

産業技術大学院大学

紀 要

Bulletin of
Advanced Institute of Industrial Technology

第 10 号

2017 年 1 月

産業技術大学院大学

目 次

論 文

ICT を活用した救急医療プロトコル管理	小山裕司 松本省二 米盛輝武 雪上直人 小林和樹 吉良潤一	1
The Art of Engineering, the Engineering of Art	Giovanni Innella	7
マイナンバー制度における特定個人情報保護評価の分析	瀬戸洋一 佐々木真由美 阪本圭 慎祥揆	17
「大収斂」近代世界システム論試論 ー発展途上国の発展戦略構築における「追い付き創造性」	前田充浩	27
アジャイル開発技術及び協調作業スキルセット学習のための 体系的教育プログラム	中鉢欣秀 小山裕司	37
システムの設計思想に関する一考察 ー モバイル型バッテリーパックと周辺システムの設計思想の記述 ー	吉田敏 陈元筠 石丸亜矢子 戴礼玲	43
Catenaccio: Interactive Information Retrieval System through Drawing	Hiroaki Tobita	49
タブレット PC を用いたサイネージロボットの開発	成田雅彦 泉井透	53
Professional Material Design System	Teiichi Inada Tokuro Matsuo	61
視覚誘導自己運動感覚および前庭感覚刺激による 歩行誘導と多感覚統合モデルの構築	渡邊紀文 森文彦	67
RSNP 仕様拡張のためのカスタムプロファイル機能の実装	土屋陽介 成田雅彦 泉井透	73

総 説

プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールの展望 —志望動機のテキストマイニング分析を通じて—	酒 森 潔 三 好 きよみ	79
専門職大学院での意匠造形の CAD 技能教育における 学習者モデルと技能修得手段	網 代 剛 村 田 桂 太	85
機械学習の発展と近年の技術動向	柴 田 淳 司	93
ハビタットの構築的アプローチに関する考察	佐々木 一 晋	97
災害時アドホック通信の種類と特徴の整理	嶋 津 恵 子	101
日本式動作を題材としたプロジェクト型演習	橋 本 洋 志 中 島 瑞 季	107
Kintone による履修計画作成アプリ群の設計	戸 沢 義 夫	111
「成果」志向の AIIT PBL の運営戦術 ～2015 年度 村越 PT の活動から～	滝 克 彦 笹 尾 英 樹 村 越 英 樹	119
価値を創造するためのビッグデータ利活用技術	中 野 美由紀	127
研究速報		
駅に必要な価値デザイン	西 田 真 一 櫻 本 晋 平 聶 森 汪 眉 三 田 秀 雄 國 澤 好 衛	133
次世代ネットワーク型多目的カメラシステムのプライバシー保護	慎 祥 揆 瀬 戸 洋 一	141
顧客価値連鎖分析を用いたサービスデザイン着想支援	池 本 浩 幸	149
個人情報影響評価の電子カルテシステムへの適用	慎 祥 揆 瀬 戸 洋 一	153

人間とロボットの関係性を再デザインする

— 21世紀初頭を超えたその先のコンセプト構築の試み —……………

角	田	善	彦	
上	林		昭	
高	橋	和	章	
小	野	敬	士	
神	田	雅	泰	
岸	本	悠	希	
山	田	涼	馬	
近	藤	嘉	男	
内	山		純	161

「超小型モビリティ」のマスカスタマイゼーション提案に関する考察

— CEATEC2016 ホンダ MC-β 豊島屋バージョンの展開 —……………

海老澤	伸	樹		169
-----	---	---	--	-----

バイタルデータ解析によるワークエンゲージメントの推定と

その可視化装置の開発……………

中	川	達	生	
伏	見		靖	
望	月	銀	子	
堀		貴	史	
陳			亮	
井ノ上	寛	人		
越	水	重	臣	177

CONTENTS

Regular Papers

An ICT Management for Emergency Medical Protocols ·····	Hiroshi Koyama Shoji Matsumoto Terutake Yonemori Tadato Yukiue Kazuki Kobayashi Jun-ichi Kira	1
The Art of Engineering, the Engineering of Art ·····	Giovanni Innella	7
Analysis of Specific Personal Information Protection Assessment in the Social Security and Tax Number System ·····	Yoichi Seto Mayumi Sasaki Kei Sakamoto Sanggyu Shin	17
A Manifesto of “the Great Convergence” type World-systems Theory – “The Catch-up Creativity” of Developing Economies in Compiling Developmental Strategies ·····	Mitsuhiro Maeda	27
Systematic Educational Program for Agile Development and Collaborative Work Skillsets ·····	Yoshihide Chubachi Hiroshi Koyama	37
A Study of Design Concept of Artificial System – Description of Design Information of the System including Mobile Battery Pack – ···	Satoshi Yoshida Yuanjun Chen Ayako Ishimaru Reirei Sai	43
Catenaccio: Interactive Information Retrieval System through Drawing ·····	Hiroaki Tobita	49
Development of a Tablet PC based Signage Robot ·····	Masahiko Narita Toru Izui	53
Professional Material Design System ·····	Teiichi Inada Tokuro Matsuo	61
Pedestrian Guidance and Multisensory Integration Model by Vection and Galvanic Vestibular Stimulation ·····	Norifumi Watanabe Fumihiko Mori	67

Implementation of Custom Profile Function for Specification Expansion of RSNP·····	Yosuke Tsuchiya Masahiko Narita Toru Izui	73
Review Papers		
Outlook of the program design for Project Management Professional School : Based on Text Mining of Application·····	Kiyoshi Sakamori Kiyomi Miyoshi	79
The Learner Model and The Measures of Skill training of Design Modeling CAD at Professional school·····	Tsuyoshi Aziro Keita Murata	85
Development of Machine Learning and its Recent Progress·····	Atsushi Shibata	93
A Study on Constructive Approach for Habitat·····	Isshin Sasaki	97
Comparative Survey of Communication Relaying Tools for Disaster Mitigation·····	Keiko Shimazu	101
A Study on Project Type Exercise for Japanese Style Motion in Manners·····	Hiroshi Hashimoto Mizuki Nakajima	107
Design of Kintone Applications for student course plan·····	Yoshio Tozawa	111
Results-oriented Management Tactics for PBL in AIIT — Lessons learned from our activities in 2015—·····	Katsuhiko Taki Hideki Sasao Hideki Murakoshi	119
Technologies for use of Big Data to create value·····	Miyuki Nakano	127
Short Notes		
Value design necessary for the station·····	Shinichi Nishida Shimpei Sakuramoto Miao Nie Mei Wang Hideo Mita Yoshie Kunisawa	133
Study of Privacy Issues of the New Generation Network-type Multipurpose Camera System·····	Sanggyu Shin Yoichi Seto	141
An ideation technique for service design using CVCA·····	Hiroyuki Ikemoto	149

Applied of Personal Information Impact Assessment of the Electronic Medical Record System	Sanggyu Shin Yoichi Seto	153
Re-designing Human-Robot relationships – Robot concept building beyond early 21st century social trends – ...	Yoshihiko Tsunoda Akira Kambayashi Kazuaki Takahashi Keiji Ono Masayasu Kanda Yuki Kishimoto Ryoma Yamada Yoshio Kondo Jun Uchiyama	161
A study on mass customization proposal of ULV(Ultra Lightweight Vehicle) – Honda MC-β TOSHIMAYA Version at CEATEC JAPAN 2016 –	Nobuki Ebisawa	169
Work-engagement estimation by vital data analysis and development of devices to present visually	Tatsuo Nakagawa Kiyoshi Fushimi Ginko Mochizuki Takashi Hori Chen Liang Hiroto Inoue Shigeomi Koshimizu	177

ICT を活用した救急医療プロトコル管理

小山 裕司¹・松本 省二^{2,3}・米盛 輝武⁴・雪上 直人⁵・小林 和樹⁵・吉良 潤一³

An ICT Management for Emergency Medical Protocols

Hiroshi KOYAMA¹, Shoji MATSUMOTO^{2,3}, Terutake YONEMORI⁴,
Tadato YUKIUE⁵, Kazuki KOBAYASHI⁵ and Jun-ichi KIRA³

Abstract

Time is important in emergency medicine care, so the sooner medical treatments are delivered, the better the outcome for emergency patients is. To improve timing, it is necessary to design medical protocols, which help the flows of treatment tasks. These protocols need to be suitable for each hospital and to process medical treatments appropriately. The medical members in most of the hospitals have to manage the protocol besides their busy tasks. We have tried to improve the efficiency of the emergency medicine care by using ICT (Information and Communication Technology). We have designed and developed an ICT system of protocol management for emergency medicine care as part of our improvement program. It was implemented an ICT system to fulfill the guideline of best practices, a project issue management and effective roles of communication. Furthermore, we have also tried to customize the management of multiple protocols for multiple emergency medical cares, to spread best practices over many emergency hospitals by implementing a software, and to improve the efficiency by using PDCA (Plan-Do-Check-Adjust) cycle from the evaluation of the performance. In this paper, we explain the overview of design and feature for the system.

Keywords: Project Issue Management, Communication, Emergency Medical Treatments, Protocol Management, and Quality of Medical Care

1 緒論

心疾患, 脳血管疾患, 重症外傷等の救急医療では, 早期治療が重要であり, 患者の社会復帰率を高めることが示されている. 患者が病院に到着してからの心筋梗塞の冠血流再開までの D2B (Door-to-Balloon) 時間, 脳梗塞の t-PA 治療開始までの DTN (Door-to-Needle) 時間, 脳血管内治療開始までの D2P (Door-to-Puncture) 等が早期治療の測定指標として示され, 各病院の医療の質評価の QI (Quality Indicator) プロジェクト等でも, これらの時間が評価指標として使われている.

急性心筋梗塞では, 平成 26 年度の診療報酬改定で算定要件に「D2B 時間が 90 分以内か」が盛り込まれ, 診療報酬点数が約 1.4 倍に引き上げられた. 脳梗塞では, t-PA 治療は発症から 4.5 時間以内の患者に対してのみ認可され, また DTN 時間を 60 分以内にするように各国の治療ガイドラインで定められている. これらのように, 救急医療では早期治療の実現が求められている.

早期治療の実現が患者の生存率及び社会復帰率を左右するにも関わらず, 病院によって相当の差が存在し, また実績を公開している病院は限られる.

患者の病院到着から治療までの検査, 診察等には 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. 特に, 脳梗塞急性期治療では, 約 40 項目の診察, 検査, 準備, 確認が必要である. 救急医療にあたる病院では, 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「プロトコル」を設計し, 医療スタッフ (医師, 看護師等の医療従事者) 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, 時間短縮を図っているが, 以下に示す問題から時間短縮及び安定は簡単ではない.

1. 多くの病院では, プロトコルの実行を操るプロトコル管理は, 医療スタッフが医療行為の傍ら, 副次的に行っている.

Received on October 31, 2016

1 産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology (Department of Information Systems Architecture, Graduate school of Industrial Technology)

2 小倉記念病院, Kokura Memorial Hospital (Stroke Center)

3 九州大学, Kyusyu University (Department of Neurology, Graduate school of Medical)

4 浦添総合病院, Urasoe General Hospital (Critical Care Medical Center)

5 津山中央病院, Tsuyama Chuo Hospital (Department of Neurosurgery)

2. 救急患者の疾患は様々であるため、処置内容も様々である。
3. 救急医療にあたる医療スタッフのメンバ構成等の救急医療の環境条件は、勤務シフト等によって、日あるいは時間帯によって変わる。
4. 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と負担に依存し、医療スタッフに相当の負担が生じる。
5. 検査の待ち時間あるいはミス等の問題が生じてしまうことがある。

これらの問題を解決するため、著者らの脳梗塞急性期治療支援に限定した取り組みの成果[1,2]を救急医療一般に展開し、ソフトウェアが医療スタッフに代わって、タスク管理、情報連携等を行うことで、効果的に救急医療の protocols を管理し、救急医療の効率を改善する取り組みを行った。本研究の目的は ICT 技術を活用した protocols 管理によって以下を実現することにある。

- 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)
- プロトコルの普及の支援

救急医療の protocols 管理は、通常の業務のプロジェクト管理、タスク管理、コミュニケーションに類似している。これらを支援するためのソフトウェアが既に多数開発されているが、救急医療現場は前節で挙げた 2 及び 3 の事情のほかに、

6. プロジェクトの開始から完了まで時間が 30 分から 120 分程度と圧倒的に短く、分単位での時間短縮が必要である。

という事情があり、既存のプロジェクト管理のソフトウェアが救急医療の現場で使われることは稀である。

これらの事情に対し、著者らは救急医療の protocols 管理のための情報システム Task Calc. (タスカル) を設計及び開発している。以下では、protocols の設計の前提を示し、次に利用者である医療スタッフのユースケースを列挙し、Task Calc. が治療効率の改善に寄与する仕組みとして protocols の管理、最後に実績の評価に関する特徴を示す。

2 最適 protocols の設計

protocols の設計は、治療ガイドライン準拠はもちろん、各病院の環境及び事情を反映した体制の構築、待ち時間の削減、並列処置の実現等の考慮が重要である(図 1)。

今回は、著者らが 2014 年に対して設計した脳梗塞急性期治療 protocols (「t-PA スクランブル」) 等をベストプラクティス(最良事例)とし[3-6]、各病院に依存する事項を調整要素として設定した。この t-PA スクランブルは小倉記念病院(福岡県)の DTN 時間の中央値を従来の約 84 分から約 37 分に劇的に短縮した実績がある。

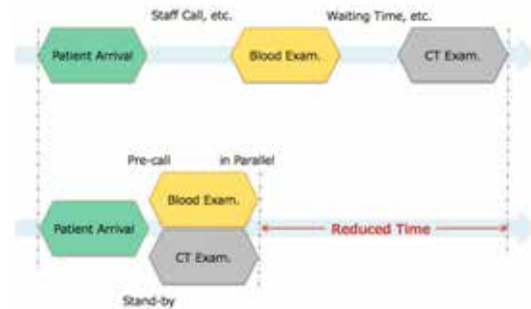


図 1: 待ち時間の削減及び並行処理による時間短縮

しかし、実際の運用では、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る連携作業であるため、準備及び処置の依頼及び進捗の確認等で何度も電話連絡をする必要が生じ、また当該患者の治療進捗を俯瞰的に知る手段がないため、医療スタッフには相当の負担が生じ、ミスが生じる等の問題が指摘されている。

3 医療スタッフのユースケース

Task Calc. が提供する医療スタッフのユースケースを以下に示す。

1. 救急隊からの連絡を受けた救急医は、Task Calc. を使って、救急医療 protocols に従った救急医療体制(スクランブル)を発動する(医療スタッフへの連絡が行われる)。
2. 連絡を受けた医療スタッフは、担当の処置を行い、進捗に応じて準備完了、処置中、処置完了、問題あり等の状態を逐次 Task Calc. 上で報告する。報告は最低限の操作で行うことができ、通常数クリック(タップ)で完了する。
3. すべての医療スタッフは Task Calc. 上で当該患者に関する現状の治療進捗(すべての処置の状態)を確認し、遅れあるいは問題が生じたときは即座に対処する。
4. 医療スタッフは治療後に Task Calc. 上に記録された治療の時間実績を確認し、議論する等の PDCA (Plan-Do-Check-Adjust) サイクルによる今後の改善を試みる。

4 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の試みとして、Task Calc.に設計及び実装した仕組みを以下の3種類に区分して示す。

- 情報を瞬時に効果的に理解してもらうための仕組み
- プロトコルに従って正確に治療を進めてもらうための仕組み
- 医療スタッフが効率的に情報連携を実現するための仕組み

4.1 情報表示の仕組み

最初に、特定の患者に対する情報を瞬時に俯瞰的に理解できるようにするための情報表示の仕組みを示す。Task Calc.のソフトウェア本体はクラウドサーバ(Google Cloud Platform)上で稼働する Web アプリケーションであり、汎用のスマートデバイス、PC 等の端末等から使うことを想定している(図 2)。

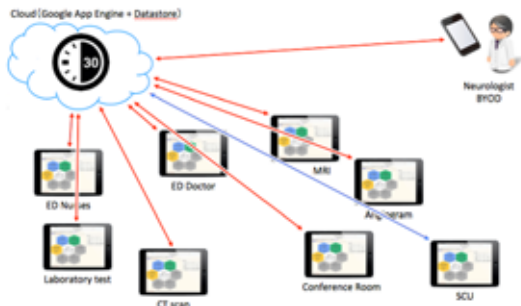


図 2: Task Calc.構成概念図

端末に表示される情報及び操作は、救急医療現場を考慮し、無駄を省き、機能はできるだけ減らし、表示は簡素で直感的に、また簡単で最小限操作での使い勝手の実現も留意している。

(1) 最新情報の集約表示

図 3 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る。この画面はあらゆる端末上に同期して表示される。

この画面には、プロトコルに従った処置に相当する、複数の升目(ヘックス)が規則的に配置される。各升目には、各処置に関する現状の情報が表示される。

最近、救急医療の現場では、従来の電話あるいはポケベルに代わって、スマートデバイス及び既存の IM (Instant Messenger) アプリケーションを活用した多対多の連絡網が構築されている病院も多い。IM 連絡網は電話連絡よりは効率が優れているが、救急医療では無視できない問題がある。

IM 連絡網の時系列表示では、情報が流れていってしまいが、過去の内容履歴を遡って確認する手間が生じてしまうが、時々刻々変わる現在の最新情報の集約表示によって、すべての医療スタッフは、この画面を確認するだけで、患者の現在の治療進捗を常に俯瞰的に確認できる。



図 3: Task Calc.の患者画面の例

(2) 型付の構造情報

Task Calc.は、各処置に対して、以下に例示する一定の型を有する構造の情報を保持する。

- 開始時間(日付時間型)
- 完了時間(日付時間型)
- 現在の状態(準備完了、処置中等の7種類の状態から構成される列挙型)
- 担当者(医療スタッフのID型)
- 補足(文字列型)

IM 連絡網の文字列での情報交換は自由度が高すぎるために、情報交換に手間がかかり、また誤解の恐れがある。型付の構造情報は誤解の恐れを減らし、医療スタッフが現状を正確に理解する効率を高める効果がある。

(3) 現状の瞬時解釈

各処置に対応する升目はカラー表示によって医療スタッフが現状を瞬時に解釈できるようにしている。処置の状態は、オフライン(薄い赤)、準備中(薄い黄)、準備完了(灰)、開始待ち(黄)、処置中(青)、処置完了(緑)、問題あり(赤)の7種類である。これらの状態は各処置の状態の更新によって遷移していく。

前項に示したように、各升目には型付きの構造情報が表示されているが、通常はこのカラー表示によって瞬時に状態を理解することができ、細かい状態までは確認する必要はない。詳細情報は、赤あるいは黄の升目が生じたとき等、必要に応じて確認するだけでよい。

(4) 時間の表示

救急医療は時間が重要である。Task Calc.はこれを反映

して、複数の時計を有している。患者画面(図 3)の中央には、秒読みの時計が配置されている。

- 患者の病院到着前は、到着予想時間までの残り時間が時々刻々表示される。到着予想時間は患者が搬送されてくる住所から自動的に計算される。
- 患者到着後は、各疾患の治療に対する目標時間までの残り時間、及び発症からの経過時間が時々刻々表示される。

各処置の升目には、各処置の想定時間、現在までの経過時間あるいは実績時間が時々刻々表示される。

また、血液検査室、CT 検査室等の各処置を行う部署では、複数の患者の処置を順番に効率的に行う必要がある。これらの部署ごとに何分後に処置を始める必要があるかの推定時間等の時計が表示される画面も準備されている。

これらの時計はあらゆる端末に同期して表示されるため、すべての医療スタッフは、現在の患者の治療経過時間に関する正しい情報を常に知ることができ、また 1 分 1 秒が意味を有する救急医療での早期治療に対する時間の意識を徹底することができる。

4.2 タスクの管理の仕組み

次に、救急治療の protocols から従って適切に効率的に治療を行うことを支援する仕組みを示す。

(5) プロトコルの流れ

救急医療 protocols は制御の流れを有する。Task Calc. は、適切に設計された protocols の実装から、これを適切にミスなく実行することを手引きする。

先に示した患者画面(図 3)では、行う必要がある、すべての処置が俯瞰的に配置されているため、治療の全体像が理解できる。また、採血が終われば、次に引き続き、血液検査を行うように担当医療スタッフに指示する等のガイド機能によって状態の遷移が導かれる。これらは医療スタッフが慣れていれば、特に必要ない機能であるが、無駄ではない。

また、医療スタッフが救急医療の開始を見落としていたり、始めるべき処置の開始が遅れたり、処置の想定時間を実績が大幅に超過したり事態に対しては、問題を最小限に抑えるために、適切に対処を行うべく、警告を発する。

Task Calc. は、医療スタッフに対して、実行すべき処置を俯瞰的に示し、決められた流れに従って開始すべき処置を示し、問題が生じている恐れがある処置には警告を発することによって、ミスの削減を試みる。

(6) プロトコルのカスタマイズ

救急医療の protocols は、各国の治療ガイドラインに準拠した上で、各病院の環境及び事情を反映して設計すべきで

ある。しかし、我々の調査では、各病院の事情の差異はわずかである。

例えば、血液検査を血液検査室のみで行うか血液検査室と救急外来で分担して並行して行うか、CT 検査が 5 分で終わるか 10 分かかるか、MRI 検査を先に行うか後で行うか、SCU があるかないか等である。

要するに、すでにいくつかの病院で時間短縮に成功しているベストプラクティスに相当する protocols で試し、実績を評価し、微調整により、各病院の事情を反映し、改善していくのが、protocols 設計及び改善の近道である。

Task Calc. はこれらの差異をカスタマイズに吸収し、ベストプラクティスに準じた各病院独自の protocols を自由に簡単に実装できる。

protocols の定義は単純である。以下に Task Calc. 上での各処置の定義内容を例示する。これらの定義済みの処置を直列要素、並列要素として配置することで protocols の実装が完了する。

- 処置の種類(列挙型)
- 処置 ID(文字列型)
- 処置名(文字列)
- 想定時間(整数型)
- 初期の状態(列挙型)
- 詳細情報(文字列型)
- 開始条件(処置 ID から構成される条件式)

以下に、小倉記念病院及び津山中央病院(岡山県)の脳梗塞急性期治療 protocols を搭載した場合の画面を示す。両病院の protocols の差は、MRI 検査を先に行うか後で行うか程度であるが、Task Calc. を使うのが医師か、医療スタッフかによって Task Calc. 上に表示するタスクに差が生じている。



図 4: 病院間でのカスタマイズの例

(7) 複数の protocols の管理

救急患者の疾患は様々であるため、処置内容(protocols)も様々である。複数の救急医療 protocols を準備し、救急の医師の判断から、簡単に protocols を選んでスクランブル

を立ち上げることができる。

以下に、浦添総合病院(沖縄県)の脳梗塞急性期治療(左)及び重症外傷(右)のプロトコルで救急治療スクランブルを起動した場合の画面を示す。



図 5: 疾患によるプロトコルのカスタマイズ例

4.3 情報連携の仕組み

最後に効率的に情報連携を行うための仕組みを示す。

(8) スクランブルの瞬時立ち上げ

従来の1対1の電話連絡による多部署の連絡網の実現では、医療スタッフは何度も繰り返し電話連絡をする必要があった。例えば、小倉記念病院の「t-PA スクランブル」では、患者ひとりあたり最小構成で7部署(12名の医療スタッフ)が関与し、これらすべての部署に個別に電話連絡を行い、スクランブルの立ち上げを行い、また準備及び処置の進捗確認を行う必要があった。

Task Calc.を使うことで、救急外来の救急医は救急隊から連絡等から瞬時にスクランブルの立ち上げを行うことができる(図 2)。Task Calc.はスクランブルの関係部署、医療スタッフに同時に連絡を取り、彼らの行動を監視する。彼らが連絡に気付いたか、準備を始めたか、準備が完了したかは自動的あるいは彼らの報告操作によって、時々刻々Task Calc.の患者画面(図 3)上に表示される。

これによって、医療スタッフが連絡を見落としていたり、準備が遅れていたという問題を捕捉でき、適切に連絡、対処することができる。同時に、これらを除けば、従来の手段による連絡の手間を大幅に減らすことができる。

(9) 外部連携

スマートデバイス及び既成のIMアプリケーションを活用した多対多の連絡網が構築されている病院も多い。Task Calc.は ChatWork, Hangouts, Slack 等の IM に対する連携が可能で、医療スタッフは IM から Task Calc.が管理している治療進捗を確認することができるようにしてある。

5 実績の評価及び改善

医療スタッフは早期治療の重要性、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。また自機関の治療実績を適切に評価することで、継続的に改善が期待できるという先行研究がある[7-8]。Task Calc.は処置過程の時間情報を自動的に記録しているので、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。図 6 に特定のスクランブルの概要(処置の流れ)の表示例を示す。この表示では各処置の開始の待ち時間、並列実行等を容易に確認できる。

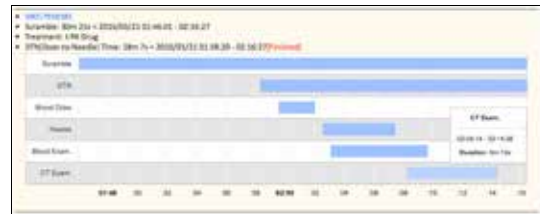


図 6: 特定のスクランブルの概要表示例

このほかに、複数の患者治療間の対比表示、月あるいは年単位での集計表示が可能であり、治療実績の中央値、最小値、第1四分位点(25%)、第3四分位点(75%)、最大値から改善の推移をグラフ表示によって俯瞰的に確認することができる。図 7 は月単位での集計表示例である。

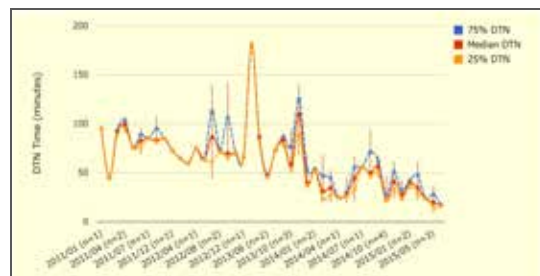


図 7: 月単位の集計表示例

これらの機能によって、医療スタッフは自分の病院の早期治療の時間実績を、別途集計処理を行うことなく認識することができる。自病院の正しい実績評価及び振り返りは、次の効率改善のために重要である。Task Calc.の集計機能によって医療スタッフは時間計測、記録、計算、また実績報告書作成の手間から開放される。

6 結論

救急医療のプロトコル管理に ICT 技術を活用し、救急医療での早期治療を実現する取り組みを行った。実際の救急医療現場で、時間との戦いを考慮し、効果的にタスク管理、情報連携等を行うことができるようにすることで、医療スタッフが処置、診察、治療等の医療行為に専念でき、治療効率の

改善を実現し、また仕組みの普及によって救急医療水準を高めることが狙いである。現在、時間短縮の安定、医療スタッフの負担軽減、プロトコル改善の効果を確認するため、小倉記念病院、浦添総合病院、津山中央病院で実証運用を継続している。

今後、多くの救急病院で利用できるように体制の構築を進めている。今回の試みが救急医療水準の底上げに貢献できる可能性に関して以下の2点に言及したい。

第1に、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ソフトウェアとして実装することで、救急医療の最良の事例を、理論的には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。

第2に、Task Calc.のソフトウェア自体はクラウド上で動作している。特に、専用のサーバ、デバイス等は必要ないため、実質的に手軽に使い始めることができる。

救急医療のベストプラクティス及びTask Calc.の普及によって、救急患者の早期治療までの時間の短縮及び安定、医療スタッフの負担軽減が実現し、多くの救急病院で、多くの患者の機能回復、社会復帰が実現するように研究、開発を継続していきたい。

本論文は、文献[9]をもとに再構成、加筆したものである。

参考文献

- [1] 松本省二, 石井暁, 小山裕司ほか: t-PA 静注療法の早期開始のための ICT 支援システム Task Calc. Stroke(タスカル)の開発, 第 31 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会 学術総会, 2015.
- [2] 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 (IPSJ Journal), Vol.57, No.5, 2016.
- [3] 松本省二, 中原一郎, 西秀久ほか: 急性期脳梗塞に対する rt-PA プロトコルの変更による Door-to-Needle Time 短縮効果, 日本神経救急学会雑誌(第 28 回日本神経救急学会 学術集会), Vol. 27, No. 1, 2014.
- [4] Shoji Matsumoto, Ichiro Nakahara, Hidehisa Nishi, et al.: Protocol changes aiming to reduce Door-to-Needle Time in intravenous t-PA therapy, The XII Thrombolysis Symposium Thrombolysis, Thrombectomy and Acute Stroke Therapy, 2014.
- [5] 松本省二, 中原一郎, 太田剛史ほか: 急性再開通治療新時代(転帰を改善するためには何をすべきか, 急性期再開通治療プロトコル改変が来院~治療開始時間短縮にもたらす効果), 第 30 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会 学術総会, 2014.
- [6] 松本省二, 中原一郎, 太田剛史ほか: Door-to-Needle Time 短縮を目的とした t-PA プロトコルの変更, 第 40 回日本脳卒中学会総会, 2015.
- [7] Noreen Kamal, Eric E. Smith, Caroline Stephenson, et al.: Visualizing Acute Stroke Data to Improve Clinical Outcomes, Stroke, Vol. 46, Issue 7, 2015.
- [8] Cheryl B. Lin, Margueritte Cox, DaiWai M. Olson, et al.: Perception Versus Actual Performance in Timely Tissue Plasminogen Activation Administration in the Management of Acute Ischemic Stroke, Journal of the American Heart Association, Vol. 4, Issue 7, 2015.
- [9] 小山 裕司, 松本 省二, 吉良 潤一: ICT を活用した救急医療プロトコル管理, 2016 年電子情報通信学会

The Art of Engineering, the Engineering of Art

Giovanni Innella*

Abstract

The Advanced Institute of Industrial Technologies (AIIT) is a school with a strong engineering backbone that engages with professionals and educators from different fields. The synergy resulting from the varieties of backgrounds and expertise can represent a fertile ground for explorations on both a conceptual and a technical level. This paper reflects on the potential benefits of combining engineering and art research. Starting from historic and current examples on the crossings between art and engineering, the author of this paper imagine possible ways of combining technical and conceptual agendas so to develop valuable projects and educational programs. The paper sparked from the observations and reflections based on the first few months of involvement of Assistant Professor Giovanni Innella with the activities of the AIIT. However, such observations and reflections extend beyond the context of AIIT and could be applied to any context in which scientific and humanistic disciplines are kept separated.

Keywords: Art, Engineering, inter-disciplinarity, trans-disciplinarity, design processes

1 Introduction and Historic Background

If one looks at the way conventional educational and academic contexts have been conceived and organized, artistic and engineering disciplines seem to be two very separated realms. In fact, art and engineering schools, events and qualifications only rarely are brought together and most of the time only out of necessity, rather than out of a true will of exploring the potential of such a contamination. However, historians suggest that such a separation has not always been there.

During the Renaissance times, artistic and scientific research seemed to go hand in hand. The intellectual man of the Renaissance was a “polymath”, someone who could span among art and engineering, design and mathematics, philosophy and science. Many indicate Leonardo da Vinci as one of the greatest examples of a Renaissance man. In fact, he could work on projects where the artistic and the scientific research merged, to the point that it was hard to discern the two or label the author as either artist or scientist (Figure 1) [1][2].

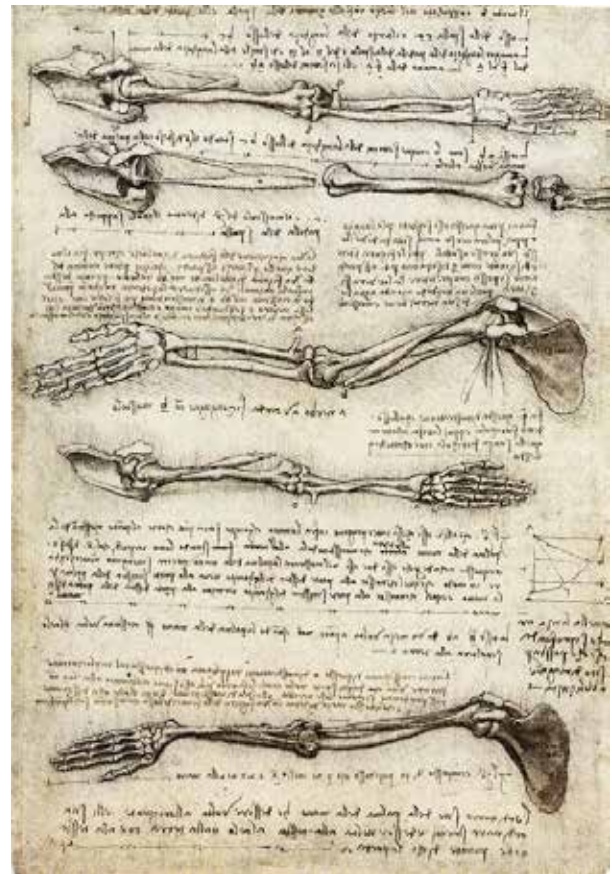


Figure 1. Studies of the Arm showing the Movements made by Biceps, c. 1510, a drawing by Leonardo da Vinci. Source: <http://www.drawingsofleonardo.org>

As Wilson [3] suggests, the current separation

between science and the creative arts is a consequence of the Enlightenment and the Romanticism movements of the XIX Century. While Enlightenment put its hopes on logical thinking and scientific progress, as a reaction, those joining the Romanticist movement gave their preferences to emotions and feelings and their manifestations through the arts. As a result of these two opposite forces, the distance between the two spheres was highlighted, in spite of the convergence of humanities and science witnessed during the European Renaissance. Since then, we stubbornly separate the science from humanities, engineering from arts, technical skills from conceptual thinking. Two centuries later, we still strive to mend such a tear, not without difficulties.

2 The Gap between Art and Engineering in Education

Nowadays, most schools reflect the rather sharp division between artistic and engineering disciplines. The rigid division of faculties and departments is a sign of such a separation. It is not rare that art schools do not even consider including engineering courses in their curricula. Similarly, engineering institutes look at art as a far away world, populated by very differently minded professionals [4].

There are, of course, examples of organizations that bring together the art and engineering worlds, through interdisciplinary teams and processes (i.e. MediaLab, Copenhagen Institute of Interaction Design, Interaction Design Institute of Ivrea and few others) [5][6]. For example, the now defunct Interaction Design Institute of Ivrea would enroll students coming from both technical backgrounds, such as informatics and engineering, and humanistic backgrounds, such as art and design. The formers were asked to take classes on humanistic and creative subjects, while the latter had to attend technical courses on programming and electronics. In this way, the institute thought of bridging – or at least narrowing – the gap between the two types of students. The impact of this simple decision was limited, though still appreciable. Thanks to such a diverse education, graduates from the Interaction Design Institute of Ivrea went on to work indistinctively in the arts (Pors & Rao) [7], technology companies (such as Philips and Google), or contributed on innovative engineering projects

(Arduino was conceived and developed by people working or studying in the institute) [8].

Apart from the afore-mentioned few exceptions, the orthodox separation that sees arts belonging to the humanistic sphere and engineering as part of the scientific domain is commonly accepted in our culture, and surely by our scholastic systems.

Besides the way our culture is shaped, such a separation in our schools between the science and the humanities is dictated by a number of practical reasons. Among these reasons there is the necessity to organize staff and students, optimize the use of spaces and facilities, award students with more specific academic degrees so to arguably improve their employability in the professional world.

However, such issues should be overcome in order to provide a more complete education and a better flux among different knowledge and thinking. This paper does not aim to re-think of our education system – although that would be certainly exciting and beneficial – but it wishes to promote artistic explorations within technical school projects as well as technical implementations of projects led by artistic purposes. This convergence among the technical and the artistic could result in valuable research opportunities in both directions.

3 The Gap between Art and Engineering in Practice

Outside of the world of schools and education, the separation between the technical and the artistic is maybe less evident. Of course most art practitioners are labeled as artists and are placed under the umbrella of humanities, while engineering practitioners are seen as technical professionals and find their place more in the scientific fields. However, the recent widespread use of more or less complex technologies to create artworks has helped bridging the apparent gap between art and engineering [9].

If stating that every art piece has to be designed, engineered and ultimately fabricated may sound obvious, the active involvement of engineering skills and research in art becomes less obvious when thinking of kinetic sculptures or interactive installations, for example. In fact, in the case of kinetic sculptures and interactive installations, the artists have to learn how certain technologies work, get inspired by their potential and shape their thinking around those factors. At the same time,

engineers and developers have to understand the artistic concepts, push the technological limitations to achieve the desired results or offer viable options for the project development. So, the process can be seen as a flux of notions and processes, in which engineers and artists challenge and inspire each other while working on real projects [10].

3.1 Examples of Practices at the Boundary of Art and Engineering

Many hybrid practices have arisen at the crossing between art and engineering. Many of them have a more artistic lead. This is the case of British firms such as Greyworld and Troika or Japanese offices TeamLab and Rhizomatiks, for example. These studios usually begin their projects with an artistic approach, to then start a conversation with technicians and explore what technology allows. This is when projects may take different routes by pulling and pushing between technological possibilities and artistic inspirations. In this process, technical companies whose expertise lays in engineering and fabricating artworks are often involved.

An example of such process can be found in the one that led to the artwork called Cloud (2008), commissioned by British Airways to Troika, developed and realized together with consulting studio Mike Smith Studio. Mike Smith Studio has strong engineering and manufacturing skills and it is known for its collaborations with artists. The artwork consists in a suspended volume “covered in thousands of mechanically animated dots that flip between silver and black – a technology originally used for information boards indicating arrival and departure times on travel boards commonly seen at train stations” (Troika.co.uk, 2008). The exchange between Troika and Mike Smith Studio [11] led to critical changes in the shape and the functioning of how the authors first imagined their artwork to be. However, the 4800 flipping dots covering the sculpture maintain their conceptual meaning of a board that indicates time, arrival and departures. That is why the sculpture finds its place in the British Airways Galleries Lounges, Heathrow’s Terminal 5, London. The Cloud represents a good example of artistic thinking and engineering implementation. The artists learned how a technology works, adjusting the

artwork shape and functioning accordingly, while the engineers understood the conceptual meanings of the technology used – the flipping dots – and provided their problem solving skills (Figure 2, 3 and 4) [12].



Figure 2. Kinetic sculpture “The Cloud” by Troika at Terminal 5 o Heathrow Airport, London. Source: <http://www.troika.co.uk>

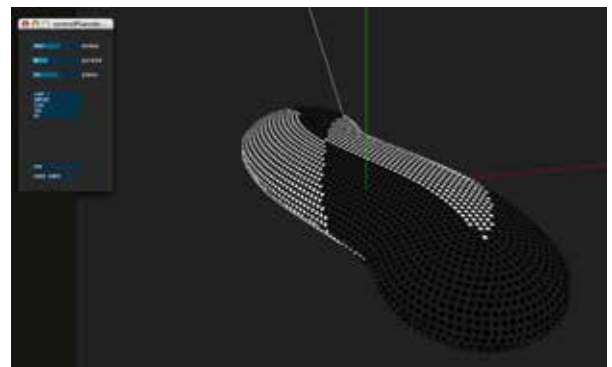


Figure 3. Programming of “The Cloud”. Source: <http://www.pixelsumo.com>



Figure 4. Making of “The Cloud”. Source: <http://www.mikesmithstudio.com>

Art studio Greyworld experienced a similar process while designing the installation “The Source” (2004) for the London Stock Exchange. The installation was first conceived as a tall column of water into which air bubbles were supposed to be injected and let travel up

to the surface according to previously programmed choreographies. Only after talking to engineers, the team realized that such an idea was impossible to realize. Together with engineers they explored other technical opportunities to finally opt for a large kinetic installation comprising 729 plastic spheres that slide on steel wires according to factors such as exchange trends, internet data flux and designed compositions (Figure 5 and 6) [13].



Figure 5. Installation "The Source" by Greyworld at London Stock Exchange. Source: <http://www.greyworld.org>

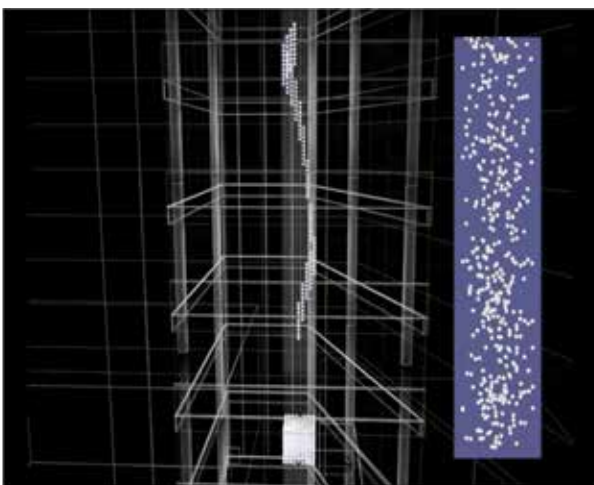


Figure 6. Designing and Programming "The Source". Source: <http://www.greyworld.org>

The relationships between creative minds and technical experts sometimes result in a contamination, leading to an exchange of roles between the two. For example Moritz Waldemeyer, who is now a renowned designer producing artistic installation for prestigious clients, such as Audi and Panerai among others, first started as an engineering consultant and fabricator for the conceptual works of fashion designer Hussein Chalayan (2007) (Figure 7 and 8) [14]. Without that experience, maybe Waldemeyer would not have known his potential as an author. In this case, the starting point for the creative career of Waldemeyer is represented by his technical skills to which he learned how to apply artistic thinking. The combination of the two sprouted in a now successful practice that is hard to label under either the engineering or artistic category [15].



Figure 7. Mechanical dresses in One Hundred and Eleven, Spring/Summer 2007 by Hussein Chalayan. Photographer: Chris Moore. Source: <http://www.wallpaper.com>

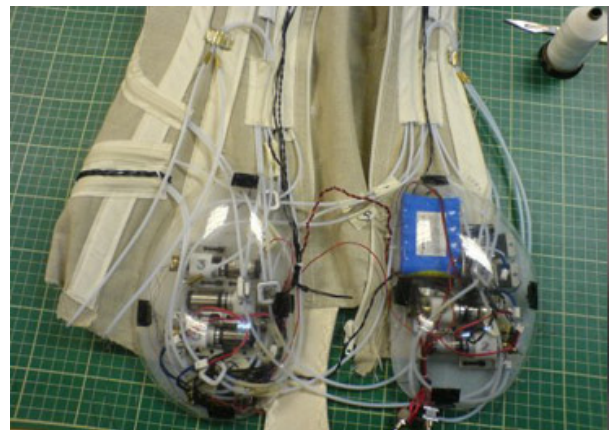


Figure 8. Making of Mechanical dresses in One Hundred and Eleven, Spring/Summer 2007 by Hussein Chalayan. Source: <http://www.todayandtomorrow.com>

Other great artists of the stature of James Turrell, who studied psychology and mathematics as an undergraduate, and Theo Jansen include in their education and in their practice both artistic and scientific expertise [16]. It is hard to discern the two spheres in their work. The investigations on light of Turrell and the wind powered walking and flying structures of Jansen represent valuable researches both in the science and arts (Figure 9 and 10). It is not rare that companies and institutions known for their technical excellence want to associate their names to the one of those authors (i.e. BMW and Jansen) [17].



Figure 9. *The Horizon room by Turrell in Las Vegas.*
Source: <http://www.nytimes.com>



Figure 10. *'Animaris Turgentia Vela', by Theo Jansen.*
Source: <http://www.wallpaper.com>

Besides the practices of these creative minds, one should look at contexts of a much bigger scale where technological development is conducted together with social and cultural research. The large tech companies such as Google and Facebook represent those contexts quite well. As they shape our ways of communicating and reaching for information, those companies have – or should have – to understand our social dynamics and ethics and act upon those. At the same time, they provide and implement the technologies that allow

their decisions to become actual [18] [19]. So, they have to combine humanistic knowledge about social science, psychology and so on, with the technical skills of coding and designing the informatics structures their services are made of. However, such larger companies are driven by strong economic purposes, rather than a pure will of exploring and researching. Furthermore, the knowledge and processes they produce remain within the walls of the companies protected by patents and secrecy.

4 The Experience of the Author: GeoMerce

The author of this paper has, in his career, worked in contexts and on projects where technical skills were required and often made available by other collaborators. In fact he worked at the Interaction Design Institute of Ivrea, Madeira Interactive Technologies Institute, Interaction Design Lab and now at the Advanced Institute of Industrial Technology.

His recent project “GeoMerce” (2015), conceived and realized in collaboration with designer and researcher Gionata Gatto is representative of how technical and conceptual thinking may interact with each other [20]. The project starts from the scientific notion of phyto-mining, the ability of plants of absorbing metals from the soil. GeoMerce consists of an installation that can measure in real-time the quantity of metals absorbed by selected plants whose roots are immersed in a water-based solution. So, there is pot A with a solution of Nickel and a set of *Alyssum*, pot B with a solution of Zinc and *Brassica Juncea*, and pot C with a solution of Copper and *Helianthus annuus* absorbing the metal through its roots (Figure 11).

This part of the installation requires the knowledge and contribution of different sets of expertise. The first scientific consultation has been provided by the department of Agriculture of the Wageningen University (NL) and the University of Parma (Italy). The researchers of the Dutch and Italian institutions suggested specific plants for their ability of accumulating fast and in larger quantities the selected metals, and for their larger availability in Europe.



Figure 11. The plants of "GeoMerce" by Giovanni Innella and Gionata Gatto. Photo: Matteo Cremonini. Source: <http://www.giovanniinnella.com>

The second technical knowledge have been offered by Swiss company C-CIT. C-CIT developed the sensors that detect the variations in the concentration of the metals in the water-based solutions. The sensors used for GeoMerce did not exist as an off-the-shelf option and needed to be customized purposely for this project. So, the project had an impact – even if limited – on the activities of C-CIT (Figure 12).



Figure 12. The sensors developed by C-CIT for GeoMerce. Photo by: Matteo Cremonini. Source: <http://www.giovanniinnella.com>

Thirdly, the data about the quantity of the metals absorbed by each plant was multiplied by the real-time value of the metals according to the London Metal Exchange index, which required basic notions about economics and value monitoring. In this case, the authors of the project themselves had to learn about what viable sources exist to have minute-by-minute updates about the value of the selected metals (Figure 13). Then, finance expert Carlo Gelfo provided access to data.

Three polar plotters drew a graph illustrating what arguably can be said to be the economic value of each plant (Figure 14). The making and programming of those machines was taken care by programmer and developer Eelke Feenstra.



Figure 13. Data from plants merging with data from London Metal Exchange. Photo: Matteo Cremonini. Source: <http://www.giovanniinnella.com>

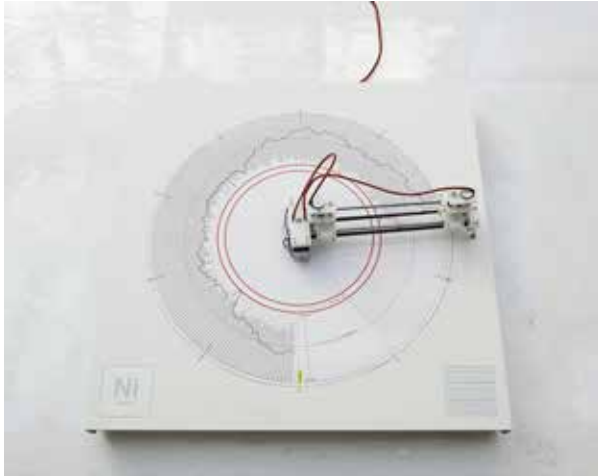


Figure 14. One of the three polar plotters drawing graphs about phyto-mining performances and value of the plants. Photo: Matteo Cremonini. Source: <http://www.giovanniinnella.com>

The installation was then completed by the projection of a video describing a future scenario in which farmers would choose and grow plants according to financial fluctuations of the metals. Finally, twelve different leaves of accumulator plants that have been cleared through an innovative chemical process so to show their full capillary were cast into clear resin together with fragments and powders of the metals they are able to extract. The role of the video and the resin casts was to make the installation easier to understand and aesthetically appealing to the larger audience. The broader goal of GeoMerce was to inform about the phyto-mining ability of plants, as well as provoke a debate about how our economies tend to give monetary values to anything and how such capitalistic principles could apply to plants and landscapes (Figure 15, 16 and 17).

Remarkably, during the process, the diverse set of actors involved in the project had to learn from each other's needs and limitations, knowledge and skills, agendas and motivations. In this sense, GeoMerce can hardly be labeled as an art piece, as a scientific experiment or a technical challenge. GeoMerce was mainly a flux of information and a contamination among expertise.

This project taught us how the perpetration of a conceptual and speculative query – “how far can financial principles apply to the world around us and nature?” – could lead to an impact on a technical level, like developing a new type of sensors to measure the

concentration of metals in the water-based solutions, or designing and programming polar plotters.



Figure 15. The installation "GeoMerce" exhibited in Milan, 2015. Photo: Matteo Cremonini. Source: <http://www.giovanniinnella.com>



Figure 16. The cleared leaves casted in resin. Photo: Matteo Cremonini. Source: <http://www.giovanniinnella.com>



Figure 17. Detail of one cleared leaf casted in resin with metal powder. Photo: Matteo Cremonini. Source: <http://www.giovanniinnella.com>

5 AIIT, a Fertile Ground for Engineering-Art Explorations: The Rocket Project

Within the context of AIIT, opportunities for merging engineering and art processes occasionally emerge. The anecdote below can serve as a simple example.

Professor Keiko Shimazu leads a team of students from various Japanese universities who are working on a rocket to be launched at a dedicated event in the Arita prefecture, Japan. The peculiarity of this rocket is that, after reaching the highest point of its trajectory, a parafoil is ejected from its nose. The parafoil can be controlled from the ground thus allowing the rocket to land in a precise point. So unlike conventional rockets that are lost after their launch and let crash in safe areas like the ocean or inhabited lands, this rocket safely makes its way back to a chosen destination.

Professor Shimazu and her team of students decided to consult with Assistant Professor Giovanni Innella – one of the authors of this paper –, asking for

proposals on the way the rocket should look like, obviously given the technical requirements that the rocket has to meet in order to perform correctly. The team knew about the background of Giovanni in conceptual design and art. Their intention was to explore possibilities for adding an aesthetic or conceptual layer to the project. One week later the proposals presented were two.

The first proposal was mainly aesthetic and it implied covering the body of the rocket with feathers, so to make it resemble to some sort of bird. This proposal was troublesome because inevitably some of the feathers would have fell during the launch. The rules of the event do not allow any of the parts of the rocket to fall during the take off.

The second proposal was instead more ironic and based on language. On the body of the rocket the Japanese word *Ittekimasu* (いってきます) – which is a salutation said by a person leaving – was supposed to be painted. The word *Tadaima* (ただいま) – which is a greeting said by someone coming back – would have been graphically applied on the parafoil (Figure 18).

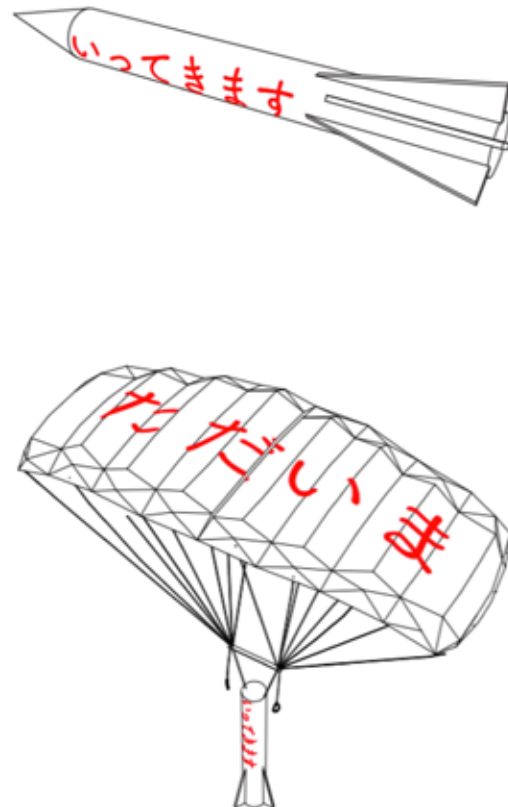


Figure 18. Concept of graphics to apply on rocket.

Especially the second proposal was well received by the team of students because of its light irony and because it highlighted the peculiarity of the rocket, that is its ability of returning to the departure point.

The aim for both proposals was to create something that could have been exhibited also after the event and still be an interesting artifact also for those who cannot appreciate the engineering exquisiteness of the project. In this case, it was the technical characteristics of the project that inspired artistic thinking. The idea of working on a project that is at the same time an engineering research and a work of art was very appealing for the students. It set up a more cheerful mood and higher motivation. Unfortunately, also this proposal was finally not pursued, but only for time constraints.

6 Conclusions

If the engineering world is more concerned with HOW, while the arts focus more on WHY something needs to be done, both try to answer to an even more crucial question. That question is WHAT? What to do is the leading dilemma for creators – whether as engineers or artists – and the two find very different answers to such a question.

WHAT to do is the common ground that engineering and art operate on. HOW and WHY are two questions that we better learn not to separate in our schools, unless we want to train future professionals that either lack of critical thinking or that lose touch with the reality of making and the possibilities offered by technologies whose potential we do not fully comprehend yet.

In other words, both science and humanities represent two lenses through which one can look at the world. Our culture and society have often preferred keeping those two lenses separated, rather than overlapping them. Thinking artistically allows space to investigate the humanistic side of projects. It allows reflecting on society and culture. Thinking technically means learning practical skills, reflecting on what technology offers and getting inspired by it.

In our schools, we should teach our students to understand the HOW and the WHY something needs to be done, and provide both types of answers. Our students and their educators need to learn about the processes and the networks that are generated by the art and the engineering directions and comprehend

the values that lay behind both. In this way we will educate full rounded professionals that can have an impact in the companies they work for or will work in.

There are many ways to push students to think both artistically and technically. Since AITT is a school where practice-based-learning is preferred, one simple way to do so would be to require our students to think of an art project as a collateral activity derived by the engineering tasks they undertake. In this way, besides the regular very rational projects they normally work on, they could have the opportunity to think more conceptually and learn how to use irony, speculative thinking and sense for aesthetics as part of their language.

The benefits of such a contamination between arts and engineering, science and humanities would be numerous. On a higher-level, we would be educating a more complete citizen, who can value and appreciate both spheres. Our students would become technology experts who can better understand how the projects they work on contribute to the shaping of our culture and societies. Professionally, this will hopefully give them more opportunities in the companies that operate at the verge of technology and culture. Or, such an understanding will maybe push the graduates to start their own practices in such a space. Also, in terms of communication, our students would learn how to speak to technical and creative people, adopt – or create – a language that can be more easily understood by both audiences and that can be more appealing to the broader audience.

7 Future Work

For the future, the intention is to engage with a limited number of students with a technical background and propose them to engage with an art project. Giovanni Innella, author of this paper, is involved at various degrees in artistic projects and with art institutions. This represent an opportunity for the students to confront themselves with conceptual thinking, with giving form to the concepts and get things to work technically. A possible collaboration with the students of Professor Keiko Shimazu has been proposed and so far the reaction of the students has been positive. Further development of such activities will be opportunely reported.

Bibliography

- [1] A. A. Pitenis, D. Dowson, and W. Gregory Sawyer, "Leonardo da Vinci's Friction Experiments: An Old Story Acknowledged and Repeated," *Tribology Letters*, vol. 56, no. 3, pp. 509–515, Dec. 2014.
- [2] J. Jones, "Is Leonardo da Vinci a great artist or a great scientist?," *The Guardian*, 01-May-2012. [Online]. Available: <https://www.theguardian.com/artanddesign/jonathanjonesblog/2012/may/01/leonardo-da-vinci-artist-or-scientist>. [Accessed: 31-Aug-2016].
- [3] E. O. Wilson, *The meaning of human existence*, First edition. New York: Liveright Publishing Corporation, a Division of W.W. Norton & Company, 2014.
- [4] M. N. Zald, "Organization Studies as a Scientific and Humanistic Enterprise: Toward a Reconceptualization of the Foundations of the Field," *Organization Science*, vol. 4, no. 4, pp. 513–528, 1993.
- [5] A. Ortony, "Emotion by accident, emotion by design," *Interaction Design Institute Ivrea*, vol. 19, 2003.
- [6] G. Smith, "What is interaction design," *Designing Interactions*, pp. 8–19, 2007.
- [7] J. Shackelford, *The Ted Book - A Video Book*. Newspaper Next, LLC, 2012.
- [8] M. Frauenfelder, *Make: technology on your time: join the Arduino revolution*. 2011.
- [9] P. A. Rogers and M. Smyth, Eds., *Digital blur: creative practice at the boundaries of architecture, design and art*. Faringdon: Libri Pub, 2010.
- [10] B. Yilmaz, "Art Engineering and Kinetic Art," *Journal of Arts and Humanities*, vol. 3, no. 12, p. 16, 2014.
- [11] P. Craig and M. S. Studio, *Making Art Work*. Trolley, 2003.
- [12] U. Ekman, Ed., *Throughout: art and culture emerging with ubiquitous computing*. Cambridge, MA: MIT Press, 2013.
- [13] T. Digumarti, J. Alonso-Mora, R. Siegwart, and P. Beardsley, "Pixelbots 2014," *Leonardo*, vol. 49, no. 4, pp. 366–367, 2016.
- [14] L. Berglin, "Smart Textiles and Wearable Technology," 2013.
- [15] P. A. Rodgers, "' Polymath Interpolators'-the next generation of designers," presented at the DS 43: Proceedings of E&PDE 2007, the 9th International Conference on Engineering and Product Design Education, University of Northumbria, Newcastle, UK, 2007.
- [16] C. E. Adcock and J. Turrell, *James Turrell: the art of light and space*. Berkeley: University of California Press, 1990.
- [17] T. Jansen, *The great pretender*. Rotterdam: O10 Publishers, 2007.
- [18] M. Johnson, *The worldwide workplace: solving the global talent equation*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2014.
- [19] N. Erbe, Ed., *Approaches to managing organizational diversity and innovation*. Hershey, PA: Business Science Reference, an imprint of IGI Global, 2014.
- [20] C. Marelli, "GeoMerce," *Domus Web*, 22-May-2015. [Online]. Available: http://www.domusweb.it/en/news/2015/05/22/gionata_gatto_and_giovanni_inella_geomerce.html. [Accessed: 31-Aug-2016].

マイナンバー制度における特定個人情報保護評価の分析

瀬戸 洋一*・佐々木 真由美*・阪本 圭*・慎 祥揆*

Analysis of Specific Personal Information Protection Assessment in the Social Security and Tax Number System

Yoichi Seto* Mayumi Sasaki* Kei Sakamoto* and Sanggyu Shin*

Abstract

Upon the start of the construction and operation of the system to deal with my number, Law on the Social Security and Tax Number System is established in the administrative proceedings, the implementation of specific personal information protection assessment was required. In this paper, it relates to a specific personal information protection assessment report that have been published, were analyzed for validity of the risk assessment. As a result, the assessment report, which is missing in the evaluation there were a large number.

Keywords: Risk Assessment, Privacy Impact Assessment, Privacy risk, Social Security and Tax Number System, Specific Personal Information Protection Assessment

1 はじめに

2013年5月24日、「行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律(以下、番号法)」が成立し社会保障・税番号制度(以下、マイナンバー制度)が導入された。マイナンバー制度は、行政機関や地方自治体など複数の機関が保有する個人の情報が同一人物の情報であることを確認するために活用される。行政を効率化し、国民の利便性を高め、公平・公正な社会を実現する社会基盤となるものである[1]。

2015年10月より、番号法が施行され、住民にマイナンバーが通知された。マイナンバーを含む個人情報を特定個人情報といい、地方自治体などでは、特定個人情報を保有する事務に対し、保有前に特定個人情報保護評価(以下、保護評価)の実施が義務付けられた[1]。保護評価は、個人のプライバシー等の権利利益の侵害の未然防止と、国民・住民の信頼の確保を目的とし、地方自治体などで事前に、自らリスク評価を行うものである[2]。

保護評価の結果は、評価書として公開されている。しかし、保護評価が、適正に実施されていない可能性がある」と指摘があった[3]。

本研究は、自治体が公開した全項目評価書を用い、リスク評価が適正に実施されているか、

- (1) リスク評価と措置の妥当性
- (2) 評価書の再利用

の2つの観点から分析した。

諸外国では、個人情報の取得を伴うシステムの導入や

改修に際し、プライバシーへの影響を事前に評価し、その回避または緩和のための措置を講じるプライバシー影響評価(Privacy Impact Assessment 以下、PIA)が実施されている[4]。PIAにおいては、影響評価の適正性に関する2つの研究がある。一つはバイオメトリックシステムに適用したPIAの適正性を評価した研究である[5]。もう一つは、PIA自身に対し実施効果を評価した研究である[6]。特定個人情報の保護評価は、システムと運用を対象として行政組織の職員が自己評価するのに対し、PIAは運用を含めずシステムのみ専門的中立的な第三者が評価を行う。国は保護評価をPIA相当と公表しているが、上述したようにPIAと保護評価とは基本的に異なるものである。

本稿は、番号法で規定された特定個人情報の保護評価が、自治体などで適正に実施されているか、自治体から発行された評価書を基に分析評価する。2章でリスク評価の適正性に関する研究概要、3章で特定個人情報保護評価の概要・手順・課題、4章で全項目評価の分析観点と分析対象、5章で全項目評価書に対し実施した分析および結果を考察する。

2 リスク評価の適正性に関する研究事例

リスク評価の適正性に関する類似研究は、PIAに関し2件あった。特定個人情報に関する保護評価が実施されたのは2015年度であり、保護評価に関する研究事例は見当たらなかった。なお、保護評価は日本のみで実施され、一方PIAは国際標準規格があり諸外国で実施されてい

る評価手法である。

PIA では、2 件の評価の適正性に関する研究事例がある。一つは Kush Wadhwa らが、バイオメトリックシステムに PIA を適用し評価を実施した。Kush らは、プライバシー評価の手続きの適正性をランク付けで評価した

[5]. これは、PIA の手法は有効であることを前提とし、PIA の事例に対し実施手順が適正か否かについて、その十分性を評価したものである。例えば、報告書の公開の手順が適正かなどを評価している。

もう一つは坂本らが、PIA 自体の有効性評価を実施した研究事例である [6]. 国際標準 ISO22307 に基づき開発されたリスク評価手法を用い PIA を実施することにより、どの程度のプライバシーリスクを低減することができたか効果を評価している。つまり、PIA の有効性を、個人情報に関するプライバシーリスクの可視化と個人情報保護に関するステークホルダーの意識向上の 2 つの観点で有効性を定量評価している [6].

特定個人情報の保護評価は、諸外国で実施されている PIA に相当するといわれているが [2], PIA はシステムに対し第三者専門組織がリスク評価するのに対し、日本で実施する保護評価は、利用する行政機関の職員による自己評価でシステムと運用が混在した形でリスク評価を実施するよう指針で規定されている [4] [7].

したがって、2 つの評価手法は全く別のものであり、PIA で実施した評価手法を特定個人情報の保護評価に適用することは困難である。

本稿は、特定個人情報の保護評価の結果である評価書を分析することで、評価が適正に行われているか評価した点に特徴がある。

3 特定個人情報保護評価

3.1 特定個人情報保護評価の概要

マイナンバー制度では、特定個人情報を扱う事務に対し保護措置の一つとして、保護評価の実施が義務付けられた [1].

図 1 は保護評価の概要を示す [7].

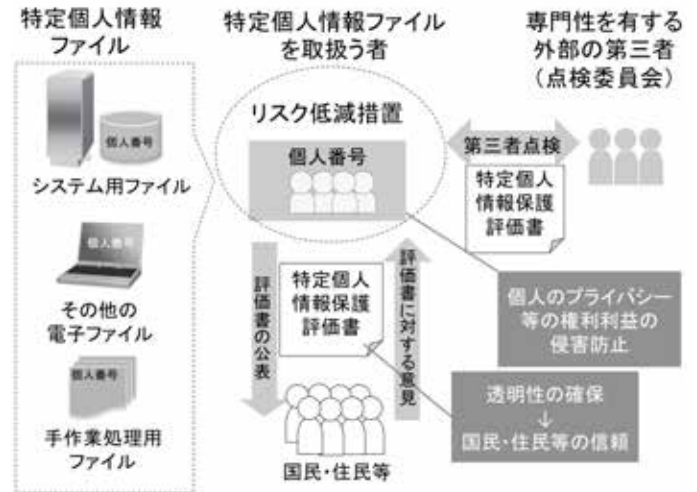


図 1 特定個人情報保護評価の概要

特定個人情報に対する保護評価とは、特定個人情報ファイル（マイナンバーと個人情報）の適正な取扱いを確保することにより、特定個人情報の漏えいその他の事態の発生を未然に防ぎ、個人のプライバシー等の権利利益を保護することを基本理念とする。その目的は以下の 2 つにある。

- 事前対応による個人のプライバシー等の権利利益の侵害の未然防止
- 適切な情報公開による国民・住民の信頼の確保

3.2 特定個人情報保護評価の手順

保護評価では、しきい値判断により、基礎項目評価、重点項目評価、全項目評価のいずれかの実施が義務付けられる。しきい値判断の指標は、対象人数、特定個人情報ファイルを取り扱う者の数（以下、取扱者数）、評価実施機関における特定個人情報に関する重大事故の発生の有無などがある。

例えば、対象人数が 30 万人以上の場合には全項目評価、10 万人以上 30 万人未満の場合には重点項目評価、それ以外は基礎項目評価の実施が義務付けられる。なお、取扱者数が 500 人以上または過去 1 年以内に特定個人情報保護に関する重大事故を発生させた場合は、重点項目評価から全項目評価へ、基礎項目評価から重点項目評価へそれぞれ切り替わる。ただし、対象人数が 1,000 人未満の場合は保護評価の実施は義務付けられない。

地方自治体で全項目評価書を作成後には、評価書を公示、広く住民等の意見を求め、得られた意見を十分考慮した上で評価書に必要な見直しを行う必要がある。見直しを行った評価書は、第三者点検を受けた後に個人情報保護委員会へ提出される。

表 1 は、全項目評価書の評価項目の例を示す [8].

表 1 全項目評価書の評価項目の例

Ⅲ 特定個人情報ファイルの取扱いプロセスにおけるリスク対策

1.特定個人情報ファイル名	
①	
2.特定個人情報の入手(情報提供ネットワークシステムを通じた入手を除く。)	
リスク1: 目的外の入手が行われるリスク	
対象者以外の情報の入手を防止するための措置の内容	②
必要な情報以外を入手することを防止するための措置の内容	③
その他の措置の内容	④
リスクへの対策は十分か	[⑤] <選択肢> 1)特に力を入れている 2)十分である 3)課題が残されている
以下省略	以下省略

評価書の記載方法は、表 1 中の①～④に示す空欄に記載する方式や⑤に示す選択記載方式がある。例えば、②には、「アクセス可能な端末を制限する」などのシステム的に対応する措置と「届出・申請内容や本人確認書類に基づき本人確認を行う」などの運用(人的・組織的)に関する措置が記載される。つまり、1つの項目にシステムと運用の両方の評価を行い、それぞれの対策を抜け落ちなく記載する必要がある。選択記載では、1)特に力を入れている、2)十分である、3)課題が残されている等の選択肢より一つ選び記載することになる。

なお、PIA の場合は、リスク評価の対象は事務(運用)ではなくシステムである。リスク評価は、プライバシーコミッションにより共通ガイドラインが発行され、これに基づき評価を実施する。また、取り扱う個人情報の数でリスク評価を区分していない [4]。

3.3 特定個人情報保護評価の課題

保護評価は、諸外国で採用されている PIA に相当するとされているが、PIA と比較すると以下の相違がある。

- ① 評価対象を「特定個人情報ファイルを取り扱う事務」としており、事務の定義が不明確であり、対象の業務に関連するシステムと運用(組織的・人的)が混在している。
- ② PIA が中立性・専門性のある第三者機関による評価であるのに対して、保護評価は、システム運用者(行政機関などの職員)の自己評価、首長などによる自己宣言書となっている。
- ③ 保護評価に際しリスク評価マニュアル等が整備されていない。行政機関は個別のリスク分析手法により評価書を作成している。

以上により特定個人情報に関する保護評価は、リスク評価が適正に実施されない可能性がある。そこで、自治体が公開した全項目評価書を用い、リスク評価が適正に実施されているか、2つの観点で分析を実施する。

- (1) リスク評価と措置の妥当性：システムと運用に分けて作成した評価基準と安全管理措置に対する過不足の状況を評価する。
- (2) 評価書の再利用：自治体が公表した評価報告書の分析を行い再利用に関する状況を評価する。

4 全項目評価書の分析

4.1 分析方法

3.3 節で述べたように、保護評価は PIA とは対象や手順に相違がある。このため、マイナンバー制度において保護評価が特定個人情報保護の観点で機能しているか以下の2点で分析を行った。

(1) リスク評価と措置の妥当性

保護評価では、例えば、全項目評価書に記載されたリスク項目に対して各自自治体がリスク対策の措置を記載する方法で実施される。保護評価においてリスク評価と安全管理措置の検討が十分でない可能性がある。

本件に関しては、(a)～(c)の3つの課題が考えられる。

- (a) リスク対策においては、システムと運用ではリスク(脅威と脆弱性)が異なるため、本来、分けて評価、記述すべきであるが、多くの自治体ではシステムと運用のリスク軽減措置を混在して記述している点である。
- (b) リスク項目に対する記載内容の根拠が不明確な点である。国からは表 1 に示すリスク項目を提示されているが、その根拠となる説明はない。
- (c) 評価書のリスク項目は画一的な記載であり、自治体ガリスク対策を検討する際の具体的なレベルが示されていないため、自治体間でリスクの捉え方と記述の粒度に相違があることが考えられる。対策基準が提示されていない状況で、リスクへの対策は「十分」かなど、十分性の判断が属人的に行われるなどの選択肢もある。評価を行う自治体は、結果的に「十分である」等を選ぶことが考えられる。

(2) 評価書の再利用

評価書の再利用は、2つの観点で生じる。一つは、同じ事務に対し先行する自治体、あるいは国からサンプルとして提出された評価書を再利用することが考えられる。もう一つは、同一自治体において先に評価を行った事務の評価書の内容を別の事務の評価において再利用することが考えられる。

4.2 分析対象の選定

3.2 節で述べたように、保護評価は、しきい値判断によ

り、基礎項目評価、重点項目評価、全項目評価の3つの評価に分類される。

本稿では、全項目評価書を対象とした。全項目評価は、多くの特定個人情報を多くの職員が取り扱う。そのため、特定個人情報の漏えいやその他の事故が発生するリスクが高く、より詳細で具体的なリスク対策が必要とされる。

2015年6月時点では221件の全項目評価書が個人情報保護委員会より公開されている[9][10]。

分析した全項目評価書は10件である。分析対象とする全項目評価書の選択基準は、以下の通りである。

- ①個人情報保護委員会が公開している公式の評価書
- ②同一の事務つまり「住民基本台帳に関する事務」に対する評価書
- ③地域性に依存しない日本各地の市区町村から選択全項目評価書(80件)の約10%に相当する9件の評価書
- ④自治体の全項目評価書と比較する基準として国から提示されている記載要領を選択

表2は、評価対象として選択した自治体と自治体の基礎データを示す。基礎データとは、自治体名・住民数・職員数・評価書記載内容である[11]。

表2 自治体の基礎データ

単位(人)

自治体	基礎データ		評価書記載内容	
	住民数	職員数	特定個人情報取扱対象者数	特定個人情報取扱者数
A市	967,679	7,260	30万以上	500以上
B市	355,467	5,495	30万以上	500未満
C市	446,286	3,198	30万以上	500未満
D区	879,658	5,057	30万以上	500未満
E市	1,946,540	14,360	30万以上	500未満
F市	182,843	994	10万以上 30万未満	500以上
G市	1,536,499	14,701	30万以上	500以上
H市	323,240	2,332	30万以上	500未満
I区	710,970	4,313	30万以上	500以上

特定個人情報取扱者数とは、特定個人情報保護評価指針(以下、指針)において「評価実施機関の従業者及び評価実施機関が特定個人情報ファイルの取扱いを委託している場合の委託先の従業者のうち、当該特定個人情報ファイルを取り扱う者の数」としている[2]。取扱者数は、業務委託先、再委託先なども含め、特定個人情報ファイルを取り扱うシステム等にアクセスできる全ての人の数である。

I区は、リスク評価に関して、システムとシステム以外に分けた措置の内容を記載し、評価補足シートを補足資料として公表している。評価補足シートは、リスク対策項目毎に、対策の内容を記載し、その根拠を示すために用いるものである。評価補足シートの利用は、評価をより網羅的に行うこと、かつ、評価書に直接記載するよりも容易に評価作業を推進することを意図している[7]。なお、選定時公開されていた約200の報告書から約10

件をサンプリングしたが、他の報告書も同様の内容であり、課題の本質を把握するには十分なサンプル数と判断した。

5 全項目評価書の評価分析

5.1 リスク評価と措置の妥当性

5.1.1 概要

保護評価では、リスク評価に関する手順書が存在しないため、評価は、行政機関や自治体に委ねられている。評価を実施する担当者の有する技量も規定されていない。

本節では、各自治体におけるリスク評価について、適切なリスク対応が記載されているかを分析する。

5.1.2 評価基準の作成

「(別添)特定個人情報に関する安全管理措置(事業者編)」に示す安全対策基準に従い、各リスク項目に対して実施すべきリスク対応を、体系的な対応と人的・組織的な対応に区分して、評価基準を作成した[12]。表3に作成した評価基準の一部を示す。

表3 評価基準例

リスク	措置の目的	措置
特定個人情報の入手(情報提供ネットワークシステムを通じた入手を除く。)		【システム】 1.アクセス可能な端末を制限する 2.操作可能な職員を制限する 3.個人単位の操作ログを取得する
対象者以外の情報入手を防止する		【運用(人的・組織的)】 1.個人情報収集に際して組織としてのポリシーを明確にしている(条例等) 2.届出/申請内容や本人確認書類に基づく本人確認を行う 3.届出とシステム入力内容に齟齬がないか照合を行う
目的外の入手が行われるリスク		【システム】 1.必要な情報以外は取得できないよう、インタフェース上定められている 2.必要な情報以外はシステム上登録できないようにしている 3.入手可能な業務・システムを体系的に限定している
必要な情報以外の情報入手を防止する		【運用(人的・組織的)】 1.個人情報収集に際して組織としてのポリシーを明確にしている(条例等) 2.書式として必要な項目以外は記入できないよう、限定している 3.記載例を提示し、必要な情報以外は記入されないようにしている

5.1.3 手順

全項目評価書のうち住民基本台帳ファイルに関する「Ⅲ 特定個人情報の取扱いプロセスにおけるリスク対策」の各リスク項目について、システムに関する対策と運用に関する対策に区分した評価基準と、分析対象とする自治体の全項目評価書の比較を行う。図2に比較評価の例を示す。

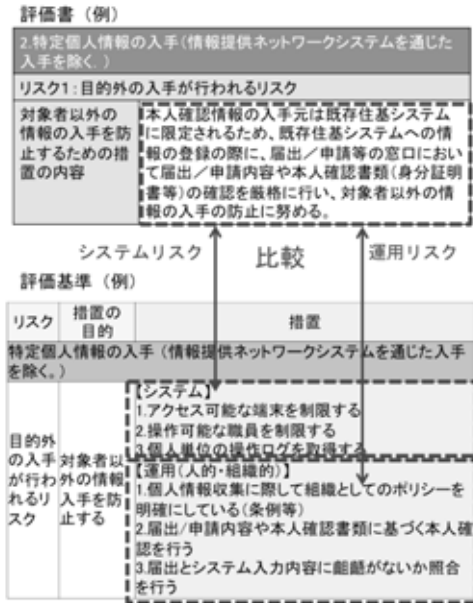


図2 全項目評価書と評価基準の比較

表4に示す評価区分に従って数値化を行い、各リスク項目に対する対応に関して過不足を確認する。

表4 リスク対応の評価区分

評価結果	評価指数
評価基準で示しているリスク対応を充足している。または評価基準に記載のリスク対応に加えて、更なる対応を記載している。	3
評価基準で示しているリスク対応の一部のみ記載している。(評価基準で示す以外のリスク対応を記載しているが、評価基準で示しているリスク対応を充足していない場合も含む)	2
評価基準で示しているリスク対応を記載していない。	1
評価基準ではリスク対応を示していない。(例えば運用面のみのリスク対応で問題がなく、システム面でのリスク対応が存在しないケース)	- (評価対象外)

5.1.4 結果と考察

(1) 自治体別比較結果

(a) システムに関するリスク対策

表5は、各自治体におけるシステムに関するリスク対応に関する評価指数の分布と評価値を示す。評価値は、評価指数×個数を加算し、全項目数(49)から各評価対象外の項目数を引いた数で除算を行い算出する。

例えば、A市の場合は以下のように算出する。

$$\text{評価値} = (3 \times 7 + 2 \times 12 + 1 \times 5) \div (49 - 25) = 2.08$$

評価基準で示したリスク対応を記載していない場合の評価指数が1ポイントである。また評価基準で示したリスク対応の一部のみを記載している場合の評価指数が

2ポイントであることから、評価指数の平均値が2ポイント以下の場合、適正なリスク対応ができていない可能性がある。

表5 自治体間リスク対応状況比較(システム項目)

全49項目	システム				評価指数 (全項目平均)
	3	2	1	-	
A市	7	12	5	25	2.08
B市	11	10	5	23	2.23
C市	7	12	6	24	2.04
D区	11	8	8	22	2.11
E市	9	13	3	24	2.24
F市	10	13	1	25	2.38
G市	11	12	1	25	2.42
H市	5	16	3	25	2.08
I区	24	0	0	25	3.00

(b) 運用に関するリスク対策

表6は、各自治体における運用に関するリスク対策に関する評価指数の分布と評価値を示す。運用に関してはシステムと比較すると全体的に評価指数が低くなっている。これはリスク対策においてシステムに関するリスク対応のみを記載しており、運用に関する対応が記載されていない自治体が目につくことが原因である。

表6 自治体間リスク対応状況比較(運用項目)

全49項目	運用				評価指数 (全項目平均)
	3	2	1	-	
A市	11	17	7	14	2.11
B市	12	21	2	14	2.29
C市	9	16	11	13	1.94
D区	12	12	12	13	2.00
E市	8	17	11	13	1.92
F市	12	14	10	13	2.06
G市	8	16	12	13	1.89
H市	11	13	12	13	1.97
I区	36	0	0	13	3.00

システムに関するリスク対応の分析と同様に、評価基準で示したリスク対応に関し、全く記載していない場合、評価指数が1ポイントである。評価基準で示したリスク対応の一部のみを記載している場合の評価指数が2ポイントであることから、評価指数の平均値が2ポイント以下の場合、適正なリスク対応ができていない可能性がある。

(2) リスク評価項目別比較結果

(a) システムに関するリスク評価項目

表7はリスク項目別に、システム面のリスク対応に関する評価指数の平均値が2ポイントを下回ったリスク項目を示す。自治体において適切なリスク対応ができていない可能性がある。

表 7 リスク項目別 対応状況比較(システム項目)

リスク項目			評価値
中項目	小項目	細目	
特定個人情報の入手 (情報提供ネットワークシステムを通じた入手を除く)	目的外の入手が行われるリスク	対象者以外の情報入手を防止する	1.78
	入手した特定個人情報が不正確であるリスク	特定個人情報の正確性確保の措置の内容	1.56
		入手の際に特定個人情報が漏えい・紛失するリスク	リスクに対する措置の内容
特定個人情報の提供・移転 (委託や情報提供ネットワークシステムを通じた提供を除く)	不正な提供・移転が行われるリスク	特定個人情報の提供・移転に関するルール	1.00
特定個人情報の保管・消去	特定個人情報の漏えい・滅失・毀損リスク	死者の個人番号	1.78
	特定個人情報が古い情報のまま保管され続けるリスク	リスクに対する措置の内容	1.44

(b) 運用に関するリスク評価項目

表 8 はリスク項目別に、運用に関するリスク対応の評価指数の平均値が 2 ポイントを下回ったリスク項目を示す。システムに関する分析と同様にこれらの項目は自治体において適切なリスク対応ができていない可能性がある。

表 8 リスク項目別 対応状況比較(運用項目)

リスク項目			評価値
中項目	小項目	細目	
特定個人情報の使用	目的を超えた紐付け、事務に必要な情報との紐付けが行われるリスク	宛名システム等における措置の内容	1.22
		事務で使用するための他のシステムにおける措置の内容	1.33
	権限のない者(元職員、アクセス権限のない職員等)によって不正に使用されるリスク	ユーザ認証の管理	1.89
		特定個人情報の使用の記録	1.67
特定個人情報ファイルの取扱いの委託	委託先による特定個人情報の不正入手・不正な使用に関するリスク	特定個人情報ファイルの取扱いの記録	1.89
	委託先による特定個人情報の不正な提供に関するリスク		
	委託先による特定個人情報の保管・消去に関するリスク		
	委託契約終了後の不正な使用等のリスク		
	再委託に関するリスク		
特定個人情報の提供・移転 (委託や情報提供ネットワークシステムを通じた提供を除く。)	不正な提供・移転が行われるリスク	特定個人情報の提供・移転の記録	1.44
	不適切な方法で提供・移転が行われるリスク	リスクに対する措置の内容	1.89
情報提供ネットワークシステムとの接続	誤った情報を提供してしまうリスク	リスクに対する措置の内容	1.67
	不正な提供が行われるリスク	リスクに対する措置の内容	1.44
誤った情報を提供してしまうリスク	リスクに対する措置の内容	1.44	
			誤った相手に提供してしまうリスク
情報提供ネットワークシステムとの接続に伴うその他のリスク	そのリスクに対する措置	1.44	
特定個人情報の保管・消去	特定個人情報の漏えい・滅失・毀損リスク	技術的対策	1.56

5.2 評価書の再利用

5.2.1 概要

自治体が公表した全項目評価書は、総務省が例示した「住民基本台帳に関する事務に関する特定個人情報保護評価書記載要領(案)」(以下、記載要領)に類似した記述が多い[9][10]。つまり、先行し発表された全項目評価書をコピーアンドペーストにより再利用した可能性がある。再利用にて全項目評価書を作成した場合、リスク評価の検討が適正でなく、制度自体が形骸化することも考えられる。

本節では、各自治体の全項目評価書と記載要領の項目を比較することにより、再利用の実態と問題を明確にする。

5.2.2 分析手順

分析対象は、4.2 節で選定した全項目評価書の本人確認情報ファイルとする。「Ⅲ 特定個人情報の取扱いプロセスにおけるリスク対策」について、記載要領の対応する項目とその類似性を比較する。

具体的には、評価書と記載要領の記述が一致する文字数を数え、その比率を算出する。表 9 に示す再利用評価例にしたがって、文字数をカウント(自治体記述下線文字:一致部分)し、再利用率(自治体記述の下線文字数÷記載要領の文字数)を求める。再利用率が大きいほど、再利用の可能性が高い。

表 9 再利用評価例

リスク項目	記載要領	自治体記述(例)	再利用率
対象者以外の情報の入手を防止するための措置の内容	本人確認情報の入手元は既存住基システムに限定されるため、既存住基システムへの情報の登録の際に、届出/申請等の窓口において届出/申請内容や本人確認書類(身分証明書等)の確認を厳格に行い、対象者以外の情報の入手の防止に努める。	本人確認情報の入手元は既存住基システム(①住民基本台帳ファイル)に限定されるため、 <u>既存住基システムへの情報の登録の際に、届出の窓口において届出内容や本人確認書類(写真付の公的機関発行証明書等)の確認を厳格に行い、対象者以外の情報の入手の防止に努める。</u>	90.3

5.2.3 分析項目

表 10 は評価書のリスク対策項目例を示す。リスク対策項目に対して自治体別リスク項目別の一致率つまり再利用率を求める。

表 10 評価書のリスク対策項目

Ⅲ-2. 特定個人情報の入手(情報提供ネットワークシステムを通じた入手を除く。)
リスク1: 目的外の入手が行われるリスク
リスク2: 不適切な方法で入手が行われるリスク
リスク3: 入手した特定個人情報が不正確であるリスク
リスク4: 入手の際に特定個人情報が漏えい・紛失するリスク
Ⅲ-3. 特定個人情報の使用
リスク1: 目的を超えた紐付け、事務に必要な情報との紐付けが行われるリスク
リスク2: 権限のない者(元職員、アクセス権限のない職員等)によ

って不正に使用されるリスク
リスク3: 従業者が事務外で使用するリスク
リスク4: 特定個人情報ファイルが不正に複製されるリスク
Ⅲ-4. 特定個人情報ファイルの取扱いの委託
委託先による特定個人情報の不正入手・不正な使用に関するリスク
委託先による特定個人情報の不正な提供に関するリスク
委託先による特定個人情報の保管・消去に関するリスク
委託契約終了後の不正な使用等のリスク
再委託に関するリスク
Ⅲ-5. 特定個人情報の提供・移転(委託や情報提供ネットワークシステムを通じた提供を除く。)
リスク1: 不正な提供・移転が行われるリスク
リスク2: 不適切な方法で提供・移転が行われるリスク
リスク3: 特定個人情報が消去されずいつまでも存在するリスク

5.2.4 結果と考察

(1) 自治体別の再利用率

表 11 は自治体別の再利用率を示す。付録 2 に示す詳細な自治体別リスク項目別の再利用率表を基に作成した。

表 11 自治体別再利用率

	A市	B市	C市	D区	E市	F市	G市	H市	I区	平均
再利用率(%)	52.1	64.4	38.5	75.9	44.0	47.2	55.6	43.5	32.7	50.5

再利用率が 50%を超える全項目評価書は 44% (9 件中 4 件)であった。A 市 (52.1%), B 市 (64.4%), D 区 (75.9%), G 市 (55.6%) が該当する。誤った法律番号をそのまま誤記した全項目評価書は 89% (9 件中 8 件)であった。B 市を除く自治体が該当する。具体的には、記載要領に「総務省告示第 334 号 (第 6-7 本人確認情報の通知及び記録)」と記述されているが、正しくは、「総務省告示第 334 号 (第 6-6 本人確認情報の通知及び記録)」である。また、「総務省告示第 334 号 (第 6-8(1)市町村長における本人確認情報の消去)」は、正しくは「総務省告示第 334 号 (第 6-7(1)市町村長における本人確認情報の消去)」である。

誤字を同様に誤記した全項目評価書は 67% (9 件中 6 件)であった。A 市, B 市, C 市, D 区, G 市, I 区が該当する。具体的には、記載要領のリスク項目番号 2 の記述が「...を通じて入手することとされている...」となっており、「と」が一つ多く記載されている。

保護評価は、事務単位で実施され、事務で取扱うファイルごとに実施される。そのため、分析対象とした評価書のほとんどが 60 ページを超える。繰り返しの記述様式であるため、再利用することで効率化しようとした可能性がある。

法律番号の誤記については、評価担当者は評価の際、

必要に応じて法令、規則等を参照、確認する必要があるが、この手順を省略した可能性がある。誤記についても、単純なチェックミスである。

以上の 2 点の誤記については、第三者点検が適正に機能すれば防げた問題である。

(2) リスク項目別の再利用率

表 12 は再利用率の高いリスク項目の一覧を示す。

表 12 再利用率の高いリスク対策項目

中項目	小項目	細目	再利用率 (%)
2. 特定個人情報の入手(情報提供ネットワークシステムを通じた入手を除く。)	リスク1: 目的外の入手が行われるリスク	対象者以外の情報の入手を防止するための措置の内容	85.8
		必要な情報以外を入手することを防止するための措置の内容	95.7
	リスク2: 不適切な方法で入手が行われるリスク	リスクに対する措置の内容	93.1
	リスク4: 入手の際に特定個人情報が増えたり紛失するリスク	リスクに対する措置の内容	85.2
3. 特定個人情報の使用	リスク1: 目的を超えた提供、事務に必要な情報との紐付けが行われるリスク	同名システム等における措置の内容	85.3
		事務で使用するその他のシステムにおける措置の内容	81.6
5. 特定個人情報の提供・移転(委託や情報提供ネットワークシステムを通じた提供を除く。)	リスク1: 不正な提供・移転が行われるリスク	その他の措置の内容	80.9
	リスク2: 不適切な方法で提供・移転が行われるリスク	リスクに対する措置の内容	92.5
	リスク3: 誤った情報を提供・移転してしまうリスク、誤った相手に提供・移転してしまうリスク	リスクに対する措置の内容	93.9
7. 特定個人情報の保管・消去	リスク2: 特定個人情報が古い情報のまま保管され続けるリスク	リスクに対する措置の内容	76.7

表 12 より、「目的外の入手が行われるリスク」、「不適切な方法で入手が行われるリスク」、「不適切な方法で提供・移転が行われるリスク」などが該当した。特定個人情報の入手に関する項目は、マイナンバー制度の導入により対策が必要になった特徴的な項目である。これらの項目は法律等で規定されているため同じような対策が講じられる必要があり、したがって記述が類似する可能性がある。また、システム上担保すべきリスク対策は、同一事務では類似する可能性がある。ただし、これらの項目は、対策や根拠に齟齬が無い事を第三者点検において確認する必要がある。

(3) 考察

自治体別の再利用率が 50%を超える要因には、全項目評価書の記述様式に画一性があることが考えられる。このため、記述の内容が類似してしまう。したがって、再利用に問題があるとは言いつれず、再利用し効率化を図ることは有効な手段であると言える。ただし、適正なリスク評価と対策を実施していることが重要であり、これを確認するのは第三者点検の責務である。点検委員会(あるいは個人情報審議会)が適正に機能すれば、再利用に問題があるか否かの確認が可能である。

第三者点検が適正に機能しない理由は以下の2点が考えられる。

① 位置付けが不明確

自治体に設置される点検委員会は法的に規定されていないため、一般には個人情報審議会などが兼務することが多い。個人情報審議会のメンバーと点検委員会に求められる技量（次項②に示す）は異なる。点検委員会には報告書に対する承認権限もない。また、国が設置する個人情報保護委員会との連携（交流）もない。

② 点検を対応する委員へのサポートがない

点検には高度な能力（行政、法律、IT 技術）が必要とされるが、情報提供や研修などの国の支援はない。また、評価を行う自治体職員はデジタルPMOなどの国の提供する情報共有手段を利用できるが、点検を行う者には情報共有手段がなく、自治体職員よりも情報が少ない状況で、点検を行わねばならない。つまり、被験者と評価者の間に把握できる情報の非対称性が生じている。

以上より、特定個人情報保護評価制度が形骸化する可能性がある。これを防ぐためには、第三者点検を適正に機能させる必要がある。

6 おわりに

本稿では、全項目評価を対象として特定個人情報保護評価制度に関し全項目評価書の観点から分析を行った。分析の結果、以下の問題が判明した。

- (1) リスク評価ガイドラインが存在しないため、各自治体で適切なリスク評価が行われていない事例が見つかった。
- (2) 第三者点検の法的な位置付けが不明確なため、第三者点検が有効に機能していない自治体がある。

これらの問題に対しては、現行制度における改善と制度設計の見直しの双方から対策を検討する必要がある。

現行制度における改善策は、自治体共通の評価のガイドラインを作成することである。ガイドラインに沿って評価・点検を実施することで、抜けがない適切な対応が可能となり、自治体間の対応のバラツキも改善されると考える。また、評価者の負荷も軽減できる。

第三者点検については第三者点検の意義を明確にし、同時に十分な権限を与えるなど、第三者点検組織の適正化が必要であると考えられる。

ガイドラインに関しては、本稿の分析により得られた知見を基に改訂を行なった自治体向け評価マニュアルが有効である。例えば参考文献[7][13]がある。

法改正を含む抜本的な見直しとしては、システムと運用におけるリスクはその脅威・脆弱性・発生原因・対策も基本的に異なるため、両者は分離してリスク評価を行う制度とすべきである。

具体的には、システムについては、ベンダーによってプライバシー影響評価を実施し、第三者機関がその内容の適正さを認定する制度とする[4]。運用面については、自治体が事務、つまり運用に対するリスク評価を実施する制度とする。例えば、プライバシーマーク制度などの活用が有効であり、定期的な外部監査を実施することが適切である。

第三者点検については、自治体の評価書は現行の制度では承認プロセスがないが、国の個人情報保護委員会から自治体の点検委員会へ権限を委譲する必要がある。例えば、点検委員会を都道府県単位に設置し、個人情報保護委員会の下部組織として法的に明確化する。点検委員は、IT、行政、法律の専門家を任命する必要がある。また、点検委員への適切な情報提供や人材育成研修を行う必要がある。

参考文献

- [1] 行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律，2013年5月，
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H25/H25HO027.html>
- [2] 特定個人情報保護委員会：特定個人情報保護評価指針，平成26年4月，
<http://www.ppc.go.jp/files/pdf/shishin.pdf>
- [3] 大豆生田崇志：「マイナンバー制度を揺るがす不適切な「特定個人情報保護評価」」、『日経コンピュータ』，2015年5月14日号，pp.6-10，2015年
- [4] 瀬戸洋一：『実践的プライバシーリスク評価技法』，近代科学社，pp.21-48，2014年4月
- [5] Kush Wadhwa: SAPIENT project supporting fundamental rights, privacy and ethics in smart surveillance technologies, Biometrics, 2011年
- [6] 坂本誠，瀬戸洋一，岡崎吾哉，岡本直子，川口晴之，永野学：「個人情報影響評価の有効性評価」，デジタルプラクティス，pp.52-60，2016年1月
<http://altmetrics.ceek.jp/article/id.nii.ac.jp/1001/00147167/>
- [7] 瀬戸洋一監修：『自治体のための特定個人情報保護評価実践ガイドライン』，ぎょうせい，pp.38-156，2015年6月
- [8] 内閣官房，特定個人情報保護評価指針（内閣官房案）【添付資料3】全項目評価書 様式案，2013年12月
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/bangoseido/kojinjoho/pdf/tkjhh-3.xls>
- [9] 個人情報保護委員会，マイナンバー保護評価 Web，
<http://www.ppc.go.jp/mynumber/evaluationSearch>

h/

- [10] 「住民基本台帳に関する事務に関する特定個人情報保護評価書記載要領（案）」
<http://www.ppc.go.jp/files/pdf/260624siryo1.pdf>
(2016年5月確認)
- [11] 各自治体による人口統計資料より (2015年6月時点各自治体のサイト)
- [12] 個人情報保護委員会, 特定個人情報の適正な取扱いに関するガイドライン(事業者編), 2015年12月,
http://www.ppc.go.jp/files/pdf/160101_guideline_jigyousya.pdf
- [13] 産業技術大学院大学: 特定個人情報保護評価関係マニュアル, 2015年
http://aiit.ac.jp/master_program/isa/professor/y_seto.html

URLは2016年5月確認

「大収斂」近代世界システム論試論 － 発展途上国の発展戦略構築における「追い付き創造性」

前田 充浩*

A Manifesto of “the Great Convergence” type World-systems Theory - “The Catch-up Creativity” of Developing Economies in Compiling Developmental Strategies

Mitsuhiro Maeda*

Abstract

The authentic World-systems Theory explains the Modernization as a sequential flow of influences that start from the core (developed economies) and passes to the periphery (developing economies), which results in the economic divergence between developed and developing economies. “The Global Production Network Analysis (GPNA)” of manufacturing industries, which the author has been developing, also explains the stage sequential process of the Global Production Network, concentrating features of direct investment of multilateral enterprises. GPNA will show a kind of World-systems theory, which might result in the Great Convergence. The main factor of the Great Convergence will be “Catch-up Creativity” of developing economies in compiling stage-suitable development strategies. The Market Integration Strategy by ASEAN after 1990s, the Meta-Legal System Strategy by Cambodia after 1994, and the DFIs (Development Finance Institutions) Network Strategy by SADC (Southern African Development Community) in 21st century will be typical examples of those developmental strategies compiled by the initiative of developing economies.

Keywords: World-systems theory, Multitude, Global Production Network, developmental strategy, the Great Convergence, the Catch-up Creativity, ASEAN, SADC (Southern African Development Community), DFIs (Development Finance Institutions)

1. 問題の所在(先行研究との関係)

筆者はこれまで、20世紀後半以降の世界のアセンブリー系製造業のグローバルな生産ネットワークの態様の変遷について、ボールドウィン(Baldwin, Richard)等の先行研究の成果を活用しつつ、4つの局面に整理した。さらに、国際政治上の様々な問題を、これら4つの局面との整合性、局面遷移の影響等の視点により分析する視点を構築し、それをグローバル生産ネットワーク史観と呼んでいる。

グローバル生産ネットワーク史観の応用例として、先行研究(注2)では、発展途上国によって採用される発展戦略の有効性に関する分析を行った。

発展戦略とは、発展途上国が経済社会開発を推進する上で、個別の経済政策の共通の基盤として政府関係者に共有されている経済発展のシナリオのことである。発展途上国の経済社会開発において、適切な発展戦略を選択することは極めて重要な課題となる。

いかなる発展戦略も永遠に有効ではなく、発展戦略には「流行」があり、ある時期に世界で支配的であった発展戦略

も、産業に関する状況の変化によりその有効性を失い、別の発展戦略が採用されるようになる。グローバル生産ネットワーク史観では、この発展戦略の有効性を、アセンブリー系製造業のグローバルな生産ネットワークの局面との整合性の観点から分析する。

4つの局面とは、以下である。

第1は、最終製品の消費国内で生産を行う(生産国と消費国とが分離していない)「元型局面」である。

第2は、先進国の多国籍企業が発展途上国に直接投資を行って生産活動を行う、生産国と消費国とが分離している(ボールドウィン)の言う「ファースト・アンバンドリング局面」である。

第3は、企業内の各種の機能ユニットがそれぞれ別個に最適な国に投資し、それらがサービス・リンクで連結される、企業と機能ユニットとが分離している(ボールドウィンの言う)「セカンド・アンバンドリング局面」である。

第4は、発展途上国各地に成立した産業集積が産業コミュニティとして自律的な活動を開始し、かつ各国の産業コミュ

ニティ同志が連結し、先進国の多国籍企業のネットワークと重疊的な関係を構築する「産業コミュニティ・ネットワーク」局面である。

発展戦略は、これらの局面と整合的である場合には大きな効果を発揮する一方、局面遷移後に古い発展戦略を用いても、有効に経済社会開発は進められないことになる。

例えば、1960～1980年代に日本で採用された開発主義(Developmentalism)という発展戦略は、元型局面及びファースト・アンバンドリング局面の投資国(先進国)側においてのみ効果を発揮するものであると判断される。日本政府は、1990年代にこれをASEAN4(タイ、マレーシア、インドネシア及びフィリピン)に採用させようとして外交上の努力を続けたものの、その時点では時代遅れのものであった可能性が高い。

後に見ていくように、この時期のそれら諸国の高い経済成長をもたらしたのは、それら諸国が独自の発展戦略(市場統合主義)を構築し、それがファースト・アンバンドリング局面及びセカンド・アンバンドリング局面に整合的であったためであると考えられる。

1989年の東西冷戦後、ワシントン・コンセンサス等を根拠に世界の開発援助コミュニティは、発展途上国及び移行経済圏諸国に対して、徹底した市場経済化、政府による規制の大幅緩和等による投資環境整備を推奨した。このような発展戦略をワシントン・コンセンサス主義、と呼ぶことができる。これは、ファースト・アンバンドリング局面の投資受入国(発展途上国)側において大きな効果を発揮したと見ることができ

る。このような研究成果に立脚して今回試みるのは、グローバル生産ネットワーク史観に基づく近代世界システム論を構築することである。

近代世界システム論は、ウォーラーステイン(Wallerstein, Immanuel)によって1970年代に唱えられたものであり、多岐に亘る内容を含むためそれ自体に立ち入ることは控えることとする(したがって、本稿で用いる用語及び概念の用法等は、必ずしもウォーラーステインの近代世界システム論に則ったものではない)。要約すると、16世紀以降の近代化の動きを、西ヨーロッパが、アジア、アフリカ等を、次々に近代世界システムに取り込んで行くといくという包摂過程によって捉えるものである。近代世界システムを最初に生み出し、他の地域を包摂していく地域を中心、当初は近代世界システムの外に在り、次第に包摂されていく地域を周辺と呼ぶ。

このような包摂過程の枠組みは、グローバル生産ネットワーク史観と親和性を持つ。グローバル生産ネットワーク史観で分析する、先進国の多国籍企業が発展途上国に直接投資を行い、先進国と発展途上国との間でグローバルな生産ネットワークが構築される過程は、先進国(中心)による発展途上国(周辺)のある種の近代世界システムへの包摂と見ることができるためである。このため、グローバル生産ネットワ

ーク史観を、ある種の近代世界システム論として再構築することが本稿の課題である。

グローバル生産ネットワーク史観に基づく中心による周辺の近代世界システムへの包摂過程のことを本稿では、マルチチュード型包摂過程、と呼ぶことにする。マルチチュードとは、ネグリ(Negri, Antonio)とハート(Hardt, Michael)が示した概念で、帝国として捉えられる覇権国に対峙する、グローバルな民衆のネットワークのことである(注3)。後に見ていくように、この包摂過程の特徴は、包摂される側が独自の創造性を発揮し、かつ包摂される側同志での連帯を強めるものであり、マルチチュードと共通する内容を持つためである。

マルチチュード型包摂過程に関する近代世界システム論を構築するために重要な作業には、以下がある。

第1は、標準的な近代世界システム論の枠組みとの整合性である。

標準的な近代世界システム論は、16世紀以降の包摂過程を、人類史上1回限りの事象として捉える。一方、グローバル生産ネットワーク史観の分析対象は、アセンブリー系製造業が世界の主導産業となった20世紀後半だけである。アセンブリー系製造業について、中心(先進国)による周辺(発展途上国)の近代世界システム(グローバルな生産ネットワーク)への包摂(直接投資)が見られるとしても、それが開始される遥かに前から近代世界システムの包摂過程は開始されていたことになる。この時間的關係について整理しなくてはならない。

第2は、包摂過程の結果を生む要因に関する分析である。

標準的な近代世界システム論は、中心と周辺の間を固定して考える。中心は永遠に西ヨーロッパを核とする地域であり、アジア、アフリカ地域は永遠に周辺である。両者の中で構築されるグローバルな生産ネットワークの中で中心は、高度な技術を用い、資本集約的で、利益率の高い部門(中心的生産様式)を担当し続ける。周辺は、低次の技術を用い、労働集約的で、利益率の低い部門(周辺の生産様式)を担当させられ続ける。したがって、近代世界システムが存続している限り、一人当たり所得等によって現わされる経済発展の水準を見ると、西ヨーロッパは一層繁栄していく一方で、アジア、アフリカ諸国は低迷を続けることになる。西ヨーロッパ諸国とアジア、アフリカ諸国は「分岐(divergence)」を続けることになる。

帝国主義時代に宗主国による植民地化により構築されたグローバルな生産ネットワークにおいては、宗主国は蒸気機関、内燃機関等を用いた近代的な工業生産を、植民地はモノカルチャー等と呼ばれる一次産品生産を担当した。両者の利益率の違いは顕著であり、このグローバルな生産ネットワークが継続している限り、西ヨーロッパ諸国は繁栄を続ける一方、アジア、アフリカ地域は順調な経済成長を遂げること

ができなかった。

1960年代には、多くのアジア、アフリカ地域の植民地が政治的独立を果たしたものの、1970年代にかけて、それら諸国の多くが経済的に低迷を続けた。このため、旧宗主国が高い技術を用いた利益率の高い生産活動を行っているのに対して発展途上国が一次産品の生産のみに特化「させられている」グローバルな生産ネットワークの構造自体を変えなくてはならない、という主張が広まり、新国際経済秩序(NIEO: New International Economic Order)構想等が打ち出された。

以上のように、標準的な近代世界システム論は、時間の経過とともに西ヨーロッパを核とする中心と、近代化に包摂されるアジア、アフリカ等の周辺との間で経済上の格差は拡大していくことになる「分岐(divergence)」の近代世界システム論であることになる。

これに対して、マルチチュード型包摂過程に関する近代世界システム論は、グローバルな生産ネットワークの局面が次々に遷移していくにつれてアジア、アフリカ諸国は一層大きく経済成長を進めることができ、その結果中心と周辺の経済上の格差が縮小していく「大収斂(The Great Convergence)」の理論的根拠となる可能性がある。

中心による周辺のグローバルな生産ネットワークへの包摂過程を分析する近代世界システム論の枠組みを踏襲しながらも、「大収斂」の結末を主張するのであれば、そのメカニズムを説明するモデルを構築しなくてはならない。

以下、これら2つの課題に取り組み、グローバル生産ネットワーク史観に基づく「大収斂」の近代世界システム論の礎の構築に取り組む。

2. 近代世界システムの再帰的近代性

取り組むべき第1の課題は、近代世界システムの包摂過程の捉え方である。標準的な理解によれば、近代世界システムによる包摂過程は16世紀に開始され、現在も進展中の人類史上1回限りの事象であるとされる。この包摂過程と、世界でアセンブリー系製造業が主導産業となった20世紀後半以降におけるマルチチュード型包摂過程との関係はどのようになるか。

この問題について筆者は、ギデンス(Giddens, Anthony)の再帰的近代化論に考え方に立脚し、以下のように整理する。

包摂過程として捉えられる近代化は、繰り返し、重畳的に行われる、と考える。16世紀以降、包摂過程として捉えられる近代化が進展しており、帝国主義時代の人間も、今日の我々も、その中にある。このような包摂過程が見られるのは、16世紀以降が人類史上初である。一方、包摂過程は1回限りではなく、世界の主導産業が交替する度に、何度も繰り返し発生したと考える。包摂過程は、第1次包摂過程、第2次

包摂過程と繰り返し発生し、近代化とは、そのような包摂過程が繰り返し発生する歴史的な状況の全体を指す概念であると捉える。

帝国主義時代に、宗主国がアジア、アフリカ地域を次々に植民地化し、当時のグローバルな生産ネットワークに包摂し、植民地にモノカルチャーを強要することになった包摂過程は近代化の中の1つの包摂過程であり、20世紀後半以降、直接投資により発展途上国をアセンブリー系製造業のグローバルな生産ネットワークに包摂していくマルチチュード型包摂過程もまた近代化の中の1つの包摂過程である。今後の研究課題ではあるものの、これら2つ以外にも、近代化における他の包摂過程を浮かび上がらせることもあり得る。

上記のように捉えられる帝国主義時代の包摂過程を、再びネグリ、ハートの用語に則り、帝国型包摂過程、と呼ぶことにする。

帝国型包摂過程とマルチチュード型包摂過程との関係については、相互の独立性が高いものとして捉えることが適切であると考えられる。1960～1970年代には、先進国の多国籍企業の発展途上国への直接投資を、形を変えた帝国主義の再現、すなわち先進国が発展途上国を搾取する新たな形態と捉えてそれに反対する動きが発展途上国の各地で見られた。これは、2つの包摂過程を連続して捉えることによる見解であることになる。筆者はこのような立場を取らない。

3. 「大収斂」のメカニズム

3.1 生産様式

帝国型包摂過程が中心と周辺との分岐を生んだのに対してマルチチュード型包摂過程が収斂を生む可能性があるとする、その理由はどこに求めることができるのだろうか。

標準的な近代世界システム論では、分岐が発生する理由を生産様式という概念によって説明する。グローバルな生産ネットワークにおいて、中心が担当するのは中心的生産様式であり、周辺が担当するのは周边的生産様式である。両者は利益率が顕著に違うため、結果として分岐が発生する。

生産様式を決定する最大の要因は、生産活動に用いられる技術である。便宜的に、中心的生産様式とはハイテク生産部門、周边的生産様式とはローテク生産部門、と整理することができる。

帝国型包摂過程では、中心は永遠にハイテク生産部門を担当し、周辺は永遠にローテク生産部門を担当し、この関係は変化することはないとされる。

マルチチュード型包摂過程について先進国と発展途上国においてそれぞれ用いられる技術について整理すると、以下のように、初期(第1局面及び第2局面前半)においては先進国の担当部門と発展途上国の担当部門には技術の違いがあり得るものの、長期的(第2局面後半、第3局面以降)には、両者に原理的な違いは存在しないことになる。

①第1局面

第1局面は、生産と消費が分離していない「元型局面」である。この局面では、近代的な工業生産は先進国内だけで行われている。発展途上国は、先進国にとっての商品市場（輸出先）であり、発展途上国の近代世界システムへの包摂は限定的である。この局面では、ハイテク生産部門、ローテク生産部門を含め、全ての近代的工業生産は先進国の中で行われる。発展途上国は、ローテク生産部門を含めて近代的工業生産を行わない。

②第2局面前期

第2局面は、生産と消費が分離する、多国籍企業による発展途上国への直接投資が進む「ファースト・アンバンドリング局面」である。発展途上国は、先進国の多国籍企業の直接投資を受け入れることにより、近代世界システムに本格的に包摂される。

技術の観点からは、この局面を前期と後期に2分して見る必要がある。

前期においては、生産活動に用いられる技術に違いが見られる。

先進国の多国籍企業が発展途上国に直接投資を行う最大の理由は、発展途上国の労働賃金の安さである。先進国の多国籍企業は、発展途上国において、低い技術を用いる労働集約的な部門の生産活動を行い、自国内または他の先進国において、高い技術を用いる資本集約的な部門の生産活動を行うのである。

発展途上国にとっては、このような低い技術を用いる労働集約的な部門の生産活動であっても、近代的な工業生産が拡大することは、多くの雇用、税収、外貨獲得を生み、相応の経済成長を進めることができる。しかしながら、その経済成長の程度には限界があることになり、到底収斂、すなわち先進国と同等の段階に到達することはできない。

この局面では、先進国の直接投資を受け入れる発展途上国は、先進国側からある種の脅しを受けていると言える。すなわち、労働賃金が閾値を超えて上昇すると、先進国の多国籍企業は、当該発展途上国の工場を閉鎖し、他の労働賃金の安い発展途上国に直接投資するためである。

発展途上国に関する一般的なカテゴリー分けであるOECD(経済協力開発機構: Organization of Economic Cooperation and Development)のDAC(開発援助委員会: Developmental Assistance Committee)は、『DAC List of ODA Recipients』(通称、DACリスト)を発表し、数年毎に改定している。これは、発展途上国を一人当たりGNIによって4分類するものである。ODA(政府開発援助: Official Development Assistance)は、定義上、発展途上

国の政府に対して供与されるものでなければならないとされているため、その発展途上国の名称を具体的に記述したリストである。それによると、発展途上国は貧しい順に(最新のリストは2013年の1人当たりGNI基準)、貧困国(Least Developed Countries (LDC))、低所得国(Other Low Income Countries) (<1,045USD)、低中所得国(Lower Middle Income Countries and Territories)(1,046-4,125USD)、及び上位中所得国(Upper Middle Income Countries and Territories)(4,126-12,745USD)の4つのグループに分類される。この最高位の水準(2013年時点では12,745USD以上)を超えると、「卒業」、すなわち発展途上国のカテゴリーから外れて先進国扱いになる。

発展途上国が低賃金労働を主な理由とする先進国の直接投資を受け入れ、労働集約的な生産に従事することは、貧困国、低所得国及び低中所得国にとっては大きな経済成長の機会をもたらすものとなると言える。一方、上位中所得国がそれにより高い経済成長を遂げ、「卒業」を果たすことは、一般的には困難であると言える。

このように、先進国の多国籍企業が発展途上国の低賃金労働を主たる目的として直接投資を行い、発展途上国において低い技術を用いた労働集約的な生産を行っている段階を、「第2局面前期」と呼ぶこととする。この局面では、技術の差があり、それに基づいて生じる「分岐」の可能性を認めることができる。

③第2局面高度化期

20世紀第3四半世紀以降、特に日本の多国籍企業の東アジア諸国への直接投資の実例を見ると、当初は低賃金労働を主たる目的として直接投資を行った発展途上国の地において、賃金が相当上昇した以降も設備投資を大きく拡大している例を多く見ることができる。それらの発展途上国は、投資環境として、低賃金労働とは別の多くの魅力を備えるに至ったのである。

経済産業省の前身である通商産業省は、1993年に、タイ、マレーシア、フィリピン及びインドネシアの4か国を対象にした、「アジア産業高度化ビジョン」(注4)を発表した。これは、低賃金労働についてはベトナム及び中国の追い上げを受けるそれら4か国について、投資先として低賃金労働以外の魅力を向上させ、引き続き日本からの多国籍企業の直接投資を拡大させようとした政策提言書である。これに因み、投資環境として、低賃金労働とは別の多くの魅力を備えるに至った発展途上国に対して先進国の直接投資が進む段階を、「第2局面高度化期」と呼ぶこととする。

「第2局面高度化期」の特徴は、先進国の多国籍企業が、R&D、高度技術生産部門等を含め、時には、先進国本国の主力工場を閉鎖してまで、生産活動の主力を丸ごと発展途上国に置こうとするようになることである。こうして発展途上国

に建設された工場は、しばしば世界最先端、世界最高水準の技術を用いた生産活動を行うものとなる。

この局面において、先進国には中心的生産様式、発展途上国には周辺の生産様式、という枠組みは当てはまらなくなる。

④第3局面

第3局面は、企業組織と各機能ユニットとが分離する「セカンド・アンバンドリング局面」である。企業内の、R&D部門、高度技術生産部門、労働主役部門、アSEMBリー部門等の各機能ユニットが、それぞれ最適な投資先を求めて別個に直接投資を行うものである。この結果、セカンド・アンバンドリング前には企業A社は、例えばタイの中でR&D部門、高度技術生産部門、労働集約部門、アSEMBリー部門等の全部の機能ユニットの活動を行っていたものが、セカンド・アンバンドリング後は、R&D部門はバンコクで、高度技術生産部門はプノンペンで、労働集約部門はハノイで、アSEMBリー部門はホーチミンで行う、ということになる。

セカンド・アンバンドリング前、全ての機能ユニットが企業の中にバンドルされていた状態では、投資先は、労働賃金の安さ、インフラの整備状況、国内法制の状態等を総合的に勘案することにより、企業全体にとっての最適な投資先が選択される。多国籍企業が、技術水準が低い労働集約部門だけではなく、技術水準が高い資本集約部門をも含めて直接投資を考えている場合には、発展途上国の中でもある水準以上の発展を遂げた国が選択されることになる。

セカンド・アンバンドリング後は、ある発展途上国のある工業団地が特定の機能ユニットにとって魅力ある条件を備えていれば、その発展途上国は全体としての発展度は低くとも、そこへ投資することになる。

このことは、貧困国、低所得国及び低中所得国の下位にある発展途上国に、大きな発展の機会をもたらすことになる。セカンド・アンバンドリング前においては、それら諸国が低中所得国の上位及び上位中所得国との競争に勝って、先進国の多国籍企業の技術水準が高い資本集約部門の投資先になることは極めて困難であった。一方、技術水準が高い資本集約部門に特化して優れた条件を出す制度を構築し、それに適したインフラを整備した工業団地を建設することにより、十分に投資先として選ばれることが可能になったのである。

実際、ASEAN域内において、近年カンボジアに対するハイテク部門の直接投資の例が少なからず見られるようになっていく。カンボジアは2015年の1人当たりGDP(名目)が1,168ドル(注5)であり、現在のリスト上は貧困国に所属する(次回改定では低中所得国に「出世」と予想される)。すなわち、近代世界システムの周辺の端に位置しているハイテク部門の生産活動を行うようになっていく。先進国には中心的生産様式、発展途上国には周辺の生産様式、

という枠組みは一層当てはまらなくなる。

以上のように、マルチチュード型包摂過程では、ある局面以降は、先進国と発展途上国でそれぞれ近代的な工業生産に用いられる技術の内容について、中心的生産様式と周辺の生産様式とを峻別することがあまり意味がなくなると言える。

新古典派の成長会計では、国家の経済成長を決定する要因として、L(労働力)とK(資本)の2つを上げ、その2つによって説明できない残差をtfp(全要素生産性:total factor productivity)と呼ぶ。研究者の研究により、tfpの実態は、技術の進歩であるとされている。発展途上国の多くでは、引き続き労働力と資本の投入の拡大は可能であり、それに加えて技術についても世界最高水準の高い技術を用いる機会が拡大するとすれば、今後の経済成長に関する見通しは相当明るいものになる。多くの発展途上国が、DACリストを「卒業」し、先進国入りすることは可能である。「大収斂」の可能性を期待することができる。

3. 2「追い付き創造性」

マルチチュード型包摂過程においては、上記のように、技術の観点から「大収斂」の可能性が導き出される。すなわち、アSEMBリー系製造業に関する世界のグローバルな生産ネットワークの局面が第1局面及び第2局面前期に留まっている限りは、発展途上国、特に貧困国及び低所得国の経済成長の可能性は限定的なものになる。一方、第2局面高度化期、第3局面、第4局面へと遷移することで、それら諸国の経済成長の可能性は大きく開ける。

さらに、この経済成長の可能性には上限がない。このため、マルチチュード型包摂過程においては、経済水準に関する限り、中心(先進国)と周辺(発展途上国)の格差が収斂する可能性があるのである。これは、帝国型包摂過程と大きく異なる内容である。

そこで問題は、このような収斂過程は、専ら先進国の多国籍企業及びそれを支援する先進国政府の貢献によって実現されるのか、それとも先進国関係者にはあまり知られていないだけで、発展途上国側の強力なイニシアティブが重要な効果を発揮しているのか、である。

因みに開発援助論では、20世紀中、特に1990年代以前においては、発展途上国の経済成長の実現においては、開発援助資金の供与、さまざまな政策上、制度構築上の支援等を通じた先進国の働きかけが重要な役割を果たすという見解が強かった。1990年代以降において、ようやく、「良い統治(Good Governance)」、オーナーシップ等の概念で発展途上国側の要因が重視されるようになってきた。

筆者は、マルチチュード型包摂過程において幾つかの発展途上国の急速な経済成長を可能にした重要な要因として、発展戦略の構築という経済社会開発上極めて重要な分野に

において、発展途上国が、主体的な、独自の創造性を発揮してきたことを挙げる。帝国型包摂過程においては、植民地の側が創造性を発揮して独自の、かつ「有効な」(有効でないものであれば、政治的独立の運動と相俟って数多く構築された。)発展戦略を構築したことは確認できない。このような発展途上国による創造性の発揮の有無が、分岐と収斂の差を生むことになったものと考えられる。

発展途上国が、自らが立脚すべき発展戦略を独自に構築するために発揮された創造性を筆者は、「追い付き創造性(CCP:creativity in catch-up process)」と呼ぶ。

「有効な」発展戦略を構築することは、極めて高度な知的営為となる。このため歴史的に、発展戦略は先進国(及び国際機関)の関係者のみが構築できるものであり、発展途上国は、それら構築された発展戦略を選択し、導入することが通例であり、独自に発展戦略を構築することは困難であると考えられ続けてきたと言える。

第2次世界大戦後、先進国が構築し、発展途上国に対して教示した発展戦略には、「潮流」と呼ばれる、それぞれの時代における流行があった。その経緯をまとめると、以下のようになる。

東西冷戦時代には、東西両陣営による独立直後の発展途上国に対して、それぞれが報じる発展戦略を教示する競争が行われた。東側が計画経済制度(発展戦略①)を教示し、西側が新古典派経済成長理論(発展戦略②)を教示した。

日本は、1950年代から1970年代にかけて独自の発展戦略を構築し、それに基づき驚異的な経済成長を進めた。1970年代には日本株式会社等と揶揄されたその方式は、1980年代以降モデル化が進み、1990年代には開発主義(発展戦略③)、として定式化された(注6)。

開発主義とは、端的には、行政庁が、行政指導という法律に基づかない方法で民間企業に対して事実上の強制力を発揮することで、製造業の費用減減局面における過当競争による市場の失敗を回避し、適正競争を促し、中長期的に自国の企業を育てる、というものである。官僚による市場への広範な介入が特徴になる。

1989年の東西冷戦終結後、主要先進国及び世界銀行等の国際機関(ドナー・コミュニティ)は、発展途上国及び旧計画経済圏(移行経済圏諸国)に対して、1989年に発表されたワシントン・コンセンサスに基づく発展戦略を教示していった。これは、政府による経済上の規制、外資に対する規制等を広範に撤廃し、多国籍企業に対する投資市場としての魅力を向上させようとするものである。このような発展戦略を、ワシントン・コンセンサス主義(発展戦略④)と呼ぶことにする。

以上の4つの発展戦略は、いずれも先進国が考案し、発展途上国(及び移行経済圏諸国)に対して教示されたものであった。計画経済制度を教示した主体は旧ソ連、新古典派経済成長理論を教示した主体は旧西側主要国、開発主義

を教示した主体は日本、ワシントン・コンセンサス主義を教示した主体はドナー・コミュニティ、すなわち先進国と国際機関であった。

20世紀後半以降に「有効な」発展戦略として普及し、発展途上国において相応の有効性を示した発展戦略は、上記のものである。一方筆者は、マルチチュード型包摂過程において発展途上国が実際に依拠し、効果を発揮した発展戦略は、先進国から教示を受けた上記のものに加え、発展途上国が自らの創造性によって構築した独自のものがあると考えられる。

それら発展途上国独自の発展戦略については、現在のところ、先進国、国際機関等とはもとより、それらを構築して推進している発展途上国政府関係者を含め、発展戦略としてモデル化して捉える作業は十分には進んでいない。このモデル化の作業こそ筆者が現在取り組んでいるものである。

発展途上国により独自に構築され、有効性を発揮した発展戦略として筆者が現在研究を進めているものには、以下の3つがある。当然他にも存在することが予想されるものの、それらについては今後の研究課題とする。

第1は、ASEANの先発国(シンガポール、タイ、マレーシア、フィリピン及びインドネシア)が1980年代末に構築し、1992年に本格的に開始したものであり、筆者はそれを市場統合主義、と呼ぶ。

第2は、ASEANの新規加盟国である移行経済圏諸国、特にカンボジアによって1994年以降推進されているものであり、筆者はそれをメタ法治主義、と呼ぶ。

第3は、南部アフリカ開発共同体により2010年代以降に検討が開始されているものであり、筆者はそれを開発金融ネットワーク主義、と呼ぶ。

以下、順に見ていく。

①市場統合主義

1980年代末から1990年代にかけて、ASEAN諸国に対しては、2つの発展戦略が教示されつつあった。

1つは開発主義である。ASEAN諸国は、1992年以降、日本との間で閣僚級の会議体(注7)を設置し、開発主義の教示を受けた。ASEAN諸国は、開発主義そのものは採用することはなかったものの、同時に日本から教示を受けた投資環境の高度化政策については幅広く採用した。このことが、この地域における第2局面高度化期の実現に重要な役割を果たした。

もう1つは、ワシントン・コンセンサス主義である。ASEAN諸国は、国際機関関係者等を顧問として招き、これに基づく自国の投資環境整備を進めていった。すなわち当時のASEAN諸国は、他の発展途上国、移行経済圏諸国との間で、先進国の多国籍企業の誘致競争に晒されており、その競争に勝利するために、投資環境の魅力の向上を進める必要に迫られていた。

この地域の投資環境の魅力を大きく向上させるためにこの時期のASEAN諸国は、ワシントン・コンセンサスが捉えていない重要な要因を取り込んだ発展戦略を、独自に構築しつつあった。その重要な要因とは、地域機構である。地域機構とは、複数の、通常は地理的に隣接する国々がまとまって造り上げる国際機関である。現在の世界には、膨大な数の地域機構が存在し、発展途上国は基本的に何らかの地域機構に所属しており、全く何の地域機構にも所属していない方が例外的である。

発展途上国が所属する地域機構を見てみると、市場統合について実質的に効果のある政策を展開しているものは数多くはない。その中でASEANが1990年代に進めた市場統合は特筆に値するものである。筆者は、この時期にASEAN諸国が採った、ASEANという地域機構を活用して市場統合を進め、そのことによって投資環境としての魅力を大きく向上させるための発展戦略を、市場統合主義(発展戦略⑤)、と呼ぶ。なお、ワシントン・コンセンサス主義は、地域機構の存在を前提としておらず、基本的に一か国での投資環境整備を考えている。

1990年代以降のASEAN諸国(この場合、インドネシア、タイ、マレーシア、フィリピン、シンガポール及びブルネイの旧加盟国)は、1984年のASEAN経済閣僚会合の設置以来、域内の市場統合に取り組んで来た。本格化したのは1992年のAFTA-CEPT(ASEAN自由市場:共通実効関税:ASEAN Free Trade Area - Common Effective Preferential Tariff)決定であり、それ以降、着実に歩を進め、2015年のAEC(ASEAN Economic Community)2015設立に至る。

最大の危機は1997年のアジア通貨危機であり、ASEAN外の人々は、市場統合は棚上げされるのではないかと見た。しかしながら1997年12月のASEAN特別首脳会合で、首脳達は、進めている市場統合は、何の遅れもなく、着実に進めていく、との強い決意を示した(また同時に、ASEAN+3(日中韓)の枠組みを定式化した。)。ASEAN諸国は、市場統合に対して強い決意を持ち、国内の経済制度を市場統合の進展に合わせて変更していった。その結果、ASEANの市場統合は、発展途上国の地域機構のものとしては類例を見ない、高度に洗練された、実質的なものとなった。

市場統合主義の発展戦略としての有効性は、次のように説明される。

この時期には、数多くの発展途上国及び移行経済圏諸国が先進国の多国籍企業の誘致競争を展開しており、市場環境を魅力的なものにする必要性に迫られていた。この中で、ASEANにおいて実質的に市場統合が進むとすると、ASEANのどこかの国を選択すると、ASEAN全体が関税が零か極めて低い商品市場となり、また部品関税が低く、通関手続きも簡素化されているため、ASEAN全域においてグローバルな生産ネットワークを構築することが可能になるため、

その魅力は高いものとなった。

②メタ法治主義

移行経済圏諸国であるCLMV諸国は、先行したベトナムを除くと1994年にASEANへの加盟を決定し、1990年代末に順次加盟した(注8)。ASEANへの加盟を決定した時点では、これら諸国は他の移行経済圏諸国同様に市場経済化を進めなくてはならず、かつ市場統合の進むASEANにおいて、ASEAN先発諸国との競争に晒されることとなった。

この課題に対処するためにカンボジアが採用した手法は、経済的な必要性に対応して、新しい法制度の仕組みを構築する、というものであった。経済、安全保障等社会の必要性に対応するために新しい法制度の仕組みを構築することを、情報社会学ではメタ法治と呼ぶことから、このカンボジアの取り組みを、メタ法治主義(発展戦略⑥)と呼ぶ。

カンボジアの手法とは、以下のようなものであった。

法制度は、その設立時には社会的な要請に適切に応じているにせよ、時間の経過とともに、社会の実情からは離れることが少なくはない。しかしながら、法制度の変更は、規定されている特別の方法を経なくてはならないため、社会の実情の変更に応じて、複数の法律を含む法制度全体を改編することは、一般的には極めて困難である。

移行経済圏諸国では、多くの法律は、計画経済制度時代に作られたものであるため、社会の実情との乖離はさらに大きなものとなった。

これに対してカンボジアは、1994年に、限定された分野において、当該機関の決定が個別の法律をオーバーライドする上級の機関を設立する、という制度を構築した。その機関の典型が、外国投資の受け入れに関するカンボジア開発評議会(CDC:Council for the Development of Cambodia)である。

このような制度は、一見、国内の法制度の未整備、すなわち国家建設の遅れを示しているかのように見える。カンボジアに直接投資を行った日本企業関係者の中にも、そのように捉えている人は少なくない。一方でこれは、個別の法律の規定をオーバーライドできることを法律上授權する機関を設置しているため、ワシントン・コンセンサス等において発展途上国に求められる法制度整備の一步先に行く制度である可能性がある。

筆者にとって最大の謎は、この制度が、「ブレ」法治主義、すなわち法制度の未整備な状況を放置しているだけに過ぎないのか、それともメタ法治主義、すなわち新しい形の法制度整備なのかであった。この点を明らかにするため、筆者はカンボジア政府高官に累次のインタビューを行い(注9)、当時のカンボジアの政府関係者が、通常法制度整備を超えた法制度整備(メタ法治)として意図的にこのような制度を構築したことが確認できた。

CDC の機能により、カンボジアの投資環境は外国企業にとって魅力が大きく向上したのとなり、21 世紀に入ると外国企業のカンボジアへの直接投資が進んだ。現在カンボジアは大きな経済成長を謳歌している。

③開発金融ネットワーク主義

日本政府は、1993 年、東西冷戦終結直後、ヨーロッパからの開発援助が激減し、アフリカが開発援助に関するある種の真空状態になった間隙を埋め、当時供与額世界第一位となっていた ODA を用いてこの地における日本のプレゼンスを高めるために、日本の首脳とアフリカ諸国の首脳とが一堂に会してアフリカの経済社会開発に関する諸問題を議論するアフリカ開発会議 (TICAD: Tokyo International Conference on African Development) を開始した。1993 年、1998 年、2003 年、2008 年及び 2013 年は日本(注 10)で 5 年毎に開催されていたものが、今般 2016 年 8 月、ナイロビ(ケニア)で開催され、筆者も関連セミナーのパネリストとして参加した。

5 年毎を 3 年毎に短縮し、またナイロビで開催した理由は、中国との対抗である。中国政府は、同様の枠組みの中国アフリカ協力フォーラム(FOCAC: Forum on China-Africa Cooperation)を 2000 年に開始し、3 年毎、北京とアフリカで交互に開催している(注 11)。

今回の TICAD のテーマは「Industrialization」であり、会合及び関連セミナーにおいて、日本政府、関係機関、日本企業等は、日本の経験に基づき、様々な工業化の知見を披露した。すなわちこの会合は、日本がアフリカ諸国に対して工業化に関する発展戦略を教示する場として設定された。

一方、マルチチュード型包摂過程においては周辺が自らの創造性により新たな発展戦略を構築し、包摂過程のイニシアティブを取る、という筆者の主張を裏付ける動きがここでも見られた。

イニシアティブを取ったのは、SADC-DFRC(南部アフリカ開発共同体開発金融センター (Southern African Development Community - Development Finance Resource Centre))である。SADC は、南アフリカのアパルトヘイト政策が国内に影響を及ぼすことを防ぐために連帯したフロントライン諸国の会議体を母体として、1991 年のアパルトヘイト制度廃止後の南アフリカを入れて 1992 年に設立された、14 か国から成る地域機構である。SADC に設置された開発金融センターは、近年南部アフリカ地域独自の発展戦略の構築に関する準備作業を続け、2016 年 TICAD の関連セミナーの 1 つを主催し、筆者もパネリストとして参加した。ここで示された発展戦略は、周辺が独自に構築した発展戦略ということになる。

セミナーのタイトルは、「Towards Expanding and Deepening Partnership through Development Finance

Institutions (DFIs) by Global and Regional Cooperation」であった。そこで示された内容を発展戦略の視点により整理すると、以下のようになる。

この発展戦略の最大の特徴は、金融、特に「市場の失敗」(Market Failure)を起こす分野における金融(以下、FiMFA(Finance in Market Failure Areas)と呼ぶ。)に着目することである。

発展途上国が経済社会開発を順調に推進するために克服しなければならない重要な課題の幾つかは、金融については「市場の失敗」を起こすため、市場メカニズムに委ねることによっては解決できない。

典型例が、インフラ整備と中小企業金融である。インフラ整備は、建設費用及び運営費用を利用者から適正に対価として徴収することが困難であるため、市場メカニズムによって民間企業が供給するインフラの整備量は社会にとって必要な量に比べて大幅な過小供給となる。また中小企業に対するファイナンスは、情報の非対称性、すなわち中小企業の経営実態、プロジェクトの内容等に関する探査コストが高額になる一方、融資規模は小さいため、実際に商業ベースで中小企業に融資を行う民間の金融機関は少なくなる。

これらの問題は、20 世紀後半に多くの発展途上国が経済社会開発に着手した時点から発生していた問題である。一方従来の発展戦略においては、これらの問題については、漠然と、政府の財政または援助コミュニティからの開発援助を期待するだけで、発展戦略の中心的な問題としては取り扱って来なかったと言える。ワシントン・コンセンサス主義においても、市場統合主義においても、メタ法治主義においても、主たる関心は投資環境整備、先進国の多国籍企業に対する直接投資市場としての魅力の向上であり、そのための国内の法制度整備、関税撤廃、輸入手続きの簡素化等については十分な対応策を提示している一方、FiMFA に関する独自の解決策は十分に示されているとは言えない。また ASEAN の市場統合の動きにおいても、先に見たように掲げられているのは物理的連結、制度的連結及び人的連結であり、金融面の連結(Financial Connectivity)は含まれていない。

TICAD 自体、2003 年、2008 年及び 2013 年会合の主要テーマは、「東アジアの成功体験のアフリカへの移転」であった。すなわち、投資環境整備により、アセンブリー系製造業の多国籍企業を誘致し、まずは労働集約型(周辺の生産様式)から工業化を開始するというシナリオであった。

一方、南部アフリカ諸国の政府関係者及び政府関係機関関係者は、日本が教示しようとしたこの発展戦略が、南部アフリカ地域においては有効ではないことを正確に看破していた。そこで、独自に分析を進め、FiMFA に正面から対応することが不可欠であるという結論を得たと言える。

セミナーで示された方向性は、以下の 2 点に集約される。

第 1 は、開発金融機関(DFIs: Development Finance

Institutions)の機能を強化し、中小企業金融を含め、経済社会開発に必要とされる FiMFA の大半を担当するようにすることである。

日本を初めとする多くの諸国では、開発金融機関の所掌はインフラ開発等に限定され、中小企業金融については別の政府系金融機関が設立されることが多いことから、この提案は極めて野心的なものであると言える。

第2は、南部アフリカ地域の開発金融機関が「実質的に」連携することである。すなわち、協調融資、共同の案件組成等を進めることである。

発展途上国の地域機構に属する開発金融機関が本当にこのように「実質的に」連携するとすれば、それは近代世界システム成立後、初のことになると見られる。

発展途上国の地域機構の機能を存分に活用して経済社会開発の成功を導いた例としては、上記のように、ASEAN の例がある。かつての TICAD において、「東アジアの成功体験」と謳われた際、念頭に置かれた事例の1つが ASEAN の成功であったことは疑いない。しかしながら ASEAN の市場統合の動きにおいては、クロスボーダーの協調融資、共同の案件組成等は、民間金融機関においても極めて限定的にしか行われておらず、政府系金融機関になると、さらに実例は少なくなる。

そのことは、ABMI (アジア債券市場イニシアティブ: Asian Bond Market Initiative)の蹉跎に見ることができる。ABMI は、1997 年のアジア通貨危機の構造的な原因をダブル・ミスマッチ、すなわち長期資金で手当てすべきインフラ開発、不動産開発等を短期資金で行ったこと、及び自国通貨建てで行うべきファイナンスを外貨建てで行ったことであると看破した ASEAN 政府関係者によって 2000 年に開始された、ASEAN を中心とする東アジア地域における直接金融市場を進展させる動きである。一方、政府関係者による累次の努力にもかかわらず、2000 年にタイのタクシン首相(当時)が発表した目標には遠く及ばないのが現状である。

すなわち市場統合においては目覚ましい成果を上げた ASEAN は、域内の国際金融ネットワークの構築に関しては目立った成果を上げていないと結論することができる。

SADC では、すでに域内の開発金融機関は、高い水準の連携を持っている。その連携を活用し、かつそれぞれの開発金融機関が中小企業金融を含めて FiMFA 全般を担当することで、この地域の経済社会開発を短期間に推進しようというのがセミナーで発表された発展戦略であり、その内容は Joint Resolution として取りまとめられた。このような発展戦略を筆者は、開発金融ネットワーク主義(発展戦略⑦)、と呼ぶ。

ASEAN 同様、SADC も内部に多様性を抱える。2015 年の 1 人当たり GDP(名目)を見ると(注 12)卒業水準にあるのがセーシェル(14, 941 ドル)、上位中所得国の水準にあるのがモーリシャス(9, 218 ドル)、ボツワナ(6, 041 ドル)、ナミビ

ア(5, 777 ドル)、南アフリカ(5, 695 ドル)、アンゴラ(4, 100 ドル)、低中所得国の水準にあるのがスワジランド(3, 140 ドル)、それ以下の水準にあるのがジンバブエ(1, 064 ドル)、レソト(1, 052 ドル)、ザンビア(1, 035 ドル)、タンザニア(942 ドル)、モザンビーク(535 ドル)、コンゴ民主共和国(476 ドル)、マラウイ(354 ドル)となっている。

ASEAN の示した事実は、多様性は経済社会開発の障害ではなく、新たな創造性の源であり、その創造性を発揮して新たな発展戦略を構築することで大きな発展の可能性を開くものである。その発展の可能性を現実にするためには、どうしても FiMFA の問題を克服しなければならない。従来の発展途上国は、基本的に FiMFA を政府財政と援助コミュニティからの開発援助によって手当てしようとするものであった。それを、近代世界システム上初めて、周辺における開発金融機関の連携により対応しようとするこの発展戦略が功を奏するならば、近代世界システムのあり方全体に関わる重要な示唆が生まれることが考えられる。すなわち、包摂過程における、包摂される側のイニシアティブがより強調されることになると考えられる。

以上、筆者がこれまで取り組んで来たグローバル生産ネットワーク史観を用いた近代世界システム論の構築のための準備作業を行った。

具体的には、第1に、近代世界システム論に再帰的近代化論の考え方を導入し、中心による周辺の近代世界システムへの包摂は再帰的に、繰り返し何度も発生するという枠組みに立脚し、グローバル生産ネットワーク史観が示すアセンブリー系製造業のグローバルな生産ネットワークの局面遷移を、近代化において再帰的に発生する包摂過程の1つとして提示した(マルチチュード型包摂過程)。第2に、標準的な近代世界システム論で述べられている包摂過程を、再帰的な包摂過程の1つとしてモデル化(帝国型包摂過程)した。第3に、帝国型包摂過程では中心と周辺との間での分岐、すなわち経済発展の程度の格差が拡大していくことなるのに対してマルチチュード型包摂過程では収斂する可能性が高いことを示し、その理由として、マルチチュード型包摂過程では包摂される側が独自の創造性を発揮し、優れた発展戦略を生み出していることを挙げ、その実例として、ASEAN 先発国で採られた市場統合主義、ASEAN 新規加盟国、特にカンボジアで採られたメタ法治主義、及び南部アフリカ開発共同体で準備が進む開発金融ネットワーク主義の3つについての分析を行った。

今後は、包摂される側のイニシアティブを中心に、近代世界システムの構造変化の分析に取り組むこととしたい。

(注1) 産業技術大学院大学(Advanced Institute of Industrial Technology)。

(注2)参考文献[1]参照のこと。

(注3)参考文献[2]参照のこと。

(注4)参考文献[3]参照のこと。

(注5)出典は、IMF『World Economic Outlook Database』, 2016年4月版。

(注6)1980年代初頭に、ジョンソン(Johnson, Chalmers Ashby)は、日本の発展戦略を、当時の欧米諸国の発展途上国(「規制志向型国家」とは異なるもの(「発展志向型国家」としてモデル化した(Johnson『MITI and the Japanese Miracle: the Growth of Industrial Policy, 1925-1975』, Stanford University Press, 1982年。邦訳は、ジョンソン(矢野俊比古監訳)『通産省と日本の奇跡』, TBSブリタニカ, 1982年。)。また1990年代初頭に、村上泰亮は、開発主義をモデル化した(村上泰亮『反古典の政治経済学』, 下巻第8章『システムとしての開発主義』, 中央公論新社, 1992年。))。

(注7)ASEAN諸国は日本政府との間で、1992年にAEM-METI Consultations(ASEAN経済閣僚と日本の経済産業大臣(当時は通商産業大臣)との会合)を年次協議として定例化させた。また1994年には、この会合の付置機関として、CLM-WG(カンボジア・ラオス・ミャンマー産業協働ワーキング・グループ)を設置した。

(注8)各国のASEANへの加盟は、ベトナムが1995年7月28日、ミャンマー及びラオスが1997年7月23日、カンボジアが1999年4月30日。

(注9)例えば、Sok Chenda, CDC長官(プノンペン, 2013年1月15日。APENオンリーワン中小企業ミッションとの協議の際。), Yea Bunna カンボジア工業手工芸品省中小企業庁次長(プノンペン, 2015年7月29日。)等。

(注10)2003年までは東京。2008年と2013年は横浜。

(注11)2000年は北京, 2003年はアジアスアベバ(エチオピア), 2006年は北京, 2009年はシャルム・エル・シェイク(エジプト), 2012年は北京, 2015年はヨハネスブルク(南アフリカ)。

(注12)出典, IMF『World Economic Outlook Database』, 2016年4月版。

会, 1993年。

参考文献

[1]前田充浩『グローバル生産ネットワークと発展戦略—産業コミュニティのネットワークとしてのグローバリゼーション 2.0』(石島辰太郎との共著), 産業技術大学院大学紀要第8号, 2014年12月。

[2]ネグリ=ハート『〈帝国〉——グローバル化の世界秩序とマルチチュードの可能性』, 以文社, 2003年。ネグリ=ハート『マルチチュード(上・下)』, 日本放送出版協会(NHKブックス), 2005年。

[3]通商産業省『アジア産業高度化ビジョン』, 通商産業調査

アジャイル開発技術及び協調作業スキルセット学習のための体系的教育プログラム

中 鉢 欣 秀*・小 山 裕 司*

Systematic Educational Program for Agile Development and Collaborative Work Skillsets

Yoshihide Chubachi* and Hiroshi Koyama*

Abstract

Agile Software Development is being advocated and is attracting a great deal of attention. There is an urgent need to train engineers with the required skills. In Scrum, which is a major agile software development method, developers release software products for the user in short time. To achieve such agility, engineers need to effectively adapt to the modern development environment technologies such as virtual environments, cloud environments, and so on. In this research, we propose an educational program for professional engineers to learn the Scrum method.

Keywords: Software Development Training, Agile Development, Scrum, PBL, Active Learning

1 はじめに

アジャイル開発が注目される中で、それに必要な能力を備えたエンジニアの育成が急務である。アジャイル開発として代表的なスクラムにおいては短い期間(スプリント)でプロダクトをユーザにリリースする。このような迅速性を達成するために、最先端の仮想環境やクラウド環境を効果的に活用した開発環境に適応する必要がある。

アジャイル開発は急速に実務に普及しつつあるにもかかわらず、大学教育における体系的な人材育成の取組は大学教育においては始まったばかりである。本論文では筆者らが enPiT プログラムを通して取り組んでいるアジャイル開発技術者育成のための体系的教育プログラム[1-4]について述べる。

なお、本論文は文献[1]及び文献[2]をもとに再構成したものである。

2 アジャイル技術者育成のための開発方法論教育

ソフトウェア開発の新しい方法論としてアジャイル開発が産業界に普及しつつある。従来手法であるウォーターフォール型の開発は、企業で利用する大規模な基幹システム開発の方法としては未だに有効な側面はあるだろう。しかしながら、ユーザに対して新しい価値を提供する新規プロダクトの開発においては、アジャイル開発が適しているとの認識が形成され始めており、Web 開発のみならず IoT 分野での利用すら検討されている[1]。

このような状況の中で、アジャイル開発に対応するスキルセットを備えた技術者の育成は急務といえる。そのためにはまず、「方法論」としてのアジャイル開発を効果的に学ぶ学習の場を提供する必要がある。加えて、アジャイル開発を円滑に進めるために有用な各種の「道具」の使い方についても学べるようにすることが大切だ。

本節では、アジャイル開発の方法論と、開発に有用とされる各種のクラウド型サービスを活用したソフトウェア開発を学ぶ教育プログラムについて述べる。

2.1 アジャイル開発方法論を支援する道具

Kent Beck らが 2001 年に提唱したアジャイルソフトウェア開発宣言[2]には「プロセスやツールよりも個人と対話を」とある。プロセスやツールに価値があることを認めながらも、個人と対話することに、より価値おくとされる。

ただし、この宣言が発表されたのは 15 年も前であり、状況は多少変化している。プロセスについては、軽量なアジャイル開発方法論である「スクラム」がよく知られるようになった。なお、スクラムの定義を記述したスクラムガイド[3]が作成されたのは 2011 年である。

また、Beck らがツールについての価値を低く見ていた背景には、CASE やモデリングツールなどの重量級のツールを念頭にしていたからであろう。そうではない、ホワイトボードやポストイットのような軽量なツールは、アジャイル開発を進めるための道具として好んで用いられてきた。

ホワイトボード等は、確かに利用することが簡単ではあるが、

不便な点もある。例えば、同じ場所で常に作業するチームでの開発には適しているものの、遠隔にいるメンバーとの分散開発を行う場合には不向きである。

このような理由もあり、近年はクラウド型サービス(SaaS)を、アジャイル開発を実施するための道具として活用する事例が多く見られるようになった。

クラウド型であるので、情報を共有するために必ずしも同じ場を共有する必要がない。また、クラウド型のツールの一般的な特徴でもあるが、ツールが日々改良され使いやすくなってきている。

アジャイル開発において重要視されているのが「かんばん」である[4]。かんばんにはタスクを定義し、開発プロセスを視覚化する効果がある。この、かんばんを共有するためのツールとして、Pivotal Tracker, HuBoard, Trello 等が知られている[5]。

ここまで見てきた通りアジャイル開発においては、軽量で利用しやすいツールを利用し、近年ではクラウド型のツールも活用されている。そのため、これらのツールを上手に使いながら円滑に開発できるようになることが、アジャイル開発に対応するためのスキルセットには含まれることになる。

2.2 クラウドサービス・仮想環境の活用

一方で、アジャイル開発は 2012 年頃からのソーシャルコーディング[6]の潮流と融合している。ソーシャルコーディングの源流は OSS(オープンソースソフトウェア)の開発の流儀である。この開発スタイルを SaaS 型クラウドサービスとして実現したのが GitHub 等のサービスである。GitHub はソースコード管理や課題管理機能を提供する。これにより、OSS のようにオープンかつ大規模な分散共同開発が容易になる。もっとも、アジャイル開発は必ずしもオープンソースではない。むしろ、GitHub を用いる場合の協同コーディングの流儀(GitHub Flow[7])の方が重要であり、この流儀に従いながらクローズドな開発を行うことも一般的である。

また、GitHub と他のクラウドサービスを連携させることでより多くの機能を利用することができる。例えば、継続的インテグレーション(CI)を提供する Travis CI などと連携させるケースは多く、テストの自動実行や完成したコードのリリースの自動化などができる。この他にも、Slack 等のコミュニケーションツール(メッセージャー)とも連携させ、各種の通知を送信することもできる。仮想環境は、開発のための環境や、Web アプリケーションを運用するための環境として積極的に用いられる。物理的なサーバを構築する手間がいらず、サーバの構成情報を電子化することもできるので、いつでも破棄・再構築できる。Heroku 等の PaaS 型のクラウドサービスではアプリケーションを運用するための仮想環境を提供しており、これを用いてインターネットに容易に公開できる。

2.3 教育プログラムのコンセプト

以上を踏まえると、アジャイル開発に対応する技術者が備えるべきスキルセットとしては、1 つ目はアジャイル開発の「方法論」の理解であり、2 つ目は開発を円滑に進める「道具」の学習である。なお、プログラミングやデータベース、ネットワークや OS 等の基本知識も必要に応じて身に付ける必要があるが、ここでは触れない。以下、これらを学ぶために本学で実施している教育プログラムのコンセプトについて記す。

1 つ目のアジャイル開発の方法論に関し、「スクラム」の習得法について述べる。スクラムはその方法がスクラムガイドにより定義されていることは前述した。このガイドは日本語版で僅か 17 ページしかないので容易に習得できるのではないかとと思われるがそうではない。スクラムガイドには「スクラムとは軽量、理解が容易」であるにもかかわらず、「習得は困難」とある。ガイドに記述されているのはスクラムで用いる用語の定義であり、これを使用する戦略は様々だからである。

このため、スクラムを学習する方略としては、まず、スクラムガイドに基づき、スクラムで定義されている言葉についての共通理解を得る。次に、実際にスクラムによるソフトウェア開発プロジェクトを体験する、という流れが求められる。そこで、講義やワークショップ形式で言葉の共通理解を得、スクラムによる開発プロジェクトを PBL で実践する。

2 つ目の道具の学習については、各種のツールの有機的なインテグレーションをモデルとして提示し、これらを用いた開発のサイクルを学ぶことを目標とする。ツールの選択肢は豊富であるが、学習効率の点から、代表的なインテグレーションの例を示し、それについて学ぶのが効果的だ。本学の例では、開発するソフトウェアは Web アプリケーションとし、プログラミング言語も Ruby に限定している。その上で、GitHub と Travis CI を連携させ、Heroku にリリースして動作させる環境をモデルとしている。

これらのツールを使いこなせるようになるには一定の訓練が必要だ。そこで、本学ではツールの使い方について演習中心の授業を実施し、その後、PBL に進むように授業設計した。

以上を整理すると、本教育プログラムでは、履修者はアジャイル開発の方法論と道具についての基礎知識を身につけてから、開発 PBL でそれらを総合的に学ぶという全体設計となっている。このように段階的に知識習得を進めるので、学習者にとっては体系的に理解しやすい内容となっている。

2.4 本教育プログラムの実施と今後

本教育プログラムは、2013 年度より実施している本学における enPiT プログラムにおいて得られた知見を整理したものである。本学は専門職大学院であり、多くの社会人学生が受講している。彼らの中には今後、実務でアジャイル開発に取り組みようとしている者も多い。また、講師や外部評価者にはアジャイル開発の最先端で活躍されている方に協力して頂

いている。このような環境の中で、様々な関係者から実務の観点からの多くの改善提案を頂くこともできた。大学における教育プログラムとして相当に実践的な内容となっていると考える。

今後、Web アプリケーションだけではなく、スマートフォンやタブレットで動作するアプリケーション、様々な IoT のプロダクトの開発にも対応できる教育プログラムへと発展させたい。

3 チームによるアクティブなソフトウェア開発演習のための協調作業スキルセット教育の試行

教育の手法としてアクティブラーニングへの関心が高まっている。ソフトウェア開発演習をアクティブラーニングとして実施すれば、学習者はより能動的に学習に参加し、教育効果がより高まる。

特に、チームベース学習 (TBL) としてソフトウェア開発演習を実施することは、個人演習が中心の従来型プログラミング学習に比べて学習者の参加意欲の向上が期待できる。チームによる共同作業を通して 1 つのプロダクトを開発することを経験し、そのためのよい方法を身につけることは、ソフトウェアエンジニア教育として実践的だ。

このとき問題となるのは、いかにして共同作業によるソフトウェア開発を円滑にすすめるか、である。チーム開発ではソースコードを共同で編集しなくてはならない。この作業において複数のチームメンバーによる変更作業の競合が発生すると、エラーにつながりソフトウェアが動作しなくなる。このような状況が多発すると学習者の学習意欲が低下することにつながりかねない。

一般的にこのような問題を解決するための手段として、ソースコードのバージョン管理システム (VCS) がある。近年、VCS として広く利用されているツールに Git とそのリポジトリをホストする GitHub がある [7]。また、GitHub を利用する際のグッドプラクティスとして、GitHub Flow がある [7]。これらの技術に習熟することにより、チーム開発が円滑になる。

そこで、このようなチーム開発のスキルセットを学ぶ演習教材として「Git/GitHub 演習」を開発した。この教材は、2016 年 8 月に筑波大学、同年 9 月に産業技術大学院大学 (以下、AIIT) における演習で使用した。本節では、これまでに得られた知見について述べる。

3.1 研究の背景

近年主流のアジャイル開発手法スクラムでは、チームは自己組織化し、継続的に改善するとされる [3]。このようなチームは、能動的 (アクティブ) でなくてはならない。本研究では、学習者に Git と GitHub の利用方法に関する演習を実施することで、チームによる開発演習をより活性化させることを狙う。

そこで、リサーチクエストとして、RQ:1「Git/GitHub 演習」を実施することで、チーム学習を活性化させることにつながったか、を設定する。

更に、RQ:2「VCS を活用することで、チーム学習の活性化度を評価できるか、についても研究対象とする。その際の評価尺度として、VCS に登録された学習者の「コミット」を指標とする。コミットとは、ソースコードに対する変更の差分であり、コミットが多いメンバーはよりアクティブに開発に貢献したことになる。

なお、本研究ではチームで開発する際に必要となるプログラミング技術そのものの学習は既に済んでいることを前提とする。

3.2 開発した教材

今回開発した Git/GitHub 演習では、特に、チーム開発で発生したコンフリクトとその解消方法と、GitHub フローの体得に重点を置いている。開発した教材は大きく次の内容で構成される。

1. インストラクション
2. 個人演習
3. チーム演習

インストラクションでは、演習全体の流れや教材等の入手方法について解説している。個人演習は、Git/GitHub の使い方を学ぶためのものである。内容を読めば十分に演習を実施できる程度の記述がなされているが、全体を講師が解説してから実施することも想定している。チーム演習は、GitHub フローによりチームで 1 つの Web サイトを作成する演習である。

教材は、PDF によるスライド資料と、ハンドアウト資料からなる。テキスト本体はマークアップ言語 (Emacs Org 形式) で作成したので、HTML などにも容易にエクスポート可能である。GitHub の HTML エクスポート機能を利用して Web ブラウザによる閲覧もできる。これらは MIT ライセンスにより GitHub に公開している (https://github.com/ychubachi/github_practice)。

3.3 教材の利用方法

講師ははじめに、インストラクションの内容を説明する。次に、個人演習に進む。個人演習には、Git の基礎から GitHub を使った開発までの内容を含む。初めから演習をさせるのではなく、これらの技術について教師が予め解説し、ツールのデモンストレーションを行ってもよい。

チーム演習では、資料に基づき、チーム自体が自らツールの使い方を学ぶ。教員は必要な支援はするものの、学習者の自主性に委ねる。

3.4 チーム編成方法の工夫

チームが事前に決められていない場合、チームの編成は次のように行う。

1. 受講者の数から最終的なチームの数を決定する(1 チーム 3~4 名を想定)
2. 受講者に個人演習をさせる
3. 個人演習が完了したら報告させる
4. 完了した受講者から順番に 2 人組(ペア)を作る
5. 必要なチーム数だけペアができたなら、以後、個人演習が完了した受講者をできたペアに追加していく
6. 全員がチームに所属したら完了

これは、チーム編成にあたり、スキルレベルを平準化するためである。個人演習が早く終わったものはスキルが高いと判断し、遅かった者を後から加えることでバランスをとることができる。

3.5 授業の実施について

本教材を実際に授業で使用した結果について述べる。

筑波大学では、約 90 名の学生を対象に授業を実施した。75 分×2 コマの授業であり、途中に 15 分の休憩時間がある。

演習のために事前にインストールしておくように指示したソフトの設定で躓いていた学生が少しいたが、TA の協力が得られたので、演習そのものはスムーズに実施できた。

AIIT では、約 30 名の学生が受講した。こちらには TA はいない。また、IT に不慣れな社会人学生も受講しているため、個人演習の内容については、90 分の講義を 2 回にかけ、入念にて実施した。その甲斐もあり、グループ演習もスムーズに実施できた。

両授業とも、ハンドアウトは印刷して事前に配布した。

3.6 今後の課題

筑波では全く解説をせず、AIIT では入念に解説をしたが、どちらも極端な時間配分であった。本演習は概ね 90 分×2 コマの授業時間が確保できれば実施可能である。この演習を行ったことにより、事後のチーム学習が活性化されるとしたならば、これだけの時間をかける価値はあるだろう。

現状では、この演習を実施したことによるチーム学習の活性化への影響については評価できていない。今後、他の大学(はこだて未来大学)でも実施する予定であるため、有用性の評価を行っていききたい。

また、GitHub 上にはチームごとのコミット数、1 人あたりのコミット数や、期間による変化などの情報が記録されているため、今後は、学習者によるチーム開発の活性化について定量的に測定することを可能としていきたい。

関連研究として、井垣らはソフトウェア開発演習において

Subversion と Trac, Jenkins を組み合わせることでプロジェクトを定量的に評価する手法を提案している[8]。Onoue らは GitHub を利用することで開発者の行動特性に関する分析を行っている[9]。

これらの関連研究を参考にし、ソフトウェア開発演習で GitHub を導入することの効果と、学生による学習の評価手法の確立にむけた研究を進めたい。

4 おわりに

本論文では AIIT で取り組んでいるアジャイル開発技術者育成の取り組みについて述べた。大学教育におけるアジャイル開発の技術者育成は緒についたばかりであると言える。スクラムに代表されるアジャイル開発技術は、実践的な IT 技術者教育の内容として今後ますます重要になるであろう。本学も参加する enPiT プログラムのビジネスアプリケーション分野においては、各大学でアジャイル開発のエッセンスを取り入れた教育が始まっている。加えて、FD 活動を通して他の大学の教員との連携が深まっており、今後の波及効果が感じられる。

また、今回開発した教育内容は企業における人材育成のための教育プログラムとしての展開が期待できる。現在、大手 IT ベンダーの研修としてアジャイル技術者育成への取り組みが始まっている[15]。受講者からは実践的な内容であり、今後の実務に役に立つとの感想が多く寄せられた。こちらについては、企業における実務人材育成のための教授法に関する研究として引き続き取り組む。

今後、より教育効果の高い内容になるよう継続的に改善を続けたい。

参考文献

- [1] 中鉢 欣秀: アジャイル技術者育成のための開発方法論教育, 教育システム情報学会(JSiSE2016)第 41 回全国大会, pp.313-314, 2016 年 8 月
- [2] 中鉢 欣秀, 小山 裕司: チームによるアクティブなソフトウェア開発演習のための協調作業スキルセット教育の試行, CIEC(コンピュータ利用教育学会)PC カンファレンス北海道 2016, pp.1-2, 2016 年 10 月
- [3] 中鉢 欣秀: AIIT における実践的 Scrum 技術者教育の取り組み, 日本ソフトウェア科学会(JSSST)第 33 回大会(2016 年度)講演論文集, pp.1-6, 2016 年 9 月
- [4] 嵯峨 智, 渡辺 知恵美, 木塚 あゆみ, 中鉢 欣秀, 河辺 徹: ビジネスアプリケーション分野, 日本ソフトウェア科学会論文誌, pp.1-5(掲載予定)
- [5] 日経コンピュータ: “成功する IoT 製品開発—モノづくりにも Web のスピードを”, <http://itpro.nikkeibp>.

- co.jp/atcl/column/16/020100027/020200003/,
(2016/02/10)
- [6] Beck, K 他.: “アジャイルソフトウェア開発宣言”, <http://www.agilemanifesto.org/iso/ja/>, (2001)
 - [7] Schwaber, K, Sutherland, J 他: “スクラムガイド-Scrum Guides”, <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-JA.pdf>, (2013)
 - [8] Anderson, D. J. Kanban: “Successful evolutionary change in your technology business”, Blue Hole Press, Washington (2010)
 - [9] SideCI: “アジャイルに効く「かんぱん型」タスク管理ツール SaaS まとめ”, <http://blog-ja.sideci.com/entry/2014/10/23/171117> (2014)
 - [10] Dabbish, L and Stuart, C, Tsay, J, and Herbsleb, J: “Social coding in GitHub: transparency and collaboration in an open software repository”, ACM, In Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '12), pp. 1277-1286 (2012).
 - [11] Chacon, S: “GitHub Flow”, <http://scottchacon.com/2011/08/31/github-flow.html> (2011)
 - [12] GitHub. <https://github.com/>.
 - [13] 井垣宏, 福安直樹, 佐伯幸郎, 真佑, 楠本真一. アジャイルソフトウェア開発教育のためのチケットシステムを用いたプロジェクト定量的評価手法の提案. 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 2, pp. 701-713, feb 2015.
 - [14] Saya Onoue, Hideaki Hata, and Ken-ichi Matsumoto. A Study of the Characteristics of Developers' Activities in GitHub. In 2013 20th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC), pp. 7-12. IEEE,
 - [15] 酒瀬川 泰孝, 磯崎 洋一, 中鉢 欣秀: SCRUM Based Learning Learning SCRUM in SCRUM Teams based on SCRUM Theory Aim to Organizational Agile Transformation, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育(CE), Vol. 2016-CE-136, No. 17, pp.1-8, 2016年10月

システムの設計思想に関する一考察

ー モバイル型バッテリーパックと周辺システムの設計思想の記述

ー 吉田敏^{*}、陈元筠^{**}、石丸亜矢子^{*}、戴礼玲^{*}

A Study of Design Concept of Artificial System - Description of Design Information of the System including Mobile Battery Pack -

Satoshi Yoshida¹⁾, Yuanjun Chen^{**}, Ayako Ishimaru¹⁾, Reirei Sai¹⁾

Abstract

This paper explores the design concept of Energy Management System in Japanese manufacturing industry from a Product Architecture perspective. This research aims to discover if the Product Architecture Theory can be adapted into the Energy Management System, which consist of several products and service. As a leading company in New Energy Vehicle Industry, One of the Japanese companies is chosen as case study in this research. The design concept of their Mobile Battery Pack System shows the same characteristic of design concept of products in Japan's Manufacturing Industry. More specifically, each mobile battery is designed as a modular product by standardization. However, complicated adjustments are required to improve performance of the whole system. Thus, high interdependency can be discovered between components (integral). This indicates that the Product Architecture Theory can be used to explain the Energy Management System in the same way. For future work, more case studies in different manufacturing industries should be carried out to understand the trend of the design concept of energy management system in Japan.

Keywords: Design Information, Modular, Integration, System Design, Architecture Concept

1 はじめに

今日、様々な生産過程の中で、エネルギーの合理的な抑制が取り上げられることが一般的になってきた。しかし、このようなエネルギー抑制に関する統括的な技術は、まだ萌芽期の段階であるということがいえ、体系的な議論は十分になされてきたとは言いきることが難しい点については否定しきれない。特に、産業ごとに、また、地域ごとに、エネルギー抑制手法として実行されている内容に差異がある面があるが、その理由や傾向などを的確にとらえている理論体系に関する議論は薄めであるといわざるを得ない。

本稿の目的は、地域別に差異が生じている可能性のある、化石エネルギー使用の抑制に関するシステムについて、その特性を記述する手法を明示することである。これにより、つくり手がシステムの特性を把握しながら対応することができる可能性を示すものである。ここでは、特にアーキテクチャと呼ばれる概念を用いる。これは、何らかの対象についてのつくり手が、対象の構成要素間の関係性をどのようにコントロールしているのかに着目したものである。

2 設計の対象としての製品やシステムの特性把握

2.1 対象の設計過程における設計情報の創出

一般的に、一つのものとして認識することができる対象について、自然物と人工物に分けることができると考えられる。このうち、人工物は、人間によって機能や性能が想定され、それを達成するための構造や構成が考案されたものである。Simonによれば、この人工物について、「設計されたもの、合成されたもの」としている[1]。また、藤本は「設計情報が何らかの媒体の上に転写されたものである」としている[7]。つまり、人工物のつくり手は、構想段階にはどのように創るべきかという考え方をもち、それを様々な課題や要因を考慮しながら発展させ、できるだけ合理性の高い設計内容にまとめ、その設計内容に従って実際の対象を作っていくことになる。藤本は、このまとめ上げられる設計内容を「設計情報」とよんでおり、この設計内容に従って実際の対象を作り上げることを「設計情報の媒介への転写」とよんでいる[7]。

設計情報は、基本的に人工物の生産過程の前段階に創

Received on October 31, 2016

*産業技術大学院大学,

Advanced Institute of Industrial Technology

**ケンブリッジ大学

University of Cambridge

り上げられるものである。つくり手によって、発案され、様々な角度から検討され、方向性が決定され、まとめられていくことになる。そこには、通常、多くの判断や検討の必要性が生じ、つくり手は自己の考え方に従い結論を出し続けていくことになる。このとき、既に明確な判断基準が確立されている技術分野や、極めて簡素な課題に関する選択についてであれば、考え方の差異は抑えられることになる。しかし、新規性の高い対象や、複雑性の高い対象に対しては、つくり手は局面ごとに自己の決断が必要となり、その決断の考え方の特徴に沿った設計情報がまとめられることになる可能性が高いといえよう。

ここで指摘している設計情報の中身はどのようなものであるかを考えた場合、大きく分けて、機能、構造、工程に関するものといえることができる[7]。この3つの様相は、それぞれ複数の要素によって構築されていくこととなり、それらの要素間の関係性は、ある種の変数(パラメーター)で表現することができる可能性が高い。なぜなら、つくり手は全ての要素を一つずつ創造することは困難である一方、構想段階から全ての要素間関係性を操作することにより、全体の目的を達成することになるからである。それらの操作はつくり手の意図に即した調整行為であるため、その調整のための因子に基づくパラメーターによって表現することができることになる。

2.2 設計情報の創造から媒体への転写までの流れ

このように、つくり手によって設計情報が創られ、その設計情報が「媒体に転写」され、人工物が創られていくことになる。このとき、媒体は様々なものが考えられるが、いくつかの因子によって整理することは可能である。藤本は、「質量のある有形物(物質)」と「質量のない無形媒体(エネルギー)」に整理している。これは、金属・樹脂・紙・電子媒体などの耐久的な媒体と、電波の振動・空気の振動などの非耐久的な媒体に分けることができるという考え方である。また、別の見方をすれば、設計情報が固定化される媒体と、設計情報が流動的に変化して捉えることができる媒体も存在する。例えば、同じ電子情報でも、ある媒体では設計情報が変化することのないもの、つまり書き換えができないようにするものとなり、ある媒体では設計情報を変化させる。つまり書き換えられることができるものとなる。ここでは、媒体に関する深めの議論は他稿に譲るものとするが、様々な特性のある媒体が存在し、その特性が最終的な人工物に少なからず影響を及ぼすことを抑えておきたい。

所与の人工物が創造されるまでの流れを考える場合、ここまでの考察に沿えば、主に設計情報の創造から、設計情報の媒体への転写までを考えることになる。この「流れ」とは、対象を変化させることの連鎖であるといえる。つまり、ここでは人工物は設計情報が媒体に転写されたものと考えて以上、この「流れ」を具体的に考えると、設計情報の変化や変質、媒体の変換や置換などを対象とすることになる。これらは、単

一の内容である場合もあれば、複数のものが組み合わせられる場合もあると考えられる。

2.3 アーキテクチャ概念とつくり手の判断の傾向

「アーキテクチャ概念」とは、構成要素相互依存性から見た人工物に関する基本的な設計思想のことである[17]。これは、前述の設計情報が、構成要素そのものを創るというより、要素間の関係性を調整することによって創られる側面があるため、人工物である設計情報についても適応するものである。また、人工物の創造においては、機能、構造、工程などの各様相に関して、この設計思想の概念、つまりアーキテクチャ概念を議論できることになる。この概念は、各様相の構成の考え方と、それらの様相間の関係性の考え方について、議論していくことになる。これらの考え方によって、つくり手の持っている傾向が表れる面を捉え、出来上がる人工物の特性の一部を理解することが可能となることになる。各産業の中で、商業生産されていく、製品、サービス、システムなどについても、上述のアーキテクチャ概念を適用することが可能である。

ここまで述べてきた創造プロセスを、アーキテクチャ概念を使って解釈していくと以下のようなになる。つくり手は、まず目的とされる主要な要求機能を構想し、それを複数の下位機能に展開させていくことになり、次に、これらの機能群を製品、サービス、システムの要素(部品や情報の塊り等)に対応させながら、対象の構造を考えていくことになる。このとき、求められる機能を整合的に完成させるために、対象の各要素と共に、要素間の関係性(Interface)をコントロールしていくことになる。つまり、機能群を設計し、構造群に対応させながら対象をつくることになるが、一つ一つの要素を発明していくことが難しいことを考えると、要素間のインターフェイスの設計に、つくり手の労力が少なからず割かれることになる。もちろん、このプロセスは、一方通行で簡単に終わるものではなく、通常、つくり手によって、機能設計と構成設計の間を繰り返しフィードバックがなされることになる。その中で、つくり手がある特定の考え方に基づいて判断が繰り返される場合、最終的に出来上がるものは、つくり手の特徴が色濃く反映される可能性は低くないと考えることができる。

このような、機能群と構造群のデザインに関する基本的な設計思想を、藤本は「製品アーキテクチャ(Product Architecture)」とよんでいる[13]。

2.4 製品アーキテクチャに関する地域特性

製品アーキテクチャに関し、先行研究[7][17]により地域別の特性の存在が指摘されている(表1)。この概念については、以下の理解が必要となる。要素間のインターフェイスの業界標準などを視野に入れたオープン型と、一組織や一製品専用のインターフェイスの考え方に基づくクローズド型、そして、構成要素間の微妙な調整による全体システム性能の

向上を優先させる擦り合せ型 (Integral Type) と、構成要素を合理的な塊りに分けていくことによって複雑性を抑制することを優先する組合せ型 (Modular Type) の、二つの軸を理解しなければならない。前者の軸は、各企業などが明確な意識をもって戦略化している場合が多いと判断できるが、後者はつくり手が無意識のうちに創り出す傾向である面があると考えられる。そのため、ここでは、後者の軸を中心に考えていくものとする。

この視点から見ると、出来上がった人工物の製品アーキテクチャは、各タイプによって独自の傾向を持つことになる。組合せ型は、シンプルな 1 対 1 の対応となる傾向があり、複雑性を合理的に抑える考え方であるといえる。つまり、構造群での塊り (Module) を、設計プロセス上の前段階の機能群の塊り (Module) に対応させるということになる。これに対し、擦り合せ型は、ここで述べた複雑性を抑えるための合理性の追求より、全体のパフォーマンスの向上を優先させることにより、機能群と構造群が複雑な対応関係となる (図 1)。

このような視点に基づく先行研究 [13] によると、複数の産業の製品アーキテクチャを比較することにより、産業ごとの傾向と共に、前述のように、地域ごとに異なる設計思想の傾向が認められるとされている。具体的には、日本は微妙な調整が創造プロセスに求められる製品に相性の良い擦り合せ型 (Integral Type)、米国は創造に関する知識の集約が重要な製品を主な対象とした組合せ型 (Modular Type)、中国は労働集約力が重要となる形での組合せ型の傾向があるとされている (表 1)。

2.5 製品アーキテクチャのシステムへの適用

製品アーキテクチャを、人工物の一つであるシステムに適用させることは可能であるはずであり、この場合、システムにおける構成要素の相互依存性に着目することになる。なお、ここでのシステムとは、複数の設計思想によって構築されているものを指す。

前述の二つのタイプ、擦り合せ型と組合せ型を、このようなシステムに適用した場合、単一の製品と異なり、複雑性や不確実性が高くなる可能性を持つことになる。このとき、つくり手が、構成要素の相互依存性を高める方向、つまり擦り合せ型で設計していく場合、出来上がるシステムが製品アーキテクチャの理論的考察と同様の考え方が適用できるかどうかを考える必要がある。

具体的には、システムの構成要素間において微妙な調整を行っているかどうか、また、その結果として、機能と構造が複雑な関係性になっているかどうかを捉えていくことになる。

ここで注意しなければならないのが、各要素の作りこみによる性能向上を目指す行為と、アーキテクチャ概念に基づく構成要素間の相互依存性に表れる設計思想が違うということである。前者は、性能や仕様を向上させるため、多かれ少なかれ、人工物のつくり手は努力を払うことになる。一方、後者

表1 アーキテクチャの地域別傾向
[17]を参考に再作成

Country Based Favorable Architecture: Impressionistic Hypothesis	
Region/Country	Favorable Architecture
Japan	Integral
Europe	Integral
United States	Modular
India	Integral
Korea	Modular
Taiwan	Modular/Integral
China	Modular
ASIAN (Thailand, Vietnam,...)	Integral

のアーキテクチャ概念は、つくり手によって、複雑性を抑えるために構成要素のモジュラー化を優先するタイプと、出来るだけ多くの構成要素を同等に扱うことによって全体のパフォーマンスを向上させることを優先させるタイプが考えられ、先行研究によっても、このような地域別に分かれるタイプの傾向が議論されている [7]。

本研究は、このような考え方にに基づき、複数の設計思想によって構成されるシステムの設計思想を、アーキテクチャ概念によって議論していくものである。

3 システムの設計思想の記述

3.1 新規性の高いシステムの記述

ここでは、新規性の高いシステムとして、化石エネルギー消費の抑制に関するシステムの事例を考えていく。新規性の高いシステムの設計は、設計手法が熟成したシステムと違い、各要素の発明・発見も影響するが、個々の要素をどのように関係づけていくかという点について、対象システムの設計者が判断していく部分が多いという面がある。そのため、設計者の考え方の傾向が表出する部分が多くなる。

ここでは、A 社のモバイルバッテリーパックを活用した、エネルギー供給の合理化と化石エネルギーの使用抑制を目指したシステムを取り上げ、設計思想に注目しながら、システムの特徴の記述を試みる。このモバイルバッテリーパックとその活用システムについて、まだ A 社から具体的な事業計画は発表されていないが、まず、このバッテリーパックの特徴をまとめる。このモバイル型のバッテリーパックは、外形の画一化をはじめ、インターフェイスのルール化を基本としたものとなっている。また、一つ一つのバッテリーパックを小型にしたため、公開されているカタログによると、超小型 EV には 4 つのパックを、電動スクーターには 2 つのパックを使用するなど、

使用上の自由度が高いものとなっている。再生可能エネルギー利用に際し、注意しなければならない点の一つに、自然環境の継時的変化の影響がある。自然環境から取得できるエネルギー量は、刻一刻と変化していく。太陽光を利用する場合は晴れるか曇るかによって取得可能なエネルギー量が変化し、風力発電なら風の強さによって変化する。また、使用側も、気温に応じてエネルギー消費量が変化するなど、自然環境の変化によって使用量が変わる傾向があるといえよう。もちろん、エネルギー使用量は1日の時間の中でも変化していくし、季節によっても変化していく。これらの様々な不確実性に対し、殆ど全ての化石エネルギー消費抑制システムにおいて何らかの対応策が考案されている。特に、現行で少なからず見られるEVのバッテリーを含むエネルギー調整システムでは、EVのバッテリーを使用して、システム全体のエネルギーの少なくなった時に供給源とし、全体のエネルギー量が多い時に充電するとしている。要するに、システムに組み込まれたら、EVのバッテリーは単純に蓄電池とみなされ、自然エネルギーでたくさん発電できれば蓄電し、自然エネルギーで発電できなければバッテリー内の電気エネルギーを放電させられるのである。このA社のバッテリーパックのシステムは、このような考え方と同じ面もあるが、異なる面も持っている。同じ面は、前述の自然エネルギーの不安定性から蓄電池として扱われる面である。しかし、異なる面は、バッテリーを細かく分け、取り外しを前提にすることによって、細かい調整が可能なものとなっている。要するに、前者のシステムでは、ある朝、車のバッテリーが全くなくなっているかもしれないが、後者のA社のシステムでは、予備のバッテリーを保管しておいたり、単純にバッテリーのいくつかをインターフェイスから外しておくことによって、モビリティが動かない場合を回避することができる。

この点を、構成要素間の相互依存性という視点から記述していく。ここでは、最も基本となる機能と構造との対応関係に着目するものとする。この対応関係はUlrichや、BoldwinとClearkらによって既に議論されているものである[14][15]。数が多く複雑な人工物の構成要素を塊りに切り分けるには、何の理由もなく切り分けるというのは不自然である。そのため、何らかの複数の機能を持つ人工物を創るときには、その一つ一つの機能を成り立たせるために、機能と構造を対応させながら全体を構築していくことが合理的である。このような合理性は、無意識のうちにつくり手によって進められることになる[14]。

A社のモバイルバッテリーパックをモビリティと家電に使用するシステムの、機能と構造の対応関係を図示すると、図2のようになる。家電等への電力供給が必要で自然エネルギーが足りない場合、各モビリティにおいて、供給に使用するバッテリーパックを選択し、使用するバッテリーと使用しないバッテリーを選択することができる。逆に、自然エネルギーによって供給する電力によって充電したパックは、必要なモビ

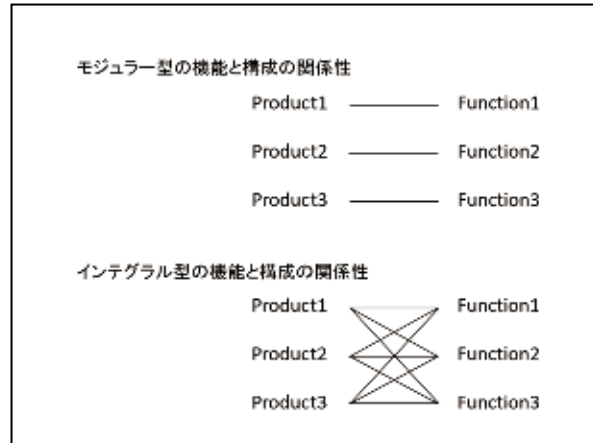


図1 機能と構成の関係性とアーキテクチャの型

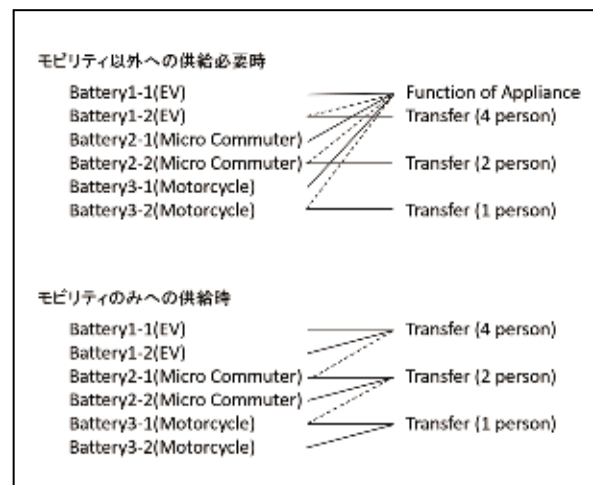


図2 モバイルバッテリーパックのシステムの構成(左)と機能(右)の関係

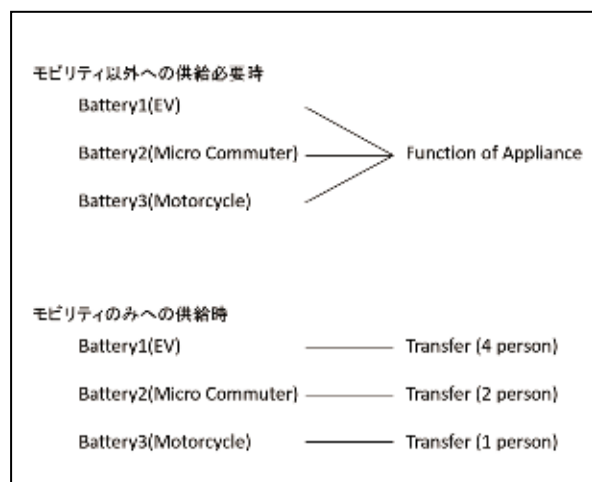


図3 機能と構成の関係性とアーキテクチャの型

ティを動かすために使用されることになるが、標準化によって、どのパックをどのモビリティに使用しても問題が無く、自由度の高い使用方法が可能となる。また、予備のパックをあらかじめ

め充電することによって、予備の電源として活用することもできる。

これに対し、既存モビリティのバッテリーを電力供給システムに取り込むシステムでは(例ハワイの事例[24]など)、各モビリティのバッテリーは専用のもとなっており、部分的な使用や取り外しは前提としていない。このようなシステムの機能と構造の関係を図示すると図 3 のようになる。モビリティのバッテリーから、他の家電等への電力供給は、機能は単一(家電への電力供給のみ)となり、構成もそれぞれのモビリティ専用のバッテリーとなる。逆に、モビリティへの電力の供給については、シンプルな 1 対 1 の対応となる。これは、まさに機能と構成の 1 対 1 の対応関係を表しており、これは、前述のようにアーキテクチャの基本的な考え方の一つの傾向として、モジュラー型であるということが出来る。

以上の内容を考えると、ユーザー側からみればシステム全体のパフォーマンスは、A 社のシステムが優れていると考えることができる。ただし、このように使用されるバッテリーを細かくしながら画一化することによって、システムの様々な要素の設計において、少なからず付加的な負荷がかかってくることになる。例えば、個々のモビリティの設計面について考えると、専用のバッテリーを前提にすれば、一つのモビリティという製品の中で、他の要素とバッテリーを同じように構成要素として扱うことができる。例えば、構成要素間の擦り合せにより、バッテリーの形状を薄い板状にして底面に設置したりしながら一番都合が良い形に設計することが可能となる。それに対し、A 社のシステムのように標準型の複数のモバイルバッテリーを組み込むことを前提にモビリティを設計する場合、バッテリーの仕様や形状、大きさが前提のものとなり、その周囲の要素で過度の調整が強いられる傾向となる可能性がある。そのために、システムに組み込まれるモビリティなどの各製品の設計において競争力を確保するには、困難な状況となる可能性が生じることになる。

3.2 モジュラー型とインテグラル型の設計思想の両立

ここまで着目してきた A 社のモバイルバッテリーパックを含むシステムの、インターフェイスに関する考え方を精査していく。このバッテリーパックのインターフェイスは、このシステム専用のもとなっている反面、システム内では標準化されている。いわゆるクローズド型のモジュラー型となっているわけである。そのため、システムを拡張することによって、システム内ではバッテリーパックが様々な機能を担うことが可能となる。

A 社の提案しているシステムでは、バッテリーパックは充放電用クレードルや各モビリティによって、自由にバッテリーパックを抜き差ししながらユーザーが利用することができる上、ガソリンスタンドのように充電ステーションが用意され、いつでも満充電されたバッテリーパックを入手することができると思われる。

これらは、モジュラー型の製品アーキテクチャの特性を活用した考え方が実践されているものであり、そのメリットが上手く展開されているといえる。

ここまでの考察をまとめると、モジュラー化されてこなかったバッテリーについて、インターフェイスのルール化を進め、標準化していくことによって、モジュラー化させていったのが A 社のシステムの特徴といえよう。しかし、その結果、システムはインテグラル化しており、システム全体のパフォーマンスを上げることにつながっていると考えられる。

現行の多くの自然エネルギーを活用したエネルギー抑制システムでは、個々の製品に付随するバッテリーをつなぎ合わせ、充放電の自由度を高めることによって、全体の合理性を向上させている。しかし、個々の製品のバッテリーは、それぞれが独立した塊りとして考えられることを前提としている。

通常の製品アーキテクチャのモジュラー化は、あるモビリティを対象とした場合は、それを動かすという機能のためにモジュラー化することになる。そのため、システム全体としては、各モビリティに最適のバッテリーを設計し、生産上のコスト、メンテナンス上のコストを抑えた上で、それらのバッテリーをつなぎ合わせるということになろう。A 社のシステムでは、バッテリーの形状や仕様を標準化したことにより、個々のモビリティの設計プロセスでは、形状の制約、インターフェイスの制約、電圧面の制約など、多くの負荷がかかってくることになる。要するに、システム全体のパフォーマンスを上げるために、標準化させた要素を細かくしておくことにより適用範囲の自由度を上げながらも、主要要素内の微妙な調整が必要となり、総じて構成要素間の相互依存性を高める結果となっていると考えられる。

3.3 日本の地域特性とシステムの設計思想

前述したとおり、有形の製品を主な議論の対象とした製品アーキテクチャについて、先行研究によって地域特性が示されている(表 1)。これによると、日本は擦り合せ型の傾向があるとされている。この設計思想の傾向により、各製品の設計者は、品質、性能、機能、意匠、使い易さ、コストなどの最良のポイントを狙って設計案をつくりあげ、それを何度もフィードバックしながら設計内容を完成させていくと考えられる。

今回取り上げたシステムは、このような製品が複数組み合わせられることによって全体を構築していくことになる。そのために、各製品の設計者の考え方の傾向と、それらを調整しながら、全体のシステムの設計を考えていくことになる。その中で、前述のように図 2 に示したような設計思想の特性を持つシステムが創られていることが確認でき、インターフェイスを担う部分をモジュラー化させたシステムにおいても、システム全体ではインテグラル型の傾向が認められた。つまり、今回取り上げた A 社のシステムは、元々モジュラー化しているバッテリーをモバイル化させることにより、システム全体の擦り合せの度合いを高めることとなっている。逆に言えば、既に機

能と構成が1対1の対応に合理的に設計されているものを、あえて複雑性が高まる方向に設計し直し、システム全体のパフォーマンスを引き上げたものとなっている。これは、製品アーキテクチャの地域性別の特性に関する先行研究の内容に矛盾することなく、単体の製品に関する設計思想の概念が、製品を複数組み合わせているシステムに関する設計思想の傾向にも当てはまる可能性が高いことを示している。

4 まとめ

本稿は、地域別に差異が生じている可能性のある、化石エネルギー使用の抑制に関するシステムの、特性について記述する一つの手法を明示し、つくり手がシステムの特性を把握しながら対応することができる可能性を示したものである。その中で、以下の点についての事項を把握することができた。

4.1 本研究での分析による可能性と課題

本研究では、先行研究で明らかにされている製品アーキテクチャの概念を、複数の製品の複合体として構築されているシステムに適應できるかどうかを検討したものである。今回取り上げたA社のモバイルバッテリーパックのシステムでは、通常の類似システムと異なる設計思想となっていることが理解でき、それが日本の製品の設計思想の傾向と同様の特性となっていたことを把握することができた。ここから引き出される仮説は、前述のように、製品アーキテクチャの考え方が、単体の製品だけでなく、複数の製品で構成されるシステム全体に対しても有効であるということである。

ただし、このようにシステム全体の設計思想の特性を議論する場合は、複雑性が高くなるために困難な面が増えると考えられる。今回取り上げたようなシステムでは、各製品に設計者がいて設計行為がなされることになる。この行為の数は、場合によっては大きなものとなり、高いパフォーマンスを狙うのか、複雑性を抑えるのか、明確な考え方が重要となる可能性がある。なぜなら、各製品の設計情報の考え方によっては、システム全体のパフォーマンスや複雑性に、かなり大きな差を生じさせることになるからである。

今回の試考は、このような別々の設計思想による主要要素数の多いシステムに対して、構成要素の相互依存性という視点によって、全体の設計思想を記述できる可能性を得たものである。

4.2 本研究の今後の方向性

今回の試みは、まだ、初期段階の議論であると言わざるを得ず、多くの事例を取り上げながら、課題を理解していかなければならない。今回のようなケーススタディだけでは、理論の有効性を示すことは極めて困難であると言わざるを得ない。

ただし、つくり手である設計者が持つ、考え方の傾向については、その存在を確認することはできた。そのため、今後創り出される様々な製品やシステムについて、それらの特徴の一端を理解するには有効であると考えられる。

今後、より多くの事例に考察を加えながら、設計者の考えの傾向を理解するための手法の拡充に努める必要がある。

参考文献

- [1] Herbert A. Simon, *The Sciences of the Artificial* 3rd Ed., pp3-13, The MIT, Press, 1996.
- [2] 藤本隆宏、桑嶋健一編、『日本型プロセス産業』、p28、有斐閣、2009年
- [3] 上田完次編著:『共創とは何か』、pp36-42、培風館、2004年
- [4] 丹羽清:『技術経営論』、pp85-91、東京大学出版会、2006年
- [5] 上原征彦、『マーケティング戦略論』、pp245-246、有斐閣、1999年
- [6] 藤本隆宏 キム B.クラーク、『製品開発力』、pp4-14、ダイヤモンド社、2009年
- [7] 藤本隆宏、『日本のもの造り哲学』、日本経済新聞社、2004年
- [8] 中島尚正、『人工物の構造と特性』、pp111-124、岩波新書、2005年
- [9] S Schmitt, B. and Simonson, A., *Marketing aesthetics: The strategic management of brands, identity, and image*, Free Press, 1997
- [10] Schmitt, B., and Rodgers, *Experiential Marketing: A New Framework for Design and Communications*. *Design Management Journal* 10(2), pp10-16. 2008
- [11] Prahalad, C.K., & Ramaswamy, V. *The New Frontier of Experience Innovation*. *Sloan Management Review*, Summer, pp12-18. 2003
- [12] 井関利明、山川悟、新井範子、上原征彦、『創発するマーケティング』、日経BP企画、2008年
- [13] 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年
- [14] Baldwin C. and Clark K., *DESIGN RULES: The Power of Modularity*, The MIT Press, 2000
- [15] 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
- [16] 延岡健太郎、『MOT入門』、pp70-99、日本経済新聞社、2006年
- [17] 藤本隆宏、『能力構築競争』、pp85-110、中公新書、2003年

Catenaccio: Interactive Information Retrieval System through Drawing

Hiroaki Tobita*

Abstract

The Catenaccio system integrates information retrieval with sketch manipulations. The system is designed especially for pen-based computing and allows users to retrieve information by simple pen manipulations such as drawing a picture. When a user draws a circle and writes a keyword, information nodes related to the keyword are collected automatically inside the circle. In addition, the user can create a Venn diagram by repeatedly drawing circles and keywords to form more complex queries. Thus, the user can retrieve information both interactively and visually without complex manipulations. Moreover, the sketch interaction is so simple that it is possible to combine it with other types of data such as images and real-world information for information retrieval. In this paper, we describe our Catenaccio system and how it can be effectively applied.

Keywords: Information retrieval, sketch manipulations, venn diagram, interactive system, multimedia.

1 Introduction

Pen-based computers, such as personal digital assistants (PDA) and tablet PCs, have been developed. These computers are characterized by simple sketch interfaces similar to drawing a picture on paper in the real world. This drawing manipulation is not especially useful for communicating details, but is effective for general use. It is especially useful for creative activities, so there have been a number of research reports on improving sketch manipulation [1, 2, 3].

In addition, some game devices [4] support such kinds of interactions and provide many types of game content. In these systems, a user can use the entire system window as a workspace and create 3D CG from 2D drawings. However, as the original applications may not support information retrieval, the user has to use conventional retrieval applications along with pen-based input styles.

Considerable research has been done to support the use of information visualization for retrieving information [5]. Technical visualization methods such as zooming and scaling [6, 7, 8] can be used to effectively display huge amounts of data. However, existing visualization systems focus on mouse manipulation (e.g., click and drag), so they are not effectively designed for pen-based interactions such as a drawing.

The most popular method of retrieving information is no doubt keyword searching. Search engines via the Web (e.g., Google and Yahoo) have been generally used for keyword searching [12], and people feel that they cannot live without such search engines. Generally, keyword searching requires users to input one or more keywords. In these systems, users can retrieve information related to the keywords with Boolean operations (e.g., AND, OR and NOT). However, the systems are based on conventional input methods. Users of pen-based computers have to write a query into a fixed dialog box with a stylus or pen.

Therefore, we have been developing an information retrieval system based on simple sketch manipulations. Our goal is to devise an effective and simple information retrieval system that works on pen-based computers, so we integrated a keyword searching that is one of the most usual methods with sketch manipulation that is one of the simple interactions. In our system, users retrieve information by drawing a Venn diagram instead of inputting keywords to a dialog box. Because the Venn diagram can be used to display Boolean operations (e.g., AND, OR, and NOT) visually and create some relationships at the same time, users can recognize the relationships at a glance. Moreover, the system allows users to use other types of data as elements in a Venn diagram.

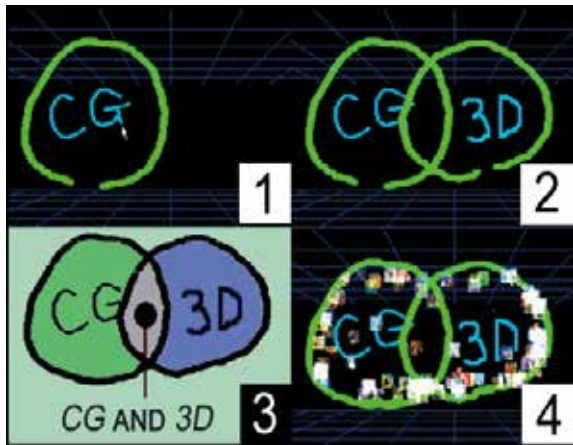


Figure 1. Drawing a Venn diagram: By repeatedly drawing circles and keywords, users create Venn diagrams, and can then retrieve information by forming complex queries.

2 RELATED WORK

A wide variety of information visualization systems are used for information retrieval [5]. Treating information as visualized nodes (e.g., images and simple shapes) allows users to interact with the information space visually. Moreover, several techniques (e.g., scaling, zooming, focus and context) are used to display a huge amount of information more effectively [6, 7, 8]. Especially, spring model [11] provides useful ways to recognize the relationships between nodes. In these systems, related nodes move when the user clicks and drags a node. That is, node positions are dynamically changed through the user manipulations, so users retrieve information interactively. InfoCrystal [9] is also a visual tool focused on information retrieval. The system uses Venn diagrams to treat huge amounts of information effectively. However, conventional systems are designed for mouse interactions (e.g., click and drag) and their layouts are predefined, so they are not suitable for Pen-based computing, especially drawing or writing by hand.

There are also several sketch-based interfaces [1, 2, 3]. Most of them enhance drawing manipulations and focus on 3D creations performed with 2D manipulation. Characteristically, the manipulations required for these systems are simple and are similar to drawing a stroke on a piece of paper with a pen. Sketch [1] users can draw 3D curves by performing 2D manipulations. This system calculates a 3D curve by

combining a 2D stroke and a shadow stroke. Users of Harold [2] and Tolba [3] can create flat models in a 3D space by using sketch-based manipulation, effectively creating a 2.5D scene in a 3D space.

3 SYSTEM OVERVIEW

The Catenaccio system is focused on pen-based computing and provides an interactive and visual information retrieval environment of using drawing manipulations.

3.1 Drawing circles and writing keywords

A user of the Catenaccio system draws a circle and writes a keyword inside that circle. The system automatically recognizes both the circle area and the keyword. Information nodes related to the keyword are then collected within the circled area. By making a continuous series of simple drawings, the user can create a Venn diagram to form a more complex query. Since the entire window is both a search area and a drawing canvas, the user can use the workspace freely.

Since all the manipulations required for information retrieval are based on sketch manipulations, users can design an original Venn diagram related their interests. Thus, users can freely exploit the whole application window as both an input and a search area and retrieve information without complex GUIs. The circle provides an area where information nodes related to the keyword will be collected, and the keyword provides a query to search for related information nodes from a database. By continuing to use simple drawings, users can form more complex queries. The related information nodes are moved with a force that depends on the distance between the node position and the center of the circle.

Figure 1 shows an example of creating a Venn diagram by continuing to draw circles and keywords. In the example, when a user retrieves information that has two keywords “CG” and “3D”, the user first draws a circle and writes “CG” (Fig. 1 (1)), and then draws another circle and writes “3D” (Fig. 1 (2)). Information nodes related to both keywords appear in the shared area of the Venn diagram (Fig. 1 (3 and 4)). Moreover, in the Venn diagram, the user can view four areas at a glance (Fig. 1 (3))

3.2 Combination with other types of data

Users can now easily take pictures using digital cameras and cell phones that contain CCD cameras.

As a result, they may have a huge amount of original image data in their computers. These data include some information such as name, time, or place, so we considered using them for information retrieval.

We have developed prototype applications to explore the potential of Catenaccio. A Venn diagram is basically constructed by combining keywords and areas, so it is possible to combine that diagram with other types of data such as images and real-world information. Images contain name, time, or place information, and that information becomes a good trigger for retrieving other information and it can be used for queries. In addition, the image data has a rectangular shape that is useful for setting an area by controlling its position and size.



Figure 2: Venn diagram of a drawing and an image, and Venn diagram of a drawing and an image that contains character information.



Figure 3: Combination with real-world information: Capturing real-world information as a picture (1, 2) and drawing a circle around the keyword brings up related information nodes (3, 4).

The example in Figure 2 shows how users can use images to create Venn diagrams by combining drawings with image data. In the example, a file named “*Mr. Tobita*” becomes a query for the Venn diagram, so information related to “*VR*” AND “*Mr. Tobita*” is collected. In this case, even if users have forgotten someone’s name, they can still retrieve related information.

Figure 3 shows an example a Venn diagram with real-world information. Generally, using captured data for an interaction trigger is a common technique in AR systems. We also use it for elements of Venn

diagrams. Users first capture real-world information through digital cameras attached to their computers (Fig. 3 (1, 2)), and then draw circles around keywords on the captured data and another circle to collect information nodes (Fig. 3 (3)). As the system recognizes the keyword inside the first circle, related information nodes appear inside the second curve.

Previously, we have proposed a similar information retrieval system [10]. That system provides natural interactions, however, it completely depends on real-world objects. However, Catenaccio provides not only real-world information, but also drawing manipulations. Thus, the user can retrieve information even if there are not enough real-world objects.

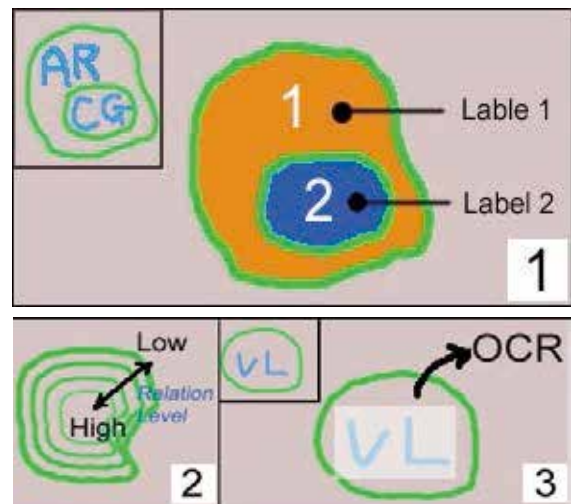


Figure 4: Recognition of user drawings: The system labels the user drawing area (1, 2). The system recognizes written keywords by using an OCR library (3)

4 IMPLEMENTATION

The entire workspace is bitmapped as in conventional 2D paint systems, and user drawing manipulations are reflected in the bitmap. The system supports two types of drawing, writing keywords and area drawings. The keyword writing is displayed as green, and the area drawing is displayed as blue. To set an area, the system labels the inside of a green area and knows the size and position of the area (Fig. 4 (1)). Then, the system divides the area into four layers for node animations (Fig. 4(2)). For keyword writing, the system sends the result to an OCR library to search for its meaning (Fig. 4 (3)).

Catenaccio is a prototype system now, and the relationship between keywords and information nodes are predefined in a temporary database. The database contains three types of data: node names, keywords, and relationship levels. After the image recognition processes, nodes related to the keyword are selected and start moving until they are in the area appropriate to their relationship. The force is calculated by spring model [11]. For example, the node with the strongest relationship with the keyword receives a force that takes it to the deepest area.

5 DISCUSSION

We have had some opportunities to demonstrate our system. Here, we discuss user interactions with Catenaccio based on comments made by visitors to our demonstrations. Also we consider the limitations of the system and our plans for future work.

From our demonstrations, the visitors quickly understood the concepts of our system that integrates information retrieval with drawing manipulations. Using Venn diagrams makes recognizing the relationships between information nodes and keywords easy. Most visitors could create simple Venn diagrams and set related nodes into the diagrams after watching a simple demonstration. We observed that some users drew interesting Venn diagrams that resembled pictures. The system facilitates creative activities, so we expect users will be able to create more original, and increasingly effective drawings for information retrieval. Especially, we received good reactions from users regarding the combination of drawing and an image to create a Venn diagram. By exploiting such combinations, the system augments keyword searching, and it is different from conventional search engines [12]. Moreover, combining keywords and a user-drawn pictures to create Venn diagrams is possible.

6 CONCLUSION

We described the Catenaccio system that is focused on Pen-based computing and allows users to retrieve information by drawing Venn diagrams. The system recognizes user writing and drawings (keywords and circles) and places information related to the keywords inside the circles. Using this input, the system provides an interactive and visual information retrieval method. We described some examples of

retrieving information through simple drawings. We also provided several examples of unique Venn diagrams created by combining drawings with images and real-world information.

References

- [1] R. C. Zeleznik, K. P. Herndon, and J. F. Hughes. An Interface for Sketching 3D Curves. *In Proceedings of ACM SIGGRAPH '96*, pp. 163-170, 1996.
- [2] J. M. Cohen, J. F. Hughes, and R. C. Zeleznik. Harold: A World Made of Drawings. *In Proceedings of NPAR2000 (Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering)*, pp. 83-90, 2000.
- [3] O. Tolba, J. Doresey, and L. McMillan. Sketching with Projective 2D Strokes. *In Proceedings of ACM UIST '99*, pp. 149-157, 1999.
- [4] Nintendo DS: <http://www.nintendo.co.jp/ds/>
- [5] S. K. Card, J. D. MacKinlay, and B. Shneiderman. *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann, 1999.
- [6] H. Koike. Fractal views: a fractal-based method for controlling information display. *In Proceedings of ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 13, No. 3, pp. 305-323, July 1995.
- [7] G. W. Furnas. Generalized fisheye views. *In Proceedings of the ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 1, No. 2, pp. 126-160, 1994.
- [8] B. B. Bederson, J. D. Hollan, K. Perlin, J. Meyer, D. Bacon, and G. Furnas. Pad++: A Zoomable Graphical Sketchpad for Exploring Alternate Interface Physics. *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol. 7, No. 1, pp. 3-31, 1996.
- [9] A. Spoerri. Visual tools for information retrieval. *In Proceedings of VL'93*, pp. 160-168, 1993.
- [10] H. Koike, Y. Sato, Y. Kobayashi, H. Tobita and M. Kobayashi. Interactive Textbook and Interactive Venn Diagram. *In Proceedings of ACM CHI2000*, pp. 121-128, 2000.
- [11] R. Davidson and D. Harel. Drawing Graphics Nicely Using Simulated Annealing. *In Proceedings of ACM Transactions on Graphics*, Vol. 15, No. 4, pp. 301-331, 1996.
- [12] Google: <http://www.google.com>

タブレット PC を用いたサイネージロボットの開発

成田 雅彦*・泉井 透**

Development of a Tablet PC based Signage Robot

Narita Masahiko* and Izui Toru**

Abstract

We have been researching the robot service oriented platforms since 2000. At first, we used expensive service robots developed by robot manufactures. However, we found that in order to allow flexibility in our research activity and to involve IT researcher, it is necessary to prepare small and relatively inexpensive “hardware” robots. Following this goal, we have developed several inexpensive robots for years. In this paper, we report a tablet pc based Signage robot developed since 2015.

Keywords: Robotics, RSNP, Signage Robot, Tablet PC, 3D Printer

1 はじめに

ロボットのソフトウェアプラットフォームの研究には、ベースとしてハードウェアとしてのロボットが必要である。筆者は、2000 年よりサービスロボット向けプラットフォームの研究を行っているが、当初は、企業が開発した高額なサービスロボットをベースにして研究をすすめていた。しかし、柔軟な研究開発を行い、情報系の研究者に裾野を広げるためには、小型で低価格なロボットが必要である。このモチベーションの元、筆者は複数の低価格のロボットの開発してきた。本稿では、2015 年より開発しているアンケートを中心としたロボットサービス向けタブレットベースのサイネージロボット(以降、サイネージロボットと呼ぶ)について設計指針/実装/展開について述べる。なお、実証は概略にとどめ詳細は別稿とする。

2 標題等について

2.1 サービスロボット向けプラットフォームの動向

ロボット分野でのロボット共通基盤への取組みは 2004 年頃から始まっており、RT ミドルウェア[1]や ROS などがある。また、ネットワーク接続やクラウド環境を前提としたロボットサービスプラットフォーム研究には、Ubiquitous Network Robot Platform や、(1), (2)で述べる筆者が取り組む Robot Services initiative (RSi) [2][3]や非専門家向けロボットサービスプラットフォーム[4]がある。ロボットの様々なソフトウェアの要素技術は、公開化され、組み合わせることで、ロボットシステムを構築できる環境ができてきた。例えば、PCL:大規模な 3D 点群処理, 物体や空間情報のライブラリ群, OctMap:ロボット移動のための 3 次元 SLAM,

OpenCV:コンピュータビジョンライブラリ(画像処理, 認識など), OpenRAVE:アームとハンドの軌道計画, 逆運動学計算, シミュレーション, MoveIt!:行動計画フレームワーク, KnowRob:推論エンジン, RTM/RTC:知能化モジュール等である。一方、国レベルでは、ロボット革命実現会議が 2014 年に発足するなど、ロボットが注目され、IoT 分野では、IoT デバイスによるデータ収集と人工知能を連携したビッグデータの活用が提唱されている。IBM 社の Watson IoT Platform や Microsoft 社の Azure IoT Suite 等、IoT 基盤が相次いで発表されている。また、ロボットを多様な IoT デバイスの一つとして位置付け、IoT システムに組み込むことも模索されている。

(1) RSNP (Robot Service Network Protocol)

2004 年に発足した RSi は、クラウドやネットワークとロボットを連携するための双方向通信の規約 RSNP [2][3]を策定し、それにもとづくフレームワークを提供している。RSNP はロボットとロボットサービスとの相互接続を実現するためのオープンなロボットサービス向けプロトコル仕様である。RSNP では、インターネット環境と整合性の高いロボットシステムの構築が可能である。

(2) 非専門家向けロボットサービスプラットフォーム

「非専門家向け開発フレームワーク」は RSNP を拡張したロボットサービス統合プラットフォームへの取組みである。筆者は、ロボットサービス開発では多様な知識や高度なスキルが必要とされ、その全てのスキルに習熟することは容易ではないというロボットサービス開発の難しさに着目し、これがロボット技術の普及や産業競争力の障壁になると考えている。この課題に対応するため、各専門知識の難しさをフレームワーク技術によって隠蔽しながらネットワークを利用した統合プ

Received on October 31, 2016

*産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

**エボルブアイティワークス株式会社, Evolve IT Works

プラットフォームに組み込むことで、従来は、ある専門分野の高度な知識が求められた機能や要素技術を、非専門家でも容易に利用ができるようクラウド上に体系化して提供するものである。関連する提案は、平成 25 年に人工知能学会近未来チャレンジプロジェクトに採択され 3 回サバイバル[5]を果たしており、継続して研究コミュニティを拡大している。図1にその構造、RSNP との関連を示す。



図 1: 非専門家向け開発フレームワークの概要

2.2 ハードウェアとしてのロボットの動向

ハードウェアとしてのロボットの動向を価格の視点で捉える。2012 年には2本のアームをもつ RethinkRobotics 社の協働型ロボット BAXTER が、22,000 米ドル(日本では約 500 万円)で発表され、2014 年にソフトバンク社の Pepper が更に低価格で発売された。2015 年には ネットワークに接続したモバイル・テレプレゼンス (Mobile Robotic Telepresence) ロボットとして Beam(Suitable Technologies 社, Mannequin(VECTOR 社) が発表された。2016 年はじめには発表された、RoboPin(富士通)やロボコット(タクロボ社)等では、筐体の小型化と形態の簡素化が進行している。機械部品の簡素化だけでなく、スマートフォンなどの発展に伴う CPU,ディスプレイなどの高性能/低価格化と連動していると言える。

一方、筆者が関わって開発した低価格なロボットはこれらの動向と対応して、以下の 2 例をあげる。

(1) 2012 年に iPhone3s 上に RSiCameraRobot [6]を開発した。これはスマートフォンのカメラで採取した画像を jpg に圧縮し、HTTP ベースの RSNP の multimedia profile を用いておよそ 8fps で送信するものである。

(2) 2014 年には、画像に加えて双方向のリアルタイム音声通信を iPhone5 上の RSiCameraRobot に実装し、市販の smart pet ロボットに装着して歩行も行うボットを開発した(図 2)[7]。音声の伝送は HTTP ベースの RSNP の multimedia profile と contents profile を用いて 16 ビット PCM, 8K サンプル/秒を 4fps でリアルタイムに送受信し、歩行動作は motion profile を用いるものである。音声の遅れは IP 電話などで採用されている 400ms をクリアしている。CPU への負荷は高いが、スマートフォンの CPU 性能向上

により実現できている。

本稿の主題であるサイネージロボットは、この低価格化するハードウェアの延長にある。



図 2: 音声通信機能をもつロボットシステムの構成

3 サイネージロボットの設計

ロボットサービス向けのモデルとサイネージロボット(図 3)の要件、設計指針と設計について述べる。

3.1 サービスロボット向けプラットフォームのモデル

従来のサービスロボットの利用モデルでは、ロボットと同じ環境にいる直接利用者に対しにサービスを提供するかに焦点があった。これを前提としたインタラクション研究、ソフトウェアモジュール開発、ロボットの高機能化や高機能ロボットを低価格で提供する試みが行われてきた。しかし、多くの試みにも関わらずサービスロボット市場は大きくは成長したとは言い難い。筆者は、図 4 で示すサービスロボット、センサーとクラウドコンピューティングを組み合わせた RSi のモデルに、ステークホルダーであるロボットの間接利用者がロボットサービスから取得されるアンケートや行動履歴などの人間的データを活用する仕組みを導入することで、必要性及び



図 3: 筆者らが開発したサイネージロボット

価格性における収支のバランスがとれ、ロボット市場を拡大できると考えている。

人間的データの採取にはアンケート調査が使われている。心理学分野で調査手法が深く研究されており、近年では、Web を使った調査手法の考察もすすめられている。ロボットによるアンケートを実施するとアンケート収集を Web 調査と同様に自動化できると同時に、アンケートシステムを実空間へ配備することができる。さらに、ロボットらしいインタラクションにより、来訪者を惹きつけ、回答の途中離脱を防ぐなどの効果が期待できる。即ち、ロボットにより取得されるデータ活用の視点で高度化することで、観光、商店街、イベントなどの産業領域へのサービスロボットの適用が期待できると考えている [8][9][10]。ロボットをアクティブセンサーとして捉えれば、2 で述べた IoT 分野の動向の拡張になっている。

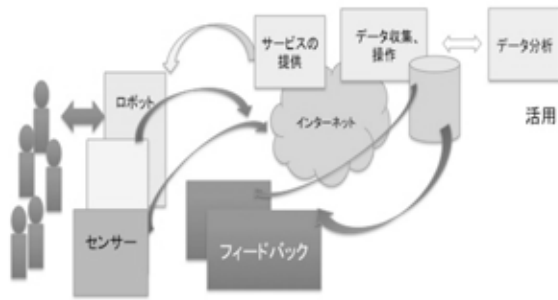


図 4: サービスロボットとクラウドを組み合わせたモデル

3.2 サイネージロボットの設計指針

3.1 節の要件を以下にまとめる：

- 人間的データの採取の仕組みとしてアンケート調査を実現でき、ロボットらしいインタラクションが実現できること。多国語化も望ましい。
- ロボットらしさを実現できること
- 実際に設置が可能で低価格であること

以下にこれらの要件を満たすサービスロボットの設計指針を示し具体的な設計仕様を述べる。

(1) アンケート調査とインタラクション

現状の技術レベルでロボットが提供しうるアンケート調査とインタラクション手段は、a. 音声認識、b. タッチパネルディスプレイ等を用いたボタン選択によるメニュー方式、c. 音声合成による返答や情報提供、d. リアルタイム音声通話である。a. 音声認識については、精度の高い音声認識ソフトがオープンソフトや、OS に組み込まれた音声認識機能も提供されている。また、ノイズ対策として指向性の強い音声の検知の研究や、スマート

フォンに於ける複数のマイクの利用が行なわれている。しかしながら、観光地やイベント等で、不特定多数かつ人から距離をおいた利用を想定するとノイズ対策や認識精度の点から今後の技術と考えられる。従って、b. のボタン/メニュー方式を採用し、アンケート調査の内容をクラウド環境からコントロールすることとした。c. 音声合成については API が決まり複数の音源が提供され、多国語対応など OS によるサポートが充実し始めているので、それを利用することとした。d. リアルタイム音声通話、2.2 節 (2) で述べたように RSNP 上に構築できるのでこれを用いることとした。

(2) 「ロボットらしさ」、設置可能性とコスト

a. 移動と動き

ロボットを利用したサービスロボットでは IT 機器と違い「ロボットらしさ」を活用した集客とフィードバックが期待されている。ここでは、「ロボットらしさ」をロボットの筐体、顔(らしきもの)や声、その表現や動作や振る舞いなどを含め、「身体性」と呼び考察する。身体性は、観光地やイベント等に物理的に設置が可能であることや、使用目的に合わせて低価格であることとのバランスが要求される。ロボット本体の移動は、例えば、人が近づいて来たら、ロボットも近寄るなどに用いることができるが、人への接触や子供のぶら下がりによる事故の可能性もある。ロボットの実用化に於いて、公的な空間でのロボットの移動は難易度の高い問題といえる。本ロボットの用途はセンシングであるために、ロボットの移動は行なわないこととした。これにより、コンシェルジュ型ロボットなどに比べ、設置可能性やコスト面で著しく有利になった。仕草としての動きの難易度は低いが、サイネージロボットとしては行なわず今後の課題とした。

b. 大きさ

ロボットの筐体を等身大として設置すると存在感をアピールできる。本サイネージロボットでは、タブレットやディスプレイを市販のディスプレイスタンドに設置することで容易に等身大のロボットを実現することとした。

c. 顔と表現、声

ロボットの身体的動きを排除した代わりに、顔の表現や動き、声による応答に重点を置いた。具体的には、目が瞬きし、合成音声発声にあわせ口が動き(リップシンク)、相槌を打つことで身体性を表現した。実装では、顔は、目を含めて gif アニメとし、発声に合わせて数種類の口の画像を組み合わせることで実現した。結果、場面に応じて種々の顔を用意し、容易に入れ替えることができる。例えば、写真(図 3) 上のように如何にも機械的なロボットの顔、アニメ顔(右)も用意した。ご当地イベント向けには、例えば、秋田犬(左)、「なまはげ」、秋田小町の画像を揃えることもできる。また当事者の要望によりキャラクタを用意できる。顔の入れ替えの効果は、観光

地やイベントに相応しいものとでき、ユーザに飽きられにくいことである。

3.3 サイネージロボットの設計

3.2 節の設計指針にもとづいた設計について述べる。

(1) アンケートサービス

複数台のロボットが配備される分散環境を想定し、非専門家向けロボットサービスプラットフォーム上に自己拡張機能を用いてアンケートサービスを構築する。具体的には、アンケートの設問、回答の管理をサーバにて行なう仕組みとして **Enquete Profile** を導入する(表 1)。これは、a. ロボットがアンケート識別子と回答者識別子をもとにアンケートの設問と選択肢をサーバより取得する (**getEnquete**)機能、b.回答者の動きを解析できるように回答をサーバへタイムスタンプをつけて回送する (**answerEnquete**) 機能、c.サーバ間で転送しうる機能からなる。a.により、アンケートの動的変更も可能になる。また、利用者の近接をサーバとロボットに通知する為に、**Approaching Notification Profile** を提供する。本稿のサイネージロボットはこれらの内、ロボット (クライアント側) の機能のみを提供する。一方、サーバでは、アンケート回答データの蓄積と集計/分析、リアルタイム集計表示などを行なうが、本稿では詳細を割愛する。アンケートの設問と選択肢の例を図 5 に示す。アンケートは複数の設問により構成されている。選択肢に飛び先を指定することで、アンケート内の他の設問に移ることや、別のアンケートを呼び出すことができる。また、ロボットにつけたアンケート起動ボタンを押下したときの開始する設問 id として **#service** を予約語に設定した。

表 1: アンケート関連のサービス

プロファイル名	メソッド名	機能
Enquete-Profile	getEnquete	設問と選択肢を取得する
	answerEnquete	回答を送信する
	transfer-EnqueteData	設問と回答を転送する
Approaching-Notification Profile	sendApproaching-Notification	近接を感知しサービスへ通知する
	recieveApproaching-Notification	近接を感知しロボットへ通知する

(2) 呼び込みサービス

呼び込みサービスは、アンケート処理を行わない間も、人目を惹きつけ来場者をブースへ呼び込むサービスである。顔画像や指定する URL のページを循環的に表示しテキストを読み上げる機能を用意する。これはアンケートの処理機能に一定時間経過後に、設問 id **#timeout**,

あるいは次のページ(アンケートの最終行の場合は先頭)へ移動するタイムアウト機能を追加し実現する。

(3) 国際化

展示会や観光地では国際化が要求される。国際化すべき機能は、文字列の表示、音声合成とリップシンクである。対応言語は、最低、日本語、英語、中国語、韓国語が必要と言われている。国際化はアプリケーションだけでは対応できず、OS のサポートが必要である。OS によりサポートレベルが違うので見極めが必要である。

3.4 サイネージロボットの仕様

3 章及び 4 章で言及する内容を含め、2016 年 7 月現在、サイネージロボットの仕様は表 2 の通りである。

表 2: サイネージロボットの仕様

概要	ロボットサービス向けロボット、クラウドと連携して人間的データ (アンケートや行動履歴) を収集できる。タブレット端末、あるいはタッチパネル式ディスプレイと小型 PC により低費用で構築可能
機能	アンケートサービスと呼び込みサービスのクライアント機能、リアルタイム音声/画像通信機能
特徴	顔の動き/リップシンク、顔は容易に入替え可能、国際化対応(日本語、英語、中国語、韓国語)
環境	RSNP (Basic profile, Contents profile, Multimedia profile, Push data profile),非専門家向けロボットサービスプラットフォーム Enquete profile, Approaching Notification profile, 自己拡張機能), Windows10, 言語パッケージ, java 1.8 (Java FX, JABX, javax.sound.sampled), sarxos.webcam, c++

4 サイネージロボットの実装

3 章で述べた要件を満たすハード/ソフトを検討する。PC/CPU ボードの低価格化の観点では iOS/iPhone は難しく、Android, windows, Linux は、RSNP や非専門家向けロボットサービスプラットフォームで用いる Java との整合性は悪くない。しかしながら、顔表情の画像処理に Java FX を想定したので、Windows を第一候補とした。Windows10 では音声合成を含めた国際化も対応可能であり、モバイル用低価格の windows tablet pc や小型の pc が提供されている。これらから、本サイネージロボットは日本語 windows 10 と低価格タブレット PC、小型 PC を用いる事とした。以降、実装についてソフトウェア/ハードウェアについて述べる。

4.1 ソフトエア

アンケートサービスと呼び込みサービス、顔の周りの実装、音声合成とリップシンク、リアルタイム音声/画像通信の実装、多国語化など特徴的な実装について記載する。

(1) アンケートサービスと呼び込みサービス

アンケートサービスの処理の流れは以下の通りである: a. ロボットは、ユーザとのインタラクションを実現するため、アンケートの設問を **Enquete profile getEnquete** メソッドにてサーバから取得し、b. ユーザへアンケートを1問ずつ設問と回

答の選択肢を提示する(図 6)。この時、アンケートの設問数に応じてボタンの位置を計算し配置する、画面の表示には Java FX を用いている。c. 同時に顔を小さく表示する。d. 回答促進メッセージを読み上げ、アンケート回答を取得し、相槌をうつ。終了後、適切な設問項目に移動する。この際、timeout 処理と予約語処理を行なう。e. 設問をすべて完了するとサーバに回答を送付する。これは、Enquete profile を呼び出す。呼び込みサービスにおける、URL で指定されたページ表示には Java FX のブラウザ機能を用いた。アンケートの起動は、ロボットのアンケート起動ボタンを押下することで行なうが、NFC カードやスマートフォンの近接を検出できるように近接通知 Approaching notification profile を実装した。画面への文字列表示は UTF-8 コードを用いた。

```
<enqueteData>
<enquete_id>Enquete1</enquete_id>
<enqueteList class="java.util.ArrayList">
<enquete>
<question_id>#サービス/<question_id>
<beforeQuestionAnnotation>アンケートの1項目です</beforeQuestionAnnotation>
<afterQuestionAnnotation>もう2問あります</afterQuestionAnnotation>
<question>問1 年齢をおしえてください</question>
<answers class="java.util.ArrayList">
<answerBlock><answerString>問1 30歳未満</answerString></answerBlock>
<answerBlock><answerString>問1 30歳以上</answerString></answerBlock>
</answers>
</enquete>
<enquete>
<question_id>Question2</question_id>
<beforeQuestionAnnotation>2項目です</beforeQuestionAnnotation>
<afterQuestionAnnotation>これでおわりです</afterQuestionAnnotation>
<question>問2 職業をおしえてください</question>
<answers class="java.util.ArrayList">
<answerBlock><answerString>問2 学生</answerString></answerBlock>
<answerBlock><answerString>問2 会社員</answerString></answerBlock>
<answerBlock><answerString>問2 専業主婦</answerString></answerBlock>
</answers>
</enquete>
<enquete>
<question_id>call4</question_id>
<url>http://bbibb.saitama.net/kougo/html/revelation.html#4</url>
<beforeQuestionAnnotation>呼び込み例</beforeQuestionAnnotation>
<afterQuestionAnnotation>呼び込みテキスト</afterQuestionAnnotation>
</enquete>
</enqueteList>
</afterEnqueteAnnotation>アンケート有難うございました</afterEnqueteAnnotation>
</enqueteData>
```

図 5: アンケートの設問と選択肢の例

(2) 音声合成

音声合成は Windows10 の Text To Speech 機能を用い、多国語化は中国語、韓国語の言語パッケージを用いた。プログラムは C++言語にて CLS を用いて Java プロセスとは別プロセスで行ない、Named Pipe を用いた言語間連携機能 [11]を用いて通信した。日本語 Window の音声合成機能の入力は Shift-JIS コードである。中国語の発声では中国語の文字列を Shift-JIS コードに変換したものを入力する必要がある。韓国語ではアルファベット表記のハングル表記を音声合成の入力としている。英語では流暢な読み上げを行なうが、日本語では、同音異義語による読み間違えが多い。画面に表示する文字列をそのまま音声合成に用いず音声合成用のテキストを用意する。長い文字列を読み上げると中断が困難になるので、空白、句読点など区切り文字で文字列を分割している。また、アンケート設問の読み上げでは、標準的な発声速度を想定し、次の設問に移行するよう制御を行なっ

ている。

(3) 画面周りの実装とリップシンク

リップシンクでは、OS の音声合成が発声中の音素を出力するので、対応した口の形の画像を顔画面に貼付ける。日本語の場合は5つの母音と無音に対応した画像を用意し、顔に於ける口の位置を指定する。顔画像を入れ替える際は、顔画像、口の画像と位置情報を用意する。画面表示ではウインドウマネージャ付かない表示 (Java FX では UNDECORATED) と全画面表示の設定も可とし、画面に余白ができないよう、表示画面の縦横比を配慮する。PC の画面は横表示以外に縦モードでも表示できる。

(4) リアルタイム音声/画像通信機能の実装

2.2 節(2)と同様な方式で、RSNP の multimedia profile, contents profile を用いた。リアルタイム音声の入出力は javax.sound.sampled パッケージを用い、8K サンプル/秒、16 ビット量子化の音声データを 415ms 単位でまとめて扱った。カメラ画像は、sarox.webcam を用いて取得した。

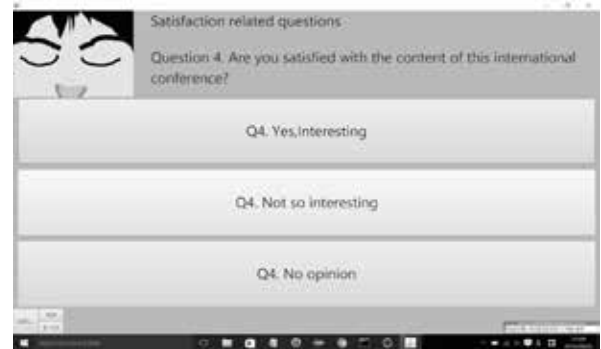


図 6: サイネージロボットのアンケートの設問表示(英語)

4.2 ハードウェア

(1) サイネージロボットで利用する PC の選択

図 4 のサイネージロボットは、タッチパネル機能のあるディスプレイとタブレットを等身大のスタンドに取り付けたものがある。中央のロボットは小型 PC HP Pavilion Mini300-230jp, Corei3-5005U (2.00GHz)を用い、23 インチディスプレイからアンケートの入出力を行う。図 4 の左右のサイネージロボットは、9 インチ/10 インチのタブレット pc (Diginnos DG-D09IW/DG-D10IW2 インテル Atom Z3735F (1.33GHz))を使用している。

(2) サイネージロボットの筐体

タブレット PC を用いたサイネージロボットは、市販品のスタンド(サンワ液晶モニタスタンド CR-LAST9)とモニターアーム(センチュリーCEN-SRB-M002, CEN-SRB-M004)と、それにタブレット PC を接続するための筐体から構成されている。小型 PC を用いたロボットでは、ディスプレイをスタンドに直接取り付け付けた。スタンドの代わりに机に取り付ける支柱もあり設置場所に合わせて選択できる。筐体は、3D プリンタ (Da Vinci 1.0) で ABS を素材として作成した。設計では、

既に作成した 10 インチ iPad 用の展示用フレーム[12]の設計データ用い、USB、スピーカー端子、カメラ等用の穴を追加、大きさなどのパラメタを修正した。2 つのタブレット PC 用の筐体の設計は合わせて 150 分で行なうことができた。

5 実証実験と概要

本稿で述べたサイネージロボット(プロトタイプを含めて)とサーバを組み合わせ、アンケートの提示/回答の蓄積、リアルタイム集計表示、スタンプラリーサービス等のサービスを行なう実証実験を、昨年より 2016 年 7 月まで 4 回行なった。これらの目的は、非専門家向けロボットサービスプラットフォームの有効性、展示会・観光地を想定したアンケートの採取/集計機能によるサービスロボットの有効性の検証である[9][13][14][15]。詳細は別稿とし、ここでは概要を述べるにとどめる。表 3 に一覧を、図 7 に国際ロボット展での様子を示す。

これらの実証事件を通して、本サイネージロボットは、会場で効果的にアンケートを取得しうることが検証でき、多くの知見が得られた。例えば、「ロボットらしさ」については、サイネージロボットは、アンケート採取の目的で、音声や大きさなどの「ロボットらしさ」とコストとのバランスに於いて有効との結果が得られている。さらに、本システムを用いるとアンケート結果だけでなく、来場者の時間帯、行動パターン、回答時間がわかり、移動時間や移動パターンもわかる。従来のアンケート方式に比べ、サイネージロボットを使ったアンケート収集システムでは、イベント会場内での利用者の多様な行動をその場で収集できるところが特徴であり、従来のマーケティングを越える分析が行える可能性がある。

表 3: サイネージロボットの実証実験の一覧

日時	イベント(場所)	実施内容	使用したロボット種類/台数
2015/11/18-20	産業交流展(ビッグサイト)	スタンプラリー	2 種/2 台, スマートフォン
2015/12/2-5	国際ロボット展(ビッグサイト)	3 ブースでスタンプラリーを実施	2 種/5 台, スマートフォン
2016/7/10-12	EAIS(国際会議)(熊本)	英語で実施。オリジナルキャラクターとクマモンを使用	1 種/1 台
2016/7/27	品川区生涯学習講演会(品川)	高齢者向け	1 種/3 台

6 まとめ

2015 年に開発を開始したサイネージロボットについて、設計指針を述べ、実装、展開を紹介した。本ロボットとサーバのアンケートシステムを組み合わせると、人間的データを効率よく収集/集積/分析でき、観光業やイベントの領域への適用が期待できる。今後、センサー、各種クラウドサービスや人工知能技術と連携など、非専門家向け開発フレームワーク技術の高度化し更に知見を広げていく。



図 7: 国際ロボット展での実証実験の様子

謝辞

本研究は一部 JSPS 科研費 26330299 の助成を受けています。産業交流展、国際ロボット展では、芝浦工業大学の松日楽信人教授、ロボットサービスイニシアチブの関係者の皆様、本学 2015 年度成田プロジェクトの皆様、EAIS での実証に際しては、本学 松尾徳朗教授、EAIS の事務局の皆様、品川区生涯学習講演会での実証に際しては、品川区の関係者の皆様、本学 OPI 小澤孝明氏ほか関係者の皆様、及び、本学 2016 年度成田プロジェクトの皆様にご協力いただきました。感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] N. Ando et al., "RT-Middleware: Distributed Component Middleware for RT," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2005 (IROS 2005), pp. 3933-3938, 2005 吉川恒夫, "ロボット技術," 計測と制御, Vol. 41, No. 1, pp. 17-21, 2002.
- [2] RSi Robot Service initiative, <http://robotsservices.org/>
- [3] 成田雅彦他, 村川賀彦, 植木美和, 岡林桂樹, 秋口忠三, 日浦亮太, 蔵田英之, 加藤由花, インターネットを活用したロボットサービスの実現と開発を支援する RSi (Robot Service in-itiative) の取り組み, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.7, pp.829-840, 2010.
- [4] 成田雅彦, 泉井透, 中川幸子, 土屋陽介, 松日楽信人, 加藤由花, "ネットワークを活用したロボットサービスのための非専門家向け開発フレームワークの提案", 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.10, pp.807-817, 2015.
- [5] 成田雅彦, 松日楽信人, 土屋陽介, 中川幸子, 加藤由花, 村川賀彦, 「クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」とその活用例, 人工知能学会 全国大会, 1I3-NFC-02a-1, 2016.
- [6] 加藤由花, 成田雅彦, 土屋陽介, 小型ロボットを利用し

- た簡易型 RSNP ロボットサービス開発環境の構築,
産業技術大学院大学紀要, Vol 6. 53-59, Vol.6,
2012.
- [7] 大澤秀也,朝倉健介,小原範子,藤田尚宏,佐藤健,中川幸子,成田雅彦,RSNP 拡張によるロボット制御と音声通信の統合のための ロボットサービスプラットフォーム,日本ロボット学会誌 Vol.33 No.2, 2015-3
- [8] D. Nakagawa, H. Akutsu, N. Furuta, K. Yasuda, K. Takahashi, M. Watase, S. Nakagawa, and M. Narita, Marketing system utilizing a robot and smartphone, 2015 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp.662-667
- [9] S. Nakagawa, H. Akutsu, Y. Tsuchiya, M. Narita, N. Matsuhira, Demonstration experiments of a robot service of stamp-rally and questionnaires for tourism destination marketing, 1st International Conference on Enterprise Architecture and Information Systems (EAIS 2016), 2016(7)
- [10] 成田雅彦,中川幸子,土屋陽介,松日楽信人,非専門家向け開発フレームワークを活用したロボットサービスのマーケティングへの展開の提案,日本ロボット学会学術講演会 2015, 3L1-01, 2015
- [11] 成田雅彦,異なるフレームワーク間のプロセス間通信 - RNSP を中心としたシステム間連携の手法 -, 産業技術大学院大学紀要, Vol 8. pp. 245-251, 2014.
- [12] 成田雅彦,情報技術者教育に於けるハードウェア教材の活用,産業技術大学院大学紀要, Vol 9, pp127-133, 2015.
- [13] 成田雅彦,中川幸子,土屋陽介,松日楽信人,加藤由花,RSi の活動と非専門家向け開発フレームワークとマーケティングへの適用の試み,2M1-1,Keynote[2],第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2015
- [14] 成田雅彦,中川幸子,土屋陽介,松日楽信人,非専門家向け開発フレームワークの展開と発展,日本ロボット学会学術講演会 2016, 2E1-01
- [15] 宮内真紀江,青木大起,中川幸子,成田雅彦,スマートデバイスとサービスロボットの連携による アンケートのための評価項目の検討,日本ロボット学会学術講演会 2016, 2E1-05, 2016

Professional Material Design System

Teiichi Inada* and Tokuro Matsuo**

Abstract

In recent year, multi-layered semiconductor is one of the most important technologies to enhance its performance. To bond between each layer of multi-chip package, die-bonding film is known as an effective material instead of the general bonding material. So, we had developed a novel low-modulus die-bonding adhesive film. Properties of the films are widely changed by the ratio of epoxy resin and acrylic polymer contents. To optimize the properties of the die-bonding films, the influence of various parameters on material properties was examined. However, since die-bonding film needs multiple features, it is not so easy for researchers to find out the solution for the useful characteristics. The key point of the development is that new materials should be developed at a low cost in a brief period. To solve the problem, this paper proposes the weak conditioned combinatorial linear programming method (WCCLP). By defining solution area as a function of combination index, the optimum epoxy resin content and acrylic polymer content are acquired. This optimization can be done by newly developed user-friendly software. Effectiveness of the proposed method is shown with basic analyses and the result of experiments. The software is applicable not only to semiconductor related materials but also to any such formulation as paint, medicine and food.

Keywords: Material Informatics, Material Design, Die-bonding film, Linear programming, Search, Material blending analysis system.

1 Introduction

Recently, the advancement in electronic equipment demands more compact, light-weight and superior functional components. In order to meet with such intricate requirements, the mounting density per unit area has to be increased with new packaging methods using high performance materials. For example, in semiconductor packaging, the number of die layers is asked to be increased as shown in fig. 1, so that several kinds of die-bonding films are required to satisfy the requirement for high adhesive strength, heat resistance and resistance to thermal shock and so on. Epoxy resins have been widely used in microelectronics devices to achieve different functionalities. Epoxy resins coupled with rubber and proper curing agent can show desirable properties during mounting and in service with increased reliability. It has been shown that the reaction-induced phase decomposition [1,2] of acrylic rubber/epoxy system results in improved thermo-mechanical properties. The morphology of rubber/epoxy blends can be well controlled to achieve desirable properties [3,4]. The final morphology of the cured system depends on the competition between the cross-linking reaction and

phase decomposition during curing. So it is desirable to control these two processes by varying the amount of rubber/epoxy ratio, type and amount of curing agent and optimum cure condition to achieve the desired phase morphology. Especially, rubber-matrix systems (Fig. 2) show the higher flexibility to thermal stress during the heat cycle compared with epoxy-matrix systems. To meet with the above mentioned requirements, we chose rubber-matrix epoxy adhesive for the development of new die-bonding film.

Properties of the films are widely changed by the ratio of epoxy resin and acrylic polymer contents. To optimize the properties of the die-bonding films, the influence of various parameters was examined by using the weak conditioned combinatorial linear programming which is our original mathematical design system [5-7]. By defining solution area as a function of combination index, optimum epoxy resin content, filler content etc. can be acquired. This optimization method can be done by newly developed user-friendly software.

Received on October 1, 2016

* Hitachi Chemical, Ltd.

** Advanced Institute of Industrial Technology

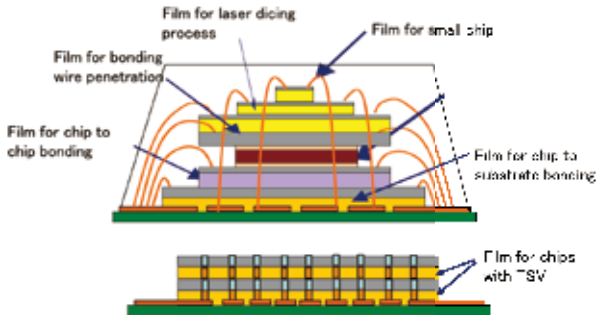


Fig. 1 Application of Die-bonding Film in 3D Semiconductor Package

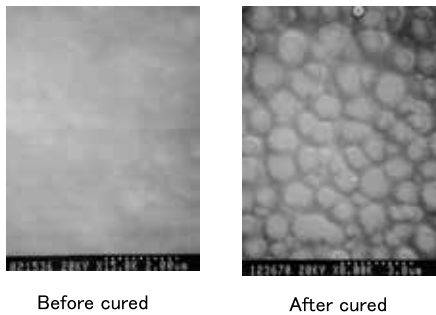


Fig. 2 Scanning electron micrographs of the surface of the epoxy/acrylic polymer alloy film

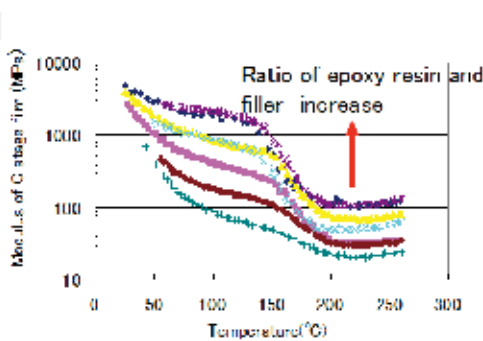


Fig. 3 Modulus of the die-bonding film with various rubber/epoxy ratio and filler amount

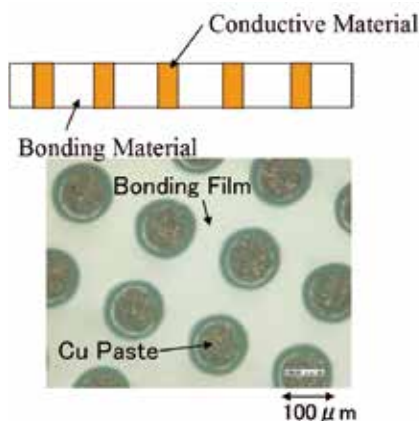


Fig. 4 Die-bonding film for TSV application, cross-section and surface

2 Sample and System

2.1 A Die bonding film

The varnish that consists of the copolymerized acrylic polymer which is a random copolymer consisting of acrylonitrile and several kinds of methacryl and acryl ether, epoxy resin (bi-functional and multi-functional epoxy resin), curing agent, catalyst and the several kinds of inorganic fillers is coated on PET (poly(ethylene terephthalate)) film. The varnish is heated to get B stage (semi-cured condition) die-bonding film. Thickness of the film is 5-75 μm. The modulus of film is widely controlled by varying the amount of rubber/epoxy ratio and filler amount (Fig.3).

For the TSV application, we prepare the die-bonding film with small hole in which copper conductive past is stuffed. The structure and surface appearance of the film is shown in Fig.4. The Manufacturing process of stacked CSP and the requirement for die-bonding film are shown in Fig.5. As shown in the figure, many kinds of properties are needed.

2.2 System for property optimization

The die-bonding film is needed to have not only enough adhesive strength but also the optimum life, tackiness, flow, heat resistance, etc. as shown in Fig. 5. The optimization of all the properties by modifying chemical formulation is not easy because of the tradeoff relationship as shown in Fig. 6.

Linear programming (LP) [8] is well-known method to find the maximum or minimum of objective function under the given constraint and non-negative restriction. For example, the polygon is defined as the solution of simultaneous inequalities in xy plane. The contact point of such polygon and given minimization or maximization function is the optimum solution. The general expression of LP is shown in equations (1).

$$\left. \begin{aligned} f &= c^T x \\ Ax &= b \\ x &\geq 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

In equation(1), $A \in R^{m \times n}$, $x \in R^n$, $b \in R^m$, and $c \in R^n$. A is coefficient matrix, b is right-hand matrix and c is cost coefficient vector.

For the material design application, LP is not always applicable. General extension of LP is necessary for this application because of the following reasons.

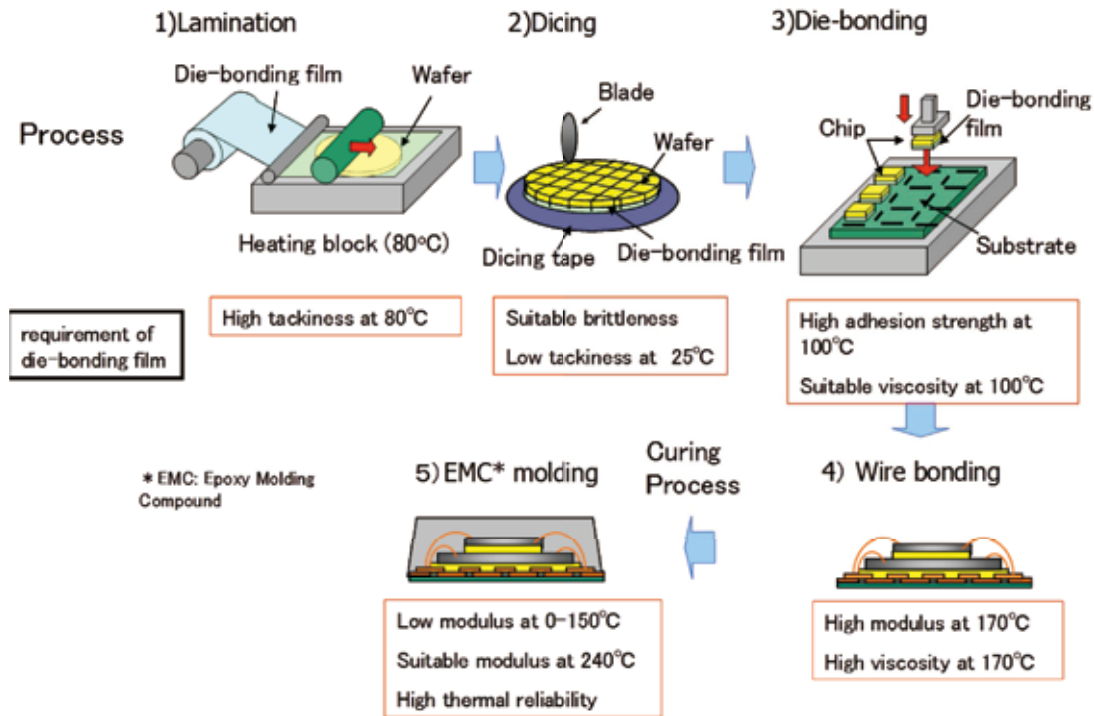


Fig. 5 Manufacturing process of stacked CSP and requirement of die-bonding film

1) In the material design application, elements of x can be the amount of raw material (formulation) and conditions (intensity of physical procedure). The amount of raw material is non-negative value. The condition (intensity of physical procedure) is not always regular value. It can be negative value.

2) Some of the properties like dielectric constant, dynamic elastic modulus and specific heat capacity are defined as complex number.

3) The value of formulation and condition for process can be defined not only by unique value but also area. The minimization or maximization function is not necessarily defined by unique line or plane. It is defined as convex manifold which contains the minimization or maximization function.

4) Maximum number of raw materials is restricted for the production facilities and risk of raw material acquisition difficulty.

In this paper, we propose the weak conditioned combinatorial linear programming method (WCCLP) which is based on the linear programming method, which gives many kinds of improvement for the formulation and properties design. It can be said the extension of LP for materials design application. WCCLP is the method to alternate the proficient engineer's knowledge and intuition. This optimization can be done by newly developed user-friendly software.

General expression of WCCLP is shown in equation (2). Vector x is amount of raw materials and physical procedures. Any elements of x which is variable vector can be regular or negative.

$$\left. \begin{aligned}
 f &= c^T (x) \\
 A \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} b \\ d \end{pmatrix} \\
 x_i &= (p_i, q_i) \\
 y_i &= (p_j, q_j) \\
 b_i &= (r_i, s_i) \\
 d_j &= (r_j, s_j) \\
 x &\geq 0 \\
 y &: \text{free}
 \end{aligned} \right\} (2)$$

Some of the film properties like modulus and dielectric constant are expressed by complex number. So, all the vector and mapping between them should be defined in n -dimensional complex vector space. Matrix which maps vector of composition to vector of properties is acquired by many test results which are saved in the intelligent data base [5]. By applying this data base, the time of acquiring test results by many experiment is shortened.

If maximum number of raw materials was restricted, the combination coefficient and

combination index should be defined in the matrix (Table 1). The combination coefficient is 1, if the raw materials or physical processing is candidate of formulation or process, and 0 corresponds to “not candidate”. The combination of raw materials or physical processing is defined as series of combination coefficient like 011010010..... and is rewritten as decimal number Z. The number of vector in solution set(S) is defined as a function of Z like S(Z) and $\Sigma S(Z)(Z=0 \text{ to } 2^n)$ is the total solution set.

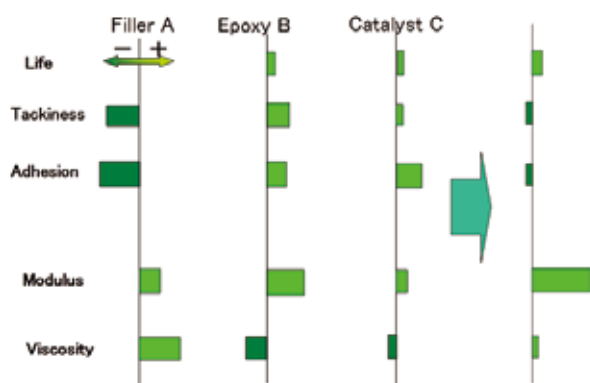


Fig. 6 Example of trade off relationship of chemical formulation

$$\begin{matrix} \text{Vector of} \\ \text{properties} \end{matrix} \begin{pmatrix} P1 \\ P2 \\ \vdots \\ Pm \end{pmatrix} = \begin{matrix} \text{Properties/composition} \\ \text{matrix} \end{matrix} \begin{pmatrix} A11 & A12 & \dots & A1n \\ A21 & A22 & \dots & A2n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Am1 & Am2 & \dots & Ann \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{Combination} \\ \text{coefficient} \end{matrix} \begin{pmatrix} k1 & C1 \\ k2 & C2 \\ k3 & C3 \\ \vdots & \vdots \\ kn & Cn \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{Vector of} \\ \text{composition} \end{matrix}$$

Table 1 General representation of matrix that show correlation between properties, combination parameter and material's parameter

$$\begin{pmatrix} k1 \\ k2 \\ k3 \\ \vdots \\ kn \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \dots \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$$

Combination index: Z 2^n

Z= 0 1 2 3 2^k

Table 2 General representation of combinatorial scalar series and combination index

In Fig. 7 the mathematical representation of solution area and mapping are shown. One composition vector is mapped properties vector space and if it is in the requested property set, the composition is in the solution set. These series of vector space are defined by the combination coefficient as shown in Table 2. Number of vector in solution set is defined as a function of Z like S(Z) and $\Sigma S(Z)(Z=0 \text{ to } 2^n)$ is total solution set.

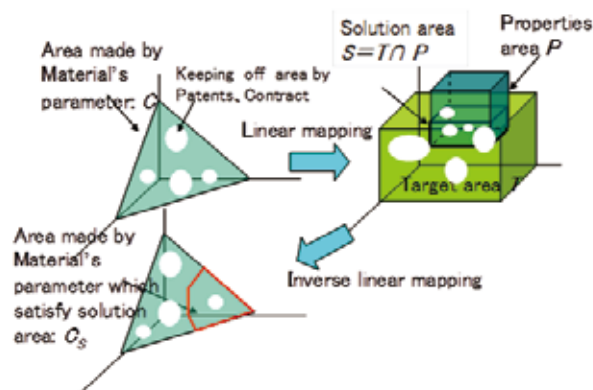


Fig.7 General representation of solution area and mapping defined by matrix that shows correlation between properties and material's parameter

3 Results and Discussion

All the procedures and calculation can be done by newly developed user-friendly software which we have developed. We propose the practical system for the material engineer. By this system, materials design can be done without special knowledge of linear programming and algebraic verity. The proposed system consists of two systems.

One is M-Designer's Goal Quest. The example of the interface is shown in Fig. 8. M-Designer's Goal Quest has the interface for input of the value of properties/ composition matrix, target properties, maximum and minimum value of formulation contents and physical processing condition. User also can fix the prohibited value and upper and lower limit of formulation The restrictions are economical, legal, patent restriction of amount of composition, etc. Then the system starts calculation and shows the results (all formulation which satisfy the target properties) by each combination index (Fig. 8). The example of the obtained result is also shown in fig. 8. The formulations within the defined target area are shown firstly. Secondly, formulations which partially satisfy the defined target area are shown.

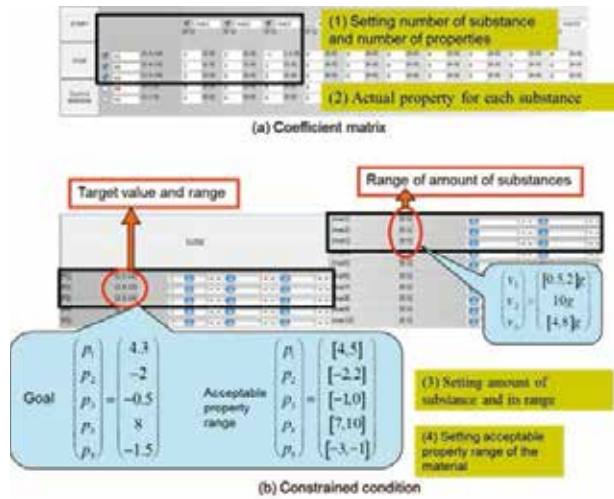


Fig. 8. Initial input by users

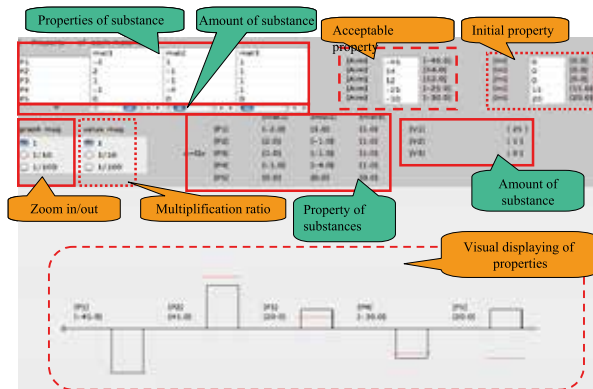


Fig. 9. Example of M-Designer Viewer

Among the various algorithms, such as the simplex method, the interior point method is frequently proposed in the conventional linear programming. But, these high speed solvers are not applicable for the system discussing in the paper. Because they treat concave polyhedron and taurus in complex vector space. In this paper, we adopted the simple calculation algorithm. Vector of properties space of discrete amount of vector of composition is calculated by each combination index. If vector of properties satisfies the target value, it is recorded as one of the solution. This system can't search optimum solution, but search solutions which satisfy the requested value, so calculation time is relatively short.

The second one is M-Designer's Viewer. By this system, solutions calculated by M-Designer's Goal Quest are shown as a list or map in 2 or 3 dimensions. Fig. 9 is the interface for inputting the value and calculation execution of Designer's Viewer. In this window, the coefficient matrix and the value of targeted range are inputted. The relationship between

target value range and the map of solution is visualized, and the margin or flexibility of the material formulation is grasped. Both systems are by Java as an applet. This system is applied for developing novel die-bonding film for 3D packages. The target value and restrictions are listed below.

$$\begin{aligned} P &\geq 1\text{MPa} \\ E &\geq 280 \\ r &\leq h \\ s_i &\leq 8\% \end{aligned}$$

Vector of properties was calculated by properties/composition index listed below.

$$\begin{pmatrix} P+0.44 \\ E-430 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.45 & 0.17 & 0.15 & 0.013 & 0 & 0 \\ -10 & -24 & -15 & -3.2 & -4.5 & -8.3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & r \\ k_2 & s_1 \\ k_3 & s_2 \\ k_4 & s_3 \\ k_5 & s_4 \\ k_6 & s_5 \end{pmatrix}$$

Here, P : peel strength, E : modulus, k_i : scalar value, r : functional group content of acrylic rubber, s_i : silica. The diameters of the investigated silica fillers are s_1 : 6 nm, s_2 : 10-20 nm, s_3 : 600 nm, s_4 : 1900 nm and s_5 : 4200 nm. One of the results is shown in Fig.10. The amount and diameter of inorganic filler and amount of functional group in acrylic polymer are parameter and requested value are peel strength and modulus of C-stage (cured) film at 240 °C. In Fig. 10, the half of the mapped area satisfies the target value. The formulation which satisfies the requested properties is shown in Fig.11. The formulation is decided considering the deviation and margin. In this case, right area has large margin for the filler amount deviation.

We show the flow chart of this system in Fig. 12. This system is applicable to the material which shows linear or semi-linear properties/composition relationship like acrylic / epoxy resin reaction-induced polymer alloy films. After finding the solution area, nonlinear calculation also can be done.

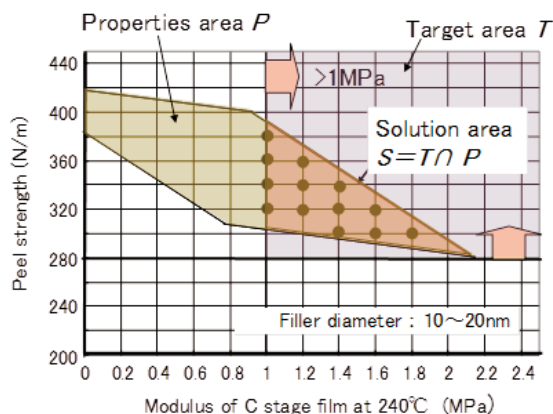


Fig. 10. Example of result of computation of target properties area

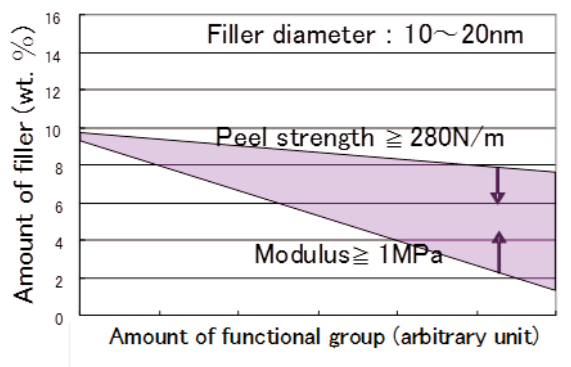


Fig. 11. Example of result of computation of optimum formulation

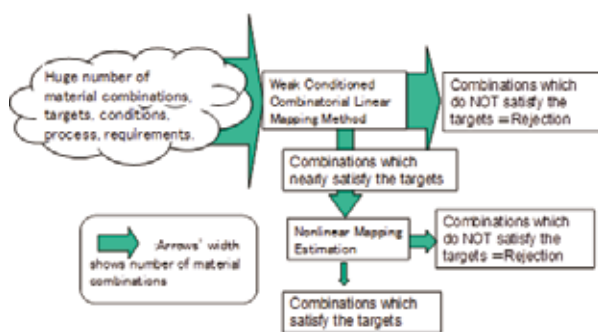


Fig. 12. Flow chart of optimization process by weak conditioned combinatorial linear programming method and nonlinear estimation

4 Conclusion

We proposed a new material design method (weak conditioned combinatorial linear programming method) that is based on the linear programming method. By applying this method, many kinds of properties can be changed and controlled at one time,

saving the time for adjusting the properties of die-bonding film for 3D-packages. This method is effective to search the combination of a well-balanced material or the targeted value though accuracy cannot be pursued. We also developed user friendly software applicable not only to semiconductor related materials but also to formulations such as paint, medicine, food, etc.

The materials for 3D-packages necessitate not only very precise property control in each packaging production process, but also the excellent stability, thermal resistance and stress relaxation. The material development of various kinds of package based on the experience and intuition is becoming insufficient and outdated. We are pursuing the more effective and user friendly system to overcome the restriction of material of the linear relationship in the future.

Bibliography

- [1] T. Inoue, *Prog. Poly. Sci.*, 20, 119 (1995)
- [2] K. Yamanaka, T. Inoue, *Polymer*, 30, 662 (1989)
- [3] T. Inada, K. Hatakeyama, and T. Matsuzaki: *Network polymer*, 25, and 13-19 (2004-3)
- [4] T. Iwakura T. Inada, M. Kader and T. Inoue: "Structure, Properties of Acrylic Rubber/Epoxy Adhesive by Reaction-Induced Phase Decomposition," *E-Journal of Soft Materials*, 2, 13-19 (2006)
- [5] T. Inada, Property Optimization of Adhesive by Weak Conditioned Combinatorial Linear Programming Method, *International Symposium on Applied Informatics, International Institute of Applied Informatics*, 2011/8/9
- [6] T. Inada: *Network-polymer*, 30, and 2-9 (2009)
- [7] T. Inada and T. Matsuo, *Network-polymer*, 30, and 2-9 (2009)
- [8] G. Dantzig: *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press (1963)

視覚誘導自己運動感覚および前庭感覚刺激による 歩行誘導と多感覚統合モデルの構築

渡邊紀文*・森文彦**

Pedestrian Guidance and Multisensory Integration Model by Vection and Galvanic Vestibular Stimulation

Norifumi Watanabe* and Fumihiko Mori**

Abstract

We decide and execute our action from many types of environmental information in our daily lives even if we are not conscious of being guided. Galvanic Vestibular Stimulation is known as a method of giving influence on sense of equilibrium. In this paper, we had a motion guidance experiment of walking by using GVS. Next, we tried a vision-guided walking direction control by inducing subject's gaze direction shift using body sway and optical flow in peripheral visual field. We verify occurrence of subject's walking direction change and discuss its multisensory integration mechanism.

Keywords: Galvanic Vestibular Stimulation, Vection, Pedestrian Guidance, Multisensory Integration, Peripheral Vision Display

1 はじめに

我々は日常生活で歩行するとき、視覚・聴覚・触覚・嗅覚など様々な感覚から情報を取り入れ、自分の歩行行動を決定している。このような自己の行動決定において、特に重要な情報を呈示する手法として、標識や矢印などの明示的な指示情報がある。しかし、混雑した状況や危機を回避する状況では、我々はしばしばパニックに陥り、標識や矢印などの指示サインへの気づきが難しくなり、適切な行動をとることが困難になる。

更に、このようなパニック状態での状況判断が困難になる理由として、2 つのことが考えられる。1 つはパニック状態に陥り、視野が狭くなることで情報を見落とすという視覚レベルでの問題が存在する。もう 1 つは、外界から得られた情報の意味理解を行い、運動決定を行うといった認知レベルでの問題が存在する。この 2 つの問題の中で、認知レベルの問題については個人ごとの認知の差が大きく、集団を誘導しなければならぬパニック状況において、集団に対する情報の呈示手法を検討することは難しい。しかし視覚を含めた感覚レベルの問題については、危険な状況に瞬間的に視線を向けるなど、入力される情報に対して意識下で処理が行われることが多く、そこから出力される運動についても個人毎の差が少ないと考えられる。そこで本研究では、意識下で歩行者に刺激を与え、行動を誘導する手法を検討する。

意識下での歩行誘導方法の一つとして、前庭感覚刺激 (Galvanic Vestibular Stimulation) を用いた歩行誘導がある[1][2]。前庭感覚刺激とは、姿勢や運動の変化を感知する前庭感覚に微弱な電流を流すことで、平衡感覚の錯覚を与える現象である。この刺激を歩行者に呈示すると、歩行者が意識する運動と異なる運動を無意識に誘発し、そこから動作を修正する方向で歩行が誘導される。

ここで前庭感覚刺激は、通常我々が意識してコントロールを行わない平衡感覚に影響を与える感覚入力であり、入力された信号に対して運動パターンがある程度定型化していると考えられる。そのため、我々が外部環境に対して持っている内部モデルに影響を与えずに、誘導が可能であると考えられる。しかし歩行時においては、我々はより重要な感覚情報として、視覚情報を利用している。視覚は、歩行時において行動を生成する際に反射的な行動をとるのみならず、経験に基づき内部モデルを構築し、それに基づく予測を行いながら行動を生成する。そのため視覚情報が我々の行動、更には意思決定に対しても影響を与え、歩行ダイナミクスが変化する。具体的には、前庭感覚刺激により錯覚が起きた左右方向への重心バランスの歪みが、身体内部から得られる情報として視覚に影響を与え、その刺激による運動を補正するような新たな内部モデルを構築することで新たな行動のための指令を作り出し、運動を生成する。この運動生成を行

Received on October 31, 2016

*産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

**玉川大学脳科学研究所, Brain Science Institute, Tamagawa University

うタイミングでは、重力からの知覚フィードバックの影響が大きくなり、新たな運動の効果が大きくなると考えられる。

別の手法として、体性感覚への感度を低下させて身体運動の平衡感覚システムへの依存度を低下させ、そこに視覚誘導自己運動感覚(ベクション)を与えることで視線の方向を制御し、歩行方向の変化を誘起する方法がある[3]。歩行者はベクションにより自己運動感覚に錯覚を生じ、それを修正しようと反射的に運動することで、歩行の方向が無意識のうちに変わっていく。

本稿ではこれらの前庭感覚刺激、およびベクションを利用した効果的な刺激呈示手法及び、歩行における視覚と前庭感覚、体性感覚の多感覚のスイッチング機構について検討する。

2 前庭感覚刺激(GVS)を利用した歩行誘導

2.1 前庭感覚刺激

前庭感覚とは、重力と加速度を検出し、主に平衡感覚を司る感覚である。前庭感覚は半器官と耳石器(卵形嚢と球形嚢)で構成され、半器官は3個の半規管が空間の3平面に配置されたことで、各方向の回転加速度を感知し、耳石器は重力や加速度を感知する。医療分野では、前庭感覚を耳に温水や冷水を入れることで刺激し、平衡感覚の機能の検査を行っている。この前庭感覚を電流で刺激する事を、前庭感覚刺激(Galvanic Vestibular Stimulation,以下GVS)という[4]。具体的には、左右の耳の後ろ(頭部乳様突起部)に電極を装着し、微弱電流(数mAの直流)を流すと、装着者の身体が陽極側に傾くという現象である[1][2]。

このGVSを利用し、歩行動作を左右に誘導する研究が行われ、これらの研究ではGVSの電流量に対応した左右の誘導効果を定量的に評価[5]していた。ここで前庭感覚による自己運動感覚は時間応答が早く、遅れ時間が小さい。例えば半規管による自己回転運動感覚の感度は、自己運動感覚が引き起こされるときの回転角加速度によって評価されるが、約 0.3deg/s^2 であることが示されている[6]。更に前庭感覚は、速度に反応する持続性のシステムではなく、加速度に反応する一過性のシステムである。そこで本研究では、歩行時の加速制御時においてGVSの効果が見れる潜時、また高速歩行と低速歩行という加速制御が異なる歩行でのGVSの誘導効果を定量的に評価する。

2.2 GVS インタフェース

前庭感覚に電流を流すGVSインタフェースは、低電流回路としてカレントミラー回路を使用し、安定した電流を実現している。出力にはHブリッジ回路を使用し、単一電源で電極の極性を任意に選択可能であり、電流は-2.0から2.0mAまで選択可能とした。GVSを呈示する際、被験者の肌の頭部乳様突起部と接触させる電極には、National社製のゲル電極(サイズは50mmx40mm)を使用した(図1参照)。

ここで半規管は内リンパ液に満たされた円環状の管であり、自分自身が回転運動をすれば頭が回転し、頭の回転によって内リンパ液の流動が引き起こされる。この内リンパ液の流動が前庭神経を刺激し、自己運動感覚を検知する。本GVSインタフェースは頭部乳用突起部からの電流刺激により内リンパ液の流動に変位を生じさせ、それにより頭部回転運動の自己運動感覚を引き起こす[7][8]。これにより、回転運動を補正する形で頭部及び身体運動を生じさせ、誘導を生じさせる。本研究では、上記のGVSインタフェースを用いて、歩行誘導を行った。



図 1: GVS インタフェース

2.3 GVSを利用した歩行実験

本研究では歩行速度を変えた時の影響を調べるために、歩行速度の変化に対するGVS呈示後の移動距離を、高精度のモーションキャプチャシステムで計測した。

実験では、移動距離及び誘導効果が見れるまでの潜時をモーションキャプチャシステムで計測した。モーションキャプチャシステムはMotionAnalysis製で、カメラは12台、キャリブレーション後の計測誤差は0.5mm以下、サンプリングレート250Hzの精度である。GVSを利用した歩行時間に対する歩行速度と距離の関係を評価するため、GVSインタフェースとモーションキャプチャシステムを同期させ、GVSの刺激時間と左右への移動距離を計測した。計測部位は、頭3点、両肩2点、両肘2点、両手首2点、両腰2点、両膝2点、両足首2点の計15点である。GVSによる左右方向の距離は被験者3名で評価し、潜時及び一定時間での移動距離を比較した。

GVSによる電流刺激は、0sから0.5sにかけて0mAから1.5mAに遷移し、0.1s間1.5mAの定常値を保ち、0.6sから1.1sに1.5mAから0mAに遷移する台形波を用いた(図2参照)。

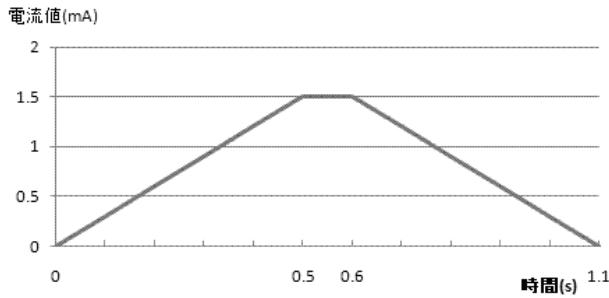


図 2: GVS の電流波形

実験では被験者に GVS インタフェースを装着し、被験者は実験室内を前方に 9 歩歩行した。その際歩幅を同条件で行うため、初めの 2 歩は床に貼られた 0.5m ほどの指標を踏み、2 歩目以降は閉眼するように指示した。閉眼するまでの視線は 0.5m 先の次の指標とし、閉眼しても同じ姿勢を保つように指示した。また歩調はメトロノームの音に合わせるよう指示し、歩行を始めてからメトロノームの 4 回目の音、つまり歩行でいう 4 歩目に GVS を呈示した。メトロノームのテンポは 110 回/分(以下高速歩行)と、90 回/分(以下低速歩行)で行い、それぞれ右側に GVS を呈示する場合(右側陽極)、左側に GVS を呈示する場合(左側陽極)、GVS なしの各条件を各 10 回、計 30 回の試行をランダムに行った。

2.4 実験結果

GVS を呈示する瞬間の左右の移動距離を 0 とし、GVS を呈示し始めてから 2 秒後の左右の移動距離を求め、GVS なし、右側陽極、左側陽極の左右の移動距離を計測した結果を図 3 に示す。実験データの解析では、移動距離を計測するため計測部位で最も長時間計測可能であった肩の座標を用いた。

図 3 の結果から、GVS を呈示していない時と GVS を呈示した時の左右の移動距離に差があり、t 検定の結果からも有意な結果 ($p < 0.05$) が得られた。また、電極の極性を変更することで逆方向に誘導する事が可能であったことから、陽極に誘導される事も確認した。これは被験者全員にいえ、また高速及び低速歩行実験両方において同じ結果が得られた。この事から、GVS を用いて、高速歩行と低速歩行の両方において、左右方向の誘導が行えたといえる。

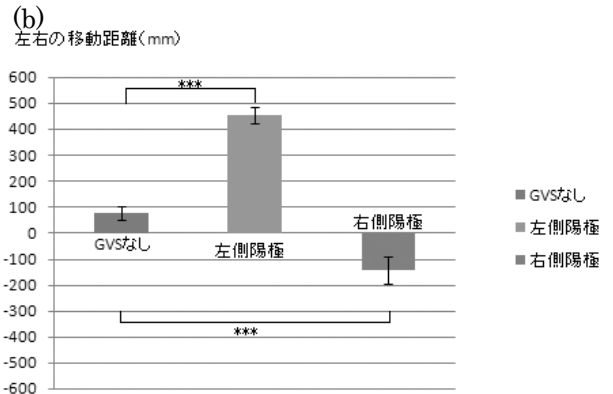
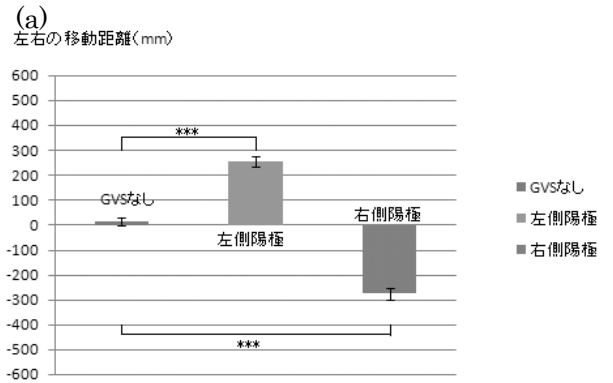


図 3: 高速歩行時の左右方向への移動距離(a).
低速歩行時の左右方向への移動距離(b).

2.5 考察

実験結果から、本実験で行った高速歩行及び低速歩行においても GVS を呈示した陽極方向に身体を誘導することが可能であった。次に歩行速度における左右の移動距離の結果から、高速歩行と比較し低速歩行時は GVS により誘導される距離が長くなる傾向が確認された。更に単位時間あたりの移動距離が長いという結果から、左右への移動距離の変化量については、高速歩行時は小さく、低速歩行時は大きいといった相関関係が見られた。これらの結果から、歩行速度により誘導される距離の変化量が異なり、歩行速度が遅くなることで、距離を増大させることが可能であると考えられる。

本結果から得られた結果と、GVS の平衡感覚への影響から、我々は以下のような仮説を得た。GVS は電気刺激を用いることで電流が流れた方向に加速度が増大し、被験者は身体が傾いたと錯覚する。この傾いたと錯覚した感覚情報を平衡感覚が検出し、その身体バランスを補正する方向(電流が流れた方向と逆方向)に身体を傾かせることで姿勢を安定しようとする。この補正をする方向に身体が傾くことで、歩行中に左右へ身体バランスが崩れ、左右方向への移動が起こるのである。

3 視覚誘導自己運動感覚(Vection)を利用した歩行誘導

3.1 自己運動感覚と周辺視

歩行運動を制御するための効果的な手法として、自己運動感覚の付与がある。自己運動感覚とは、前庭感覚・視覚・聴覚・触覚などの複数の感覚から情報を得て、平衡・方向・移動などの自己の運動を感知する知覚である。その数ある感覚系の中で自己運動感覚の基本となるのが、前庭感覚と視覚である。

視覚による自己運動感覚を、視覚誘導自己運動感覚(ベクション)と呼ぶ[9]。ベクションは、運動をしていない自身にオプティカルフローにより自己運動しているような感覚を与える錯覚を指す。ここでベクションは呈示される刺激の視野が広く、特に周辺視を含めて刺激をする場合に生じやすい[10]。例えばトンネル内を通過している時のような視覚刺激では、自己直線運動感覚に対して視野周辺部が支配的であると言われている[11]。

このようにベクションが起こると、人間は自己運動をしているかのように錯覚をし、姿勢を補正する。先行研究では、静止した状態の被験者にオプティカルフローを呈示すると、無意識的に重心が刺激とは逆方向に傾くことが示されている[12]。しかし、視線のみの情報では、体性感覚など他の器官からの情報で、重心を傾けることはできるが、歩行時の軌道を変化させることは困難であった。

3.2 身体動揺を利用した自己運動感覚

視覚誘導自己運動感覚を用いた実験として、身体動揺時に視線方向に身体を誘導することで、姿勢制御を実現した研究がある[13]。この研究では、立位静止状態時に頸背部筋(neck dorsal muscles stimulation: NS)と前頸骨部筋(tibialis anterior stimulation: TAS)と腓腹筋(gastrocnemius stimulation: GAS)に振動デバイスで刺激を与えることで身体動揺を発生させ、視覚刺激を出した時に視線方向に身体が誘導されたかを定量的に評価した。実験結果から、頸背部筋と前頸骨部筋、更にこれらと比較し影響が小さいが腓腹筋においても振動刺激を与えた場合に視線方向に身体を誘導することが出来ていた。上記研究では、身体動揺を起こすことにより視線方向に身体を誘導することが出来ているが、この実験は立位静止状態の結果であり、歩行状態での誘導は行われていない。

3.3 ベクションを利用した歩行実験

本研究では、岡野ら[14]により開発された頭部装着可能なヘッドマウント型周辺視ディスプレイ(図 4)を利用して視覚誘導自己運動感覚を引き起こし、その誘導効果について検証を行った。周辺視ディスプレイは上下に 3.5 インチパネルを 4 枚、左右に 2.5 インチパネルを 2 枚の 6 パネルで構成され、それぞれの画素数は 320x240pixel である。PC 上で映

像を 3 つ並べた視覚刺激映像を作成し、それらを 3 画面出力アダプタを介することで出力を 3 つに分割し、更に信号を 2 分配することで 6 つのパネルに出力した。

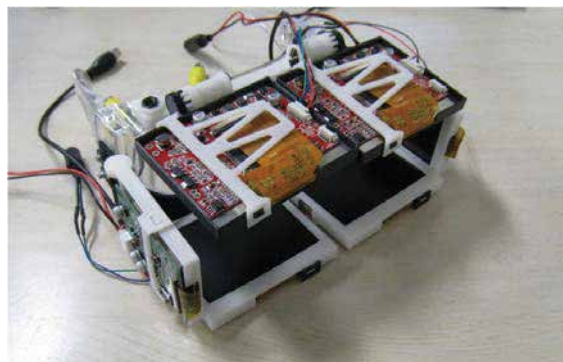


図 4: HMD 型周辺視ディスプレイ

次に身体動揺を引き起こすための振動モータとして、小型軽量の円盤形モータを利用した(TPC 社製 FM34F)。標準回転数は 1300rpm、振動量は 17.6m/s^2 であり、前脛骨筋を覆うように 8 個の円盤形モータを足のサポートバンドに固定して装着した。

歩行時のオプティカルフロー刺激及び振動刺激の影響を評価するため、本研究ではモーションキャプチャシステム(Motion Analysis 製)を利用して計測した。カメラは 12 台使用し、計測部位として被験者の頭 3 点、肩 2 点、肘 2 点、手首 4 点、腰 2 点、膝 2 点、足首 2 点、つま先 2 点の計 17 点にマーカを装着した。

周辺視ディスプレイのオプティカルフロー刺激は Texture Flow 刺激とし、上下左右 6 枚の液晶パネルに 1120pixel/sec で同時呈示した。刺激は歩行開始から安定歩行に入る 2sec 後に呈示し、そこから 4sec の期間の歩行運動計測した。振動刺激は歩行開始時から左右の足に同時呈示し、歩行終了まで呈示し続けた。

被験者は 6 名であり、振動あり条件での歩行を 5 試行、振動なし条件での歩行を 5 試行、右足踏み出しと左足踏み出しの条件でそれぞれ行い計 20 試行を行った。

3.4 実験結果

図 5 は被験者 6 人の左右の踏み出した足、振動有無条件での刺激呈示 3sec 後の平均移動距離を表したグラフである。結果から振動なし条件と比較し、振動あり条件において移動距離が伸び、左足踏み出し時は 65.3mm、右足踏み出し時には 29.7mm の差が見られた。また左足踏み出し時及び右足踏み出し時では、左足踏み出し時の移動距離が伸びた。これは今回呈示した視覚刺激が左方向への Texture Flow 刺激であり、左足踏み出し時は視覚刺激を呈示した 2sec のタイミングで着地している足が右足であるため、右方向へ姿勢が傾いていると強く錯覚し、次の左足が大きく右へ動き、

そこで姿勢を補正するために更に足を左へ大きく移動させる。逆に右足踏み出し時は、2secのタイミングで左足が着地しているため、右方向への体性感覚のズレが起きにくくなり、次の右足が右側へ動く距離が短くなることで、姿勢を補正する時の左への足の移動も短くなっているのではないかと考えられる。

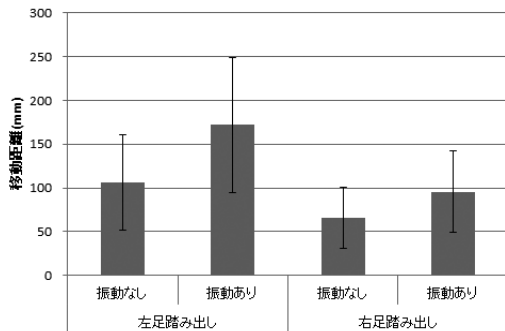


図 5: 視覚刺激呈示後 3 秒後のつま先の左右方向への移動距離

3.5 考察

従来の視覚刺激による誘導では、立位静止状態において足下への振動刺激による身体動揺発生時に、左右方向へのオプティカルフロー提示で身体が左右方向に傾くといった実験が報告されているが、歩行時に誘導効果があるということは示されていない。そこで我々は、周辺視ディスプレイを利用して刺激を視野周辺部に直接提示する条件で実験を行った。更に実験では振動デバイスを用いて身体感覚に対する信頼性を低下させ、逆に視覚刺激に対する感受性を増加させることで、その状態での歩行誘導効果を評価した。

実験ではそれぞれの条件において歩行に誘導効果が表れ、その方向が変化することが確認されている。特に誘導は刺激提示後約 1 から 2 歩進む間に発生し、前庭感覚刺激による歩行誘導と同様に刺激と逆方向に移動することで姿勢を崩し、その後刺激方向に移動することが確認された。この結果及びこれまでの前庭感覚刺激による歩行誘導の結果から、本実験による歩行誘導のメカニズムについて以下のような仮説が得られた。「振動デバイスによる身体動揺により重心方向感覚による体性感覚フィードバックの抑制で平衡感覚が不安定化し、そこにオプティカルフロー刺激により自己の身体が左右に移動したとの錯覚を与えられることでその補正運動を誘起した結果として、被験者の身体が移動した。」

4 議論

本研究では、前庭感覚刺激およびベクションにより歩行者の誘導効果は確認されたが、その効果は一時的なものであった。誘導により歩行軌道が一度変化したのであれば、直進すればその効果が保持されるはずであるが、結果は逆向き

の修正の行動があることを示している。その理由として、歩行に関わる階層制御のシステムがあると考えられる。我々の歩行の制御には、少なくとも直立・直進・目的方向という 3 つの目標がある。本研究では、そのうち前庭感覚刺激および足元への振動刺激による体性感覚刺激により、直立歩行を司る歩行ダイナミクスに介入したと考えられる。しかし歩行には、主に視覚情報から得られる意思・行動決定に基づいた、直進や目的地を意識した制御が同時に働いている。そのため、我々の行った前庭感覚刺激や振動デバイスによる直立歩行の反射システムへの介入に対して、視覚情報による直進の制御システムが時間遅れを持って反応し、直線コースに戻るという解釈が可能である。この真偽の解明には追加の研究が必要であるが、1 つの可能性として検討する必要がある。

このような感覚情報のモダリティの切り替え(スイッチング)を理解することは、人間の情報処理の理解に加え、外部から人の運動を理解し、その行動を誘発した意図の推定につながる。具体的には、感覚入力に対する行動決定のダイナミクスを理解することで、人の意図に基づいた情報システムを実現できると考えられる。

5 おわりに

本研究でおこなった、前庭感覚刺激およびベクションなどの感覚刺激を用いた人間の感覚—運動モデルの研究は、心理学、認知科学、スポーツ科学の分野、更に誘導という観点では建築工学等でも研究が行われている。ただしこのような分野の多くは、意識的な感覚刺激を用いた研究であり、本研究で目指した意識下で効果が現れる感覚刺激を用いた研究例はまだ少ない。

無意識的な誘導を利用することは、感覚入力に対して運動パターンがある程度定型化しているという理由から、人の環境に対する適応機能を向上させることにも繋がり、意識するために必要な注意資源を減少させることができると考えられる。一方で、今回取り上げた歩行時における前庭感覚刺激と視覚刺激のように、人間の意思及び行動決定に強く影響を与える感覚情報が、他の感覚情報によって構築された内部モデルに干渉し、身体に対する拘束を生むことでその運動効果を減少させるということが起きる。このように、我々は様々な感覚情報を用いて環境に適応した行動を生成しており、その影響も対象となる運動で変化すると考えられる。今後もこのような感覚—運動ダイナミクスの元での各感覚の特性を考慮したモデルの構築及び、感覚刺激を利用した人の誘導を検討したい。

参考文献

- [1] 安藤英由樹, 渡邊淳司, 杉本麻樹, 前田太郎 “前庭感覚インタフェース技術の理論と応用,” 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1326-1335, 2007.
- [2] Richard C. Fitzpatrick and Brian L. Day “Probing the human vestibular system with galvanic stimulation,” *J Appl Physiol* 96: 2301–2316, 2004.
- [3] 渡邊紀文, 三門裕明, 大森隆司 “視覚誘導性自己運動知覚と身体動揺を利用した歩行者の誘導モデル,” Vol. 27, ROMBUNNO, 2011.
- [4] 内野善生, “めまいと平衡調節,” 金原出版, 2002.
- [5] 前田太郎 “身体活用インタフェース,” *The Japanese Journal of Psychonomic Science*, Vol. 24, No. 1, pp. 100-106, 2005.
- [6] Guedy F E “Psychophysics of vestibular sensation,” *Handbook of Sensory Physiology VI/2. Part 2. Vestibular System Psychophysics Applied Aspects and General Interpretations*, pp.1-154, Springer-Verlag, 1974.
- [7] T. Murofushi, S. Iwasaki, H. Ozeki, M. Ushio, Y. Chihara “Tone burst-galvanic ratio of vestibular evoked myogenic potential amplitudes: a new parameter of vestibular evoked myogenic potential?,” *Clin Neurophysiol*, Vol. 118, No. 8, pp.1685-1690, 2007.
- [8] Y. Chihara, S. Iwasaki, M. Ushio, T. Murofushi “Vestibular-evoked extraocular potentials by air-conducted sound: another clinical test for vestibular function,” *Clin Neurophysiology*, Vol. 118, No. 12, pp.2745-2251, 2007.
- [9] 中村信次, “視覚誘導性自己運動知覚の実験心理学,” 北大路書房, 2006.
- [10] T. Brandt, J. Dichgans, E. Koenig, “Differential Effects of Central Versus P Peripheral Vision on Egocentric and Exocentric Motion Perception,” *Exp.Brain Res.*, Vol. 16, pp. 476-491, 1973.
- [11] A. Berthoz, B. Pavard and L. R. Young, “Perception of Linear Horizontal Self-Motion Induced by Peripheral Vision (Linearvection),” *Basic Characteristics and Visual-Vestibular Interactions*, *Exp. Brain Res.*, Vol. 23, pp. 471-489, 1975.
- [12] 吉田俊明, 竹中毅, 伊東道生, 上田完次, 飛嶋隆信, “オプティカルフローの提示によって引き起こされる自己運動感覚を用いた歩行の誘導,” 情報学研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア(CVIM), 5(2006-CVIM-152), pp. 125-128, 2006.
- [13] 鈴木隆之, 植野彰規, 星野洋, 福岡豊, “姿勢制御において視線および聴覚刺激が身体動揺の方向に与える影響,” *電気学論 C*, Vol. 127, No. 10, pp. 1800-1805, 2007.
- [14] 岡野裕, 雑賀慶彦, 橋本悠希, 野嶋琢也, 梶本裕之 “速度感覚増強のための周辺視野への刺激提示手法の検討,” 情報処理学会 HCI [2008-HCI-127], 2008.

RSNP 仕様拡張のためのカスタムプロフィール機能の実装

土屋 陽介*・成田 雅彦*・泉井 透**

Implementation of Custom Profile Function for Specification Expansion of RSNP

Yosuke Tsuchiya*, Masahiko Narita*, and Toru Izui**

Abstract

We developed the function which can add a profile of RSNP freely by a user to make a robot service integrated platform by the RSNP more spread. RSNP becomes easy to correspond to a newly released robot by this, and service can develop by the new idea that isn't tied to the specification of RSNP. Furthermore, we prepare the system to include the profile which user made to the specification of RSNP in the future.

Keywords: Robot Service Platform, Network Protocol, RSNP

1 はじめに

ロボットサービスイニシアチブ(以下, RSi)では, ロボットによるインターネットを活用した魅力あるロボットサービスを簡単かつ便利に利用できる社会を目指し, インターネットとロボットを融合する通信方式 RSNP (Robot Service Network Protocol) の仕様策定・普及に努めてきた. RSNP とはロボットの相互接続を実現するためのオープンなロボットサービス向けプロトコル仕様であり, 様々なロボットが簡単, 効率的にインターネット上のサービスへの接続が可能となるものである. 現在は RSNP Ver. 2.3 が最新の仕様となる[1]. このRSNPをはじめ, RTM/RTC[2]やROS[3]などの成果により, ロボット開発に必要な基本機能としてのソースやコンポーネントは容易に入手できるようになった. しかし, ロボットサービスのさらなる発展のためには, ロボット技術固有の複雑さや難しさを隠蔽し, ロボットの非専門家である開発ユーザやプログラマのロボット技術を容易に利用できるようなサービス統合基盤の構築が必要である.

RSi ではこのロボットサービス統合基盤の構築, およびRSNP のさらなる普及のため, 2012 年度から RSNP コンテストを開催している[4-6]. コンテストを開催することで, 様々なアイデア, より質の高いロボットサービスを集め, それらのサービスを統合プラットフォームとして広く提供できる環境を整えた. 一方で, RSNP コンテストをこれまで毎年開催してきたことで, RSNP の新たな課題も見つかった. 我々は RSNP コンテスト参加者の意見や要望をまとめ, 今後の RSNP の仕様拡張について議論を行った. その中でも特に重要な事項として挙げられたのがユーザによるプロフィールの追加機能である[7]. ユーザが自由にプロフィールを追加できるようにすることで, 日々発表されている新しいロボットにも対応しや

すくなり, さらに RSNP の仕様に縛られない新しい発想でサービスを開発できるようにする.

本論文では RSNP の仕様拡張として取り組んだプロフィールの追加機能であるカスタムプロフィール機能について述べる. 2 章では仕様拡張としてカスタムプロフィール機能を実装した背景, 3 章ではカスタムプロフィールの詳細, 4 章ではカスタムプロフィール機能を利用して実際にロボットの制御を行う際の実装例を紹介し, 5 章で考察を述べる. 6 章をまとめとする.

2 RSNP の仕様拡張

RSNP の今後の展開の参考にするため, 2013 年 3 月 10 日にネットワークを利用したロボットサービス研究専門員会主催で研究会を開催した. ここで, 「ロボットサービスプラットフォーム RSNP への課題と要望」と題し, これまでの RSNP コンテストの参加者から, 実際に RSNP を使ってみて困ったこと, 使いにくかったところ, 改善して欲しいところなど, RSNP や, そのライブラリとして提供している FJLIB[8]に対する要望と今後の課題について意見を求めた. 本章ではその結果についてまとめ, 要望の内容, それに対する RSNP の現状と対応策について述べる.

2.1 RSNP の仕様について

2.1.1 新規プロフィールの追加

まず, 要望として挙げられたのが, ロボットのコントローラー用のプロフィールが欲しいとのことであった. 現状では, Data_push_profile 上に ID や機種をハードコートしており, ロボットを連続的に操作するにあたっては実現しづらい部分がある. そこで, ロボットの自由度に応じたプロフィールを作成し追加することで, ロボットやコントローラーを自由に組み

Received on October 31, 2016

*産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

**エボルブアイティワークス株式会社, EvolveITWorks Corporation

合わせて操作できるようにしたいとのことであった。この要望および次の 2.1.2 の要望に関しては、特に重要だと考えられるため、すぐに実現する必要があると判断した。その実現方法について 2.4 章で述べる。

2.1.2 Task_profile のイベント定義の自由化

現状では、イベントの定義に関してはユーザ側で自由に行えない。しかし、ロボットサービスを開発していく上で、メッセージ受信イベントなどのイベント管理をユーザ定義しておくことでサービスの自由度が広がるので、イベント定義をユーザ定義に欲しいとのことであった。

2.1.3 RSNP サーバ間の通信機能

RSNP の仕様として複数のサーバ間の通信では片方がロボットとして扱われる。そこに違和感があるため、RSNP によるサーバ間通信の仕組みを追加して欲しいとのことであった。しかし、現状ではロボットとして実装可能であるため、それに対応してもらうことにする。

2.2 RSNP のアーキテクチャについて

2.2.1 ネットワーク通信の安定化

不安定な通信化でも安定的に接続でき、さらにもし接続が切れた場合でも、自動的に再接続できるようにして欲しいという要望である。現状では、サーバとの接続が切れるたびに接続し直す必要があるが、RSNP では高信頼通信[9]が実現できているため、そちらで対応してもらう。

2.2.2 C 言語対応

現在、組込み環境としてよく使われている Arduino や Mbed に対応するため、C 言語のライブラリが欲しいとのことであった。現状は Java によるライブラリのみであるため、今後の展開を考えるなら、RSNP ライブラリの C 言語対応は必要だと考えられる。しかし、ラッパーで対応できる部分もあるため、実現にはさらなる検討が必要である。

2.2.3 スマートフォン対応

スマートフォンによるロボットサービスの開発のため、iOS や Android に対応したライブラリが欲しいとの要望である。現状では、個別に作成した iOS 用のライブラリがあるので、それを個別に渡すことは可能である。なお、Android にはすでに FJLIB で対応済みである。

2.2.4 Data_push_profile の使い方

現状では、Data_push_profile を使うことですべてのことが出来てしまい、使い分けがわからないとのことであった。この対応としては、使い方のサンプルを作る他、2.1.1 同様に自分で作成したものをプロファイルとして仕様化する仕組みを提供する。

2.3 RSNP の運用・管理について

2.3.1 FJLIB に関連した各種ライブラリ・ソフトウェアなどのバージョン依存の解消

RSNP のライブラリとして使われている FJLIB では、関連

したライブラリやソフトウェアが古いバージョンが使われ続けている。古いバージョンは入手が困難であり、利用できる機能も制限される。そのため、ライブラリをアップデートし、最新のバージョンに対応させる。

2.3.2 FJLIB の配布問題

RSNP のライブラリとして提供している FJLIB は、現状では、RSi の会員限定で配布している。そのため、今後 RSNP を広く使ってもらうには、ライセンスキーの発行を容易にするなど、FJLIB を配布しやすくする工夫が必要である。

2.3.3 サーバの構築が困難

サーバから構築するのはロボットの専門家にとって非常に困難であるため、サーバ環境を含めた形で提供できるようにして欲しいとのことであった。このような非専門家への対応は今後のロボットサービスの発展のためには非常に重要な課題となる。なお、現状ではサーバ環境一式をパッケージ化済みである。

2.4 カスタムプロファイル機能の追加

以上の意見の中で RSNP の今後の展開として特に重要だと判断したのが、新規プロファイルの追加である。

現在、様々なロボットが日々発表されており、音声や映像を取り扱うロボットやアームを備えたロボット、またアンケートサービスを提供するロボットなど、新しい機能を持つロボットが目立つようになってきている。しかし、現状ではアームなどの複雑な制御に対応したプロファイルは RSNP では提供されていない。またアンケートサービスなどのロボットの新しいサービス形態に対応するプロファイルも存在しない。このように新しい機能・サービスを持つロボットが次々と発表されている中、RSNP の今後の発展のためには、RSNP で提供するプロファイルもそれに対応していかなければならないと考えられる。一方で、RSNP のユーザ、すなわちロボットサービスの開発者側が新たにサービスを開発するとき、現状のプロファイルでは利用しにくい場面もでてくる。そのようなときにユーザがある程度自由にプロファイルをカスタマイズ出来るようにしておくことで、RSNP の仕様に縛られない自由な発想でサービスを開発できるようになる。以上のことから RSNP の今後の展開としてまずはプロファイルの追加機能の実装に取り組むことにした。

RSNP のプロファイルをカスタマイズできるようにするときの技術的な方策にあたっては、RSNP のライブラリとして使われている FJLIB のソースを修正して独自のプロファイルを作成した前例がある[10]。技術的にはこのカスタマイズ方法を踏襲しつつ、公開すべきソースの限定化や、ユーザ作成の仕様を組み込む制度的な検討を合わせて進めていくこととした。

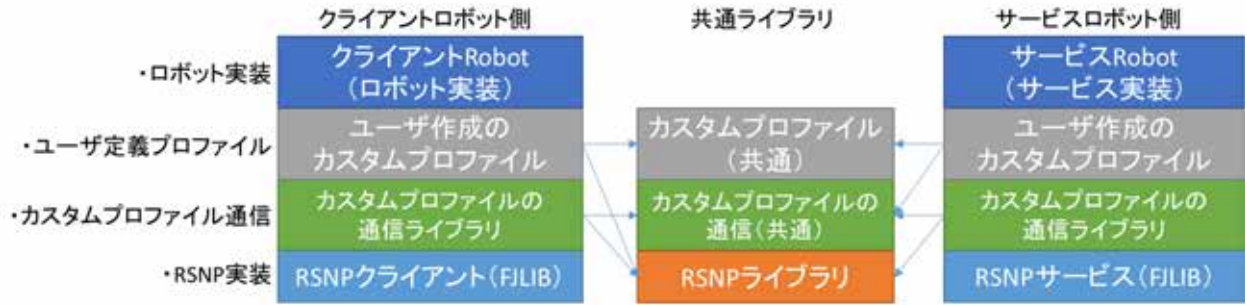


図 1 カスタムプロファイルのプロトコルスタック

3 RSNP カスタムプロファイル機能

本章では、実装したカスタムプロファイル機能の詳細について述べる。

3.1 カスタムプロファイルの通信

ユーザがプロファイルを自由に追加できる仕組みとして、ユーザが作成したカスタムプロファイルによる通信を可能とするライブラリを作成した。RSNP の実装である FJLIB は、Java API で与えられるパラメータをプロファイルとして定義された形式の XML (RSNP) に変換し、それを HTTP の上に乗せて通信している。図 1 にカスタムプロファイルを利用した場合のプロトコルスタックを示す。このプロトコルスタックにおいて、今回実装したのがカスタムプロファイル通信の部分となる。カスタムプロファイルの通信ライブラリは、既存のライブラリである FJLIB とユーザが作成するカスタムプロファイルとの間に位置し、Data_push_profile を使用することで、カスタムプロファイルの内容を通信できるようにした。すなわち上位層のカスタムプロファイルを Data_push_profile で内包して運搬する。カスタムプロファイル開発者はこの機能を用いてユーザ定義のカスタムプロファイルを作成することができる。それにより、ロボットやサービスにインターフェースを提供することとなる。

3.2 通信の仕様

カスタムプロファイルによる通信の仕様について図2で示す。以下でその流れについて説明する。

1. ロボットの実装であるクライアント Robot からユーザが作成したカスタムプロファイルの Java のインターフェースを呼び出す。
2. 呼び出し内容を XML 化し下位層であるカスタムプロファイルの通信ライブラリへ渡す。
3. 上位 XML を下位 XML に内包して Data_push_profile にて送信する。
4. RSNP の既存プロファイルである Data_push_profile を利用してサービス側へ送信する。
5. Data_push_profile の Acceptor を呼び出す。
6. 下位 XML 内の XML を取り出し、サービス側のカスタムプロファイルに渡す。
7. XML から呼び出し引数を生成し、Java のインターフェースを呼び出す。
8. サービス実装であるサービス Robot から Ret_value を作成し、戻り値とする。
9. Ret_value を下位層であるサービス側のカスタムプロファイルの通信ライブラリの XML に内包し、戻り値とする。

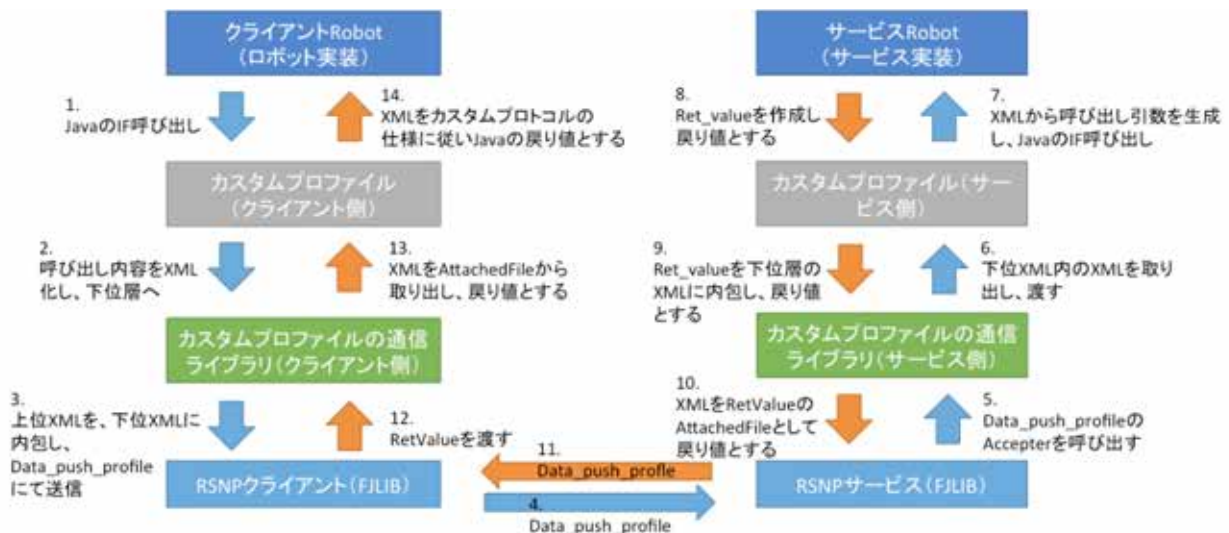


図 2 カスタムプロファイルによる通信の仕様

10. XMLを Ret_value の AttachedFile として戻り値とする。
11. Data_push_profile を利用してクライアント側へ送信する。
12. クライアント側のカスタムプロファイルの通信ライブラリに Ret_value を渡す。
13. AttacedFile から XML を取り出し、戻り値とする。
14. XML をカスタムプロファイルの仕様に従い Java の戻り値とする。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<ns4:custom_profile
xmlns:ns2="http://www.robotservices.org/schemas/custom_profile_header"
xmlns:ns4="http://www.robotservices.org/schemas/custom_profile"
xmlns:ns3="http://www.robotservices.org/schemas/custom_profile_body">
  <ns2:custom_profile_header>
    <custom_profile_name>カスタムプロファイル名</custom_profile_name>
    <operation_name>オペレーション名</operation_name>
  </ns2:custom_profile_header>
  <ns3:custom_profile_body>
    <xml>ここにカスタムプロファイルのXMLが入る</xml>
  </ns3:custom_profile_body>
</ns4:custom_profile>
```

図 3 カスタムプロファイルの通信ライブラリの例

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<ns3:robotarm_profile
xmlns:ns2="http://www.robotservices.org/schemas/V02/Common_profile"
xmlns:ns3="http://www.robotservices.org/schemas/Robot_arm_profile_move_arm">
  <ns2:robo_header>
    <ns2:version>2.2</ns2:version>
    <ns2:direction>CLtoSV</ns2:direction>
    <ns2:message_type>async</ns2:message_type>
    <ns2:message_id>MessageId</ns2:message_id>
    <ns2:reply_to_message_id>ReplyToMessageId</ns2:reply_to_message_id>
    <ns2:last_reply>true</ns2:last_reply>
    <ns2:timestamp>2015-03-09T17:03:34+09</ns2:timestamp>
  </ns2:robo_header>
  <joint1_radian>1.0</joint1_radian>
  <joint2_radian>2.0</joint2_radian>
  <joint3_radian>3.0</joint3_radian>
</ns3:robotarm_profile>
```

図 4 RobotArm MoveArmProfile の実装例

3.3 カスタムプロファイル通信ライブラリ

図 3 にカスタムプロファイル通信ライブラリの XML の例を示す。ユーザが定義したカスタムプロファイルはこのライブラリの<ns3:custom_profile_body>に内包して通信する。

4 ユーザ定義のカスタムプロファイルの実装例

本章では例として多軸アームの制御を単純化した自由度 3 のユーザ定義プロファイル RobotArm を実装例について、実際に実装していく手順で説明する。このプロファイルは複数の可動軸の角度データを、サービス側からロボット側に push 型で送信することを想定している。

- (1) ユーザ定義プロファイルの通信プロトコルを規定する XML を作成する。

RobotArm プロファイルの 1 つのメソッドである MoveArmProfile を図 4 に示す。通信の向きや方式、3 軸

の角度のタグが定義され、プログラムによりその値が設定される。

- (2) アプリケーションプログラムが使用する API 層を作成する。

システム組み込みのプロファイルと同様のコンベンションでプログラミングができるよう、コンベンションに対応するクラスをカスタムプロファイルの共通クラスの拡張として実装する。図 5 に実装例として RobotArmProfileInvoker クラスを示す。この例では、アームの移動は 3 軸の角度の列をパラメータに与える moveArm のメソッドを RobotArmProfileInvoker ク

```
import org.robotservices.custom_profile.lib.common.util.*;
import org.robotservices.custom_profile.lib.service.invoker.*;
import robotarm_profile.common.RobotarmProfileConst;
import robotarm_profile.common.Robotarm_profile_move_arm;

public class RobotArmProfileInvoker extends InvokerCustomProfileBase {
  public RetValue moveArm(double joint1, double joint2, double joint3, double joint4,
    double joint5) throws RSException {
    RoboHeader roboHeader =new RoboHeader();

    roboHeader.setDirection(CustomProfileConst.ROBO_HEADER_DIRECTION.SVtoCLtoString());
    roboHeader.setMessageId("messageId");

    roboHeader.setMessageType(CustomProfileConst.ROBO_HEADER_MESSAGE_TYPE.sync.toString());
    roboHeader.setLastReply(false);
    SimpleDateFormat sdf = new
    SimpleDateFormat(CustomProfileConst.ROBO_HEADER_TIMESTAMP_PATTERN);
    String timeStamp = sdf.format(GregorianCalendar.getInstance().getTime());
    roboHeader.setTimestamp(timeStamp);

    roboHeader.setVersion(CustomProfileConst.ROBO_HEADER_VERSION.toString());
    Robotarm_profile_move_arm robotarm_profile_move_arm = new
    Robotarm_profile_move_arm();
    robotarm_profile_move_arm.setRoboHeader(roboHeader);
    robotarm_profile_move_arm.setJoint1_radian(joint1);
    robotarm_profile_move_arm.setJoint2_radian(joint2);
    robotarm_profile_move_arm.setJoint3_radian(joint3);
    String xml = XMLUtil.marshall(robotarm_profile_move_arm);
    PushDataCustomProfile pushDataCustomProfile = new
    PushDataCustomProfile(this.getConvId(),this.getInvokerProfileFactory());
    String returnXml =
    pushDataCustomProfile.pushDataCustomProfile(RobotarmProfileConst.CLIENT_A
    CCEPTOR_CUSTOM_PROFILE_NAME.RobotarmProfileConst.OPERATION_NAME.
    MOVE_ARM,xml);
    RetValue retValue = XMLUtil.unmarshall(returnXml, RetValue.class);
    return retValue;
  }
}
```

図 5 RobotArmProfileInvoker の実装例

```
import org.robotservices.custom_profile.lib.service.invoker.*
import org.robotservices.schemas.v02.common_profile.RetValue;

InvokerCustomProfileFactory invokerCustomProfileFactory =
InvokerCustomProfileFactory.newInstance(rwm.getConvId());

RobotarmProfileInvoker robotarmProfileInvoker =
(RobotarmProfileInvoker)
invokerCustomProfileFactory.getCustomProfile(RobotarmProfileI
nvoker.class);

RetValue retValue = robotarmProfileInvoker.moveArm(joint1,
joint2, joint3);
```

図 6 MoveArmProfile メソッドの呼び出し例

ラスのメソッドとして定義してある。このメソッドはパラメータを図 4 で示した XML に変換してカスタムプロファイルを表すラッピング xml を使って `Data_push_profile` を呼び出す。

(3) ユーザ定義のプロファイルを呼び出す。

`MoveArmProfile` メソッドの呼び出し例を図 6 に示す。呼び出しコンベンションは、システム組み込みのプロファイルと同様である。カスタムプロファイルを用いることで、ユーザ定義のプロファイルを作成でき、システム組み込みと同様のコンベンションでプログラミングができるようになる。したがって、第三者が追加された機能を利用する際に新たに学ぶ手間を省くことができる。

5 考察

本論文では、カスタムプロファイルによる通信を実現し、現在ではすでに公開もしている。しかしながら、実際に使ってもらったことでいくつか問題点も明らかになった。本節では技術的な側面と制度的な側面からその問題点について述べる。

5.1 カスタムプロファイル機能の公開

現在、カスタムプロファイル機能は RSNP チュートリアルサイトにて 2015 年 11 月から公開している[11]。このサイトは RSNP をこれから利用しようとしている開発者向けに作成したサイトで、RSNP ライブラリの入手方法や開発環境の構築、サンプルプログラムの紹介などを行っている。このサイトにカスタムプロファイル機能を公開することで、RSNP 利用した開発の初心者から上級者までが訪れる RSNP のポータルサイトを目指している。

5.2 カスタムプロファイル機能の問題点

5.2.1 技術的側面

3.1 節で述べたように、`Data_push_profile` を利用してカスタムプロファイルの呼び出し内容を XML 化して運搬することにしたため、カスタムプロファイル機能を使わないこれまでの FJLIB での開発以上に Java の技術が要求されるようになった。これにより、ソフトウェア開発の非専門家には敷居が高くなってしまった可能性がある。この問題に対して、現在ロボットの非専門家向け開発プラットフォームを構築することにより、ソフトウェア開発者およびロボット開発者の双方にとって開発の敷居を下げる取り組みを行っている[12]。

5.2.2 制度的側面

本論文の成果により、ユーザが自由にプロファイルを作成できるようになり RSNP の仕様にとらわれない自由な発想でサービスを開発できるようになる。しかし、ユーザがなんでも自由にプロファイルのカスタマイズできるようになると、仕様としての意義が薄れてしまうため、ユーザがカスタマイズできる範囲とルールを明確にしていくとともに、将来的にユーザが作

成したプロファイルを仕様に取り込むことができるよう、制度的な仕組みも確立させていく必要がある。

6 おわりに

ロボットサービスの統合プラットフォームとして RSNP をさらに普及・発展させるために、RSNP コンテスト参加者から様々な意見や要望を聞いた。そこで特に重要と判断したプロファイルの追加機能の実装を行った。実装方法としては、既存の `Data_push_profile` を使用し、カスタムプロファイルの呼び出し内容を XML 化して `Data_push_profile` にて運搬する方法を取っている。また、ロボットアームの制御を例に取り、カスタムプロファイル機能を利用した場合のプロファイル実装手順を紹介した。しかしながら、本成果によりユーザが自由にプロファイルを追加できるようになることで、技術的側面と制度的側面の問題点が明らかになった。今後はこれらの問題点を踏まえ、ソフトウェア開発の非専門家向けの開発プラットフォームを構築するなどして、利用しやすい環境を整えるとともに、RSNP の仕様に取り込んでいくための制度を整えていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26330299 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] RSNP 2.3仕様書 http://robotsservices.org/rsi_spec.html (visited on 2016-10-31)
- [2] OpenRTM <http://www.openrtm.org/openrtm/ja> (visited on 2016-10-31)
- [3] ROS <http://www.ros.org> (visited on 2016-10-31)
- [4] RSNP コンテスト: <http://robotsservices.org/contest/> (visited on 2016-10-31)
- [5] 土屋陽介, 成田雅彦, 加藤由花: “RSNPを利用したロボットサービスコンテストの開催報告,” 産業技術大学院大学紀要, No.6, pp.115-120 (2012)
- [6] 加藤由花, 土屋陽介, 成田雅彦: “RSNPを活用したロボットサービスコンテストの開催報告,” 計測自動制御学会学会誌, 計測と制御, Vol.53, No.3, (2014)
- [7] 土屋陽介, 成田雅彦: “ロボットサービス統合プラットフォームとしてのRSNPの課題と仕様拡張,” 第32回日本ロボット学会学術講演会, 1G1-05, (2014)
- [8] FJLIB <http://robotsservices.org/library.html> (visited on 2016-10-31)
- [9] 村川賀彦, 岡林桂樹, 神田真司, 成田雅彦, 岡部泉: “RSNPへの高信頼メッセージングの適用,” 第30回日本ロボット学会学術講演会, 3B1-6 (2012)

- [10] 泉井透, 加藤由花, 土屋陽介, 成田雅彦: “既存RTコンポーネントをRSNPを用いたインターネット上に公開する技術の検討と環境地図作成サービスの開発,” 産業技術大学院大学紀要, Vol.7, pp.89-96, (2013).
- [11] RSNPチュートリアルサイト
<http://www.robotservices.org/wiki/jp/> (visited on 2016-10-31)
- [12] 成田雅彦, 泉井透, 中川幸子, 土屋陽介, 松日楽信人, 加藤由花: “ネットワークを活用したロボットサービスのための非専門家向け開発フレームワークの提案,” 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.10, pp.807-817, (2015)

プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールの展望 —志望動機のテキストマイニング分析を通じて—

酒森 潔* ・ 三好 きよみ*

Outlook of the program design for Project Management Professional School: Based on Text Mining of Application

Kiyoshi Sakamori* and Kiyomi Miyoshi*

Abstract

In the Advanced Institute of Industrial Technology, as one of the course certification programs, it has opened a Project Management Professional School from 2010. The school is intended to people to practice project management in society, to provide an opportunity to learn the skills of project management in a variety of ways. In this report we describe, the attributes of the applicants attending the course from fiscal year 2010 to fiscal year 2015, along with the analyzes of the courses and the results. The study is carried on by analyzing the texts about the motivations and aspirations. As a result of this analysis, we noticed that initially, the proportion of those who wish to learn about the basics of project management is high. The tendency to try to learn the acquisition of systematic knowledge from the analysis of aspiring motive was also observed. After that, the transition to the tendency to learning skills through practical exercises was observed.

Keywords: Project Management, Relearn Social Person, Course Certification Program, Text Mining

1 はじめに

本報告では、産業技術大学院大学において、履修証明プログラムとして開設されているプロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールのコース設計とその目的を紹介する。そして、申し込みデータを分析し、申し込み者の属性と申し込み科目についての傾向、さらに申し込み者の志望動機について、テキストマイニング分析手法を用いて俯瞰する。

目的は、プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールにおける今後の方向性について示唆を得ることである。そこで、テキストマイニング分析手法を用いた仮説探索型のアプローチにより、得られたデータの中から傾向を見出し、コース設計に活かすことで、受講志望者とコース内容のマッチングを高めたい。

2章では、履修証明プログラムとして開設しているプロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールについて述べる。3章以下では、本プログラムへの申し込み状況について取りまとめる。まず、3章では、2010年度から6年間の申し込み状況について、4章では、申し込み者の志望動機をテキストマイニング分析手法を用いて分析した結果について述べる。5章では、今後のプログラムに向けての展望を取りまと

めている。

2 履修証明プログラム:プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクール

本章では、履修証明プログラム、および履修証明プログラムの一つであるプロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールの内容を紹介する。

2.1 履修証明プログラム

履修証明プログラムは、2007年の学校教育法の改正で新設された履修証明制度に沿ったものである[1]。特定の教育プログラムを履修し、規定された科目群を単位取得するなど、プロクセラムの定める要件を修了することによって履修証明書の発行を受けられる。履修証を受けた者は厚生労働省の定めるジョブ・カードにその旨を記載することができる。

産業技術大学院大学では、これまでもAIIT単位バンク制度やOPIの講座等を活用して、多様な学修機会を提供しており、履修証明プログラムもその一つである。履修証明プログラムとしては、人間中心デザイン、情報セキュリティ、プロ

プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールの各プログラムを開設してきている[2].

2.2 プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクール

プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールは、履修証明プログラムの一つとして、2010年度から開設されている。平日夜と土曜に開講しており、プロジェクトマネジメントに関する基本的な知識から、プロジェクトマネージャとしての人間力まで幅広い科目で構成されている。プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールは、以下のようにプログラム設計を行っている[3].

1) 目的

このスクールの目的は社会においてプロジェクトマネジメントを実践する人に、さまざまな視点でプロジェクトマネジメントのスキルを学ぶ機会を提供することである。

プロジェクトマネジメントの経験や知識のない人についてはプロジェクトマネジメントの基礎を解説し、知識はあるが具体的にどのように実践するか知りたい人には仮想のプロジェクト実施環境を提供し訓練の場を提供する。さらにすでにプロジェクトマネジメントのベテランには、プロジェクトマネジメントを体系化して俯瞰することで、自らのレベルアップや後進の指導のための知識を提供する。さらに、プロジェクトマネジメントの国際的な資格である PMP や情報処理技術者試験 (PM) の受験を考えている人には、合格を目指しての指導も行う。

2) 対象

このコースの対象者は、これからプロジェクトリーダーやプロジェクトマネージャとして仕事をしようとしている人をはじめ、多くのプロジェクトをこなしてきたベテランのプロジェクトマネージャまで幅広く対象とする。

このほか、複数のプロジェクトを支援する PMO 部門のスタッフや、複数のプロジェクトを統括する上位のマネジメントも対象である。

3) コース, 科目

2017年度のプロジェクトマネジメント・プロフェッショナル・スクールは、正規学生も受講しやすいように大学院の学年歴に合わせて3つのユニットに分けて開講されている。

ユニット1は、夏休みから後期の講義開始前までに、PMBOK[4]入門、プロジェクトマネジメントの基礎、PMP 受験対策講座、プロジェクト・リスク・マネジメント、イノベーションのためのアジャイルプロジェクトマネジメントの基礎、リタイル PM シミュレータの6科目、合計67時間を開講する。このユニットは、主にプロジェクトマネジメントの基礎的な科目で構成される。

ユニット2は、大学院の第3四半期に合わせて、受注プロ

ジェクトの管理、システム開発プロジェクト管理(本学の正規講義)、実践プロジェクトマネジメント演習(PBL方式)の3科目、62.5時間を開講する。このユニットは、プロジェクトマネジメントを実務で実践するための科目が中心である。

ユニット3は、大学院の第4四半期に合わせて、プロジェクトマネジメントのツールと技法(正規講義)、IT経営プロジェクト、情報処理技術者 PM 試験対策コース、メンタリング・コーチング、コミュニケーション・ネゴシエーション、事例研究の6科目、72時間を開講する。このユニットはコースの締めくくりとして、ベテランプロジェクトマネージャに必要な応用能力や、ヒューマンスキルを学ぶ科目で構成される。

2016年度は、合計14科目201.5時間のプロジェクトマネジメントに関する講義を提供するが、これらのほとんどの科目はコースを開始した2010年度から継続的に開講されているものである。本来履修証明プログラムとしては、120時間以上の講義科目の合格が必要であるが、これを分割して計画的に受講できるように、科目単位の受講を認めている。また、大学院の正規の科目も含まれており、この科目を申請して受講すると、将来正規入学した場合に既得単位と認定を受けることも可能である。その他の科目は、社会人の利便性を考慮し、長期間大学に通う必要がないように、休日や土曜日に1日で完結する様な講義の設計を行なっている。2016年度の開講科目を表1に示す。

表 1 :2016年度開講科目

	科目名	コース・レベル	時間(h)
ユ ニ ツ ト 1	PMBOK 入門	初級	14.0
	プロジェクトマネジメントの基礎	初級	14.0
	PMP 受験対策講座	受験対策	21.0
	リスクマネジメント	中級	6.0
	アジャイルプロジェクトマネジメント概要	中級	6.0
計			59.0
ユ ニ ツ ト 2	受注プロジェクトの管理	中級	12.0
	システム開発プロジェクト	中級	22.5
	実践プロジェクトマネジメント演習	上級	28.0
計			62.5
ユ ニ ツ ト 3	プロジェクトマネジメントのツールと技法	中級	24.0
	IT経営プロジェクト	上級	18.0
	情報処理技術者 PM 試験対策コース	受験対策	12.0
	事例研究	上級	6.0
	メンタリング・コーチング	ヒューマン	6.0
	コミュニケーション・ネゴシエーション	ヒューマン	6.0
計			72.0
合計			201.5

3 受講志望の状況

本章では、2010年度から2015年度までの申し込み者の属性、申し込みコース、科目について述べる。

3.1 申し込み者、申し込みコース

1) 申し込み者の内訳

2010年度から2015年度までにのべ121名が志望している。属性をみると、男女比 117:4と男性が97%である。年代の内訳を表2に示す。30歳代、40歳代が多く申し込んでいるのがわかる。また、所属の内訳を表3に示す。現役の学生32名26%、修了生4名、その後入学した者7名である。企業教育として利用しているケースもある。2012年度4名、2013年度8名、2014年度2名、2016年度12名、合計26件が、企業研修としての申し込みであった。

表2：申し込み者の年代

年代	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
20歳代	1		3	4	2		10
30歳代	11	5	8	9	6	8	47
40歳代	4	5	5	8	6	15	43
50歳代	2	2	2	4	3	7	20
60歳代	1						1
計	19	12	18	25	17	30	121

表3：申し込み者の所属

属性	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
一般	10	7	11	23	15	23	89
(企業研修)			(4)	(8)	(2)	(12)	(26)
(受講後 AIIT 入学)	(2)		(1)	(4)			(7)
(AIIT 修了生)				(1)		(3)	(4)
AIIT 学生	9	5	7	2	2	7	32
計	19	12	18	25	17	30	121

2) コースごとの受講者数

2010年度から2015年度の期間において、科目数で、のべ438件の申し込みがあった。1回の申し込みで志望する科目数は、1科目から12科目であり、平均3.6科目、最頻値は、1科目31件、2科目25件であった。

表4は、開設科目をコースごとに分類した申込数を示している。ここでいうコースとは、科目の内容によって、それぞれ初級、中級、受験対策、上級、およびヒューマンに分類したものである。

表4：コースごとの科目の申し込み数

コース	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
初級	19	15	23	36	12	5	111
中級	14	12	24	44	19	16	129
上級	11	6	9	15	6	22	69
受験対策	—	0	0	6	3	13	22
ヒューマン	21	9	33	25	12	7	107
計	65	42	89	126	52	64	438

3.2 考察

申し込み者の属性からは、現役の学生が正規の科目を履修しながら、さらに学びたいという者が一定数存在していることがわかる。また、修了後も学びたい者も若干であるが、存在している。このプログラムの受講後、正規の学生として大学院に入学している者が7名存在しており、本プログラムで学んだ結果、より広く深く学びたいという意識が芽生えた可能性が示唆される。企業研修としての受講では、スキル習得と合わせて、他の受講生と積極的に関わることを目的としている企業もあり、受講の結果、視野を広げることにつながったなどの成果が報告されている[5]。

また、年度別のコースごとの申し込み数からは、初級への申し込みが減少し、中級、上級へと遷移していることがわかる。また2015年度は、受験対策が増加している。プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールへの期待として、PMPや情報処理技術者試験(PM)への対策が高まっていることが考えられる。

4 開催年度ごとの志望動機の傾向分析

本章では、申し込み者の志望動機についての分析方法と開催年度ごとの傾向分析結果を述べる。

4.1 分析方法

分析対象としたのは、2010年度から2015年度までの志望者が提出した書類121件の志望動機の部分である。そこには、申し込み者が日頃の業務において抱えている問題や学びの動機が書かれている。

テキストマイニング分析の実施には、「KH Corder」を利用した[6]。分析にあたって一定のルールに沿って対象データを成形しておく必要は生じるが、比較的容易に分析を行うことが可能であるとともに、マネジメント系を含む幅広い分野の調査研究で利用された実績を有している。

4.2 データ全体像からの傾向分析

1) 頻出語の抽出

まず、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。ここでは、志望動機として書かれている文章の中に出てくる言葉をカウントしている。1件の志望動機の中に複数回カウントされているものもある。なお、固有名詞、組織名、人名、地名等は除外している。頻出語上位60語を表5に示す。なお、出現回数が同数のため61語掲載している。121件の中で、例えば、「プロジェクト」が674件、「マネジメント」が316件出現しているのがわかる。

2) 複合語、および未知語を考慮した分析

1) で述べたように、「プロジェクト」、「マネジメント」は志望動機の中に、高い割合で出現している。これら

の語が実際の志望動機の中でどのように出現するのかを確認したところ、「プロジェクト」は、「プロジェクトマネジメント」といったように、それぞれが異なる文脈で用いられていることが多いことが判明した。

表5 : 頻出語リスト (上位 60 語)

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
プロジェクト	674	感じる	44
マネジメント	316	手法	42
知識	243	仕事	39
管理	228	自身	38
受講	204	資格	37
経験	166	基本	36
業務	157	活かす	35
学ぶ	145	経営	35
考える	142	勉強	33
プログラム	100	社内	32
スキル	95	情報	32
システム	94	理解	32
開発	90	活用	31
思う	86	希望	31
体系	84	携わる	31
行う	83	スケジュール	30
基礎	81	講義	30
志望	77	担当	29
実務	74	科目	28
ユニット	68	試験	28
マネージャ	66	キャリア	27
履修	66	向上	26
実践	64	使用	26
取得	63	受験	26
習得	63	職場	26
技術	58	多い	26
会社	54	得る	26
必要	54	サービス	25
自分	50	企業	25
証明	48	研修	25
学習	45		

そこで、これらを可能な限り区別して分析するため、形態素解析システムを用いて、「プロジェクトマネージャ」「プロジェクトマネジメント」等といった複合語の形で区別し抽出した上で分析を行うことにした。形態素解析には、茶筌[7]を利用した。今回対象とした志望動機からは、1254 語の複合語が抽出された。これらのうち 10 件以上出現した複合語の中から、プロジェクトマネジメントの専門用語をはじめとする以下の語を複合語として考慮した。

複合語として考慮した語：

プロジェクト管理、プロジェクト管理特論、プロジェクトマネージャ、プロジェクトマネジメント、プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクール、プロジェクトリーダー、履修証明プログラム、科目履修生、進捗管理、リスク管理、スケジュール管理、システムエンジニア、キャリアアップ、レベルアップ

また、アルファベットで綴られる語は、未知語として識別さ

れ、頻出語の対象とならない。そのため、以下の語を強制抽出の対象とした。

強制抽出の対象とした語

MS-Project, IT, PMBOK, PMI, PMO, PMP, PDU, PBL, WBS, OJT, SIer, SE, WEB

さらに、動詞、および名詞から、一般的に使用されており、どのような文章にも表れ、志望動機に関連しないと思われる以下の語を除外した。

除外対象の語：

思う、行う、考える、感じる、携わる、志望、希望、受講、履修、講義、授業、科目、ユニット

以上のような複合語、未知語を強制抽出対象とし、除外語を登録した上で、再度テキストマイニングによる分析を実施した。その結果である複合語、および未知語を考慮した頻出語の上位 60 語を表 6 に示す。なお、出現回数が同数のため 61 語掲載している。

表6 : 複合語を考慮した頻出語リスト (上位 60 語)

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
プロジェクトマネジメント	231	資格	34
知識	219	経営	33
プロジェクト	196	社内	31
経験	148	理解	31
業務	140	情報	30
学ぶ	138	勉強	30
スキル	87	活用	29
体系	82	MS-Project	26
基礎	78	得る	26
プロジェクト管理	75	職場	25
開発	75	担当	25
PMBOK	73	企業	24
IT	72	機会	24
実務	71	向上	24
システム	68	受験	24
プログラム	62	ツール	23
管理	60	導入	23
実践	60	能力	22
習得	59	サービス	21
取得	56	不足	21
プロジェクトマネージャ	53	顧客	20
必要	53	構築	20
会社	52	整理	20
PMP	51	方法	20
マネジメント	46	メンバー	19
学習	41	リスク管理	19
手法	40	効率	19
基本	36	作業	19
技術	36	知る	19
仕事	36	部門	19
活かす	35		

3) 共起ネットワーク

共起ネットワークとは、出現パターンの似通った語、すなわち共起の程度が強い語を線で結んだネットワークのことであ

る。頻出語上位 60 語の共起ネットワークを図 1 に示す。共起の程度が強いほど線が太くなり、使用頻度の高い語の円が大きくなる。

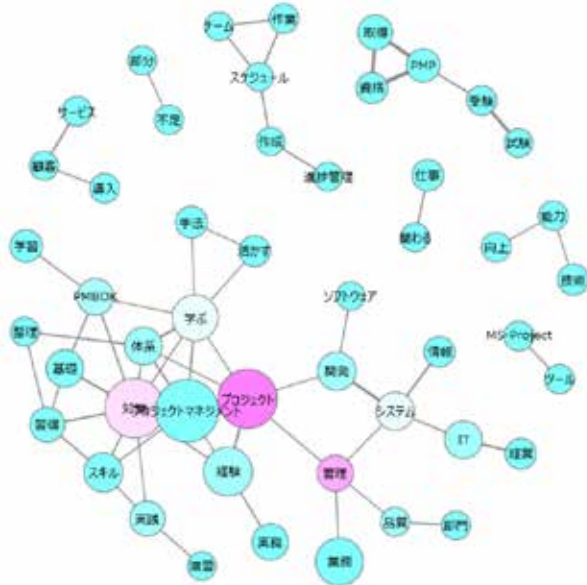


図 1 : 共起ネットワーク(上位 60 語)

4.3 開催年度ごとの特徴

1) 年度に特徴的な語からの分析

開催年度ごとの特徴語をみた結果を表 7 に示す。表中の値は、Jaccard[8]の類似性測度である。2010 年度は、「業務」「プロジェクトマネジメント」、2011 年度は、「プロジェクト」「MS-Project」、2012 年度は、「基礎」「知識」、2013 年度は、「経験」「プロジェクト」、2014 年度は、「プロジェクトマネジメント」「学ぶ」、2015 年度は、「IT」「システム」が上位に挙がっていることがわかる。

表 7 では、例えば、2011 年度には頻出するが、他の年度にはあまり出現しないような特徴的に表れる語や年度に共通に頻出する語が一見して判りにくい。そこで、年度同士の共起関係を図 2 に示す。この図からは、どの年度にも「プロジェクトマネジメント」、「プロジェクト」「業務」が頻出していることがわかる。また、2011 年度は、「MS-Project」「担当」、2012 年度は、「マネジメント」「学習」、2013 年度は、「実務」、2014 年度は、「プログラム」「会社」、2015 年度は、「手法」「IT」が、その年度にのみ特徴的に出現している語であることもわかる。また、2010 年度、2012 年度、2013 年度は、共通した特徴語とし「PMBOK」「知識」「体系」「経験」「学ぶ」が共通して特徴的な語であることがわかる。

2) 年度に特徴的な語からの対応分析

1) でみられた、開催年度と志望動機との関係を可視化するため、対応分析を実施した。結果を図 3 に示す。この図では、出現パターンに取り立てて特徴のない言葉が、原点(0,0)に付近にプロットされる。また原点から見て、「2010」

の方向にプロットされ、かつ原点から離れている言葉ほど、「2010」を特徴づける言葉と解釈できる[9]。各軸に記載されている値は、それぞれの成分の寄与率である。寄与率は、データの全情報量に対して、どの程度の情報量を個々の主成分が集めたかを示す比率である。ここでは、2 つの成分による累積寄与率(合計値)は、約 60%であり、「差異が顕著な上位 60 語」の 6 割程度がこれら 2 つの成分で説明されていることになる。

図中における左右の位置関係は、「成分 1」の寄与率である。「2012」「2013」と「2014」「2015」は、原点を挟んで、対極的な位置になる。ここからは、特徴が対極的であることがわかる。上下の位置関係は、「成分 2」の寄与率である。「2011」は、原点に非常に近い。「2015」も比較的原点に近い。これらは、取り立てて特徴はないことがわかる。「2012」と「2015」、「2013」と「2014」はそれぞれが比較的通った特徴を持ち、「2010」と、「2013」「2014」とは対極的な特徴があることがわかる。

表 7 : 特徴語リスト(開催年度別)

2010 年度		2011 年度	
業務	.111	プロジェクト	.089
プロジェクトマネジメント	.104	MS-Project	.087
知識	.102	プロジェクトマネジメント	.075
プロジェクト管理	.092	スキル	.063
体系	.079	業務	.062
学ぶ	.079	担当	.060
PMBOK	.072	PMBOK	.055
実践	.066	プロジェクト管理	.055
経営	.058	習得	.053
実務	.057	実践	.053
2012 年度		2013 年度	
基礎	.119	経験	.199
知識	.115	プロジェクト	.161
学習	.104	プロジェクトマネジメント	.156
業務	.089	知識	.152
PMBOK	.086	学ぶ	.117
経験	.078	体系	.092
マネジメント	.074	実務	.092
体系	.066	スキル	.091
プロジェクト管理	.063	システム	.082
進捗管理	.058	基礎	.080
2014 年度		2015 年度	
プロジェクトマネジメント	.086	IT	.101
学ぶ	.079	システム	.073
開発	.077	手法	.065
スキル	.072	開発	.061
プログラム	.064	実践	.060
環境	.055	社内	.059
会社	.055	活かす	.054
プロジェクトマネージャ	.048	プログラム	.053
取得	.041	情報	.052
経営	.041	PMP	.051

各語の分布に着目すると、「2010」は「知る」、「2011」は、特徴付ける言葉は見当たらず、「2012」は、「PMBOK」、「2013」は「スキル」、「2014」は「プログラム」、「2015」は、「IT」「計画」といった言葉が各年度を特徴付けているといえる。

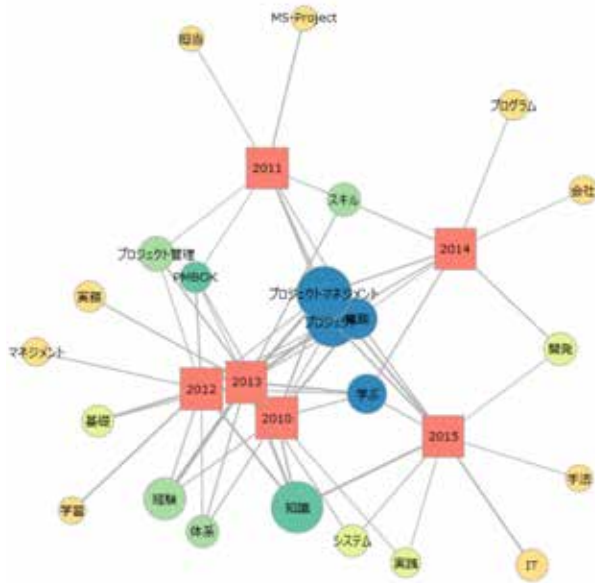


図 2 :開催年度の共起ネットワーク(上位 60 語)

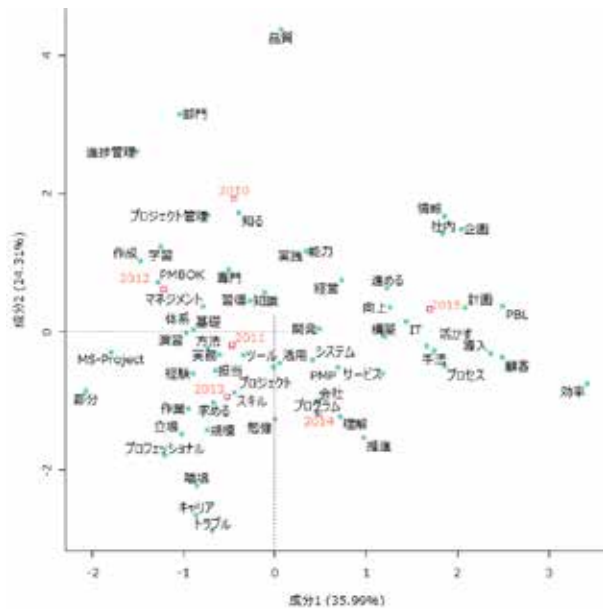


図 3 :対応分析からみた開催年度の特徴 (差異が顕著な上位 60 語による)

5 おわりに

本報告では、2010 年度から 2015 年度に開催された履修証明プログラム:プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールについて、申し込み状況を分析するとともに、申し込み者の志望動機を対象として、テキストマイニング分析を行うことにより、その実態を俯瞰してみようと試みた。

分析からみえてきたことの一つとして、申し込み者の志望する科目のレベルが初級から上級へと遷移しているということがある。開設した 2010 年度当初は、プロジェクトマネジメントの基本を学ぶ科目を志望する者の割合が高く、志望動機の分析からも体系的な知識の習得を習得しようとする傾向がみられた。年度を追うごとに、基本を学ぶ科目への申し込み数の割合は減少し、受験対策、および、演習実践型の科目への申し込みの割合が増加している。また、直近の 2015 年度の特徴として、手法を学んで実践に活かしたいという傾向がみられた。ただし、企業研修として、特定の企業からの参加者が全体の 40%であり、この点は考慮する必要がある。

今回の分析結果を活かし、社会人大学院で実施するプロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクールとしてのプログラム設計を行っていききたい。

参考文献

- [1] 文部科学省：“履修証明制度について”，http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shoumei/, 2009.(visited on 2016).
- [2] 産業技術大学院大学：“履修証明プログラム”，http://aiit.ac.jp/certification_program/, 2016.(visited on 2016)
- [3] 産業技術大学院大学：“プロジェクトマネジメント・プロフェッショナルスクール”，http://aiit.ac.jp/certification_program/project_management/,2016. (visited on 2016)
- [4] Project Management Institute: 「プロジェクトマネジメント知識体系ガイド (PMBOKガイド) 第5版」, PMI, 2013.
- [5] 三好きよみ：若手技術者向け人材育成体系とプロジェクトマネジメント教育, Journal of the Society of Project Management 17 No.2 , 2015.
- [6] 樋口耕一：テキスト型データの計量的分析-2つのアプローチの峻別と統合-,理論と方法, Vol.19, No.1, pp.101-115, 2004.
- [7] 松本裕治：形態素解析システム「茶筌」,情報処理, Vol.41, No.11, pp.1208-1214, 2000.
- [8] Romesburg, H. C. : *Cluster Analysis for Researchers*, Lifetime Learning Pub, 1992.
- [9] 樋口耕一：「社会調査のための軽量テキスト分析-内容分析の継承と発展を目指して-」,ナカニシヤ出版,pp.41-42,2014.

専門職大学院での意匠造形の CAD 技能教育における学習者モデルと技能修得手段

網代 剛*・村田 桂太*

The Learner Model and The Measures of Skill training of Design Modeling CAD at Professional school

Tsuyoshi Aziro* and Keita Murata*

Abstract

There are certain measures in problem-solving learning and various motivations for a learner. Efficient learning techniques should be selected based on the purposes someone has while learning. Through the observation of the models of problem solving processes and the activities of professionals of design, the learning objective should be defined as a cognitive skill to create alternative plans which can then be realized technically. The learner should be modeled as a businessman without meta cognitive skills. The path towards achievement should be defined as a cyclic process of repeated trainings and confirmation of cognitive skills. In this research, some practices of CAD training are described.

Keywords: Skill training, Professional School, CAD, Learner Model, Learning script

1 背景

今日、我が国では、社会・経済の変革に対応した職業人を育成するための「学びなおし」[1]や、定型的な処理だけでは対処しきれない問題を解決する能力の育成[2]を政策的に推進し、限られた期間内で効率的に学習の成果を出すことが求められている。本研究が対象とする「専門職大学院における CAD 技能教育」は、技能の修得と問題解決能力の育成が、同時に求められる複合的な学習であり、これら 2 つの政策の共通部分に該当する。

現在、問題解決学習では、複数の立場が併存している。学習内容についての、コンピテンシー・スタンダード[3]など、観察可能な行動とする立場(行動主義)と、様々な問題に適用可能な汎用的技能[4]とする立場(構造主義)、学習手段についての、アクティブラーニング[5]など学習者の活動と他の学習者との比較を重視した推論とする立場(社会的構成主義)、問題解決の方略や学習の方略などの認知的方略を重視した推論[6]とする立場(認知的構成主義)と、学習者に解及び解への到達過程を明示する立場(教示主義)などである。

これらの立場には、学習内容と機会コストとのトレードオフ関係に応じたメリット、デメリットがある。学習手段についての教示主義の立場では、学習目標および目標への到達過程を含む学習内容を、学習者の状態、失敗からの回復過程な

どを、すべて事前にスクリプトとして記述する。このため、適切なスクリプトが記述できれば、学習環境を、学習の前提となる知識・技能を個々の学習者に最適化したり、反復練習や分析のために同じ環境を再現したりと学習環境の統制が容易で、かつ学習の過程も事前に確定できるので、学習の機会コストを低く抑えるメリットが期待できる。しかし、学習内容が複雑になると、スクリプトの記述が困難になるデメリットがある。社会的構成主義および認知的構成主義は、ともに、学習目標および学習過程を含む学習内容の一部または全部について、学習者の推論による修得を期待する立場である。学習内容が複雑であり、教示主義でのスクリプトが記述できない場合に、学習者の自律的な学習が期待できるメリットがある反面、推論は失敗からの回復や、代替案の発想および比較と評価などの過程であり、事前に過程を確定できず、場合によっては学習者が解に到達できない可能性もあるなど、機会コストの面でデメリットがある。社会的構成主義の立場では、推論について、学習者の活動と他の学習者の活動との比較による相違点の分析を重視し、認知的構成主義では、分析法、認知負荷、転移などの認知的方略を重視する。認知的方略は単純な技能と比べて複雑であるが、これをスクリプトに記述できれば、学習の機会コストの削減が期待できる。認知的方略を「見方・考え方」として明示的なスクリプトの構成を試みるアプローチ[7]がある一方で、必ずしも明示的ではないが、他の学習者との相互作用による認知的方略の修得を

期待するアプローチ[8]がある。(図1参照)。

実務家教育では、社会・経済の変革に対応して、学習者の目的も、学習者の目的も、先端技術の開発だけでなく、技術を用いた製品開発、NPO など市民活動など、多様化していると考えるのが妥当である。たとえば、企業において機械設計を専門としていたエンジニアが、職位の上昇に伴いプロジェクトの統括を任せられ、これまで専門外であった意匠設計等の部署と折衝する必要が生じた場合、たとえば、行政機関において福祉の政策を立案するために、ロボットの技術を政策に取り入れる必要が生じた場合などは、十分に想定できるケースである。さらには、今日の産業技術は、例えば防災、人工知能や医療のように技術を使用する人の対応が、技術の発展の方向に大きな影響をもつものが少なくないので、技術の利用者としての学習も、今後大きな社会的意義をもつようになるかも知れない。

このような状況では、特定の立場や手段で、すべての目的に対応しようとするのは、合理的ではない。目的に応じた学習内容の定義と同時に、学習内容に応じたメリット、デメリットを勘案した手段の選択が不可欠である。選択を適切に行うために、目的と手段の組み合わせによる効果を明らかにしてゆく必要がある。

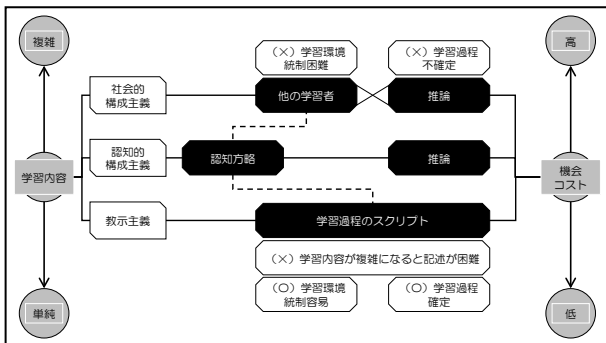


図1: 問題解決学習における複数の立場

2 目的

本稿では、多様な目的と手段の組み合わせの具体例として、専門職大学院における CAD 技能教育について、学習の効果の探索するために、学習目標、学習者モデル、学習手段の定義を試みる。

3 学習目標

本稿が対象とする意匠造形の領域では、CAD をはじめとするデジタルファブ리케이션技術の普及により、これまで、専門的な職能であった技能の多くの部分がデジタル機器によって代替されつつある。これは、産業としての生産性向上だけではなく、これまで専門外であった人材の当該領域への参入を促し、職務の遂行上必要だが必ずしも意匠造形を専門的な職能としない人材を現実的なものとしている。しかし、

そのような人材が修得すべき CAD 技能は、具体的にどのようなものであるのかは、必ずしも明らかではない。そこで、職務の遂行上必要だが必ずしも意匠造形を専門的な職能としない人材が修得すべき CAD 技能を定義する。本稿では、多様な目的と手段の組み合わせの具体例として、専門職大学院における CAD 技能教育について、学習の効果の探索するために、学習目標、学習者モデル、学習手段の定義を試みる。

3.1 原稿

意匠造形を問題解決過程に対応させて考察する。本稿では、問題解決過程のモデルに、松田[9]による「縦糸・横糸モデル」を用いる。「縦糸・横糸モデル」は、縦軸に「目標設定、代替案発想、合理的判断、最適解導出」という過程を据え、横軸に、「情報収集、処理、まとめ」という活動を据えることで、問題解決手順の全体像を示す。後者を繰り返しながら、前者の過程を進めるが、その際、覚えるべき内部知識(図中の雲型のアイコン)を活用しながら、参照すればよい外部知識(同じくドラムのアイコン)を情報収集し、さらに別の内部知識を活用しながら、情報処理を行って、各過程のアウトプットへとまとめていくと想定する。過程ごとの「見方・考え方」は記憶し活用すべき内部知識であると同時に、領域固有の知識を内部記憶とするか、外部記憶とするかを判断する基準でもある。「見方・考え方」を活用し、各過程で必要なアウトプットは何かを意識することで、問題解決の作業が前に進み、解を導くことができるとするモデルである(図2参照)。

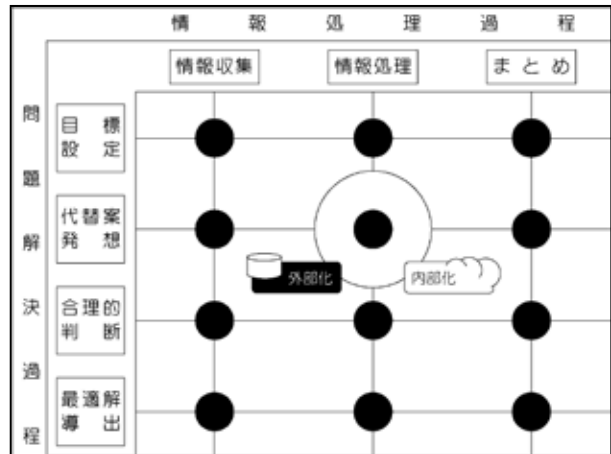


図2: 縦糸・横糸モデル

「縦糸・横糸モデル」のメリットは、問題解決過程を分割し、過程ごとの学習の設計を容易にすることである。目標設定過程では、プロジェクトの要求、技術的な可能性について情報収集し、目標を構成する要素と要素間のトレードオフ関係を定めることで、あいまいさを可能な限り排除した目標をアウトプットする。代替案発想過程では、目標、および目標を実現する技術について情報収集し、目標と技術を対応付け、合理的な評価が可能な複数の代替案をアウトプットする。合理

的判断過程では、代替案、および評価法、代替案及ぼす影響についての情報を収集し、多様な良さを考慮しつつ検証することで、最適解を導出するための代替案の評価をアウトプットする。最適解導出過程では、代替案の評価、およびステイクホルダーなど、諸条件について情報収集し、多様な良さ、トレードオフ関係を考慮しつつ推論することで、最適と判断できる解をアウトプットする。

本稿では、目標と技術を結び付ける技能の修得過程を、技能を構造化し転移させるための学習活動のメタ認知技能の学習として設計できること、および多数の試作による反復練習の設計が容易であると期待できることから、代替案発想過程を対象とする。

3.2 実務家の活動の考察

代替案発想過程における出力の事例として、ものづくりの実務家の代替案を考察する。ものづくりの実務家は、たとえば、乗用車設計の目標を「高級な乗用車を部品の工作精度による静粛性」と定義して、具体的な加工法や組み立て法による代替案をアウトプットしたり、「造形の独自性」と定義して、具体的な曲面の構成法や色彩による代替案をアウトプットしたりする[10]。また、テレビドラマのガイドブックでは、目標を「爽やかな朝のドラマ」に対しては「陰影の薄い写真」、「重厚なドラマ」に対しては「陰影の濃い写真」と定義づけ、各目標に対して、照明の角度と反射の制御法による代替案をアウトプットする[11][12]。これらの代替案は、センスと呼ばれるような再現が困難な特殊な人的属性によるものによっても、ある種の法則によっても、完全に説明できるものではない。法則に則りつつも、解にはある程度の幅があると考えるのが妥当である。

たとえば、乗用車は多数の部品から構成されており、工作精度だけを取り上げても、それら部品の組み合わせは、膨大な数になることは明らかであり、すべての組み合わせを検証したうえでの最適解を期待するのは、現実的ではない。物理や工学の法則に則りつつも、代替案は、推論に基づく、ある程度の幅をもった解の候補の集合と考えるべきである。同様に、プロダクトデザインの領域では、コンポジションと呼ばれる、ダイナミック、安定といった言語情報に対応する、空間での形状の配置についての法則がある[13]。また撮影の領域では、営業職の証明写真、会社幹部の肖像といった言語的な情報を、物理的な法則に支配されているスタジオライトの照射角度と反射で陰影を制御することで対応する。しかし、こうした代替案を発想できる実務家が、代替案の特徴を、特殊な事例から、他の事例に転移可能な構造として明確に記述できるとは限らない。そこで、職務の遂行上必要だが必ずしも意匠造形を専門的な職能としない人材が修得すべき CAD 技能を次のように定義する。

・必ずしも、特定の実務家の代替案を再現するとは限らないが、ある程度近似的な解として、代替案発想過程における代

替案を、目標に対して、技術的な法則によって操作可能な複数の代替案をアウトプットできること。

3.3 学習目標の細目

修得すべき技能である「技術的な法則によって操作可能な複数の代替案をアウトプットできること」は、単純な反復練習では修得が困難な複雑さをもつ認知方略である。同時に、ブルーナが「学び方を学ぶ」として指摘した問題解決学習におけるメタ認知技能[6]の具体的細目に相当する「見方・考え方」に符合するものである(図3参照)。認知的方略の修得手段の代替案は、学習者の推論による構成を期待する(構成主義)と、学習過程のスクリプトによる明示的な教示(教示主義)が考えられる。本稿では、機会コストを優先し、「技術的な法則によって操作可能な複数の代替案をアウトプットできる」技能の修得過程のスクリプトを記述する(図4参照)。

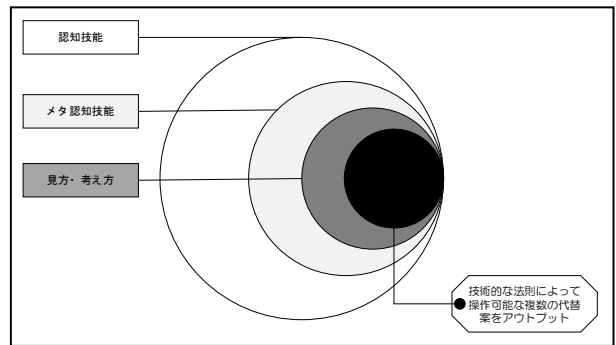


図3: 学習目標の位置づけ

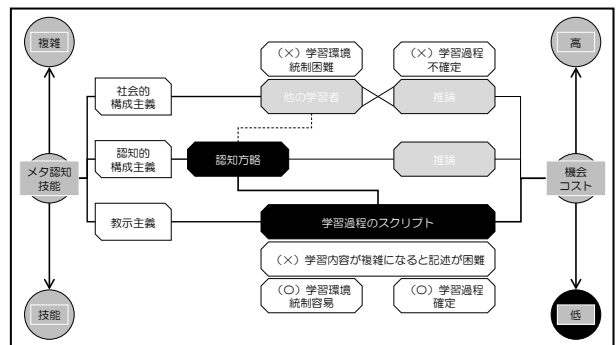


図4: 技能修得の手段の選択

学習活動のメタ認知技能を習得するためには、まず、記憶の対象を選択できるようになることが必要である。行動主義的教育観に立つと、学習者は、具体的な行為を記憶し再現できれば良いことになり、問題に対する解を1対1対応で記憶すればよい。一方、構造主義的、認知主義的教育観に立つと、学習者は、他の領域への転移が可能な構造を記憶することになる。

人の認知は現象に強く影響されており[14]、特定の現象において高度な問題解決の能力を発揮する学習者が、異なる領域では、稚拙な出力しかできない場合は少なくない。特定領域に依存した知識・技能を、異なる現象へ転移させるた

めには、適切な情報変換が必要である。松田[15]は、数学的な問題解決過程について、現象世界の事象を、数学世界の記号や構造に変換するなど、情報変換の系列として細分化する観点に立ち、「数学的な見方・考え方」を定義している。たとえば、プロジェクトにおける失敗のリスクを、確率的な期待値として処理するのか、確率的に十分あり得るかあり得るとは考えにくいのかの択一で処理するのか、あるいは、いくつかのメリット、デメリットのトレードオフとして処理するのかを考える場合、現象を数学的な構造と対応させるよう記号化、抽象化し、他の現象に転移可能なように一般化し、必要なものは内部知識化するなど、学習活動を具体的な手順として明文化することで、知識・技能を他の領域に転移させたり、操作が容易な構造に変換したり、既成の解法を選択したりすることで、効率的な問題解決が期待できる。

人の作業記憶は限られているため、多数の問題を同時に処理することは困難である。問題解決では、技術的な領域に依存した知識・技能を内部知識化することで、推論の認知負荷を軽減し、より高次元の課題を処理できるようになる[6]。人間の処理を真似た人工知能の設計においても、処理対象の適切な設定をフレーム問題と呼び、設計の大切な要素であるとされる[15]。人の学習においては、前提となる知識・技能を反復練習によって獲得することで、問題解決に向けた認知負荷を制御することが重要になる。たとえば、プロダクトデザインにおける色彩の構成では、色をプリズムによる分光に見立てて、 360° の角度に対応付け(①現象→数値への転移)、この角度の近い⇄遠いで、同一、類似、近似、補色などの用語(概念)を定義する(②数値→概念への転移)[13]。①現象→数値への転移は、②数値→概念への転移の前提となる知識・技能であるが、①現象→数値と②数値→概念を同時に処理するよりも、②数値→概念だけを処理する方が、効率が良いのは明らかである。そこで、①現象→数値への転移を、反復練習により、いちいち考えなくても処理できる状態に(チャンク化)することで、学習の効率改善およびより高次の課題への対処が期待できる。筆者らは、これを「分数モデル」として体系づけている。「分数モデル」では、チャンク化すべき技能を分母、高次の認知方略を分子に見立て、より高次の認知方略を修得するには、まず技能を反復練習によってチャンク化し、認知負荷を最適化する必要がある(図5参照)。

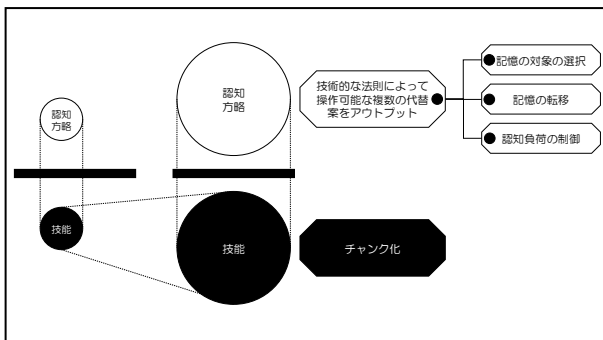


図5: 分数モデル

考察をふまえて、最上位の学習目標である「技術的な法則によって操作可能な複数の代替案をアウトプットできること」について、次のような下位目標を定める。

- (1) 記憶する対象を選択できるようになる。
- (2) 現象から構造を抽出し、構造の操作によって問題を解決できるようになる。
- (3) 領域固有の技能を内部記憶化することで、認知負荷を最適化できるようになる。

4 学習者モデル

学習目標に対応した学習者の初期状態、および学習の障害を想定する。学習者は、学校教育、実務での OJT を通じて、行動主義的に、正しいとされる方法のみを記憶する以外の学習を経験していないため、記憶の対象を自分の意志で切り替えることができないだけでなく、記憶の対象を選択するという活動そのものを具体的に想像することができない状態と想定する。次に、現象から構造を抽出し、構造にしたがって操作することで問題を解決するためには、ある種の技能が必要であるが、具体的な技能、および技能の修得過程を知らないだけでなく、現象から構造を抽出する技能を習得するという活動そのものを具体的に想像することができない状態と想定する。さらに学習者は、領域固有の技能を内部記憶化し、認知負荷を軽減することで、より高次の問題解決が可能になることを知らないため、見通しのあいまいな学習しかできず、結果として稚拙な代替案しかアウトプットできない状態と想定する。

5 学習のスキプト

学習者モデルの初期状態を、学習目標に到達させる経路を記述する。初期状態は、(1) 記憶の対象が選択できず(2) 記憶を転移させることができず(3) 認知負荷を最適化できない状態である。はじめに(3) 認知負荷を最適化する技能を、複合課題に挑戦し、その後、単純課題の反復練習で単純な技能をチャンク化し、複合課題に挑戦し、初期の複合課題と反復練習後の複合課題を比較し、技能をチャンク化することの効果を明らかにする(複合課題に失敗した場合は反復練習に戻る)。次いで、同じ構造をもつ異なる課題を提示し、同様に単純課題の反復練習、複合課題への挑戦を実施し「認知負荷を最適化する技能」が異なる課題に転移し得ることを明らかにする(複合課題に失敗した場合は反復練習に戻る)。さらに、異なる課題を提示し、単純課題の反復練習、複合課題への挑戦を実施し、技能を転移させるために記憶すべき内容として「技術的な法則によって操作可能な複数の代替案をアウトプットできる」を明らかにする(複合課題に失敗した場合は反復練習に戻る)。原理的には、このスキプトで学習

を進行させるが、単純課題と複合課題における学習者の技能的な躓き、「認知負荷最適化」、「技能の転移」、「記憶内容の選択」、それぞれの認知的技能について、理解および修得の躓きを、探索的な実験で明らかにしておく必要がある(図 6 参照)。

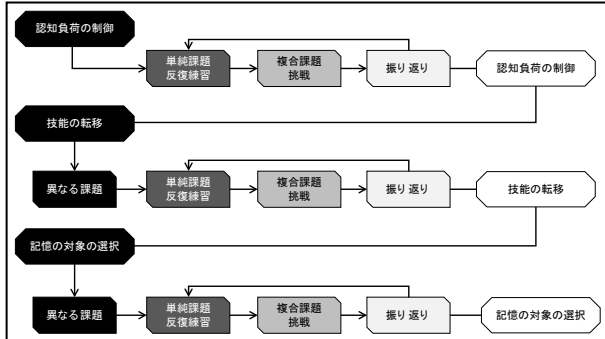


図 6: 学習過程のSCRIPT

6 実践での事例

産業技術大学院大学「デジタルデザイン実習」(15 回)における実践事例を記す。受講者は、現在および将来において必ずしも CAD 技能を専門の職能とするとは限らない。実習では、CAD ソフト「Rhinceros」を使用している。

6.1 平面上での多角形の作図

挑戦課題を、平面上での正多角形の作図とし、単純課題を、平面座標系の中心線の作図とする。平面上の正多角形の作図に必要な技能は、回転(回転するオブジェクトの指定、中心点の正確な指定、平面座標系での角度の指定)、および線の作図(始点と終点の正確な指定)である。このうち、単純課題では、線の作図(始点と終点の正確な指定)を反復練習によってチャンク化する。事前の挑戦課題と反復練習後の挑戦課題を比較し、技能をチャンク化し、認知負荷を最適化する効果を確認する(図 7 参照)。

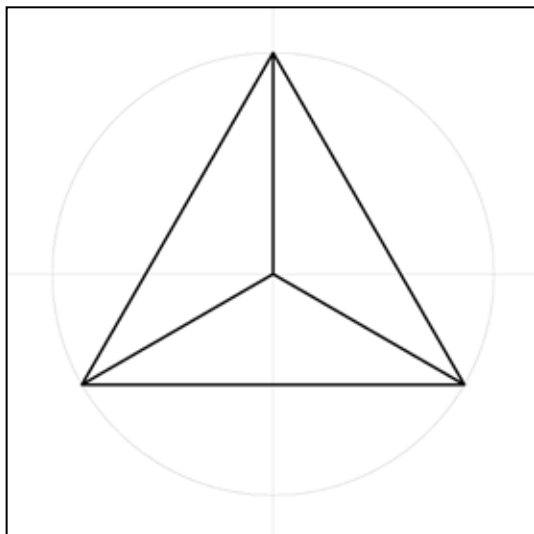


図 7: 正多角形の作図

6.2 3次元座標系での三角錐の作図

挑戦課題を、3次元座標系での三角錐の作図とし、単純課題を平面座標系での正三角形の作図とする。3次元座標系での三角錐の作図に必要な技能は、平面上の正三角形の作図(、回転(回転するオブジェクトの指定、中心点の正確な指定、平面座標系での角度の指定)、および線の作図(始点と終点の正確な指定))、および3次元座標系での回転(回転するオブジェクトの指定、中心点の正確な指定、三次元座標系での角度の指定)である。このうち単純技能では、平面上の正三角形の作図を反復練習によってチャンク化する。事前の挑戦課題と反復練習後の挑戦課題を比較し、技能をチャンク化し、認知負荷を最適化する効果を確認する(図 8 参照)。

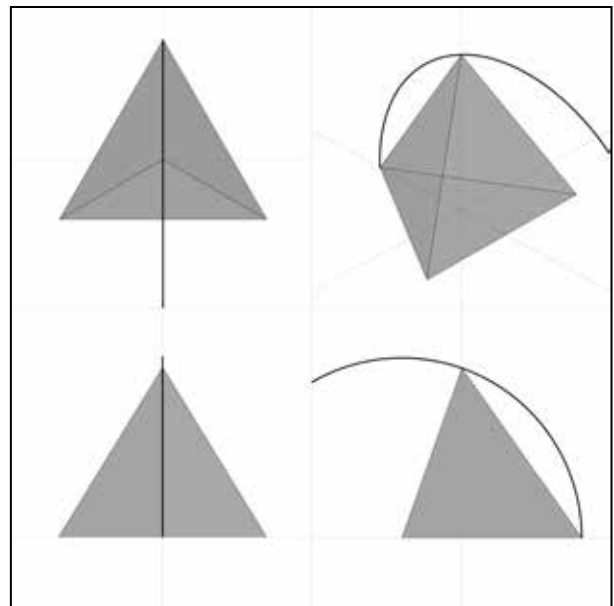


図 8: 正三角錐

6.3 3次元座標系での正多面体の作図

挑戦課題を、正多面体の作図とし、単純課題を正三角錐の作図とする。挑戦課題では、ひとつの頂点に4つの正三角形を配置するように作図すると、正8面体が作図でき(図 9 参照)、正5角形のひとつの頂点に3つの正5角形を配置するように作図すると、正12面体が作図できる(図 10 参照)。挑戦課題を達成するためには、3次元座標系で、複数の多角形が、頂点を共有し、かつ頂点から伸びる辺を共有するように、複数の回転の奇跡の交点で回転の角度を定義する技能が必要である。この技能を、単純課題である正三角錐の作図の工程から抽出するためには、漫然と指定された手順通りに作業するのではなく、3次元座標系での回転軸と回転させる点、および複数の回転の奇跡の交点で回転の角度を定義するなどの立体を構成する幾何学的思考が求められるので、幾何学的思考を実践するために、単純課題をチャンク化するという学習の構造が明示できる課題である。

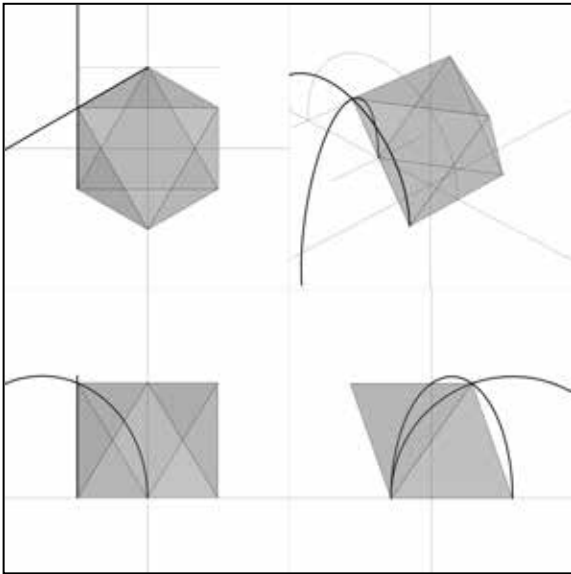


図 9: 正 8 面体

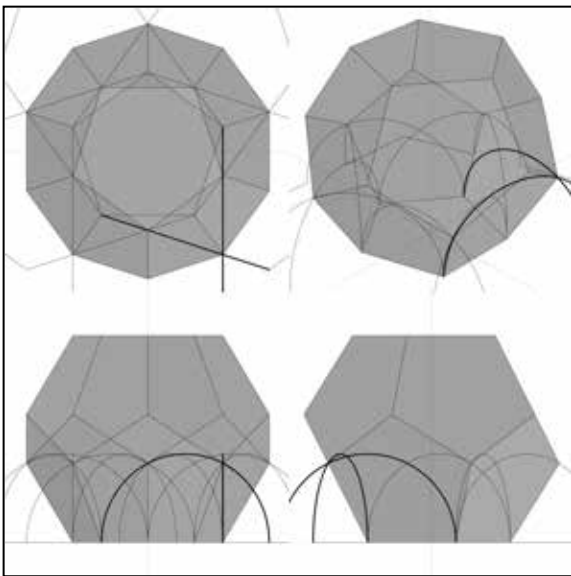


図 10: 正 12 面体

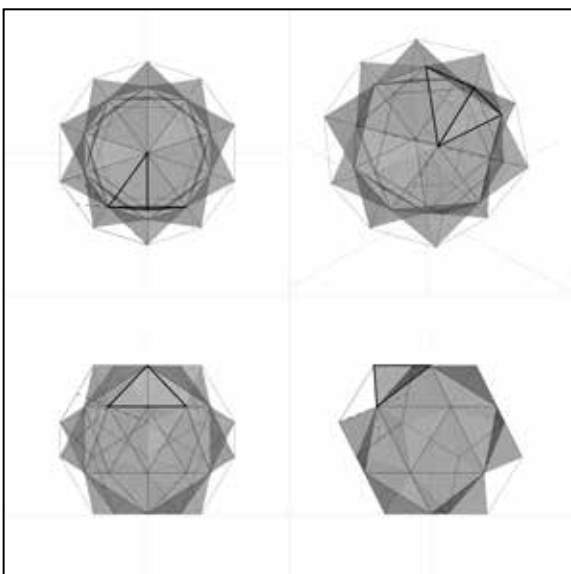


図 11: 凸型多面体

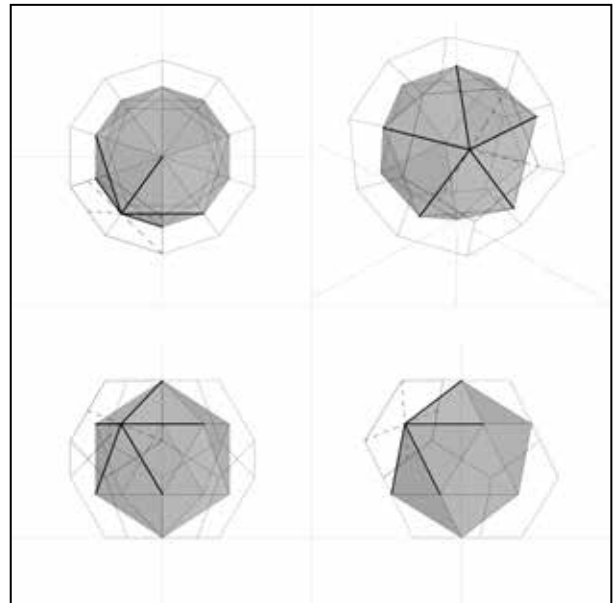


図 12: 20 面体

さらに、5 角形の中心点と頂点を結んでゆくと、凸型多面体(図 11)、凸型多面体の頂点を削ると、20 面体(図 12)など、単純課題からの技能の応用範囲が広がる課題である。

6.4 敷き詰め課題

挑戦課題を、多角形の敷き詰めとし、単純課題を正多角形の作図とする。多角形のしきつめに必要な技能は、平面上の正多角形の作図(、回転(回転するオブジェクトの指定、中心点の正確な指定、平面座標系での角度の指定)、および線の作図(始点と終点の正確な指定))、および図形の複写である。課題の要点は、幾何学的な思考の演習である(図 13 参照)。敷き詰め課題は、幾何学文様の規則性を、仮説の構築と、試行を繰り返しながら、解を推論する問題解決的な課題でもある。図 14 は、図 13 に至る推論の過程である。

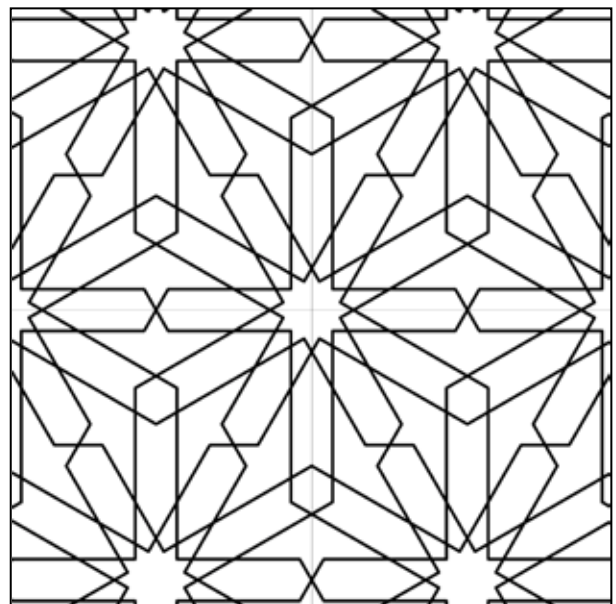


図 13: 敷き詰め課題

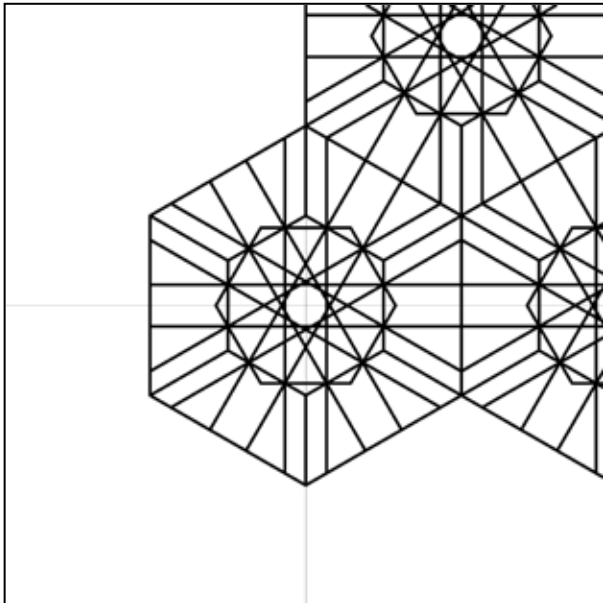


図 14:幾何学文様の推論の過程

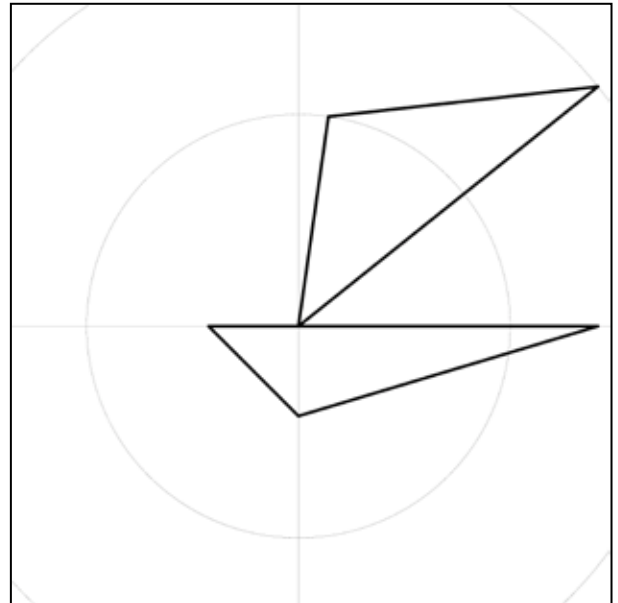


図 16:はやぶさ

同様に、幾何学文様の作図を通して、幾何学的思考を演習する課題をいくつか作成した。図 15 は、トラス構造の作図であり、やはり単純な図形をいかに組み合わせて、目的の形にするかを推論する課題である。

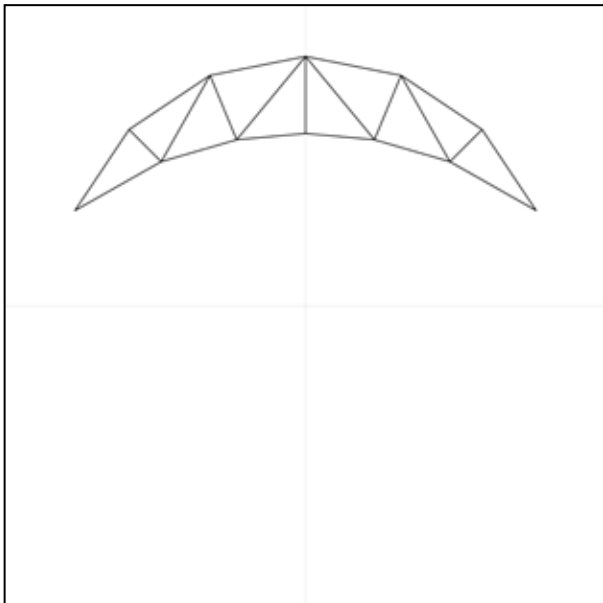


図 15:トラス構造の作図

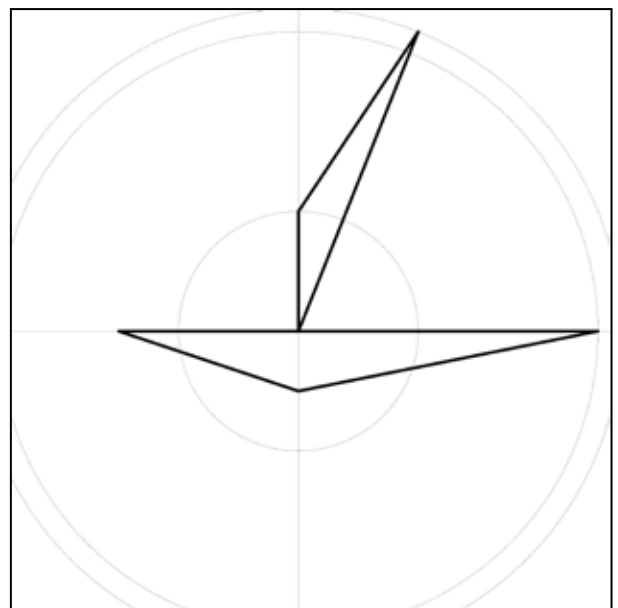


図 17:かもめ

さらに、「北斎漫画」[17]では、江戸時代の浮世絵師である葛飾北斎による、人物や動植物を、単純な幾何学図形の組み合わせで表現する技法が紹介されている。これに倣い、単純な三角形の組み合わせで、多様な鳥を表現する課題も制作した。このような事物を幾何学的思考、あるいはCADの機能や操作に立脚したうえで、抽象化する技能は、モデリングの技能として、意匠造形のCADにおいても、必要な技能である(図 16, 図 17 参照)。

6.5 応用課題

単純課題と複合課題を対比しつつ、CADの作図をくりかえし演習することで、多様な形状の特徴を、CADの作図の観点から抽出し、適切に技能を適用できる技能の修得が期待できる。一見、異なる形状に見えるものでも、CADの作図技能の観点からは、同じ構造のものが少なくない。たとえば、メガネケース(図 18 参照)の曲面の構成と、マウスの曲面の構成(図 19 参照)とは、CADの作図の観点からは、まったく同じ曲線のトレース(コマンドスイープと相互のトリム)である。このように、いくつかの単純課題を「引き出し」としてチャンク化したうえで、多様な事物の形状の特徴を抽出し、既得の技能で再現を試みる演習は、単なるCADソフトのオペレーション

の範疇を超えて、モデリングの技能や、本稿で定義した最上位階層の学習目標である「必ずしも、特定の実務家の代替案を再現するとは限らないが、ある程度近似的な解として、代替案発想過程における代替案を、目標に対して、技術的な法則によって操作可能な複数の代替案をアウトプットできる」技能と符合する。



図 18: 眼鏡ケース

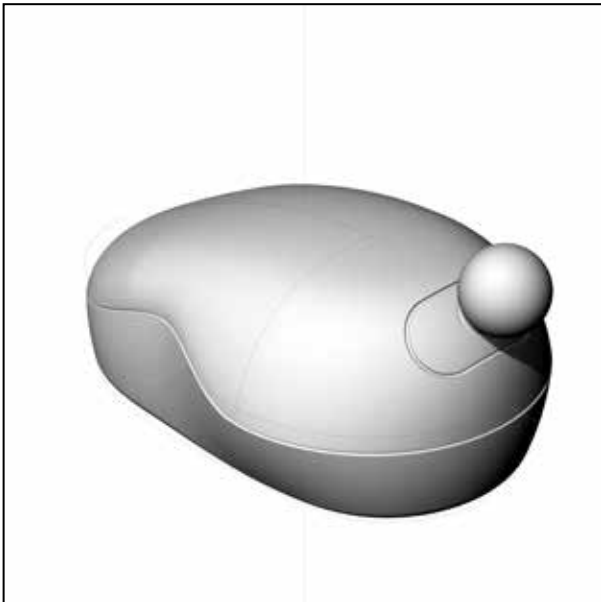


図 19: マウス

7 今後の展望

今後は、これらの実践事例を精査し、条件を統制したうえで、学習の手段を含む、単純課題の複合課題への効果を探索してゆくと同時に、実験結果および実践事例を体系化し、必ずしも、CAD や意匠造形を専門的な職能としない人材に

向けた CAD 技能教育プログラムを開発し、学習の多様化を推し進めてゆきたい。

参考文献

- [1] 中央教育審議会, 個人の能力と可能性を開花させ, 全員参加による課題解決社会を実現するための教育の多様化と質保証の在り方について(答申), 中教審第 193 号,
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1371833.htm, 2016. (visited on 2016)
- [2] 生涯学習審議会, 新しい時代の教育や地方創生の実現に向けた学校と地域の連携・協働の在り方と今後の推進方策について(答申), 中教審 186 号, 2015,
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1365761.htm, 2015. (visited on 2016)
- [3] ライチェン, ドミニク・サルガニク, ローラ (立田 慶裕 (監訳)), キー・コンピテンシー, 明石書店, 2007.
- [4] Bruner, J.S, The Process of Education, Harvard University press, 1977.
- [5] 安永悟・関田一彦・水野正明, アクティブラーニングの技法・授業デザイン, 東信堂, 2016.
- [6] 市川伸一, 認知心理学 4 思考, 東京大学出版会, 2016.
- [7] 松田稔樹・星野敦子・波多野和彦, 授業改善, 学文社, 2013.
- [8] 溝上慎一, アクティブラーニングとしての PBL と探求的な学習, 東信堂, 2016.
- [9] 松田稔樹・小川諒太, 情報科で育成すべき資質・能力のモデル化と授業・教材設計の視点, 日本教育工学会研究報告集, JSET15-2, 111-118, 2015.
- [10] 大久保敦彦, 高級車に必要な人間を尊重する技術, モータファン別冊, 二玄社, 1989.
- [11] 長谷井宏紀, The Long Goodbye NHK 土曜ドラマ「ロング・グッドバイ」ビジュアルブック, 早川書房, 2014.
- [12] NHK 出版, 連続テレビ小説 とと姉ちゃん Part1, NHK 出版, 2016.
- [13] 三井秀樹, 新構成学, 六耀社, 2006.
- [14] 波多野誼余夫, 認知心理学 5 学習, 東京大学出版会, 1996
- [15] 松田稔樹・多胡賢太郎・坂元昂, 教授活動の計算機シミュレーションに向けたモデルの提案, 日本教育工学雑誌, 15(4), 183-195, 1992.
- [16] 浅井昇, はじめての人工知能, 翔泳社, 2016.
- [17] 永田生慈, 北斎漫画, 東京美術, 2011.

機械学習の発展と近年の技術動向

柴田 淳 司*

Development of Machine Learning and its Recent Progress

Atsushi SHIBATA*

Abstract

Recently, machine learning has achieved remarkable progress and affects society, which is known as a third boom of A.I. (artificial intelligence). In order to response to the boom, many companies and countries have started research and development. However, for people who do not familiar to A.I., it is coupled with Buzzword. In this paper, we will explain the historical background of machine learning, which is the center of the tertiary boom, and introduce the points of interest and issues in the artificial intelligence boom.

Keywords: Machine Learning, Artificial Intelligence, Deep Learning, Neural Network.

1 はじめに

近年、第3次人工知能ブームと呼ばれるほど、人工知能という言葉が注目されている。Google や Microsoft などの大企業が機械学習のサービスを始め、Facebook や Baidu, Dwango が人工知能研究所を設立するなど、その影響は研究者の間にとどまらない。これらに関わらない人にも、AlphaGo[1]や Deep Dream[1]といった人工知能関連のデモンストレーションは大きな衝撃を与えている。

日本ではこうした人工知能ブームに対して、ダウンゴやリクルートが研究所を設立、経済産業省や総務省が人工知能に対する委員会を立ち上げるなどの動きがある。その一方で、もともと情報科学に詳しくない、研究者以外にとって、人工知能という言葉がバズワードと化しつつある。というのも、人工知能のデモンストレーションが、あたかもすでに人工知能が人の能力を大きく凌駕しているという印象を与えているからである。確かに人工知能の研究は一定の成果を上げているが、現状の技術では少なくとも数十年は人にとって代わり仕事をできるレベルには達しないと筆者は考える。

この研究者とその他の人とのギャップを埋めるため本稿では、人工知能と機械学習の技術発展の経緯に加え、現在のブームが起きた発端となるブレイクスルーである深層学習の概要を解説することで、人工知能ブームの輪郭を掴むことを目的とする。そのためにまず第2章では、人工知能と機械学習のこれまでの発展の経緯を述べる。最後に第3章では、企業や研究者がどのような活動を行っているかを紹介する。

2 人工知能と機械学習の発展

人工知能(Artificial Intelligence)という言葉は 1956 年にダートマス会議でジョン・マッカーシーにより、「人が持つような知性、知能を人工的に再現したもの」という意味合いで提唱された。明確な定義がない理由は、そもそも知性、知能というものを定義できなかったためであり、現在も人工知能という言葉があいまいに使われる理由はここにある。この当時は計算機が研究者間で一般化し、様々なシミュレーションが可能になったという時代でありであった。計算機がどれだけ人の知能に近づけるかという意味合いで、人工知能研究は注目を集め、1960年代に入り第1次人工知能ブームが起こった。後述する機械学習やニューラルネットワークなどの手法もこの時に提案され、今日まで研究がなされている。研究スタート当初は人工知能の実現は楽観視されており、20年の間に人とそん色ない人工知能が完成するとも言われた。こうした予測に反して研究は難航し、研究が進むにつれ知能そのものをどう表現するかや、フレーム問題といった様々な課題に直面して第1次人工知能ブームは終了した。

その後は、知能そのものを作るというより、それをいかに社会問題に適用するかという流れで研究は進んだ。計算知能(Computational Intelligence)という言葉が作られ、人の作業を代替するシステムの研究がすすめられた。1980年代に入り、人工知能を産業に利用する第2次人工知能ブームが起きた。日本においても第5次コンピュータプロジェクトと称してエキスパートシステムの研究がされた。エキスパートシステムは、熟練職人の行動をルールベースで蓄積し、職人の代わりをさせようという試みである。例えば「この状況なら、こうする」といったルールをすべて網羅することができれば、

それは職人の行動をすべて再現できる。しかし実際には、職人が行うような細かい動作を再現しようとするほどルールが複雑化し、実用化は一部の業務でしかできず、第2次人工知能ブームは終了した。

その後、今日に至るまで、様々な人工知能に関わる研究が行われてきたが、それ以上に社会の発展が起こった。計算機の性能の向上と、インターネットインフラの整備、そして計算機の利用形態の変化である。1990年代に入り、パソコンが普及し、会社や研究に関係ない一般家庭でもインターネットを使う機会が増えた。そして2000年代に入り、スマートフォンの登場により、そのユーザ数が爆発的に増加し、これに合わせてインターネットを介した通販やクラウドコンピューティングなどのサービスが充実してきた。これによりインターネット上には大量のデータが氾濫し、それを容易に取得できるようになった。これはビッグデータとして新たな研究となっている。また、そのデータを処理するための高スペックな計算機は形を変え、クラウドサービスという形で手軽に利用できる環境が整いつつある。そして、こうした時代背景に強い人工知能技術として機械学習が注目を集めるようになった。

機械学習は、生物が持つ学習機構を機械に持たせようとする研究分野である。例えば、ある入出力を行うモデルがあったとき、データの組み合わせを指定することでそれに合わせ入出力を改善するようなものを指す。実用化されて有名なものだと、推薦システムが挙げられる。推薦システムとは、顧客情報をもとに製品を推薦するシステムであり、機械学数を取り入れることで蓄積した顧客データを利用し、より良い精度で満足度の高い製品を推薦できる。

機械学習の特色として、準備したデータが多いほどより精度の高いモデルが構築できることと、手法によっては大量の計算コストがかかるといったものが挙げられる。これらの特色は現在の情報過多の社会に非常にマッチしており、さらに上手くサービスに繋げることで商売への利用も検討できるとして、各企業がこぞって研究開発に乗り出している。さらに、深層学習というブレイクスルーが機械学習において起きたことも相まって、第3次人工知能ブームが起きている。

3 深層学習によるブレイクスルー

機械学習が現在の人工知能ブームの中心にいる理由として、その特性以外に、深層学習によるブレイクスルーによる影響が大きい。

深層学習はニューラルネットワークの一種である。ニューラルネットワークの研究自体が人工知能の研究と同様、盛衰の波があり、1986年の誤差逆伝播法の流行後、2000年代はとりわけ目立った研究成果を上げていなかった。というのも、当時のニューラルネットワークは現在も使われる階層型ニューラルネットワークというものだが、層を多くすればするほど

学習がうまくいかない、パラメータ数が多すぎると学習に長時間を要するなどの課題があった。これらの問題から、一般には3層のニューラルネットワークを利用することが多かった。これに対し Hinton らは8層を超えるような深い階層を持つ階層型ニューラルネットワークの学習手法を深層学習として確立した[4]。この成果は2012年の国際会議での画像識別コンペティションにおいて、それまでの主流であった SVM (Support Vector Machine) の識別誤差確率 26.2% に対し、識別誤差確率 15.4% を記録し、大きな衝撃を与えた。

その後、深層学習は研究者間で注目を集め、様々な研究機関、企業で研究が行われ、深層学習が持つ様々な特性が明らかとなった。その中でも重要なものは、十分なデータ数さえあれば入力データの特徴を自動で抽出する機能だろう。

自動特徴抽出では、これまで人が行ってきたような、画像内の物体を識別するのに必要な画像的特徴を指示しなくてもデータさえあれば学習ができるようになった。例えば、人が何の動物の写真を識別するとき、その人の脳内ではその動物の顔付き、手足などの特徴を見るし、より低次の情報でいけば動物と背景とを切り分けるために色や形状の特徴を抜き出す処理をしている。機械学習を使った画像処理においても、こうした色や形状の特徴の抽出は人の手で関数を作成し、それにより得られた特徴量を使って識別をするというのが一般的であった。それに対し深層学習では、識別に必要な形状や色の特徴の専門的な知識が無くても、十分な画像データさえあれば自動で特徴抽出から判別まで行ってくれるという機能がついている。この機能により、その分野の専門家でなくても、機械学習の知識さえあれば専門家以上の成果を出せる可能性が出てきた。実際にある研究例として、抗がん剤の医学論文データから深層学習によりその特徴を抽出、新しい抗がん効果がある薬品を予測する研究も行われている。

こうした自動特徴抽出の利点は、大量のデータを保持している企業にとって大きなメリットとなっている。例えば企業が持つ顧客データはマーケティングの専門家が解析してマーケティングに利用されてきた。しかし、機械学習の技術を使えば、マーケティングの専門知識がなくても、専門家が思いつきもしないような特徴を自動で抽出し、最適な経営戦略を立ててくれる可能性があるためである。特に大規模なデータを集めやすい、大手電子機器のメーカーや大手ウェブ検索の企業はこうしたメリットを察し、機械学習研究所の設立や機械学習関連企業の買収、機械学習ツールキットの開発などに力を入れる時代となった。

4 機械学習に対する社会・学会の動向

4.1 機械学習を研究・開発する企業と研究者

2016年現在、Google や Microsoft、Amazon Web

Service, Facebook など、インターネット上で有名な多くの企業が機械学習に関わるサービスを提供している。これらの企業の特徴として、多くのサービス利用者のデータを持っていることが挙げられる。深層学習や機械学習を行う上での課題として、いかに質の良いデータを大量に集めるか、という課題がある。これらの企業は、インターネット上での検索サービスや通販サービスなどで多くの電子データを大量に集めることが可能な企業であり、機械学習などの人工知能の技術を利用することでサービスの向上や新しいサービスの開発が期待できる企業でもある。

また、これらの企業は機械学習のツールキットを公開する動きが出ている。この理由として挙げられるのは、機械学習の研究の進歩が他の研究より早いためである。情報処理研究者の間では、これまでの論文ベースの研究スタイルは変わりつつある。これまでの研究では、各研究室や研究機関は各々が独自、または共同で研究を進め、その研究成果は論文発行まで外部への公開をしないのが一般的であった。それに対し、人工知能や機械学習など、情報処理の研究者の間では、ArXiv や GitHub など代表されるウェブ上にオープンな形で研究の途中経過や成果を公開する件数が増えている。また、論文発行よりも、著名な国際会議での発表がより評価されるようになってきている。こうした活動は、プログラマの持つオープンソースの文化に近い。というのも、機械学習に関する注目が集まり、多くの企業や研究者が研究開発を始めたため研究速度が早まっており、新しい技術が次々と発表されるようになってきている。そのため、時間をかけて論文として発行することで技術として出遅れることより、随時成果を公表し、新しい技術を取り入れて国際会議で発表できることが評価されるようになってきている。企業もこの流れに従い、自社で開発している機械学習のツールキットを公開し、利用者からのフィードバックを利用して研究開発のスピードを早める狙いがあると考えられる。

4.2 機械学習を取り巻く社会の反応

一方で、第 3 次人工知能ブームに対して警戒する人もいる。人が持つ知的機能の一部を、人工知能が凌駕していることが大々的に明示されたからである。例えば第 3 次人工知能ブームの象徴として挙げられる AlphaGo[1]の対戦の結果からは、人より優れた思考能力と判断能力を有しているような印象を多くの人に与えた。というのも、プロの棋士に勝利しただけではなく、解説者が AlphaGo の手を説明できないシーンが多々見受けられたためである。

こうした機械学習の進歩を、社会学や経済学、法規の学者は注目している。ある経済学者は、人工知能の発展により人は職を失うとしている。それによると、現在人が行っている業務の大半は近い将来人工知能にとってかわられるとしている。もしそれが実現してしまえば、大半の人は職にあぶれ

てしまうだろう。

また、人工知能に関わるものに対しての法整備が追いついていない。現在の技術でも、写真を深層学習に通すことで絵柄を変え、絵画風にすることができる[2]。この場合、出来上がった作品の著作権がどこに帰属するのか現在の法律では定まっていない。この作品に関わった人だけでも、写真を変換するアプリを作ったプログラマ、それを利用したユーザ、または学習に利用された写真家達など、多くの候補が挙げられる。こうした法律の問題は自動車の自動運転の研究でも見られる。

5 おわりに

本稿では機械学習の変遷を追って最新の機械学習技術を解説し、それを取り巻く社会の動向について紹介した。機械学数という技術は今も変化が激しい分野。まだ本当の意味での人工知能というものの実現は遠いが、それに対応しようと動き始めている人たちもいる。

第 3 次人工知能ブームが華々しく紹介され、未来の技術の一端が社会全体に披露された陰では、社会がそれらを受け入れる体制が整っていないという現状がある。研究者にもよるが、実際に人工知能が実現する技術としてはだいぶ先になるが、人工知能研究者以外にそれがどの程度遠い未来なのかを把握できないという不安がある。

こうした社会の反発により、人工知能研究そのものへの規制がないことを筆者は祈る。

参考文献

- [1] A. Graves, G. Wayne, et al., "Hybrid computing using a neural network with dynamic external memory," NATURE, Vol 538, pp 471-476, October, 2016.
- [2] Deep Dream, <http://www3.cs.stonybrook.edu/~cse352/G15Dream.pdf>, (visited at 2016)
- [3] 伊庭 斉志, 人工知能と人工生命の基礎, オーム社, 2015.
- [4] A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. E. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," NIPS 2012: Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, Nevada, 2012.

ハビタットの構築的アプローチに関する考察

佐々木 一 晋*

A Study on Constructive Approach for Habitat

Isshin Sasaki*

Abstract

In biological society, land use involves management and modification of natural environment or wilderness into built environment. This disquisition focused on the design process that some organisms have ability to modify their environment such as settlement and semi-natural habitats. In terms of niche construction theory, a reciprocal causal process can probably exist not only in biological society and but also in urban society. While referring to ways in which niche-constructing organisms are able to modify the habitats, modification of habitats may have different consequences from the construction of artifacts. Some modifications may be characterized by or caused by the by-products of metabolisms and activities of organisms. This view support the artifacts in the habitats itself may be “design” and “construction” by organisms to fulfill their fitness needs. In conclusion, while referring to example of such reciprocal causal process in a city, in updating land use planning in no distant future it would be valuable to take the possibility of constructive approach into habitats in a relationship between biological society and urban society into consideration.

Keywords: architecture, habitat, ecological niche, sustainability, development

1 はじめに

生物は、環境に変化を加えることによって、自らの生態に適したハビタット(生息地)を構築し、生存のための可能性を引き出す能力を有している。自らの表現型形質を最大限に活用して、その土地にある資源を探索・収集し、捕食者や外的環境から身を守るために独自の空間を築き上げてきた。

本稿では、生物学的知見から、ハビタットとニッチの構築に際する知恵と工夫に焦点を当て、主に生物自らが生存のために環境をつくり上げていく構築的アプローチを参照し、都市空間における生態系や人間社会のモデル化ならびに計画的応用を進める際の手がかりを考察することを目的とする。

2 ハビタットの構築

2.1 ハビタット(生息地・生育地・居住環境)の解釈と選択

都市化が進む現代社会においては、動物や植物、人間が生存する主要な場所は空間的な領域分けがなされており、その土地利用の区分は明確に定義されている。土地利用区分を予め規定することは、不特定多数の人々が集い生活する都市社会を効率的に機能させるための一つのマネジメントの手段である。都市空間の運用基盤として土地利用を

法的にマネジメントすることによって、人々は高密度に集い、さまざまな営利・非営利の活動を創出し、都市生活を安定的に営むことが可能となっている。

一方、自然界においては、動物であれば食料となる植物や他の生物、捕食者から身を守るための巣穴や隠れ家などの構造物が生存のための不可欠な環境である。こうした生物個体の占める場所の専有や共有の在り方は、生物社会の中で時間をかけ他生物との相互作用によって導きだされてきた。生態系内で生じる種間の争奪競争を通じて棲み分けが起こり、生物種が生存する空間的区分は物理的のみならず時間的に遷移しており、その境界は曖昧である。生物社会では多様な生物種が様々な生物との相互関係の上で成立しており、それらの独自の生存環境を指し示す用語として「ハビタット」が用いられている。「ハビタット(habitat)」の訳語は、主に動物では「生息地」と称され、植物では「生育地」、人間は「居住環境」と称されている。ハビタット(habitat)の語源は、ラテン語の「持つ」の意の *habeo* (動詞)、*habitus* (名詞)、*habito* (派生動詞) が根幹にあるように、自身をどのように“持っている”か、さらには、自身はどのように“振る舞っている”のか、自身はどのように“存在している”のかという語意からの派生と考えられており、自身の外面的な存在を指し示す用語として「住む」という意味が付加されたものとされる。つまり、ハビタットという用語には、生物の活動する場を有してい

る(持っている)という意味合いが含まれていると考えられる。

本稿では、ハビタットを空間的な対象に加えて、ハビタット自体が時間的に遷移する対象として捉えることとする。つまりは、同一のハビタットであっても日照時間や温湿度の変化によって生存環境が移り変わるならば(季節変化など)、それは異なるハビタットと定義することとする。

2.2 ハビタットでの生活と適応

生物の主な活動の場(ハビタット)は、温度や湿度、日照や降水などといった物理的な日変動のみならず、季節に応じて時間的に絶えず変化を続けていく。こうした環境変動の下において、生存していくためにはその環境の変動に応じた適応度を有している必要がある。適応度とは、ある形質をもつ生物個体が生存する環境に適応しているかを示した値(生涯に残す子供の数の期待値)で示されており、“適応的であること”は生物社会において生存に適した性質を有することとされる。しかし一方で、一般的に生物は特定の環境に適応しようとする、環境の変化に適応しにくくなり、その逆に、環境の変化に適応しようとする、特定の環境に対して適応しにくくなるという側面がある。こうした環境への適応度の差異によって、広く環境に適応できる生物を「ジェネラリスト」(generalist)、特定の環境に最適に適応した「スペシャリスト」(specialist)という2つの進化型によって描くことができるとされてきた(Mayhew, 2006) [1]。また、ハビタットの環境の変化が生物の適応度を著しく低下させる場合には、その環境において生物の生存は困難となる。こうした環境変動に際して、ある生物種は周辺の環境に反応して適応的に表現型形質を変化させること(表現型可塑性)によって、自らの環境への適応度の低下を防いできた。また、特定のハビタットを選択した場合において、生存のために自らが環境に変化を加えることで自らの適応度に即したハビタットを構築する生物種も存在する。生物が複数の生息環境を経験するときには、それぞれのハビタットでの適応度を高めるような表現型を可塑性によって実現するとされる一方、不適な環境を回避して好適な環境を利用するような形質変化が可塑性によってもたらされる。生物社会においては、適応的な表現型可塑性の機能として、複数ハビタット利用とハビタット選択があることが指摘されているように(工藤, 2007, [2])、こうした表現型可塑性にもとづいてハビタットを選択していく活動はニッチ構築(niche construction: 生物の活動そのものが、その生物が経験する環境を改変し決定すること)の一種として捉える考え方もある(Donohue, 2005, [3])。

2.3 ハビタットの創造とコントロール

生態系生物学者の Jones et al. (1994) は、自らのハビタットを創造したり、改変したりする生物特有の構築的なアプローチに着目し生物のタイプを2つに分けた[4]。自らが生存する環境を操作し他の生態系に対しても何かしらの影響を及ぼす関与者としてのエンジニア、自身の形態を改変させる

ことによって環境自体を変化させる環境基盤を担うエンジニアとし、それらをともに生態系エンジニア(ecosystem engineer)と称している。生態系エンジニアとしての生物の役割は、生態系のエネルギーや物質の流れ、栄養を生み出すことに寄与するだけでなく、それらのある程度コントロールすることにあるとされている。多様な生物種によるエンジニアリングの相互作用によって築かれた特別な結合網(エンジニアリング・ウェブ)を介して生態系がコントロールされている。例えば、啄木鳥は樹木に穴を掘り、そこに自らの巣を構築する。一端、啄木鳥が巣穴から離れると、その巣穴は他の生物種(鳥類や哺乳類)の生息場所として二次利用されることになる。巣穴を構築した啄木鳥本来の目的とは異なり、世代と種を超えて、他の生物種によって巣穴の形質の可能性が発見され、新たな目的に即して活用されていく。啄木鳥は関与者としてのエンジニアと捉えることができるだろう。また、環境基盤を担うエンジニアとしては外的環境や気候変動を受けて枝や幹を生長させる樹木がよい例であり、自己形態を変化させ、さまざまな生物種にとっての生息環境となることができる。樹冠の高さの差異が大きく、植生構造が複雑であるほどに、その樹木に生存する鳥の種数が増加することが知られており、こうした自己生育を続ける樹木は他のさまざまな生物種(昆虫や鳥類など)にとってのハビタット(生息地)となっている。この中でも蔓植物は複数の樹木をつなげ、さまざまな動物種の移動を促す森のキャニオンとして活用されている。

多種多様な生物種が生存する豊かな生態系をマネジメントしてためには、単に樹木の種数をコントロールしてだけでなく、樹木の形態的特性と生物種の活動空間の関係に焦点を当て、多種多様な生物が同時に生存可能となる活動環境をコントロールが大事になるだろう。

3 ニッチの構築的アプローチ

3.1 ニッチの選択と生存の可能性

近年、ニッチという用語は生物学用語を超えて広義に扱われており、その語意は人間社会における社会的な役割として、さらには経営戦略として狭い市場や特定の事業領域などを指し示す用語として扱われている。さまざまな分野で取り扱われているニッチではあるが、その語源は「巣をつくる」というフランス語“nicher”に由来するとされている。また、主に生物学用語として扱う場合には生態学的ニッチ(エコロジカル・ニッチ)が用いられている(以下、ニッチと称す)。

ニッチとは、生物社会において生物個体の占める位置(環境や空間)またはその果たす機能や役割のことを指しており、これらの環境や空間は局所的環境(local environment)または選択的環境(selective environment)と表されている。具体的には巣や穴、隠れ家や網、蛹殻(ようかく)などを表し、安定した生態系ではニッチを有する多くの生物種が介在す

るとされる。例えば、街中のツバメは、捕食者であるカラスの標的とならぬように、人間の往来する建物の庇や軒を見つけ出し、その局所的環境(ニッチ)をハビタットとしている。また、生物種自らがニッチを構築する事例も見受けられる。Odling-Smee, F.J. et al.(2003)は、「生物は、自ら環境を変化させる。その変化が、次の世代以降の進化に影響する[5]」と言及し、生物種が(同一種もしくは関連する生物種と共同して)固有の環境をつくりだし“生存の可能性”を広げるための手段をニッチ構築(niche construction)と称している。例えば、ビーバー(Castoridae, *Castor* sp.)は、樹木を切り倒し、川を堰き止めてダムを自ら構築し、陸生動物の侵入を防ぎ、自らのハビタットをつくり出す。このダム構築の一連の作業は周囲の生態環境に大きな影響を及ぼすことになり、生息する生物種の分布や資源を変化させることからニッチ構築と称されている[5]。人為的要因や環境に多少なりの変化が環境に加えられることによって生態系が一時的に攪乱されることになり、生態的地位が不安定な状態となる。その際、新たなニッチを獲得するために様々な生物種が介入し、種間競争が生じることになる。自らでハビタットをつくり出すことができるビーバーや啄木鳥のように、ハビタットを構築するための形質や能力を生得的に有している生物個体はその適応度において大いに有利であるだろう。

特有の環境に対して自身の生活を適応させていくプロセスは主に前項における特定の環境に最適に適応したスペシャリストの立場として位置づけられるかもしれない。しかし、ビーバーや啄木鳥は単に特定の環境に適応するだけではなく、自らで特定の環境に対して変化を加え、ハビタットを積極的につくりだしていくことができる。それは生き延びるために獲得した創造的能力(環境に対して適応的である)をといえるだろう。

以降、ハビタットに関する生物学の俯瞰的な知見を踏まえ、都市社会におけるハビタット(居住環境)の構築的アプローチについて考察を進めていく。

4 都市居住の構築的アプローチ

4.1 ハビタットの創作とニッチの改変

人々が高密度に都市に集い、職住近接で活動的に生活を営んでいる事例としてハノイ旧市街地を取り上げてみたい。ホアンキエム湖の北に位置する旧市街地は 19 世紀後半に建てられ、専門業からなる36通りもの通りが存在する。この街区の土地利用は、職住の近接を満たすために極めて合理的に進められている。各住戸は街路に面して 2.5 メートル～5 メートルほどの間口を有しており、うなぎの寝床のように街区中心に向かって細長い矩形の配置をとっている。全住戸は街路に面する間口に店舗を構えて生計を立てている。街区中心部に向かって、個人で専有可能な中庭空間を狭みながら住居が配置されており、隣の住居との間には界壁が

設けられ高密度ながら快適な居住を可能とする。高密度に居住することで各々の生活を支え合い、さらには個人の生活環境が快適に確保されており、都市空間における安定した生活環境を実現する一つのモデルとして考えられる[図 1]。



図 1: ベトナム・ハノイ 36 通り地区の街区構成図[6]

(左: 平面図, 中: 住居内平面図, 右: 住居間の界壁)

この街区の特徴の一つとして、ほぼ全住戸の間口が同等であるにも関わらず、街路の中央に位置するほど住居の奥行きが長く、街路の端部に位置するほど住居の奥行きが短くなるという点があげられる。街区の隅部に位置する住居ほど、地面床の利用可能な面積(延床面積)が限られることになり、さまざまな活動を展開する上で不利を被ることとなる。こうしたデメリット(不利)を解決するために取られた居住者による具体策は、建物を上層に積み上げることで床面積を拡張することであった。住民自らがビーバーのようにハビタットの改変(増床)を重ねることで、街区の四隅に向かうほどに建物高度が高くなり街区全体は異質的な様相を呈することになった。こうした異質的な様相は、一見、無計画な増築の結果として捉えられる場合もあるが、しかし、住民自らが居住環境の現状を観察し、ハビタットの在り方について考え、ハビタットを自ら改変し、ハビタットを次世代に継承していくプロセスはとてもダイナミックな現象であり、その結果つくりだされた集合の居住形態は地域固有の居住環境ならびに地域環境に適応した独自の生活様式を生み出すことになる。

19 世紀後半、街区内全体が伝統的な木造2階建て居住環境で構成されていた際は、高密度ながら快適かつ安定的にハビタット(居住環境)が保持されてきた。しかし、一旦、個別のハビタット(居住環境)に対して新たな環境の変化(ここでは隅部の階高を増床する)が加えられると、近隣の住居に対して別なる新たな問題が派生することになる。例えば、高層化することによって近隣住居内のプライバシーや日照も確保しなければならないという新たな課題であり、従来の全住戸が総2階建ての造りであった伝統的住居群においては生じ得なかった問題である。

また、近年は建築技術が高度に発展することによって、個別の居住環境のみを独自に増築(改変)することが容易になってきたこともあり、その集団の居住形態は従来の地域固有を失い、無秩序な様相を呈しつつある。

こうした局所的な問題に対しては、個別の対処だけでは、その全てを解決することは困難であり、集団の形態を統一的

にコントロールするルールもしくは住民間の相互作用に立脚したルールが必要とされるだろう。自らでハビタット(居住環境)を構築し、絶えず空間が改変されていく動的な環境下においては、従来の土地利用のマネジメントに加えて、住民間自らによって積極的に空間・土地がマネジメントされていくことを促す方策も配慮されるべきであろう。

5 おわりに

人間は自ら身体の形質を活用し、さまざまな技能を習得(学習)すると共にハビタット(居住環境)を構築する能力を拡張してきた。道具や機械を発明し、それらを駆使することで環境を改変させる技術を向上させ、都市開発の規模を拡大させてきた。

都市社会では、土地利用の区分が予め規定されており、ハビタット(居住環境)の選択は需要と供給のマッチングにおいて厳密にコントロールされてきたために、生物社会のようにハビタット(生息地)の争奪競争が生じることはなかった。しかし、都市社会において住民が自らでハビタット(居住環境)を構築することが可能となる創造的社会を計画の視野に入れた際、土地利用の区分をマネジメントするだけではなく、近隣住民との間に生じる空間の争奪競争に対する処方が必要になるだろう。それは、土地利用の区分が前提となる都市社会という枠組みを超えて、近隣住民と個別環境との相互作用において空間・土地の共有と所有のあり方が適宜問い直されていくような方策であり、現在の建築基準法ないしは都市計画法に対してどのように位置づけられるのだろうか。

本稿では、生物的知見を俯瞰し、生物社会におけるさまざまな種間にみられるハビタットの争奪競争のプロセスを手がかりに、都市空間の活用の事例を紹介することに留まったが、今後も考察を深めその手がかりを探求していきたい。

参考文献

- [1] Mayhew, P., *Discovering Evolutionary Ecology: Bringing Together Ecology and Evolution*. Oxford University, Press, 2006. (江副日出夫ほか訳「これからの進化生態学-生態学と進化学の融合」共立出版,2009)
- [2] 工藤洋, 適応的な表現型可塑性による複数ハビタット利用とハビタット選択, 日本生態学会誌, 2007
- [3] Donohue K, Niche construction through phenological plasticity: life history dynamics and ecological consequences, *New Phytol.* 166:83-92, 2005
- [4] Jones CG, Lawton JH and Shachak M 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:

373-386

- [5] Odling-Smee, F.J. et al., *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton University, Press, 2003. (佐倉統ほか訳「ニッチ構築-忘れられていた進化過程」, 共立出版, 2007)
- [6] 東京大学生産技術研究所 曲淵研究室, 2003

災害時アドホック通信の種類と特徴の整理

嶋津 恵子*

Comparative Survey of Communication Relaying Tools for Disaster Mitigation

Keiko Shimazu*

Abstract

In case of severe disasters, search and rescue of people involved are the most important operations to undertake. Search and rescue need to be prompted immediately after the occurrence of the disaster. However, the chances of successful rescues have a dramatic fall after 72 hours from the disaster. The reason behind this is that digital signals from victims are impossible to be received, since areas are devastated and communication infrastructures stop working. Therefore, crisis measures of communication relaying tools for disaster mitigation are needed. In this paper, the results of our comparative survey of those tools are presented.

Keywords: disaster, Ad hoc communication network, UAV, Communication satellite

1 はじめに

災害時、特に巨大災害¹ 発生のたびに情報の共有や効果的・効果的配信の困難さ、およびそれに起因する救助活動の遅れが指摘される。我々は、巨大災害発生後 24 時間の超急性期² における被災者の救出に焦点を当てる。なぜならば、重症者が、発災後どれだけ時間を経過したあとに救出されたかが、しかるべき救命処置を受けた後の存命率に大きく依存するからである[1]。具体的には、発災後 24 時間以内で救出された場合の存命率は 90%であるが、48 時間で 50%となり、72 時間では 30%から 20%に下降する。そしてこれ以降の救出は、多くの場合存命は望めない。これを受け、災害人命救助では「黄金の 72 時間」(Golden 72 hours)という言葉が用いられ、この時間内での重傷者救出が必須とされる。一方、1995 年に発生した阪神・淡路大震災における、この 72 時間以内の救出タイミングと生存率の関係を見ると、図 1 のように 24 時間以内で 74.9%、48 時間で 24.2%、72 時間で 15.1%となっており、前述の統計値を下回っていた[2]。マスメディアにおいて、発災から 72 時間が刻々と迫る状況が報道されているが、実は発災 24 時間前後で救出できないと、その結果は被災者の生存率に直結しないことが分かる。

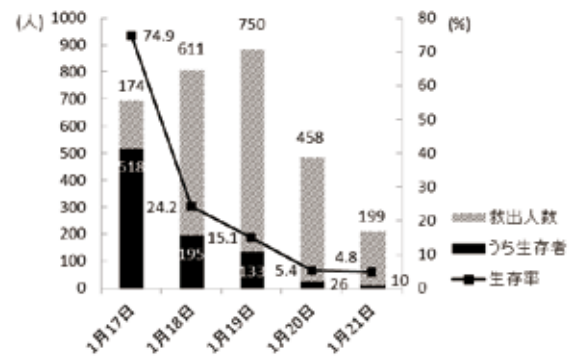


図 1: 阪神・淡路大震災における救出者中の生存者の割合の推移

こうした事実から阪神・淡路大震災後、法律の改正や新制度導入が実施され、2011 年の東日本大震災発生の際は自衛隊や DMAT(Disaster Medical Assistance Team: 災害時派遣医療チーム)が発災後 24 時間程度で災害現場に到着した。ところが同震災時の被災者救出数の時間推移(図 3)を見ると、24 時間の時点では極めて少なく、多くの人が発災 72 時間もしくはそれ以降に救出されていることが分かる[3]。

¹本稿では大規模もしくは広域に甚大な被害を及ぼす災害を巨大災害と呼ぶ。

²本稿では災害発生後 24 時間を超急性期、72 時間を急性期と呼ぶ。

Received on October 29, 2016

*産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

本稿は 2016 年 6 月 15 日、電子情報通信学会「安全・安心な生活と ICT 研究会」に於いて、玉越大資(首都大東京)・伊藤夏青(横浜国大)・菅田徹也(東大)・中嶋大智(東京農工大)・岩崎愛樹(神奈川大)・真壁健二(首都大東京)・嶋津恵子(産技大)が発表したものである。

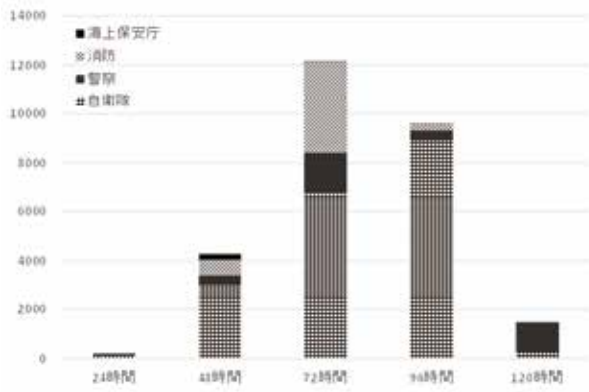


図 2: 東日本大震災における救出者の時間推移

嶋津らは、これが超急性期に救出すべき重症の被災者の所在が把握できなかったことに原因しているのではないかと考えた[3]。この時期は被災状況が重篤な地域ほど通常利用するブロードバンド回線が断絶状態となっていた[4]。このため、緊急対策本部に送られてきた情報はこれらの地域外からのものであり、緊急の救助・救命に直結する内容はほとんど含まれていなかった[5]。この事実から、発災後 24 時間で被災地に到着した自衛隊や DMAT は、救助活動の前に重傷者の所在把握の搜索作業を余儀なくされた。その結果、図 3 の点線のように救助者数のピークが 72 時間付近になったと考えられる。すなわち発災後 24 時間の時点で、救出すべき重症の被災者の所在が自衛隊や DMAT らによって把握されていれば、図 3 の実線のように救出者数のピークをより早い時期(生存率の高い時期)にシフトすることができたと予想される。

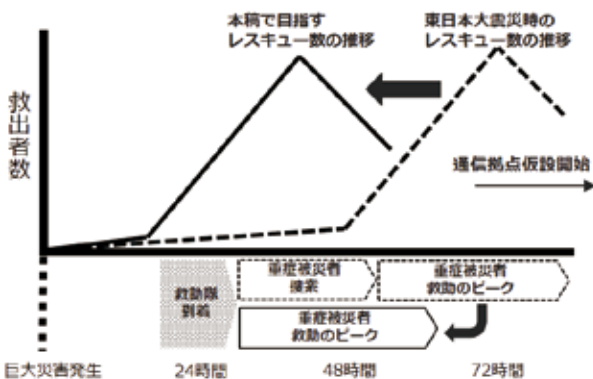


図 3: レスキュー数と救命率の推移(破線は東日本大震災時のものを、実線は本稿で目指すものを表す。)

そこで本稿では、巨大災害発生超急性期における、重症の被災者の所在を把握するという視点で、アドホック通信網による暫定的・即興的通信網の実現方法について比較検討した。

本稿は次の構成をとる。2 章に巨大災害発生急性期(発災後 72 時間)の間に、アドホック通信網の担う役割が大きく変

化すべきであることを述べ、これを受け 3 章に超急性期(発災後 24 時間)用に構築するアドホック通信網を実現するために必要となる情報中継の要件と、現在採用している具体的な方法を整理する。そして 4 章にこれらの方法を要件に照らし比較検討を行い、5 章にその考察を述べる。最後に 6 章にまとめを記す。

2 重症の被災者救助のための情報通信網の構築

災害急性期の間に被災者のニーズは変化し、それに伴い通信の利用目的も大きく変化する。具体的には、災害発生直後は避難を行うための方法や経路といった情報の一斉同報が求められるが、発災 72 時間以降の復旧期には安否情報などの通常生活復帰のための個人別情報の配信が求められる(図 4)。今回注目する超急性期における情報通信の役割は、救助の専門家が即刻救出すべき重症の被災者が存在する具体的な所在地の通報にほかならない。

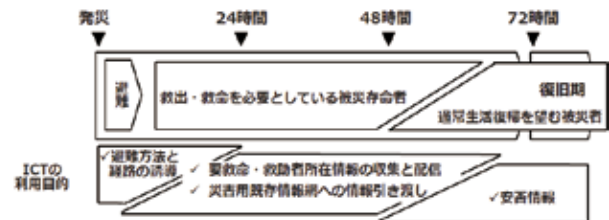


図 4: 発災後 72 時間の情報通信の利用目的の変化

一方、前章で述べたとおり、被災状況が重篤な地域ほど通常利用するブロードバンド回線が断絶状態となっており[4]、通常利用する回線による重症の被災者の所在地の通報は困難であると考えられる。そこでアドホック通信網を利用して暫定的・即興的な情報通信網を構築することが考えられている[6]。つまり、日常利用している基地局やアクセスポイントを介さずに通信を行い、重症の被災者の所在情報を把握し伝達する方法の最適な選択がその焦点である。

3 超急性期の情報中継方法と要件

我々は災害超急性期の代表的な情報中継方法と、それらに求められる要件を次の方法で整理した。日経 BP 社が発行する 14 冊の情報誌および日本経済新聞から、災害超急性期の情報中継方法に関連する 134 件の記事を検索し、それらの特徴を抽出してモデル化した。その結果、災害超急性期の情報中継方法として、6 つ(アドホック通信のための情報中継器を搭載した車両、同バルーン、同 UAV、商用通信衛星、技術実証衛星、準天頂衛星)に分類し、それらが別途整理したアドホック通信の情報中継に必要な要件を満たしているかという観点で、比較した。

3.1 代表的情報中継方法

日常利用している通信網が断絶した重篤な被災地域に対し、通信各社は自社の通信網をできるだけ早く回復させるよう務めるとともに、臨時の中継局の整備を行っている。具体的には、情報中継器を搭載した車(図 5)の重篤被災地への搬入である。また、少ない台数の情報中継器でより広範囲の分断された通信網を接続させることを目指して、情報中継器を搭載したバルーン(図 6)や UAV(図 7)を重篤被災地上空に飛行させる方法[8, 9]も試みられている。バルーンは災害発生後に遠方から専門の職員らが搬入し運用することを想定している[8]、一方 UAV は遠方から飛来させ、遠隔から運用を行うことが想定されている[10]。



図 5: NTT ドコモの災害用基地局([7]より転載)



図 6: バルーンを使ったソフトバンクの臨時基地局 ([7]より転載)



図 7: KDDI 研究所が実証実験を実施した UAV ([9]より転載)

これらに対し、衛星の通信機能を利用する方法がある。その中でも世界的に使用されているのが、インマルサットやイリジウムなどに代表される商用通信衛星である。また宇宙航空研究開発機構(JAXA)をはじめとした公の機関は、宇宙インフラ構想 i-Space の一環として、3種類の実証衛星(きく8号・きく9号・みちびき)を開発した。特に、超高速インターネット衛星きく9号は東日本大震災の際、岩手県釜石市と岩手県庁間の通信網として実際に用いられた[11]。さらに、準天頂衛星初号機みちびきの後継機によって構築される準天頂衛星システムには、メッセージ通信機能が搭載され[12]。GPS の補正機能を常時利用とし、Q-ANPI サブシステムの利用により災害発生時の利活用も期待されている[13]。

3.2 情報中継方法に必要な要件

巨大災害発生直後の暫定情報中継方法に必要な要件を、本章の冒頭に示した 134 件の記事を整理することで特定した、すなわち、通信性能と運用性能の 2 つの細分化である(表 1)。

「通信性能」は、ラジオ無線による口頭連絡可能範囲である 30km を超える 100km 程度を網羅する「広域性」と、天候や気象条件等に影響を受けない「ロバスト性」、さらに二次災害を発生させない「安全性」の 3 性能で構成される。「運用性能」は、「運用開始の容易性」と「速報性」から成る。前者は、発災後速やかにアドホック通信を開始させるべく情報中継器としての機能を容易に開始することができるかどうかである。一方、後者は、重症者の発信する信号を、即座に救助の専門家に配信することができるかどうかであり、本書では通信能力とは別に運用上これが可能かどうかを判定する。また前者の「運用開始の容易性」に関しては、運用の切り替えに関するコストの発生も考慮する。

表 1: アドホック通信の情報中継方法とその比較

	臨時中継器搭載			人工衛星		
	車両	バルーン	UAV	商用通信衛星	技術実証衛星	準天頂衛星
通信性能	広域性	×	△	△	○	○
	ロバスト性	○	×	×	○	△
	安全性	△	×	×	○	○
運用性能	運用開始の容易性	×	×	○	△	×
	速報性	○	○	△	○	○

4 情報中継方法の比較

前章で挙げた 7 件の要件に基づいてアドホック通信網を構築する手法を比較した結果を表 1 に示す。巨大災害における重症の被災者の所在地を発災後 24 時間前後で救助の専門家に知らせるといった観点で、十分実用に耐えうる(「○」), 特定の条件下であれば実用に耐えうる(「△」), 実用化が困難(「×」)に分け、相対比較で評価した。

4.1 通信性能(広域性, ロバスト性, 安全性)

通信性能の「広域性」に関し、車両に搭載した中継器はアンテナの高さが最大でも 10m 程度であり、網羅範囲が半径数百 m 程度であるが、UAV やバルーンを用いた場合、高さ約 100m の上空から半径 3km に受配信可能である[14]。人工衛星の場合、さらに広範に到達可能で、日本全域のみならず ASEAN, オセアニア各国でも使用可能である[15]。

これらから「広域性」に関しては、表 1 の 1 行目のようになる。

一方、天候や気象条件への「ロバスト性」に関して、UAV やバルーンは風速 5~8m/s 以上では使用できない[8, 16]。また摂氏 0 度を下回るとこれらの燃料であるリチウム電池が使えなくなる[16]。さらに落雷の恐れがある場合は使用しないという慣例が徹底されている[17]。これらに対し、宇宙空間に配置されている人工衛星は天候や気象条件に対するロバスト性は比較的高いと言える。ただし、技術実証衛星は通信実験が主目的であり、免許の種類や運用にあたる人員の要件などが一般とは異なっている[18]。

これらから「ロバスト性」に関しては、表 1 の 2 行目のようになる。

さらに、バルーンおよび UAV は故障や破損による落下の恐れもある。車両も二次災害の可能性はゼロではない。一方、一旦軌道上に搭載された人工衛星が、地上に対する何らかの災害をおこした事例はこれまでに報告されていない。

これらから「安全性」に関しては、表 1 の 3 行目のようになる。

4.2 運用性能(運用開始の容易性, 速報性)

「運用開始の容易性」に関し、臨時中継器を移動体に搭載する方法のうち車両とバルーンは、災害発生後、重篤な被災地にこれらを専門の職員らが搬入し、運用開始する。国土交通省の発表によると、東日本大震災発災時、これら被害が重篤な地域への道路啓開が行われたのは、発災後 3 日目で降であった[5]。したがって、情報中継が可能になるのは発災 3 日目で降となる。またバルーンは近年需要が急増し、調達が難しいヘリウムを用いる[19]。一方、UAV は“災害発生から数時間で離陸して重篤な被災地に通信手段を提供できる[10]”という。他方、車両に搭載した中継器は花火大会やライブ会場など大規模なイベントなどで日常的に利用されているが、バルーンや UAV に情報中継器を搭載する方法は、認可の関係で、日常的に利用されることはなく、“今のところ災害時にしか使えない[8]”。

これらに対し、人工衛星は、通常利用している状態の切り替え操作を行う。例えば商用通信衛星の一つであるインマルサットは、日常のミッションとして海上など通信ネットワークが整備されていない場所での通信網を担っている。そして実験衛星の多くは、研究や観察を行っており、災害時にこれとは異なる運用に切り替える。前者は、利用するには事前に使用の契約を行い、パケット通信量等の費用を支払う必要があり、後者は、通常とは大きく異なる運用の開始となる。一方、準天頂衛星は、本来の利用目的である GPS 値の補正ミッションとは別に、災害時利用のためのインタフェース・システム(Q-ANPD)を備えている。送信信号のヘッダー情報の識別だけで、Q-ANPD を経由し予め指定された救助等の連絡先に、重症者が発した信号を配信することが可能になっている[20]。

これらから「運用開始の容易性」に関しては、表 1 の 4 行目のようになる。

そして「速報性」に関し、現在の UAV は飛行時間が 15 分程度のものが多い[21]。そこで、運用上、信号を受信すると即座に救助隊に配信することは行わず、いったん本体内に蓄積する方法を採用している。例えば KDDI 研究所と独立行政法人情報通信研究機構(NICT)は共同で、UAV を用いて孤立した被災地とメッセージ通信を行うシステムを開発している。このシステムでは、被災地上空で重傷者の発信信

号を受信し、通信網が利用できる地域に戻った後、しかるべき宛先にこの信号を送信する方法を採用している。この繰り返しにより信号の送受信を行うため、数時間おきの情報中継になる[10]。したがって UAV のみで、巨大災害時にアドホック通信の情報中継を行うなら、複数台による運用が必要になる。例えば東日本大震災において通信インフラが壊滅状態となった地域全体を対象にすると、発災後 24 時間の間、計算上、常時 5000 機以上の UAV を運用し続ける必要がある。

UAV に情報中継器を搭載する方法以外のすべてのものは、重症者が発信した情報を受信次第、その場で救助隊に配信することが可能である。

これから「速報性」に関しては、表 1 の 5 行目のようになる。

5 考察

大災害超急性期において重症の被災者の所在地を、発災後 24 時間前後で、救助の専門家に配信するという目的に照らすと、アドホック通信用の臨時中継器を移動体に搭載するという 3 つの方法に比べ、人工衛星の通信機能を利用する方が適していると考えられる。

特に通信制脳の広域性とロバスト性がトレードオフの関係になる臨時中継器搭載型と比べ、人工衛星はこれらを両立させることができる。

中でも準天頂衛星は、表 1 に示す通り、最も可用性が高い。ただし商用衛星に関しても、巨大災害時に限って回線の一部を無料開放するなどの方策をとることができれば、準天頂衛星と同様にアドホック通信網の情報中継を担うことができるであろう。

一方、技術実証衛星は運用の特殊性から、特定の目的に利用することが望ましい。前章に示した例は、岩手県県庁と同県釜石市の救急ホットラインとして機能させている[22]。電話回線等の日常の通信網が、輻輳状態にある時、緊急対策本部間のホットラインの設置は必須である。この候補として、十分に採用されうと考える。

前章で説明した通り、東日本大震災発災時、被害が重篤な地域への道路啓開が行われたのは、発災後 3 日目以降であった[5]。巨大災害発生による被害からの道路啓開としては異例の早さであるとして世界から賞賛された。その一方で、本稿の第 1 章に示したように発災後に減災力を挙げるには、重傷者の早期救出が難しく、そのためには彼らが発信する信号を何としても発災後 24 時間前後で入手する必要がある。この点で発災後に被災地に持ち込む車両やバルーンに搭載した中継器を用いる場合は十分とはいえないであろう。

特に、運用の容易性は、災害時にシームレスに専用のミッションに切り替えられることが求められる。災害が発生していない平常時に他の目的で利用し、災害時に利用目的を変え

る方式が採用できるか、つまり「デュアルユース性」を備えられるかどうかが重要になる。これは、我々が東日本大震災で学んだ、日常的には利用しないシステムは、緊急時には起動させることすら困難で[23]ことに対する最大の対策となるはずである。システム・デザイン観点では、単一の物理モデルと機能モデルに対し、利用モデルを複数持たせ、必要時に切り替える方式(System of Systems)のアーキテクチャの実践となる。

他方、アドホック通信用の臨時中継器を移動体に搭載するという 3 つの方法は、それらを中核的な方法としては作用が困難であるものの、補完用としては十分機能する。つまり、人工衛星による情報中継を補足・補強のための使用である。例えば、倒壊建物などの遮蔽物の影響で人工衛星と安定した通信が行えない箇所や、人工衛星の性能を超える多くの所在情報が送信される地域などに、これらを選択的に配置することで、より強固なアドホック通信網を実現することが可能になるであろう。ただし車両やバルーンに搭載した中継器に関しては、発災前から全国各地に中継器を配備しておくなどの方策をとることが必要である。

6 おわりに

本稿では巨大災害超急性期において重症の被災者の所在地を送信するという観点で、アドホック通信網の中継方法を比較した。すなわち 6 つの情報中継方法(車両搭載中継器・バルーン搭載中継器・UAV 搭載中継器・商用通信衛星・技術実証衛星・準天頂衛星)を抽出し、2 つの要件(通信性能、運用性能)と、それを細分化した 5 つの要件(広域性、ロバスト性、安全性、運用開始の容易性、速報性)に基づき、相対比較で評価した。その結果、巨大災害超急性期における重傷者の所在地の送信という観点では、人工衛星、特に準天頂衛星の双方向通信機能の採用が期待される結果となった。

災害への備えは、防災と減災によって実現される。我々は、特に、大災害超急性期において重症の被災者の所在地を、発災後 24 時間前後で、救助の専門家に配信することが存命率を上げ、それが直接減災力向上につながることを、今後も調査と研究を進める所存である。

参考文献

- [1] 飯開輝久雄, 岩田健一, 上田敏雄, “大震災発生後の生死を分ける『黄金の 72 時間』とコミュニティ: 近所づきあいが街(いのち)を救う,” 熊本大学政策研究, 3: 81-92, 2012 年
- [2] 国土交通省 近畿地方整備局, 「阪神・淡路大震災の経験に学ぶ」, 2002 年 1 月
- [3] 嶋津恵子, 橋田要一, NATO 開発 METHANE レポート

の拡張による巨大災害救命情報共有システムの構想と
衛星通信利用の可能性, 測位航法学会,
NEWSLETTER Vol V, No.3, Sep. 2014

- [4] 総務省, 「大規模災害等緊急事態における通信確保の
ありかた」インフラネットワーク WG 第 2 回会合最終報告
参考資料, Jun. 2011
- [5] 小滝昇, 「東日本大震災 緊急対策本部の 90 日間 —
政府の初動・応急対応はいかになされたか—」, ぎょうせい,
Aug. 2013
- [6] 行田弘一, Hoang Nam Nguyen, 羽田靖史, 岡田和則,
滝澤修, 「災害時における利用を想定した無線アドホック
ネットワークの性能評価」, 情報通信研究機構季報,
vol.57, 2011
- [7] 「熊本地震で本格投入 携帯会社の新鋭基地局」, 日経
コンピュータ, 2016 年 5 月 11 日
- [8] 「気球を携帯の中継局に ソフトバンク、開発の舞台裏
電波止めるな 携帯3社の災害対策」, 日本経済新聞,
2013 年 3 月 11 日
- [9] 「災害・復興支援に取り組むキャリアから見え隠れする震
災の“風化”」, 日経トレンドイ, 2016 年 3 月 16 日
- [10] 「KDDI 研究所、スマホと UAV が通信する被災
地向けメッセージシステムを開発」, ITmedia Mobile,
2014 年 6 月 5 日
- [11] 「超高速通信衛星『きずな』、被災地で活用
JAXA」, 日本経済新聞, 2011 年 3 月 17 日
- [12] 内閣府, 準天頂衛星システムサービス株式会社,
「準天頂衛星システムの運用等事業 準天頂衛星システ
ムメッセージ通信サービスについて」, 平成 25 年 4 月 25
日
- [13] 宇宙開発戦略本部, 「宇宙基本計画工程表(平
成 27 年度改定)」, 平成 27 年 12 月 8 日
- [14] 「ソフトバンク、気球活用の無線中継局を開発、
災害時の通信確保に活用へ」, 日経コミュニケーション,
2012 年 5 月 10 日
- [15] 内閣府宇宙戦略室, 「準天頂衛星システムの推
進と利活用について」, 平成 26 年 7 月
- [16] 「進化するドローン 実用化急ピッチ」, 日本経済
新聞, 2016 年 4 月 25 日
- [17] 「ソフトバンクが気球活用の無線中継局、災害対
策用途で年内に 10 機配備」, 日経コミュニケーション,
2012 年 7 月号
- [18] 高橋卓, 「超高速インターネット衛星『きずな』
(WINDS) 世界を結ぶ『きずな』」, NICT NEWS,
No.376, 2009 年 1 月
- [19] 「深刻化するヘリウム不足 東京ディズニール
も風船販売中止」, 日本経済新聞, 2013 年 2 月 14 日
- [20] 「『準天頂衛星システム』のご紹介」, 準天頂衛星
システムサービス株式会社, 日本電気株式会社, 2015
年 4 月 9 日
- [21] 「熊本地震でドローンは有効に活用されたのか」,
日経ビジネスオンライン, 2016 年 4 月 22 日
- [22] 中尾正博, 「災害時における衛星通信の貢献」,
第 85 回テレコム技術情報セミナー, 平成 23 年 11 月 11
日
- [23] 「ドローン医療活用、『平時に使えなければ有事
には無理』」, 日経デジタルヘルス, 2016 年 3 月 18 日

日本式動作を題材としたプロジェクト型演習

橋本 洋志*・中島 瑞季*

A Study on Project Type Exercise for Japanese Style Motion in Manners

Hiroshi Hashimoto* and Mizuki Nakajima*

Abstract

This paper reports an investigation on a project type exercise for Japanese style motion in manners. The processes of deciding project theme, setting task assignments and executing tasks are described. From the processes, the effectiveness to increase competencies by attaining the project is explained.

Keywords: project type exercise, Japanese style motion, competencies

1 はじめに

本稿は、2015年度イノベーションデザイン演習1,2(主担当:橋本)を実施した内容の紹介を通して、学生らがどのようにプロジェクトを立案,実施し,どのように成果を産みだしたかを説明するとともに,産業技術大学院大学(以下,産技大と略す)創造技術専攻(以下,本専攻と略す)が定めるコンピテンシーを学生らがどのように獲得したかを説明する。

本プロジェクトは,大きく研究型,調査型,開発型の三つのタイプがあり,各学生は,自ら伸ばしたい能力に応じてこれら三つのうち一つ以上を選択する。テーマな次章で述べるように,大枠としてサービスコンテンツを対象ドメインとするだけで,具体的なテーマ・内容については学生らが主体となってアイデアを出し合い,相互議論を経て,プロジェクトテーマを決定する。この後,本専攻のコアコンピテンシーに沿って,表現,設計,開発,分析の各ステージに相応しい活動を行い,その過程で得られる知識はメンバー全員で共有するようにしている。

また,大学院教育で学ぶべきものとして,ロジカルシンキング,体系化だった学びがある。これらを修得するには,論文執筆とこれに伴う学会発表がある。このことは,イノベーションデザイン演習において必須ではないが,教育効果が非常に高く,かつ,社会人学生にとっても大変有意義な教育方法であることが経験上わかっている。このため,これらを希望する学生には,機会を与え,可能とするための支援を行っている。今年度は,社会人学生1名が国際学会,新卒学生1名が国内学会(優秀講演賞を受賞)を行い,その教育的効果が上がった。

次章以下では,プロジェクトをどのように学生らが実施したかの概要を説明した後に,学生らによるプロジェクト成果を述べる。最後に,このプロジェクトを通して,どのようなコンピテ

ンシーを学生らが獲得し,また,学会発表による教育的効果について述べる。

2 プロジェクト実施概要

2.1 テーマの選び方

プロジェクトの開始にあたり,テーマのドメインは,予めサービスコンテンツを対象とすることにしただけで,具体的対象,開発,フィールドの選び方は学生らの議論に委ねた。

議論の当初,サービスの定義,性質,内容に関する調査から始まり,サービスが人間を対象とする以上,人間の性質,満足を得るプロセスや条件,また,サービス媒体となる人工物の仕様など,幅広い事柄の先行研究調査を全員が実施した。テーマ選びは,概念共有というメタレベルの知識やスキルが必要であり,この概念共有を果たすには,学生間同士の活発な議論や質問を行うことが必須である。

しかしながら,テーマ選びのための調査や学習において,学術的または技術的な内容の理解が必須の場面に出くわしたとき,学生の中には,その理解が容易にできないものがある。

理解度の差のある学生同士で議論を行った場合,プロジェクト開始当初では,学生間で遠慮があるため,理解がつかない学生に対して突っ込んだ質問を行うことはなく,議論は低調であった。しかし,議論とは互いの立場が理解できる能力を必要とするため,理解をどのように促進するかが重要な課題である。この場合,教員が上手に導き,示唆することで,学生同士が質問し合うきっかけを作り,理解の進捗度がお互いに認識できるようになった。この認識が共有することで,理解度の低い学生に対して,理解している学生が何とか理解させようとする説明の工夫ができるようになり,理解度の低い学生も,徐々に,理解を深めることで質問や議論ができるようになった。

議論が活発になると、今度は、アイデアが発散するようになる。このような事態になった場合、教員が上手にコントロールする必要がある。本プロジェクトでは、このコントロールの仕方として、社会的意義、新規性、実現性、有用性の4つの観点から提案された複数のアイデアを評価し、これを絞り込む作業を行うことを示唆した。これに基づき、以下の内容を全員で共有することになった。

- 社会的意義: 日本の素晴らしいサービスの一要因である日本式動作の分析とモデル化は他への波及効果が高い
- 新規性: 日本式動作の定量的表現は先行研究で見られない
- 実現性: お辞儀などの基本動作ならば、3次元動作分析がしやすく、また、心理分析と考察も行える
- 有用性: 動作特徴の定量的抽出は、効率のかつ多人数教育に応用でき、かつ、動作を伴うサービス価値を高めることにつながる

上記のことを全て満足するテーマとして、「日本らしい優雅な動作の学習サービスの提案」とすることの合意を得た。このテーマには上記の項目を含んでいることを常に全員で確認しながら、これらに沿ってプロジェクトを進めることとした。

2.2 タスク分担

先に述べたテーマの下、どのようなタスクに分解し、その担当を分担したかについて述べる。

新規性を有するテーマゆえ未知の内容があり、プロジェクト開始当初から、俯瞰してプロジェクト全てをタスク分解することはできない。そのため、まず、身近なゴールを設定し、それに向けての準備実験と準備開発、および背景調査を実行した。ここで言う準備実験と準備開発の意味は、まだ見えぬ最終ゴールの方向とその具体的イメージを探ることと、プロジェクトがどのようなタスクで構成されるかを知るために設けられるものである。また、背景調査も準備実験・開発の進行に伴い見出した疑問点を解決するため、随時、背景の分野が変化し、それに応じて背景調査を行うこととなった。

具体的には、テーマのコンセプトの下、次の項目の背景調査を行った。

- “日本らしい動作”を指す動作の種類と使われている分野を調べる。これと共に、この言葉が用いられている背景は何か？また、これに応じた定量的、客観的評価はあるか？
- “優雅な動作”を表現する動作とは何か？その記述は一般に定量的・客観的評価を述べていないため、言語表現および動作表現から定量的・客観的評価を抽出できる手掛かりを見出す。
- “動作”とは、何を指すのか？一般に、全体姿勢を見ているように思われるが、実は、暗黙知で見ているため、動作の定義が必要であり、これを目指した。

- “動作”の定量的評価を行うため、3次元モーションキャプチャを用いる技術、スキルの習得方法を知る。

上記の項目を全て網羅するため、幾つかの試行錯誤的な準備実験、準備開発および背景調査を繰り返して行い、最終的に、図1に示すタスクと工程に分解し、各タスクを学生それぞれに割り当ててプロジェクトを実施することとした。ただし、この最終案に至ったのは、9月初旬であった

3 プロジェクト成果

3.1 先行事例調査

先行事例調査では、優雅な日本動作が現れるのが、古典的な日本作法から現代の社会人作法に至るまでの幅広い分野に渡り、それぞれの分野において書籍、研究論文、マナー作法手引書などから事例調査を行った。この実施した調査の概要を表1に示す。

表 1: 文献調査の種類と数

分野	文献種類・数
ホテルやレストランの従業員の作法教本	英語論文2本
接客マナー	和書1冊
お辞儀パターンと心理評価	日本語論文1本 英語論文1本
礼三息	和書2冊
立礼動作	日本語論文1本
日本人の礼儀正しさに言及	和書1冊
Kinect	英語Web多数
オーブペア法	日本語論文1本 英語論文1本
心理分析手法	英語論文2本
教育学	和書1冊 日本語論文2本 英語論文2本
挨拶の仕方に対する心理分析	日本語論文4本

表1に示す調査を主に担当した学生から、優雅な動作という用語が使われる分野、背景、動作の特徴量の説明がメンバー全員にあり、メンバー間で議論した結果、次のことを明らかにした。すなわち、先行事例調査としての成果となる。

- 優雅な動作に関する評価と教示に関する本は数多く存在する。しかし、そのほとんど全ては定性的な解説のみであり、定量的表現はほとんど見当たらない。
- 動作の定量的表現は、各関節の角度、角速度で表すのが合理的である。この表現を用いた研究論文は多数あるが、優雅さと関連付けた論文は見当たらない。

3.2 実験成果

メンバー同士の議論を経て、次のことを明らかにする必要性が認識された。

- 優雅な動作の定量的評価が無い場合、この評価を独自に定めなければならない。このためには、優雅

な動作見本(動画)を探し出し、この動作の関節角度と角速度の時系列データを取得する。

- 人間の身体部位のサイズ、関節可動域などは個人により異なる。そのため、見本となる関節の変化を真似しても、優雅な動作を表現できるとは限らない。そのため、優雅な動作に関する素人が見本を真似するというサンプルを複数用意して、どのサンプルが優雅と感じるか、という印象評価実験を行う。この日実験の準備と実施、その分析を行う。
- 教示に用いるコンテンツは、定量的で、かつ、再現性があるものが望ましい。このため、優雅な動作の見本となるモデルの構築とそのシミュレータの開発を行うための実験を行う。

これら実験の準備、実施には、機器の使用の習得、機材やスペースの確保、被験者の募集と説明、実験結果の分さきなど、多岐のタスクに分解される。この分解と実施は、メンバー間のミーティングを経て決定され、このとおりに実施された。

3.3 学会発表成果

学会発表の効用は、これまでの経験から次のことが言える。

- 論理的、体系だった思考と表現力を修得するのには有力な手段である。
- 学会発表は、社会人学生と言えども、アカデミックな領域に足を踏み入れたいという自然な欲求を満たすものであり、本人の学習意欲を維持・向上させるのに効果的である。
- 論文提出後、学会発表に向けた準備と本番は、大

変緊張を学生に与えるものであり、このことが真剣に準備するという機会を与えて、良い練習となる。

- 発表後に、もっと良い発表ができたのでは、という後悔と反省は、次の発表はもっと良くしたい、という学習意欲と学習をさらに深めたいという動機を生み出すことにつながる。
- 英語論文投稿の場合、多くは拙い英語論文である。これは、文法のみならず、表現が日本語と英語で異なることが多いためである。そのため、査読者からの指摘は、学生が有するものの表現の見方を変えることに有用である。
- これまでの事例で、国際学会発表のほとんどの場合は、拙い発表である。しかし、拙い発表であっても学生の自信につながっている。これは、新卒学生の場合は当然であるが、社会人学生の場合、修了後に会社内で国際業務を臆せずにチャレンジできるようになり、会社内でのアクティビティの量と質が向上できる。

本プロジェクトでは、新卒学生が国内発表、社会人学生が海外での国際学会発表をそれぞれ1件ずつ行い、やはり同様に上記の効用を得ているように見受けられた。

国際学会発表[1]は、優雅さに関する心理分析を統計学の観点から考察したものである。論文投稿時に、外国人の査読者から、異文化の立場から、日本らしい優雅さ表現に対する疑問点、指摘が幾つかあり、改めて、優雅さの客観的・定量的評価の普遍化が難しいことを再認識し、更なる優雅さに関する論の展開を見出した。また、発表前に Q&A を 50 程度予め作成と、これを用いた練習を行い、発表に臨んだ。英

2015年度												
	1Q		2Q		3Q				4Q			
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
PM	罫		包		津田				伊藤			
活動の流れ	▶ コンセプト・ストーリー整理・検証計画		▶ 仮説立案 実験・検証		▶ 設計・検証				▶ 検証・まとめ			▶ 発表
課題の設定												
コンセプト策定												
調査・文献調査												
技術検討												
仮説立案												
検証計画①												
検証ツールの作成												
検証実験①												
仮説検証①												
検証計画②												
検証実験												
システム設計												
システム設計検証計画												
技術検討・調査												
システム検証実験												
まとめ												
資料作成												
資料整備												
発表												

図 1: プロジェクトの工程

語力そのものは、まだ不十分な点があったが、英語で Q&A を行うには、英語力や論理構成力以外にも、異文化コミュニケーション力を必要とし、このことが発表した学生が痛感し、今後さらに、様々な学習が必要であることの再認識と意欲が湧いたとのことであり、本発表の試みは高度な学習意欲を導いたものと評価できる。

国内学会発表[2]では、これを主に担当した学生が新規性のあるお辞儀モデルを提唱した。これは、シグモイド関数を応用したもので、幾つかのパラメータを設定すると、人間のお辞儀の時間変化(起立⇒伏せ⇒起立)を良い精度で近似できることを示したものである。学会発表において、これが有用と認められたことから優秀講演賞を受賞した。受賞した学生より、この受賞は更なる高度な学習意欲につながるだけでなく、プロジェクトの内容がよかったことを公的に認められたことで、行ったことが正当であるとの確証を得たことが喜びと安心感につながるとの意見を得て、発表の効用が認められた。

3.4 PBL 最終発表

PBL 最終発表は、毎年 2 月 11 日、有楽町ホールで、学内関係者のみならず、学外から多様な分野からの聴講者を招いている。そのため、学会発表のようにある分野に精通して、ある用語を言っただけで概念を共有できるということはない。すなわち、非常に多様なイメージや想起が生じるため、如何にできるだけ多数の聴衆者に、発表の目的や主張ポイントを理解してもらえような発表にするか、メンバー間の議論があった。議論を経て、多様なイメージや想起への対処は、ある特定のシーンから説明し、かつ、このシーンは一般大衆が容易に理解できるもの、というメタコンセプトが打ち出されたことは大変興味深い議論であった。

このメタコンセプトの下、インバウンドの外国人に対して日本らしいお辞儀がサービスの質を高める、という下位のコンセプト(メタより具現化された)が出され、さらにこれを具体化するという作業が行われた。

ここで、PBL の教育効果を測るという点から、このパネルの出来具合の評価に注目するのではなく、先に述べたように、メンバー間の議論の過程において、メタコンセプト⇒下位のコンセプト⇒具現化と図的表現、の過程が矛盾なく進行したことに、概念共有の行い方を学んだ、という点が評価できるものと考えられる。

4 学習効果

PBL の重要な目的の一つに、学習効果をどのように測るかがある。創造技術専攻では、大学共通のメタコンピテンシーに加えて、専攻独自に 5 つのコアコンピテンシーを設定している(表 2)。この客観的評価法に工夫を凝らしている。すなわち、担当教員 3 名に加えて、学生メンバー全員が相互に評価し合い、この結果を担当教員 3 名が合議で調整し、この結果をさらに専攻会議で説明して、専攻としての成績の最

表 2: コアコンピテンシー

1. 発想力	1.1 企画提案力
	1.2 要求定義力
	1.3 独創力
2. 表現力	2.1 プレゼンテーション力
	2.2 言語的可視化力
	2.3 非言語的可視化力
3. 設計力	3.1 機能デザイン力
	3.2 感性デザイン力
	3.3 機能と感性の統合力
4. 開発力	4.1 開発計画力
	4.2 実現化力
	4.3 試験・評価力
5. 分析力	5.1 ユーザビリティ評価力
	5.2 マーケトリサーチ力
	5.3 業務工程分析力

終評価を決定する、という過程を経る。

本 PRJ では、表 2 に示すコアコンピテンシーのうち、特に発想力、表現力、設計力、分析力の能力を向上させることにつながり、この点での学生メンバー間の評価は、1Q, 2Q, 3Q, 4Q と進むにつれて、メンバーお互いに能力が向上したと認めた結果を示したことは、大変興味深く、また、本 PRJ における活動が PBL の本来の趣旨に沿って、各学生の能力を伸ばしたと言える。

5 おわりに

本稿は、日本式動作を題材としたプロジェクト型演習を通して、学生メンバーがどのような活動を経て、各自の能力を伸ばしたかについて述べた。プロジェクトテーマが能力向上に直接影響を与えるのではなく、どのような活動を行うことがコンピテンシー向上に強く影響することが改めて再確認された。

ここで書ききれなかった学生の努力、成果は幾つかあるが、この点については別稿で紹介する予定である。

参考文献

- [1] Nami Kudo, Kazunari Tsuda, Hiroshi Ito, Sachurongui Bao, Yasushi Motai, Mizuki Nakajima and Hiroshi Hashimoto, "Factor Analysis of Graceful Bow Based on Skeleton Model", IEEE Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2015), pp.491-497, 2015
- [2] 津田 一成、工藤 菜実、包 薩出榮貴、伊藤 博規、罇 保史、中島 瑞季、橋本 洋志, "お辞儀モデルに基づく優雅さの印象評価", 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2015

Kintone による履修計画作成アプリ群の設計

戸 沢 義 夫*

Design of Kintone Applications for student course plan

Yoshio Tozawa*

Abstract

Kintone applications are available for students to make their course plans. These applications are built on Kintone systems without the need for any programming skill. Kintone provides an application developer with several features to control forms and databases. This paper describes the design of these applications.

Keywords: Kintone applications, Kintone features, Group ware, Course plan

1 はじめに

Kintone は本学学生全員が利用できるグループウェアです。本稿では Kintone で作られた履修計画作成アプリがどのように設計されているかについて記載します。履修計画作成アプリはひとつの業務システムではなく、3つの Kintone アプリの組合せになっています。それらは次の3つです。

- (A) 科目一覧アプリ
- (B) 履修登録アプリ
- (C) 学生氏名アプリ

2 Kintone について

Kintone はサイボウズ社[1]が戦略的に開発したグループウェアシステムです。Kintone は日本発ソフトウェアとしてグローバルにグループウェア分野で世界一を目指している戦略的製品です。

履修計画作成アプリは Kintone 上に作成されていますが、全くプログラミングをしていません。すべて Kintone が提供している基本機能だけで作成されています。JavaScript を使

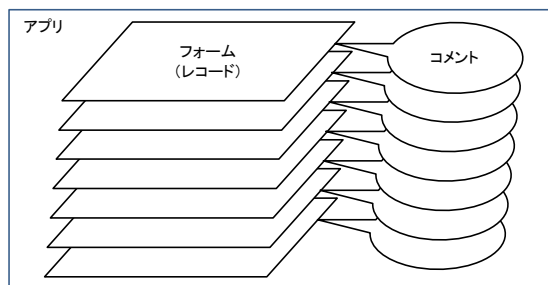
用するときさまざまなコントロールができますが、それをしていません。

本稿は、どのように(A)(B)(C)三つのアプリケーションを設計したかについて記述します。基本機能だけではやりたいけれども達成できないことがいくつかありますが、それらは注意点として履修計画作成者(ユーザー)ガイド[2]に記述することにしました。操作方法、やってはいけないことなどが書かれています。

サイボウズ社からは初心者向けのガイドができています[3]。

2.1 フォーム(レコード)のデータベース

Kintone は、ユーザー間で容易にデータが共有できたり、簡単にグラフ表示ができたりできるグループウェアです。同じフォーム(レコード)を蓄えたものがデータベースになります。普通のデータベースとの違いは、個々のフォームにいろいろ



フォーム: 書式(フィールド)が定義され、各フィールドに値が入ったもの
作成(登録)・変更・削除の対象
コメント: 掲示板(フォーラム)のように使える自由な場所(グラフ、一覧の対象外)
アプリ: 同一フォームの集まったもの(データベース)

図1 グループウェアとしての Kintone

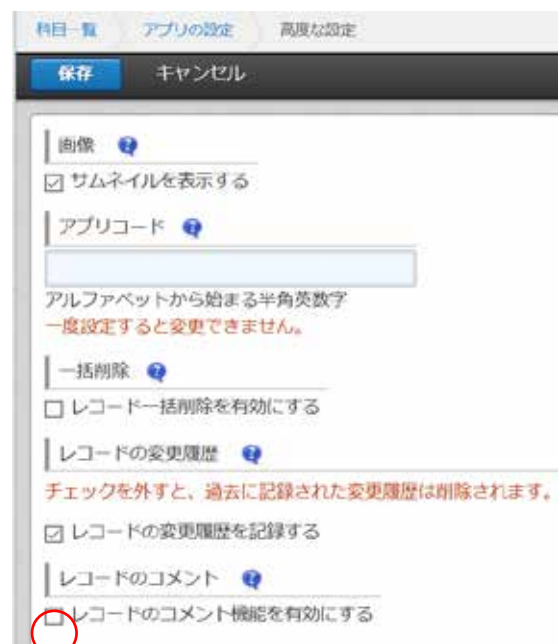
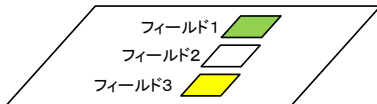


図2 コメント機能を無効にする方法

なコメントをユーザーが自由に付けられる点です(図 1)。見方を変えると、ひとつのフォームを起点にしたディスカッション・スレッドを形成することが可能です。これらのコメントを集めて別なデータベースを作成することもできます。

フォームにコメントを付けられるのが管理する立場から好ましくない場合は図2の方法で禁止できます。デフォルトはコメント有効になっています。

2.2 フォームの設計(フィールド配置)



- | | |
|--|---|
| <p>常識的なもの</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 数値 ・ 文字 ・ 複数行 ・ ラジオボタン ・ チェックボックス ・ ドロップダウン ・ 複数選択 ・ 日付、時間 ・ 添付ファイル ・ リンク | <p>Kintone独特なもの</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 表 ・ 文字の自動計算(文字フィールドの値を結合) ・ 計算(数値フィールドの値から計算した結果) ・ ルックアップ(取込) ・ 関連レコード一覧 ・ ユーザー選択 |
|--|---|

図3 フォームに配置できるフィールド

フォームには図 3 に示したようなフィールドを配置します。配置操作はドラッグ&ドロップで行えるため、プログラミング不要で極めて簡単です。

フォームを設計するにはアプリに入ってから右上に見えるアイコンをクリックして「このアプリの設定」を選びます。(図4参照。この操作は「アプリ管理」の権限がないとできません)。中央に「フォームの編集」があるのでここをクリックするとフィールドを配置できるようになります。

Kintone 独特なフィールドを理解できると、Kintone の特長がわかります。



図4 Kintone アプリ設定の入口

2.3 一覧の作成

Kintone ではフォームのデータベースに一覧とグラフをいくつでも付けることができます(図5)。

Kintone の一般的な使い方は次のようになります。

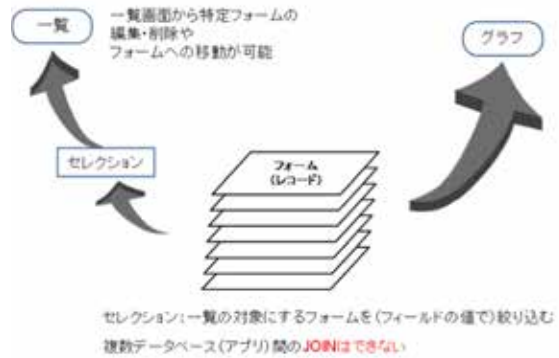


図5 Kintone の一覧とグラフ

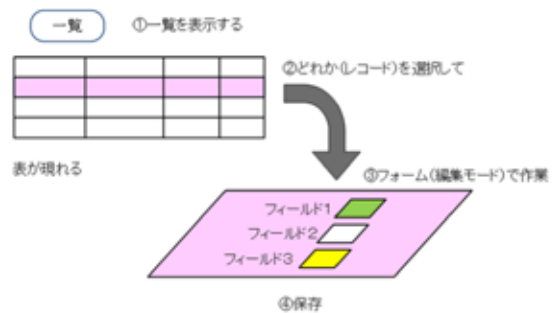


図6 Kintone の標準的な使い方

- ① 一覧から作業したいフォームを選択
- ② フォーム上での必要な(データ入力などの)作業。

一覧の作成には図 4 画面の右にある「一覧の追加」ボタンをクリックします。

- 一覧の定義では次の3つの設定を行います(図 6)。
- ① 一覧で表示するフィールドを、左に見えるフォーム上に定義されているフィールドから右にドラッグ&ドロップにより配置します。
 - ② データベースの中から表示の対象にするフォームを絞り込む条件を設定します。
 - ③ 一覧が表になる場合、表示順序(ソート)の設定を行います。

3 Kintone での他アプリとの連携(2つのデータベースの関連付け)

Kintone では関係データベースでよく使われる JOIN 操作はできません。しかし、異なるフォーム(データベース)のフィールドが同じものである場合に、それらのフィールドを関連付ける(同じものとして管理する)ことができます。異なったフォームの2つのフィールドの値が同じになるように(同じに見えるように)する仕組みです。

Kintone ではこれらのフィールドの関連付けが定義でき、システムが同じ値になるための支援をしてくれます。残念ながら、フィールドの関連付けについての説明はヘルプ(ユーザーガイド)にあまり書かれていないので初心者にとってわかりにくいです。

関連付けたフィールドの使い方に3種類あります。

(A) 取込:ルックアップ

フォーム(レコード)を作成する時にフィールドの値を他アプリから検索して取り込みます。検索して複数の候補が見つかった場合はユーザーがその中からひとつを選びます。

(B) 関連レコード一覧

フォームを表示する時にフィールドの値を他アプリから検索して表示します。検索して複数見つかった場合はそれらを表にして表示します。

(C) レコード追加アクション

自分のアプリのフィールドの値を使って、他アプリに新しいフォーム(レコード)を作成(追加)します。

3.1 取込・ルックアップ

ルックアップを図で示すと図7になります。

(事前に2つのアプリのフィールド間を関連付けておき)新しいフォームを作成する時に、フィールド1の値で他アプリを検索し、見つかったフォームのフィールドの値を自分のフォームに取り込みます。

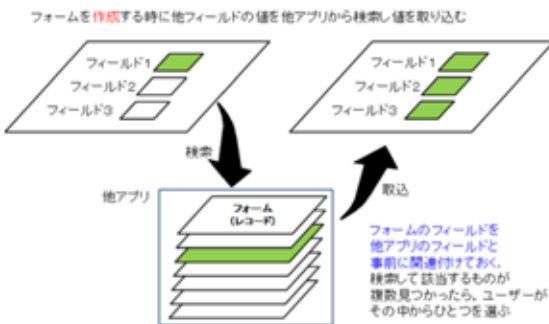


図7 ルックアップ(取込)による2つのアプリ連携

3.2 関連レコード

関連レコードを図で示すと図8になります。

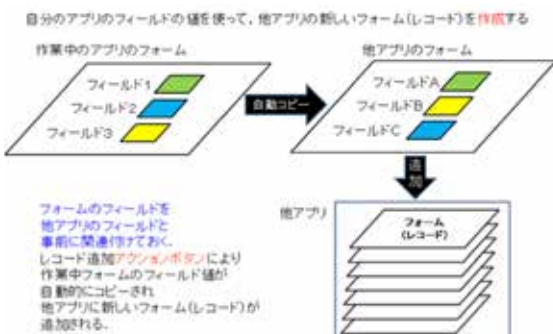


図8 関連レコードによる2つのアプリ連携

3.3 レコード追加アクション

このタイプはルックアップや関連レコードとは違いフィールドを使うのではなく、図4の画面に見える「アクション」をクリックして設定します。

Kintone では「アクション」という用語を Kintone アプリへのフォーム(レコード)の新規追加の意味で使うことが多いです。新しいフォームのフィールドが、他のアプリのフィールドと同じものである場合、新規追加されるフォームのフィールド値が他のアプリと同じものになるような制御ができます。具体的な詳細は科目一覧アプリで説明します。

4 科目一覧アプリ

科目一覧アプリは学生が履修登録する際に最初にアクセスするアプリです。アクセスすると科目名一覧が見えます(図9)。この一覧の定義を図10に示します。

PBL 科目でない科目だけを絞り込みで取り出しています。

科目名表示	履修時期
OSS特論 A.....	1Q
eビジネス特論 SA...G.	1Q
クラウドサーバ構築特論 ...M...	1Q
システムソフトウェア特論●	1Q
データベース特論T..	1Q
ネットワーク特論1.....●	1Q

図9 科目一覧アプリで表示される画面



図10 科目一覧アプリで設定した一覧の例

履修する科目をひとつ選択すると、科目一覧アプリのフォームが見えます。フォームの上の方に履修登録アプリへのレコード追加アクションボタンが現れます(図11)。このボタンをクリックすると履修登録アプリのフ

フォームが現れます。

アクションの設定は図 12 のようになっています。この設定は図 4 のアクションから行います。



図11 科目一覧アプリで科目を選択した後の画面



図12 科目一覧アプリに設定したアクション

5 履修登録アプリ

5.1 科目一覧アプリのフィールドとの連携

履修登録アプリのフォームは図 13 のようになっています。このフォームに配置されているフィールドで、科目名、成績、ストラテジスト、システムアーキテクト、プロジェクトマネージャ、サービスマネージャ、テクニカルスペシャリスト、グローバルスペシャリスト、事業アーキテクトのフィールドは、科目一覧アプリのフィールドと同じものです。従って、新しいフォーム（レコード）が作成される時は、これらのフィールドは指定された科目名の、科目一覧アプリのフィールド値をコピーして追加しなければなりません。

履修登録では、どの学生がどの科目を履修するだけでなく、その科目がどのコースの推奨科目であるかという情報を保持したまま登録します。コース推奨科目は科目一覧アプリで設定されているので、その情報をそのまま履修登録フォームに書き込みます。これが 3.3 節で述べた 2 つのアプリの連携になります。

従って、学生が履修登録フォームを保存する前に、勝手にこの情報を書き換えられると困るので、フォームに書きかえないように指示が書かれています。書きかえを系統的に禁止するには JavaScript でプログラミングをして制御すれば可能ですが、それはしていません。

Kintone では JavaScript が使えるライセンスと使わないライセンスがあり、使わないライセンスの方が安く



図13 履修登録アプリのフォーム定義



図14 履修登録アプリと科目一覧アプリの関連付け

設定されています。従って、JavaScript を使わないでアプリ構築するのは意味があります。

フィールドの関連付けは図 14 のようになっています。

登録者フィールドがありますが、これはユーザー選択フィールドのタイプです。履修登録アプリのデータは、すべての学生の履修データがひとつのデータベースに格納されますが、自分のデータだけを閲覧・作成・編集・削除でき、他の学生データは閲覧や編集ができないようにアクセス制限をします。このアクセス制限を設定するために使用するフィールドです。

このフィールドも保存する前に書きかえることができますが、利用ガイドには書きかえないようにと指示してあります。書きかえて困るのは本人だけです。

5.2 氏名の「学生氏名アプリ」からの取込(ルックアップ)

履修登録フォームの「氏名」フィールドは学生氏名ア

プリの氏名を取り込みます。図 13 の学修番号フィールドに「取込」ボタンが見えています。このボタンはルックアップ・フィールドを用いることにより実現します。

学修番号を入力し「取込」ボタンをクリックすると学生氏名アプリを検索し、学修番号が一致したフォームの氏名フィールドの値を、氏名フィールドに入力します。これが 3.1 節で説明した取込・ルックアップによる2つのアプリの連携です。

具体的なルックアップ・フィールドの定義を図 15 に示します。



図15 履修登録アプリと学生氏名アプリの関連付け



図17 学生氏名アプリと履修登録アプリの関連付け

6 学生氏名アプリ

学生氏名アプリのフォームの定義を図 16 に示します。

ここでは 3.2 節に示した「関連レコードによる2つのアプリの連携」が使われています。コース名のフィールドは関連レコードタイプです。

ストラテジストのフィールドの具体的な定義を図 17 に示します。

このフィールドを表示する時に、ダイナミックに履修登録アプリを検索し、検索された結果を表にして表示します。

2つのアプリの連携で、「3.1 取込・ルックアップ」と、「3.3 レコード追加アクション」では、フォーム（レコード）作成時に2つのアプリのフィールドが同じ値になるようにするものです。そのため、作成後にどちらかの値が変更になってもそれは反映されません。

それに対し「3.3 関連レコード」では、作成時ではなく表示の際にアプリを参照するので、いつでも最新のデータが表示されます。

実際の動作は、履修登録アプリを検索し、学修番号が作業中のフォーム（学生氏名アプリ）の学修番号と等しいものを探し出します。絞り込み条件にストラテジストフィールドの値が“S”が付加されています。検索結果



図16 学生氏名アプリのフォーム定義

ストラテジスト		
科目名	合格	成績
eビジネス特論	未履修	
サービスサイエンス特論	未履修	
プロジェクト管理特論2	未履修	
標準化と知財戦略	合格	

図18 関連レコードによる表示

は複数許されます。見つかったフォームの科目名、合格、成績フィールドを表として表示します。この条件により、当該学生が履修登録したストラテジストの推奨科目が検索され表示されます（図 18）。

7 フィールドの自動計算

Kintone ではフィールドの値を、同じフォームの他のフィールド値を使って自動計算できます。自動計算に使用できる関数はそれ程多くないのでやれることは限られますが、かなり便利です。科目一覧アプリでこの機能を使用しているので具体例を使って説明します。科目一覧アプリのフォームは図 19 のようになっています。

科目名	単位数	科目名表示
ストラテジスト	シスアムアーキテクト	プロジェクトマネージャ
サービスマネージャ	テクニカルスペシャリスト	グローバルスペシャリスト
事業アーキテクト	事業アーキテクト2名	基礎科目
総務経理	PBL	メモ
	CPBL	

図19 科目一覧アプリのフォーム定義

自動計算を使うには、参照されるフィールドに名前を付けます（図 20）。「科目名」フィールドに「名」という自動計算で参照する名前（フィールドコード）を付けています。フィールドコードとして指定します。

図20 自動計算のためのフィールドコード設定

科目名は教務システムで使用している正規の名前です。しかし、学生に表示する場合は、その科目がどのコースの推奨科目になっているかをわかりやすく示すため

図21 自動計算の設定

に「SAPMTG」などのフラグを付けます。それを自動計算で行います（図 21）。

【自動計算する】をチェックします。自動計算の式は文字列フィールドを結合（&）する演算子を使います。最初は科目名[名]。次はメモ[空]、その次はストラテジスト[S]のようになっています。

8 アクセス制御

履修登録アプリ（データベース）には全学生の履修計画が登録されています。しかし、自分の履修計画は参照・更新できても、他学生の履修計画が見えるのは具合が悪いです。

履修計画作成アプリ群では、履修計画作成依頼.pdfに記載されていますが、次の2つの情報アクセス権を設定しています。

1. 学生氏名アプリを起動すると、他学生の希望コース、希望 PBL の一覧が見えます
2. 自分で入力した履修登録情報は他学生からは見えません

これを実現するには、履修登録アプリにレコード単位のアクセス権の設定が必要になります。

図 13 の「登録者」フィールドはこの管理のために使用しています。履修登録のフォームが新しく作成される際に、このフィールドにはログインユーザーの ID が自動的に入ります。従って、アクセスする人が「登録者」と同じでない限り、閲覧・編集・削除を許さない管理が可能になります。

履修登録アプリのアクセス権は次のように設定されています。アプリのアクセス権は図 22、レコードのアクセス権は図 23 の操作をして図 24 のように設定してあります。

アプリの権限設定では学生は（科目一覧アプリ経由で）履修登録フォーム（レコード）を作成するので、

アプリ作成者	レコード閲覧	レコード追加	レコード編集	レコード削除	アプリ管理	ファイル読み込み	ファイル書き出し
Everyone	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

図22 アプリの権限設定



図23 レコードの権限設定

ユーザー	許可する操作	閲覧	編集	削除
教職員		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
登録者		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
更新者		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
作成者		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Everyone		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

図24 設定されたレコードのアクセス権

Everyone にレコード追加・削除の権限が必要になります。

レコードのアクセス権はデフォルトでは何も設定されていません。しかしアクセス権を追加することが可能で、図23のような操作ができます。

更新者と作成者は、Kintone がデフォルトでもっているユーザー選択タイプのフィールドで、この値をユーザーはコントロールできません。登録者は履修登録アプリのユーザー選択タイプのフィールドです。フォームが作成される際にログインユーザーが初期値になるように設定してあります(図13参照)。

Everyone には閲覧・編集・削除の権限がなく、教職員には閲覧の権限があります。学生で閲覧できるのは、登録者(履修登録のレコードを作成した人)のみです。通常は登録者と作成者、更新者は一致しますが、アプリ管理者がレコードを作成・更新することがあるので、登録者フィールドを使った管理が必須になります。

9 終わりに

履修計画作成アプリ群で最も管理したい情報は、PBL履修に必要な推奨科目の履修状況です(図25)。コースごとの推奨科目は(A)科目一覧アプリで管理されますが、その情報が(B)履修登録アプリを経て、(C)学生氏名アプリで推奨科目履修状況の把握で使用しています。学生氏名アプリで自分の名前をクリックすると、コースごとに推奨科目の履修状況がどうなっているかがわかるようになっています。推奨科目の履修状況を把握しながら履修科目を決定できるようにするのが履修計画作成アプリの目的のひとつです。この機能はPBL配属を決定する際に教員も使用します。

正しく情報が入力されていないとPBL配属で不利になることがあります。そのため履修計画作成はPBL履修の必須条件にしています。

Kintoneの基本機能だけでは、レコード追加アクションで履修登録レコードを作成する際に、科目一覧アプリで設定してある科目名や推奨科目情報の書きかえを禁止することはできません。JavaScriptでプログラミングすれば禁止できますが、プログラミングなしで業務アプリが作成可能というKintoneの良さを見失ってしまいます。

(A)科目一覧アプリ

科目名 ☆推奨科目情報

レコード追加
アクション ↓ 登録時に
☆推奨科目情報をコピー

(B)履修登録アプリ

科目名 学修番号 ☆推奨科目情報

関連レコード
参照 ↑ コースごとの
推奨科目履修状況

(C)学生氏名アプリ

学修番号 希望PBL 希望コース

図25 推奨科目情報の流れ

レコード追加の際に書きかえ可能だけれども書きかえてもらっては困ることは「履修計画作成依頼.pdf」に明記しました。書きかえて不利になるのは書きかえた本人だけです。

Kintone はJavaScriptでカスタマイズすれば、やりたいことはほとんど実現できますが、JavaScriptを使わず基本機能だけでどこまでできるかにチャレンジした結果が本稿で示したものです。いくつかのできないことはありますが、ユーザーガイドに使い方をきちんと記述することによりそれを回避しています。

履修計画作成アプリは3つのKintoneアプリから成っていますが、それらのアプリの連携を多用しています。Kintoneには2つのアプリを連携をする主な手法が3つあり、履修計画作成アプリではそれらすべてを使用しています。

アクセス権の設定方法は、ここに記述したやり方は他のケースで参考になると思われます。Kintoneでアプリ開発する人にとって参考になると思われることを記述しました。

参考文献

- [1] Kintone ホームページ
<https://kintone.cybozu.com/jp/>
- [2] 履修計画作成依頼.pdf
<https://aiit.cybozu.com/g/bulletin/view.csp?cid=18&aid=3608>
- [3] はじめてのkintoneガイドブック
<http://www.slideshare.net/cybozucommunity/kintone-36458110>.

「成果」志向の AIIT PBL の運営戦術 ～2015 年度 村越 PT の活動から～

滝 克彦*・笹尾 英樹*・村越 英樹**

Results-oriented Management Tactics for PBL in AIIT - Lessons learned from our activities in 2015 -

Katsuhiko TAKI*, Hideki SASAO* and Hideki MURAKOSHI**

Abstract

Advanced Institute of Industrial Technology (AIIT), a professional graduate school in Tokyo, Japan, provides a unique educational program called PBL (Project Based Learning) as a graduation requirement. In PBL, students form a project team of several members to carry out their project for a year under various themes to develop their competencies. In 2015, author's team, with each member focusing on outcomes in the learning process, achieved excellent results in the field of polarized imaging. This article describes our result-oriented project management tactics in PBL and provides lessons learned from our experience for future students.

Keywords: PBL, Project/Problem-Based Learning, Competency, Management, Tactics, Strategy

1 緒言

本学、産業技術大学院大学(AIIT)は、工学系の専門職大学院である。本学では、修士(専門職)課程の修了要件として、PBL (Project Based Learning = 問題解決型学習)を実施している[1-4]。産業技術研究科 創造技術専攻では、システム開発、デザイン、ものづくり、MOT といった多彩なテーマについて、学生5～6名でプロジェクトチーム(以下PT)を作り、1年間をかけてプロジェクトを遂行する。

2015年度、我々がPBLで手掛けたテーマ「偏光イメージングのための多角的撮像システムの開発と応用研究」(Development of automatic/multiple polarized imaging system and applied research)は優れた成果をあげ、内外から高い評価を得るに至った。本PBLの実際のプロセスを振り返り、その時その時に我々が考えた戦術と背景にある思想を記すことで、あとに続く学修者の参考になればと考え、本稿を執筆した。なお、プロジェクトの内容そのものについては、付録1に挙げた文献をご参照頂きたい。

2 本学 PBL の概要

「イノベーションデザイン特別演習 1, 2」(以下 PBL)は、一般的な大学院における修士論文の代わりに本学 創造技術専攻で実施している PBL 型教育の必修科目である。

本学 PBL の特徴は、多彩なバックグラウンドを持つ学生 5 名程度で構成されたチーム学修で、学生の自主性を重視しており、学生が自ら学び、1 年間、チームで課題の解決法を模索し、対処していくなかでコンピテンシーの獲得を目指す。PBL の学修目標は、次の 2 点に代表される。

① コンピテンシーを養うこと

② 1 年次に修得した知識の応用力を養うこと

獲得できるコンピテンシーとしては、表 1 (3)(4)を掲げている。「コンピテンシー(Competency)」の定義は諸説あるが、この場合は「高度な業務遂行能力」を指す用語として用いている。

表 1: PBL の学修目標と評価方法

No.	評価項目	(内容)	評点	評価者
(1)	プロセス 関与度		30 点	主担当教員 1 名 副担当教員 2 名
(2)	プロジェクト 貢献度		30 点	
(3)	メタコンピ テンシー	コミュニケーション能力、継続的学習と研究の能力、チーム活動	30 点	担当教員と メンバーに よる 相互評価
(4)	コアコンピ テンシー	発想力、提案力、設計力、開発力、分析力	10 点	
	合計		100 点	

Received on October 31, 2016

産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology, AIIT

**産業技術研究科 創造技術専攻 *2015 年度 修了生

E-mail: hm@aiit.ac.jp, murapro15@aiit.ac.jp

PBL は講義科目としては、半期(前期, 後期)で区切られているが、四半期(クオータ)ごとにPBL発表会を開催し、プロジェクトの進捗状況をチェックする。PBLは1年間で12単位を与える講義科目で、教員を含めたコアミーティングとそれ以外の活動(メンバーミーティング, 個人活動など)を合わせて、各週の学習時間は18時間を要求する。また、プロジェクトの推進と進捗管理のために、プロジェクト計画書, 週報, セルフアセスメント, コンピテンシスコアシート等の提出が求められる。これらの提出物や成果物は、PBLのために用意されたグループウェアで管理する。

PBLの評価方法についても表1に記載した。最終的には成績評価のための専攻会議を開催して、創造技術専攻の教員全員の合意で成績が確定する。この評価方法では、獲得したコンピテンシーとコンピテンシーを獲得するための活動過程の評価に重点が置かれている。

PBLで各PTが取り組む課題は、主担当となる教員から与えられるが、大きな方向性が示されることが多く、詳細については、各PTメンバーの自主性に任されている。当該年度、村越PTでは、PBLタイトルを「東京都の中小企業が抱える課題の解決を支援するプロジェクト」とした。かなり曖昧な表現での課題提示だが、本学と連携関係にある東京都産業技術研究センターの研究員にヒアリングをして、現在どのような課題で困っているのかを聞き、これをきっかけにメンバーで話し合い、具体的な課題を抽出していただきたいという思いで、このような記載とした。

3 PBL テーマの立案プロセス

表 2: 2015 年度 村越 PT メンバーとスタッフ

学生	プロフィール
KT	40代男性 ソフトウェア会社を経営。工業製品や材料等の可視化や画像解析が専門。
HS	40代男性 カメラメーカー勤務でマーケティングと製品企画のプロジェクト管理を担当。
KK	20代男性 理系大卒業後、すぐに本学に入学。大学では音声解析を手掛ける。
KG	20代男性 中国からの留学生。中国の理系大卒業後、企業での勤務経験があり、日本の電子系専門学校を経て本学へ。
WW	20代女性 中国からの留学生。日本の文系大学 経営経済学科を卒業後、本学へ。
主担当教員 HM	組込みシステムなど、情報工学が専門分野。

我々のPBLは、表2の通りのメンバー、スタッフでスタートした。最初のミーティングでは、都内の公設試より研究員をお招きして、ヒントになりそうな話題を提供して頂いた。以降、4, 5月はテーマを立案する活動に注力した。この過程で、若手諸君は発想したり、議論することに慣れていないことが明白であるように感じられた。同じ学生の身分で僭越ながら、文献やヒントを示し、集まって自主的な学習時間を設けるよう

に指南した。

最終学歴で手掛けた研究テーマは、職業を持った後も自身の専門性や職域を決めるキャリア形成の要因になることが多い。工学分野の指導教員のもとに集まった学生が進めるPBLとしては、ハイテク感を伴う開発で、社会的/工学的に意義があり、第三者に確かな価値を認めて貰えるような技術/サービスを創造すべきではないか。若手諸君が出してくる生活に密着した素朴なテーマを見て、筆者KTは、そういった私見を述べ、たびたび奮起を促した。

5月初旬には、各自が考えたテーマ計30個を持ち寄り、長時間に渡って集中的に議論するミーティングを開催した。非現実的、抽象的なアイデアも玉石混濁で、遠慮の無い意見交換を行った。PBLでは、全員がカタチを持ったものを作りたいとの思いが強く、概念だけのテーマは敬遠された。自分がやりたいことを情熱的に主張するメンバーもいたが、実現性は?方法は?成果は?と詰めていくと、議論は自然と収束していった。こうして、組上から外れるテーマも存在したが、複数のテーマを立てたり、折衷案を探るような方向には向かわず、妥協の無い取捨選択を行った。議論の過程で、何となく「可視化」や「センシング」、「符号化」がキーワードとして見えてきて、後日、筆者KTが提案した、偏光によるイメージング装置開発のテーマを推進することに決定した。図1は初出資料の一部である。



図 1: 初出資料の一部

このテーマは、自身の専門分野の知識と実務経験、また趣味である科学玩具、先人たちの発明、文献から得た情報、Webによる調査結果、そして全員のアイデアや検討の経緯を参考に発案した。技術面では、1年間である程度のレベルに持っていける実現性と開発の規模、適度な新規性を重視し、さらに社会人メンバーのアドバンテージを生かし、若手メンバーの技能の成長を見込み、指導教員をも戦力と位置付

け、チームで最大の成果を得ることを目標に構想を練り上げた。予算、設備など、本学の制約も考慮に加えた。なお、我々が考えた「成果」は、開発したシステム、ソフトウェア、取得したデータ、ドキュメント、論文といった、目に見える成果物に留まらず、それらのマテリアルを駆使して得られる業績を最優先に、活動の過程で得られるコンピテンシー、さらには人間的成長や自分たちの将来像、組織や社会への貢献といった無形の価値をひっくりめた範囲と定義できる。対外的には、付録1に挙げた各項目に結び付くような運営を重視した。

PBL を終えた今、良質なテーマを早期に立案できたことが成功の鍵であったとの声を頂く。大学院で手掛けられるレベルの研究テーマを立案するには、科学技術、産業、製品、サービス等について、普段から関心を持ち、情報をインプットしておかないと、良質なアウトプットを得ることは難しい。言うまでもない話だが、本学の学生は入学後、早いうちに PBL に備えた意識形成を図り、修練することが重要であると改めて示唆しておきたい。それは決して不可能なことではない。

本 PBL は、「東京都の中小企業が抱えている課題を解決するプロジェクト」というお題が示され、メンバーが招集された。我々は最終的には後付けで、この課題に応えることができたが、文字通りに解釈するならば、中小企業も様々であるため、普遍的なテーマを立案することは容易ではない。

本専攻では、テーマの決定は結局、学生の自主性に任されることが多いが、毎年、刷新されたテーマでゼロから研究開発を行うと、1 年間という短い期間がどうしてもボトルネックになってしまう。何らかの方向性を設ける意味でも、教員(研究室)に蓄積されている利用可能な技術要素やノウハウを示してメンバーを募ったり、プロジェクトを世代間で継承していくようなことも、高度化のために今後ももう少し検討されるべきかもしれない。

4 2015 年度 村越 PBL の運営戦術

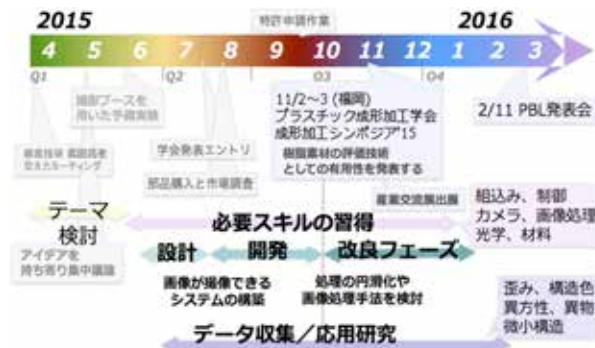


図 2: 6 月下旬時点でのスケジュール表

テーマ決定後に我々がとった戦術を可能な限り列挙する。図 2 は第 1 クォータ終盤、6 月下旬に作成したスケジュール表である。本 PBL は装置開発を主目的としたが、新規用途

や有効性といった応用にまで踏み込んで検討する点に研究の本質がある。そのため光学分野ではなく、プラスチック成形加工学会での発表をエントリーした。学会発表は、年度の後半に予定されていても通常、年度中盤には、受付が締め切られる。早い段階での意思決定とアクションが必要である。

発表前の 10 月中旬には、射出成形の第一線の研究者や企業の方々に招聘し、内覧会を開催できたことは有意義であった。準備に要した数週間の密度は、若手にとって、得難い経験ができたのではないかと思う。他の PBL 所属の学生で、分析装置メーカー勤務の KO 氏には、本 PBL に、このほか関心を示して頂き、試験片の作成/評価、イベント等で、会社ぐるみでご協力頂いた。2 月には、静岡県の企業 約 20 社を招き、有償のセミナーを公設試と共催で開催した。

公設試の研究員、研究費の提供先、自治体、地域の中小企業、学会、セミナー等で知り合った研究者や企業の方々、PBL の歴代の先輩/後輩、学友など沢山の方々をつながりを作ってプロジェクトを推進し、修了後は報告を行った。予算、顕彰の類はプロジェクトを高いレベルに昇華させるために、始めから獲るべくしてチャレンジし、紆余曲折はあったが、全て思惑通りに成就した。獲得した賞金で学会参加のための旅費、装置の部材製作のための外注費、掲示物の制作、特許出願費用等、あらゆる経費を自力で賄い、余裕を持った財政運営ができた。短期的/中長期的なマイルストーンとなるイベントを自主的にいくつも設定し、それらを目標にプロジェクトを進めたことがメンバーのモチベーション維持と進捗の点で功を奏した。

本研究の知財については、2015 年 7 月に窓口である公立大学法人 首都大学東京 産学公連携センターに特許届を提出し、話し合いを持ったところ、「承継しない」と公式な回答文書を得るに至った。この結果、本件発明は名実ともに我々の権利として、自由にできる状態になった。2015 年 11 月の学会発表の後、特許法第 30 条 新規性喪失の例外の適用を受け、2016 年 4 月末に特許出願を行った。発明振興協会に相談に赴き、出願書類は自分で執筆した。

アウトリーチ活動を精力的に行ったのも、本 PBL の特徴である。隔週で PBL 見学会を実施し、下級生や外部の方々などゲストを招くことでメンバーの説明/対話能力が養われ、なおかつ発表資料や研究内容をブラッシュアップすることができた。産業交流展 2015 では、本学 PBL で唯一、大学ブース内で展示とデモを行った。本学 OPI(OPen Institute オープンインスティテュート = 産学連携の組織)にも適宜、情報提供を行い、大学の広報活動に協力した。Web サイトの充実も目指し、大学事務局と折衝を行ったが、学内のポリシーとルール上、断念せざるを得なかったことは惜まれる。

試作装置の完成後は、メディアにプレスリリースを打ち、取材を受け、写真付き 7 段抜きの記事が新聞掲載された。テレビ局の取材も画策したが、こちらはあいにく叶わなかった。

業績は、このようにして積み上げたが、我々の PBL のハイライトは、実は 2 月の本学プロジェクト成果発表会(東京国際フォーラム)である。これまでの集大成として総力を挙げ、工夫をこらした展示と発表を行った。付録 2 に写真を掲載するので、ご覧頂きたい。

5 成果志向のチームマネジメント

全てのリソースを有効活用し、1 年間という短期間で最大の成果を目指す場合、本学の環境に即したチーム運営が重要と我々は考えた。我々が留意したチームマネジメントについて、5 項目を挙げて説明する。

5.1 的確な目標設定

まずは全員が理解できる平易な言葉で、的確な目標を設定することが必要である。我々は次の 3 点を目標とした。この文言にプロジェクトの方向性が集約され、コンピテンシーの獲得と成果志向の両方が謳われていたことが読み取れる。

- ① ものづくりのプロセス改善に貢献できる実用性の高い技術開発を行う。
- ② 開発したシステムによる応用研究を行い、高度な可能性と市場性を追求し、成果を情報発信する。
- ③ このプロジェクトを通じて、即戦力として働ける技能を身に付け、人間的により成長する。

5.2 合意形成

我々は単に 1 年間、学ぶというよりも、対外的にいくつも業績が残る形で PBL を推進したいと考え、合意形成に腐心した。メンバーが相互に理解を深めるために、自身のバックグラウンド、本学に学びに来た理由、やりたいことを良く話し合い、社会人は企業の実務や業績の形成について知識や経験を披露し、議論を深めた。そして演習用ではなく、内容で勝負できる本格的な研究テーマを前述したプロセスで選定した。こうした合意のもと、キツいと不満を漏らす者は、年間を通していなかった。

5.3 多様な人材のマネジメント

表 2 に示したように我々のチームのメンバーは年齢、性別、国籍、また技能、経験、個性も様々であった。

成長を期待して、若手に中心的な役割を与えつつも、業務によっては質を下げないために、実力差や得意分野を踏まえて役割を分担した。この結果、経験者が持つ知識やノウハウを活用してプロジェクトを有利に推進できた局面も多かった。技術系ではないメンバーには、経歴や関心事との接点を探して作業分担を与え、継続的にサポートした。年長者も若手も関係無く、対等な立場で下働きをすることもあったし、誰かが困っている時には、仲間が労を厭わず支援した。全員

が関わり合って、ひとつの目一杯のテーマに取り組むことで、各人の進捗の影響が全体に及ぶことを認識し、迷惑をかけられないという良い緊張感がチームに浸透していった。

クオータごとの学内の中間発表会では、学科内でダントツに優れた発表をするよう再三、口に出し、学友らを相手に身近な競争を演出してみせた。中間発表会では、製作中のデモ機を展示し、聴衆の理解を助ける補足資料を準備して配布した。プレゼンテーション、報告書、申請書といった文書作成は、若手の経験不足が露呈しやすい業務であることは、やむを得ない。満足のいく品質になるまで、全員で徹底的に添削を行った。全ての公開資料は全文を英文にできないまでも、要所要所において、英語による表現やネーミングも重視して表記を検討した。留学生には、日本人相手に伝わるプレゼンテーション、スピーチができるように、何度でも練習につき合った。未経験者にハードな対外発表の機会を優先的に与えて側面支援したことで、メンバーのあらゆるスキルが短期間のうちに高度に培われたと自負している。

5.4 チーム内のパワーバランスのマネジメント

企業内のプロジェクトは、同じ組織のメンバーが目標や共通認識を共有してスタートするのに対して、本学の PBL 活動では、背景や価値観が異なるメンバーが対等な立場で集い、新たにプロジェクトを始める点に相違がある。何を手掛け、どのように運営するかについても自由度が高い。合意形成が不十分のままプロジェクトが進行した場合、個人の意見が強くなると、組織の力が働かないため、チーム内のバランスが崩れて、パフォーマンスが低下することが懸念される。

筆者 HS は、メンバーの構成や個性をみて、チーム内のパワーバランスの状態を把握し、補強してゆくことが重要と考え、その役割を率先して引き受けるように心掛けた。この結果、大きな衝突も無く、チームは目標に向かって邁進できた。リーダーシップとファシリテーション、両面における手厚いマネジメントが成果を追求するチーム運営において、昨年度、上手く機能した。

5.5 十分な時間と労力の投入

筆者 KT の場合、週報に記載した年間の活動時間の合計は 852.5 時間であった。同様に、メンバー全員が時間と労力を惜しみなく投入した。土曜日や夏季休暇中は、誰もいない工房に我がチームが朝一番に現れ、夜、守衛に追われて最後に帰ることも珍しくなかった。食事や遊びの時間も、だいたい 5 名が揃って楽しんだ。

仕事を持つ社会人は、出張や残業を含めて日中の業務をフルにこなした上で通学し、PBL の作業時間も捻出した。時間は休みと睡眠を削って捻出し、「時間が無い」と言い訳はしなかった。主担当教員も長時間に渡って、熱意を持って指導して頂いた。

6 学生の視点から

専門職大学院は 2003 年に認可された新しい教育機関で、本学は設立 11 年目に過ぎない。社会人学生の割合は 7 割を超え、工学系の専門職大学院は希少な存在である。多様な学生が通うため、学ぶ動機も目的も様々と言っている。

新卒学生の当面の目標は就職活動であろう。本学では、PBL を修士(専門職)課程の修了要件と謳っているため、選考過程において、その内容が他大学の学生の修士論文と直接的に比較されることは想像に難くない。PBL も一般的には、まだまだ説明が必要な学修手法である。

社会人は何らかのステップアップを目指して学び直しに来ている学生が多いため、コンピテンシーの獲得はニーズに叶っている。しかし履修の結果、得られる単位や学位が実務能力のエビデンスとして、対外的に簡単に通用する訳ではないのが現実である。

専門職大学院も PBL も十分に認知されているとは言えない現状において、職業訓練を旨とするカリキュラムを通過した実績だけでは不足で、社会的に共感を得られる明確な業績を積み重ねることが必要と我々は考えた。自主性に任される状況下であっても、成績と無関係であろうと、成果を重視した PBL を志向するに至ったことは必然だったのである。

7 教員の視点から

前述のように、本学には多様な学生が集まり、学修している。新卒学生や留学生にとって PBL 型講義科目である「イノベーションデザイン特別演習」は、実務に直結するコンピテンシーの習得を目指しているの、大変有益であると考え。しかしながら、就職活動でライバルとなる一般の大学院生は、専門分野において研究成果を残している筈で、これらの学生と競うためには、対外的に認められる成果が必要であろう。

一方、社会人学生のニーズは多様であり、教員は常にそのニーズを敏感に読み取り、社会人学生が満足できるよう心がけることが重要であると考え。この場合にも対外的に認められる成果をあげることが有効であると考えられる。

2015 年度の村越 PT は、社会人学生 2 名、新卒学生 1 名、留学生 2 名の計 5 名であった。リーダー格となる社会人学生が 2 名いると、主導権争いがおこり、チームが崩壊するという例を多く見てきた。本年度のチームにおいては、1 名の社会人学生が目標を示し、もう 1 名がサポート役に徹し、また適宜、その役割を交代/分担するなど、非常に良いバランスを保ちながらプロジェクトが遂行された。そのため、このように素晴らしい成果を修めることができたと共に、活動のなかから多くのコンピテンシーを獲得したと確信している。ここに教員が過分に介入する必要はなく、自主的に行われるチーム活動のサポートという、PBL 学修が目指す本来の姿と教員の役割が見えたと感じた。

8 プロジェクトの評価

付録 3 に関わった方々から頂いたお言葉の一部を紹介する。学会発表、セミナー等のイベントでは、来場者の方々から多くの称賛を頂いた。プロジェクト成果発表会 口頭発表の会場では、品質保証業務に携わっていたという質問者から、「感動した」とのコメントを賜った。ものづくりのプロセス改善に貢献できる実用性の高い技術開発を目指していた我々にとって、最大限の賛辞であった。

若手諸君は出会った当初からみると長足の成長を遂げ、業績が認められ、それぞれ希望通りの進路に進んだことを報告しておく。

本プロジェクトは修了後も光学分野の専門家を加えて、有志が集まる形で継続しており、対外発表、受賞、記事執筆、公的予算の獲得といった業績を受けて、発展的な技術開発と事業化へ向けて進んでいる。本 PBL のテーマは必ずしも事業化を念頭に置いて提案した訳ではないが、目覚ましい成果を得て、予定通りと思いつつも一同、驚いている次第である。

9 結言

本稿執筆の過程で有志で集まり、どんな PBL が理想か討論する機会を設けた。「この人たちと再び同じように学びたいかどうか」との意見を発した方がいらした。けだし金言である。意欲あるメンバー、スタッフに恵まれたこと、また我々の PBL 活動にご支援/ご協力頂いた多くの方々に深く感謝の意を申し上げたい。最後に本学において、より優れた PBL 活動が今後、展開されることを期待してやまない。

参考文献

- [1] 先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム 拠点間教材等洗練事業 PBL 教材洗練 WG, “PBL(Project Based Learning)型授業実施におけるノウハウ集 (2011 年 7 月改訂案)”, <http://grace-center.jp/wp-content/uploads/2012/05/pblknowhow20110726.pdf> (visited on 2016.10)
- [2] 加藤由花, 中鉢欣秀, 戸沢義夫, 専門職大学院における PBL 型教育の実践 -産業技術大学院大学における事例-, 産業技術大学院大学 紀要 第 3 号, pp.83-90, 2010.3.
- [3] 陳俊甫, 安藤昌也, 村尾俊幸, 大坪克俊, 網代剛, “ものづくり PBL の実践に関する研究”, 産業技術大学院大学 紀要 第 3 号, pp.141-156, 2010.3.
- [4] 成田雅彦, “企画型 PBL の実現と考察”, 産業技術大学院大学 紀要 第 2 号, pp.175-182, 2008.12.

付録 1: 関連業績一覧

学会発表, セミナー, 講演

- [1] 笹尾英樹, 滝克彦, 金田桂一, 伍嘉祥, 王維, 村越英樹, 陳俊甫, 小坂耕平, “偏光イメージングを用いた多角的撮像システムの樹脂成形品評価への応用”, プラスチック成形加工学会 第 23 回秋季大会 (成形加工シンポジウム'15 福岡), C-203 (P-082), pp.81-82, 2015.11.
- [2] 伍嘉祥, 笹尾英樹, 滝克彦, 王維, 金田桂一, 小坂耕平, “偏光イメージングを用いた多角的撮像システム [明察 Meisatsu]”, SAT テクノロジー・ショーケース 2016, P-102, p.104, 2016.2.
- [3] 王維, 金田桂一, 伍嘉祥, 笹尾英樹, 滝克彦, 村越英樹, 吉田敏, 陳俊甫, 網代剛, “偏光イメージングのための多角的撮像システムの開発と応用研究”, 2016 AIIT PBL プロジェクト成果発表会, http://aiit.ac.jp/announce/pbl_exhibition.html, 2016.2, (visited on 2016.10)
- [4] 村越英樹, 金田桂一, “偏光イメージングシステムの開発と樹脂成形品評価への応用”, 平成 27 年度高分子材料分析技術講習会 - 成形加工評価と最新の成形品評価技術 -, 静岡県プラスチック技術研究会, 静岡県工業技術研究所, 2016.2.
- [5] 金田桂一, “偏光イメージングを用いた多角的撮像システムの開発と応用研究”, 第 5 回超異分野学会, KT018, pp.84-85, 2016.3.
- [6] 笹尾英樹, 王維, 滝克彦, 金田桂一, 伍嘉祥, 村越英樹, 吉田敏, 網代剛, 小坂耕平, “AIIT PBL『偏光イメージングのための多角的撮像システムの開発と応用研究』”, TIRI クロスミーティング 2016 要旨集, p.46, 2016.6.
- [7] 村越英樹, 滝克彦, 笹尾英樹, 金田桂一, 小坂耕平, “偏光イメージングのための多角的撮像システムの開発と応用研究”, 日本光学会 偏光計測・制御技術グループ「第 12 回偏光計測研究会」, pp.16-17, 2016.7.

専門誌記事

- [1] 村越英樹, 笹尾英樹, 滝克彦, 小坂耕平, “偏光イメージングのための多角的撮像システムの樹脂成型品評価への応用 <樹脂成型品の品質可視化に向けて>”, プラスチック(日本工業出版), Vol.67, No.10, pp.7-11, 2016.10.

出展/展示

- [1] 産業交流展 2015(東京ビックサイト 大学ブース内), 2015.11.
- [2] SAT テクノロジー・ショーケース(つくば国際会議場), 2016.2.
- [3] 荒川区産業展(荒川総合スポーツセンター 大学ブース内), 2016.3.
- [4] ビジネスフェア(大田区産業プラザ 大学ブース内), 2016.6.
- [5] TIRI クロスミーティング(東京都産業技術研究センター), 2016.6.
- [6] 2016“よい仕事おこし”フェア(東京国際フォーラム 大学ブース内), 2016.8.
- [7] 江戸・TOKYO 技とテクノの融合展(東京国際フォーラム 大学ブース内), 2016.10.
- [8] ビジネスフロンティア・フェア(東京ビックサイト 大学ブース内), 2016.10.

新聞記事

- [1] 『樹脂偏光 自動で可視化 産業技術大学院大 観察装置を試作』, 日刊工業新聞, 2016 年 2 月 23 日

受賞

- [1] 第 28 回リバネス研究費 町工場賞, 2015.11.
- [2] the Tokyo U-club 主催 第 3 回 学生ものづくり大賞 最優秀賞, 2016.4.

採択

- [1] 東京都中小企業振興公社 平成 28 年度 新製品・新技術開発助成事業, 2016.8.
- [2] 東京都立産業技術研究センター 平成 28 年度 共同研究開発事業, 2016.10.

特許

- [1] 滝克彦, 村越英樹, 金田桂一, 笹尾英樹, 王維, “偏光による画像観察および撮影装置, 偏光画像データ生成方法, 偏光画像データ生成用プログラム”, 特願 2016-100888, 2016.4 出願.

「何か」を予感させるポスターを
シンプルにデザインし、会場入口に設置した。

小物の展示物も徹底的にこだわって制作し、充実した掲示/配布物を準備した。



展示ブースを訪れてくれた
お客様には、プレゼントを渡した。

- ・黒を基調としたブースデザインは異彩を放ち、実機を用いたライブデモを行った。
- ・新機軸として、アートプロジェクトを企画展示し、偏光画像の美しさ/面白さをアピールした。
- ・BGMに乗せてメンバー紹介、アートプロジェクト応募作品等の映像を放映。透過スクリーンは注目を集めた。

付録 2: 本学プロジェクト成果発表会での展示風景 (2月, 東京国際フォーラム)

付録 3: 外部評価者のお言葉 抜粋

<p>東京大学 生産技術研究所 横井 秀俊 教授 (射出成形現象の可視化をご研究されている、この分野の第一人者)</p> <p>樹脂成形品では、形状精度の実現とともに内部ひずみの低減が求められる。本研究は、特に 3 次元形状の成形品について、多方面から偏光観察した複屈折分布の計測画像により、定性的なひずみ分布を評価しようというもので、画像計測の専門家の知恵を集結したユニークで意欲的な研究開発となっている。残留応力の計測は原理的に難しいが、例えば分子配向や形状精度が一定であるなどの仮定をして、対象製品の相対的な内部ひずみ分布の違いを数値化するなど、簡易な評価技術として今後さらに発展することを期待したい。</p>	<p>北海道大学 CoSTEP 特任助教 村井 貴 様 (2014 年度 村越 PT 修了生, 産業技術大学院大学 PBL 認定登録外部評価者)</p> <p>偏光観察の自動化に取り組んだ意欲的なプロジェクトである。試作を早い段階から行って、精度を高めることに力を注いでおり、成果物の完成度の高さや有用性はイノベーションデザインの観点から評価できる。また、そのプロセスにも刮目すべきで、プラスチック成形加工学会にて発表を行ったり、競争的外部資金を調達したりもしている。研究内容を積極的に発信し、専門家の評価を得て、研究資金まで獲得するという好循環を一年という短い期間で実現した事例は、AIIT の過去の PBL を振り返って、あまりないのではないかな。また、プレゼンテーションの手法や工夫をこらした展示はサイエンス・コミュニケーションの観点から十分に評価できる。</p>
<p>東京都立産業技術研究センター (東京都の公設試験研究機関) 光音技術グループ 海老澤 瑞枝 様 (光学分野の専門家)</p> <p>定量技術の高度化に関する研究が主流になっている偏光分野において、リアルカラーで「見える」に主眼をおき、イメージング技術の高度化を目指したテーマは新鮮です。優れた観察性は、これまでに偏光を利用したことがなかった分野へも裾野を広げるものと期待しています。</p>	<p>日本ゼオン株式会社 (合成樹脂, 電子材料等を製造する大手化学メーカー) 精密光学研究所 主席研究員 博士(工学) 佐藤 隆 様 (成形加工シンポジウム'15(福岡) 発表の際の座長)</p> <p>今回新たに開発された「偏光イメージング撮影システム」は、簡便でありながらプラスチック成形品のひずみや分子鎖配向状態を立体的に観察できる特徴ある装置である。今後さらなるユーザーニーズの取り込みによって、プラスチック成形加工分野の評価・分析ツールとして大きく発展していくことが期待できる。</p>

価値を創造するためのビッグデータ利活用技術

中野 美由紀*

Technologies for use of Big Data to create value

Miyuki Nakano*

Abstract

In our Big Data era, the efficient and effective methods of data analysis are crucial. This paper introduces what is Big Data by referencing concrete examples, and reports the current situation of Big Data in Japan, USA and EU. Furthermore, this paper describes some subjects related to Big Data IT Technologies such as database systems, data distribution, data analysis and data security from the data engineering point of view.

Keywords: Big Data, Information Technology, Data Engineering and Management, Data Analysis

1 はじめに

社会が生み出すデジタルデータが爆発的に急増するなか、「ビッグデータ」というキーワードが近年、脚光を浴びている。ウェブを例にとるまでもなく、我々の身近においてデジタルデータは常に増大し続けており、IDC によれば、2020 年には 40 ゼットバイトを超えると想定されている[1]。ゼットバイト時代においては、溢れるデータの中から必要なデータを単純に探しだすに留まらず、探し出したデータを有用に利用するために新たな付加価値が求められている。Internet of Things (IOT:モノのネット化)、Industry4.0 等の新しいキーワードもクローズアップされてはいるが、ここ数年は「ビッグデータ」という言葉に集約されている感がある。ビッグデータとは、実世界を反映する多種多様なコンテンツを用い、社会活動の要求に即時対応し、従来は不可能であった大容量、多量のデータの全件処理を基に多角的に処理・解析し、その結果から新たな社会的価値を生み出す一連の過程を含むコンテンツ全体を指している。なかでも、電力、石油、大規模農業等のライフラインあるいは経済的な社会基盤システムと結び付けられた事例をサイバーフィジカル・システムと称される。

携帯電話、スマートフォンの普及により常時インターネットにアクセス可能となった現代、人の活動は物理的な移動の有無にかかわらず、ウェブサービスなどの情報社会基盤を通じて営まれている。行政のオンライン化、様々な経済活動情報、社会情報自体がデジタルデータとして蓄積・解析される。人のみならず、モノを媒体とする情報、例えば、都市における交通制御、セキュリティ支援(監視カメラ等)、プラント制御、省電力監視、局所的な気象変動情報など枚挙にいとまがな

い。これらの情報から新たな情報が創造され、発信され、ビッグデータ時代とは価値ある情報の再生産による「超スマート社会」の出現に他ならない。いわゆる大規模コンテンツ流通時代において、情報として何が起き、何が問題となり、その未来に向けた技術とは具体的に何か、改めて問われている。本稿では、筆者が「情報処理」で特集した内容[2]を中心に現在のビッグデータの研究動向を紹介する。

2 ビッグデータとは

2.1 ビッグデータ現象

ビッグデータ[3]という言葉から想起される課題はその言葉を問われる立場によって全く異なる。文字通りの意味にとらえれば「big(大きな) data(データ)」であるが、もはや「大きな」データが存在することは当たり前となっている。ハードウェア、ソフトウェアの双方における技術的な課題は多くあるが、全件処理は十分に可能となりつつある。しかしながら、そこに「データの内容(コンテンツ)」、「データの利活用」という「社会性」の観点に加わると、とたんにビッグデータは技術の対象にとどまらず、社会における資産へと姿を変え、人が利用しうるデータを生み出すという大きな課題が生じる。経済活動はわかりやすい例であるが、ビッグデータはより幅広い社会活動においても重要な価値を持つと期待され、新たに「データサイエンティスト」と呼ばれる専門家が社会に求められている。

ビッグデータ時代とそれ以前では何が違うのであろうか。1990 年代に「データマイニング」が大きく取り上げられた際、データ解析については多くの試みが行われ、コストの高い「全件探索」を効率化するためのマイニング技術が多く提案

された。当時、データは収集する側がある意図をもって収集し、その意図に基づいて収集した組織、機関にて解析されていたが、経済的あるいは社会的な有用性から他の蓄積データと併せて利用できることは容易に類推される。例えば、クレジットカードの信用調査は、返済が可能であるかどうかを知るための「収入」「雇用」「家族構成」を問うだけであったが、その後、購買履歴、家族構成などにあわせてダイレクトメールが送られるようになった。しかしながら、依然としてデータを収集する側がデータを利用する主体であった。一方、ビッグデータ時代の今、データの収集、解析、利用が多くの場合、異なる組織や機関で行われ、データの収集時に意図されたものとは異なる利用が試みられている。また、利用対象となるデータ自体も人間自体が生成するものに加え、社会活動を維持するための様々なセンシングデータの蓄積が進んでいる。

2.2 ビッグデータにおける課題

上述のように、ビッグデータの特徴付けるものは日々増大する大量データの「全件処理」である[4]と同時に「社会活動」における価値を求められていることにある。

現在のビッグデータの量はすでに人間の手で扱える範疇を遙かに超えている。Qmee[5]では、「Online in 60 seconds」と題して、2013年と2014年に、ウェブ上のサービスを中心に60秒間で如何にデータがアクセスされたかを報告している。2013年の結果(図1)を見ると、わずか60秒間の間に72時間の動画が投稿され、14000回の通話がskypを通り、flickrの写真が2000万件閲覧されている。24時間あっても、1分間にあげられたデジタルデータを人が視ることはかなわない。したがって、コンテンツの「全件処理」を可能とする様々な技術として、蓄積のためのストレージ技術、データ解析のための高速かつ大規模分散処理技術(クラウドコンピューティング等)、大容量の結果を人が扱えるようにするための技術(機械学習、データマイニング、言語処理等)などが必要であることはいうまでもない。

さらに、「ビッグデータ」のもう一つの特徴である「社会活動」に即した成果を得るためには、データの継続性とその変化への追従を可能としないといけない。また、データの「社会性」に伴い生じる価値や利用に対する理解、権利などについて、十分に配慮をしないといけない。それは、データを利用する側に求められると同時に、データを提供する側にも求められる。これらの、ビッグデータ時代におけるリテラシーに関しては、「ビッグデータ」の利用がデファクトとして進んでいるなか、急速に進める必要がある。

これらのビッグデータの利用にあたっては、1)長期的なデータの収集・蓄積、2)Right Nowな社会における対応、3)IoT社会における情報の管理、4)社会におけるコンテンツのガバナンス(安心・安全、資産、責任等)と多くの課題が挙げられている。これらの課題に共通することは、コンテンツそ

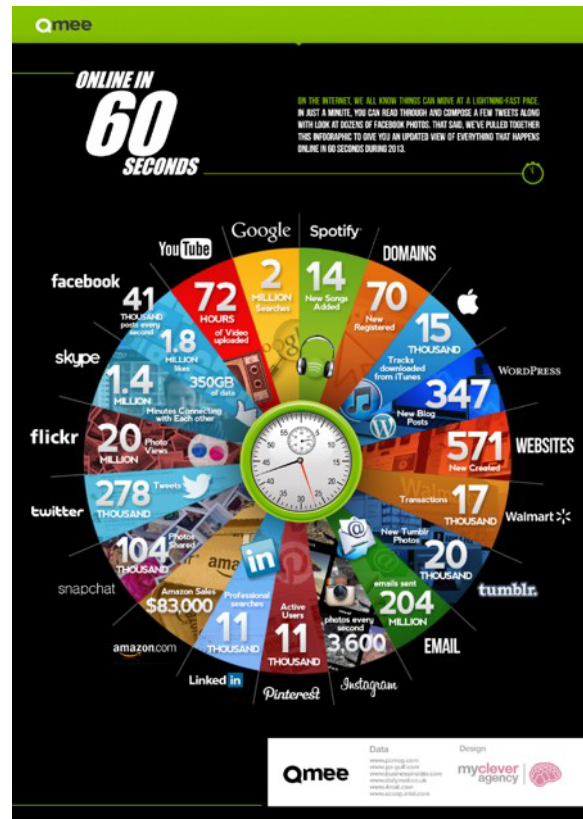


図 2: Online in 60 seconds (2013 年) from Qmee

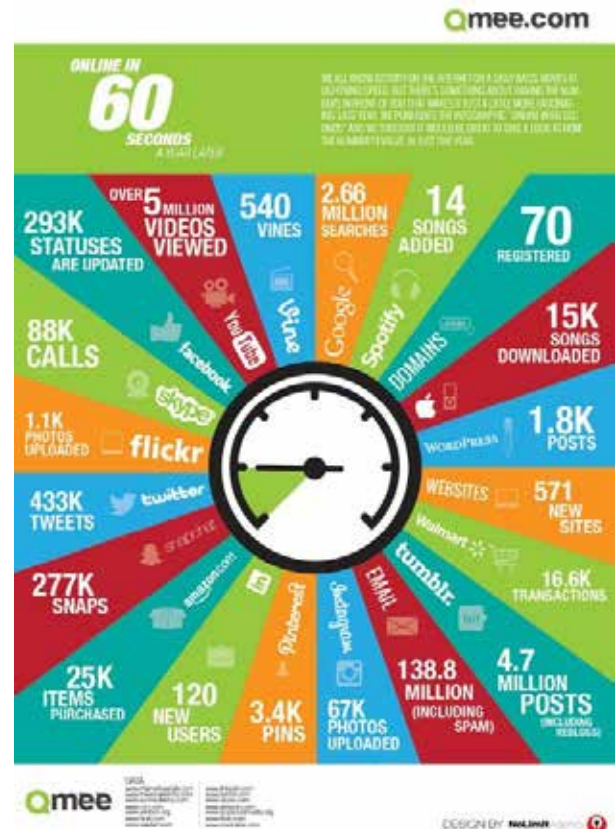


図 1: Online in 60 seconds (2014 年) from Qmee

のもの出自、由来をオリジナルコンテンツのみならず、そこから生成されるコンテンツも含めたコンテンツ利活用基盤を、社会のコンセンサスを醸成しつつ、早急に構築することである。

3 ビッグデータの動向

3.1 情報爆発から超スマート社会へ

我が国では、「情報爆発」、「情報大航海」などの大型プロジェクトにより、マッキンゼーの 2011 年のレポート「ビッグデータ」以前から、現在の状況を予測し、様々な技術の研究開発に着手していた。文部科学省科学研究費特定領域研究「情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤に関する研究」が開始されたのは 2005 年でちょうど 10 年前である。当時すでに Web は大規模化し、検索エンジン Google は 80 億ページをインデックス化していると発表していた(2004 年 11 月)。既に単純なキーワードでは検索できない情報も多くなっており、「情報爆発」ではいちはやく困難な検索要求に対して自然言語処理を駆使して回答する手法などが開発された。2008 年の情報処理学会誌 (Vol.49, No.8) 特集「情報爆発時代におけるわくわくする IT の創出」等で成果を報告している。

平成 28 年 1 月には、第 5 期科学技術基本計画[6]が内閣府から出された。わが国の施策として、未来の産業創造と社会変革を第一項目にあげ、自ら大きな変化を起こし、大変革時代を先導していくため、非連続なイノベーションを生み出す研究開発を強化し、新しい価値やサービスが次々と創出される「超スマート社会」(図 3)を世界に先駆けて実現するための一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進する、と標榜している。



図 3: 超スマート社会サービスプラットフォーム (第 5 期科学技術基本計画 概要から)

3.2 海外の動向[7]

ビッグデータの利活用は、海外、特に米国、欧州において盛んに行われている。2010 年のマッキンゼー報告による明確な方向づけ以前より、データを利活用した社会システム、すなわち、「スマートシティ」は着目を浴びていた。情報産業を中心に、都市の電力供給と需要、都市交通利活用、港湾

整備、風力発電設置の環境問題など、すでに動いていた感がある。また、サンフランシスコ市は 2010 年の段階で、市民からの通知による駐車違反などを SNS との連動で実現を試み、市民参加型の社会システムの先駆けともいえる。このような流れの中、各国政府も企業活動を越えた観点から、データを保有し、利用することの重要性を認識し、ビッグデータ利活用に向けた施策を進めている。

(1) ビッグデータ研究開発イニシアティブ

米国では、2012 年 3 月から「ビッグデータ研究開発イニシアティブ」を大統領府・科学技術政策局 (OSTP) が発表し、6 政府機関 (NSF, NIH, DOE, DOD, DARPA, USGS) に対し、大規模デジタルデータへのアクセス、保存、知識発見を支援するためのツール及びデータマイニング、機械学習などの技術を飛躍的に進歩させることを明らかにした。

NSF では、2014 年に、Big Data Innovation Ecosystem[8]として、ビッグデータ研究の支援を表明した。国内のデータ収集、利用を共有することでビッグデータ研究を加速することを目的に Big Data Hub(国内に 4 拠点、北東部、中西部、南部、西部)と呼ばれる拠点(図 4)を立ち上げ、各 Hub に Big Data Spoke と呼ばれるデータ共有、新たなデータ利活用をトピックとする研究グループから構成されるプロジェクトである。2015 年秋に各 Hub 拠点の活動が始まり、現在、各 Hub にて Spoke の公募を行っており、今後多くの成果が出ると思われる。



図 4: 米国の Data Hub の対象地域

他にも、大型研究プロジェクトとして、California 大学 Berkley 校の AMP (Making Sense at Scale with Algorithms, Machines and People) プロジェクトにおいて、大規模分散処理の高速化、機械学習プログラムの適用が進められ、また、ワシントン大学の Myria では、分散非共有ビッグデータ管理システム及びクラウドサービスの研究開発が行われている。

(2) Horizon 2020[9]

欧州では、2013 年まで実施されていた FP7(第 7 次研究枠組み計画)に続く Horizon 2020(2014~2020)を通じて研究開発が進んでいる。Horizon 2020 は、2010 年に策定された「ヨーロッパ 2020 戦略」での革新的欧州連合を実現

する EU 最大の研究開発プログラムであり、2020 年までの 7 年間で総額約 800 億ユーロが投資される。同プログラムの柱として、1) 科学的卓越性、2) 産業における先導性、3) 社会的挑戦への取り組み、が掲げられており、基礎研究が「科学的卓越性」に、プロトタイプングが「産業における先導性」、出口を見据えた活動が「社会的挑戦への取り組み」に対応した成果を生み出すことが期待されている。2015 年の成果とし



図 5: Airlander (Horizon 2020 の成果 HP から)

て、航空機と飛行船の機能をあわせもつ Airlander が報告されている。

Horizon 2020 では、オープンデータポータルのあるさらなる整備と共に、複数国家間かつ産学官を含む複数のパートナー間の連携による研究開発に力を入れており、ビッグデータ関連研究への投資は、これら3本柱の何れにも含まれている。一方で、公募名にビッグデータを冠しているものは、「産業における先導性」に含まれる ICT 技術分野「コンテンツ技術と情報管理」内の「ICT-15-2014:ビッグデータ革新と利用」(5,000 万ユーロ)と「ICT-16-2015:ビッグデータ研究」(3,900 万ユーロ)の2つである。

4 ゼットバイト時代のデータ処理技術

4.1 データの管理技術

ビッグデータの大きさについては、具体的な事例を挙げる必要はもはやないかもしれない。全米屈指の小売業 Walmart 社では毎時 100 万人の顧客情報を取り扱い、データは 2.5PB ずつ増加している。Facebook では一日にアップロードされる写真が 2 億 5000 万件、ユーザ同士のやりとりが 8 億件を超える。米国のオンライン商取引は 2009 年には 30 億ドルに過ぎなかったが、2015 年では 140 億ドルに達すると想定されている。

このように、ビッグデータでは、現在のデータ収集量の大きさに目を奪われがちであるが、実はデジタル化されていない過去のデータにも大きな価値が秘められている。過去のデータのデジタル化は多大なコストを要する一方、過去 100 年近い修理の記録をデジタル化することで多大な経済的効

果を得た事例がある。米国ニューヨーク市では、マンホールの爆発事故が年に数回起り、事前の点検管理では解決しないため、大きな問題となっていた。そこで、記録方式が時代によって異なる修理記録をすべて解析可能な形でデジタル化することで、事故の起きる原因をつきとめ、同様の箇所の埋設電線の補修を効率よく行うことにより、マンホール事故を未然に防ぐことが可能となった[4]。これは高度経済成長期に橋、道路、上下水道など多くの社会基盤が建造された我が国においても、大きな示唆を与える事例である。また、社会におけるデータの蓄積が 100 年にわたる長い時間経過をも耐えうる必要があることを示している。デジタル化されたデータの蓄積においては、記憶メディアの変化、記憶メディアの時間劣化も考慮し、単にメディアに格納するだけではなく、必要なときに時間経過にかかわらず利用可能な形で保持する技術が求められており、コールドストレージ等の研究開発が進んでいる。

4.2 データの流通技術

多くの状況において人が求める情報はリアルタイムに変化する。一日の生活を考えても、朝起きてすぐは当日の天候、交通状況を調べ、昼食には近くにあるレストラン情報が必要となり、アフター5には劇場の空席を調べているかもしれない。特に、災害や事故が起こった際には、その対応のための情報が即座に必要なとなる。

こうしたリアルタイムな実世界状況把握のための情報源として、スマートフォンの普及により爆発的に広まった、Twitter 等のリアルタイムソーシャルメディアが挙げられる。現在では、報道機関等も災害や事故の第一報をいち早く得るために Twitter 等を活用しており、火災や鉄道、航空事故等の映像はこれらのメディアに投稿されたものがテレビでの報道に使われる事例も増えてきている。

2011 年に発生した東日本大震災においては、電話や交通網が麻痺する中、Twitter 等のメディアにおいて、被害状況や救助要請、避難場所等に関する様々な情報が、友人間のネットワークを通じて非常に早いスピードで共有された。図 6 では、震災直後から、地震の状況、地震直後に必要な資材、避難場所などに関するつぶやきが一斉に行われ、その中から有用な情報がリツイートと呼ばれる情報共有機能で拡散されていった様子が示されている。

このようなソーシャルネットワークシステム(SNS)を通じて流されるデータはリアルタイムな状況に応じた情報として非常に有用である一方、多くの人を経るために情報の正確性に欠けることもあり、正確な情報を流すためにはクラウド・ソーシング(Crowd Sourcing)的なアプローチが今後重要になると考えられる。また、SNS の多くの情報は一時的であり、無用な情報を含むものが多く、これらのデータをいかなる形で蓄積し、利用可能なものとするかも課題の一つである。

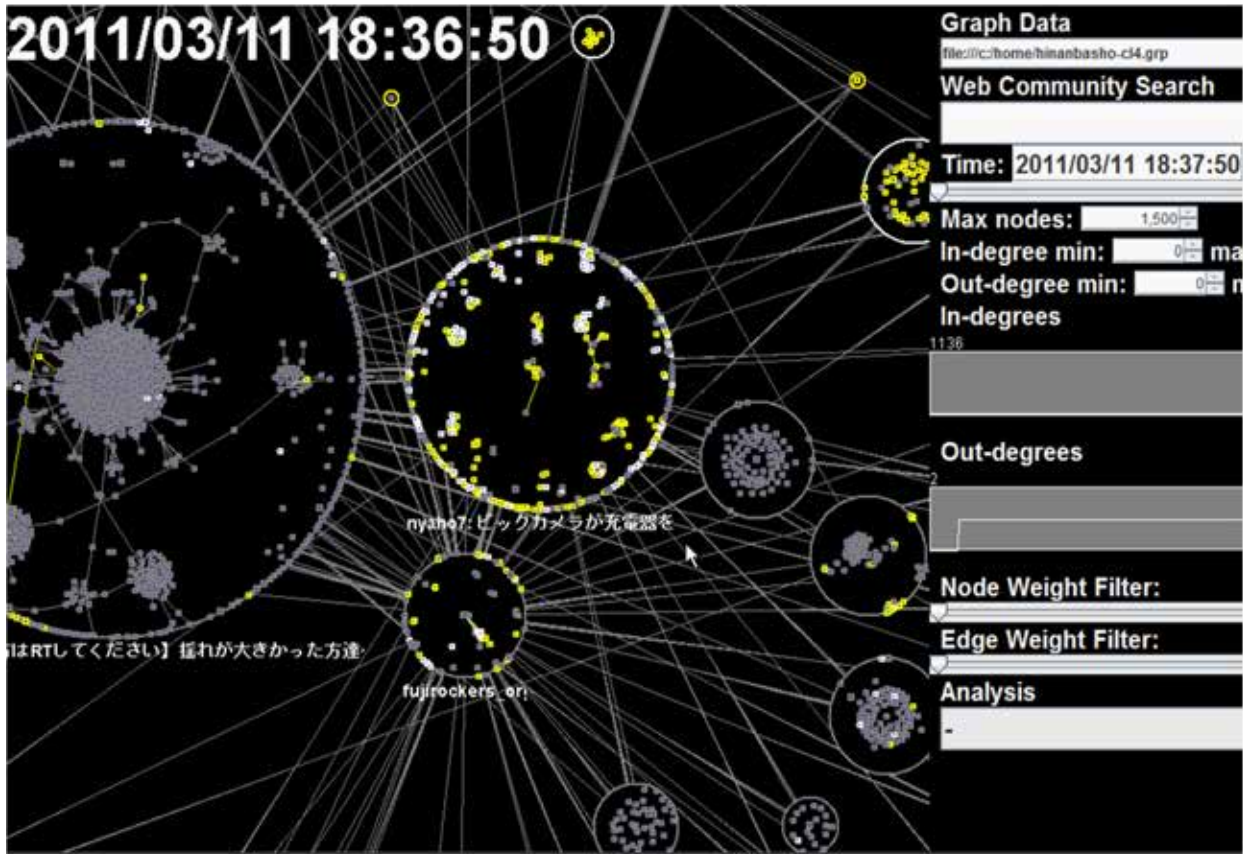


図 6: 東日本大震災直後のデータ拡散の様子

4.3 データの解析技術

データの中から価値ある内容を見出そうとする試みは社会の中では常に行われている。一定期間で行われる国勢調査、各省庁が出す白書などの伝統的な統計情報から企業の売り上げ集計まで社会活動の一環として組み込まれていると言ってよい。それが今、ビッグデータという言葉が大きく取り上げられているのは、解析の対象が非常に大きくなっているというだけではなく、そのデータを「全て」処理することが可能な解析処理基盤が実現したからである。

[4]では、「因果関係から相関性」という言葉で表現している。その典型的な事例として、アマゾンの書評販売が紹介されている。アマゾンは書籍のオンライン販売から始まった。当初は書評委員による推薦という形で顧客に次の書籍の推薦を行っていた。これは何某がある本を購入したら、同じ著者の本を推薦する、あるいは、同じ分野の本が推薦される。つまり、赤ちゃんの本を購入した人には妊娠に関連した本が何冊も推薦されることになる。そこで、書評委員の推薦とは別に、売り上げの記録から本を購入に関する相関性を導きだし、とある本を購入した人が次に購入した本を薦めることにした。その本を次に購入したかの理由はつきつめず、次に購入したという事実のみに着目したのである。結果、相関性の高い本を薦める方式の売り上げが書評委員の推薦に勝つに至った。

ビッグデータという言葉が現れる15年前に、データ工学の分野では「データマイニング」が一躍脚光をあびた。動機はまさにビッグデータを同じくデータの山から価値あるデータを掘り起こすことが目的である。それまでは、計算機パワーの制限で全件比較するコストが高かった相関関係処理が効率良いアルゴリズムの提唱[10]とともに急速に普及したのである。全件検索による相関解析はいまやデータ解析処理システムには通常の機能として提供されている。相関解析は有用なツールであるが、一方で、多量のデータに適用すれば多量の結果が得られ、ややのものと人による判断が難しくなる。

人が見る範疇をこえた多量のデータをいかに扱うかが現在のビッグデータの課題である。データの分類、カテゴリ化するためのクラスタリング、クラシフィケーションなどの技術に加え、機械学習が大きな注目を浴びている。データ探索、解析のための機械学習アルゴリズムおよび具体例に関しては、[11]にて専門家からの紹介がまとまって紹介されているので、参照されたい。ゼットバイトのデータの全件解析を行うには、有用なデータの関係性、あるいは、単純な統計解析では見つけることはとうてい出来ない量の壁が存在する。機械学習アルゴリズムを用いることで「因果関係はわからないが相関性のある」データを抽出し、人が理解可能な形まで結果を集約できることが期待されている。

4.4 データをまもる技術

プライバシー保護技術, データアクセスセキュリティ技術, 暗号化技術など, データを守る技術は様々である。しかしながら, 課題であげたように, ビッグデータにおけるデータセキュリティの問題は, そこに保持しているデータセットの匿名性が複数のデータ群を扱うことにより, 予想をしない形でその匿名性が破られる可能性が存在することにある。また, 一度流通したデータ, あるいは, 二次利用されたデータを回収することは, デジタルの世界ではほぼ不可能である。

そこで, データ品質の保証あるいはその経歴をなんらかの形で示す lineage/provenance などの機能や物流では当たり前になったトレーサビリティなどの機能をデータ自体に付与するようなシステムが必要となろう。

一方で, ビッグデータ時代においては, データを保持すること自体に価値がある。これは, 従来の社会にはない財産が出現したと考えられ, 今までの法規則, 商慣習にはなじまない事態が起きると考えられる。ビッグデータ時代におけるデータ利活用では「データ利用のガバナンス」(12)について早急に検討すべき段階にきている。

5 おわりに

十年先と言われていた囲碁の人口知能が囲碁の世界チャンピオンに勝ち越したというニュースは記憶に新しい。一般道路上の自動運転も可能性が見えてきた。ビッグデータとその基盤技術は新たなイノベーションへの機動力を秘めていると同時に, 人間社会へ大きなインパクトを与え, その革新は数年前でそれ以前のアプリケーションを陳腐化する勢いである。本稿では, ビッグデータに必要な技術の最前線に簡単に触れたが, 社会との接点をつなぐ技術の開発はまだまだこれからである。

参考文献

- [1] F.Gens, “IDC predictions 2011, Welcome to the new mainstream”, IDC White Paper, #225878(2010)
- [2] 中野美由紀, 山名早人編 : “ビッグデータがもたらす超情報社会 —すべてを視る情報処理技術: 基盤から応用まで—”, 情報処理, Vol.56, No.10, p.956-997 (2015)
- [3] McKinsey Report, “Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity” (2011)
- [4] Viktor Mayer-Schonberger, and Kenneth Cukier, “Big Data, A Revolution That Will Transform How We Live, Work and Think,” Eamon Dolan/Houghton Mifflin Harcourt, ISBN-13: 978-0544002692 (2013)
- [5] <http://blog.qmee.com/qmee-online-in-60-seconds/>
- [6] 内閣府: 「第5期科学技術基本計画」, <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html> (2016)
- [7] 山名早人 : “ビッグデータがもたらす超情報社会 —すべてを視る情報処理技術: 基盤から応用まで—: 2. ビッグデータ関連プログラム —米国と EU における動向—”, 情報処理, Vol.56, No.10, p.962-968 (2015)
- [8] <https://www.whitehouse.gov/blog/2015/11/04/big-announcements-big-data>
- [9] <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>
- [10] Rakesh Agrawal, Tomasz Imielinski, Arun N. Swami: Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases. Pp.207-216, Proc. of ACM SIGMOD93 (1993)
- [11] 麻生秀樹編 “<特集>データを読み解く技術-ビッグデータ, e-サイエンス, 潜在的ダイナミクス”, 電子情報通信学会会誌, Vol.97, No.5, pp.341-426(2014)

駅に必要な価値デザイン

西田真一*・櫻本晋平*・聶淼*・汪眉*・三田秀雄*・國澤好衛*

Value design necessary for the station

Shinichi Nishida*, Shimpei Sakuramoto*, Miao Nie*, Mei Wang*,
Hideo Mita*, Yoshie Kunisawa*

Abstract

This project is about solving problems by Design Thinking. For this study, we focused on the station. We formed a project team and derived the most important valuable concepts from the assessment of current conditions.

Based on the most important valuable concepts we identified, we designed artifacts that do not yet exist and we imagined their installation in the station. These artifacts should contribute to keep safety and comfortable condition at the station. The aim of this project is to design useful artifacts installed at the station, but also to prompt a manners improvement of station users, and to create a symbol that contributes to the identity of the station.

Keywords: Design, Design Thinking, Station, Artifacts, PBL

1 はじめに

産業技術大学院大学産業技術研究科創造技術専攻でのカリキュラムである 2015 年度 PBL (Project Based Learning) にて、「駅に必要な価値デザイン」をテーマにし、駅の問題をデザインの力で解決するプロジェクトを行った。駅をプロジェクトの題材にした理由は、公共性の最も高い場所であり、まちのランドマークであると考えられ、さらには利用者にとって価値ある場所だと考えられるからである。この公共性の高さと存在感を活かし、デザインによる課題解決を行うことにより、快適な空間・場所、利用者の誇りになるような駅づくりを考えていく。本プロジェクト進行にあたり、駅にまつわる様々な情報や多くの関係者、そして乗り越えなければならない条件などが発生し、予定をしていた進行度合いではないが、仮説の設定から今後のプロジェクト進行をスムーズにするため「駅デザインプロジェクト」を立ち上げた。そしてその仮説をもとに複数のプロトタイプを製作した。この「駅デザインプロジェクト」としての活動は現在も進行している。長期的な視点でのプロジェクト進行が重要であると考えている。

2 本プロジェクトの目的

前提として、駅は公共性の高い場所であり、まちのランドマークであると考えられる。しかし、近年では利用者のマナーやモラルの低下により、迷惑行為や暴力・破壊行為が増加している。また、利用者は目的地に向け、通過するだけの場所になっているように思われる。そこで、公共性が高く、まちの中心

的な存在であるべき駅に本来の価値を見直し、また新しい価値を与えることを目的とした取り組みである。

3 本プロジェクトの方法

「駅に必要な価値デザイン」をテーマとし、プロジェクトを円滑に進めるために必要ないくつかの条件を設定する。また、その設定事項に沿ったプロジェクトを進行する。設定事項は以下の 4 つである。

3.1 仮説の設定

駅に必要な価値を 2 つ設定する。1 つは、安心・安全を確保すること。これは駅の機能として最も必要な価値である。次に、利用者が心地よい場所だと感じる。そのような気持ちで利用できれば、マナー改善にもつながると考える。

これらのことから、「愛着醸成により、マナーを促すことができる」と「共感コミュニケーションにより、駅での交流を活性化できる」という 2 つの仮説を設定する。

仮説を実証するためには様々な問題・課題があると考えられるが、ハード面の改善と心理的なアプローチが必要であることは明確であり、機能的価値と情緒的価値の両方の視点から考えることが重要であり不可欠である。

3.2 ロードマップの設定

本プロジェクトは、最終的に駅全体からまち周辺までを対象にして、デザインによる解決策の実行が必要である。しかし、各箇所解決しなければならない問題・課題は異なり、

段階を経たプロジェクトを行うことが重要であり、場所を絞り込み、実験・実証していく必要があると考える。現段階では、利用者が必ず訪れる駅ホームに絞り込み、デザインされた人工物を設置することによる解決策を考える。その後は、①駅ホーム上から、②駅構内→③駅舎全体→④駅周辺環境の段階で考えている。

3.3 デザインする人工物の設定

価値ある人工物をデザインするために目的を明確する必要がある。まず駅の問題として、マナーやモラル低下による、迷惑・犯罪行為等の増加と、駅自身が、まちの中心的ポジションが未確立なことがあげられる。この問題に対する課題として、安心・安全な場所の確立が必要であり、同時に駅をまちのランドマーク化することである。その解決策として、駅ホーム上に価値ある人工物をデザインし、設置することである。価値ある人工物とは、設置することにより、安全性が上がり、マナーを促すことができる。また、まちの誇りと思えるものでなければならない。つまり、駅で人と人とのつながりを回復し、乗降する駅としての基本機能(利便性)を備える人工物である。

前述した仮説の設定をふまえた上で価値ある人工物を考えると、「人の行動を制御する人工物」と「人が行動を自ら促す人工物」という2つの視点でデザインワークを行う必要があると考えられる。

3.4 進行スケジュールの設定

本プロジェクトは、価値ある人工物をデザインし、駅の課題解決をする上で、前述の仮説のもと、「安心・安全」「愛着」「マナーを促す」の3つのキーワードを起点にした①基本調査から、②実験駅設定→③現地調査→④鉄道会社ヒアリング→⑤デザインワーク→⑥鉄道会社提案→⑦駅実験→⑧結果分析・改良→⑨駅再実験のスケジュールで進行する。

4 本プロジェクトの基本調査

鉄道駅に関連した知識取得と現状把握のため、「鉄道会社の現状」「駅の機能」「まちの歴史」「地元意識」「マナー」をポイントに置き調査を実行する。

4.1 鉄道会社の現状

まず駅に必要な価値を理解するため、鉄道サービスの現状を主に調査した。鉄道会社は、快適な運行や運賃面でのサービス向上をベースしながら、犯罪対策やマナー向上の取り組みやホームドア、バリアフリーなど安全面の中心に多岐にわたって様々なサービスを行っている。【図1】

また、近年では、ユニバーサルデザインの採用や清潔で快適なトイレなど、本来の鉄道サービスでなく、付加価値の

高いサービスを積極的に行っている。

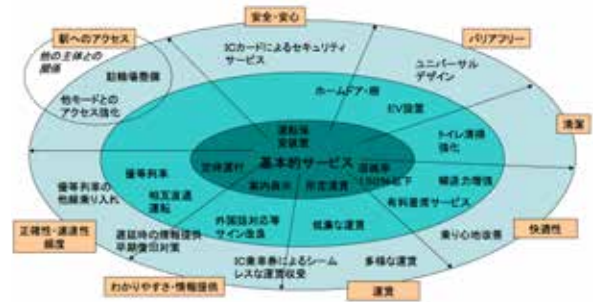


図1: 進化する鉄道サービス[1]

鉄道会社の具体的な状況や対策については、本プロジェクトに重要だと思われる以下の7事項を抽出した。

- ①鉄道施設における犯罪行為への対応, 防犯対策等
→鉄道施設内では暴力が増加
- ②鉄道における犯罪対策・マナーアップの取り組み
→1位: 騒々しい会話, はしやぎまわり等
- ③バリアフリー施設の整備
→段差の解消とエレベーター設置
- ④ホームドア・可動式ホーム柵の整備
→ホームドア設置
- ⑤利用者にとってわかりやすい案内サインへの取り組み
→全国統一ピクト, 駅ナンバリング
- ⑥利用者に対するリアルタイムな情報提供
→ホーム上LED, 社内ディスプレイ, 輸送障害情報
- ⑦快適な鉄道サービスへの取り組み
→待合いコーナー, トイレ, 駅構内ギャラリー

上記の中でも特に利用者のマナー低下についての問題が深刻化しているように思われる。また、日本民営鉄道協会が行っている利用者のマナーに関する調査【表1】では、騒々しい会話など定番の迷惑行為に加え、4位にスマートフォン関連の行為があり、今後も増加すると思われる。

表1: 駅と電車内迷惑ランキング(2014)[2]

順位	迷惑行為	割合(%)
1位	騒々しい会話(話し声や笑い声)	53.2%
2位	携帯電話の音	31.7%
3位	乗降時のマナー	27.0%
4位	携帯電話・スマートフォンによる迷惑行為	24.7%
5位	ペット(犬)の音	24.2%
6位	乗降時のマナー(荷物)	20.9%
7位	乗降時のマナー(乗客)	19.8%
8位	携帯電話の音	18.6%
9位	乗降時のマナー	18.6%
10位	駅構内を歩いている	14.8%
11位	乗降	13.2%
12位	携帯電話の音	12.7%
13位	乗降時のマナー(乗客)	11.6%
14位	乗降時のマナー(乗客)	8.8%
15位	携帯電話の音(乗客)	7.2%
16位	その他	8.7%
17位	乗降	8.2%

東京急行(株)の自由が丘駅では、照明による情緒的な取り組みが行われている。コンコースでは、時間帯で明かりを演

出しており、朝の通勤時間帯は、照度と色温度を高く（600 lx, 5100 K）設定して、活気ある駅空間を演出している。夕方の帰宅時間帯からは、外の自然光と同様に照度と色温度を少し低くして（500 lx, 4000 K）、落ち着いた雰囲気演出している。夜から深夜にかけては、照度と色温度をさらに低くして（400 lx, 2800 K）、一日の疲れを癒すような光環境を演出している。このように人間の生体リズムに合わせて照明の色温度や明るさを調節し、屋内であっても時間の流れを把握できるようになっている。これらのことから駅の人を運ぶという機能に対しての安全性に加えて、人が駅を利用する上での快適性も重要であることが見てとれる。

4.2 駅の機能

駅と利用者の行動（動線）を考える上で、まず駅の基本的な機能である交通結節点の視点に絞り、機能を抽出した。交通結節点は、異なる交通手段（場合によっては同じ交通手段）を相互に連結する乗り換え、乗継ぎの施設のことである。本プロジェクトの現段階では、自宅から徒歩やバスによる移動から鉄道に乗り換える動線、また逆の動線を主に対象としている。交通結節点の機能は、駅は乗り換える機能だけでなく、様々な機能を有する。【図 2】最も基本的な交通機関の「乗り換え機能」と、都市機能の誘導・集積を促進させ地域内の中心的な拠点地区を形成する「拠点形成機能」および「ランドマーク」としての機能がある。



図 2: 交通結節点の機能と代表的施設[3]

さらに、交通結節点の種類そして、「拠点駅」「近郊駅」「郊外の駅」「地域の歴史的な中心駅」の4種類がある[3]。

「拠点駅」は、東京都心部のターミナル駅を想定すると、乗降客が多く、複数の路線が結節していることから、様々な地域から利用者が集まってくる。そのため乗り換え機能には、バリアフリーや外国人対応など様々な条件をクリアする必要がある。また商業施設等も多く、駅利用者以外の人々が利用することも多いため、乗降機能以外の待ち合わせスペースなどのサービス機能の充実が必要とされる。東京都心には既にランドマークとして認識された駅が多い。

東京都心からの「近郊駅」は、通勤・通学などで「拠点駅」へ向かう利用シーンが想定され、利用者の大半が駅周辺居住者であると思われる。駅への自転車、バイクなどの交通手段のアクセスを考える必要がある。【表 2】

表 2: 近郊駅に求められる機能と整備のあり方[3]

交通結節点の機能	交通結節点として有すべき機能整備の考え方
乗り換え機能	・交通結節点の利用形態に応じ、アクセス交通に対する乗り換えサービスの向上を図る。（駅前広場の機能向上、駅アクセス道路、駐輪場の整備等）
拠点形成機能	・地区内の居住者に対する憩い・集いの場としての交流機能を拡充する。
ランドマークとしての機能	・地区内で拠点整備が進められたり、地区のシンボルロードと隣接する場合は、駅前広場等が重要な景観空間としての整備が求められる。

「郊外の駅」では、「近郊駅」同様に通勤、通学などで「拠点駅」へ向かう利用が主であるが、駅への交通手段が整備されていないことが多いと思われる。

「地域の歴史的な中心駅」以外の駅は、乗り換え機能、拠点形成機能などの基本機能が重要視されているが、都市のアイデンティティを高めるまちの顔、まちのランドマークとしての機能が重要だと考えられている。

4.3 まちの歴史

拠点形成機能やまちのランドマーク化には、そのまちの歴史やコンテキストが重要であると考えられる。本プロジェクトは東京都心または近郊の駅を対象とするため、東京の歴史に重点を置き、尚且つ土地や地形など現在でも残る物質的なものに注目をした。東京は縄文時代から綿々と続く歴史があり、その歴史から土地の本質が理解できると考える。縄文海進期【図 3】を見ると、貝塚の位置によって住居として利用されてきた土地がわかる。また、神社は沖積台地と洪積台地の境目にあることが多いと思われる。



図 3: 縄文期の貝塚の分布と海岸線[4]

4.4 地元意識

心理的な視点での地元意識は、日常生活の経験から、無意識に「愛着」が生まれると考えられる。住民自身が、気がつかなくとも愛着を抱いている場所として、①個人での行動より人とのつながりを持てる場所②印象的な出来事より日常的な接触がある場所③自宅からの距離が近い身近な場所④その地域での初期段階から関わりのある場所⑤通念的な価値観より個人的な思い出のある場所がある。[5]

これらの場所から、コミュニケーションと日常的な接触と歴史が「愛着」につながると考えることができる。

4.5 駅でのマナー

駅での迷惑行為でも利用者の悪いマナーの問題が多くみられ、主に、「ヘッドホンからの音漏れ」「列の横入り」「車内での携帯電話の通話」などがある。悪いマナーとは、個人の利益を優先することにより、周りの人との調和を乱すことや周りの人の不利益（不快感など）につながる行為である。逆に公共の場におけるマナーは、安全上の観点や快適な公共空間の創造と維持に寄与することである。これらは利用者の問題である。このような悪いマナーが増加している背景として、共同社会の崩壊と生活空間の拡大により、相互監視システムが機能しなくなったこと、情報化社会への移行により、価値観の多様化が進み、個人の価値判断が優先される社会になったことだと言われている。[6]

マナーを呼びかけるだけでは不十分であり、コミュニティの回復が必要だと考えられる。

4.6 基本調査まとめ

駅は、基本となる「乗り換え機能」に加え「拠点形成機能」や「ランドマーク」といった、まちの中心としての機能を有している。まず基本は、人々の交流が必要で、スムーズな通行（動線）が重要である。スマートフォン使用や騒々しさの問題は、使用する場所が無いことが原因であると考えられる。また、立ち止り・滞留による通行の妨げの整理も必要となり、このように考えていくと、交流したり、滞留したり、休憩したりする場所をつくりだし、人の流れを操作できる人工物が必要と考えることができる。通行する場所と滞留する場所を感性的に促し、整理することができる人工物をデザインすることが重要だと思われる。

また、駅のホームにおいて、マナーやモラルなどの利用者の意識による問題が顕在化している。このような問題の解決には注意を呼びかけるだけでは不十分であり、住民としての帰属意識やコミュニティの回復が不可欠である。愛着醸成することは、その地域・文化・人への関心を引き出すことでもある。これらのことから、駅という場所において、駅さらにはまちへの愛着醸成することは可能であり、「愛着」によって利用者の安心安全はより高まると考えられる。

基本調査から、機能的価値（安心安全）と情緒的価値（愛着）の重要性を改めて認識できた。

5 本プロジェクトにおける実験駅

本プロジェクトに有効な駅として、都心に近く、各駅停車のみの駅で、住民の利用者が多い、小田急電鉄（株）の「代々木八幡駅」を実験駅としての候補にする。選定理由としては、①新宿や渋谷に近いことから、感度の高い住民が多いと思われ、仮説の実証に向く。②通過電車が多く、停車電車が少ないため、待ち時間が長く、滞留行動が生じやすい。③住民が日常的に利用するため愛着醸成がしやすい。④歴史や特徴的な地形があり、まちのコンテキストが理解しやすい。以上の4点であり、仮説をつくりやすく、実験がしやすい環境であると考えられる。

6 現地調査と事例調査

現地調査では、駅とまちの現状を把握することを目的とし、代々木八幡駅自体では、利用者の動線や滞留状況などの把握のため、観察調査を中心に行った。そして駅を中心としたまち周辺のフィールドワークも行った。また同時に他の駅やまちでの類似した取り組みを把握するため事例調査をウェブ上で行い、特に参考になりそうな取り組みに関してのみ現地視察などを行った。

6.1 現地調査

2回のフィールドワークを中心とした調査を実施したことに加え、各自担当箇所を数回にわたりフィールドワークを行った。主な調査結果は以下の通りである。

①線路とホームが急カーブしている。→半径約200mで直角に曲がっているが、地形の影響で代々木八幡宮に配慮したと思われる。このことにより、特急ロマンスカーも速度を落として通過する。また、電車停車時のホームとの隙間が大きくなっている。

②縄文時代から住居エリアとして歴史がある。→5～6000年前の縄文海進期に、代々木八幡宮のある場所が野崎（岬）で、線路辺りは干潟のような場所であったと思われる。現在では野崎は洪積台地と干潟だった場所は沖積台地となったことがわかる。代々木八幡宮の境内には、縄文時代の住居跡などが発見され、竪穴式住居が復元されている。

③まちのメジャー感は無いが洗練されている人々がいる。→観察結果から「青年座」「芸能人」「建築家」「商店街」「ハシヤ」「代々木公園」「フグレントウキョウ」などのキーワードを抽出できる。

6.2 事例調査

現地調査と並行しながら、他の駅で行なわれている取り組

みなどを web 検索による調査を行った。現地調査の印象から活用できそうな取り組みとして特に、「人を促す」「愛着」「コミュニケーション」「ランドマーク」ということにポイントを絞った調査になった。

まず、「人を促す」ことに関して、多くあった事例が、光の活用である。進行方向を促すことや、乗り場を色の光によって判断できるようになっていることや、朝と夜で色味を変更している駅もあった。中でも津駅の地下道【図 4】では、動線方向に視界に入りやすい両側の側面には軟らかい光が当たるようにし、中央には集光する配光で床面に光のパターンをつくることで、適度なメリハリを与えている。[7]

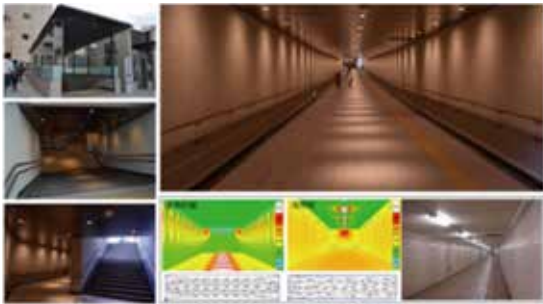


図 4: 津駅地下通路 (JR 東海・近鉄・伊勢鉄道) 照明 [7]

次に「愛着」を醸成する事例だが、駅に限定せず、まちのコンテキストを利用しているものを中心に調査する。結果、海外の事例が多く見つかるとともに、文献を中心に調査したが、メンバーの過去の渡航経験や資料などからも行った。まちのコンテキストを最大限に活用されていると思われるのは、韓国ソウルの中心を流れる清流である、清溪川(チョンゲチョン)である。【図 5】かつてこの川は高速道路であったが、行き過ぎた近代化への反省をふまえてその一部を残してある。また、地元の木材の利用など、随所にまちのコンテキストが使われている。



図 5: 現在の清溪川

「コミュニケーション」を促す事例も海外のものが多いが、人々が集まる公共性の高い場所を中心に調査を行い、バス停の事例が見つかる。それは、ロサンゼルスのコリアンタウンにあるバス停にコーヒーテーブルを設置するだけの簡単な実験で、設置後数分で人が集まり、会話が生まれたということである。その内容も世代や立場を超えて様々な人同士のコミュニケーションが生まれている。普段は接点の無い多くの民族間での会話も生まれた。[8]

最後に、まちの「ランドマーク」を調査した。その結果、多く

の場所が確認できた。例えば、京都五山送り火や長崎眼鏡橋、さっぽろテレビ塔など、有名な橋や塔、神社などがあげられる。これらのようにランドマークとして考えられるのは、まちの行事やお祭りなどの無形物に加えて、人工物も多く存在し、これは駅に活用できることと、全てにまちのコンテキストがあることが理解できる結果となった。

6.3 調査まとめ

人の動きを促すには、光などの視覚を利用することができ、利用者の流れを促すことができる。愛着醸成には、地域・文化・人との接点が必要で、特に地域や文化の物語・コンテキストが核となることがわかった。これに付随し、コミュニケーションは、「人が集まる」「人と人をつなぐもの」によって自然と発生する可能性があると思われる。以上のことを活用し、人工物のデザインを考えていくことになる。

7 鉄道会社との関係

様々な調査と議論から方向性を定め、小田急電鉄(株)にヒアリングと協力依頼を行った結果、本プロジェクトの取り組みと方向性には好意的であるが、実施に向けては大きな課題が見つかった。安心安全を第 1 に考える鉄道会社にとって、情緒的価値の必要性を感じながらも、具現化しやすい機能的価値の方が理解しやすいように思われた。機能的価値と情緒的価値の融合による効果をより具現化していくことが重要である。また、本プロジェクトを長期的視点で行うことが必要であり、日常的に利用され稼働している鉄道駅では段階的な計画が不可欠である。これらのことから鉄道会社との協同が最重要課題であると考えた。

8 「駅デザインプロジェクト」

前述した調査結果や鉄道会社との関係により、本プロジェクトは人工物をデザインするだけでなく、活動自体をデザインしていくことが重要であることがわかった。これは活動がわかりやすく、理解、共有がしやすいことが必要であることがわかったからだ。そこで「駅デザインプロジェクト」の立ち上げることにより、様々な意見やアイデアを一つにまとめ、方向性を明確化し、段階的な計画を可能とした。

8.1 「駅デザインプロジェクト」とは

「駅デザインプロジェクト」のスローガンは「駅づくりがまちづくりに広がる」とし、駅の価値が上がれば、まちの価値が上がり、沿線価値が上がることを意味し、デザインの力で、必要な価値を創出することが目的である。それを表現した「スローガンマーク」【図 6】を作成し、考えを明確化することにより、活動を活発化し、鉄道会社との共有・協同を行いやすくすると考え、デザインした。



図 6:「駅デザインプロジェクト」スローガンマーク

また、活動の全てが鉄道駅を中心としたデザインプロジェクトであるため、成果物の全てにも、スローガンマークを記載し、活動そのものも理解されやすい仕組みになっている。スローガンマークの展開と現在デザインを計画している人工物は、下記の通りである。【図 7】



図 7:スローガンマーク展開と計画している人工物

前提としてデザインする人工物全てに、機能的価値と情緒的価値を両方持ち合わせていることとし、第 1 段として、「駅札」からスタートする。現在の駅には、利便性・安全性を第 1 に考えた、人の行動を制御する人工物が多いと思われる。しかし、人の行動を自ら促す人工物を加えることにより、様々な人々が利用する公共の場として、より快適で人々から必要とされる場となり、まちの中心となり、また人々の心の中心になると考えられる。これからのことから、駅にはハード面とソフト面の両方からのアプローチが必要であり、これが「駅デザインプロジェクト」の最も重要な考えである。次に具体的な方向性として、基本調査からもわかる通り、まちのコンテキストによる駅のアイデンティティの創出と、交流のデザインによるコミュニケーションの創出が重要で、「情緒」「まちのコンテキスト」「コレクション」「交流の場」「地元意識」「愛着」をキーワードとした「デザインによる共感コミュニケーション開発」が目的であり、達成するために、機能と情緒の価値を有する人工物のデザインを行うことである。

機能価値とは、駅の基本機能に加え、利便性や安全性に対して必要不可欠(無いと不満を抱くレベル)以上に追求していることである。情緒価値は、公共の場として快適さや人とのつながりに対して必要不可欠以上に追求していることであ

る。以上のように価値を設定し、縦軸を情緒価値、横軸を機能価値とし、共に強弱でマッピングしたものが次の【図 8】である。

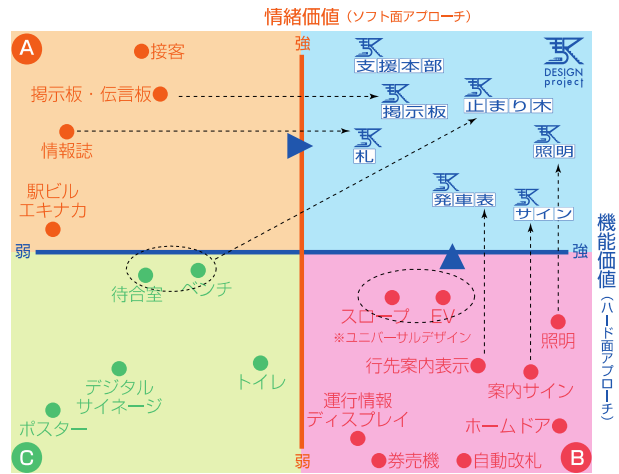


図 8:人工物と活動のポジショニングマップ

現状の鉄道駅は、機能を重視した人工物が多いと思われる(Bゾーン)。対して情緒性は強いが、駅の機能としては直接関係しない人工物も多い(Bゾーン)。また最近では、サービスとして、トイレの改修や待合室などに力を入れている鉄道会社も多くなっている(Cゾーン)これらの各ゾーンから、駅デザインプロジェクトゾーンへの変換がプロジェクトの本質である。

8.2 「駅デザインプロジェクト」の成果物

前述した「駅札」のデザインワークから行う。理由は、利用者に駅を身近な存在に感じてもらうことから始める必要があるからであり、「駅札」が目的と合致しているからである。

駅では、利用者のマナーやモラルの低下が問題となっている。そういった問題を解決するために、駅に対する「愛着」を醸成し、マナーを促すことを試みる。場所に対する愛着はそこでの経験や知識によって醸成されるものと思われる。利用者との間に、地域・文化・人との接点となるコミュニケーションを創出する必要がある。そこで、利用者と駅を結ぶ人工物として「駅札」【図 9】をデザインする。



図 9:「駅札」デザインと設置例

「駅札」は、駅に対する愛着醸成によりマナーを促す効果を目的とした人工物である。これにより、駅の価値向上が実現でき、マナー等の表面的な問題も解決できると考えられる。地元意識を核としたコミュニケーションツールとして、まちの歴史や文化、ランドマークや特徴的な自然など、そこに住む人たちにとって馴染みがあり、さらに人に伝えたい情報をベースにした、名刺サイズのカードである。表面には、駅の言葉・駅のツボ・駅の伝説・という4つのテーマに分け、「知る人ぞ知る」のような魅力的な文章と写真を配置し、主に共感コミュニケーションが生まれることを狙っている。裏面は駅を中心とした地図を掲載し、駅とまちの関係をビジュアルで伝えている。またこの地図は沿線各駅の「駅札」は、つなぎ合わせることができ、右下には各駅の鉄道をアイコンとして配置する。このことにより、コレクション性の機能もあり、鉄道マニアに対しての効果も期待される。実寸大のプロトタイプ【図10】を製作し、サイズや高さ、カラーなどデザイン全般を検証した。特に「駅札」を設置する高さや取りやすさなどを中心に検証した。またカラー設定は、駅ホームに置くことを想定し、ビビッドな配色ながら、周辺に溶け込むことを意識した。



図10:「駅札」プロトタイプ(実寸大)

次に、デザインワークを行うのは、「駅デザインプロジェクト」で最も重要だと考えられる人工物「駅止まり木」である。特に必要とされることは、駅ホーム上での「滞留する場所」としての機能である。主に現状多くの駅に設置してある「ベンチ」や「待合室」に変わる人工物をデザインし設置することである。現在設置してある人工物をリノベーションによって交流活性化と滞留場所を生み出すことを目的とした試みでもある。

まず、交流活性に関しては、情緒的アプローチによって考える必要がある。活用したのは、その地域のコンテキストを取り入れること。つまり、利用者が共有・共感できるモチーフによって、共感コミュニケーションが発生し、「愛着」が生まれることにより、マナーも促すことができると考えられる。

次に、滞留場所の確保に関しては、機能的アプローチが重要であることは明らかである。それは、現状設置されているベンチを観察すると、座ること以外に利用している場合が多

く見られ、休憩、荷物整理、スマートフォンの操作など、様々な利用のされ方をしているが、大抵のことはベンチがあれば事足りると思われる。しかし、このような行為がベンチ以外の場所で行われ、駅のホーム上で最も重要な乗車・降車動線を妨げる原因となっている。これらのことから、座る機能に特化したベンチを様々な利用ができるものへの変換が必要であり、気軽に簡単に自然と行われる機能でなければならないと考えられる。

この2つのアプローチから、ベンチよりも気軽に利用できる滞留場所として、立った状態で利用することを想定した、まちのコンテキストを有するハイテーブルをデザインする。また、利用シーンを想定すると、1人の用事と複数人での用事があり、両用途は大きく異なるため、1つの機能では満たすことができないと考え、2種類の「駅止まり木」をデザインする。

まず、1人利用を想定したパーソナルタイプ【図11(左)】である。想定シーンは、電車からの降車時、次の待合せまでに少し時間がある場合を想定する。この時、急ぎの電話やメールの用事やスケジュールの確認など、ビジネスシーンを中心とした隙間時間に活用されることが考えられ、そのまちのコンテキストが感じられることにより、利用者が一息つける場所になり得るのではないかとと思われる。形状は、代々木八幡や代々木公園の自然・木をモチーフとし、木の幹をイメージしている。上下左右をシメトリーにすることにより、高さによる不安定感を解消している。

次に、複数人利用のオープンタイプ【図11(右)】である。会話を楽しめる丸テーブルの機能と立った姿勢で肘を置くのに丁度の高さのテーブルの2つの機能を併せ持っている。ベンチに比べ手荷物の整理など気軽に行うことができ、ベンチに座るまでも無く、肘を預けて電車を待つなど、活用しやすいオープンな形状になっている。また、カウンターテーブルでは人との距離を近く感じることができ、自然と会話が生まれるのではないかとと思われる。テーブルのイメージになっている全体に大きくアーチを描いたカーブは、代々木八幡神社を避けるようにカーブする線路と駅舎をイメージし、段差は地形を表している。



図11:「駅止まり木」パーソナルタイプ 1/10 模型(左)
「駅止まり木」オープンタイプ 1/10 模型(右)

デザインした2種類の「駅止まり木」は、模型にて十分なデザインワークを行い、最終的な形状を決定する。そして人工物を代々木八幡駅のホーム上に設置するのだが、現地での数時間にわたる観察調査の結果、利用者が滞留する場所が数カ所見つかった。その中で特にホームが狭く安全を確保できていないと思われる場所の動線と滞留場所のコントロールを試みることにした。【図 12】

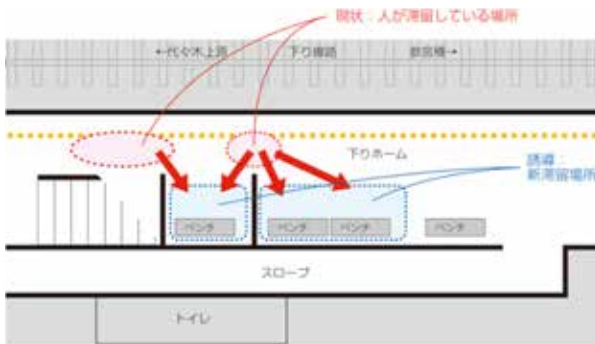


図 12: 代々木八幡駅人工物設置想定場所

また、人工物設置場所は、現状設置してあるベンチとの比較も行いたいため、同じ場所への設置を想定【図 13】し、最終的なサイズや形状を検討し、図面を作成する。



図 13: 「駅止まり木」設置イメージ

実寸大のプロトタイプ【図 14】は強化段ボールにて作成し、大きさやバランスなどの最終検証を行う。その後、素材選定や設置方法を最終決定し、駅にて実証実験を行う。



図 14: 「駅止まり木」プロトタイプ(実寸大)

8.3 「駅デザインプロジェクト」の今後

プロジェクトの進行は、現段階では、プロトタイプ製作で留まっている。前述した通り、鉄道会社との協同が必要不可欠なため引き続き、提案、検討、改善しながら実証実験を行うことを考えている。

9 終わりに

本プロジェクトでは、公共性が高く存在感のある場所である駅を対象にし、文献調査や関係者へのヒアリング、フィールドワークを通して現状の問題や本来のあるべき姿を考察し、仮説を立てた。そしてその仮説に基づいてプロトタイプの製作を行った。最終的な成果物は人工物のデザインではあるが、単なる駅づくりを考えているのではなく、駅が本来の魅力を取り戻すことによって、駅を中心としてまちと人との豊かなつながりを回復できるのではないかという仮説のもと取り組んでいくプロジェクトだと考える。

10 参考文献

- [1] 国土交通省, 都市鉄道サービスの現状と課題, 2009
- [2] 日本民営鉄道協会, 平成 26(2014)年度 駅と電車内の迷惑行為ランキング
- [3] 国土交通省 国土技術政策総合研究所, 一般化時間による交通結節点の利便性評価手法, No.297, February 2006
- [4] 農業農村整備情報総合センターホームページ, 大地への刻印, 土地を拓く, 列島のなりたち, (2016年10月25日参照)
<http://suido-ishizue.jp/daichi/part2/01/02.html>
- [5] 古川 慎一・大野 隆造, “環境の変化により愛着が自覚される場所に関する研究 その2 愛着を抱く場所との関わり方”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)2008年9月
- [6] 吉田俊和ら, 社会的迷惑に関する研究(1) 名古屋大学教育学部紀要(心理学), 46, 53-3, 1999
- [7] 中島龍興照明デザイン研究所ホームページ, (2016年10月25日参照)
<http://www.h2.dion.ne.jp/~nakajima/Project/Landscape/pg942.html>
- [8] グリーンズホームページ, (2016年10月25日参照)
http://greenz.jp/2011/08/16/corner_communication/

次世代ネットワーク型多目的カメラシステムのプライバシー保護

慎 祥 揆*・瀬 戸 洋 一*

Study of Privacy Issues of the New Generation Network-type Multipurpose Camera System

Sanggyu Shin* and Yoichi Seto*

Abstract

In this paper, we analyzed different types of privacy issues related to the functions of the network-type multi-purpose camera and discussed a framework for privacy protection. In recent years, the use of network-based multi-purpose camera has begun. A network-type multi-purpose camera has functions that enable storing, analyzing, and sharing the image information via a network. It also has additional functions such as face authentication and behavior tracking. All these aspects raised the issues related to privacy tackled in this paper.

Keywords: Network-type, Multi-purpose, Camera System, Privacy Issues

1 はじめに

東京オリンピックの開催を背景として、都市の安全に対するニーズが高まっており、カメラの設置が検討されている。また、カメラの高機能化などにより、撮影された映像を防犯目的のみならず、多目的に利用することへの期待が高まっている。

法的にも個人情報保護法が改正され、2015年の改正個人情報保護法により、個人情報とは異なる匿名加工情報・要配慮個人情報を定義個人の識別やビッグデータとして利活用が可能となり、マーケティング分野での利用も検討されている。

本研究の目的は、現在存在するネットワーク型多目的カメラシステムが有する機能に対して、主にマーケティング目的の撮影時に、どのようなプライバシー問題が存在し、その撮影画像の取り扱いについて、改正個人情報保護法の観点から分析して、課題を整理した。

本論文では、ユースケースを基に機能的要件からプライバシー課題を抽出し、情報別検討と目的別検討の2つの観点で個人情報保護法に対しての法的適合性を分析し、プライバシー課題に対して、ステークホルダーとの合意形成を図るためのフレームワークを検討した。

2章で関連調査として、従来の研究との違い、改正個人情報保護法における個人情報を扱い、3章でネットワーク型多目的カメラシステムのユースケースを用いた検討、リスクシナリオから想定する目的別機能、技術と機能を示す。4章で応用と技術マップへの法的解釈を5章でネットワーク型多

目的カメラシステムの機能に関する技術的な対応および法律的な観点での検討を行った結果を示す。6章で次世代ネットワーク型多目的カメラシステムガイドラインとPIAマニュアルの開発に関して述べる。

2 改正個人情報保護法

従来の防犯カメラの議論や研究は、主にスタンドアロンで防犯・防災目的だけを対象にし、公的機関(権力)の防犯カメラの撮影に対してのプライバシー保護の観点や、地方公共団体の防犯カメラ条例の政策、制定経緯、概要、運用状況、容貌情報と個人情報保護条例との関係に関する議論や研究であった。近年、カメラベンダーより開発・販売されている、ネットワーク型多目的カメラシステムについての議論や研究は、事例が少ないことから研究対象とした。

個人情報保護法は、情報収集一般(撮影)の根拠となる規定ではないが、改正法では、撮影画像がビッグデータ解析や、第三者提供に積極的に利用が予想される事を踏まえ、法的適合性を検討した。また、日本では防犯カメラに関する国法による、全国的な法律は制定されておらず、未だに設置者による自主規制に委ねられている現状を踏まえ、プライバシー保護のフレームワークの検討を行った[1]。

本節では、2015年9月に成立、公布された改正個人情報保護法の概要、改正個人情報保護法における個人情報の扱いについて述べる。急速な情報通信技術の発展を背景とし、図1に示す太線内の基本法制および民間対応の個人情報保護に関する部分に関して改正が行われた。改正個人情報

報保護法が、監視カメラシステムの設置、運用に影響するのは以下のとおりである。



図 1: 個人情報保護法の改正範囲

(1) 個人識別符号

カメラの被写体となる顔容貌は、個人識別符号に該当する。顔以外にも、どのような「身体の一部の特徴」が該当するのか、今後政令で定めることになっている[2]。

(2) 要配慮個人情報

要配慮個人情報は、プライバシー情報に相当する。監視カメラで撮影された顔情報と犯罪歴との照合又は照合目的での撮影、並びに防犯防災用途での監視カメラ撮影が、本人の同意を得ないで要配慮個人情報として利用される場合として改正法 17 条 2 項、3 項に該当する。

(3) 利用目的変更の緩和

防犯、防災など多目的に利用する監視カメラの撮影データなど利用目的が当初の設置運用時の想定と変更される場合がある。この場合、利用目的の変更手続きは、改正法 16 条に従って本人の同意を得ることとなる。

(4) 匿名加工情報

表 1 に、個人情報取扱事業者が匿名加工情報を作成及び提供する際の義務をまとめた。

表 1: 匿名加工情報作成者・提供者の義務

	匿名加工情報作成者の義務	匿名加工情報提供者の義務
条文	・改正法 36 条 1 項～3 項、5 項、6 項	・改正法 37 条
義務内容	<ul style="list-style-type: none"> 適切な加工(個人情報保護委員会規則で定める加工基準の遵守) 加工方法等復元につながる情報の漏えい防止のための安全管理措置 作成した匿名加工情報に含まれる項目の公表 識別行為の禁止 匿名加工情報に関する苦情処理、安全管理措置及びこれらの公表義務(努力義務) 	<ul style="list-style-type: none"> 匿名加工情報作成者の義務に加えて、 規則に従って提供する匿名加工情報に含まれる項目及び提供方法の公表と、第三者に提供する情報が匿名加工情報である旨を明示

監視カメラから得られる情報について、どう加工すれば匿名データと許容されるのかという課題がある。

個人情報取扱事業者が匿名加工情報を作成する場合表 1 中匿名加工情報作成者の義務のとおり 5 つの義務がある。

(5) 個人情報の第三者提供時の注意点

個人情報取扱事業者が匿名加工情報を作成して第三者へ提供する場合、匿名加工情報が特定の個人を識別しない情報であることを確保するために、第三者に提供される匿名加工情報に含まれる個人に関する情報の項目及びその提供方法について公表するとともに、第三者に対して、提供に係る情報が匿名加工情報である旨を明示しなければならない(改正法 36 条 4 項)。

(6) 認定個人情報保護団体

改正法 49 条 1 項は、「業界・事業分野ごとの民間による個人情報の保護の推進を図るため、業務の対象となる個人情報取扱事業者についての苦情の処理、情報提供等の業務を行うもの」と定義する。認定個人情報保護団体の認定基準は改正法 49 条 1 項で明からにされている。

3 多目的カメラのシステム構成と機能

3.1 システム構成

多目的カメラに対するプライバシー問題を分析するために、具体的なユースケースを想定した上でシステムの構成と機能の検討を行った。図 2 は多目的カメラのシステム構成例を示す。

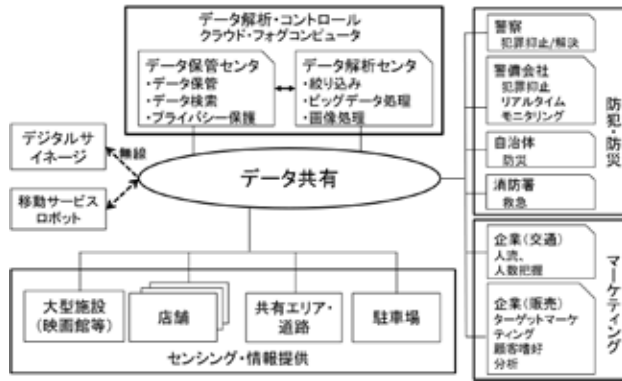


図 2: 多目的カメラのシステム構成例

1 日に数万人の来訪者がある複合ショッピングセンターを想定する。カメラ設置者は、共用エリアに多目的カメラを設置し、一括管理する。設置の目的は、防犯、防災、マーケティングとする。

3.2 機能と応用

多目的カメラの活用にあつては、3 つの目的が考えられる。

- ① 防犯: 犯罪抑止と犯罪解決
- ② 防災: 予防と対応
- ③ マーケティング: 客層分析, 顧客行動分析と特定の顧客へのサービス

表 2 に上記目的に対する実現手段をまとめた。

表 2: 多目的カメラの応用と技術マップ

機能(技術)	応用分野	防犯		防災		マーケティング		
		犯罪抑止	犯罪解決	予防	対応	顧客行動分析	客層分析	特定顧客検知、特定サービス
顔画像センシング技術	顔検出	○						○
	顔認証	○	○		○	○	○	○
	属性推定	○		○	○	○	○	○
人数計測		○		○	○			
動線解析/動体追跡		○	○	○	○	○		
歩容認証		○	○			○	○	○
行動検知	置き去り/持ち去り	○	○					
	不審パターン検出	○	○					

3.3 ネットワーク型多目的カメラの目的別機能

表 3 は目的別機能の一覧と内容を示す。今回の多目的カメラは、防犯、防災、マーケティング、3 つの分野、7 つの機能を想定する。

表 3: 目的別機能の一覧

目的別機能(分野)	内容	
防犯(C)	犯罪抑止 (CD, Crime Defense)	・人物を特定(顔認証機能等)して、再犯防止の対策 ・置き去り検知などを利用して、不審物や危険物に対処 ・人が立ち入るはずの無い場所に人が侵入したのを検知
	犯罪解決 (CR, Crime Response)	・録画された画像から犯罪の証拠(人物)を探索 ・複数のカメラより逃走経路を特定
防災(D)	防犯予防 (DP, Disaster Prevention)	・災害の状況や建物内に残された人数を確認
	防犯対応 (DR, Disaster Response)	・実態を把握することで有効な誘導方法の提案と指示が可能 ・デジタルサイネージなどを利用して視覚的に表示
マーケティング(M)	顧客行動分析 (MA, Marketing Analysis)	・顧客導線を解析することで、販売促進や売れ残り商品を減らすなどの対応可能 ・表情を解析し売れ筋などを予想
	客層分析 (MC, Marketing Customer)	・年齢・性別・時期(曜日や時間帯、気温や天候)などで来店者を分析し、適切なサービスが可能
	特定顧客検知、特定サービス (MS, Marketing Service)	・お得意様が来店した際には特定の担当者が売場で対応

4 応用と技術マップへの法的解釈

多目的カメラは、複数の設置者が設置したカメラ画像を複数の目的で利用する。また、カメラは固定設置だけではなく、移動ロボットにも設置する。このため、要配慮個人情報、匿名化した情報に関する法律の解釈を明確にし、適正に利用することが重要である。

例えば、

- (1) マーケティング目的において、顔認証により個人を特定したデータを用いることは、保護法 2 条 2 項 1 号で個人情報の定義が明確化された。
- (2) 客層分析, 行動分析に、性別, 年齢などの情報を匿名化して利用することは、保護法 2 条 2 項 9 号, 10 号により利用可能となった。ただし、保護法に適合しても利用者の不安感を払拭できない。また、肖像権などの法律で問題になる場合もある。このため、利用者の安全・安心感を確保するために諸外国で実施しているプライバシー影響評価の実施が必要である。

4.1 法的な解釈

次世代ネットワーク型多目的カメラシステムの個人情報保護法の法的解釈は、カメラシステムでどのような情報を扱っているかという情報別検討の観点と目的別検討の観点、2 つの側面から解釈を行った。これは応用に関係なく個人情報保護上定義している情報に応じて解釈が異なる点と、目的別に同じ情報区分でも解釈が異なる点があるからである。

4.2 検討方針

実施する法的な解釈とは、表 3 に示された目的別と技術の要素(例えば CD1 などと示される)が法律的に問題ないかを検討する。この場合、法律とは個人情報保護法をいう。個人情報、要配慮個人情報は、憲法や民法にも関係するが、これらの法律まで適用するとすべての要素がなんらかの理由で法に抵触することになる。例えば、公共エリアにおいて防犯目的で顔を撮影することは、一般的には許される行為

であるが、憲法 13 条あるいは民法 709 条により人権や損害賠償などで法的に訴えることも可能であり、本節で取り扱う範囲を越えている。

表 3: ネットワーク型多目的カメラシステムの目的別と技術に対する分類

機能(技術)	防犯(C)		防災(D)		マーケティング(M)		
	犯罪抑止 (CD)	犯罪解決 (CR)	予防 (DP)	対応 (DR)	顧客行動分析 (MA)	客層分析 (MC)	特定顧客検知、特定サービス (MS)
1.顔検出	CD1						MS1
2.顔認証	CD2	CR2		DR2	MA2	MC2	MS2
3.属性判別	CD3		DP3	DR3	MA3	MC3	MS3
4.人数計測	CD4		DP4	DR4	MA4		
5.動線解析/動体追跡	CD5	CR5	DP5	DR5	MA5		
6.歩容認証	CD6	CR6			MA6	MC6	MS6
7. 行動検知	7.1置き去り/持ち去り	CD7.1	CR7.1				
	7.2不審パターンの検出	CD7.2	CR7.2				

4.3 分析

表中の CD1 とは、防犯 (C: crime) における犯罪抑止 (CD: crime defense) の応用は、顔検出技術 (項目 1) を利用して実現されることを意味する。他も同様である。

(1) 情報別検討

個人情報保護法への適合について検討するため表・6 の分類結果について取り扱う情報を個人情報保護法上の区分に分類し、検討した。

(ア) 個人情報に関するもの

CD1・MS1・CD2・CR2・DR2・MA2・MC2・MS2・CD6・CR6・MA6・MC6・MS6・CD72・CR72

- 15-18 条 利用目的

本人が判別できる映像情報であるため個人情報に該当し、特に多目的利用カメラという性質上、利用目的に留意する。また、被撮影主体に個人情報の利用目的を明確に認知できるようにする必要がある。具体例としては、あらかじめ利用目的についてウェブ画面中のトップページから1回程度の操作で到達できる場所へ掲載する対応があげられる。歩容認証の 2 条 2 項 1 号該当性については、個人を判別できる映像情報であることから、個人情報と同一の対応が必要である。

(イ) 匿名加工情報に関するもの

CD3・DP3・DR3・MA3・MC3・MS3・CD4・DP4・DR4・MA4・CD5・CR5・DP5・DR5・MA5

- 36-39 条 匿名加工情報を利用する際の遵守事項

被撮影主体に事前の了解を得ず、第三者提供が可能である。個人を再識別できないようにする措置が必要。被撮影主体の不安感を払拭するため、プライバシー影響評価の実施が必要と考える。

(ウ) 要配慮個人情報に関するもの

CD1・CD2・CR2・CD6・CR6

- 17 条 2 項 要配慮個人情報を取得する際の注意点
要配慮個人情報については、本人同意を得て情報取得することが原則必要である。適正な取り扱いができていないか、第三者評価のためプライバシー影響評価の実施が必要と考える。

(エ) 物に関するもの

CD71・CR71

置き去り、持ち去りについては「物」に関する情報であり、個人情報ではないため個人情報保護法の範疇ではない。

(2) 目的別検討

次に目的別の観点で、個人情報保護法への適合を検討した。

(ア) 防犯

抑止: CD1・CD2

解決: CR2・CD6・CR6

- 23 条 第三者提供の制限の例外

例えば法令に基づく個人情報の第三者提供などの場合は本人の同意がなくとも第三者提供が可能である。適正な取り扱いができていないか、第三者評価のためプライバシー影響評価などの実施が必要と考える。

- 17 条 2 項 要配慮個人情報取得の例外

例えば法令に基づく情報取得などの場合、本人同意を得なくとも取得が可能である。適正な取り扱いができていないか、第三者評価のためプライバシー影響評価などの実施が必要と考える。

(イ) 防災

対応: DR2

- 23 条 第三者提供の制限の例外

例えば法令に基づく個人情報の第三者提供などの場合は本人の同意がなくとも第三者提供が可能である。適正な取り扱いができていないか、第三者評価のためプライバシー影響評価などの実施が必要と考える。

- 17 条 2 項 要配慮個人情報取得の例外

例えば法令に基づく情報取得などの場合、本人同意を得なくとも取得が可能である。適正な取り扱いができていないか、第三者評価のためプライバシー影響評価などの実施が必要と考える。

(ウ) マーケティング

- 23 条 第三者提供の制限

第三者提供の例外に該当するケースはなく、第三者提供時は本人の同意などの措置が必要である。

- 17 条 2 項 要配慮個人情報取得の例外

要配慮個人情報取得の例外に該当するケースはなく、情報取得時は本人の同意が必須である。

4.4 法的解釈のまとめ

次世代ネットワーク型多目的カメラシステムにおける個人

情報保護法の法的解釈は、情報別検討と目的別検討の2つの側面から行なった。

情報別検討は、目的に関係なく個人情報保護上で定義している情報に応じて法的解釈が異なり、一方、目的別検討は、情報区分が同じでも目的別に法的解釈が異なる。

情報別検討では、取り扱う情報に応じた対応が必要である。特に、匿名加工情報及び要配慮個人情報については、2章で示したとおり、提供者への説明責任のためプライバシー影響評価が必要と考える。

目的別検討では、防犯、防災という公益目的の場合とマーケティングというビジネス目的の場合では、改正個人情報保護法 23条、17条2項の解釈の違いが出る。

匿名加工情報や要配慮個人情報に関する扱いは、省庁からガイドラインが発行される予定である。例えば、どの程度匿名化されていれば安全なのか？可逆性を持たせないためのレベルなどの基準が必要である。また、要配慮情報も社会あるいは利用のコンテキストで決まる。したがって、要配慮に含める情報はどのようなものがあるのか基準が必要である。このように、取り扱いに際してはその目的ごとに整合した対応が必要である。

5 検討課題

ネットワーク型多目的カメラシステムの機能に関する技術的な対応および法律的な観点での検討を行った。この結果、技術的、法律的にも問題ないことが判明した。しかし、匿名加工情報や要配慮個人情報については適正に取り扱われているか被撮影者の不安感が残る。

現状の防犯カメラは固定で、単一目的で利用されるため、プライバシーなどの対応は、限られた範囲の条例やガイドラインで対応できたが、次世代ネットワーク型多目的カメラシステムでは目的や関係者が多岐にわたるため、より一層、情報を適正に取り扱う必要がある。

従って、次世代ネットワーク型多目的カメラシステムのプライバシー保護を目的としたフレームワークが必要と考える。

図3にフレームワークに求められる要素を示す。

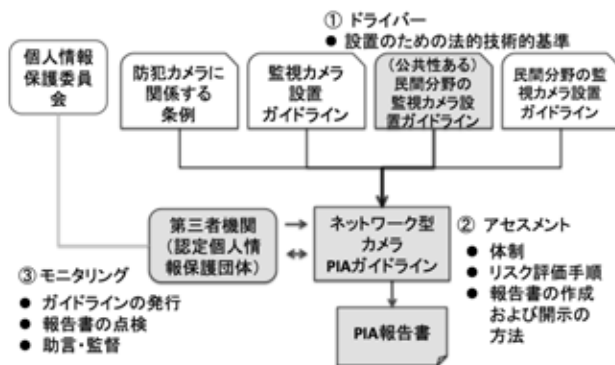


図 3: フレームワーク要素の関係性

5.1 ドライバー

設置にあたってのリスク評価に関する法的技術的基準を定める役割をドライバーと呼ぶ。ドライバーによりアセスメントが実行される。今回検討するのは、公共性のある民間分野の多目的利用カメラガイドラインである。ガイドラインは監視カメラ設置者が守るべき規定を示すもので、業界毎に作成、発行される。多目的利用カメラガイドラインは、国際標準規格[3]、個人情報保護法[4]、業界ガイドラインに適合するとともに、PIA実施の根拠となるようにPIA実施を規定する必要がある。

5.2 アセスメント

リスク評価を行う役割をアセスメントと呼ぶ。具体的には、ネットワーク型カメラPIAマニュアルと報告書である。これらはPIA実施時の体制、リスク評価手順、報告書の作成および開示の方法を定義する[5][6]。

5.3 モニタリング

リスク評価の手順や体制を定める役割をモニタリングと呼ぶ。モニタリングは、PIA実施ガイドラインの開発を行い、そのガイドラインにより作成された報告書を点検し助言を行う。モニタリングは、個人情報を守る中立的な立場からPIA実施組織に対し、助言・監督する権限を有することが求められるため、担い手としては認定個人情報保護団体が適切と考える。

6 ガイドラインとPIAマニュアルの開発

次世代ネットワーク型多目的カメラシステムでは目的や関係者が多岐にわたるため、より一層、情報を適正に取り扱う必要がある。従って、設置・運用時に参照する多目的利用カメラガイドラインや事前リスク評価のためのプライバシー影響評価マニュアルなどが必要である。

6.1 多目的利用カメラガイドライン

図4は、多目的利用カメラガイドラインの位置づけを示す。

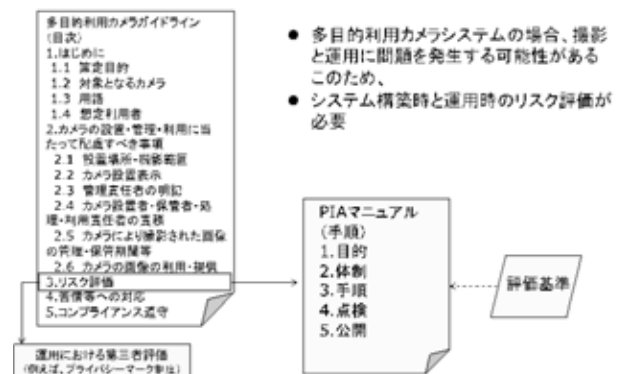


図 4: 多目的利用カメラガイドラインの位置づけ

新しい機能(応用)を実現するためには、プライバシー保護を重点化したガイドラインの策定が必要である。具体的には、システム構築時の事前リスク評価(プライバシー影響評価)と運用時のリスク評価(プライバシーマーク認証)の実施が必要である。

プライバシー影響評価を実施するためには、多目的利用カメラガイドラインにおいて実施を義務付けることが必要である。

多目的カメラシステム設置運用ガイドラインの構成の作成ポイントは、以下の6点である。

- ① 対象のカメラは固定式カメラだけではなく、移動式カメラも想定
- ② 撮影した映像データの撮影・保管のみならず、データ処理を考慮
- ③ データは単一目的ではなく、多目的に利用することを検討
- ④ データは匿名化の上で、第三者へ提供することを想定
- ⑤ 苦情窓口は、個人情報保護法に規定される認定個人情報団体とすることを検討
- ⑥ システム構築と運用における事前・事後のリスク評価の実施を明記

6.2 プライバシー影響評価マニュアル

プライバシーマークに関しては、現状のフレームワークでよいため説明は省略する。参考文献[7]を参照。本項では、検討したプライバシー影響評価マニュアルの構成とプライバシー影響評価の実施体制について述べる。

(1) プライバシー影響評価マニュアルの構成

本マニュアルは PIA のステークホルダーが参照するものであり、PIA の目的、手順、体制について理解を助けるための概説書である[8]。

(2) 体制

プライバシー影響評価は、多目的カメラシステムの構築時に実施する。また、システムの設置・運用・利用組織はセキュリティポリシーを設定する。図 5 は、プライバシー影響評価の実施体制を示す。

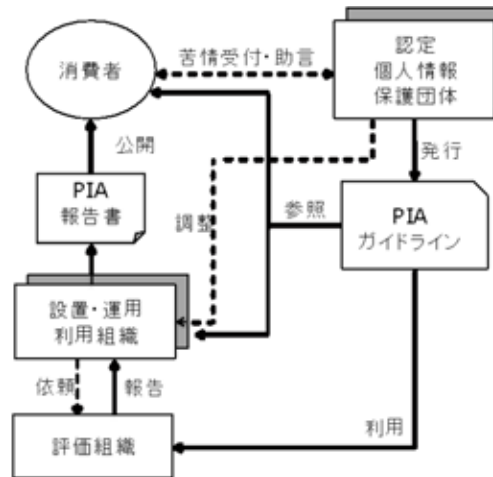


図 5: プライバシー影響評価の実施体制

複数の設置・運用・利用組織は個別にシステム構築あるいは改修時に PIA を実施し、消費者に対して、扱うシステムの安全性に対し説明責任を果たす。PIA は、専門的、中立的な評価組織が実施する。実施にあたっては、認定個人情報保護団体などが発行する PIA ガイドラインに従い実施する。

実施した PIA 報告書は、認定個人情報保護団体の助言などを受け、消費者に公開する。

7 おわりに

次世代ネットワーク型多目的カメラシステムが有する機能を想定するリスクシナリオを基に検討し、そこで発生し得るプライバシー問題について個人情報保護法について、個人情報保護法上で定義している情報区分と、利用目的の観点から分析を行なった。

分析を行なった結果、多目的カメラは技術観点と法的に適合する範囲で、実現可能である。また、多目的カメラシステムでは、撮影とデータ処理が両者とも重要となり、データの匿名化の方法および適正な取り扱い方に留意が必要である。

更に、多目的に利用される場合の撮影およびデータの利用については、よりいっそう、被撮影者の不安感の払拭が必要である。これらの解決として、プライバシーリスクを事前に評価し、ステークホルダーへの説明責任を果たすことが可能で、国際標準規格 ISO22307 に準拠した、プライバシー影響評価を実施することが必要である。

謝辞

本稿は 2015 年度の瀬戸 PT のメンバーの PBL 成果を元にしてしています。他、弁護士、東海大学法科大学院教授の六川章浩氏および(一社)日本画像認識協会の調査研究委員会の委員の方々とは、有益な意見交換をさせていただき、ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 宇那木正寛, 地方公共団体における防犯カメラ政策の現状と課題 1-3.
- [2] 日置巴美他, 平成 27 年度改正個人情報保護法のしくみ, 商事法務, 2015.
- [3] International Organization for Standardization, Financial services-Privacy impact assessment, 2008, ISO 22307:2008
- [4] 法令データ提供システム:個人情報保護に関する法律, 2016.
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H15/H15HO057.html>
- [5] 瀬戸洋一, プライバシー影響評価 PIA と個人情報保護, 中央経済社, 2010.
- [6] 大類 優子, 瀬戸 洋一, “プライバシー影響評価 ISO22307 の要求事項の分析,” SCIS シンポジウム, 2010.
- [7] 日本情報経済社会推進協会, プライバシーマーク制度, 2016.
<http://privacymark.jp/>
- [8] 産業技術大学院大学, プライバシー響評価ハンドブック, 2015.
http://aiit.ac.jp/master_program/isa/professor/pdf/y_seto_shiryo09.zip

顧客価値連鎖分析を用いたサービスデザイン着想支援

池本浩幸*

An ideation technique for service design using CVCA

Hiroyuki Ikemoto*

Abstract

For exploring service design opportunities, It is important to understand customers context and their latent needs. Service-dominant logic (S-D logic) provides a framework for thinking more clearly about the concept of service and its role in exchange and competition. The co-creation of value is portrayed in S-D logic as the outcome of resource integration. However it is difficult to discover new resource integration for improving customer outcomes. Customer Value Chain Analysis (CVCA) is a tool that identifies pertinent stakeholders, their relationships with each other, and their role in the product's life cycle. This paper describes an ideation technique for exploring service design opportunity by describing customers outcomes and resource integration in CVCA diagrams.

Keywords: Service design, Service-dominant logic, Resource integration, Customer Value Chain Analysis (CVCA)

1 はじめに

CPS (Cyber-Physical Systems) や IoT (Internet of Things: モノのインターネット) の発展により、現実世界と仮想世界が融合した社会基盤が整備されつつあり、価値の本質がハードウェアからサービスに移行するパラダイムシフトがおきている。製造業のサービス化にみられるように、モノづくりで成功してきた企業でも、サービスの事業化が不可避となっている[1-2]。

一方、複雑化・多様化している社会的課題に対し、人や社会の役に立ちたいという意識を持つ人の割合が増加しており、課題解決に必要となるサービスの提供やその仕組み作りを行うソーシャルイノベーションが注目されている[3-5]。

本稿では、モノを手段としたサービスを検討する際に、顧客が真に望む価値をより高いレベルで実現するサービスを開発することを目的として、顧客価値連鎖分析 (CVCA: Customer Value Chain Analysis) を活用してサービスデザインの着想を支援する方法を述べる。

2 サービスドミナントロジック

サービスドミナントロジック (SDL: Service Dominant Logic) は、モノと無形のサービスを区別しないで一体となったサービスとして捉え、顧客のサービス利用プロセスにおける文脈価値を、企業と顧客が共創して高めていくことを重視する考え方である[6]。

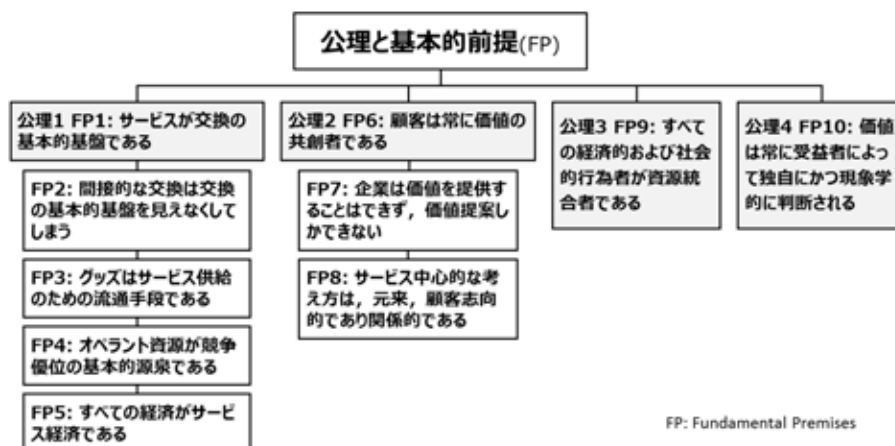


図 1: サービスドミナントロジックの公理と基本的前提

SDL の公理と基本的前提 (FP: Fundamental Premises)を図 1 に示す。SDL の主な主張は次の通りである。

- ① サービスが交換の基本的基盤であり(公理 1), グッズはサービス供給のための流通手段である (FP3).
- ② 全ての経済的・社会的行為者は資源統合者(アクターと呼ぶ)であり(公理 3), オペラント資源(知識やスキル)が競争優位の基本的源泉である (FP4).
- ③ 顧客は常に価値の共創者であり(公理2), 価値は常に受益者によって独自にかつ現象学的に判断される(公理 4), 企業は価値の提供はできず価値提案しかできない (FP7).

グッズ(モノ)の交換価値を重視する従来の考え方を「グッズドミナントロジック(GDL: Goods-Dominant Logic)」と呼び対比しているが、モノの製造・販売で成功してきた企業が SDL を理解するには発想の転換が求められる。

サービスドミナントロジックの考え方で、新しい顧客アウトカムを企業と顧客が共創する戦略には次の 3 つがある[7].

- I. 顧客のエンパワメント:顧客にスキルや知識をトランスファーすることにより、より高いレベルの魅力的なアウトカムを実現する。
- II. 企業と顧客の役割分担の変更:顧客の手間や不安を軽減・解消する。
- III. 異なる顧客の価値共創ネットワーク:ネットワークを介して複数の顧客アウトカムを結びつけることにより Win-Win-Win の関係を作る。

3 顧客価値連鎖分析

顧客価値連鎖分析 (CVCA: Customer Value Chain Analysis) は、商品企画段階でバリューチェーンの把握と顧客の特定に用いるツールである[8].

製品やサービスに関するステークホルダーを楕円で表現し、ステークホルダー間の価値(金やクレームなど)の流れを矢印で表現する。これを分析することにより、どのステークホルダーが開発を成功させるうえで重要な顧客であるのかを理解し、顧客の声の収集対象を特定できる。

図 2 は家電メーカーの立場で記述した CVCA の例であり、ステークホルダーとして消費者や家電販売店などの価値の流れを記述している。

4 CVCA を活用したサービスデザインの着想支援

4.1 サービスデザインの upstream

サービスデザインの企画・構想段階では、顧客ニーズの理解とデザイン機会の発見が重要であるが、SDL の視点でこれら活動の内容を精査すると次のようになる。

① 顧客コンテキストの理解

顧客のアウトカムと資源統合の現状を把握した上で、顧客の価値創出コンテキストを理解し可視化する。

② デザイン機会の発見

顧客の価値創出コンテキストを革新し、顧客アウトカムを向上させるような新たなデザインの可能性を発見・可視化し、その課題を検討する。

この活動を効果的に行うツールとして、各アクターの資源とその統合方法を記述し、リフレーミングを検討する資源統合図が提案されている[7]. しかし、GDL から SDL への発想の転換ができていないと使いこなせないという課題がある。

一方、CVCA は GDL の考え方で顧客の真の要求を獲得するためのツールではあるが、DFM (Design for Manufacturability) や DFSS (Design For Six Sigma) を導入している企業で日常的に使われている。

そこで、比較的取り組みやすい CVCA を活用し、次のような手順で SDL とソーシャルイノベーションの視点に立った顧客ニーズの理解とデザイン機会の発見を行い、SDL への発想の転換を促しつつ、新しいサービスのデザインアイデアを着想する方法を考案した。

STEP1: CVCA にアウトカムと資源統合の現状を追記

STEP2: 顧客アウトカムを向上させる資源統合を検討

STEP3: サービスデザインの企画・構想の可視化と検証以降の節で、上記手順を説明する。

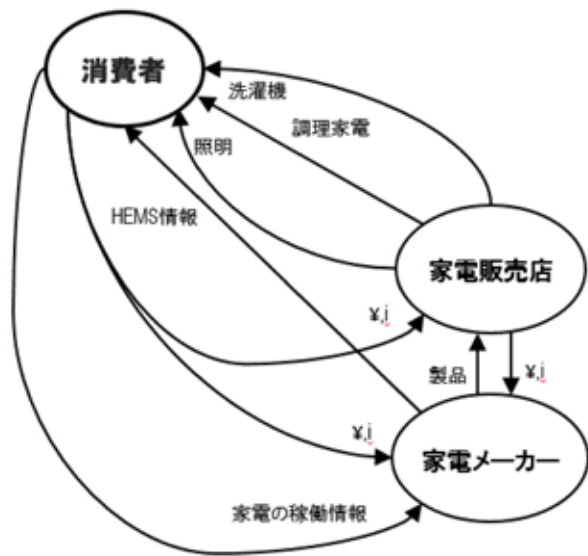


図 2: CVCA の記述例(家電と関連サービス)

4.2 STEP1: CVCA にアウトカムと資源統合の現状を追記

顧客コンテキストを理解し可視化するために、CVCA に顧客アウトカムと各アクターの資源(知識やスキル)を追記し、資源がどのように統合されて顧客価値が創出されているのかを可視化し把握する。

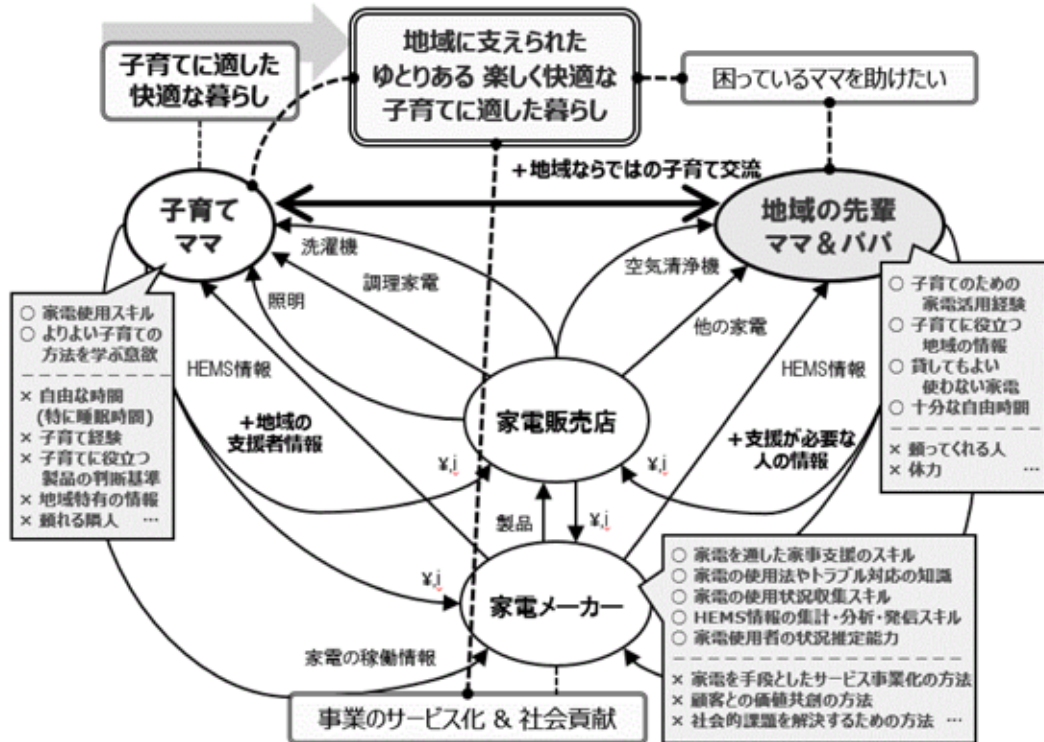


図 3: CVCA を活用して顧客アウトカム向上と新しい資源統合を検討した例

4.3 STEP2:顧客アウトカムを向上させる資源統合を検討

デザイン機会を発見するために、ソーシャルイノベーションの視点から顧客アウトカムの向上が社会的課題の解決につながるように発想を広げる。また、前記の 3 つの戦略に基づき、顧客の新しいアウトカムを実現する新たな資源統合の方法を検討する。必要に応じて当初の CVCA にはなかったステークホルダーを追加し、サービスシステムの広がりを目指す中で発想を広げる。

図 3 は、図 2 の CVCA を活用してサービスデザインの着想を行った結果の一例である。子育てママを顧客の一人として取り上げ、家電製品を手段としたサービスが、関係者のアウトカムの向上につながり、子育て支援、少子化問題、女性活躍支援などの社会的課題の解決に資するよう着想したものである。

4.4 STEP3:サービスデザインの企画・構想の可視化と検証

新しい資源統合の方法と向上させようとしている顧客アウトカムが、顧客が真に望む価値であるのかどうか、新たなデザイン機会につながるのかどうかを、顧客の体験や価値を可視化する方法を用いたカスタマリサーチなどにより検証する。

5 方法の活用

考案した方法は、産業技術大学院大学の「人間中心デザイン特論」の授業カリキュラムの中でグループ演習を通して学修できるようにしているほか、Project based learning

(PBL)型教育の活動の中で実践している。

授業では限られた時間の中で、数多くの手法を学ぶ必要があることから、図 4～5 に示すような簡単な記述で新たなステークホルダーの探索と新たな資源統合のありかたを検討する課題に取り組む演習を行っている。

図 4 は調理家電を題材とした記述例であり、図 5 はダイエットを題材とした記述例である。いずれも、顧客コンテキストを共感的に理解し、革新的で創造的な解決方法を探る段階で、因果ループ図やバリューグラフなどとともに用いることを前提に、デザイン機会の発見と顧客と共創する価値を洗練するために利用している。

6 まとめと課題

モノを手段としたサービスを検討する際に、顧客が真に望む価値をより高いレベルで実現するサービスを開発することを目的として、CVCA を活用してサービスデザインの着想を支援する方法を述べた。

PBL活動での本格的な利用はもちろん、授業の演習で行う簡易的な方法であっても、考案した方法が顧客アウトカムの向上とサービススキーム設計というトップダウンとボトムアップの両面から革新的なサービスのアイデアを出す強制発想ツールとして効果があると感じている。

現状のステークホルダーマップとしての CVCA を出発点とするため、資源統合の現状理解と、あるべき姿の検討を追加することへの障壁が少ないことが利点であると思われる。

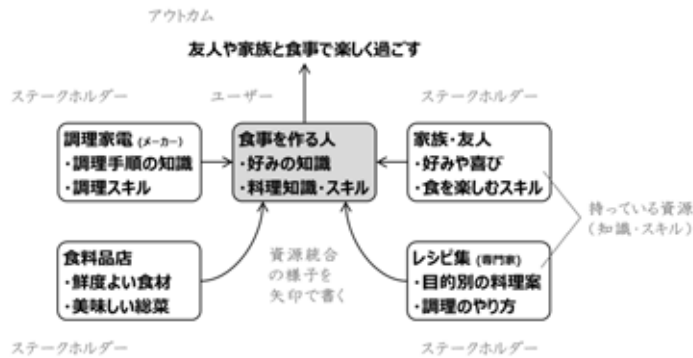


図 4: 調理家電を題材とした簡易な記述例

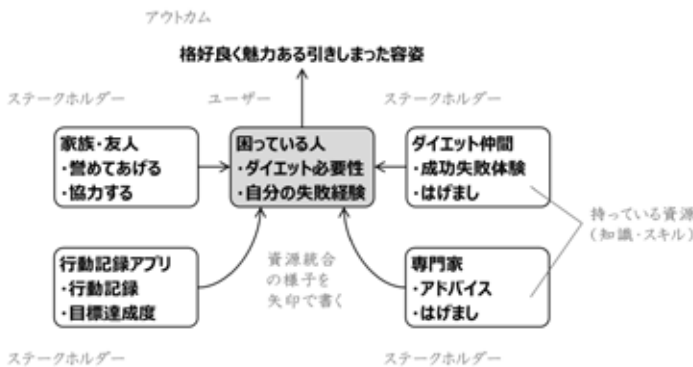


図 5: ダイエットを題材とした簡易な記述例

今後、様々な開発に適用して方法の改良を行っていきたい。

参考文献

[1] 近藤隆雄: 製造業のサービス化: その類型化と論理, MBS review, No.10, pp.3-12, 明治大学専門職大学院グローバル・ビジネス研究科, 2014.

[2] 日本電機工業会スマートマニュファクチャリング特別委員会: 製造業 2030, 日本電機工業会ホームページ, <https://www.jema-net.or.jp/Japanese/info/160527.htm> (参照 2016-10-12).

[3] 内閣府: 平成 25 年度 市民の社会貢献に関する実態調査, 内閣府 NPO ホームページ, <https://www.npo-homepage.go.jp/toukei/shiminkouken-chousa/2013shiminkouken-chousa> (参照 2016-10-12).

[4] 日本経済団体連合会 1%クラブ: 2012 年度 社会貢献活動実績調査結果, 日本経済団体連合会ホームページ <https://www.keidanren.or.jp/policy/2013/084.html> (参照 2016-10-12).

[5] 谷本寛治 他: ソーシャル・イノベーションの創出と普及, NTT 出版, 2013.

[6] R.F.ラッシュ, S.L.バーゴ, Lusch, R. F., & Vargo, S. L. 井上崇通 (訳): サービス・ドミナント・ロジックの発想と応用, 同文館出版, 2016. [Service-dominant logic: Premises, perspectives, possibilities. Cambridge University Press, 2014.]

[7] 武山政直 他: Resource Oriented Service Ideation: Integrating S-D Logic with Service Design Techniques. Proc. the fourth Service Design and Service Innovation Conference, pp.344-353, 2014.

[8] 石井浩介 他: 価値づくり設計: 設計の科学. 養賢堂, 2008.

個人情報影響評価の電子カルテシステムへの適用

慎 祥 揆*・瀬 戸 洋 一*

Applied of Personal Information Impact Assessment of the Electronic Medical Record System

Sanggyu Shin* and Yoichi Seto*

Abstract

In this paper, we carried out a Privacy Impact Assessment (PIA) on the update plan of the electronic medical record system. The medical record system contains many sensitive personal information. It is difficult to recover leaked personal information. It is important to operate as if there are no information leaks, but if a system is not properly constructed, countermeasures to information leaks are costly. Therefore, it is important to consider the security of personal information while constructing the system, and also carry out PIA in foreign countries.

Keywords: Privacy Impact Assessment (PIA), personal information, information leaks, Medical Record System

1 はじめに

独立行政法人 国立病院機構 埼玉病院(以下、埼玉病院)というは、電子カルテシステムの更新を計画している。更新するシステムの個人情報に対するリスクを関係者で共有し、事前に個人情報のリスクの低減を図ることを目的として、次期電子カルテシステムの基本設計書に対して個人情報影響評価 PIA (Privacy Impact Assessment, 以下、「PIA」という)を実施した。

海外では、個人情報の漏洩を未然に防止するための手段として、プライバシー影響評価 (Privacy Impact Assessment) が注目されている[1][2]。

カナダやオーストラリアの政府機関・州政府では、個人情報を取り扱う情報システムを構築する際に、プライバシーコミッショナー (Privacy Commissioner) の下、PIA を実施して個人情報の安全性を事前評価することが予算認可の条件となっている。米国では、個人情報を扱う行政システムの構築において、電子政府法第 208 条により PIA の実施が義務づけられている[3]。

日本においても、番号法第 15 条において、行政機関等が特定個人情報保護評価を実施し、広く国民の意見を求めた上で評価書を作成し、特定個人情報保護委員会による承認を受けたのち報告書を公開するとされている[4]。特定個人情報保護評価はプライバシー影響評価とは異なるものであるが、事前にリスクを評価しようとする点は共通の方向性をもっている。特定個人情報保護評価の対象は番号法に関わる行政分野を対象としており、民間分野は対象にしていない。

民間分野は、ISO22307 に適合するような個人情報影響評価が実施されている[5]。欧米ではプライバシー影響評価と呼ばれるが、プライバシー影響評価の対象は、機微情報だけでなく、一般的な個人情報が対象である。このため、日本では個人情報影響評価と呼ぶ。本論文では、海外事例などの紹介の場合を除き個人情報影響評価 (Personal information Impact Assessment, 以下 PIA) を用いる。

本論文では、企画段階における電子カルテシステムに関し、PIA 対象病院作成の「病院情報システム技術仕様書(案)」に対して、産業技術大学院大学が PIA を実施し、その結果をまとめたものである。2 章でプライバシー影響評価の概要、3 章で個人情報影響評価の手順、4 章で事例を述べる。

2 プライバシー影響評価の概要

2.1 プライバシー影響評価とは

プライバシー影響評価 (Privacy Impact Assessment) とは、「個人情報の収集を伴う情報システムの導入あるいは改修にあたり、個人情報に関するリスクを明確にし、個人情報に関する問題による利害関係者への影響を「事前」に評価する。個人情報に関する影響を評価するだけでなく、回避または緩和の為のための技術的な変更、運用・法制度の整備を促すことを目的とするリスク管理手法」である[1~3]。1990 年代、個人情報の電子化の進展に伴って情報システムのプライバシー問題が顕在化し、PIA が検討されはじめた。90 年第後半には、カナダ、ニュージーランド、オーストラリアが先行して導入している。また米国やカナダなど、

PIA実施計画書の作成		PIA評価の実施				PIA報告書の作成
プロジェクト計画	評価準備	プライバシーリスクの識別	プライバシーリスクの分析	プライバシーリスクの評価	報告	
実施体制の整備	評価関連資料の収集	個人情報の識別	影響度の評価	必要なリスク対応の検討	PIA報告書の作成	
対象範囲の確定	対象システムの分析	リスクシナリオの識別	発生可能性の評価	プライバシー影響評価		
参照法令や規格、ガイドライン、社内規程、契約類の特定	データフローの分析	既存または計画済み対策の識別				
PIA実施計画書の作成	評価シートの作成					
成果物	・PIA実施計画書 ・システム分析書 ・データフロー分析書 ・評価シート	・個人情報管理台帳 ・リスク分析表	・リスク分析表	・リスク分析表 ・評価シート	・PIA報告書	

図 1: 個人情報影響評価の手順

PIA の遂行が行政機関における予算承認プロセスに組み込まれている国も存在する。

PIA を実施する目的は、コスト低減とステークホルダー間の信頼構築にある。PIA では、実施結果を踏まえ、必要に応じて構築システムに対して仕様の変更を促す。システム稼働前に変更を行うことにより稼働後のプライバシー問題発覚による稼働停止や、それに伴って発生するビジネス上のリスク、システム改修費用を軽減することができる。また、実施組織が PIA 報告書を公表することで、プライバシーや個人情報の取り扱いに関して実施組織、個人、マスメディアの三者で議論する共通の土俵を提供することができる。組織が個人の権利保護に留意している姿勢を関係者に示すことにもなる。すなわち、PIA は一種のリスクコミュニケーション手段である。

PIA は社会制度として英国連邦で実施される一方、米国、韓国では、法的に規定し実施している[6~8]。PIA は各国の事情により実施の方法が異なっている。このため、2008 年に国際標準化委員会 TC68 で要求事項を規定した。

2.2 国際標準 ISO22307

ISO 22307 Financial services - Privacy Impact Assessment は、国際標準化委員会 ISO TC68/SC7(金融サービス)により2008年4月に発行されたプライバシー影響評価に関する国際標準規格である[5]。プライバシー保護の目的では金融業界に限定していないため、他の業種にも適用することができる。

ISO 22307は、① PIA 計画、② PIA 評価、③ PIA 報告、④ 十分な専門知識、⑤ 独立性と公共性、⑥ 対象システムの意思決定時の利用の6項目をPIA実施における要求事項としている。このうち、前3者がPIAの実施手順に相当

し、後3者が実施体制に相当する。以下に概要を示す。

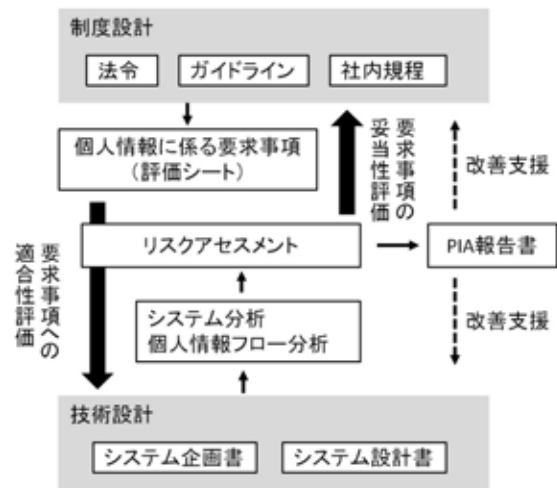


図 2: リスクアセスメントの概要

- ① PIA 計画:適用範囲の定義, 実施者に必要な専門知識分野の特定, 適用される法令や規格の特定, 対象システムの調査を行い, 実施計画書を作成する。
- ② PIA 評価:PIA 計画で定義した PIA の実施対象範囲について, プライバシーリスクを洗い出し, 指摘事項とその指摘事項に対する推奨案を作成する。
- ③ PIA 報告:対象システムについて関係者間でレビューを行うため, 評価事項を文書化する。
- ④ 十分な専門知識:PIA 実施プロジェクトのメンバーに対して, 法律分野, システム技術, 業務プロセスに関する十分な専門知識を要求する。
- ⑤ 独立性と公共性:PIA の実施者に対して, 対象システムに関する利害関係者に対し独立性と公共性を保ち, 中立性を確保するよう要求する。

- ⑥ 意思決定時の利用:PIA 実施結果をシステム構築や改築時の意思決定に利用する。

3 個人情報保護評価の実施手順

3.1 個人情報影響評価の実施手順

図 1 に個人情報保護評価 (Personal information Impact Assessment) の手順を示す[9].

- (1) 予備評価の実施および PIA 本評価実施計画書の作成

対象システムの本評価の実施前に、予備評価を実施する。予備評価では、実施スケジュールおよび体制(人員)確保、実施形態の決定を報告書にまとめる。ただし、実施依頼組織責任者の判断で予備評価の実施を省略することもできる。

予備評価実施後、本評価実施計画を策定する。PIA プロジェクトを推進するため、実施体制を整備する。また、PIA の対象範囲、参照すべき法令や規格、ガイドライン、組織の内部規程を特定する。実施依頼組織は、評価チームの協力を得ながら、これらをプロジェクト計画書に相当する PIA 実施計画書としてまとめる。

- (2) PIA 評価の実施

対象システムのプライバシー(個人情報漏洩)リスクを評価するため、評価チームは、対象システムを理解(システム分析、データフロー分析)したうえで、個人情報漏洩リスクの識別・分析を行う。管轄省庁の指定するガイドラインや個人情報保護に関する法令、社内規定などをもとに評価の基準となる評価シートを作成する。その後、評価シートを用い影響評価を行う。

- (3) PIA 報告書の作成および公開

評価チームは、プライバシーリスクの影響評価の結果をもとに、PIA 報告書を作成する。

- (4) 報告書の作成および提出

評価チームは、実施した評価結果をもとに、PIA 報告書を作成する。報告書は、情報セキュリティ監査報告書の雛形に沿って作成する。PIA 報告書は通常、3つの区分から構成される。

- a) 導入区分:目的、期間、スケジュール、適用範囲、体制(PIA 評価チーム、PIA 実施依頼責任者)
- b) 概要区分:対象システムに関する記述(システム構成、取り扱う個人情報など)、リスク評価実施手順およびリスク評価基準、実施にあたり使用した専門知識
- c) 意見区分:対象システムが計画する安全管理措置に対する評価、法令やガイドライン、組織内規程の整備などに関する。

実施依頼組織に対し報告を行い、システム設計書における個人情報に関する問題の有無を指摘し、是正に関する助言を行う。報告後、実施依頼組織の責任者は、Chief Privacy Officer の助言を受け PIA 報告書を承認し、正式

に発行する。

3.2 個人情報影響評価におけるリスク分析手法

PIA とは、「個人情報の収集を伴う情報システムの導入あるいは改修にあたり、個人情報に関するリスクを明確にし、個人情報に関する問題による利害関係者への影響を「事前」に評価する。個人情報に関する影響を評価するだけでなく、回避または緩和ののための技術的な変更、運用・法制度の整備を促すことを目的とするリスク管理手法」であり、技術、法制度両方に関する問題を是正する必要がある[10][11].

一般的なシステム監査は、規則で定めた要求事項をシステムが満たすかどうかを一方向的に評価する。これに対し、規則自体の評価を合わせて行なう点が PIA の特徴である[9].

制度設計と技術設計とを同時に評価するためには、図 2 に示す双方向ギャップ分析と呼ぶリスクアセスメントを実施する[12][13].

- (1) 要求事項への適合性評価

本手順が、評価対象システムの技術設計文書(システム規格書や設計書など)が要求事項を満たしているかどうかを確認する点は、従来と変わらない。しかし、リスクアセスメントを実施し、技術設計文書で計画されている安全管理措置(管理策)がどのリスクと関連しているのかを明らかにする点が異なる。

表 1 は、要求事項への適合性評価における判定パターンを示す。ある要求事項に関して、該当するリスクが検出され、安全管理措置が十分に計画されていれば①、問題ない。また、リスクアセスメントによってリスクが検出されない場合④、安全管理措置は不要である。

表 1: 要求事項への適合性判定パターン

No.	リスク	安全管理措置	判定
①	検出	十分	問題なし
②	検出	なし・不十分	技術設計に不備
③	未検出	あり	費用正当化必要
④	未検出	なし	問題なし

リスクが検出されているにもかかわらず、安全管理措置が計画されていないか不十分な場合②には、技術設計に不備があると判定する。また、該当するリスクが検出されずに安全管理措置が取られている場合③には、プライバシー上の問題は存在しないものの、対策にかかる費用が正当化できるかどうかを別途検証する必要がある。

- (2) 要求事項の妥当性評価

要求事項の妥当性評価では、検出したリスクに関して要求事項が網羅されているかどうかを確認する。対象システムが保有するリスクに関して要求事項が存在しない場合には、要求事項の不備を検証した上で、規程を整備し、運用におい

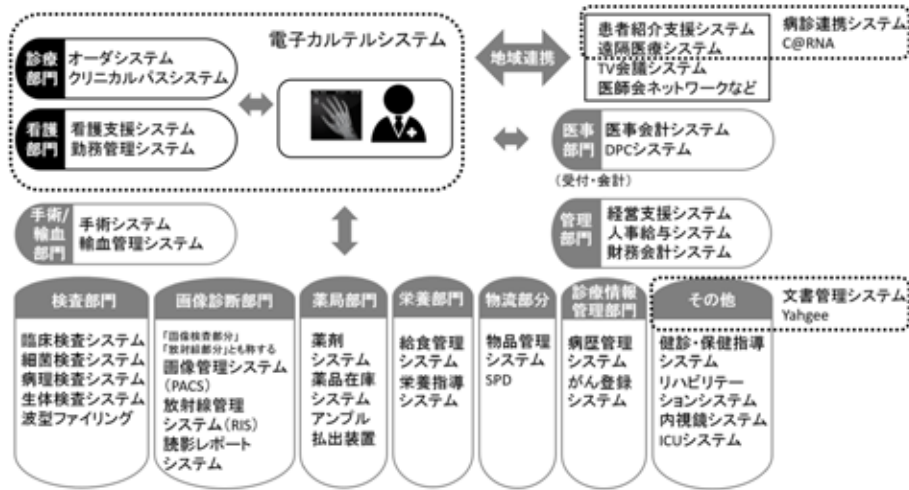


図 3: システム概念図とPIA 対象範囲

てリスク緩和策を講ずる旨などの勧告を行い、制度設計の改善を促す。

一例として、「暗号化方式の規定」が挙げられる。暗号方式は医療情報システムの安全管理に関するガイドラインに規定されていない。このため、ベンダーに一任されている。つまり、システムのリスク分析を実施した結果、暗号の方式や鍵管理に関するリスク案件が見つかるが、医療機関の運用ルールには鍵管理などが明確に規定されていない場合がある。

暗号化は、システムのセキュリティ機能を決定する重要な因子であり、システムインテグレータへ一任する事項ではない。システム運用者が明確な意思をもって決定すべき要求事項である。電子政府推奨暗号リストなどを参照し、具体的な仕様を示す必要がある。

このように、リスクアセスメントを適切に位置づけることで、PIA の定義である制度・運用・技術面の変更を促すことが可能になる。

4 次期電子カルテシステムにおける個人情報影響評価の実施

4.1 対象システム概要

システム分析の実施対象は、表 2 に表す電子カルテシステムであり、電子カルテシステム・医事会計システム及び文書管理システムと病診連携システム(C@RNA)と文書管理システム(Yahgee)から構成される。

図 3 に病院のシステムの概要を示す。PIA 対象病院は診療部門、検査部門などの多くの部門から構成され、その部門に対応した情報システムが存在する。そのうち、病院のシステムの中核をなすオーダーシステム及び電子カルテシステムと医事会計システムが対象範囲となる。

また、病診連携システムは外部病院連携を行っているが、病診連携システムと電子カルテシステム間での情報の受

け渡し部分までを対象範囲とし、外部連携機能については対象範囲外とする。

表 2: 評価対象システム一覧

No.	システム名	使用目的
1	電子カルテシステム	診療録・オーダー・看護支援
2	医事会計システム	医事請求・会計・レセプト・DPC (Diagnosis Procedure Combination: 診断群分類、包括評価による定額払いに使用)
3	文書管理システム (Yahgee)	文書の作成支援・管理
4	病診連携システム (C@RNA)	地域医療施設との診療予約連携
5	シンククライアントシステム	シンククライアント及びサーバー

4.2 影響評価実施計画の策定

PIA により対象システムに潜在するプライバシーリスクを明らかにし、システムの利用者のプライバシーを保護する目的で、PIA の適用範囲、作業期間の見積もり、必要な専門知識の特定及び、健診総合システムに適用される法令やガイドラインの調査、また、実施体制の編成を行った。この結果を PIA 実施計画書として作成した。

(1) 影響評価の実施体制

図 4 に示す実施体制を構築した。評価チームは、システム構築運用組織と影響評価を実施する大学との合同で設置した。

チームのメンバーは、

- PIA に関する知識
- 個人情報保護法に関する知識
- 情報セキュリティ技術に関する知識
- 情報システムに関する知識。例えば、
- データベース技術、ネットワーク技術、システム設計

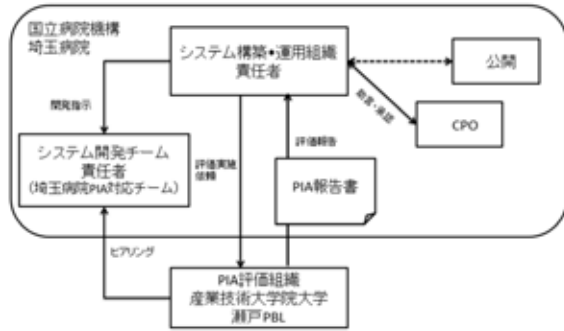


図 4: PIA 実施体制図

に関する知識.

- ・ 電子カルテシステムに関する知識

を有する人材から構成される。

評価にかかった主な人的資源は、5 人月×5 ヶ月 (25 人月 900 時間) である。実作業の対応は、教員 1 名と学生 5 名、弁護士のアドバイザー 1 名、医療情報システムに関するアドバイザー 1 名の対応であった。学生は PIA に関する知識を学習しながら対応した。

(2) 評価資料の収集

評価資料として、適用法令や規格、対象システム関連文書、実施組織の内部ポリシー文書などを収集した。

4.3 評価資料の収集

評価資料として、適用法令や規格、対象システム関連文書、実施組織の内部ポリシー文書などを収集した。

4.4 個人情報影響評価の実施

今回の評価対象であるクラウド化基本設計書に記述されたシステム構成の確認、及び個人情報の取得、利用、保管、破棄までのデータフロー分析を実施した。

(1) システム分析

システム構成をネットワーク、ハードウェア、ソフトウェアと分類し、脅威を意図的なものと偶発的なものとに分けて整理した。分析の方法は、一般的に、ISMS (JIS Q 27002:2006) で活用されている ISO/IEC TR13335 (GMITS: Guidelines for the Management of IT Security) のベースラインアプローチ、非形式アプローチ、詳細リスク分析を組み合わせた方法を採用した。

(2) 個人情報フロー分析

業務分析は、PIA 対象病院の電子カルテ・医事システムが取り扱う個人情報を対象として、以下の手順で行った。

- A) PIA 対象病院から取得した運用フローを元に業務プロセスにおける個人情報の流れを業務フロー図として作成した。
- B) 作成した業務フロー図をもとに、業務毎の作業内容を明確にし、各々の作業で取り扱われる個人情報を抽出

し、個人情報管理台帳を作成した。さらに、抽出した

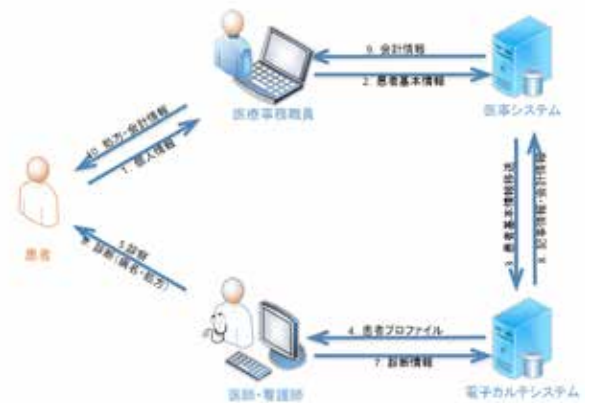


図 5: 個人情報フローの概要

個人情報の重要度を評価し、情報資産台帳を作成。

- C) 個人情報管理台帳、情報資産台帳を用い、個人情報に対するリスクを分析し評価した。

次項で上記手順の概要を説明する。詳細は補足資料を参照。

診察時に患者が病院に提供した個人情報の流れに沿って、業務フロー図を作成した。ここでの業務とは以下の作業を指す。

- ・ 患者個人情報の電子カルテ・医事システムへの登録
- ・ 予約・オーダー・診察・検査・処方・入院
- ・ 診療録作成
- ・ 会計

図 5 に、個人情報フローの概要を示す。業務のポイントは図のとおりである。

(3) 個人情報に関するリスク分析

表 3 に取り扱う個人情報の分類をもとに、個人情報の例を記載する。

表 3: 病院における個人情報

個人情報の分類	個人情報の例
個人を特定する情報	氏名、性別、生年月日、住所、電話番号、保険情報など
患者の診療的特徴に関する情報	血液型、アレルギー(薬剤、食物、金属・接触、その他)、身長、体重、障害・身体運動性、身体装具、現疾患、禁忌、感染症など
患者の診療状況に関する情報	カルテ記載情報(主訴、病歴、所見、診断についての記述、治療行為の実行についての記述、患者への説明内容など)、受診履歴、オーダー情報(検査結果、処方状況など)、レセプトデータなど

システム構成、および個人情報フローをもとに個人情報リスクを分析する。病院における医療業務で取り扱われる個人情報には、個人を特定する基本的な情報から、検査結果、病歴など機微な情報を含む。個人情報管理台帳における、取り扱いの局面毎に想定される脅威への対策状況について、PIA 対象病院より受領した運用管理規定文書等の資料をもとに分析を行った。運用手順や運用管理規定文書等で既にリスク対策がされていることを確認することができた場合を除き、個人情報に対する残存リスクを挙げた。

5 評価結果

評価シートの各質問項目について、基本設計書に照らして評価を行い、適合・不適合・評価不能(評価時点では未確定のものなど)を判定した。

評価区分には、情報セキュリティ監査で用いる三区分(重要な不備, 不備, 軽微な不備)を採用した。区分の詳細を、表 4 に示す。

表 4: 評価区分

リスク対策の適合性	要求事項の完備性	区分説明
重大な不適合	重大な不備	個人情報漏洩に直接関与する事象であり、発生する可能性が高い。
不適合	不備	個人情報漏洩に直接関与する事象であるが、発生する可能性が低い。
軽微な不適合	軽微な不備	個人情報漏洩に直接関与しない事象である。

(1) リスク対策の適合性の評価

計 34 の評価項目のうち1項目を不適合, 1 項目を軽微な不適合と評価した。表 5 に項目内容と指摘事項を示す。

(2) 対象システムのリスク分析表による要求事項の完備性の評価

「システム分析書」「個人情報に関する業務フロー分析書」にて検出されたリスクのうち、評価シートに記述されていない事項を抽出した。現状のガイドラインなどの不備を指摘したものである。指摘・助言件数は表 5 のとおりである。

表 5: 指摘・助言件数

リスク対策の適合性		要求事項の完備性		助言事項
重大な不適合	0	重大な不備	0	
不適合	1	不備	1	
軽微な不適合	1	軽微な不備	1	

6 おわりに

今回の PIA 対象病院の次期電子カルテシステムに対し、影響評価 34 項目に対し個人情報影響評価を実施した。

PIA 対象病院の電子カルテシステムは、医療情報システムの安全管理に関するガイドラインの要求事項を満たすように設計されている。この意味で、評価対象の技術仕様書は適正なシステムが構築できる企画段階の設計書であると評価できる。

ただし、個人情報保護管理責任者の不在をはじめとした組織体制の未整備、システム関連外部委託業者の選定基準の未整備という不適合がある。個人情報の保護を充実するためには、これらの不適合事項について、早急に対応すべきである。

医療情報システムの安全管理に関するガイドラインにおいては、暗号化方法、シンクライアント環境に関する要求事項の不備という指摘がある。ガイドラインがセキュリティ保護の観点から不十分であり、早急な是正が求められる。システム発注者は、セキュリティに関する要求仕様をまとめてシステムベンダーへの要求事項として示す必要がある。要求仕様をまとめる上で、公的機関によるセキュリティ基準あるいはガイドラインを用いることを推奨する。PIA 対象病院においては、このために、ISO/IEC15408 認証や電子政府推奨暗号リストなどに示された要求事項を参考にすることを推奨する。

医療における個人情報は機微情報が多く、安全を十全に配慮する必要がある。今回の指摘事項が評価対象システムに反映されることを確認するために、詳細設計時に個人情報影響評価を再度実施することを推奨する。

参考文献

- [1] 瀬戸洋一ほか, プライバシー影響評価 PIA と個人情報保護, 中央経済社, 2010.
- [2] D. Wright, P. D. Hert , Privacy Impact Assessment, Second Edition, Springer Verlag, 2012.
- [3] 瀬戸洋一, “プライバシー影響評価のアセスメント手法に関する調査研究, 産学戦略的研究フォーラム,” 2007.
- [4] 番号法実務研究会, 番号法で変わる自治体業務, ぎょうせい, 2013.
- [5] シン ヨンジョン著, 瀬戸洋一, JIPDEC 監訳, 情報化社会の個人情報保護と影響評価, 頸草書房, 2014.
- [6] 韓国行政安全部・KISA(韓国インターネット振興院), 個人情報影響評価遂行ガイド, 2012.
- [7] 慎祥揆, 瀬戸洋一, “韓国におけるプライバシー影響評価の制度と実施状況,” SCIS2014, 2014.
- [8] ISO22307, Financial services—Privacy impact assessment, 2008.

- [9] 瀬戸洋一, “スマートシティにおけるプライバシー影響評価の適用,” IEEJ Tran. EIS, Vol.133, No.7, pp.1427 - 1435, 2013.
- [10] 瀬戸洋一, 実践的プライバシーリスク評価技法, 近代科学社, 2014.
- [11] 瀬戸洋一, “個人情報影響評価 PIA の考え方と実施手順—プライバシーバイデザインとしての PIA—,” 法とコンピューティング学会第 3 回小グループ研究会, 2013.
- [12] 渡辺慎太郎, 瀬戸洋一ほか, “プライバシー影響評価の健康診断総合システムへの適用,” CSS2012, 2012.
- [13] 前島 肇, 瀬戸洋一, “プライバシー影響評価実施におけるリスクアセスメントの検討,” 情報処理学会, 2013.

人間とロボットの関係性を再デザインする — 21世紀初頭を超えたその先のコンセプト構築の試み —

角田 善彦*・上林 昭*・高橋 和章*・小野 敬士*・神田 雅泰*・
岸本 悠希*・山田 涼馬*・近藤 嘉男**・内山 純*

Re-designing Human-Robot relationships — Robot concept building beyond early 21st century social trends —

TSUNODA Yoshihiko*, KAMBAYASHI Akira*, TAKAHASHI Kazuaki*, ONO Keiji*,
KANDA Masayasu*, KISHIMOTO Yuki*, YAMADA Ryoma*, KONDO Yoshio**
and UCHIYAMA Jun*

Abstract

As we recognize the technological social trends which have occurred until now, especially since the early 21st century, we aim to re-design the human-robot relationships upon what we think is essential.

The trends which we recognize are such as: development of SNS (Social Networking Service) and the violation of privacy by collection of individual data through the medium, AI (Artificial Intelligence) and the fear among people of losing their jobs because of the progress of this technology, and technological singularity which is predicted to occur within the mid-21st century.

In our re-designing process, we set two fundamental concepts to stand up against the above-mentioned issues. These concepts are: "Companion Robot" and "human-robot trustworthiness." Furthermore, we created two conceptual robot models along with the two fundamental concepts.

Keywords: Companion Robot, Human-Robot trustworthiness, Human-Robot relationship re-designing

1 はじめに

我々は、SNS (Social Networking Service) に代表されるようなインターネット上に構築された個人表現にまつわるメディアの出現と社会への浸透、その流れによって個人に紐づけられた大量のデータも情報処理技術のより一層の進展に伴い様々な角度から容易に解析され得る社会に暮らす。

人工知能 (AI, Artificial Intelligence) 分野に代表されるコンピュータによる知識処理技術の進展は、人々が現在携わっている仕事の種類如何によっては、それらを消滅に追いやる可能性をも、もたらし得る。そのことを掘り下げ、社会へ問いかける試みも学術分野から示唆され、社会に大きな反響を呼び起こした [1-5]。

また、21世紀中ごろには人間の知的能力をコンピュータ技術やニューロ (神経系) 応用技術などに代表される人工物による知的活動が凌駕するという "Technological Singularity (シンギュラリティ, 技術的特異点)" が起こると主張する識者もあり、その実現の是非や動向については注

視、検討に値する [6]。

本稿では、21世紀初頭のこれら動向を経た中にあるという認識の下、まず第2章でロボット分野も含めた産業発展の観点を織り込みつつ、「社会の「豊かさ」」を著者なりに定義するところから始める。本学の育成成人財像である「ものづくりアーキテクト」がその創作活動により貢献することになる対象を明確化しておくことを企図する。また、この過程を通して、「ものづくりアーキテクト」の持つべき姿勢の著者らにの思いにも言及する。

第3章では、著者らがロボット構築で根底に据えることとした基盤コンセプトについて述べる。鍵となるのは2点。1つは "Companion Robot" というもの。これにより、「強制労働」を意味するチェコ語 *robota* に語源を持つといわれ、「何かしら人間を主従関係のような形でサポートする機械」という捉えを超越させ「同胞 (Companion)」としての感覚を組み込むことを狙う。もう1つは人間とロボットの「信頼関係」 ("trustworthiness") 構築への配慮である。後者については、本章冒頭に触れたような高度情報化社会の進展により

Received on October 31, 2016

*産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

**前 ソニー株式会社, Sony Corporation,

ユーザの意図に反して収集データが利用されるケースが増えていることも鑑みた。改めて「信頼関係」醸成という軸を照らして人間とロボットの関係性を構築する試みとなる。

第4章では、上述の第3章で起こした基盤コンセプトに照らし行った、より具体的なコンセプト構築2事例について述べる。内1事例については試作まで踏み込んで行った。方向性もそれぞれ異なるアプローチで進めた。2事例とも家庭など人々のより身近なところに入り込んで存在するロボットコンセプトという点では共通する。が、一方はユーザに対して「存在感を馴染ませ、出来るだけ消す」という構想で構築を試みた。対して、試作まで踏み込んだもう一方は「分かり易い単機能を取り上げ、それを先鋭化させてユーザに存在を示す」というコンセプトを元とした。

以降の章では、今回の作業、特に導出した基盤コンセプトを胸に、今後意図する取り組み、またお世話になった方々への謝辞を表明し、結ぶ。

2 「社会の“豊かさ”」の定義：根源的な問いから

2.1 定義の前に：自分たちの立ち位置の明確化

ロボットの著者らなりのコンセプトを打ち出すに際し、工学技術者やデザインを司る者がそれぞれ独立して取り組むというアプローチではなく、総合的に摺り合わせて行くアプローチを意識した。

また、コンセプト中に取り込もうとするテーマによっては、有名なSF作家アシモフの「ロボット3原則」[7]に表現されるように、社会や人間との関係性に於ける倫理的な問題も関わってくるであろう。

時代認識についても重要と捉えている。IoT (Internet of Things, モノのインターネット), Makers ムーブメント[8], 世界や日本の各地での FabLab 開設の動き[9], [10]なども相まって、ロボット分野に於いても、工場などで稼働させる工業用ロボット分野のみならず、より一般の人が生活する環境に近いところに存在させようという試みも広がっている [11]。

このように、ロボット構築のプロセスには、特にそれがより人間の生活空間に近いところに介入させるような意図を持ったものであるとすれば尚のこと、正にあらゆる総合的な観点や取り組みが注入されるべきであると著者らは考えている。

2.2 「社会の“豊かさ”」の定義導出

前項のような観点を踏まえ、著者らなりに、数多の先人たちが築き上げて来、今日我々が享受している「豊かな社会」のその「豊か」である、ということの定義をここに導出、確認しておきたい。

なぜなら本学が育成の対象とする技術やデザインを司る人財が未来社会の構築へ貢献するような職務に携わるに際し、立ち返るべき基本となると信じるからである。

著者らによる「社会の“豊かさ”」の定義は、「(社会, 組織,

個人にとっての) 選択肢の幅が提供されていること」である。

この定義を今日の社会に至るまでの発展に照らしてみると、確かに先人たちが、本学でも重んじる技術やデザインの力によって我々に新たな選択肢を提供してくれた。その積み重ねが現代社会を形作っていると言える。

この定義を通して特に注意を促したい点が1つある。それは、本学でいうところの「ものづくりアーキテクト」のような人財が提供する新たな選択肢(人工創造物, Artifacts)は、人々に「それを使わない選択肢」も与えている、という点である。例えば携帯電話を頑なに保持しないで生活すると決めている人[12]や、教育上の方針で子供にはタブレット端末を与えないようにしている親などを想起すれば良い。後者については、米国 Apple 社創業者でタブレット端末 iPad 創出を先導した Steve Jobs その人自身がそうであった、という話がある [13]。

一般の人の生活の中に入って活用されるようなロボット構築を目指す著者らとしては、この点を銘記しながら取り組みを進めたいと考えている。未来への新たな選択肢を提示する役割を担う「ものづくりアーキテクト」としての驕り抑止のためである。

3 基盤となるコンセプトの検討と構築

ロボット分野、とりわけ家庭内のような一般の人々の居住環境に入り込んで存在するロボットの人への作用についてはまだ分かっていないことも多く、従って中長期的な視点を持って取り組む必要がある領域であると筆者らは捉えている。

中長期的な視点を持って検討を加えることは、結果を求める時間感覚がより短くなりがちな昨今にあって、学術分野に身を置く者の1つの責務とも言えよう。

これらの観点を踏まえ、ロボット構築に踏み込むに当たり、筆者らなりに大切にすべき基盤コンセプトの導出をまずは試みた。結果、以下に述べる2つが上がった。

3.1 基盤コンセプト1: “Companion Robot”

一般的に、工場のような場に存在する工業用ロボットの存在を越え、より人間の生活環境に近いところに存在させる意図を持ったロボットは「コミュニケーションロボット」[11]や「サービスロボット」などと表現されることが多い。「サービスロボット」に関しては JIS (日本工業規格) で用語が定められている [14]。

しかしながら、著者らが構築対象としたいロボットに対するイメージとはあまり合致しない感覚があり、著者らの感覚に近いコンセプト表現が模索された。

結果導出されたコンセプトが“Companion Robot”である。この表現自体は、学術研究分野でも用いられていることが確認できる [15]。そうした認識も踏まえつつ、この語“Companion Robot”に著者らなりに持たせたい意味を規

定してみた。

次のようなものであるが、所謂「愛玩動物、ペット」を英語圏では“Pet”とは意図的に呼ばず、代わりに“Companion Animal”すなわち人間の「同胞 (Companion)」たる動物と表現する動向がある[16]という点から着想を得ている。

周知のように、“Robot”の語源は、「強制労働」を意味するチェコ語の *robota* にあると言われている。その語源由来のイメージを一度取り払い、“Companion Animal”に込められた意図同様に、人間との主従関係のような関係性ではなしに「同胞 (Companion)」としてのロボット、という存在構築の試みとなる。

3.2 基盤コンセプト2: 「信頼関係」(“trustworthiness”)

第1章冒頭で述べたように、昨今は各種サービスによってインターネットを介して収集された膨大なデータ(所謂 Big Data)が、その膨大さ故に最早ユーザ自身では追い切れず、結果としてユーザの意図に反して利用されてしまうというケースが増大していると言えよう。(例えば Web サービスの「トラッキング Cookie」[17]などを想起してもらおうと良い。)

こうしたテクノロジーがもたらす社会状況を鑑み、著者らが思いを致したロボット構築上の基盤コンセプトが人間とロボットの「信頼関係」(“trustworthiness”)醸成である。

ロボットには、他の機器(人工創造物, Artifacts)と異なり、設計次第では、人に対して対話的且つ能動的に働きかけを行う機能を多面的に搭載し得る。この点と「信頼関係」構築という基盤コンセプトを強く意識しながら構築を進めることを期すこととした。

4 コンセプト構築と試作

第3章で述べた基盤コンセプトを強く意識した上で、その手がかりを得るため「存在感を削ぎ落して・周辺環境に馴染ませる」、「機能・情報を絞り込む」という敢えて異なる2つの方向のアプローチを行った。

前者は“Life-sensing Companion Robot - CORE” [18]として、また後者は「気象コントロールロボット」[19], [23]を例とし、それぞれコンセプト構築を行った。後者については基本的な動作確認を企図した試作の後、気象予報情報のネットワーク経由での取得と活用などの連携機能を組み込んだ。

4.1 コンセプト案1: 「存在感を馴染ませる」 - “Life-sensing Companion Robot - CORE” [18]

当該コンセプトについては、本章冒頭に先述のとおり「存在感を削ぎ落して・周辺環境に馴染ませる」というアプローチによりコンセプト構築を行った。(以降 CRC-01 と呼ぶ)

4.1.1 ハードウェア的側面の策定

「同胞 (Companion)」という側面から、ユーザ(人)に親しみを持ってもらうために、「親しみが感じられる最小構成」の

「球形」を基本として構築を試みた。

センシング機能に特化した直径 95 mm の球体。

表示装置(接触式センサー搭載)と全方位視覚センサーの両立のため外形の球に内接する仮想正四面体の頂点に視覚センサーを4基配し、全方位の環境情報、バイタルセンシングに使用する。(図1)



図1: CRC-01 構成 (イメージ画像)

手に包んで至近距離で対話することを促すことで、音声認識の精度向上、円形タッチパネル表示(直径 58 mm)の複雑な情報認識・操作性を高める狙いもある。(図2)



図 2: CRC-01 (イメージ画像)[25]改変
Pay it forward photo CC BY 2.0

さらに各種拡張ユニットによる機能拡張を想定している。(図3)



図 3：CRC-01 拡張機能例（イメージ画像）

4.1.2 ソフトウェア的側面の策定

ソフトウェア的な側面としては、第3章に記載した基盤コンセプト2「信頼関係」(“trustworthiness”)をどういふ形で実現するかを意識し、次のような「単体センシングモード」および「共有センシングモード」の2つのモードを規定した。

「単体センシングモード」は、家庭内という閉じた空間で所有ユーザとCRC-01との1対1による関係性を想定している。CRC-01が提供する各種サービスに関しても、人が人と接するような形で対話的に設定・構築された信頼関係（ユーザに関係するどのようなデータをセンシングするか等）に基づかせることを念頭に置く。（図4）



図 4：CRC-01「単体センシングモード」（イメージ画像）
[26]改変

もう一方の「共有センシングモード」でのCRC-01は、家庭内空間と比較して、より開いた空間でのユーザコミュニケーションを媒介する。（図5）



ロボットを媒体としたユーザコミュニケーション

図 5：CRC-01「共有センシングモード」（イメージ画像）

4.2 コンセプト2および試作：「単機能先鋭化」-「気象コントロールロボット」[19], [23]

ロボットがあらゆる機能を実現できるほどの技術を有する今日、同様に第3章で述べた基盤コンセプトを強く意識し、「機能・情報を絞り込み存在を際立たせる」方向でのコンセプト構築を行った。生活に身近な例として「気象情報」に着目しコンセプト構築を試みたものが「気象コントロールロボット」[19], [23]である。（以降WCR-01と呼ぶ）「てるてる坊主」、「雨乞い」という2つの形態を単純な機構を用いた形態・構成にまとめた。予報が的中した場合、結果として「てるてる坊主」、「雨乞い」の機能を果たしたことになる。（図6）以下、試作1、試作2について記す。



「雨乞い」モード

「てるてる坊主」モード

図 6：WCR-01（イメージ画像）

4.2.1 WCR-01 試作1

試作1は当初のコンセプトデザインの具現化で動作検証が目的である。（図7）1組のアーム動作と照明で、「てるてる坊主」、「雨乞い」2つのモードを表現することを想定している。Arduinoを搭載し、1つのサーボモータを駆動、10個のLEDを搭載しアーム上下角度とLEDの色、照度をボリューム値によって制御できる。短期間で試作を制作することで、サイズ、動作、照明などを確認し、即座に試作2に反映させた。

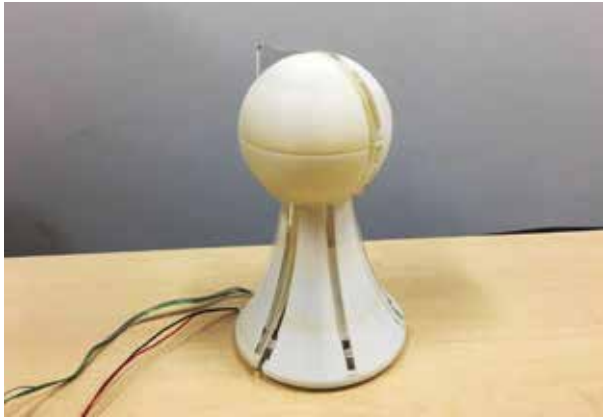


図 7 : WCR-01 試作1



図 8 : WCR-01 試作2

4.2.2 WCR-01 試作2

試作2は稼働表現の自由度を持たせるため 5本のアーム、照明を独立に制御可能とし、サーバ(Linux OS 上に構築)との通信によって目的の表現を実現した。サーバと Arduino を搭載したロボットから構成され、サーバの役割は気象情報をロボットへ送ることである。(図8)

第1にサーバは気象庁が発表した XML 形式の気象予報は RSNP を通して取得する[20], [21], [24]。第2に取得した XML データの中から、翌日の気象情報を抽出する。第3に気象情報をロボットへ伝えるためにデータを変換し、USB を介してロボットへ送る。"0"を「晴れ」、"1"を「雨」とした。

ロボット側では、サーバから送られてきたデータを受信し、「晴れ」と「雨」の動作を行う。動作は LED の点灯パターンとサーボによるアームの制御で「晴れ」と「雨」を表現している。

動作はあらかじめ Arduino にプログラミングしていたものを送られてきたデータにより選択再生している。

5本のアームはそれぞれ個別のサーボモーターでリンクを介し駆動され、照明はシリアル LED を9個接続し、個別にフルカラーで制御されている。

「晴れ」の動作では暖色系に点灯し、ふわふわと腕をなびかせる動作、「雨」の動作では青色に点灯し、「雨乞い」をしているような動作を実現した。

動作プログラムによって多才な表現が可能であり、他の感情も含めたユーザコミュニケーションなど、研究・検証すべき多くの課題を得た。

5 まとめおよび今後に向けて

本稿では、まず本学が輩出する「ものづくりアーキテクト」として心がけるべき姿勢と「ものづくりアーキテクト」人材にとって貢献の対象となる「社会の“豊かさ”」の明確化から入った。(2章)

次にロボット分野の中でも、工場など産業領域とは異なり、より人の生活領域に近いところで存在するロボット構築を念頭に、基盤とすべきコンセプトを著者らなりに2つ設定した。1つは「人間を何かしら主従関係のような形でサポートするロボット」という枠組みを外し、「同胞(Companion)」という観点を打ち出す“Companion Robot”というもの。もう1つは人間とロボットの「信頼関係(“trustworthiness”)という視点である。(3章)

これらを基盤に、「存在感を消して・周辺環境に馴染ませる」- “Life-sensing Companion Robot - CORE”および「機能・情報を絞り込み存在を示す」- 「気象コントロールロボット」という2つの異なるタイプのコンセプトを構築した。特に後者では、試作まで行うことで、改めてロボット分野がハードウェア側面、ネットワーク連携なども伴うソフトウェア側面および造形的側面などの高度な摺り合わせの上に構築される領域であることを実感を伴って取り組むこととなった。(4章)

今後については、次の第6章に後述するように、今回の取り組みは本学修士課程1学年生を主体とする構成で行われ、今後これらメンバーが2学年時に取り組むことになる PBL (Project-Based Learning)カリキュラムでの進路も定まっていない時期であるため、継続した取り組みとなるかは定かではない。この点は本学のカリキュラム構成上の必然として、受け入れる必要がある。

上記の認識と同時に、第3章に記したロボット構築における基盤コンセプトを起こす上で、改めて学術機関として中長期的視点を伴って取り組むべき分野であることも確認された。関係する要員の流動性は、そのような中長期的視点の中での新陳代謝という前向きな力に変え、取り組みを継続的にマネジメントする方向を探っていく。

6 おわりに

2016年6月、本学入学間もない修士課程1年生(発起人:角田)を主体とした専門の異なる学生有志が本学創造技術専攻・内山研究室に集いロボット研究活動をスタートした。

その3ヶ月後の9月に第34回日本ロボット学会, RSNP コンテスト2016 [23]において2件の発表[18], [19]を行い, 「気象コントロールロボット」[19]はRSI賞(コンセプト部門)最優秀賞を受賞。コンセプト段階であったが, 発表一ヶ月後の10月の”Japan Robot Week 2016”ではRSNPで気象情報と連携した試作を発表・展示することができた。本稿はこの一連の研究活動成果, および未来のロボットのコンセプト構築の試みについてまとめたものである。

ロボット開発においてプロダクトデザインプロセスを用いたアプローチは既に多くなされているが[22], ”Companion Robot”, 「信頼関係」(“trustworthiness”)を基盤コンセプトとして強く意識しながらバックキャスト視点でロボットを捉え直し, コンセプトを構築, 仮説解の立案, 視覚化, 試作による具現化の試みにより, 未来の 人々の「豊かな暮らし」のため「人との共生を目指すパーソナルロボット」の新たな切り口を見出すことができたと確信する。

本稿執筆にあたって, その契機となった RSNP コンテスト2016への論文投稿, 発表にあたっては, 本学情報アーキテクチャ専攻・成田雅彦先生, 土屋陽介先生から多くの励ましや助言をいただいた。また上記試作2では, 公立はこだて未来大学, 鈴木昭二先生に RSNP による気象情報サービスとの連携に関しご指導いただき実現することができた。諸先生方及び, RSi 関係者の方々, 研究会発足当初から討議への参加なども含め応援いただいた本学, 石丸亜矢子さん, 平社和也さんに対して改めて感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne, “THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTABLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?”, Oxford Martin School, University of Oxford, 2013.
- [2] Deloitte LLP, “From brawns to brains The impact of technology on jobs in the UK”, <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Growth/deloitte-uk-insights-from-brawns-to-brain.pdf>, 2015. (2016年10月31日最終閲覧)
- [3] Elaine Pofeldt, Study: Will a Robot Do Your Job Some Day? <http://www.forbes.com/sites/elainepofeldt/2014/02/26/will-r2-d2-snap-your-job/>, Forbes Media LLC, 2014. (2016年10月31日最終閲覧)
- [4] The Economist Newspaper Limited, The future of jobs The onrushing wave, <http://www.economist.com/news/briefing/21594264-previous-technological-innovation-has-always-delivered-more-long-run-employment-not-less>, 2014. (2016年10月31日最終閲覧)
- [5] BBC, Will a robot take your job? <http://www.bbc.com/news/technology-34066941>, 2015. (2016年10月31日最終閲覧)
- [6] マレー・シャナハン, シンギュラリティ 人工知能から超知能へ, NTT 出版, 2016.
- [7] Isaac Asimov, “I, ROBOT”, Gnome Press, 1950.
- [8] Chris Anderson, MAKERS: The New Industrial Revolution, Crown Business, 2012. (訳書 クリス・アンダーソン, MAKERS—21世紀の産業革命が始まる, NHK 出版, 2012.)
- [9] Neil Gershenfeld, Fab: The Coming Revolution On Your Desktop – from Personal Computers To Personal Fabrication, Basic Books, 2005. (訳書 Neil Gershenfeld, Fab – パーソナルコンピュータからパーソナルファブリケーションへ, オライリー・ジャパン, 2012.)
- [10] FabLab Japan Network, What’s FabLab? ファブラボとは何か? <http://fablabjapan.org/whatsfablab/>, 2016. (2016年10月31日最終閲覧)
- [11] ロボットスタート株式会社, 2016Q3 版コミュニケーションロボット産業マップ, <https://robo-lib.com/repositories/summary/105>, 2016. (2016年10月31日最終閲覧)
- [12] 斎藤貴男, 私がケータイを持たない理由, 祥伝社, 2012.
- [13] Nick Bilton, Steve Jobs Was a Low-Tech Parent, <http://www.nytimes.com/2014/09/11/fashion/steve-jobs-apple-was-a-low-tech-parent.html>, The New York Times Company, 2014. (2016年10月31日最終閲覧)
- [14] JIS 規格用語, ロボット, <http://rft.jisw.com/>, 2016. (2016年10月31日最終閲覧)
- [15] Hayley Robinson MSc, Bruce MacDonald PhD, Ngaire Kerse PhD and Elizabeth Broadbent PhD, “The Psychosocial Effects of a Companion Robot: A Randomized Controlled Trial” The Journal of Post-Acute and Long-Term Care Medicine, Vol. 14, Issue 9, pp.661-667, 2013.
- [16] Adrian Franklin, Animals and Modern Culture:

A Sociology of Human-Animal Relations in
Modernity, SAGE Publications Ltd, 1999.

- [17] 日経BP社, Network キーワード トラッキング Cookie, <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Keyword/20070222/262882/>, 2006. (2016年10月31日最終閲覧)
- [18] 内山 純, 角田 善彦, 小野 敬士, 山田 涼馬, 石丸 亜矢子, 上林 昭, 高橋 和章, “Companion Robot”構築における 操作系処理 (ユーザ - ロボットコミュニケーション)での RSNP 適用, 第34回日本ロボット学会, 1R2-02, 2016(9)
- [19] 内山 純, 上林 昭, 小野 敬士, 山田 涼馬, 石丸 亜矢子, 角田 善彦, 「気象コントロールロボット」コンセプト, 第34回日本ロボット学会, 1R2-06, 2016(9)
- [20] ロボット サービス イニシアチブ, Robot Service Network Protocol (RSNP) 仕様書, http://robotsservices.org/rsi_spec.html, 2008. (2016年10月31日最終閲覧)
- [21] 鈴木昭二, 1I4-NFC-02b-2, ロボットサービスのための RSNP による気象情報サービスの実現, 2016年度人工知能学会全国論文集
- [22] 井口 信洋, 内山 純, 木村 裕美, 濱島 幸生, パフォーマンス・ロボットの開発, 日本ロボット学会誌, Vol. 6, No. 5, P 397-404, 1988.
- [23] ロボット サービス イニシアチブ, RSNP コンテスト 2016, <http://www.robotsservices.org/contest/2016/>, 2016. (2016年10月31日最終閲覧)
- [24] 成田雅彦, 村川賀彦, 植木美和, 岡林桂樹, 秋口忠三, 日浦亮太, 蔵田英之, 加藤由花, インターネットを活用したロボットサービスの実現と開発を支援する RSi (Robot Service initiative)の取り組み, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.7, pp.829-840, 2010.
- [25] Pay it Forward Photos, Apple Child, <http://01.gatag.net/0000270-free-photo/> (2016年10月31日最終閲覧) (CC BY 2.0)
- [26] Unsplash, <http://free-photos-o03.gatag.net/images/cgf01a201405090000.jpg> (2016年10月31日最終閲覧) (パブリックドメイン)

「超小型モビリティ」のマスカスタマイゼーション提案に関する考察

－ CEATEC2016 ホンダ MC-β 豊島屋バージョンの展開 －

海老澤伸樹*

A study on mass customization proposal of ULV(Ultra Lightweight Vehicle)

- Honda MC-β TOSHIMAYA Version at CEATEC JAPAN 2016 -

Nobuki Ebisawa *

Abstract

At CEATEC JAPAN 2016, Honda Motor Co., Ltd. proposed a new project which was called “Open Innovation” and “Mass customization” on the ULV (Ultra Lightweight Vehicle) MC-β. This was an individual production system for the realization of niche needs on the ULV MC-β that was designed for exclusive private purposes. This project was developed as a collaboration between Honda and KABUK Co.. Honda offered basic ULV platform and KABUK Co., Ltd. designed new functions which were demanded as an exclusive purpose and produced all body parts by using 3D printing technologies. Also, ZENRIN DateCom proposed the application of delivery management system. In this paper, I describe the possibility of ULVs will become more popular with the realization of such individual production system.

Keywords: ULV(Ultra Lightweight Vehicle), MC-β, niche needs, 3D printer, individual production

1 はじめに

2016年10月4日から7日まで行われた CEATEC JAPAN 2016において本田技研工業(株)が、同社の「超小型モビリティ」である MC-β をベースとしたカスタム化提案のビジネスモデルのプロジェクトを発表した。鎌倉の老舗和菓子屋である(株)豊島屋(鳩サブレで有名)の専用小型配送車をテーマとし、個別のニーズに対応した専用開発と個別生産が提案主題である。3Dプリンタを利用して外観と機能を一新し、また古都鎌倉に特有の複雑な細道での効率的な配送管理のアプリケーションの開発がその提案内容である。ベース車両のMC-βを本田技研工業(株)が提供し、カスタマイズデザインと製作は3Dプリンタによるデザイン・製作を業態とする外部のデザイン会社(株)カブクが担当、配送管理アプリをゼンリンデータコムが製作するという協業での共同開発で専用開発個別生産を実現している。あくまでパイロットプロジェクトとの位置付けではあるもののベースとなった「超小型モビリティ」という領域そのものの普及の可能性や3Dプリンタによる専用開発個別生産という可能性、また本来は完成車を消費者に届けていた自動車産業がプラットフォームの提供といういわばB2CからB2Bに変化する可能性など様々な

変化への萌芽が見られる。これらの可能性について考察を試みる。

2 超小型モビリティ

2.1 「超小型モビリティ」の定義

「超小型モビリティ」とは国土交通省が提唱する『自動車よりコンパクトで小回りが利き、環境性能に優れ、地域の手軽な移動の足となる一人から二人乗り程度の車両』のことである。具体的には図1に見られるトヨタ自動車のi-ROAD、日産のニューモビリティコンセプト、本田技研工業のMC-β、トヨタ車体のコムなどがこれにあたる。



図1: 各社の「超小型モビリティ」[1]

表1に見られるように現在この「超小型モビリティ」はコムスなどの従来から一部で存在していた第1種原動機付自転車のカテゴリーに入る、いわゆる原付四輪と言われる車両と、今回の基準緩和制度によって公道走行可能となり、主に下

記の実証実験を行った新たな基準による「超小型モビリティ」の二種類が存在している。本論では後者の基準緩和制度による車両について論じる。

表 1: 「超小型モビリティ」認定制度

超小型モビリティ認定制度					
区分	使用場所	定格出力	エンジン 排気量	主な仕様と特徴	サイズ
道路 運送 車両 以外	施設・ 歩道 走行			歩行補助用具(免許不要) 電動自転車と同じ ・時速6km以下 ・車検なし 歩行補助・支援のための利用	・全長: 1200mm ・全幅: 700mm ・全高: 1090mm  (シニアカー)
道路 運送 車両	車道 走行	0.6Kw 以下	50cc 以下	第1種原動機付自転車 ・乗車定員1人のみ ・最大積載量30kg ・衝突基準なし ・車検なし ・高速道路走行不可	・全長: 2500mm ・全幅: 1300mm ・全高: 2000mm  (四輪原付スクーター)
				超小型モビリティ ・定員2人以下 ・定格出力8KW以下 (又は125cc) ・高速道路走行不可 * 基準緩和制度により 公道走行可能 日常生活や小口物流の足としてあくまでも 近場の移動にジャストフィット	・全長: 2500mm ・全幅: 1300mm ・全高: 2000mm 
				軽自動車 ・乗車定員4人以下 ・最大積載量350kg ・衝突基準あり ・車検あり ・高速道路走行可能 高速道路を含めあらゆる道路環境、場面で活躍	・全長: 3400mm ・全幅: 1480mm ・全高: 2000mm

2.2 国土交通省の取り組み

国土交通省は平成 22 年度から 2 年間の実証実験を全国 13 地域で主導し、これらの結果をもとに平成 24 年 6 月に導入に向けたガイドラインを公表した。平成 25 年には認定制度創設するとともに、超小型モビリティの導入促進事業を地方自治体や関係事業者などと進めてきた。これらの背景には一つには 2015 年採択された「パリ協定」などに見られるように全世界的な環境問題への取り組みの強化が急速に進行しつつある現実がある。日本としても 2030 年度にエネルギー起源 CO2 の 25%削減目標など掲げ、実現への具体的な対応策も大きな課題となっている。日本における CO2 排出量の約15%は自動車からであり対応策の一つとしてのゼロエミッションカーの更なる普及が求められている。エネルギー消費効率から見ても超小型モビリティは自動車の約 1/6 程度であり、これらの観点から「超小型モビリティ」への期待が大きい。

また自動車の使われ方として移動距離は約 70%が 10km 以内、また二人以下での利用が大半である。また高速道路の走行台キロは全体の 2 割以下であり、5 割以上のドライバーが高速道路をほとんど利用しないという実態もある。これらの観点から「超小型モビリティ」の有用性への期待があり国土交通省による認定制度の推進につながっている。

しかしながら現状では配送や訪問介護などの業務・公務利用、離島や自然観光での周遊利用などの観光利用・都

市部でのシェアリングなどの日常利用など様々な導入事例はあるものの、全国で約 5000 台程度の導入実績にとどまっている。これは 2 割程度という「超小型モビリティ」そのものの認知度の低さとともに荷室や快適性などの利便性への懸念などハード面への課題なども要因と考えられている。現状では将来の普及への様々な期待と可能性はあるものの、その進展はやや足踏み状態とも言える[2]。

国土交通省も今年 10 月にはこの超小型モビリティ認定制度の見直しを行い、地方公共団体以外からも認定申請が可能になるなどのより柔軟な使いやすさの制度としてさらなる普及と拡充を目指すことも発表し、更なる普及の推進を図っている。

3. ホンダ MC-β 豊島屋バージョン

3.1 CEATEC JSAPAN 2016 での展示

図 2 に見られる今回の CEATEC JAPAN 2016 において本田技研工業が提案した「超小型モビリティ」MC-β 豊島屋バージョンは、鎌倉という地域性に根ざした老舗和菓子会社である(株)豊島屋のブランドイメージの訴求と専用小口配送車という新機能の二つの要素のニーズの解決を目指している。

本田技研工業によるプラットフォーム車両の提供、(株)カブクによるリデザインと 3D プリンタによる実機製作、ゼンリンデータコムによる配送管理システムアプリケーションの製作という共同開発(本田技研工業は『オープンイノベーション』と『マスカスタマイゼーション』と主張している)により解決している。本論では主にこのハードの車体部分における提案に関して、その今後の発展の可能性とその意義について考察していく。



図 2: 本田技研工業 MC-β 豊島屋バージョン [3]

3.2 豊島屋バージョンの概要

MC-β は本来二人乗りの「超小型モビリティ」であるが、図 3 の様に、これを 1 人乗りとして、後部に豊島屋の配送のための専用荷室を搭載している。この機能変更と豊島屋のブランドイメージ表現のため、外装の樹脂パネルは左右のドア部分を除いてすべて新規に開発・製作され、また荷室内部の棚や内板などもすべて 3D プリンタによる新規製作部品により一新されている。

本提案には大きく三つの可能性が考えられる。第一は 3D プリンタによる部品生産によって消費者の個別のニーズに対応する多種少量生産または個別生産の可能性である。

第二はこの個別生産を「超小型モビリティ」に適応することによって、車体デザインを利用者側のより細かい独自の要望や機能に対応させ、「超小型モビリティ」の認知と普及を加速させる可能性である。

第三は新たなビジネスモデルの可能性である。従来は、本田技研工業のような個人用の自家用車を主な商品とした企業は個人の消費者を主な対象とし、開発から生産・販売までを自社内で行う垂直統合的なビジネスモデルを完成させてきた。今回の提案において本田技研工業は基本のプラットフォームの提供のみを実施し、利用者（豊島屋）の要望に対応した車体デザインや機能追加を具現化したのは外部デザイン・製作会社（カブク、ゼンリンデータコム）である。またアプリケーション開発も外部会社である。これまでは商品競争力の差異化の源泉として、特に開発部分は自らの自前開発にこだわってきた当社が、新たな協業によるビジネスモデルへの試みを試行錯誤しているとも見ることができる。これらの三点について述べる。



図 3: 後部荷室 [3]

3.3 3D プリンタによる部品の個別生産

本田技研工業の MC-β は基本の車体構造がスクーターなどに見られるようなパイプフレーム構造であり(図 4)、ここに ABS インジェクション成形によってつくられた外板部品を組み合わせて接合することで外形形状を構築している。一見、小さな 4 輪車のように見えるが基本の車体構成はスクーターなどの車体構成の考え方とほぼ同様である。



図 4: MC-β のパイプフレーム構造 [3]

今回の提案では乗車定員を二人から一人に変更し、後席を豊島屋商品のダンボール箱を搭載する小口配送のための荷室に変更している。また外観デザインも豊島屋の要望で鎌倉の地域性に適合し、かつブランドイメージを訴求できるように全面的に見直されている。このため左右のドアの外板を除き車体全面の外板部品及び後部荷室の内板まで、ほぼすべてのデザイン関連部品が 3D プリンタによって製作された(図 5)。



図 5: 製作された部品群 [3]

製作された部品点数は 23 点に及び最大の一体部品であるフロントフードは長さ約 330mm×幅 880mm×高さ 555mm の大きさを持つ。このため 900mm×900mm の大きさまで対応できる国内最大級のサイズの 3D プリンタが使用された。

これまで 3D プリンタを利用して外板の一部をカスタマイズ化する試みは、本田技研工業同様に実証実験を進めているトヨタ自動車と同社の「超小型モビリティ」である i-ROAD において、フロント部分の一部の小型のカスタマイズパーツを製作し、適用するという事例はあった。しかし今回のように機能まで変更するような大幅なデザイン変更を施し、その車体外板全体を 3D プリンタで製作しオリジナルの車体とほぼ全面的に異なる車体を完成させたのは、今後の 3D プリンタでの車体生産という発展性という観点から大きな意義があるといえる。

通常開発プロセスでの企画→設計→試作→型製作→生産という流れと比較して、本提案は企画→設計→生産というプロセスが採用されている。従来プロセスと比較して型製作が不要のため試作以降の流れが大幅に短縮化されている。車などの量産プロセスに置いては、通常は試作終了に伴う設計完了後の量産までの金型製作期間が短くても半年近くは必要とされる。(株)カブクによると今回提案は全 23 部品の製作に工場発注から素地状態での納品まで約 2 週間であったという。一体部品として最大の大きさのフロントフードにおいて約 80 時間の成型時間が必要であった。しかし一回の造形においても複数パーツを敷き詰めての同時プリントや(株)カブクが進めるグローバル製造ネットワークシステムを活用することで全部品が 2 週間で納入されたという。

単純な比較はむずかしいが、外板の変更で且つ少量生産であることを踏まえ、仮に従来手法でインジェクション成型よりも少量生産に対応しやすい FRP 生産で今回の提案を行ったと仮定する。例えば最大の部品であるフロントフードのデータで比較するとデータ払い出しから FRP 用の樹脂型製作、石膏反転型→FRP 製品素地状態の部品までは通常最短でも一週間から 10 日前後が必要であろう。しかもこれらの作業プロセスはかなりの部分が人の手によるものとなるので、80 時間で自動的に成型された 3D プリンタによる部品製作は少量生産においては非常に魅力的であることがわかる。

開発全体で言えばハンドスケッチによるデザイン方向決定後、3D データーでのデザイン製作と確定→フレームへの取り付けとパーツの嵌合設計→生産データーへの変換→部品

製造→仮組立てと細部調整→表面仕上げと塗装→再組み立て完成まで一連の作業が 2 ヶ月で完了したという。これは自動車デザインの開発プロセスで言えば、ほぼスケッチからモックアップモデルを製作するまでの最短期間と大差ないスピードであり、改めてその速さに驚く。

また今回の車両開発において使用された材料は「ABS-M30」と呼ばれるもので、通常の ABS と比較して 25%から 70%以上の強度を有しているため強度、耐久性などもオリジナルの部品と比較して遜色ないものと考えたとデザインと製作を担当した(株)カブクの担当者は説明している。

今回の部品デザインに於いては図 6 に見られる一部の部品(リヤゲート、サイドのエンブレム、左右のウィンド部分後端など)にインジェクションなどこれまでの成形方法では不可能な 3D プリントならではの意匠が施されている。



図 6: 3D のエンブレム [3]

しかし図 7 のフロントフードの裏面などの補強リブなどの構成はこれまでのインジェクション成形による設計とまだ大差がない。例えば補強のためのリブなども 3D プリントの成形特性で、自由な肉抜きなどが可能となる。今後、設計や強度計算方法などのノウハウが確立していけば、よりこの成形方法の特性を活かした、例えばジェネラティブデザイン(アルゴリズムによる自動生成デザイン)なども取り入れることが可能であろう。また強度を保証しながら細かく板厚などを連続的に変化させるなど軽量化や独創的な意匠を創造できる可能性が大きいと考える。



図 7: フロントフード裏面 [4]

なお現在の軽自動車や小型自動車は、その車体構造のほとんどが金属モノコック構造で構成されている。このモノコック構造は基本的に外板と内板の結合によって車体構造が構成されるため、このような 3D プリントによる樹脂部品による外板の代替えによる大幅な外観変更や機能追加は構造的に困難である。

インクジェット型のプリンタを大規模に導入することによって生産工程の変革に成功した事例がすでに自動車業界に存在する。車両用表皮材からファッション、メディカルまで幅広い

事業を展開するセーレン株式会社である。特に自動車シート of 表皮材を、同社が開発したビスコテックスと呼ぶ自前開発の布用のインクジェットプリンタによって、大規模に供給するシステムを確立した。そのシステムでほぼ 20 年の業務実績を持つ。従来、ニット系の表皮材においてはその表皮の彩色や意匠を基材となる生布を織り上げたのちにロール印刷などで表現していた。このため色数も 10~20 色、模様の繰り返し単位も 2m などというデザイン上の制約があり、生産工程上も印刷型の製作などで半年から 1 年が必要とされていた。また最小のロットも 2000m が必要などという工程上の制約があり、在庫などの問題が生じていた。ビスコテックスではこれをインクジェットのプリンタ方式に変換することで、1677 万色という色数や 50m x 40m というレポートサイズ、1m から対応可能なロット生産、5 時間から 2 週間の段取り時間やオンデマンド的な生産などで段違いの効率化を達成している[5]。

筆者もその工場を見学させていただいた経験があるが、数百台の大型のプリンタが清潔な工場内で表皮材を印刷しているというそれまでの繊維工場の常識を覆すものであった。この先例などを考えるとまずは本提案のような外部とのコラボレーションによる個別生産もあるが、将来的には多数の 3D プリントを並列的に稼働させるようなビスコテックスのような多種少量や個別生産を可能とする生産形態への進化も可能性として十分に考えられる。

3.4 個別化による普及の加速の可能性

クリス・アンダーソンが物理的なストックを必要としないインターネットでの音楽配信などの新たなビジネスの可能性を提唱したロングテールの概念図がある。この図 8 では縦軸に人気度(販売量)、横軸に商品を配置し、グラフの左側の販売量が多い部分をヘッド(ヒット商品)、右側のできるニッチ的な商品群をロングテールと称した。従来はビジネス効率観点からロングテールのニッチ的な商品群は切り捨てられていたが、インターネット技術によるマッチングなどで次第に商品がヒットからニッチに移行していくことを予測している[6]。

この横軸にある商品群の種類を移動におけるお客様の様々なニーズと読み替えることは可能である。個人の移動という世界において、従来の自動車の様な大量生産品はこの図のヘッドの部分にあたり、全ニーズの相当部分をカバーしていることが理解できる。しかし問題は従来の大量生産製品で切り捨てられていたロングテール部分のニッチなニーズである。おそらく「超小型モビリティ」という領域自体のニーズが、このロングテール部分の一部を構成している。しかし現在各社が提案している単一形態での車体デザインの機能ではこの「超小型モビリティ」のニッチなニーズのごく一部しか解決できていないのではないだろうか。この観点から今回の提案のような 3D プリントによる個別デザイン、個別生産による機能変更や追加が可能なることによって、この切り捨てられていたロングテール部分の様々なニッチなニーズに対応して

個別専用対応ができる可能性が大きい。

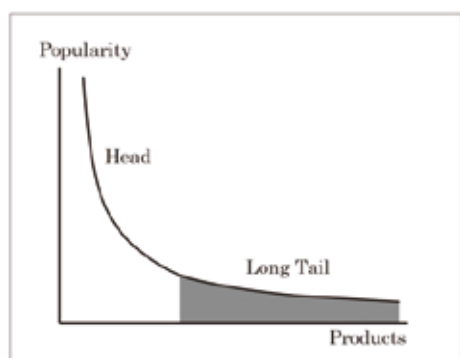


図 8: ロングテール概念図

前述のように「超小型モビリティ」領域はその普及が期待されているものの、現状においてはやや停滞しているように見える。存在そのものの認知度の不足とハードとしての利便性・快適性への懸念がその主な理由として分析されている[2]。国土交通省は公務・業務などから観光、日常など様々な利用を想定しているが、現実にはこれらの目的が全く異なる利用を単一の車体で対応しようとしていることで、前述のニッチなニーズに対応仕切れずに、それらが結果として利便性への懸念として表出しているとも考えられる。

本来この「超小型モビリティ」は自動車などに比較して様々な使い勝手・上の制約がある。例えば高速道路を走行できなかったり二名以下の乗車定員であったり、快適性が劣ることなどである。しかしその制約があるからこそ可能となる街中で邪魔にならない親しみやすい大きさ、また扱いやすい機動性、小エネルギー消費といった利点が生まれる。

現状の利用者側の心理では、従来の自動車の持つ全てのニーズをカバーできるポテンシャルという利点は「超小型モビリティ」の制約と利点の相反する条件より理解しやすい。この点が「超小型モビリティ」の普及が足踏みする要因のひとつであると考えられる。このため利用者が、本来のある目的のために特化した移動の道具として「超小型モビリティ」を理解できたときには、この「超小型モビリティ」の利点が大きく前景化してくるであろう。

しかしこの理解のためには、様々な異なる移動目的の利用者のニーズに道具としての目的と機能がぴったりと合致している必要がある。汎用性という観点では自動車にはかなわない。現在は、利用者は「不十分な機能の自動車」として「超小型モビリティ」を理解する。機能もその外観もある目的に専用化されていることで初めて利用者は道具としての目的を理解し、かつ制約を受け入れて利点を賞賛することができるようになる。この観点から今回の提案の 3D プリンタを利用し様々なニーズに対応する専用機能を付加し、また全体のデザインをその機能にふさわしい物として個別生産できる可能性を示したことは、新たな方法で「超小型モビリティ」の発展や普及へ寄与することへの大きな可能性を示したといえる。

国土交通省の想定する「超小型モビリティ」の三つの将来像で考えてみる。国土交通省はまず業務・公務での使用を

想定している。1 人乗で後部に荷室のある今回の提案のような小口配送業務用と、例えば訪問介護などの地域の巡回業務や地方自治体の公用車など二人乗りで主に人の移動を想定した車体は、そのデザインが相当に異なることは容易に考察できる。同じ人の移動でも訪問介護用と公務用でも異なるかもしれない。この「超小型モビリティ」は従来の自動車と比較してその用途や使用地域をより限定することで、本来持ち合わせる小回りの効く機動性や小型で邪魔になりにくく駐車しやすい大きさ、使用エネルギーの少なさという美点が際立ってくる。この観点からは今回の提案のような専用目的に特化した機能を持つ専用デザインが非常に有効となる。

配送業務だけ考えても、対象の配送物に合わせた荷室形状や扉の開閉方法などのより使いやすく便利な仕様の実現ができる。巡回業務でも訪問介護や何かの修理業務などその目的に応じて必要な道具のスペースなどを専用に設計できる。今回提案のように全体の外観をブランド表現に利用することも可能となる。このような一種のオーダーメイド対応された「超小型モビリティ」が実現すれば、その普及に弾みがつく可能性は大きい。

また国土交通省が二つ目に想定する観光などの場における普及に関しても同様である。観光の場合は地域内での便利な交通手段の確保という側面は基本であるが、特にその観光地に特化したデザインを施すことによって、その観光地でその特別な「超小型モビリティ」に乗車するという自体を目的化することができる可能性がある。例えば熊本市に行って、同市の人気キャラクターであるクマモンデザインを施した「クマモンモビリティ」に乗って観光するというような事例である。またその地に特有の歴史や文化に根ざしたより物語性のある「超小型モビリティ」や、その風景にマッチし景観を損ねないデザインなども可能となる。このような体験型の提案の有力なツールとなる可能性が大きい。JR 九州の「ななつ星」「或る列車」の成功なども規模は異なるものの話題の乗り物に乗車する体験型の提案という一つの参考事例である。

また個人所有やカーシェアリングなどの日常的な利用においても同様な可能性が広がる。例えば地方における通勤手段としての軽自動車に変わる通勤専用車として普及した際には、より手軽に個人色を演出するデザインニーズなどが生まれて新たな需要やこれらのニーズに対応するカスタマイズ産業を創出する可能性もある。

このパイプフレーム構造は個別生産のプラットフォームとして大きな外観の変更が容易である。大量生産品でありかつ『あらゆる道路環境、場面で活躍』という現在の自動車に対して、この個別生産の「超小型モビリティ」で切り捨てられていたニーズに対応し、機能や利用場面や地域を限定する異なる価値創出ができれば「超小型モビリティ」普及に大きな弾みがつくと考えられる。

3.5 新たなビジネスモデルの可能性

今回の提案においてビジネス軸からの視点で興味深い点

は、まだ詳細は明確化されていないようではあるが、次の観点であろう。これまで自動車産業は、主に個人の消費者を対象として、大量生産を前提としたデザイン開発から最終商品の販売・サービスまで垂直統合的なビジネスモデルを展開してきた。その自動車産業の主要企業が「バリエブル・デザイン・プラットフォーム」という呼称でベース車両のみを提供し、デザインなどの開発業務も自由に外部がおこなうことを想定したニッチニーズ対応の個別生産へのビジネス展開も視野に入れ始めたという点である。

家電業界においては、あるメーカー(A社)が製品の内部機構を他のメーカー(B社)に提供し、そのメーカー(B社)製品としての外観を整えて製品化されるOEM生産などのB2Bビジネスは以前から通常のビジネスであった。自動車業界においても次世代技術の開発に伴う負担の軽減や開発の効率化などで様々な契約形態でのOEM製品が増加している。エンジンなどの動力源などの大型構成部品の提供から全ての外観を作り変えるOEMまで多様であるが、これらはすべて提供先においても大量生産される商品である事を前提としている。また提供されるメーカー側(B社)も消費者にもっともブランドを訴求するポイントの一つである外観のデザインなどは重要視し、自社内(B社)でデザインを開発するのが通常である。

つまり「A社の機能提供→B社による外観などの開発(B社のブランドの訴求)→消費者(C)がB社の製品として認識して購入」というプロセスである。今回提案のモデルは、もし実現するとすれば「A社(今回は本田技研工業)の機能提供→開発・製造会社B社(カブク)と消費者C(豊島屋)による専用ニーズでの開発」という消費側からの開発への直接的な参画を前提としている。例えば自分で3Dデータで構築できる消費者Dが存在したとすると、Dは自分でデザインを行いそのデータに基づく部品製造のみをB社に依頼するというような状況も容易に想像できる。もちろん専門的な部分でのアドバイスなどは多少必要かもしれないが、これはほぼ前述のクリス・アンダーソンが「メイカーズ」で言及した世界である[7]。

もちろん実際のビジネスモデルにおいてはまだコストという大きな足かせがあり実際のビジネス展開まで時間がかかる可能性は大きい。残念ながら今回のコストは公表されていないが、産業用3Dプリンタの材料費を含めた使用料も高額であることも事実である。しかしこれらはいずれ3Dプリンタが普及し、またいずれかのメーカーが本気になって取り組みれば打開できる可能性が大きい。

また今回のプロジェクトにおいて興味深い存在は(株)カブクである。2013年に設立されたまだ新しい会社であるが「ものづくりの民主化」をうたいデジタルデザイン設計とRinkakと呼ぶ3D製造の「シェアリングエコノミー型分散製造ネットワーク」を全世界30カ国に展開しているということである。特にこのRinkakにおいてはB2BとC2Cを混在させるという考え方を打ち出している。まさに現代的な最先端のものづくり

のビジネスモデルの方向性を体現している[8]。このような新しい概念の会社と自動車産業のようないわば20世紀を代表するビジネスモデル企業の組み合わせにより、鎌倉の老舗の和菓子屋である豊島屋のニーズ解決がなされた点が興味深い。おそらく3.4で述べた「超小型モビリティ」個別化での普及にはこのような「オープンイノベーション」のあり方が必須であるといえよう。

4. 「超小型モビリティ」の広がり可能性

4.1 フィルムカメラとデジタルカメラ

他の製品群で一つの具体例を考えてみたい。現在の高級デジタル一眼レフカメラは、昔の高級フィルム一眼レフカメラの形態、構成から大きく逸脱していない。もちろん様々な電子回路が組み込まれ、フィルムの代わりに映像素子が装着され、ボディ裏面には液晶画面があるなどの変化はある。しかし単純に言えば写真を撮るとい根本の技術には、アナログのフィルムへの映像の定着という技術から映像素子によるデジタル技術へと本質的に異なる技術に変化したにもかかわらず、その形態と構成に技術変化ほどの変化は少ない。

もちろんこの要因には企業側の生産性や効率の観点、また道具としての使い勝手を踏まえたレイアウトの成熟もある。主な利用対象として想定できるプロカメラマンやハイアマチュアの使い勝手の継続性の要望も強かったであろう。しかし筆者はむしろその主要な要因は利用者の方にあるのではないかと考える。おそらく従来の一見レフカメラの形態が、良い写真が撮れる高性能で高機能なカメラの形態という強い固定的な観念として、利用者の側に強く刷り込まれている。つまりこの観念から逸脱した商品は高性能カメラとしてお客様に受け入れ難いということである。この傾向はコンパクトデジタルカメラにおいても酷似していて、デジタルカメラ発売当初は様々な形態の試行があったものの、ハイエンドの商品から次第にいわば昔のカメラらしいカメラ形態にデザインが収束しつつある。

一方で現在は、最も一般に日常的に写真を撮るとい行為に使用されるのはスマートフォン等のカメラであろう。携帯電話に付加価値として装備されてからは短期間ですべての携帯電話に普及した機能である。当初はレンズの性能も低く、画素数なども少ないため写真サイズも限られ解像度も不十分であった。基本の映像性能が、いわばカメラの世界の常識からはカメラとは認め難いレベルの性能しかなかった。しかし利用者は従来カメラに期待されていた「美しい写真」「大切な思い出を記録する」「長い間保存する」といういわば「良い写真」と異なる使い道を発見してきた。例えば日常のメモやノート代わりであり、通信機能と一体化したSNSなどでの仲間との共感のツールである。画像の質という観点からは従来カメラの常識では最も大切な部分で相当に劣る性能であっても利用者がそれぞれのニッチ的な使い方を発見し、結果的に新たな写真の次元を拡大したといえる。

4.2 移動の世界への展開

この事実を移動の世界に演繹して考えれば、自動車はいわば高級一眼レフとも言える。環境問題などで様々な動力機関を中心とした革新も遂げてきた。化石燃料をエネルギーとしてきた内燃機関がハイブリット化され、さらには EV 化、FCV 化されようとしている。この変革は写真における映像技術のデジタル化と同様にも考えられる。このような移動における使用エネルギーの変換というような根本の技術は大きく変化しているにもかかわらず、例えば EV や FCV の専用車を見ても、その形態や構成は従来の化石燃料車から大きく変化していない。これは高級デジタル一眼レフのケースと全く同様の事例と考えられる。様々な技術進化や装備が追加されより快適になったものの、移動の道具として利用される場や利用者との関係性は従来の車からそれほど変化していないのである。カメラ同様に使い勝手の継続性も問題であるし、また何より利用者にとっての「良い車」、「高性能な車」の期待される形態や構成は、これまでの自動車によって培われてきた固定的な強いイメージが存在している。

UNI-CUB ウイングレット サイバーダイン



図 9: 様々なスモールモビリティ [9]

このカメラとのアナロジーをさらに仮設的に展開すると、移動においてスマートフォンのカメラに相当する領域が、今回の「超小型モビリティ」を含む歩行と自動車の間を埋める様々なスモールモビリティではないだろうか。このスモールモビリティには図 9 の本田技研工業の UNI-CUB や歩行アシスト、トヨタ自動車のウイングレット、サイバーダインのロボットスーツ HAL なども含まれるであろう。もちろん初期の携帯電話に付加価値として追加されたカメラ機能の性能は、映像を記録するという目的で技術を進化させてきたカメラ業界から見るといわば玩具のようなレベルであったと考えられる。

しかし当時のカメラは持っていなかった機能として、本体の携帯電話が常に利用者の日常や身近にある存在であり、かつ容易に通信機能との一体化できるなどの特徴があった。この特徴をうまく使うことで利用者が新しい使い方、すなわち写真との新しい関係性を発見してきた。

現在の「超小型モビリティ」も自動車という常識から見ると、高速道路が走行不可能であり乗車定員も 2 名以下に制限され、走行性能や快適性が劣るなどの自動車の世界が追求してきた性能面での低位のみが見えてしまう。しかし「自動車とは異なる使い方を目指した移動の道具」という観点で「超小型モビリティ」を見ると、未完成ながらも従来の自動車では難しい分野での大きな可能性があると考えられる。邪魔にならない親しみやすいサイズやその機動性とエネルギー消費の

少なさなどの本来持っている利点と、今回の提案のように様々な個別のニーズに対応していける機能とデザインの可塑性などである。

現在の自動車は構造的にあくまで大量生産を前提として、強固な巨大で複雑な産業構造を構築している。それは本提案のような、利用者ともに考え個々の日常的な個別の細かなニーズに対応する専用開発や個別生産を推進していくにはかなり困難なシステムとして完成している。また前述したように車体構造的にも現状のままでは難しい部分も多い。この点を考慮すると「超小型モビリティ」のような未完成な分野において、ひとつの特徴的な強みとして今回提案のような機能やデザインの可塑性、すなわち容易で手軽な専用開発や個別生産の可能性が考えられる。利用者とともに造り上がった製品は、大量製品を購入することとはまた異なる道具の世界を広げる。自動車と比較して使い方に多少の制約があっても、自動車と歩行の間を埋めるより日常的で親しみを感じられるスマートフォンのような存在、そんな移動の道具としての世界が広がる可能性を考えたい。

また本論では詳細に言及しなかったが、ゼンリンデータコムから提案された配送管理アプリに見られるようにスマートフォンとの連携を意識したアプリケーションの開発なども拡大の可能性が大きい。スマートフォンに搭載される何らかのアプリケーションの機能をさらに「超小型モビリティ」の手軽で機動的な移動によって拡張していくようなイメージである。IoT と結びついた場合の移動するセンサーとしての機能や、何かの要素を拡張していくパワーアンプのような機能を「超小型モビリティ」に期待できそうである。しかしそのためにはなるべく多くに利用者にこの「超小型モビリティ」を使用してもらい認知度を上げて、利用者が新たな発見ができるようにする必要もある。この認知度を上げさらに利用者が発見した使い方や関係性を具現化する一つのシステムへの試みとして今回の本田技研工業の提案を位置付けたい。

4.3 「大きな交通」と「小さな交通」

大野秀敏らは従来の飛行機や鉄道、高速道路などの「より遠く、早く、大量」を目指してきた「大きい交通」に対して、この「大きな交通」と「歩行」との間に「小さな交通」を介在させることで都市に新たな流れを生み出す「マルチ・モビリティ・シティ」の概念を提唱している。大野氏は前述の日本の社会構造の変化も踏まえ「歩行」<公共交通><自動車>の次に4番目の交通形態として「小さい交通」を取り上げ、その可能性を調査している。この「超小型モビリティ」もちろんその「小さな交通」の可能性の一つであろう。しかし大野氏の調査でも明らかのように法的な規制も含めて、まだ日本の都市はこれらの「小さい交通」に対しては保守的でその意義をなかなか認めていない現実もあるようだ。

一方で日本においては人口減少と高齢化、また東京圏への経済や人口の一極集中と地方の衰退などの社会構造の大きな変化が顕在化しつつある。この中で特に地方におけ

る自動車の普及に伴う公共交通機関の衰退は交通弱者やコミュニティの変貌など様々な問題を引き起こしつつある。また都市においても渋滞や環境汚染の問題から、交通先進都市といわれる欧州の都市では自動車の流入制限や自転車などの自由度を上げるマルチ・モビリティ・シティへの施策も次々に実施されている[10]。

今回テーマとして取り上げた「超小型モビリティ」やその他の様々なスモールモビリティは、ハードとしてもまだ全く完成されたものでないことも事実である。しかし前述のスマートフォンのカメラが写真の世界を広げたように、移動という世界で「超小型モビリティ」を含むこれらのスモールモビリティが、従来の自動車での移動と異なる移動の世界を広げていく可能性を秘めている。

ジョン・アーリーが述べているように現在の自動車移動のシステムは交通システムというよりもむしろ生活様式であり、社会に強固にロックインされたシステムである[11]。「超小型モビリティ」を含むスモールモビリティがアーリーのいうポスト自動車とは考えにくい、自動車とまた異なる次元での生活様式を生み出す可能性は否定できないだろう。今後の展開に注目するものである。

5 おわりに

もちろん「超小型モビリティ」は法的な環境も含め、まだ全く完成された分野とはいえない。今回の提案もコスト面を含め実際のビジネスモデルとしての成立性も明確ではない。しかし今後の大きな社会構造の変化を考えるとむしろ「超小型モビリティ」を含むスモールモビリティの領域のより積極的な推進が必要となるのではないだろうか。それは決して現在の自動車の移動システムを代替するものではなく、自動車のシステムの上にさらに新たな移動の世界を拡大していくものだろう。その観点からは、今回のような「超小型モビリティ」の可能性を広げる提案の試みはさらなる継続と発展を必要としている。この提案が単なるプロポーザルに終わらずに実際のビジネスモデルとして実現していくことを期待していきたい。

最後に、提案に関する資料提供や質問等への回答など快くご協力をいただいた本田技研工業(株)と(株)カブクの関係者の皆様に、この場を借りて心からの感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 左:i-ROAD:
http://www.toyota.co.jp/jpn/auto/toyota_design/concept_cars/concept_car_gallery_i-road.html
 中:ニューモビリティコンセプト:
<http://www.nissan-global.com/JP/ZEROEMISSION/APPROACH/NEWMOBILITYCONCEPT>
 右:MC-B 本田技研工業(株)提供
- [2] 国土交通省 超小型モビリティについて「超小型モビリティの成果と今後」
http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000043.html
- [3] 本田技研工業(株)提供
- [4] (株)カブク提供
- [5] セーレン株式会社ホームページ 事業案内:
<http://www.seiren.com/products/>
- [6] クリス・アンダーソン ロングテール 早川書房 2006.
- [7] クリス・アンダーソン メイカーズ NHK 出版 2012.
- [8] (株)カブクホームページ:<http://www.kabuku.co.jp>
- [9] 左 UNI-CUB 本田技研工業(株)提供
 中 ウイングレット
http://221616.com/car-topics/a_0000084668.html/
 右 サイバーダイン <https://www.cyberdyne.jp>
- [10] 大野秀敏、佐藤和貴子、齋藤せつな
 <小さい交通>が都市を変える マルチ・モビリティ・シティを目指して NTT 出版 2015.
- [11] ジョン・アーリー モビリティーズ 移動の社会学 作品社 2015
- [12] 西山敏樹 近未来の交通・物流と都市生活 ユニバーサルデザインとエコデザインの融合 慶應義塾大学出版会 2016/10/28
- [13] 桃田健史 未来型乗り物「超小型モビリティ」で街が変わる 宅配、観光、通勤・・・活躍は始まっている 交通新聞社 2014
- [14] 宇都宮浄人 地域再生の戦略 「交通まちづくり」というアプローチ ちくま新書 2015

バイタルデータ解析によるワークエンゲージメントの推定と その可視化装置の開発

中川 達生*・伏見 靖*・望月 銀子*・堀 貴史*
陳 亮*・井ノ上 寛人*・越水 重臣*

Work-engagement estimation by vital data analysis
and development of devices to present visually

Tatsuo Nakagawa*, Kiyoshi Fushimi*, Ginko Mochizuki*, Takashi Hori*,
Chen Liang*, Hiroto Inoue* and Shigeomi Koshimizu*

Abstract

Our research focused on work-engagement in an office environment. We investigated the correlations between vital data (heart rate, body surface temperature and three-axis acceleration measured by a wearable device) and work-engagement, and also between vital data and negative feelings. As a result, we developed an algorithm which is able to estimate work-engagement based on features extracted from the vital data. By using this result, we developed a visualization device for work-engagement named “feel light” which shows the work-engagement level by using colored lights. We also developed new team building workshops using the device. So far, talented facilitators have been necessary for team building. But, the new team building workshop we developed with the device does not require such facilitators because the device can play this role. According to the results of our experiment, the use of the “feel light” device improves the outcome of team building workshops.

Keywords: Heart rate variability, Wearable device, Vital data analysis, Stress, Work-engagement

1 はじめに

わが国では、2015年12月に、従業員数50名以上の全ての事業場にストレスチェックの実施を義務づける「労働安全衛生法の一部を改正する法律」が施行された[1]。現在、ストレスチェックは主に質問紙に基づいた自己報告および面接に基づいて実施されているが、将来的には、生体情報をモニタリングして状態を推定するなど、より定量的かつ自動的にストレス反応を評価できるシステムの開発が望まれる。

生体情報（バイタルデータ）に基づいてストレス反応を評価している先行研究では、唾液中コルチゾール、脳波、心拍変動などに着目しており、これまでに一定の成果を挙げている[2-5]。しかし、先行研究では、ストレスの推定が可能な作業の種類については十分明らかにされていないのが現状である。例えば、指示の通りに繰り返し作業に従事するよりも、創造性や遊び、適度な自由度があった方が、作業者によってはその行為に没頭しやすく、ストレスを感じないと考えられる。この可能性は、

ストレスを推定しやすい作業と、そうでない作業があることを示唆する。また、生体情報をモニタリングする手段としてはウェアラブルデバイスの応用などが考えられるが、この場合、データの記録や計算処理にかかる負荷が小さいシステムであることが望まれる。前述した一部の先行研究[3-5]では、心臓の拍動間隔を表すR-R間隔（RRI: R wave-to-R wave interval）およびその周波数解析結果に基づいたパラメータに着目しているが、もし作業内容によっては少ないパラメータと計算量でストレスの推定が可能であれば、ウェアラブルヘルスマモニタリングに適したシステムの開発に役立つ。これらの背景から、著者は、作業内容に応じた心拍変動の特徴分析を進めている[6]。

一方、最近ではワークエンゲージメントという概念が注目され始めている。ワークエンゲージメントとは「仕事に誇り（やりがい）を感じ、熱心に取り組み、仕事から活力を得て活き活きしている状態」を指す[7]。ワークエンゲージメントは仕事のパフォーマンスとの相関性があるとの研究が進んでおり、今後企業でのニーズが高まる

指標と考えられる。筆者らの企業で勤めた経験からも、企業におけるパフォーマンスの向上は重要な課題であると考えられる。しかしながら、ワークエンゲージメントについてはこれまで質問紙による調査が一般的であり、生体データとの関係性を調べた研究は少ない。

さらに、昨今のウェアラブルデバイスの活用は、センサにより計測したデータを個人にフィードバックするサービスが主流である。データの活用方法として、個人だけに限らず集団に対してフィードバックするような研究事例やサービスが乏しい。

そこで本研究では、ウェアラブルデバイスを用いて各種作業を行っている被験者の生体情報を取得し、その特徴量からワークエンゲージメントを推定するアルゴリズムを開発することを目的とする。なお、推定するワークエンゲージメントの値は、実験後に行われる質問紙による調査結果より決定する。ウェアラブルデバイスで計測できるのは、心拍、体動（加速度）、体表温度であり、これらの特徴量からワークエンゲージメントの値を推定することになる。

さらに、オフィス環境を想定し、推定されたワークエンゲージメントを表示するライト（照明装置）を試作し、集団へのフィードバックを試みる。すなわち、ライトの色で、集団へのワークエンゲージメントの状態をフィードバックすることにより、集団内での自律的変容が促され、パフォーマンスの向上につながると考え、その実証実験に取り組む。

2 卓上作業におけるバイタルデータと心理計測

まず、作業中の環境におけるワークエンゲージメントやストレスを感じている感情を、バイタルデータから推定するというアルゴリズム開発に取り組んだ。

被験者は、21～24歳の男女18名とし、図1に示した4種類の作業に取り組んでもらった。作業Aは、4種類の作業のうち最も創造性を必要とする内容と位置づけ、TED Talk に紹介されているマシュマロチャレンジ[8]を参考にした課題とした。具体的には、限られた量の棒状の pasta とビニールテープを用いて、制限時間内に可能な限り高い塔を作成し、その頂上にマシュマロを設置する作業とした。作業B～Dは単純な繰り返し作業と位置づけ、作業Bは、棒状の pasta 3本を扇糸で結び付けた三角形の構造物を時間の限り作り続ける結線作業とした。作業Bは、器用な手先が必要な点で作業Aと共通する。作業Cは、3桁の足し算を時間の限り解き続ける計算作業とした。作業Dは、100個の文字から一つだけ異なるものを見つけ出す間違い探しの問題を、時間の限り解き続ける作業とした。

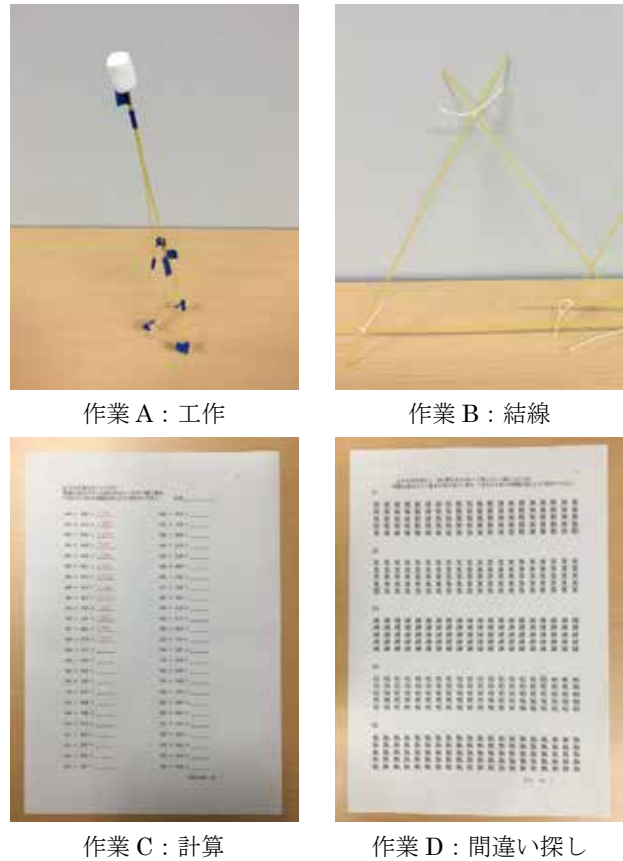


図1: 実験された4種類の作業内容

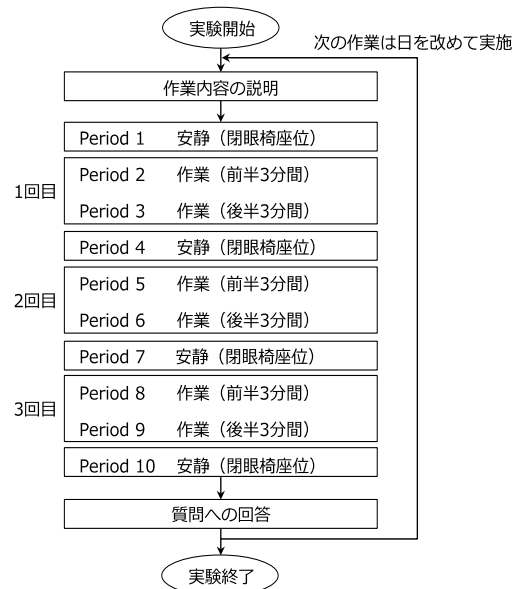


図2: 実験全体の流れ

実験は、同じ作業を1日に3回、日を変えて4種類全ての作業に取り組む形式とした。実験は静かな室内で行い、個々人の作業環境はパーティションで区切ることで、他者の作業が見えないようにした。作業にあたっては、ウェアラブル心拍計 myBeat (WHS-1, ユニオンツール)

を胸部に装着させた後に、当日に実施する作業内容を説明し、はじめに3分間の閉眼椅子安静状態を取ってもらった(Period 1)。その後は、続けて作業と安静状態を交互に繰り返す流れとした。作業時間は各回6分間とし、後半の3分間は、計時員が「残り3分です」、「残り2分です」、「残り1分です」と残り時間を数えた。なお、4種類の作業に取り組む順序は、被験者毎に無作為に入れ替えた。実験全体の流れを図2に示す。

各回の作業中に感じた印象は、自己報告型の質問紙を通じて、その日の実験終了後にまとめて回答を得た。質問の形式は以下のように三つで一組とした。

- 1回目に「ストレスだ」と感じた。
- 2回目に「ストレスだ」と感じた。
- 3回目に「ストレスだ」と感じた。

括弧内の語彙は、「ストレスだ」のほかに、「疲労」や「飽き」などの11項目を設けた。詳細を図3に示す。質問紙の設問11項目について因子分析をしたところ3因子に分類できた。特に、その中でも「楽しいと感じた」「集中できたと感じた」「得意だと感じた」「思い通りに出来たと感じた」という設問に共通する因子については、ワークエンゲージメントに相当すると考えた。「飽きを感じた」「途中で投げ出したいと感じた」「ストレスだと感じた」「退屈だと感じた」「疲労を感じた」という設問も共通の因子が潜むと考えられ、これらをネガティブ感情という因子とした。「緊張した」「焦りを感じた」という設問も共通の因子が考えられるが、本研究では特定の因子の考察を行わなかった。

質問紙は、語彙の順序を無作為に入れ替えて印刷した。回答の形式は、図4のように「5. とてもそう思う」、「4. そう思う」、「3. 少しそう思う」、「2. ほんの少しそう思う」、「1. そう思わない」の5段階とした。

1 緊張した	
2 「飽き」を感じた	ネガティブ感情
3 「楽しい」と感じた	
4 「集中できた」と感じた	
5 「得意だ」と感じた	エンゲージメント
6 「思い通りに出来たと感じた	
7 「途中で投げ出したい」と感じた	ネガティブ感情
8 「ストレスだ」と感じた	
9 「焦り」を感じた	
10 「退屈だ」と感じた	ネガティブ感情
11 「疲労」を感じた	

図3: 質問項目と因子分析による分類

1	2	3	4	5
そう思わない	ほんの少し そう思う	少し そう思う	そう思う	とても そう思う

図4: 質問紙の回答の選択肢

3 ワークエンゲージメントの推定

作業時における、ある作業者の心拍間隔 RRI の時系列変化を図5に示す。作業前に1回目の安静状態を取った Period 1とし、図5における左端の安静状態がそれに当たる。本図に示す通り、RRIがPeriod1の安静状態に比べるとタスクが始まると低下することがわかる。その後、2回目の安静状態ではRRIは、Period1と同程度に回復する。またタスクが始まるとRRIは低下し、同様に安静状態では回復する。

作業前に安静状態を取った Period 1における心拍数の中央値と、作業中の各 Period における中央値の差分を被験者毎に求め、その値と主観評価値との相関を分析した。主観評価値については、ワークエンゲージメントの値は「楽しいと感じた」「集中できたと感じた」「得意だと感じた」「思い通りに出来たと感じた」という設問の5段階の回答の総和の値をワークエンゲージメント値とした。ネガティブ感情の値は、「飽きを感じた」「途中で投げ出したいと感じた」「ストレスだと感じた」「退屈だと感じた」「疲労を感じた」という設問の5段階の回答の総和の値をネガティブ感情値とした。

これらの主観評価値を、ウェアラブル心拍計 myBeat で計測した RRI や体表温度、3軸加速度などの生体情報の特徴量から推定するというアルゴリズムを作成した。アルゴリズムの作成は、主観評価値を目的変数とし、生体情報の物理量から導出した中央値や標準偏差などの代表値を目的変数とする重回帰分析を用いた。結果、図6に示す通りのモデリングが出来た。

このモデリングを用いて、アルゴリズムによる推定値(横軸)と、作業 A(マシュマロチャレンジ)におけるワークエンゲージメントの実績値(縦軸)の相関性を確認した結果を図7に示す。相関係数が0.62となった。同様に、作業 C(計算作業)とネガティブ感情については相関係数で0.86となった。その結果を図8に示す。

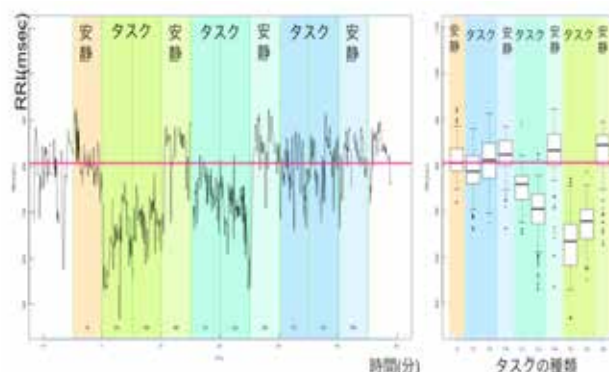


図5: ある被験者の作業中の RRI の変化

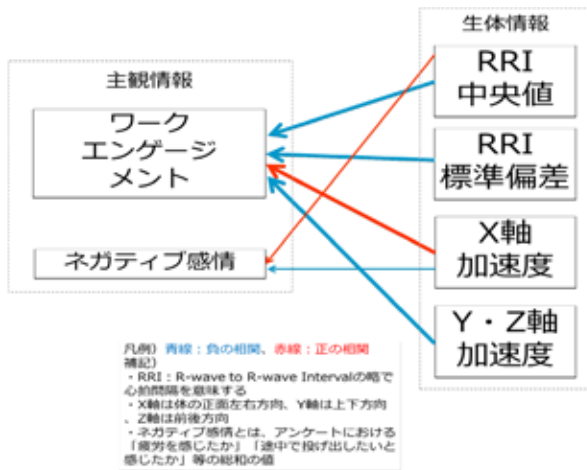


図 6: 生体データから算出した特徴量とワークエンゲージメント及びネガティブ感情の関係性のモデリング

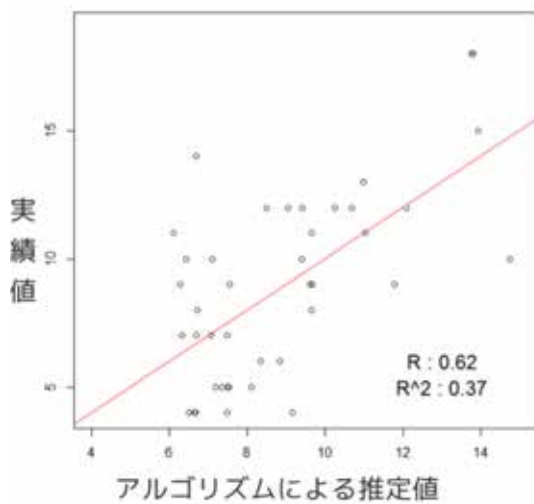


図 7: マシュマロチャレンジにおけるワークエンゲージメントの推定値と実績値の相関図

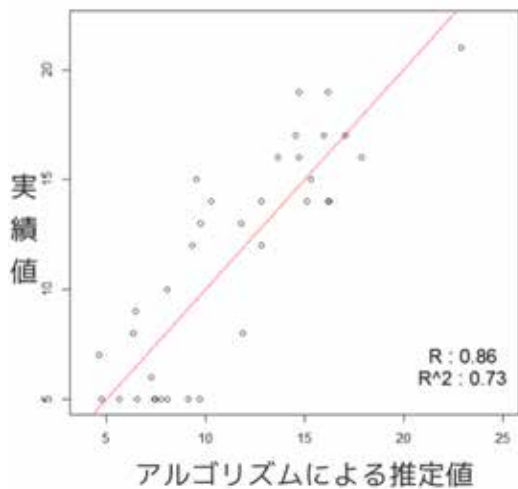


図 8: 計算作業におけるワークエンゲージメントの推定値と実績値の相関図

4 ワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」の開発

開発したワークエンゲージメントを定量化するアルゴリズムを用いて、バイタルデータに応じて光るライトの開発に取り組んだ。構造としては、入力には市販のパルスセンサを用いて、指先から脈拍データを計測した。脈拍データは心拍データと高い相関係数を示すため、本研究では脈拍データを心拍データに代用できるとした。計測した脈拍データを Arduino に送り、Arduino には脈拍データを説明変数としてワークエンゲージメントの主観評価値を計算するアルゴリズムを組み込んだ。計算されたワークエンゲージメントに応じて、Arduino に接続された LED ライトの色を変色させる仕組みとした。ワークエンゲージメント値が低い時に赤、中間では緑、高い時に青とした。全体構成のイメージを図 9 に示す。

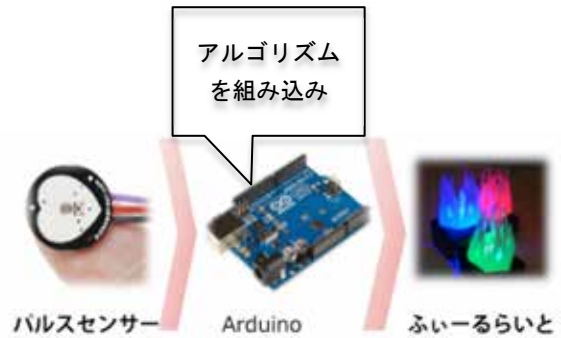


図 9: ワークエンゲージメント可視化装置の構成

試作したライトは集団に対して利用するため、本研究では 3 名用として、図 10 のように 3 つのライトで 1 セットとした。ライトの造形について、ワークエンゲージメントに応じて光る設計としているため、何かに熱中して取組んでいる状態を示すように心の炎をイメージした。尚、本装置の名称は「ふいーるらいと」とした。



図 10: ワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」

また、本研究のテーマとして、ウェアラブルデバイスの市

場における現在のサービスが個人へのフィードバックが中心であることから、図 11 の通り、組織やチームなど集団へのフィードバックをテーマとしている。よって、このワークエンゲージメント可視化装置による情報は集団にフィードバックすることを目的としている。フィードバック方法の詳細は後述するが、本研究でのサービス開発はワークエンゲージメント可視化装置を集団で取り囲んで作業を行う方針とした。集団で光を取り囲む形があたかもキャンプファイヤのように見えることから、ライトの造形も炎の形状をモチーフにデザインした。



図 11: 生体データを集団にフィードバックするモデル

5 ワークエンゲージメント可視化装置の集団へのフィードバックサービス

本研究では、ワークエンゲージメント可視化装置の集団へのフィードバックの活用方法として、チームビルディングワークショップを考案した。従来のチームビルディングワークショップでは、ファシリテーターが必要であった。ファシリテーターによる継続的なフォローにより徐々に集団のアイスブレイクができ、親密度が高まってきた。しかし、従来型はファシリテーターのスキルに大きく依存し、また常時フォローしなければならないという問題点があった。これらをワークエンゲージメント可視化装置により支援できるのではないかと仮説を立てた。

ワークエンゲージメント可視化装置の効果として、複数人でワークショップを行う際に、図 12 のように全員のワークエンゲージメントがわかるという点が挙げられる。全員のワークエンゲージメントがわかると、その集団に属する人間同士で自然な声の掛け合いなど、自発的なコミュニケーションが発生し、自発的な変容が促されると考えた。これにより、チームビルディングの切っ掛けになり、またファシリテーターがおらずともチーム内のコミュニケーションの加速が期待できる。

そして、このように集団内部で自発的なコミュニケーションが加速すると、周囲からの声の掛け合いや支援により個人のワークエンゲージメントが向上すると考えられる。



図 12: 「ふいーるらいと」の設置イメージ

個人のワークエンゲージメントが向上すると生産性の向上が見込まれ、それにより自己効力感、幸福感が高まると考える。それによりまた個人のワークエンゲージメントが向上すると考えられ、個人のワークエンゲージメントの向上を起点に個人において良いサイクルが回ると期待される。一方、集団に対しても良いサイクルが発生すると考える。個人のワークエンゲージメントの向上によりチームのワークエンゲージメントが向上する。すると、チームのワークエンゲージメント向上により個人によるチームへの支援が活性化されると考える。その結果、周囲からの支援により、また個人のワークエンゲージメントが向上すると期待できる。以上の好循環により、最終的にはチーム全体の生産性が向上できると考える。すなわち、このサイクルの中で、ワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」は、チームのワークエンゲージメントを可視化する役割を担う。従来は見る事が出来なかったチームのワークエンゲージメントが可視化されることにより、ワークエンゲージメントが下がってきた場合には自然発生的なコミュニケーションが発生し、支援活動が加速することが期待できる。以上の好循環サイクル及びワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」の位置付けを因果ループ図にまとめる(図 13)。

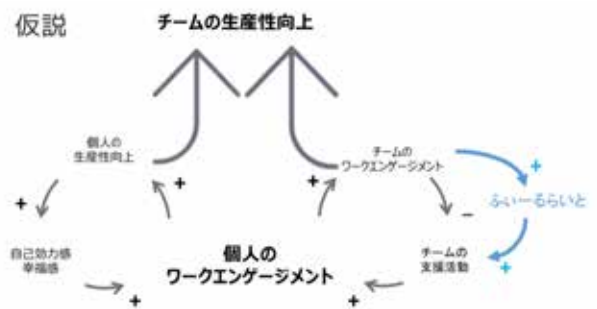


図 13: ワークエンゲージメントと個人、集団の関係および「ふいーるらいと」の位置付けを示す因果ループ図

この仮説の有効性について、図 14 に示す簡易実験で検証した。簡易実験ではマシュマロチャレンジのタスクを集団で行うこととした。3名の被験者が共同でマシュマロチャレンジを行い、ワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」がある時と無い時で結果の差異を確認した。ふいーるらいとの有無に分けて、それぞれ2回ずつ計4回の簡易実験を実施し、高さの平均がふいーるらいとがある時は 34.0cm、無い時は 25.5cm であった。被験者にインタビューをしたところ、「ふいーるらいとがあることにより他の被験者が退屈していたり、やるべきことがわからなかったりしないか等の気遣いが発生し、自然なコミュニケーションが生まれ、作業の分担が効率的に出来たとの感想を持った」とのことであった。本簡易実験の結果をもって実サービスの検討を行った。

次に、マシュマロチャレンジは道具が多く必要であるなどの問題点があることから、より容易に取り組めるチームビルディングワークショップ用のゲームを考案する必要があった。検討した結果、具体的なチームビルディングの内容として、パズルゲームを考案した。このゲームでは、ある形状の板を10枚程度に分割し、チームに元の形状を知らせないまま分割後の板を配布する。チームは、その分割後の板を組み合わせながら元の形状を探るというゲーム型のワークショップである。このワークショップの最中にチームの真ん中にワークエンゲージメント可視化装置を置き、チーム全員の視界に入るようにした。その状況を図 15 に示す。これにより、チーム全員がワークエンゲージメントを意識した活動が促されると考えた。



図 14: 「ふいーるらいと」の効果検証実験の様子



図 15: 「ふいーるらいと」を用いたチームビルディングワークショップの様子

6 おわりに

本研究では、オフィス環境を対象にワークエンゲージメントに着目した研究を行った。実験では、ウェアラブルデバイスを用いて心拍数、体表温度、3軸加速度とワークエンゲージメント及びネガティブ感情との相関性を調査した。その結果、生体情報データから抽出した特徴量からワークエンゲージメントを推定するアルゴリズムの開発を行った。そのアルゴリズムを Arduino に組み込んだライトの開発にも取り組んだ。ワークエンゲージメントに応じて LED ライトを変色させる設計とし、心の炎やキャンプファイヤをイメージして炎の造形とした。さらに、このワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」を集団にフィードバックする仕組みについても検討した。集団のワークエンゲージメントを可視化することにより生産性が向上するという仮説を構築し、この実証実験を行った。簡易的な実証実験としてマシュマロチャレンジを行い、3名のチームにおいてワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」がある方が良い結果が得られた。これによりワークエンゲージメント可視化装置「ふいーるらいと」が有効であるという可能性を示すことが出来た。さらに、より手軽かつ効果的にチームビルディングを体験できるワークショップを検討し、パズル作成ゲーム型のワークショップを考案した。

最後に、本報告は産業技術大学院大学創造技術専攻の PBL (Project Based Learning) 型の学修において、平成 27 年度に行われたプロジェクトの成果を取りまとめたものであり、本報告の一部は、電子情報通信学会の研究会 [9] および国際会議 Human-Computer Interaction International 2017 [10] にて発表した。

謝辞

実験にご協力いただきました、東京電気大学 鉄谷研究室の皆様、産業技術大学院大学の学生の皆様に感謝申し上げます。また、PBL 外部レビューアーとしてご指導をいただきました、産業技術大学院大学修了生 小杉晋央氏に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 厚生労働省、労働安全衛生法の一部を改正する法律 (平成 26 年法律第 82 号), <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11200000-Roudoukijunkyouku/0000049215.pdf>
- [2] 井澤修平, 城月健太郎, 菅谷渚, 小川奈美子, 鈴木克彦, 野村忍, “唾液を用いたストレス評価: 採取及び測定手順と各唾液中物質の特徴,” 日本補完代替医療学会誌, vol.4, no.3, pp.91-101, Oct.2007.
- [3] 大須賀美恵子, 寺下裕美, 下野大海, 戸田真美子, “ストレス反応の定量的評価法,” 人間工学, vol.29, no.6, pp.353-356, 1993.
- [4] 高津浩彰, 宗像光男, 小関修, 横山清子, 渡辺與作, 高田和之, “心拍変動による精神的ストレスの評価についての検討,” 電学論 C, vol.120-C, no.1, pp.104-

- 110, 2000.
- [5] 高田晴子, 高田幹夫, 金山愛, “心拍変動周波数解析の LF 成分・HF 成分と心拍変動係数の意義: 加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価,” 総合健診, vol.32, no.6, pp.504-512, 2005.
 - [6] 大原俊太, 中川達生, 井ノ上寛人, 越水重臣, 鉄谷信二, “作業内容に応じた心拍変動の特徴分類に関する研究,” 第 11 回日本感性工学会春季大会予稿集, G13-4, Mar.2016.
 - [7] アーノルド・B・バッカー, マイケル・P・ライター, ワーク・エンゲージメント, 星和書店 (2014)
 - [8] T. Wujec, http://marshmallowchallenge.com/TED_Talk_files/TED2010_Tom_Wujec_Marshmallow_Challenge_Web_Version.pdf
 - [9] 中川 達生, 井ノ上 寛人, 大原 俊太, 鉄谷 信二, 越水 重臣, “卓上での作業中における心理および生体反応の特徴分析 -作業内容に応じた反応の違いに関する一考察-” 信学技報, vol. 116, no. 37, IE2016-8, pp. 37-41, May. 2016.
 - [10] Tatsuo Nakagawa, Hiroto Inoue, and Shigeomi Koshimizu, “A Fundamental Study on Differences in Heart Rates During Creative Work and Non-creative Work”, HCII2016, LNCS9745, pp568-575, Jul. 2016.

紀要編集委員会

編集委員長	池本浩幸	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 教授
	嶋津恵子	産業技術大学院大学産業技術研究科 情報アーキテクチャ専攻 教授
	内山純	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 准教授
	柴田淳司	産業技術大学院大学産業技術研究科 情報アーキテクチャ専攻 助教
	Innella Giovanni	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 助教

2016年度 産業技術大学院大学紀要

登録 28 (19)

2017年1月 発行

編集・発行 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)7834

URL <http://aiit.ac.jp/>
