satisfaction" and "the possibility of treating the dynamics of learning satisfaction as a function" prior to starting research for “Dynamics of learning satisfaction”. Regarding clarifying the relationship between changes in facial expression and learning satisfaction, although the technology for “the relationship between facial expression changes and emotions that last for a very short time” has been largely established, further basic research is required on "the relationship between facial expression changes and emotions that last for a few tens of minutes." Regarding "the possibility of treating the dynamics of learning satisfaction as a function”, the order statistics approach is thought to be the most promising approach for treating the dynamics of learning satisfaction as a function, but large-scale research is needed.

Keywords　dynamics; learning satisfaction; facial expression; normed linear space

1　はじめに

著者は既報にて、社会人教育用エンロールメントマネジメント（EM）の必要性及びその設計を提案し[1]、更に、本 EM 設計に先立ち学修者の学修期における学修満足度の動的挙動（学修満足度のダイナミクス）評価の必要性について述べた[2]。学修者が学修障壁により学修満足度が低下してしまうという場合、適切な学修サポートを適切なタイミングで提供できれば、学修満足度は維持できると考えられる（図 1 ）。この学修障壁を検出する方法として、(i) 学修期間を通しての学修障壁の検出（1 日から数週間の期間における検出方法）、(ii) 講義中の学修障壁の検出（数秒から数分における、迅速検出方法）の 2 法を提案している[2]。

(i)は講義の後、質的・量的調査により、学修障壁の種類/タイミング、学修サポートの種類を整理し、学修満足度の数値化/関数化がある程度可能であると考えられる。なお学修障壁は、講義の内容、講義環境等から推定できると考えられ、さらにどのような学修サポートを提供したかは講師側で把握できるため、純粋に、学修満足度の数値化/関数化が課題となる。一方、(ii)では講義中における学修者の反応、主に表情変化から学修障壁発生のタイミングを検知する必要がある。学修障壁の種類及び提供した学修サポートについては(i)で述べた通りである。この時、「表情変化と学修満足度の関係の明確化」が学修満足度ダイナミクス研究遂行の上で大きな課題となる。

次に、”学修満足度の数値化/関数化がある程度可能”と先に述べたが、この点においても大きな課題がある。学修満足度のダイナミクスを議論する上で、文献[2]に示したように、学修全体の満足度 $\boldsymbol{S}^{x}(m, t)$ を各目標における学修満足度 $\boldsymbol{s}^{x}{}_{n}(\boldsymbol{g}(m, t), t)$ の線型結合で表現することを前提とするのであれば、学修満足度はノルム線型空間上の数値である必要があるためである。その理由は、（a）データ間の距離の概念が明確、(b）収束性の議論が容易（特定の「値」に収束するのか、発散するのかを数学的に考察容易）、(c）線型演算子が定義しやすい、が挙げられ、特に(a)は重要な理由となる[3]。学修満足度自体は心

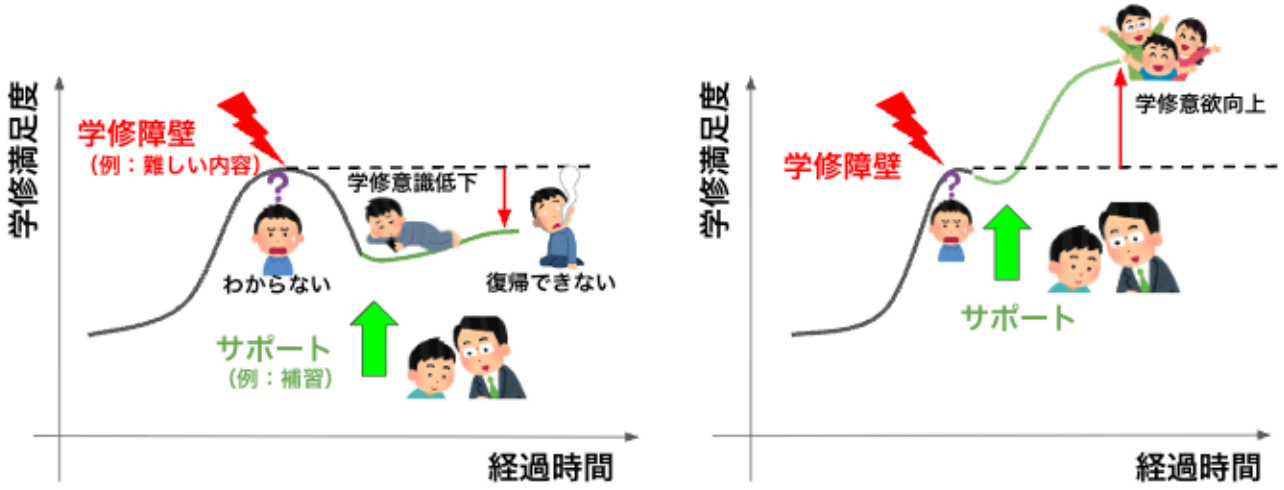


図 1　学修満足度のダイナミクスの一例（イメージ図）。　a）同じサポート（↑：質および量は同じとする）でも、学修者に与えるタイミング（満足度が異なる）によって、その後の学修満足度変化量への影響は変わることがある。文献[2]より転用。挿絵：いらすとや

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

理量であるため[4]、特別な解析処理を施さない限りは、一般的にノルム線型空間上にある値とはならない。よって「学修満足度のダイナミクスを関数として扱うことの可能性」も研究遂行の上で大きな課題となる。

本稿では、学修満足度のダイナミクスの検討を開始する前に、「表情変化と学修満足度の関係の明確化」、「学修満足度のダイナミクスを関数として扱うことの可能性」、について予備的検討を実施したので報告する。

2　表情分析の現状

FACS (Facial Action Coding System)

Ekman らは解剖学的視点から、可視的な顔面動作（顔面の筋肉の動き）を区別できる Facial Action Coding System（FACS）を開発した[5-6]。約 30 種類の顔面動作（AU: Action unit）を検知して比較的短期的な感情を推測することに活用されている。

表情計測の例

表情変化自体の顔の動きの経時変化は評価可能であり、市販アプリケーションも報告されている[7]。表情の時間的変化、さらには非常に短時間の表情変化（微表情[8]）の検出も可能である。顔の動作コード（Facial Action Code: FAC）[5-6]は、顔の動きを解剖学的に分析した結果から導き出されている。FAC 測定では、顔の筋肉の動き（各部位変化の順序、時間的変化（時間的符号化））に基づいて顔の動作を詳細に表現している。具体的には、オンセット（Onset）：筋肉の収縮が始まる時点、アペックス（Apex）：最大収縮に達した時点、オフセット（Offset）：筋肉の収縮が終了する時点、を計測する。その上で、持続時間：各 AU がどの程度の時間継続したか、強度変化：時間の経過とともに表情の強度がどう変化したか、複数 AU の協調：異なる筋肉群がどのようなタイミングで連動したか、をデータ化する。

以上から、現時点で表情の経時変化については、ほぼ正確に評価できる技術が確立されていると言える。

3　感情の定義

感情の定義

定義として、感情（affect：喜び、悲しみ、怒り、恐怖、驚き、嫌悪）を情動（emotion）、気分（mood）に分けるという説明がある[9]。感情が上位概念であり、情動、気分は下位概念となる。ここで、情動は強度が強く、短期的な感情を意味し、その感情が向けられる対象や原因が比較的明確であるものとされる。一方、気分は、強度が弱く、やや持続的な感情である（図 2）[9]。本研究に例えるならば、講義中の学修満足度は情動、学修期間におけるそれは気分に連動すると考えられる。本稿では講義中の比較的長時間（数十分程度）の感情も情動と呼ぶことにする。

文献[1-2]では、(i) 質的・量的調査による学修期間を通しての学修障壁の検出、(ii) 講義中の表情変化による学修障壁の検出、を提案しているが、学修全体の学修満足度 $\boldsymbol{S}^{x}(m, t)$、各目標における学修満足度 $\boldsymbol{s}^{x}{}_{n}(\boldsymbol{g}(m, t), t)$ 、の線型結合モデル化の可能性についても十分予備検討が必要と考えている。

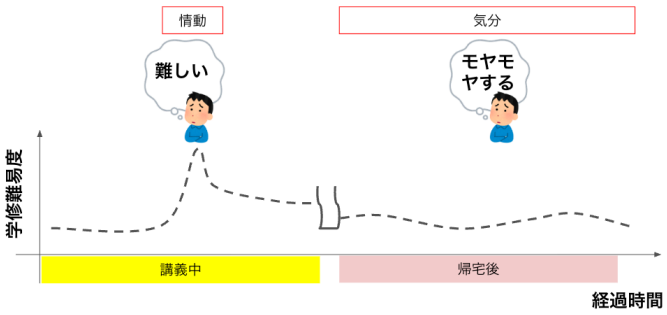


図 2　情動と気分のイメージ図。講義中に何らかの学修障壁により、学修難易度が上がり、“なんだこれ？”、“難しい！”と感じる。この感情は、長時間は続かないものの、帰宅後も何かしら“モヤモヤ”、“腹落ちしない”、”講義の内容がわからなかったけど大丈夫かな”、という状態となってしまう。文献[9]より著者が作図。挿絵：いらすとや

4　表情変化と学修満足度の関係の明確化

“学修満足度のダイナミクス” を表情変化から評価する場合、“表情から感情への変換”、“感情から学修満足度への変換”の関係を明確にする必要がある。“感情から学修満足度への変換”は本研究で探究しなければならないが[2]、“表情から感情への変換”は現時点の技術でどの程度可能であろうか。

表情変化からの感情計測の例

自然な顔の表情は、感情体験の具体的な側面を示し、感情強度の変化は各 AU の強度レベルの時間的変化から推定される[10]。表情変化からの感情計測の例としては、AU と幸福感の関係の検討が報告されている。AU の頻度、持続時間、最大強度が幸福感と相関するとされる[10]。

基本感情の識別方法として、Ekman が提唱した 6 つの基本感情については、特定の AU パターンとの対応関係が確立されている[5-6]。例としては、

喜び：AU6（頬の持ち上げ）＋AU12（口角の引き上げ）
怒り：AU4（眉毛の引き下げ）＋AU5（上まぶたの引き上げ）
　　＋AU7（下まぶたの緊張）

があげられる[5-6]。ただし、この表情の持続時間は長くても数分程度であり、例えば数十分の講義時間にわたって感情推定できるわけではないことに注意が必要である。

さらに感情とは直接関係ないが、表情と欺瞞の関係に関する報告がある[11]。この報告では、リアルタイム判定をしているわけではなく、さらに経時変化まで評価できているわけでもない。但し特筆すべきことは、表情は身体の動きに比較し制御されやすく、欺瞞に関して言えば、身体の動きを評価した方が望ましいとも述べられている。本研究では、表情に特化することを想定したが、体勢についても表情と同様に考慮する必要があるかもしれない。

表情変化からの感情計測の現状

上述のように表情変化自体のダイナミクスは評価可能であり、微表情の検出を含め、感情、特に極短時間の感情（情動：emotion）

表出の検出には非常に有効であると考えられる[12]。一方、数十分程度の情動の経時変化を検出する（すなわち講義時間を通じて情動を検知する）ことはさらなる研究が必要であると考えられる。

5　学修満足度のダイナミクスを関数として扱うことの可能性

学修満足度の数値化

学修満足度は心理量であり潜在変数の一種である[4]。文献[2]でも触れたように、線型結合で表現された関数を確立するために、例えば潜在変数モデリング[13]等の検討が必要である。さらに、学修満足度の変化をノルム線型空間上で扱う必要が生じるわけであるが、そのための対策が必須となる[4]。ではどのような方法が考えられるであろうか。現在の研究動向を参考に、学修満足度を関数として扱うことの可能性について以下に述べる。

学修満足度変化量のノルム線型空間上の定義によるアプローチ

文献[2]では、学修満足度は、社会人学修者の学修目標に対する達成度で数値化/関数化は可能であろうと述べた。これは、履修生個々人の目標に対して、目標通り：0、目標を上回った：1、想定外に得るものがあった：2、目標を下回った：-1、目標を下回り損失があった:-2 というような表現をする方法である[2]。この手法で得られる数値にて、直接ダイナミクスの解析ができれば、最もシンプルではあるが、実際には困難である（図3：「目標を上回った」→「想定外に得るものがあった」の大きさと、「目標通り」→「目標を上回った」の大きさは同じではないと考えられる）。

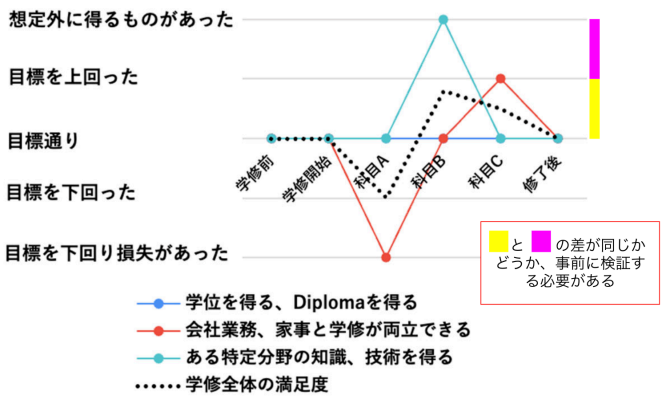


図3　学修満足度におけるノルム線型空間整備の必要性。文献[2]の図を用いてあらためて作図したもの。学修者個々人の変化を追うことが可能であるが、「目標通り→目標を上回った」の大きさと、「目標を上回った→想定外に得るものがあった」の"大きさ"が同じかどうかは別途研究が必要である。

この課題に対して、学修満足度の変化量をノルム線型空間上で定義する[4]、あるいはノルム線型空間上にある"ものさし"に変換する対策が考えられる。

前者の方法としては、例えば、「目標を上回った」→「想定外に得るものがあった」の差を 10、「目標通り」→「目標を上回った」のそれを 15、という数値に変換できることを別研究にて確立するというものである。

後者の方法としては、学修満足度の値をノルム線型空間上にある"ものさし"に変換するためには、例えば、学修満足度を費用に変換するというような別研究を行い、評価基盤を整える必要がある。

いずれの方法においても、成果が得られるか否かは明確ではない。

順序統計学的なアプローチ

学修満足度のような順序尺度（順番に意味を持たせる尺度のこと。目標を下回り損失があった→目標を下回った→目標通り→目標を上回った→想定外に得るものがあった、という順序が挙げられる）のデータを解析するアプローチである。

方法として、例えば、各満足度の構成比、分布、最大値、最小値を採用する方法、あるいは満足度低から高へ並べて、その中央値（累積中央値）を採用する方法、が考えられる[14]（図4）。

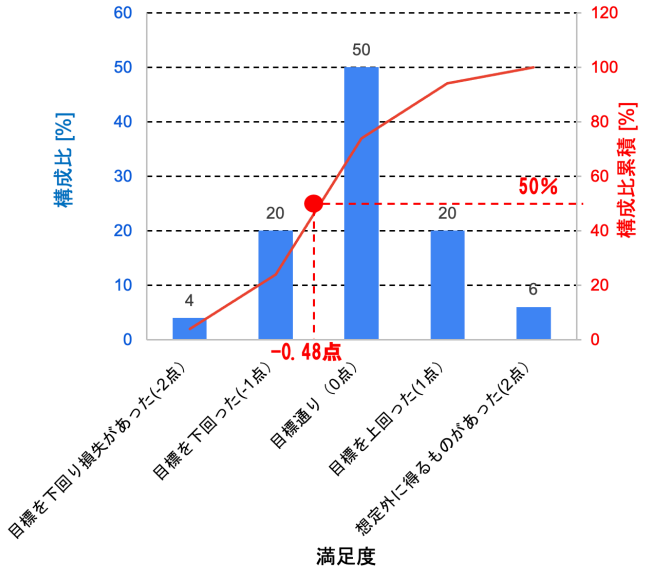


図4　学修満足度におけるノルム線型空間整備の必要性。満足度の大きさを議論するわけではなく、集団の中の構成比の変化を評価する。構成比（人数比）はノルム線型空間上で表現されるため、ダイナミクスの議論が可能である。一方、累積中央値の場合、学修満足度の点数がノルム線型空間上にないため、ノルム線型空間上の定義検討が必要である。

前者の例として、各満足度の比率を指標とした場合がある。すなわち、期待通り：50 人中 25 人（50 %）、期待より高い：50 人中 10 人(20 %)、期待より非常に高い:50 人中 3 人（6 %）、期待より低い：50 人中 10 人（20 %）、期待より非常に低い：50 人中 2 人(4 %)、というような形式になる（図4、青柱）。この手法は、満足度の点数（例えば、目標を上回った：1 点）を採用せず、人数を変数とした分布を評価するため、ノルム線型空間上での学修満足度の評価が可能となる。但し、学修者個人の学修満足度変化を計測し、平均化、関数化することになるため、研究推進において、非常に多くの研究対象者を募る必要がある。解析するためには研究対象者群（属性を整えた学修者集団）の n 数（人数）を多く確保する必要があり、かつ属性数を h とすれば、研究対象者総数は n•h 人となる。大規模研究が必要となる。

後者の例としては、図 4 の赤プロットで示したように、学修満足度の累積中央値を指標とするものである（図 4 の場合、50 %累積時点の満足度は-0.48 点となる）。学修者集団の学修満足度変化を認知する方法に適するが、この方法における学修満足度の点数はノルム線型空間上にないため、ノルム線型空間上の定義検討が必要となる。

ノンパラメトリック手法によるアプローチ

非ノルム線型空間上の順序尺度データにおいて検定を行う場合、ノンパラメトリック手法による解析が用いられることがある[15]。例えば、研究対象者群の学修満足度平均値の経時変化前後の学修満足度差のみを検定する方法であり、有用ではある。しかし、学修満足度の値はノルム線型空間に上のものではないため、ノルム線型空間上の定義検討が必要となる。

情報論的解析によるアプローチ

情報論的解析方法の一つとしてマルコフ連鎖モデルが知られている[16]。この手法は学修満足度の「状態」とその「遷移確率」という概念で動的変化を表現できる。学修満足度の変化を確率で表現するため、図 5 に示すような、学修満足度の上昇、あるいは降下を確率で表現、あるいは図 6 に示すような学修満足度分布の遷移を確立で表現する方法である。例えば図 5 の場合、「期待より低い」から「期待通り」に移行する確率は 60 %、というように読み取ることができる。

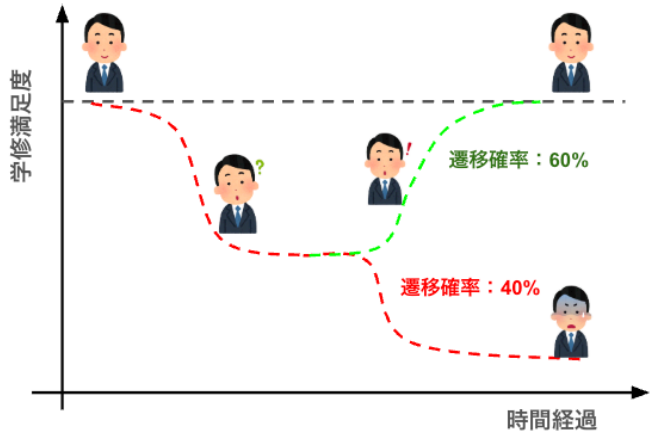


図 5　　マルコフ連鎖モデル解析における学修満足度遷移確率イメージ。挿絵：いらすとや

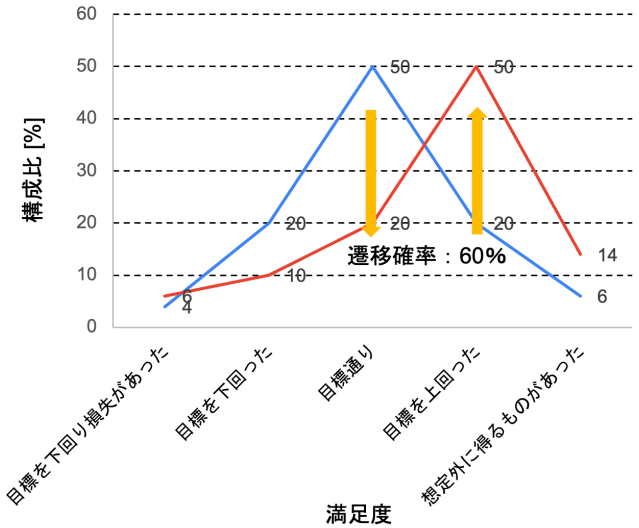


図 6　　マルコフ連鎖モデル解析における学修満足度遷移確率イメージ。青線のプロットから赤線のプロットに分布が遷移する確率を表現。

図 6 の場合、学修者集団の学修満足度分布が青線から赤線に移行する確率は 60 %、というように読み取ることができる。学修サポート提供前後というような経時的パラメータを加味することもできる。但し、例えば「目標を下回った」と「目標通り」の距離をノルム線型空間で表現できているわけではないため、文献[2]で述べられているダイナミクス解析を行うためには、ノルム線型空間上の定義検討が必要となる。

学修満足度ダイナミクス研究を進めるための条件

学修満足度のダイナミクスを関数として扱うことの可能性について、事前検討事項を述べたが、まとめると以下のようになる。

- 心理量である学修満足度を関数として扱うためには、ノルム線型空間上のデータを扱うことが望ましい。
- そのためには学修満足度変化量をノルム線型空間上で定義を事前研究として行う必要がある。但し、成果が得られるか否かは明確ではない。
- 学修満足度変化量のノルム線型空間上の定義によるアプローチであれば、学修満足度の変化量をノルム線型空間上で定義する、あるいはノルム線型空間上にある“ものさし”に変換する対策が考えられる。
- 順序統計学的アプローチであれば、学修者集団の学修満足度変化を関数化可能であり、最も可能性が高いと考えられるが、研究対象者総数を多く確保する必要がある。
- ノンパラメトリック手法、情報論的解析手法によれば、経時変化前後の差を検定するのであれば、この方法は有用である。但し、学修満足度の値はノルム線型空間上のものではないため、ノルム線型空間上の定義検討が必要となる。

6　　まとめ

本稿では、“学修満足度のダイナミクス”の研究を始めるにあたって、「表情変化と学修満足度の関係の明確化」、「学修満足度のダイナミクスを関数として扱うことの可能性」、について予備的検討を行い、結果を以下にまとめた。

- 「表情変化と学修満足度の関係の明確化」については、「表情変化と情動（emotion：極短時間の感情）の関係」の技術についてはほぼ確立されているが、「表情変化と情動（数十分程度の感情）の関係」はさらなる基礎研究が求められる。
- 学修満足度関数を線型結合で表現することを前提とするのであれば、「学修満足度のダイナミクスを関数として扱うことの可能性」については、順序統計学的アプローチが最も可能性があると考えられたが、大規模研究等が必要である。

謝辞

東京都立産業技術大学院大学橋本学長には心理量の取り扱い、特にノルム線型空間における取り扱いについてご助言をいただきました。また、表情評価、表情変化から感情変化への推定については、(株) エモスタ CEO 小川修平氏よりご助言をいただきました。最後にこの様な機会を設けてくださった東京都立産業技術大学院大学諸先生方、事務局の方々に深謝致します。

参考文献

1. 牧野 千里，橋本 洋志. 社会人教育用エンロールメントマネジメントの提案及びその設計. 産業技術大学院大学紀要. 2024;(17): 186-191.
2. 牧野 千里，橋本 洋志. 社会人の学修過程における学修満足度のダイナミクス. 産業技術大学院大学紀要. 2025;(18): 179-184.
3. 竹内慎吾. 数学のとびら　関数解析：基本と考え方. 東京: 裳華房;2023.
4. 井上裕光. 心理量を測る−現状とその問題点−. 人間工学. 1994;30(3):137−140.
5. Paul Ekman, Wallace V. Friesen, Measuring Facial Movement. Environmental Psychology and Nonverval Behavior. 1976;1(1): 56-75.
6. Paul Ekman, Wallace V. Friesen, Joseph C. Hager. Facial action coding system. 2nd ed. Salt Lake City, UT: Research Nexus eBook; 2002.
7. AI ソリューション.（株）エモスタ. [cited 26 September 2025]. Available from: https://emosta.com/ja/solution/
8. 野口芹奈，臼井昇太. 微表情を用いた心身状態推定システムの要素技術開発. 電気・情報関係学会九州支部連合会. 06-1P-09 [Preprint]. 2022: 191.
9. 北村英哉，田中知恵. 気分状態と情報処理方略（２）-SAC モデルの改訂-. 東洋大学社会学部紀要. 2007;45(2): 87-98.
10. Paul Ekman, Wallace V. Friesen, Sonia Ancoli. Facial signs of emotional experience. Journal of Personality and Social Psychology. 1980;39(6): 1125-1134.
11. Paul Ekman, Wallace V. Friesen. Detecting deception from the body or face. Journal of Personality and Social Psychology.1974; 29(3): 288-298.
12. Sidney D'Mello, Art Graesser. Dynamics of affective states during complex learning. Learning and Instruction.2012; 22: 145-157.
13. 古川徹生，石橋英朗. 潜在変数モデルのメタモデリング：最適輸送距離の観点による考察. The 38th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence. 2M5-OS-24-02[Preprint]. 2024: 1-2.
14. 大谷拓哉. 理学療法の科学と研究. 2013;4(1): 9-13.
15. 浜田和久馬. 解説論文　ノンパラメトリック検定の考え方. アプライト゛・セラヒ゜ューティクス. 2015;6(2): 63-69.
16. 安田浩二，鬼束俊一，松浦忠孝，中川孝之. マルコフ連鎖モデルによる火力土木設備の劣化評価と点検頻度の合理化. コンクリート工学. 2018;56(1): 83-87.

東京都立産業技術大学院大学修了生アンケート調査報告

Advanced institute of industrial technology graduate survey report

池水 守彦[1*] 細田 貴明[1] 松尾 徳朗[1]

Morihiko Ikemizu[1*] Takaaki Hosoda[1] Tokuro Matsuo[1]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
[*]Corresponding author: Morihiko Ikemizu, ikemizu-m@aiit.ac.jp

Abstract The Japanese Cabinet has indicated the necessity of a “new trinity of labor market reforms” as one of its economic growth measures. One pillar of this trinity is “strengthening reskilling support.” Traditionally, educational outcomes were assessed through surveys of current students. Given our university’s large proportion of working adults, it is necessary to confirm whether graduates are applying their educational achievements in their work and to reflect these results in our educational curriculum. This time, we surveyed graduates, including those who completed their studies up to 10 years ago, to assess the current status of educational outcomes aligned with our university's diploma policy. The results confirmed that graduates are effectively applying the “advanced knowledge, skills, and competencies” outlined in our diploma policy in the real world. We also confirmed that graduates continue to maintain their “self-directed learning ability” after graduation. Regarding “specialized knowledge and skills,” 82.1% of graduates reported these skills remained useful even more than five years after graduation. Future research will focus on enrollment management from pre-admission through graduation.

Keywords recurrent education; graduate school graduates; diploma policy

1 はじめに

日本政府が取り組んでいる「新しい資本主義」では“賃上げと投資が牽引する成長型経済の実現”を目指している[1]。実現するためにも人への投資・多様な人材の活躍推進の必要性とともに、三位一体の労働市場改革の必要性が示されている[1]。三位一体の労働市場改革とは、“リスキリング（学び直し）支援の強化”、“ジョブ型人事制度の普及”および“成長分野への労働移動の円滑化”である[2]。三位一体の労働市場改革指針の中でも“「キャリアは会社から与えられるもの」から「一人ひとりが自らのキャリアを選択する」時代となってきた”と述べられている[2]。つまり、労働者個人が自立的に学び直しを行うことが求められている。学び直しに関する政策的支援は 5 年間で 1 兆円を予定しており、また個人への直接的支援が過半になるような制度設計に変化していく[2]。学び直しによって個人が得た新たなスキルを使って、成長分野への転職やジョブに紐付いた新たな給与を得ることにより所得増加を狙っている。このように個人が選択する学び直しが今後主流になり、その価値が高まり続けている。

上述のような背景があり、学び直しのマーケットは拡大している。株式会社矢野経済研究所によると、社会人向け大学が提供する科目履修や修士課程、民間学習企業が提供する教育プログラムなどのリカレント教育の市場規模は 2020 年度では 436 億円であり、CAGR 5 ～ 7 %の増加を見込んでいる[3]。特に政府が掲げるアドバンスト・エッセンシャルワーカーと呼ばれるデジタル技術等も活用して現在よりも高い賃金を得るエッセンシャルワーカーの育成のため、リカレント教育では AI や DX などデジタル科目が増えている[3]。業務に必須となりつつあるデジタル科目に社会人の履修希望が集まるためである。

急激なリカレント教育市場の拡大に対して、教育の質的保証も重要となっている。従来から大学の内部質保証の強化のため、大学 IR（Institutional Research）が活用されている。特に 3 つのポリシーである学生の受入方針（アドミッションポリシー（AP））・教育課程の編成・実施方針（カリキュラムポリシー（CP））・学位授与方針（ディプロマポリシー（DP））に沿った学習成果の測定・検証は文部科学省が進める第 4 期認証評価制度の中でも求められている[4]。本学においても 3 つのポリシーと学習成果の測定・検証は教学の継続的改善を図っていくために重要である。本学では社会人学生が約 90%と多いため、実社会の本学の教育の成果を継続的に確認することは特に重要となる。なお、本調査研究は、本学に設置されている高度専門職人材教育研究センターにおける IR 活動として行うものである。

2 関連研究

本章では、文部科学省が委託研究を行った令和 5 年度先導的大学改革推進委託事業「専門職大学院におけるリカレント教育・ リスキリングの現状・課題に関する調査研究」[5]（以降文部科学省調査とする）について報告する。本章は文部科学省調査を参照している。本学と同じ専門職大学院を扱った調査研究であり、本調査研究の参考となる。

概要

文部科学省調査では専門職大学院（教育側）調査、社会人学生（受講者側）調査並びに企業（社会人が所属している企業）調査の 3 つのステークホルダーを対象に調査が行われた。調査方法はアンケートといくつかの調査対象に対するヒアリングで構成されている。

専門職大学院調査

社会人に対するリカレント教育・リスキリングに関する取組状況や課題等を把握するために、専門職大学院 80 専攻に対してアンケートを実施した。教育側への調査項目となっており、主に教育カリキュラムに対する質問となっている。社会人学生に対する教育方法、授業形式、カリキュラム内容、並びに修了要件などである。社会人学生に対する教育において専門職大学院が最も重視して育成している知識・スキルは「業務に直接役立つ専門的・先端的・高度な知識・スキル」であった。一方、社会人学生側は「業務を支える幅広い知見・視野」をもっと持ちたいと考えている。大学院側と社会人学生側に差があることが分かる。社会人学生に対する教育に関して複数の課題を抱えている。例えば、30 歳～40 歳代の社会人学生に対しては子育

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

てと学習の両立の支援が課題となっている。

社会人学生調査

社会人学生のリカレント教育・リスキリングの状況や成果・課題等を把握するために実施した。専門職大学院に在学中の社会人学生 768 件及び修了生（在学当時社会人だった者）647 件から回答を得た。職業は 6 割弱が会社員であった。就業状況は 8 割超が働きながら学習している。主な学習の理由・目的は「業務を支える幅広い知見・視野を得るため」、「業務に必要な専門的・実践的な知識を得るため」であった。学ぶ中での課題は「仕事と学習の両立による疲労」、「勉強時間を確保するのが難しい」が 6 割近くであり、高い回答率であった。学びによる企業内での変化は、「より難易度の高い業務に取り組めるようになった」が 5 割近くの回答であった。一方、処遇やキャリアの変化は 1 割程度とあまり報われていない結果であった。より多くの社会人が学びたくなるカリキュラム内容は「最先端にテーマを置いた内容」が最も多かった。所属企業に対する要望は「専門職学位や資格所持者に対しインセンティブを設ける」が最も高く、「学習にかかる費用を企業が負担もしくは一部負担する」、「勤務時間の短縮を制度や規定で定める」が続いた。社会人学生が感じている課題を企業側から支援して欲しいと考えている。

企業調査

社員のリカレント教育・リスキリングの支援の状況や専門職大学院の活用状況について把握するために実施した。専門職大学院社会人学生・修了生の在籍している 122 件、在籍していない 108 件、在籍が不明 60 件の合計 290 件のアンケートの結果を得た。このうち 64 件が社会人学生の企業派遣の経験がある。派遣の目的は「業務に関連する理論的・体系的な知識・スキルを得てもらうため」、「業務に関連する分野に留まらない幅広い知見・視野を得てもらうため」が 多かった。組織の中核を担う人材を育てるため、外部から客観的に自社をみる視点を持ってもらうためなど人材育成の視点が含まれている。学習の成果として「業務に直接役立つ基礎的な知識、スキル」、「分野の業界の体系的・理論的な知識・スキル」について派遣元は評価をしている。一方、企業の持つ課題は「本人の業務に支障をきたす」、「部署等、周囲の業務に支障をきたす」、「学習費用の負担等により、経費がかかる」が多く、負担を感じていた。社会人学生の処遇については、「処遇に変化があった社員はいない」が最も高くなっていた。企業側が専門職大学院に求めるカリキュラム内容は「独創的な発想による問題解決能力を養う内容」、「知識に基づいた深い洞察力を養う内容」が高い要望である。今後の専門職大学院活用については「どちらともいえない」が半分を超える回答となった。

３つの調査のまとめ

専門職大学院の社会人学生の大半は自己選択としてリカレント教育を受けている。また、学生の 6 割が所属先企業からの支援や配慮を受けていない。社会人学生の目的は「業務を支える幅広い知見・視野を得るため」「業務に必要な専門的・実践的な知識を得るため」が多い。身に着けたい知識・スキルを社会人学生は得ている。また、修了生の約半数は専門職大学院での学びを「難易度の高い業務に取り組めるようになった」と回答しており、専門職大学院での学習が実務にも活かされていることが分かる。一方、①専門職大学院の重視する教育と社会人・企業のニーズの乖離、②社会人学生の仕事と学習の両立、③学習費用の負担の 3 つの課題があることが分かった。

文部科学省調査では全国の専門職大学院を対象に調査しており、マクロな状況と課題把握には意義が高い。一方、専門職大学院は各分野に特化しているため、マクロな状況と専門職大学院それぞれの状況を照らし合わせながら継続的な改善を図る必要がある。よって本学においても社会人学生について調査研究を行うこととしている。

3　本学修了生アンケート調査

今回、高度専門職人材教育研究センターでは 2014 年度から 2023 年度に本学を修了した学生に、在学中に身につけた知識や能力およびそれらの社会での有用度など、教育成果の検証、修了生による教育内容の評価、社会での経験に基づく大学への意見等を聴取し、教学の改善や目指すべき人材像の検討などに資する基礎資料を得ることを目的としてアンケートを実施した。主な調査項目は、在学中に身についた知識や能力、在学中の取り組み、大学で得られたものが卒業後に役立っているか、である。同時に現在の属性についてもアンケート項目に含めている。

調査期間と方法

調査は、2025 年 2 月 16 日から 2 月 26 日にかけて実施した。修了生には、在学時から 10 年間使用可能なメールアドレス、または修了時の連絡先メールアドレスに対して、Web アンケートの案内を送付した。回答は Google Forms を使用し、オンラインで行った。

対象者と回答状況

修了後 10 年前に当たる 2014 年度から直近の 2023 年度までの情報アーキテクチャ（専攻）コース、創造技術（専攻）コース、事業設計コースの修了生 943 件に案内を送付し、18.9%にあたる 178 件の回答が得られた。表 1 に各年度の回答状況を示す。

表 1　修了年度毎のアンケート案内送付数と回答数

修了年度	2014		2015		2016		2017		2018	
コース	送付	回答	送付	回答	送付	回答	送付	回答	送付	回答
情報アーキテクチャ	48	3	35	11	51	11	44	6	57	10
創造技術	49	1	46	4	50	3	28	2	39	5
計	97	4	81	15	101	14	72	8	96	15

修了年度	2019		2020		2021		2022		2023		計	
コースor専攻	送付	回答	送付	回答	送付	回答	送付	回答	送付	回答	送付	回答
情報アーキテクチャ	52	9	42	7	43	10	42	12	51	20	465	99
創造技術	53	4	46	10	44	8	40	11	30	15	425	63
事業設計工学	—	—	—	—	16	3	20	4	17	9	53	16
計	105	13	88	17	103	21	102	27	98	44	0	0

質問内容

本学のディプロマポリシー[6]に関連するアンケートを実施した。

A）プロジェクト遂行に関わる能力（6 つの能力）

「q11:分析力」、「q12:問題解決力」、「q13:情報活用力」、「q14:創造力」、「q15:設計・開発力」、並びに「q16:プレゼンテーション力」について現在の実務への発揮状況を質問した。

回答は「a11:十分発揮している」、「a12:ある程度発揮している」、「a13:どちらかといえば発揮している」、「a14:どちらかといえば発揮していない」、「a15:あまり発揮していない」、並びに「a16:全く発揮していない」を選択肢とした。曖昧さを回避するために 6 件法を使用した。

B）環境への適応に関わる能力（5 つの能力）

「q21:自己学習力」、「q22:コミュニケーション力」、「q23:協働力」、「q24:リーダーシップ」、並びに「q25:適応力」について現在の実務への発揮状況を質問した。

回答は A）と同じ選択肢とした。

C）授業や講義、PBL などの学業面や課外活動、友人関係など在学中全般で得られたものは、修了後にあなたの人生を豊かにするなど役に立っていますか（4 つの目的）

「q31:仕事のために」、「q32:所得や地位を向上させるために」、「q33:私生活を充実するために」、並びに「q34:職業以外の社会活動や社会貢献のために」について現在の役立ち状況を質問した。

回答は「a31:十分役立っている」、「a32:ある程度役立っている」、「a33:どちらかといえば役立っている」、「a34:どちらかといえば役立っていない」、「a35:あまり役立っていない」、並びに「a36:役立っていない」を選択肢とした。曖昧さを回避するために 6 件法を使用した。

さらに修了後に役立っていること、修了後も継続している活動、並びに本学に修了後に期待していることを質問した。

D）在学中に得られたもので、現在の仕事や私生活、社会的な活動などに役立っていると思うものは何ですか

「q41:専門的な知識やスキル」、「q42:グローバルな視野」、「q43:幅広い教養や視野」、「q44:倫理観や行動規範」、「q45:友人関係・人間関係」、「q46:教員との関係」、「q47:積極性やコミュニケーション能力などのスキルや態度」、並びに「q48:産技大を修了したということ」の中から役立っていることについて複数選択で回答を求めた。

E）修了後の活動として、現在行っているもの

「q51:修了生コミュニティや AIIT 研究所に参画」、「q52:企業内や同業種での同窓の集まりに参加」、「q53:同年度入学単位での同窓活動に参加」、「q54:PBL 単位での同窓活動に参加」、「q55:個人的な友人関係が継続している」、並びに「q56:産技大が行う講演会やイベントに参加」の中から行っていることについて複数選択で回答を求めた。

F）修了生から産技大に期待する内容

「q61:修了生同士の交流や懇親」、「q62:仕事に関連する情報交換」、「q63:博士後期課程への進学支援」、「q64:新しい知識や情報の修得」、「q65:大学の最新情報の発信」、並びに「q66:aiit アカウントの使用・授業の動画配信視聴・図書館利用など修了生特典の延長」の中から期待することを複数選択肢で回答を求めた。

アンケート結果の分析

A）プロジェクト遂行に関わる能力についての回答の分布を図 1 に示す。

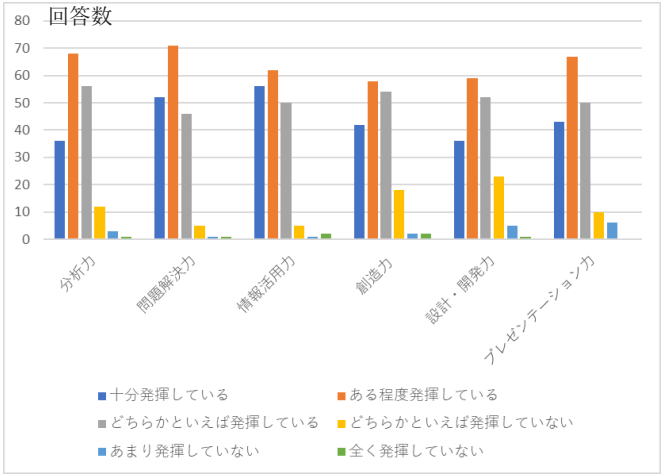


図 1　　プロジェクト遂行に関わる能力の回答分布

6 つの能力とも現在の実務に発揮していると回答している修了生が 84%から 96%と多いことがわかる。

B）環境への適応に関わる能力についての回答の分布を図 2 に示す。

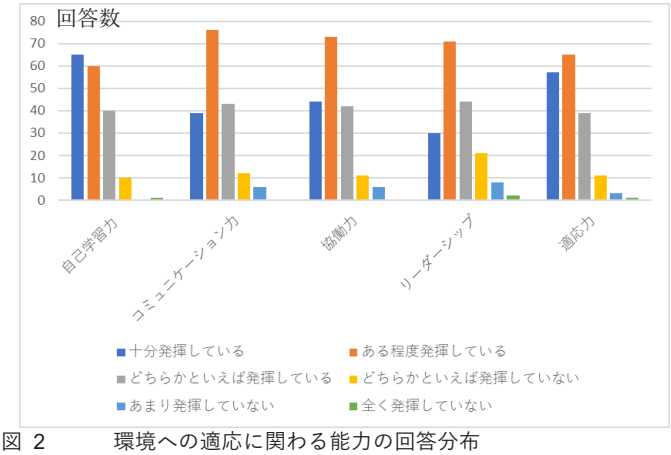


図 2　　環境への適応に関わる能力の回答分布

5 つの能力とも現在の実務に発揮していると回答している修了生が 83%から 94%と多いことがわかる。

C）在学中に得られたものの人生を豊かにする役立ちについての回答の分布を図 3 に示す。

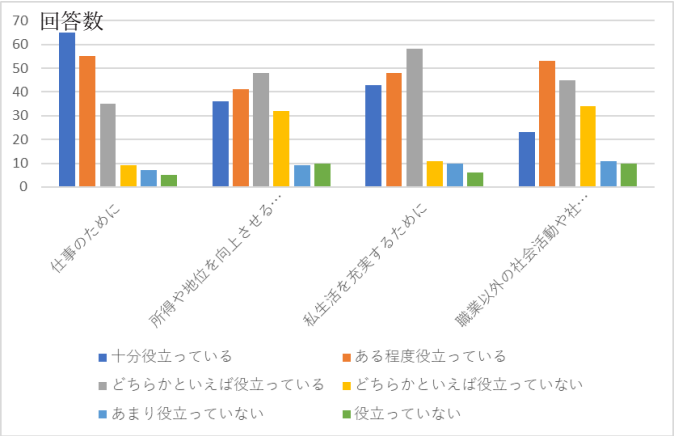


図 3　　在学中に得られたものの現在の役立ちの回答分布

役立っていると回答している修了生が 69%から 88%と項目によってばらついている。そこで a31、a32、a33（“ポジティブ”とする）と a34、a35、a36（“ネガティブ”とする）の 2 分類で集計し、各質問の有意差をカイ 2 乗検定により追加評価を行った。表 2 に評価結果を示す。

表 2　　在学中に得られたものの人生を豊かにする役立ちのカイ 2 乗検定結果

	q31	q32	q33	q34
ポジティブ回答数	157	127	151	123
ネガティブ回答数	21	51	27	55
ポジティブ標準化残差	3.52	-3.76	2.05	-4.43
ネガティブ標準化残差	-3.52	3.76	-2.05	4.43

カイ 2 乗検定の結果、p=0.0000 となり、項目間で有意差がある結果が示された。標準化残差から仕事のためには役立っているが処遇や仕事以外への役立ちが相対的に低い結果となっている。

D）在学中に得られたもので、現在の仕事や私生活、社会的な活動などに役立っていると思うものの分析を行った。時間経過とともに陳腐化して役立たなくなることを想定して、2014 年度～2018 年度修了生と 2019 年度～2023 年度修了生の 2 群に分けて、分析を行った。表 3 に評価結果を示す。

表 3　　在学中に得られたものの現在の役立ちのカイ 2 乗検定

	2014-2018 年度修了 56 名	2019-2023 年度修了 122 名
	人数、人数比率%、標準化残差	
q41	46、82.1%、 2.50	91、74.6%、 -2.50
q42	14、25.0%、 2.59	21、17.2%、 -2.59
q43	19、33.9%、 -0.19	53、43.4%、 0.19
q44	15、26.8%、 2.14	24、19.7%、 -2.14
q45	38、67.9%、 0.96	41、33.6%、 -0.96
q46	23、41.1%、 -0.58	35、28.7%、 0.58
q47	20、35.7%、 -0.63	50、41.0%、 0.63
q48	24、42.9%、 -0.22	45、36.9%、 0.22

2 群の有意差をカイ 2 乗検定で評価したところ、p=0.0014 であり、有意差があることが分かった。項目間では 2014 年度～2018 年度修了生が専門的な知識やスキル、グローバルな視野、倫理観や行動規範の 3 項目について 2019 年度～2023 年度修了生よりも役立ち度が高い方向で有意差が示された。

E）修了後の活動の分析も、経時変化により、大学側との距離が広がっている可能性があり、2014 年度～2018 年度修了生と 2019 年度～2023 年度修了生の 2 群に分けて、分析を行った。表 4 に評価結果を示す。

表 4　　修了後の活動として、現在行っているもののカイ 2 乗検定

	2014-2018 年度修了 56 名	2019-2023 年度修了 122 名
	人数、人数比率%、標準化残差	
q51	11、19.6%、 -0.19	26、21.3%、 0.19
q52	5、8.90%、 0.09	10、9.20%、 -0.09
q53	11、19.6%、 0.44	18、14.8%、 -0.44
q54	13、23.2%、 -0.42	26、21.3%、 0.42
q55	34、60.7%、 1.15	49、40.2%、 -1.15
q56	19、33.9%、 -1.13	38、31.1%、 1.13

2 群の有意差をカイ 2 乗検定で評価したところ、p=0.834 であり、有意差が無い結果となった。

F）修了生から産技大に期待する内容も経時とともに変化する可能性があり、2014 年度～2018 年度修了生と 2019 年度～2023 年度修了生の 2 群に分けて、分析を行った。表 5 に評価結果を示す。

表 5　　修了生から産技大に期待する内容のカイ 2 乗検定

	2014-2018 年度修了 56 名	2019-2023 年度修了 122 名
	人数、人数比率%、標準化残差	
q61	28、50.0%、 0.28	62、50.8%、 -0.28
q62	23、41.1%、 0.44	41、33.6%、 -0.44
q63	29、51.8%、 -0.11	66、54.1%、 0.11
q64	39、69.6%、 0.82	71、58.2%、 -0.82
q65	17、30.4%、 0.05	33、27.0%、 -0.05
q66	45、80.4%、 -1.18	93、76.2%、 1.18

2 群の有意差をカイ 2 乗検定で評価したところ、p=0.949 であり、有意差が無い結果となった。

4　　考察

本学のディプロマポリシーである「高度な知識、スキル、コンピテンシー」について A）および B）の質問で修了生が実社会で発揮できているかを確認した。その結果、すべての質問で

高いポジティブな回答が得られた。特に「問題解決力」と「情報活用力」は他のコンピテンシーと比較しても高い回答であった。これは本学の特徴である PBL の教育の成果であると言っても問題ないであろう。

また、「自己学習力」が修了後も十分発揮できているとのポジティブな回答が相対的に一番多いことは特筆に値する。これは 2 年間の在学期間中に学習の重要性を理解し、継続できていることを示す。これは、本学の教育の成果であると言っても過言ではないだろう。

本学で得た知識や能力や人間関係が仕事のために役に立っているとの回答が相対的に一番高かったことは教職員としては何にも代えがたい成果である。一方、所得や地位を向上させるための役立ち度が仕事のためと比較すると低いことが示されている。これは文部科学省調査[5]でも同じように示されており、本学特有ではない。仕事のためには役立っているが、所得や地位の向上には役立度が低いことは年功序列制度や転職が少ないなどの日本の雇用制度の影響も大いにあると考えられる。文部科学省も処遇に反映されにくいことを課題として理解している[7]。今後、三位一体の労働市場改革の中でも改善が図られると期待される。今後は修了生の属性との関係などを明らかにする予定である。

「専門的な知識やスキル」が修了後 5 年超でも 82.1%が役に立っていると回答されている。そのうちの 78%が自己学習力にポジティブな回答をしており、継続して学習を続けていると想定される。これは「aiit アカウントの使用・授業の動画配信視聴・図書館利用など修了生特典の延長」や「新しい知識や情報の修得」の回答が高かったことにもつながると考えられる。継続的な学習の延長としてさらに高い学位である「博士後期課程への進学支援」を 50%超の修了生が望んでいることからも伺われる。

5 まとめ

修了生の多くが継続的学習・新しい知識の獲得を望んでいることが分かった。本学は常に先端技術の学習を提供することができているため、このような学習環境を修了生にも積極的に提供することも可能である。例えば生成 AI に関する講義である。機械学習などの AI の分野の技術発展は早く、常に新しい技術習得が実社会で求められる。このように新しい内容の講義を修了生に積極的に周知し、科目履修生などとして再度受け入れることは有意義だと考えられる。

自己学習能力は入学前、入学時、修了時のいつから備わったのかなどを確認するため、エンロールマネジメントも今後確認する必要がある。

18 歳人口は減少し、大学では社会人への学習機会の提供比率が増加すると見込まれる。本学の取り組みは今後の大学が進む一つの方向に貢献できると考えている。

参考文献

1. 内閣府,"新しい資本主義の グランドデザイン及び実行計画 2025 年改訂版 （案）", 第 8 回経済財政諮問会議, 2025 年 6 月 13 日, P.62, Available: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/pdf/rougousijou.pdf（確認 2025 年 10 月 27 日）
2. 内閣官房, "三位一体の労働市場改革の指針", 新しい資本主義実現会議決定, 2023 年 5 月 16 日, Available: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/pdf/rougousijou.pdf（確認 2025 年 10 月 27 日）
3. 株式会社矢野経済研究所, "リカレント教育市場に関する調査を実施（2021 年）", 2022 年 2 月 14 日, Available: https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2919（確認 2025 年 10 月 27 日）
4. （公財）日本高等教育評価機構, "第 4 期認証評価制度の展望―第 3 期の経験を踏まえて ―", 2025 年 9 月 24 日, Available: https://www.jihee.or.jp/service/publication/news/202509.html（確認 2025 年 10 月 27 日）
5. （株）リベルタス・コンサルティング, "専門職大学院におけるリカレント教育・リスキリングの現状・課題に関する調査研究", 文部科学省先導的大学改革推進委託事業, 2024 年 3 月, Available: https://www.mext.go.jp/content/20240426-mxt_daigakuc01-000035614_1.pdf（確認 2025 年 10 月 27 日）
6. 東京都立産業技術大学院大学, "3 つのポリシー ディプロマポリシー", Available: https://aiit.ac.jp/about/education/policy.html（確認 2025 年 10 月 27 日）
7. 文部科学省, "リカレント教育推進の現状について", 第 1 3 4 回中央教育審議会生涯学習分科会, 2025 年 7 月 25 日, 資料 5, P.9、Available: https://www.mext.go.jp/content/20250725-mxt_syogai03-000043950_06.pdf（確認 2025 年 10 月 27 日）

Open Access This article is licensed under CC BY-NC-SA 4.0. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

LLM を用いたカスタマーハラスメント会話データ自動生成

An automatic method for generating customer harassment conversation data using large language models

木川 真実[1] 大室 昌也[1] 石橋 武史[1] 本間 塁斗[1] 繁永 直希[1] 浪岡 保男[1*]

Mami Kigawa[1] Masaya Omuro[1] Takeshi Ishibashi[1] Ruito Homma[1] Naoki Shigenaga[1] Yasuo Namioka[1*]

[1]東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology
*Corresponding author: Yasuo Namioka, namioka-yasuo@aiit.ac.jp

Abstract Customer harassment is a serious social issue requiring urgent public-private countermeasures. Since standardized criteria are difficult due to case-specific factors, automatic detection methods are needed. This study proposes using LLMs to generate synthetic conversation data. Training and evaluation using the generated data confirmed the effectiveness of the proposed approach.

Keywords large language model; conversational data; automatic generation; customer harassment; automatic detection

1 はじめに

カスタマーハラスメント[1]は近年深刻な社会問題とされ, 官民連携による対策が急がれている．たとえば,「東京都カスタマー・ハラスメント防止条例」の制定[2]や，ANA グループと JAL グループ共同で行われた航空業界における対応方針の明文化[3]など，対応の制度化が進んでいる．

一方，現場では，過剰な要求や威圧的言動が従業員に深刻な影響を及ぼしている．池内[4]は, 2014 年のコンビニエンスストアの恐喝事件などを例に，刑事事件に至らない「不当以上，違法未満」の悪質クレームが増加し，現場対応を困難にしていると指摘している．

カスタマーハラスメントの判断には, 要求の妥当性や就業環境への影響など，個別事情を踏まえた評価が必要であり，汎用的・客観的な基準の策定は容易ではない．厚生労働省の「カスタマーハラスメント対策企業マニュアル」[1]においても，複数の観点からの総合的な評価の重要性を示している．

こうした背景から，小川等の研究[5]では，大規模言語モデル（Large Language Model: LLM）を用いてカスタマーハラスメントに関する会話データを自動生成し，更に，カスタマーハラスメント，顧客ストレス，就業者ストレスをスコア化するとともに，発生の有無を判定する手法が提案された．

本研究は，小川等が作成した自動生成データを用い，プロンプト設計の違いがアノテーション結果に与える影響を分析する．LLM による会話データの品質とその限界を明らかにし，LLM の社会実装に向けた設計指針と信頼性向上に資することを目的とする．

2 関連研究

LLM を活用した会話データの生成

カスタマーハラスメントに関する実態把握や判定基準の整備には，センシティブな会話データの収集と分析が不可欠である．しかしながら，現場の会話には個人情報や機密性の高い内容が含まれることが多く，大規模かつ多様な実データを収集・公開することは困難である．このような背景から，近年では LLM を活用して会話データを人工的に生成するアプローチが注目されている．

Bonaldi 等[6]は，ヘイトスピーチへの反論をテーマとした会話データセット「DIALOCONAN」を構築するため，GPT-3 による会話生成と人間による編集・アノテーションを組み合わせたハイブリッドな手法を提案した．センシティブな内容を含む会話の構築において，LLM の生成能力と人間の判断を組み合わせることで，多様性と品質を両立できることを示している．

また，Pujari および Goldwasser[7]は，文化的文脈に配慮した会話生成を目的として，LLM による生成出力に対し人間が文化規範に関する情報を付与するパイプラインを構築した．プロンプト設計や人手による補足が生成結果に与える影響を分析することで，LLM を活用した会話生成の妥当性と応用可能性を検証している．

これらの先行研究はいずれも，現実の会話が持つ倫理的・文化的側面や文脈の複雑さを踏まえ，LLM と人間の協働によって高品質なデータセットを構築する手法を提示している．

本研究は，カスタマーハラスメントという社会的に敏感な領域において，LLM によって生成された会話データの評価に着目し，プロンプト設計の違いがアノテーション結果に与える影響を分析するものである．これは，先行研究の成果を応用しつつ，生成データの整合性や信頼性を検証する点で新たな知見を提供するものである．

LLM を活用したデータ分析基盤

中塚等[8]はデータ分析基盤として，AIIT（Advanced Interactive Insight Tracer）を提案し，IndexedDB と LLM を組み合わせてブラウザ上で対話的にデータを処理・可視化する分析基盤を開発している．この基盤は，バックエンドの制約を受けずにフロントエンド環境のみでベクトル化・クラスタリング・プロンプト調整・可視化まで一連の分析を行える点が特徴である．さらに，本システムではプロンプトを System Prompt と User Prompt に分けて記述し，前者では処理条件・出力プロパティ名・JSON 形式指定などを記載し，後者では対象データのカラム指定や入力構成を指示する設計となっている．

本研究では，この基盤を活用し，会話データの自動生成及び分析処理を実現している．

3 提案手法

概要

本研究では，カスタマーハラスメントという社会的にセンシティブな問題において，プライバシー問題や収集コストなどの制約により実データの収集が困難な現状に着目し，LLM を用

Received: 2025-10-31; Published online: 2026-02-28

いた会話データの自動生成手法を提案する．本手法は，図 1 に示すように，プロンプト設計，LLM による会話データの自動生成，人間による多面的評価（アノテーション），そして生成データの品質検証までの一連のフローで構成される．

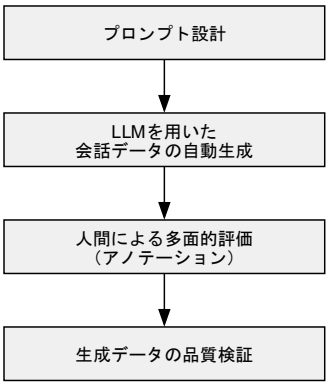


図 1　提案手法の流れ

生成手法

カスタマーハラスメントに関する実際の会話データの公開には，プライバシー侵害のリスクや社会的配慮，個人情報保護法や企業機密の観点から，法的・倫理的な制約が伴う．このため，小川等の研究[5]では，実データの収集は困難と判断し，LLM による人工的な会話データの生成を採用した．

同研究では，4 種類のプロンプトを設計した．各プロンプトは異なる設計意図に基づき，入力パラメータなどの生成条件を変えることで，通常の接客応対からカスタマーハラスメントに該当する可能性のある強い表現まで，幅広い会話を網羅できるよう工夫されている．会話データの生成には，中塚等のデータ分析基盤（AIIT）[8]から API を通じて OpenAI,Inc.が提供する GPT-4o（gpt-4o-2024-11-20）を使用した．

各プロンプトに対応する詳細表の一覧を表 1 に示し，プロンプトの構成に関する具体的な内容は付録表 A〜D に記載している．prompt1〜4 に共通して，顧客と就業者が日本語で交互に 5 回ずつ発話し，合計 10 の発話から構成される会話が生成される．出力形式は JSON である．

prompt1 では，situation（状況），customer（顧客の年代・性別），worker（就業者の年代・性別），score（カスタマーハラスメントの度合い）の 4 項目を入力パラメータとして指定する．score の値に応じて，0.0 では通常の会話，1.0 では悪質なカスタマーハラスメントとなるよう，生成される会話の内容が調整される（付録表 A 参照）．

prompt1 の出力結果では，同一の score に対して類似した会話が生成されやすく，特定の会話表現に収束する傾向が見られた．

表 A　各プロンプトと主な生成条件ならびにプロンプトの詳細との対応

プロンプト	主な生成条件	実際のプロンプト
prompt1	situation： 状況 customer： 顧客の年代・性別 worker： 就業者の年代・性別 score：0.0〜1.0 で指定し，0.0 は通常の会話，値が大きいほど悪質なカスタマーハラスメントとなるよう出力を制御	付録：表 A
prompt2	situation： 状況 customer_sex：顧客の性別 customer_age：顧客の年齢層 request：顧客の要求内容 reason：要求の理由 tone：顧客の話し方 worker_response：就業者の対応 score：0.0〜1.0 で指定し，0.0 は通常の会話，値が大きいほど悪質なセクシャルハラスメントとなるよう出力を制御	付録：表 B
prompt3	状況 会話のきっかけ セクハラ度：値が大きいほどセクシャルハラスメントの度合いが高まる	付録：表 C
prompt4	シチュエーション： 状況 要求内容：顧客の要求内容 話し方：顧客の話し方	付録：表 D

そこで prompt2 では，会話パターンの多様性を促すため，入力パラメータを拡張・再構成し，customer_sex（顧客の性別），customer_age（顧客の年齢層），request（顧客の要求内容），reason（要求の理由），tone（顧客の話し方），worker_response（就業者の対応），score（カスタマーハラスメントの度合い）を指定する形式とした．score は prompt1 と同様に値に応じて会話内容が調整され，さらに 0.4 以上の場合は request を，0.7 以上では reason および tone を考慮するよう指示している（付録表 B 参照）．

prompt1 および prompt2 では，会話の多様性を一定程度確保できたものの，「就業者・顧客の両者にストレスがある」または「両者にストレスがない」と評価されるケースが大半を占め，会話パターンに偏りが見られた．

prompt3 では，前述の偏りを制御し，さらなるバリエーションの拡張を図ることを目的として，セクシャルハラスメントに関する会話の生成を試みた．入力パラメータは，状況，会話のきっかけ，セクハラ度に変更している．

セクハラ度は，従来の score の使い方を拡張したものであり，score が 0.0 の場合は通常の会話，1.0 の場合は悪質なセクシャルハラスメントとなるように調整している．

また，データの偏りへの対策として，就業者の対応スタイルを「気弱な対応」「通常の対応」「毅然とした対応」の 3 種類に設定し，ランダムに選択されるようにした．これにより，同じセクハラ度でも異なる応答パターンが生成されるよう工夫されている（付録表 C 参照）．

prompt4 は，試行の一環として score による制御を行わず，シチュエーション，顧客の要求内容，顧客の話し方の 3 つの入力パラメータを組み合わせ，顧客の発話傾向にバリエーションをもたせることを試みた．これは，より多様なカスタマーハラスメント表現の生成可能性を探ることを目的としている（付録表 D 参照）．

これら prompt1～4 の設計に基づき，合計 4,034 件の会話データを生成した．内訳は，prompt1 が 306 件，prompt2 が 3,000 件，prompt3 が 386 件，prompt4 が 342 件である．

4　実験・評価

評価手法

本評価の目的は，3 章で述べた生成手法で得られた会話データが，人間の直感的な「カスタマーハラスメントらしさ」の印象とどの程度一致しているかを検証することである．特に，プロンプト設計やカスタマーハラスメントの度合い（score）などの生成条件がアノテーション結果に与える影響を分析し，生成データの妥当性と傾向を明らかにする．

評価は，学内でアノテーション協力者を募り，以下の 4 項目について実施した．評価形式は複数選択可とした．

- カスタマーハラスメントの有無
- 顧客のストレス有無
- 就業者のストレス有無
- 会話の意味が理解できない（該当する場合のみ）

評価対象の母集団は，合計 4,034 件の会話データのうち，小川等の研究[5]で 1 名のアノテーターによりアノテーションされた 1,532 件で構成される．内訳は，prompt1：306 件，prompt2：500 件，prompt3：384 件，prompt4：342 件であり，回答ラベルのバランスを考慮して選定されており，会話内容による除外は行っていない．表 B には，2024 年度に各プロンプトから生成されたデータのうち，回答ラベルに基づいて選定された件数と，2025 年度に抽出された件数を示す．

表 B　評価対象として抽出された 50 件の内訳

prompt	生成数（件）	抽出数（件）
prompt1	306	12
prompt2	500	10
prompt3	384	12
prompt4	342	16
合計/Total	1,532	50

本研究では，アノテーターの負荷を考慮し，この 1,532 件から評価対象を 50 件に絞った．各プロンプトのパラメータをもとに類似要素でグルーピングし，それらの組み合せに基づいて階層的に抽出を行った．全パラメータを階層に含めると過度な細分化を招くため，プロンプトごとの構成に応じて階層設計を調整した．網羅性には限界があるが，分布の偏りを抑えるよう配慮している．アノテーション作業には，OSS ツールである doccano[9]を使用した．

実験実施（アノテーション）

本研究では，筆者が所属する大学院の学生 11 名に依頼して実施した．加えて，小川等の研究[5]において研究室の学生 1 名が行ったアノテーション結果も評価対象に含めた．

アノテーターには，プロンプト設計の意図や生成時のパラメータは開示せず，生成会話のみを提示した．評価に先立ち，評価基準と手順を記載したインストラクションを配布し，説明後にアノテーション作業を開始した．作業は 2025 年 6 月中旬に約 1 週間かけて実施し，同一の 50 件の会話データを割り当てた．作業は中断・再開が可能な形式とし，各自の任意のタイミングで対応できるよう配慮した．

実験結果の分析

アノテーション結果に基づき，各 prompt で生成された会話データの評価傾向を分析した．

prompt 別に見ると，prompt4 におけるカスタマーハラスメント判定率は 90.1％と突出して高く，prompt1～prompt3（34.7～48.3％）との差は有意であった（図 2 参照）．

以下の会話例は，prompt4 によって生成された会話の一部抜粋である．本会話は，シチュエーションを「コンビニ」，要求内容を「不手際に対する謝罪」，話し方を「人格を否定する」として設定したプロンプトに基づき生成されたもので，12 名全員がカスタマーハラスメントと判断した．

顧客：いや，もういい加減にしろよ．お前のせいで時間が無

駄になった！
就業者：申し訳ありません．お待たせしてしまって…
顧客：謝って済むと思ってるの？お前，ほんと無能だな．
就業者：そんなことはないと思いますが…本当に申し訳ありません．
顧客：いや，もういい加減にしろよ．お前のせいで時間が無駄になった！

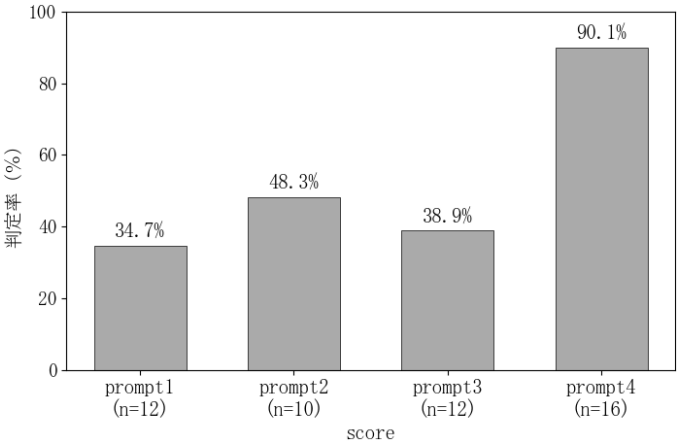


図 2　prompt 別：カスタマーハラスメント判断割合

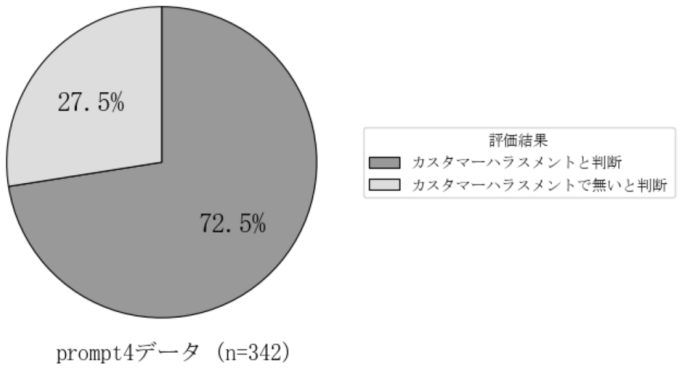


図 3　prompt4 におけるカスタマーハラスメント判定割合（2024 年度・1 名評価）

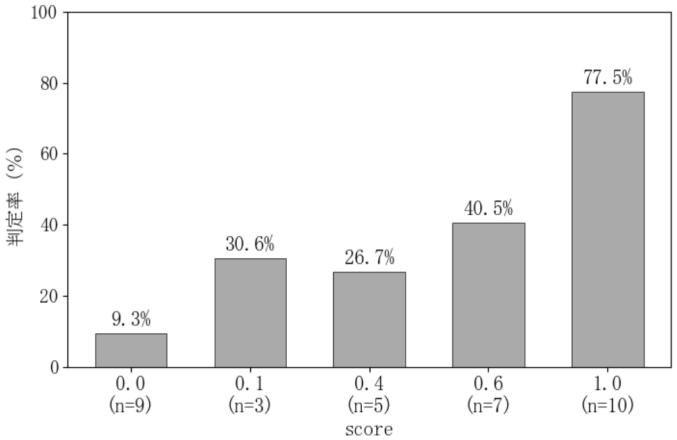


図 4　score 別：カスタマーハラスメント判定割合

また，小川等の研究[5]では，prompt4（全 342 件）で生成された会話データの評価が行われており，その結果でも 72.5%がカスタマーハラスメントと判断された（図 3 参照）．本研究における 12 名の評価（16 件）も，この傾向と概ね一致していた．

score 別に見ると，score が高いほど会話データがカスタマーハラスメントと判断される傾向があり，score=1.0 では判定率が 77.5%と最も高かった．一方，score = 0.4（26.7%）および 0.6（40.5%）といった中間帯では，判定にばらつきが見られた．これは，該当する会話がカスタマーハラスメントに該当するか否かの判断が分かれる，いわゆるグレーゾーンに位置していた可能性が高く，アノテーター間での解釈の揺れが生じやすい領域であったことを示唆する．また，score=0.0 では判定率が 9.3%にとどまり，出力制御の意図と概ね一致していた．このことから，score 設計はアノテーターの判断と一定の整合性を持つ可能性が示唆される．なお，本分析では，score 項目が設計意図に基づき付与された 34 件のみを対象としており，score 制御を行っていない prompt4 の会話データは分析対象から除外している（図 4 参照）

また，score=0.1 に分類された会話データは 3 件と件数が少ないため一般化は避けるべきだが，カスタマーハラスメント判定率は 30.6%と相対的に高かった．

5　考察

本研究を通じて，LLM によるカスタマーハラスメント会話データの自動生成は，適切なプロンプト設計によって一定の制御が可能であることが示された．特に，語調や要求内容，文脈的な要素が出力に反映され，評価結果に大きく影響する傾向が見られた．これにより，実用的な人工会話データを一度に大量に生成できる手法としての有用性が示された．

本研究では，score・tone・reqest などのパラメータを網羅的に組み合わせ，生成結果を実験的に検証している．

4 章の実験結果の分析にて，score=0.1 に分類された会話のカスタマーハラスメント判定率は 30.6%と相対的に高かった．対象はわずか 3 件であり，一般化は困難だが，うち 1 件では「顧客の不満のはけ口」や「威圧的な話し方」といったパラメータが影響し，多くのアノテーターがカスタマーハラスメントと判断した．このように，特定条件が判定率を押し上げることからも，文脈や語調の微細な設計がプロンプト制御において重要であることが示唆される．あわせて，LLM の確率的な生成特性により，意図通りの出力を得ることには限界がある可能性も示している[10].

また，prompt4 では，「顧客の話し方」や「顧客の要求内容」の指示が明確に出力へ反映され，攻撃的・否定的な表現が会話によく現れていた．このため，アノテーターの判断が揃いやすく，判定率も他条件より高かったと考えられる．

これらの結果は，score と話し方等の要素の組み合わせにより出力の印象が大きく左右されることを示しており，プロンプト設計においてはこうしたバランスの考慮が重要である．

この傾向は，LLM の出力がプロンプト設計に大きく依存すること，また，LLM の限界として「文脈理解や意図把握の不完全さ」や「意図しない出力の可能性」を明示しており，こうした特性を踏まえたモデル設計および運用が求められるとする OpenAI 社の記述[11]と整合する．

6 まとめ

本稿では，LLM を用いたカスタマーハラスメント会話データの自動生成手法を提案した．カスタマーハラスメントはプライバシーや機密保持の観点から実際の会話データの外部開示が困難であり，学習用データの不足が課題となっている．本研究では，この課題への対応策として LLM による疑似データ生成を行い，設計条件に基づいた生成結果の傾向と実用性について評価・分析を行った．

LLM を活用することで，設計意図に基づいた多様な会話データを効率的に生成することができる．これにより，事案ごとの事情を踏まえた汎用的な判断基準の策定に資する疑似データの確保が可能となり，実用的価値がある．

このようにして得られた多様な会話データを用いて，本研究では出力内容の傾向を評価・分析した結果，生成内容は概ね設計意図と整合しており，語調や要求に関する指示が出力に反映されていることが確認された．また，文脈的ニュアンスが受け手の印象に影響する可能性も示唆された．

実社会での応用には再現性や説明可能性が求められるが，LLM のブラックボックス性ゆえに，生成データのレビューとプロンプトの調整を専門家や実務担当者が担うことが不可欠である．このような課題に対しては，プロンプト設計の工夫と人によるレビュー体制を併用することで，実務応用における信頼性の担保に有効である．

今後は，会話データの多様化とドメイン知識を有するアノテーターによる検証を通じて，プロンプト設計指針のさらなる精緻化が期待される．あわせて，一部の会話に対しては顧客ストレスおよび就業者ストレスに関する印象評価も収集しており，カスタマーハラスメント判定との関連性についての分析も今後の検討課題となる．

謝辞

東京都デジタルサービス局の皆様には TDPF[12]の活動やカスタマーハラスメント・データについて，東京都産業労働局の皆様には東京都カスタマー・ハラスメント防止条例およびその背景について，全日本空輸株式会社 CX 推進室 CS 推進部の皆様には企業におけるカスハラ対策について，それぞれご教示いただいた．ここに厚く御礼申し上げる．

本研究は小川等の先行研究[5]を基に，評価作業を補完・発展させたものである．研究の引継ぎ，知見や記録の活用に際し，協力いただいた著者の皆様に感謝申し上げる．

参考文献

1. 厚生労働省：「カスタマーハラスメント対策企業マニュアル」，厚生労働省，(2022-2)
2. 東京都：「東京都カスタマー・ハラスメント防止条例」，東京都，(2024-10)
3. 全日本空輸株式会社・日本航空株式会社：「ANA・JAL グループ共同で『カスタマーハラスメントに対する方針』を策定」，プレスリリース，(2024-6)
4. 池内裕美：「なぜ『カスタマーハラスメント』は起きるのか－心理的・社会的諸要因と具体的な対処法－」，情報の科学と技術, 70, 10, pp.486–492（2020-10）
5. 小川和浩・池田貴康・荒川健・中塚晶仁・富樫健太・河野吉宏・浪岡 保男：「LLM を用いたカスタマーハラスメントならびにストレスの自動スコアリング手法」, DEIM2025, 1B-01, (2025-3)
6. Helena Bonaldi, Sara Dellantonio, Serra Sinem Tekiroglu, and Marco Guerini: "Human–Machine Collaboration Approaches to Build a Dialogue Dataset for Hate Speech Countering", Proc. 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2022), pp. 8031-8049, Abu Dhabi, United Arab Emirates (2022-12)
7. Rajkumar Pujari and Dan Goldwasser: "LLM–Human Pipeline for Cultural Grounding of Conversations", Proc. 2025 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (NAACL-HLT 2025), pp. 1029-1048, Albuquerque, NM, USA (2025-6)
8. 中塚晶仁・小川和浩・池田貴康・富樫健太・河野吉宏・荒川健・浪岡保男：「LLM と IndexedDB を活用した対話的ベクトルデータ分析基盤の検討 COVID-19 不満データを用いた社会動態の時系列分析への適応」, DEIM2025, 7F-03, (2025-3)
9. H. Nakayama: “doccano: Text annotation tool for machine learning practitioners”, GitHub, https://github.com/doccano/doccano (accessed 2025-07)
10. OpenAI:“GPT-4 Technical Report”, https://cdn.openai.com/papers/gpt- 4.pdf (2023-3)
11. OpenAI: "Best Practices for Deploying Language Models", https://openai.com/index/best-practices-for-deploying-language-models/ (2022-6)
12. 東京都, “東京データプラットホーム”, https://www.tdpf-hp.metro.tokyo.lg.jp/, 2024.

付録　使用したプロンプトの詳細

表 A prompt1 の構成

System prompt	入力された値に基づいて顧客と就業者の会話を作って JSON で返して． ルール ・会話はすべて日本語で行うこと． ・顧客と就業者が交互に 5 回発話して計 10 回の会話にすること． ・score（range0.0-1.0）の値に基づいてカスタマーハラスメントの度合いを調整する こと．1.0 のときは悪質なカスタマーハラスメント，0.0 のときは通常の会話. JSON Format output{ situation:入力した situation の値,customer:入力した customer の値,worker:入力した worker の値, score （range0.0-1.0）:入力した score（range0.0-1.0）の値, dialogue:[{"speaker":,"text":},{"speaker":,"text":},{"speaker":,"text":},{"speaker":,"text":},{"speaker":,"text":}]}
User prompt	situation: {situation } customer: {Customer} worker: {worker} score（range0.0-1.0）:{ score（range0.0-1.0）}
Input parameters	Situation：コンビニのレジ，介護施設，スーパーマーケットなど（全 43 パターン） customer：20 代〜60 代の男女，および 70 代・80 代の男性（全 12 パターン） worker：10 代〜50 代の男女，60 代・70 代の男性（全 10 パターン） score：0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0（全 6 段階）

表 B prompt2 の構成

System prompt	入力された値に基づいて顧客と就業者が苦情・クレームのやりとりをしている会話を作って． ルール ・10 回発話させること． ・会話はすべて日本語で行うこと． ・score はカスタマーハラスメントの度合いを表す．0.0 は通常の会話，1.0 は悪質なカスタマーハラスメント にすること． ・score が 0.4 以上のとき，request の内容を考慮すること．0.7 以上のときは， さらに reason，tone の内容も考慮すること． ・結果は JSON で返すこと． JSON Formatdialogue: [{"speaker":,"text":},]
User prompt	situation: {situation } customer_sex: {customer_sex} customer_age: {customer_age} request: {request} reason: {reason} tone: {tone} worker_response: {worker_response} score: {score}
Input parameters	situation：スーパーマーケット，タクシー，コールセンター（全 3 パターン） customer_sex：男，女（全 2 パターン） customer_age：10 代から 70 代以上までの各年代（全 7 パターン） request：商品・サービスに見合った現金の要求，上司・上長による謝罪の要求など（全 8 パターン） reason：接客やサービス提供のミス，顧客の不満のはけ口・嫌がらせなど（全 7 パターン） tone：一方的に話す，威圧的に話す，攻撃的な話し方，理詰めなど（全 7 パターン） worker_response：毅然と対応する，謝りつづける，何もできないなど（全 6 パターン） score：0.1, 0.4, 0.7, 1.0（全 4 段階）

表 C prompt3 の構成

System prompt	入力したパラメータに基づいて顧客（男性）と就業者（女性）とのやりとり会話を作って． 就業者の対応は気弱な対応/通常の対応/毅然とした対応からランダムに選択して． ルール ・10 回発話させること． ・会話はすべて日本語で行うこと． ・セクハラ度は就業者へのセクシャルハラスメントの度合いを表す．0.0 ならセクハラの無いやりとり， 1.0 は悪質なセクハラのやりとりとし，それ以外の値は値に応じてセクハラ度を調整すること． ・結果は JSON Format で指示した形式で返すこと． ・"speaker"は"顧客"か"就業者"で出力すること JSON Format {dialogue: [{"speaker":,"text":}]}
User prompt	状況：{状況} 会話のきっかけ：{会話のきっかけ} セクハラ度：{スコア}
Input parameters	状況：タクシー，コールセンター，保険のセールス，市役所，薬局など（全 16 パターン） 会話のきっかけ：通常のやりとり，商品やサービスに対する苦情・クレームなど（全 4 パターン） セクハラ度：0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0（全 6 段階）

表 D prompt4 の構成

System prompt	入力された値に基づいて顧客と就業者が苦情・クレームのやりとりをしている会話を作って． ルール ・10 回発話させること． ・会話はすべて日本語で行うこと． ・結果は JSON で返すこと． JSON Format dialogue: [{"speaker":,"text":},]
User prompt	シチュエーション: {シチュエーション} 要求内容: {要求内容} 話し方: {話し方}
Input parameters	シチュエーション：コンビニ，スーパーマーケット，市役所，銀行の窓口など（全 35 パターン） 要求内容：不手際などに関する謝罪，上司・上長からの謝罪（全 5 パターン） 話し方：攻撃的な話し方，大声をあげる，人格を否定する

紀 要 編 集 会 議

議長	追　川　修　一	東京都立産業技術大学院大学産業技術研究科 産業技術専攻 教授
	板　倉　宏　昭	東京都立産業技術大学院大学産業技術研究科 産業技術専攻 教授
	内　山　　純	東京都立産業技術大学院大学産業技術研究科 産業技術専攻 教授
	佐　藤　里　恵	東京都立産業技術大学院大学産業技術研究科 産業技術専攻 助教
	中　内　遼　吾	東京都立産業技術大学院大学産業技術研究科 産業技術専攻 助教
	横　山　友　也	東京都立産業技術大学院大学産業技術研究科 産業技術専攻 助教

2025年度 東京都立産業技術大学院大学紀要

2026年 2 月 発行

編集･発行　東京都立産業技術大学院大学

東京都品川区東大井 1-10-40
電 話 03(3472)7833
URL https://aiit.ac.jp