

産業技術大学院大学

紀 要

Bulletin of
Advanced Institute of Industrial Technology

第 12 号

2019 年 1 月

産業技術大学院大学

目 次

論 文

展開形ゲームによる青色発光ダイオード特許権争いに関する理論的分析……	都 築 治 彦 三 好 祐 輔 板 倉 宏 昭	1
Touch the sound picnic; 音-触感変換デバイスを用いた 「音に触れる」ワークショップ ……………	金 箱 淳 一 南 澤 孝 太	11
機械学習を利用した脳卒中の簡易判別システムの開発……………	大 橋 博 明 青 木 満 徐 向 陽 重 田 恵 吾 米 盛 輝 武 松 本 省 二 小 山 裕 司	21
第3新近代論—金融オーナーシップ型発展戦略の文明的背景……………	前 田 充 浩	27
マイナンバー制度における地方自治体の特定個人情報保護評価書の分析……	慎 祥 揆 佐々木 真由美 阪 本 圭 瀬 戸 洋 一	43
公共建築の発注に関する一考察 —生産物に関する基礎的理論からみる課題の抽出に関する試考—……………	吉 田 敏	51
韓国の公共機関への個人情報保護管理水準評価調査……………	慎 祥 揆 瀬 戸 洋 一	57
エコシステムで構成するサイバー攻撃と 防御演習システム CyExec の提案……………	瀬 戸 洋 一 中 田 亮太郎 豊 田 真 一 長谷川 久 美 慎 祥 揆	63
ISO/IEC 29134:2017 適合のプライバシー影響評価マニュアルの開発……	瀬 戸 洋 一 長谷川 久 美 中 田 亮太郎	69

対話的な洗面台のデザインと生活習慣の改善への応用	飛田博章 毎田定弘 江口佳紀 寺田佳代子	77
ウェブデータ分析による飲食店提案サービス” OAISSO” における コンテンツ解析とその評価	中野美由紀 大野隼一 神原嘉人 五藤大介 杉中宏亮 須田真彦 曾根啓佑	83
身体性のあるロボットのアクティブセンシングへの適用 「かしら」ロボットを拡張した浄瑠璃ロボの実現	成田雅彦	89
高等教育における専門職人材育成モデル	松尾徳朗 越水重臣 佐々木信夫 川田誠一 Habibah Norehan Haron Zainai Bin Mohamed Ade Sjafruddin Biemo Soemardi Raymund Sison Muhammad Saifullah Bin Abu Bakar Juliana Haji Zaini	97
室内における二酸化炭素濃度の分析と音楽を用いた呼吸誘導	渡邊紀文 守谷元一 宮本賢良 糸田孝太 今仁順也	101
社会人大学院志向者の将来や仕事に関する価値観の特徴	三好きよみ 川崎知己 南裕子	107
総説 ラーニングアナリティクスと情報の可視化	大崎理乃	113
Use of QZSS for the acute period of disaster mitigation	Keiko Shimazu	119

研究速報

日常の中で心にくすぐる環境のデザイン

— 物理的な動きによるユーザーへの働きかけ —……………	上 林 昭 三 沢 一 浩 楊 琬 琳 國 澤 好 衛 池 本 浩 幸 Giovanni Innella	127
ICT を活用した急性期脳梗塞治療の教育及び実績評価……………	小 山 裕 司 松 本 省 二 米 盛 輝 武 重 田 恵 吾 青 木 満 大 橋 博 明 徐 向 陽 吉 良 潤 一	137
互いに察しあう低解像度コミュニケーションを実現するデバイスの 試作と評価……………	井 口 昇 小 板 橋 徹 趙 宇 池 本 浩 幸	143
音声対話に関する研究調査と音声対話システム構築の経過報告……………	柴 田 淳 司	149
Paradoxes in Design Thinking……………	Paul A. Rodgers Giovanni Innella Craig Bremner	153
アジャイル開発技術者育成教育における評価方法と 修士課程カリキュラムへの導入……………	中 鉢 欣 秀	163
「パートナーロボット」の開発研究 — 人々のコミュニケーションを媒介するロボット —……………	岡 野 恵 実 周 元 小 川 太 輔 神 田 雅 泰 平 社 和 也 土 屋 陽 介 近 藤 嘉 男 内 山 純	171
郊外都市におけるラストワンマイル・モビリティのデザイン提案……………	岸 本 悠 希 劉 鴻 翔 師 帥 海老澤 伸 樹	177

サービスデザインの実践：

生鮮食料品スーパーにおけるスマートショッピングの提案……………	積田佑介 小野敬士 劉瀾 大久保友幸 越水重臣	187
---------------------------------	-------------------------------------	-----

ものづくり活動におけるサービス論の考察……………	橋本洋志 陳俊甫	195
--------------------------	-------------	-----

Society 5.0 時代における

中小企業群の生産性改善に向けた今後の課題と展望……………	小峰賢太 齋藤美紀 中藤愛子 佐々木一晋 林久志	201
------------------------------	--------------------------------------	-----

深層学習による人体姿勢推定公開ソフトを用いた応用分野開発

— 2017 年度 村越 PT の活動およびその先の展開 — ……………	角田善彦 中井真人 孫財東 網代剛 林久志 村越英樹	209
--------------------------------------	---	-----

CONTENTS

Regular Papers

Theoretical Analysis on Blue Light-emitting Diode Patent Disputes by Extensive Form Game	Haruhiko Tsuzuki Yusuke Miyoshi Hiroaki Itakura	1
Touch the sound picnic; “sound feeling” workshop using sensory substitution device	Junichi Kanebako Kouta Minamizawa	11
Development of a Handy Stroke Discrimination System using Machine Learning	Hiroaki Ohashi Michiru Aoki Xiangyang Xu Keigo Shigeta Terutaka Yonemori Shoji Matsumoto Hiroshi Koyama	21
The Model of the Third Modernization : the Historical Background of the Financial Ownership Developing Economies	Mitsuhiro Maeda	27
Analysis for Specific Personal Information Protection Assessment documents in the Social Security and Tax Number System of Local Government ..	Sanggyu Shin Mayumi Sasaki Kei Sakamoto Yoichi Seto	43
A Study of Public Building Order — Abstraction of Issues from the Viewpoint of Fundamental Theories of Artifacts—	Satoshi Yoshida	51
Private information protection management level evaluation survey for public institutions in South Korea	Sanggyu Shin Yoichi Seto	57
Proposal of Cyber attack and defense Exercise system CyExec composed of ecosystem	Yoichi Seto Ryotaro Nakata Shinichi Toyoda Kumi Hasegawa Sanggyu Shin	63

Development of Privacy Impact Assessment procedure manual conforming to ISO / IEC 29134:2017	Yoichi Seto Kumi Hasegawa Ryotaro Nakata	69
Interactive Sink to Detect Living Habits for Healthcare and Quality of Life	Hiroaki Tobita Yasuhiro Maida Yoshiki Eguchi Kayoko Terada	77
Content Analysis and its Evaluation of Restaurant Recommendation Service “OAISO” based on Web Data Analysis	Miyuki Nakano Junichi Ohno Yoshito Kamihara Daisuke Goto Hiroaki Suginaka Masahiko Suda Keisuke Sone	83
Enhancement on the Physical Properties of Signage Robots	Masahiko Narita	89
Professional Human Resource Development Model in Higher Education	Tokuro Matsuo Shigeomi Koshimizu Nobuo Sasaki Seiichi Kawata Habibah Norehan Haron Zainai Bin Mohamed Ade Sjafruddin Biemo Soemardi Raymund Sison Muhammad Saifullah Bin Abu Bakar Juliana Haji Zaini	97
Analysis of Indoor CO2 Concentration and Respiration Induction by Music Control	Norifumi Watanabe Motokazu Moritani Kensuke Miyamoto Kota Itoda Junya Imani	101
Characteristics of the Values of the Future and Work of Persons Interested in becoming Adult Graduate Studies	Kiyomi Miyoshi Tomoki Kawasaki Yuko Minami	107
Review Papers		
Learning Analytics and Visualization	Ayano Ohsaki	113

Use of QZSS for the acute period of disaster mitigation ·····	Keiko Shimazu	119
Short Notes		
Design of the environment that tickles the mind in everyday life		
– Tickle the user's mind by physical movement – ·····	Kambayashi Akira Misawa Kazuhiro Yang Wanlin Kunisawa Yoshiei Ikemoto Hiroyuki Giovanni Innella	127
An ICT Trial of Evaluation and Education for Acute Stroke Care ·····	Hiroshi Koyama Shoji Matsumoto Terutake Yonemori Keigo Shigeta Michiru Aoki Hiroaki Ohashi Xiangyang Xu Jun-ichi Kira	137
Development and evaluation of IoT device for low resolutional "Sasshi" communication ·····	Noboru Iguchi Tetsu Koitabashi Zhao Yu Hiroyuki Ikemoto	143
Introduction of Dialogue System Research and Its Progress Report ···	Atsushi Shibata	149
Paradoxes in Design Thinking ·····	Paul A. Rodgers Giovanni Innella Craig Bremner	153
Evaluation in Agile Development Engineer Education and Implementation in Master Course Curriculum ·····	Yoshihide Chubachi	163
Design Development of the partner robot coexisting with humans		
– A robot that mediates people's communication – ·····	Okano Megumi Yuan Zhou Tasuke Ogawa Kanda Masahiro Kazunari Hirakoso Yosuke Tsuchiya Yoshio Kondo Jun Uchiyama	171

Design Proposal of last one mile mobility in suburban cities of Tokyo · ·	Yuki Kishimoto Hongxiang Liu Shuai Shi Nobuki Ebisawa	177
Service Design in practice: Proposal of Smart-Shopping in Fresh Food Supermarket · · · · ·	Yusuke Tsumita Keiji Ono Lan Liu Tomoyuki Ohkubo Shigeomi Koshimizu	187
A Consideration on Serviceology in Monozukuri Field · · · · ·	Hiroshi Hashimoto Junfu Chen	195
Improving productivity of SMEs in the era of Society 5.0 · · · · ·	Kenta Komine Miki Saito Aiko Nakato Isshin Sasaki Hisashi Hayashi	201
Application Development with Open-to-Research-Use Deep Learning featured Human Posture Detection Software — MURAKOSHI Project Team 2017 activities and beyond — · · · · ·	Yoshihiko Tsunoda Masato Nakai Caidong Sun Tsuyoshi Aziro Hisashi Hayashi Hideki Murakoshi	209

展開形ゲームによる青色発光ダイオード特許権争いに関する理論的分析

都築治彦*・三好祐輔**・板倉宏昭***

Theoretical Analysis on Blue Light-emitting Diode Patent Disputes by Extensive Form Game

Haruhiko Tsuzuki, Yusuke Miyoshi, and Hiroaki Itakura

Abstract

In this paper, we describe a case study on business as an application of game theory. First, we look back on the development of game theory. In particular with regards to extensive form games, we further describe a series of fundamental theories starting from their definition. Finally, we succeed in explaining the strategy accepted by Shuji Nakamura, Ph.D. who fought for patent right litigation against Nichia Corporation in 2001 by using game theory.

Keywords: game theory, extensive form, market entry model, management strategy, patent right

1. はじめに

サイモンは、完全合理的な人間である「経済人」(Economic Man)に対し、経営人(Administrative Man)という概念を定義している。人間は可能な限り合理的な意思決定をおこなおうとするが、その合理性は制限される。「経営人は「限定された合理性」(Bounded Rationality)をもつ人間として定義される。ただし、経済学の中でたとえば、マサチューセッツ工科大学のベント・ホルムストロムの契約理論がノーベル経済学賞を2016年に受賞、2017年にはシカゴ大学のリチャード・セイラーが行動経済学の貢献によってノーベル経済学賞を受賞する、など情報の不確実性を前提とした修正が評価を得ている。新古典派経済学で意思決定に無関係であるはずだが現実には人間の意思決定に影響を及ぼす要因をSIP(Supported Irrelevant Factors)とよぶ。SIPの例としてデフォルト・バイアスがある。またSIPの選択フォームを利用して人々の選択を良い方向に誘導することをナッジ(nudge)とよぶ。ナッジの例としてジェネリック医薬品の利用や確定拠出年金401kの昇給と連動した積立率自動アップによる貯蓄率向上など政策に反映させる試みが進んでいる(板倉,2017)。

特に近年、ゲーム理論の経済学における貢献が高く評価されつつある。1994年にゲーム理論の理論的基礎を築いた

として、ジョン・フォーブス・ナッシュ・ジュニア(John Forbes Nash, Jr.)、ラインハルト・ゼルテン(Reinhard Selten)、ジョン・チャールズ・ハーサニ(John Charles Harsanyi)の3名がノーベル経済学賞を受賞したのに続き、1996年には、情報の非対称性の下でのインセンティブ理論での貢献によりウィリアム・スペンサー・ヴィックリー(William Spencer Vickrey)とジェームズ・アレキサンダー・マーリース(James Alexander Mirrlees)の2名、2005年には、経済学へのゲーム理論的応用研究が評価され、ロバート・ジョン・オーマン(Robert John Aumann)とトーマス・クロンビー・シェリング(Thomas Crombie Schelling)の2名が同賞を受賞している。さらに、2007年に、メカニズムデザインの理論の基礎を確立した功績を称えて、レオニード・ハーヴィッツ(Leonid Hurwicz)、エリック・マスキン(Eric S. Maskin)、ロジャー・マイヤーズン(Roger B. Myerson)が受賞している。その後、ゲーム理論の研究者の受賞が続き、2009年に公共財理論への貢献によりエリノア・オストロム(Elinor Ostrom)、2012年にマッチング理論により、アルビン・ロス(Alvin E. Roth)とロイド・シャープレイ(Lloyd S. Shapley)、2014年には産業組織論での貢献によりジャン・マルセル・ティロー(Jean-Marcel Tirole)、2016年に契約理論・プリンシパルエージェント理論による貢献によってベント・ホルムストロム(Bengt Holmström)とオリバー・ハート(Oliver Hart)がノ

Received on September 14, 2018

*佐賀大学経済学部, The Faculty of Economics, Saga University

**香川大学大学院地域マネジメント研究科, Graduate School of Management, Kagawa University

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

ーベル経済学賞を受賞している。

ゲーム理論家が近年のノーベル経済学賞を続けて受賞しているのは、ゲーム理論の経済学への貢献が大きく評価されるようになったからに他ならない。つまり、通常のゲーム理論であれば、あるゲームが与えられたとき(あるいは、ある状況があるゲームとして表されたとき)、プレイヤーが合理的に行動すれば、どのような結果(均衡)が生まれるのかを分析するものである。

2. ゲーム理論の発展

ゲーム理論の端緒となる理論が登場したのは、1920年代のことである。ハイネ・ポレルの被覆定理などの業績のある数学者エミール・ポレル(Emile Borel)が1921年にゲーム理論に関連する論文を発表している。ポレルはポーカーの例を用いつつ、ゲーム理論の経済学などへの応用の可能性を理解していた。ポレルは、組織化されたシステムとしてゲームを捉えた初めての数学者であったが、さらに深く考えを発展させるまでには至らなかった。

その後、数学者ジョン・フォン・ノイマン(John von Neumann)は、1928年に『室内ゲームの理論』(Theory of Parlor Games)を著した。フォン・ノイマンはこの中で、ゲーム理論の数学的構造についての基本的枠組みを構築し、有限2人ゼロ和ゲームにおいて、ゲームの解が必ず存在するというミニマックス定理を証明した。ゲーム理論が経済学の発展にとって極めて有効であると気付いていたフォン・ノイマンは、自らの理論を発展させるため、経済学者オスカー・ Morgenstern と共同で研究を進め、1944年に共著『ゲームの理論と経済行動』(Theory of Games and Economic Behavior)を著した。この業績は経済学に革命をもたらすことになり、ここにおいて、初めてゲーム理論が経済学の一分野として成立することとなった。この中でフォン・ノイマンと Morgenstern は、戦略形ゲーム(strategic form game)、展開形ゲーム(extensive form game)、純戦略(pure strategy)、混合戦略(mixed strategy)などの概念を導入するとともに、不確実性の経済学を述べる上で欠かすことのできない期待効用理論(expected utility theory)の理論化を行った。

このような形でゲーム理論の発展の素地が与えられた後、1950年代から60年代にかけて、ゲーム理論の研究者たちは、ゲーム理論の純粋理論の発展に力を注ぐことになる。1950年にジョン・フォーブス・ナッシュ・ジュニア(John Forbes Nash, Jr.)がゲームの解として、ナッシュ均衡

(Nash equilibrium)という概念を導入した。ナッシュ均衡とは、ゲーム理論における非協力ゲーム(non-cooperative game)の解の一つであり、最も基本的な解概念である。他のプレイヤーの戦略を所与とした場合、全てのプレイヤーにとって、自分の戦略を変更しても、より高い利得を得ることができない戦略の組、即ち、全てのプレイヤーにとって、そこから逸脱する誘引のない戦略の組をいう。この概念はゲーム理論の均衡概念の基礎となるものである。また、ロバート・ダンカン・ルース(Robert Duncan Luce)とハワード・ライファ(Howard Raiffa)は、1957年の共著の中で、戦略形ゲームにおける被支配戦略の逐次的除去によってゲームの解を得る方法を定式化した。

60年代に入って、ゲーム理論はさらに純粋理論として発展する。1960年にトーマス・クロンビー・シュリング(Thomas Crombie Schelling)は、交渉と戦略的行動についての研究を発表した。1965年には、ラインハルト・ゼルテン(Reinhard Selten)が、展開形ゲームにおけるナッシュ均衡の問題点を指摘し、ナッシュ均衡をさらに精緻化した均衡概念である、部分ゲーム完全均衡(subgame perfect equilibrium)の概念を提示した。また、1967年には、ジョン・チャールズ・ハーサニ(John Charles Harsanyi)が、不完備情報ゲーム(game with incomplete information)に対する理論を確立し、ベイズ均衡(Bayesian equilibrium)を導入した。

60年代は、ゲーム理論は数学の純粋理論としては順調な発展を遂げたが、当時は経済学者が現実の経済学の問題との関係を十分に見出すことができず、正統派の経済学にとっては重要な分野と見なされなかった。このように、ゲーム理論は1970年代始めまでは小さな学問領域と見なされ、一般の経済学者から注目されなかった。

1970年代に入って、ようやく複雑な経済学的状況がゲーム理論的アプローチによって理解分析可能であることが認識されるようになり、ゲーム理論が再評価されることになった。ゲーム理論分野において最も権威ある専門誌の1つ International Journal of Game Theoryも1971年に公刊されている。この時期以降、ゲーム理論は個別具体的な問題に対して適応されるようになり、経済学の問題をゲーム理論的モデルで分析することができるようになった。また、この時期には、理論的にも大いに発展し、1975年には、ラインハルト・ゼルテンが、均衡概念としては最も精緻なものと言える完全均衡(trembling hand perfect equilibrium)を考案した。ロバート・J・オーマンは1974年に、相關均衡

(correlated equilibrium)を、1976年には共有知識(common knowledge)の概念を確立させた。

80年代に入ると、ゲーム理論はさらなる飛躍的發展を遂げることになる。1982年には、デヴィッド・クレプス(David M. Kreps)とロバート・ウィルソン(Robert Wilson)は、部分ゲーム完全均衡を修正した逐次的均衡(sequential equilibrium)の概念を考案した。そして、1991年には、ドリュー・フーデンバーグ(Drew Fudenberg)とジャン・ティロル(Jean Tirole)は、完全ベイズ均衡(perfect Bayesian equilibrium)を考案した。その後、ゲーム理論は、幾多の進化を経て、今日のような大発展をみることとなった。

3. 研究の方法

本稿は、ゲーム理論を用い、法と経済学の観点から判例研究を試みる。中村修二氏が2001年8月元勤務先の日亜化学工業を相手に、研究成果に対する正当な報酬として200億円の支払いと、404特許(特許2628404号)の特許権の一部が中村氏発明者自身に帰属すべきことを求める訴訟を東京地裁に起こした。404特許の原告への帰属確認、及びそれが認められない場合は譲渡対価を求めたものであるが、特許発案者を保護するための法律が、企業の存続を危うくし、過度な発案者保護に問題があることもある。ここでは、発明の対価の支払いが企業経営に与える影響について考察する。

4. 展開形ゲームの展開形表現

プレイヤーが戦略を選択する際に時間的順序や情報の非対称性を伴うケースでは、よく用いられる利得行列による表現方法では不都合な場合がある。このような場合にはゲームの樹(game tree)を用いた表現方法が用いられる。このようなゲームを展開形ゲーム(extensive form game)という。

4.1 展開形ゲームについての定義

(1) ゲームの木(game tree)

展開形ゲームはゲームの木(game tree)で表される。ゲームの木とは節(node)と枝(branch)によって樹状構造で表されるものである。

節とは、特定のプレイヤーが行動を選択する点、またはゲームの終了する点である。特に、ゲームが開始される点を始節(initial node)または底点という。また、ゲームが終了し、各プレイヤーの利得が決定される点を終節(terminal node)または頂点と呼ぶ。終節では、各プレイヤーの利得が利得

ベクトルとして与えられる。終節以外の節は、プレイヤーが選択を行う点であるため、手番(move)という。また、始節から終節までの経路を1つのプレイと呼ぶ。

次に、枝(branch)または選択枝(alternative)とは、各節におけるプレイヤーの取りうる行動を表す。

プレイヤーの集合を $N=\{1,2,\dots,n\}$ 、終節の集合を T 、節のうち終節でないものの集合を D (decision node 決定節の集合)、始節を d_0 とする。また、関数 $\sigma_1: D \cup T \rightarrow D \cup T$ を始節を除く各節から1つだけ始節にさかのぼる関係を表し、 $\sigma_1(d_0)=d_0$ とする。

(1) ゲームの木

$Y=(D, T, \sigma_1)$ がゲームの木(game tree)であるとは、唯一の始節 $d_0 \in D$ が存在し、 σ_1 が次の条件を満たすことである。

- (i) $d \in D \cup T$ かつ $d \neq d_0$ ならば、一意な $\sigma_1(d) \in D$ が存在する。
- (ii) $d \in D$ かつ $d \neq d_0$ ならば、ある k が存在し、 $d_{j-1} = \sigma_1(d_j)$ 、 $j=1,2,\dots,k$ となる。

(2) プレイヤー分割

ゲームの木の各節では、そこで行動するプレイヤーが決まっている。全ての決定節を、そこで行動する各プレイヤーごとに、節の集合として分割したものをプレイヤー分割(player partition)という。決定節の集合 D は、プレイヤー1の行動する節 D_1 、プレイヤー2の行動する節 D_2 、…というように分割することができる。即ち、 $D=D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_n$ と表せる。

(3) 情報分割

プレイヤーが各節で意思決定を行う際に、どのような情報を有しているかということ、すなわち、ゲームの情報構造は展開形ゲームにおいて、情報分割(information partition)を用いて完全に表すことができる。

先のプレイヤー分割によって分割された決定節の集合 $D_0, D_1, D_2, \dots, D_n$ はそれぞれがさらに情報集合(information set)に分割される。

情報集合とは、決定節の分割であり、次のような性質を持つ。

- (i) プレイヤー $i \in N$ の情報集合は i の決定節のみによって構成される。
- (ii) プレイヤー $i \in N$ の任意の決定節は i の唯一の情報集合に必ず含まれる。

(iii) 情報集合内の各節は、同一のプレイヤーの行動する節であり、同一の選択肢を持つ。

以上のような情報集合に基づいて、情報分割が定義される。

[定義 2.1] u_{ij} をプレイヤー $i \in N$ の情報集合であるとする ($1 \leq j \leq I$)。そのとき、

$U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{iI}\}$ を情報分割 (information partition) であるという。情報分割はプレイヤー分割された決定節の集合をさらに細分化するものである。

(4) 偶然手番

プレイヤーの意思に無関係に決定される選択を、自然 (nature) というプレイヤーによる選択といい、自然の持つ手番を偶然手番 (moves of nature) という。偶然手番における選択は確率分布として表される。

自然の情報集合 $u_0 \in U_0$ を取ったとき、 $d \in u_0$ から出る枝 (選択肢) の集合を $A(d)$ とすると、 $A(d)$ に対する確率分布 q として偶然手番は定められる。このように、自然のそれぞれの情報集合に対して、確率分布族が定まる。

(5) 利得ベクトル

展開形ゲームの利得 (payoff) は、終節にて決定される。即ち、任意の $t \in T$ に対して、各プレイヤーに対する利得 $f(t) = (f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)) \in R^n$ が定義される。ここで、 $f_i(t)$ はプレイヤー $i \in N$ の利得である。よって、 $f: T \rightarrow R^n$ は利得関数である。この利得関数は、von Neumann-Morgenstern 効用関数である。

[定義 2.2] N をプレイヤーの集合、 Y をゲームの木、 f を利得関数、 U を情報分割、 q を偶然手番の確率分布とすると、展開形ゲームは $\Gamma = (N, Y, f, U, q)$ で定義される。

4.2 完備情報、完全情報と完全記憶

ここでは、完備情報ゲーム (complete information) と不完備情報ゲーム (incomplete information) について定義する。

[定義 2.3] ある情報が共有知識 (common knowledge) であるとは、すべてのプレイヤーがその情報を知っており、さらに、すべてのプレイヤーが他のプレイヤーもその情報を知ってい

るということを知っており、さらに、すべてのプレイヤーがそのことを知っており、…、と続く無限の系列が成り立つ場合をいう。

[定義 2.4] $\Gamma = (N, Y, f, U, q)$ が完備情報ゲーム (game of complete information) であるとは、すべてのプレイヤーにとって、ゲームの要素である N, Y, f, U, q が共有知識となっている場合である。そうでない場合には、不完備情報ゲーム (game of incomplete information) という。

[定義 2.5] $\Gamma = (N, Y, f, U, q)$ が完全情報ゲーム (game of perfect information) であるとは、任意の $i \in N$ に対する全ての情報集合 $u \in U_i$ が唯一の節から構成されていることである。そうでない場合には、不完全情報ゲーム (game of imperfect information) という。

任意の情報集合 $u_{ij} \in U$ が唯一の節から構成されているということは、その情報集合で行動するプレイヤーは、ゲーム開始時からその節に至る、過去に選択された行動 (自らの行動はもちろん、他のプレイヤーの行動もすべて) を完全に知っているということになる。

次は完全記憶について定義する。

任意の $d \in D$ に対し、 d における選択肢 $m \in A(d)$ を選択した場合に到達する節を $F(d, m)$ と書くことにする。当然ながら、 $\sigma_1(F(d, m)) = d$ となる。そして、 d が情報集合 u に含まれるならば、 u に含まれる節から出る選択肢は同一なので、 $A(d) = A(u)$ である。次に、 $\sigma_1^{-1}(d) = \{F(d, m) \mid m \in A(d)\} = \bar{F}(d)$ とおく。また、 $F(u, m) = \bigcup_{d \in u} F(d, m)$ とする。また、 $d \in D$ に対し、 $\sigma_2(d) = \sigma_1(\sigma_1(d))$ 、 $\sigma_k(d) = \sigma_1(\sigma_{k-1}(d))$ と定義するとすると、 $\sigma_k(d) = d_0$ ならば、 $\sigma(d) = \{d_0, \sigma_{k-1}(d), \dots, d\}$ と定めることにする。先のゲームの木の定義より、 d_0 から d へ至る経路は一意に定まるため、このように定義することが可能である。

また、 $F(u, m) = \bigcup_{d \in u} F(d, m)$ とする。また、 $d \in D$ に対し、 $\sigma_2(d) = \sigma_1(\sigma_1(d))$ 、 $\sigma_k(d) = \sigma_1(\sigma_{k-1}(d))$ と定義するとすると、 $\sigma_k(d) = d_0$ ならば、 $\sigma(d) = \{d_0, \sigma_{k-1}(d), \dots, d\}$ と定めることにする。先のゲームの木の定義より、 d_0 から d へ至る経路は一意に定まるため、このように定義することが可能である。

また、 $F(u, m) = \bigcup_{d \in u} F(d, m)$ とする。また、 $d \in D$ に対し、 $\sigma_2(d) = \sigma_1(\sigma_1(d))$ 、 $\sigma_k(d) = \sigma_1(\sigma_{k-1}(d))$ と定義するとすると、 $\sigma_k(d) = d_0$ ならば、 $\sigma(d) = \{d_0, \sigma_{k-1}(d), \dots, d\}$ と定めることにする。先のゲームの木の定義より、 d_0 から d へ至る経路は一意に定まるため、このように定義することが可能である。

[定義 2.6] $\Gamma = (N, Y, f, U, q)$ が完全記憶ゲーム (game of perfect recall) であるとは、任意のプレイヤー $i \in N$ 、および 2 つの情報集合 $u, v \in U_i$ 、そして、 $d, d' \in u, m \in A(v)$ に対して、以下を満たすことである。

- (1) $\sigma(d) \cap v = \phi$ であることと $\sigma(d') \cap v = \phi$ であることは同値である。
- (2) $\sigma(d) \cap F(v, m) = \phi$ であることと $\sigma(d') \cap F(v, m) = \phi$ であることと

あることは同値である。

この定義のうち、(1)は、プレイヤーは、ある情報集合の中の節に達したときに、それまでの過去の決定節において有していた情報と矛盾しない情報を有している、つまり、簡単に言えば、プレイヤーは、過去において有していた情報を全て記憶していることを示している。(2)は、ある情報集合の節に到達したプレイヤーは、別の情報集合の節を経由する場合には、必ず同一の経路を経過しなければならない、ということである。つまり、プレイヤーは過去に行った行動を全て記憶している、ということである。

4.3 純戦略、混合戦略、行動戦略

展開形ゲームにおける戦略とは、単なる行動の選択肢ではなく、展開形ゲームをプレイする上での完全な計画のことである。 $A = \bigcup_{u \in U_i} A(u)$ とおくと、次のように定義される。

[定義 2.7] 展開形ゲームにおけるプレイヤーの純戦略(pure strategy)とは、そのプレイヤーの各情報集合でそれぞれどのような行動を取るかという計画のことである。すなわち、プレイヤー*i*の純戦略とは、関数 $s_i: U_i \rightarrow A$ のことである。ここで、任意の $u \in U_i$ に対して、 $s_i(u) \in A(u)$ 。

以上のように、プレイヤー*i*の純戦略は $s_i = (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ij})$ 、 $s_{ij} \in u_{ij}$ と表される。プレイヤー*i*の純戦略の集合を S_i で表す。さらに、全てのプレイヤーの純戦略の組は $s = (s_1, s_2, \dots, s_n) \in S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n$ と表される。

次に、混合戦略(mixed strategy)を定義することができる。

[定義 2.8] プレイヤー*i*の混合戦略(mixed strategy)とは、純戦略の集合に対する確率分布である。プレイヤー*i*の混合戦略を $p_i \in \Delta S_i$ とすると、混合戦略の組は $p = (p_1, p_2, \dots, p_n) \in \prod_{i \in N} \Delta S_i$ と表される。

なお、プレイヤー*i*の純戦略の数が m 個である場合には、混合戦略の集合は、

$$\Delta S_i = \{ (p_i(s_{i1}), p_i(s_{i2}), \dots, p_i(s_{im})) \in R^m \mid \sum_{k=1}^m p_i(s_{ik}) = 1, s_{ik} \in S_i, 1 \leq k \leq m \}$$

と表される。

[定義 2.9] プレイヤー*i*の期待利得(expected payoff)は以下の式で表される。

$$R_i(s) = \sum_{s \in S} f_i(s_1, s_2, \dots, s_n) p_1(s_1) p_2(s_2) \dots p_n(s_n)$$

次に、プレイヤーがそれぞれの情報集合でどのような選択をするか、という行動戦略について定義する。行動戦略とは、特定の情報集合に限定して、取りうる行動(選択肢)に対して、どのような確率的選択を行うか、というものである。ここで、次のような記号を導入する。プレイヤー*i*の情報集合 u での行動の集合 $A(u)$ に対して、その確率分布を $B(u) = \Delta A(u)$ とする。また、 $B = \bigcup_{u \in U_i} B(u)$ とする。

[定義 2.10] プレイヤー*i*の行動戦略(behavior strategy)とは、関数 $b_i: U_i \rightarrow B$ であり任意の $u \in U_i$ に対して $b_i(u) \in B(u)$ となるものである。プレイヤーの行動戦略の組は、 $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ と表される。

また、各情報集合においてプレイヤーの選択する行動もしくは確率分布を局所戦略という。ここでは、任意の $u \in U_i$ に対して $b_i(u)$ のことである。よって、あるプレイヤーの、その全ての情報集合についての局所戦略の組を行動戦略ということができる。

今、節 $d \in u$ であるならば、情報集合 u の中の節は同じ選択肢を持つので、 $b_i(u) = b_i(d)$ と記すことができる。即ち、節 d での局所戦略である。

プレイヤーが各情報集合で行動戦略を選択することによって、それぞれの終節への到達確率が決定される。プレイヤーが行動戦略 b を取った場合の終節 $t \in T$ の到達確率を $q_b(t)$ とおくと、行動戦略を用いて次のように表される。

$$q_b(t) = b_{j(\sigma_1(t))}(\sigma_1(t)) \cdot b_{j(\sigma_2(t))}(\sigma_2(t)) \dots b_{j(d_0)}(d_0)$$

ここで、例えば、 $j(\sigma_1(t))$ は節 $\sigma_1(t)$ で行動するプレイヤーである。

[定義 2.11] 行動戦略 $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ が取られたときのプレイヤー*i*の期待利得は、次で与えられる。

$$R_i(b) = \sum_{t \in T} f_i(t) q_b(t)$$

[定理 2.1](Kuhn(1953)) ゲームの木が有限な長さを持つ完全情報ゲームには純戦略ナッシュ均衡が存在する。始節から終節までの決定節の数をプレイの長さといい、ゲームの木の長さとは、ゲームにおいて最も長いプレイの長さをいう。

また、行動戦略均衡について、Kuhn(1953)による次の定理も述べておく。

[定理 2.2](Kuhn(1953)) 完全記憶ゲームについて、混合戦略均衡に対応する任意の行動戦略はゲームの均衡となっている。

[定理 2.3] (Kuhn(1953)) 完全記憶ゲームには行動戦略均衡が存在する。

4.4 部分ゲーム完全均衡

展開形ゲームとは、プレイヤーが行動を選択する順序や、そのとき持っている情報について、ゲームの樹によって明示的に表現したものである。ここでは、展開形ゲームでよく用いられる解概念である部分ゲーム完全均衡について述べる。

展開形ゲーム $\Gamma = (N, Y, f, U, q)$ におけるゲームの木 Y に対して、ある決定節 $d \in D$ を始節として、それ以降の枝と終節までを含むものを、 d を始節とする部分木 Y_d という。この部分木 Y_d に含まれる決定節の集合を D_d 、終節の集合を T_d 、利得関数を $f_d: T_d \rightarrow R^n$ 、情報分割を U_d 、偶然手番による確率分布を q_d とする。

[定義 2.13] 任意の節 $d \in D$ に対して定まる $\Gamma_d = (N, Y_d, f_d, U_d, q_d)$ に対して、以下の性質を持つものを部分ゲーム (subgame) という。(1) $d \in U$, (2) 情報分割が U_d と U_{-d} に分割され、 $u \in U_d$ ならば $u \subset D_d$ 、 $u' \in U_{-d}$ ならば $u' \subset D_{-d}$ である。

[定義 2.14] 展開形ゲーム $\Gamma = (N, Y, f, U, q)$ のある戦略の組が部分ゲーム完全均衡 (subgame perfect equilibrium) であるとは、 Γ の全ての部分ゲームに対して、対応する部分がナッシュ均衡となっているような戦略のことである。

以上見たように、部分ゲーム完全均衡は戦略が全ての部分ゲームで均衡であることを要求する。実際に部分ゲーム完

全均衡を求める場合には、後ろ向き帰納法というものを用いる。

最も終節に近い節を始点とする部分ゲームのナッシュ均衡を求め、それを前提にして、その1つ前の部分ゲームのナッシュ均衡を求め、というように、後ろからさかのぼって、小さな部分ゲームのナッシュ均衡から大きな部分ゲームのナッシュ均衡を求めるというプロセスによって求めることができる。この方法で複雑な展開形ゲームの部分ゲーム完全均衡も求められる。

部分ゲーム完全均衡について、次の定理が成立する。

[定理 2.4] 完全記憶を持つ展開形ゲームには部分ゲーム完全均衡が存在する。

[定理 2.5](Kuhn(1953)) 完全情報を持つ有限展開形ゲームには、純戦略による部分ゲーム完全均衡が存在する。

4.5 完全均衡

部分ゲーム完全均衡では不合理な均衡が存在する。そのため考え出されたのが、完全均衡 (perfect equilibrium、または trembling hand perfect equilibrium) や逐次的均衡 (sequential equilibrium) である。

[定義 2.15] $\Gamma = (N, S, \theta)$ の戦略の組 $\sigma \in \prod_{i \in N} \Delta S_i$ が完全均衡 (perfect equilibrium または trembling hand perfect equilibrium) であるとは、以下を満たす $\hat{\sigma}^k$ ($k=1, 2, \dots$) が存在することをいう。

$$(1) \hat{\sigma}^k \in \prod_{i \in N} \Delta^0 S_i \quad k=1, 2, \dots$$

$$(2) \lim_{k \rightarrow \infty} \hat{\sigma}_i^k(s_i) = \sigma_i(s_i) \quad \forall i \in N, \forall s_i \in S_i$$

$$(3) \sigma_i \in \arg \max_{p_i \in \Delta S_i} f(\hat{\sigma}_{-i}, p_i) \quad \forall i \in N$$

ここで、 $\sigma = (\sigma_i)_{i \in N}$ 、 $\hat{\sigma}^k = (\hat{\sigma}_i^k)_{i \in N}$ 、

$$\hat{\sigma}_{-i}^k = (\hat{\sigma}_j^k)_{j \in N - \{i\}}$$

$\Delta^0 S_i = \{q \in \Delta S_i \mid q > 0\}$ であり、 $\sigma_i(s_i)$ 、および $\hat{\sigma}_i^k(s_i)$

は s_i に付与された確率を表す。

ここで、(1)は、 $\hat{\sigma}^k$ は $S(\forall i \in N)$ の全ての元に対して正の値として割り当てられていること、(2)は、 $\hat{\sigma}^k$ ($k=1,2,\dots$) は σ に収束すること、(3)は、任意のプレイヤー i の戦略 σ_i は、他のプレイヤーが $\hat{\sigma}_{-i}^k = (\hat{\sigma}_j^k)_{j \in N-\{i\}}$ ($k=1,2,\dots$) を取ったときの最適反応であること、を述べている。

[定理 2.6](Selten(1975)) 戦略形ゲーム $\Gamma=(N, S, \theta)$ には完全均衡が存在する。

さまざまな均衡概念が多くの研究者によって提示されてきたが、この完全均衡が均衡概念としては最も強いものである。

4.6 逐次的均衡

ここでは逐次的均衡(sequential equilibrium)について説明する。逐次的均衡は完全均衡に比べて若干弱い概念である。その一方、プレイヤーが行動する際の信念(belief)について定義し、プレイヤーの信念と行動の整合性について厳密に定める。

展開形ゲーム $\Gamma=(N, Y, f, U, q)$ に対して、プレイヤーの信念(belief) δ とは、各プレイヤーのそれぞれの情報集合の節に対する確率分布の組のことである。つまり、 δ は任意の $i \in N$ 、任意の $u \in U_i$ に対する確率分布の組である。

この信念とプレイヤーの行動戦略の整合性(consistency)について、次で定義される。

[定義 2.16] プレイヤーの信念 δ と行動戦略 $b=(b_1, b_2, \dots, b_n)$ が完全に整合的(fully consistent)であるとは、ある列

$(\hat{b}^k)_{k=1}^\infty$ が存在し、以下を満たすことである。

$$(1) \hat{b}_i^k \in \prod_{u \in U_i} \Delta^0 A(u) \quad k=1,2,\dots \quad \forall i \in N$$

$$(2) \lim_{k \rightarrow \infty} \hat{b}_i^k = b_i \quad \forall i \in N$$

$$(3) \delta_u(d) = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{P(d | \hat{b}^k)}{\sum_{d' \in u(d)} P(d' | \hat{b}^k)} \quad d \in D$$

ただし、 δ_u は、 δ の情報集合 u についての制限であり、 $u(d)$ は $d \in D$ の属する情報集合のことである。

この完全な整合性の求めるものは、実現する経路においてだけでなく、実現しない(到達確率 0 の)経路においても信念と行動戦略との整合性が満たされなければならない、ということである。

次に、プレイヤーの逐次合理性について定義する。

[定義 2.17] プレイヤーが逐次合理的(sequential rational)であるとは、全てのプレイヤーが信念 δ のもとで、各情報集合にて合理的な行動戦略を取っているということである。

以上、信念と行動戦略の完全な整合性、そして、プレイヤーの逐次合理性に基づいて、逐次的均衡は定義される。

[定義 2.18] 展開形ゲーム $\Gamma=(N, Y, f, U, q)$ において、行動戦略と信念の組 (b, δ) が逐次的均衡(sequential equilibrium)であるとは、信念 δ が行動戦略 b と完全に整合的であり、信念 δ のもとで行動戦略 b が逐次合理的であることをいう。

以上のように、後ろ向き帰納法によって、逐次的均衡を求めることができた。このように、逐次的均衡は完全均衡より弱い概念であるが、均衡を計算しやすいという利点がある。

逐次的均衡に関する定理を述べておくことにする。

[定理 2.8](Kreps and Wilson(1982)) 展開形ゲーム $\Gamma=(N, Y, f, U, q)$ の完全均衡は逐次的均衡である。また、逐次的均衡は部分ゲーム完全均衡である。

したがって次のことがいえる。

[定理 2.9](Kreps and Wilson(1982)) 展開形ゲームには逐次的均衡が必ず存在する。

[定理 2.10] 展開形ゲームには部分ゲーム完全均衡が必ず存在する。

4.7 完全ベイズ均衡

[定義 2.19] 展開形ゲーム $\Gamma=(N, Y, f, U, q)$ において、

行動戦略と信念の組 (b, δ) が完全ベイズ均衡 (perfect Bayesian equilibrium) であるとは、信念 δ のもとで行動戦略 b が逐次合理的であり、行動戦略によって正の確率で到達する情報集合のみについて、信念と行動戦略が整合的なものである。

$$\delta_u(d) = \frac{P(d|b)}{\sum_{d' \in u(d)} P(d'|b)}$$

$d \in D$ かつ

$$\sum_{d' \in u(d)} P(d'|b) > 0$$

この完全ベイズ均衡は、逐次的均衡の中で、情報集合に到達しない戦略に対しては、信念との整合性を要求しない、という戦略である。

5. 特許権争いに関する展開形ゲームによる考察

5.1 問題の所在

研究開発者は個人では資金を調達できない。また、研究成果を必ず出せる保障がないため、成果報酬というリスクは負えない。むしろ、固定給による支給を好む。

一方、企業はリスクを負えるだけの資金が潤沢に有るので、複数の研究開発に関する投資をしており、そのうち幾つかが成功すればいいと考え、研究者の研究環境を整備する誘因を持つ。

日亜化学工業株式会社の元従業員が、「発明の対価が低すぎる」と特許法 35 条 3 項、4 項の規定を根拠に、その不足分を求めて同社と争った事案である(青色 LED 訴訟 発明の対価について「平成 16 年 1 月 30 日東京地裁・平成 13 年(ワ)17772 特許権 民事訴訟事件」)。近年、こうした事案は増加傾向にあり、特許法 35 条の職務発明問題に一石を投じる判決として各方面の注目を集めた。また、この事案の職務発明の対価が一体いくらであるのかという面からも大きく注目された。結論としては、被告は、原告側が請求していた 200 億円全額を支払うことを命じる判決が出された。以下、事件の概要について述べてゆく(注)。

5.2 事件の概要

「青色発光ダイオードの発明者、中村修二氏(米カリフォルニア大サンタバーバラ校教授)が、かつて勤務していた日亜化学工業(徳島県阿南市)から得るべき発明の対価は、604 億 3006 万円」という結論である。東京地裁は「特許の効力が

切れる 2010 年までに、日亜化学が得る利益を 1208 億 6012 万円」と推測した。そして「中村氏は、独力で、まったく独自の発想に基づいて本件特許発明を発明した」と断定し、「小企業の貧弱な研究環境で、個人的能力と独創的な発想により、世界中の研究機関に先んじて産業界待望の世界的発明を成し遂げたまったく稀有な事例」とし、「中村氏の貢献度は、50 パーセントは下回らない。その対価は 604 億円である。」と認定した。しかし、中村氏の要求は 200 億円であったため、本件特許発明についての譲渡に対する相当対価の額 200 億円を日亜化学は支払うという判決が出た。これを受けて日亜化学は直ちに控訴した。

東京高裁では「和解についての当裁判所の考え」として以下のように公表した。「特許による利益は売上の 3.5~5.0%」とし、中村氏の貢献度は 5.0%とされた。中村氏の在職中の職務発明についての特許を受ける権利を日亜化学に承継済みと確認した。中村氏に権利承継の対価として約 6 億円、その遅延損害金として約 2 億 3000 万円の支払い義務を認めた。

5.3 展開形ゲームによる経営学的考察

中村氏は新企業を作ってこの業界に参入したいと考えている。しかし、その際、日亜化学との和解が必要である。中村氏はどのようなゲームで日亜化学と争えば望ましい結果を均衡として得られるであろうか。

なお、利得は、中村氏、日亜化学の順になっている。また、潜在的要因として、中村氏以外に他に 3 人の共同研究者がおり、中村氏が和解しない場合、同様の行動をとると想定される。判例に基づくと以下の仮定を置くことができる。

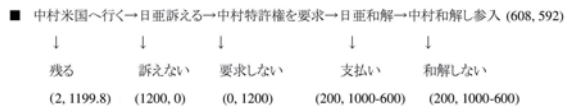
【仮定 1】和解した場合、中村氏は 8 億円の金額を得る。

【仮定 2】和解しない場合、中村氏は 200 億円を得て、新しい企業を立ち上げない。また、この場合、他の 3 人の共同研究者も同様の行動をとる。

【仮定 3】中村氏を初め日本の研究者は、日亜化学に勤める限り 2 億円の給与を得る。

【仮定 4】和解した場合、中村氏は新企業を立ち上げる。その場合の利益は、日亜化学と折半である。そして両者の利益合計は過去の日亜化学の得た利益相当の 1200 億円とする。

中村氏が自己に有利な展開に持ち込むことのできたゲーム



判例では議論されていないが、日亜が和解しない、支払いをする行動を取った時は、中村氏以外の 3 人の研究者から発明の対価を要求されることが十分あったということである。そのため、日亜は和解をせざるを得ない状況にあったことは特筆すべきことである。404 特許以外に複数の特許によって青色発光ダイオードが発案されたが、中村氏は他の 3 人の研究者の貢献の大きい特許について触れず、自らの発明である 404 特許に絞り、404 特許の対価を要求する訴訟に臨んだ。

上記のようなゲーム理論による考察をすれば、日亜化学工業が中村氏のみならず、他の 3 人の権利承継の対価を支払えないことを見越し、中村氏ははじめから日亜化学をゲームに引き込むために米国企業との関係を持ち、最後の均衡で日亜化学に特許権を放棄させ、参入を狙ったと解釈できる。「職務発明の特許を受ける権利の譲渡相当の対価は、従業者等の発明へのインセンティブとなるのに十分なものであるべきであると同時に、企業等が厳しい経済情勢及び国際的な競争の中で、これに打ち勝ち、発展していくことを可能とするものであるべきであり、さまざまなリスクを負担する企業の共同事業者が好況時に受ける利益の額とは、自ら性質の異なるものと考えてのが相当である」と判断した高裁の提示した和解案を見越した訴訟戦略であったのではないだろうか。こうした考えを裏付けるように、実際、中村氏は Cree inc(クリー社)の子会社の非常勤研究員のポストに就任しただけでなく、2008 年に米国シリコンバレーにベンチャー企業 Soraa(ソラー)を設立している。

こうした一連の経緯をみてゆくと、特許法 35 条の職務発明問題をめぐる一連の法律問題は、企業の経済活動を停滞させる問題を一部抱えており、特許という会社の武器を利用し、一部の研究開発者の利益を守ろうとした法律が、かえって過大な対価を要求できる権利を与え、企業の存続を脅かしかねない問題を内包した事件でもあった。中村氏の訴訟を契機に、日亜は 404 特許以外の特許に争いが波及することを恐れ、和解の道を選んだ。

6. おわりに

全てのリスクを負ったものが発明をした場合と異なり、職務発明の場合、リスクは全部会社が負い、従業員のリスクはゼロ、失敗しても経済的負担はゼロであるため、中村氏は安心

して開発に取り組めたのではないだろうか。日亜化学工業は、発案者は研究成果のリスクを負わなくても良い環境で、経営陣から開発中止命令があっても、創業者が試験研究費及び設備投資等に関わる億単位の資金を提供してきた。つまり、発案者ではなく、資金を提供してきた投資家がリスクの負担者となっているゆえ、その成果を受けるべきは投資家であると著者は考える。

労使契約が結ばれている以上、潤沢な研究開発費を支出し、十分な給与、地位も与え、技術研究者を育成する環境を提供してくれた企業に対し、厳しい地裁の判断には苦言を呈したい。こうした判例が多く積み重ねてゆくことが、中村氏のような戦術を取ることで、研究開発者が企業を立ち上げるための資金集め戦略(ビジネスのスタートアップ)の 1 つの方法と捉えることもできるだろう。

(注)特許法 35 条(職務発明の規定)

会社の仕事として従業員が発明は職務発明であり、会社はこれを使う権利を有する。職務発明の場合、その発明から生まれた特許や、それを使う権利は「相当の対価」と引き換えに会社に渡す権利を従業員は持つ。

参考文献

- [1]板倉宏昭『新訂 経営学講義』勁草書房,6-8,2017.
- [2]都築治彦『遂行理論とゲーム理論』創成社, 2010.
- [3]三好祐輔『法と紛争解決の実証分析—法と経済学のアプローチ』大阪大学出版会, 2013.
- [4]H.A. Simon, *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Process in Administrative Organization*, third edition, Free Press, 1976(松田武彦・高柳暁・二村瓶子訳『組織行動 経営組織における意思決定プロセスの研究』ダイヤモンド社,1989).
- [5] R. J. Aumann, "Agreeing to Disagree," *Annals of Statistics* 4, 1236-1239, 1976.
- [6] J. Friedman, *Game Theory with Applications to Economics*, Oxford University Press, 1991.
- [7] D. Fudenberg and J. Tirole, Perfect Bayesian Equilibrium and Sequential Equilibrium, *Journal of Economic Theory* 53, 236-260, 1991.
- [8] D. Fudenberg and J. Tirole, *Game Theory*, The MIT Press, 1992.

- [9] R. Gibbons, *Game Theory for Applied Economists*, Princeton University Press, 1992 (福岡正夫・須田伸一訳『経済学のためのゲーム理論入門』創文社,1995).
- [10] D. M. Kreps and R. B. Wilson, "Sequential Equilibria," *Econometrica* 50, 863-894, 1982.
- [11] H.W. Kuhn, "Extensive games and the problem of information," in H.W. Kuhn & A.W. Tucker (eds.), *Contributions to the Theory of Games II*, Princeton University Press, 1953.
- [12] B R. Myerson, *Game Theory: Analysis of Conflict*, Harvard University Press, 1991.
- [13] R. Selten, "Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games," *International Journal of Game Theory* 4, 25-55, 1975.
- [14] E. van Damme, *Stability and Perfection of Nash Equilibria*, Springer-Verlag, 1991.

Touch the sound picnic; 音-触感変換デバイスを用いた 「音に触れる」ワークショップ

金箱 淳一*・南澤 孝太**

Touch the sound picnic; “sound feeling” workshop using sensory substitution device

Junichi Kanebako* and Kouta Minamizawa**

Abstract

The most common approach for blind people to appreciate visual art such as paintings is using Relief sculptural techniques which allow them to touch the surface and feel different textures. In this way, there are many examples of practicing painting appreciation for visually impaired people by modal conversion of visual information. On the other hand, there are few efforts to listen to sounds for the hearing impaired. In this research, we practiced an art appreciation workshop featuring sound by touch, using a device that converts sound information into vibration. The results of the research we conducted using “Touch the sound picnic” show that the vibration representation of visual artworks works effectively when compared to a simple sound experience. Moreover, this device allowed hearing impaired people to understand the direction the sound was coming from, thus realizing a fulfilling experience.

Keywords: hearing impaired, sound art, sensory substitution, haptic design, embodied media

1 はじめに

様々な美術の表現形態が存在する現在において、美術の鑑賞教育の一環として多様な鑑賞方法について考える取り組みが生まれつつある。美術館は一般に広く開かれ、絵画や彫刻に始まり、近年は映像作品やインタラクティブアートを鑑賞できる美術館[1][2]も存在する。これらの美術作品を視覚障害者や聴覚障害者が鑑賞する際、作品の形態によっては鑑賞が困難な状況が発生する事がある。この状況に対して、当事者の感覚特性に適応した美術鑑賞の取り組みが行われている。

例えば、視覚障害者に対する取り組みとして、晴眼者と視覚障害者がグループになり、晴眼者が見た作品の内容や、作品の設置状況に始まる全体の環境を事細かに言語化して共有し、当事者が得た聴覚情報によって作品鑑賞を行う取り組み[3]が提案されている。言語化によって、当事者は作品のみならず、美術館が持つ空気感を感じることができる。また、お互いの視野や視座を共有することによって、美術鑑賞における他者の視点を獲得でき、作品に対する感想や批評に繋がる。他の例として、鑑賞者が作品の前に立つと、ピーコンから発信される信号をスマートフォンが受信し、作品の音声ガイドが自動的に再生されるサービス[4]などがある。



図1 Touch the sound picnic の使用風景

Fig.1 Using “Touch the sound picnic”

このように、視覚障害者に対しては、音声情報によって作品の情報を提示することによって、作品に対する理解を深め、よりよい鑑賞体験につながる可能性がある。また、絵画の内容を半立体の形に翻訳して伝えることで、触れて絵画を鑑賞する取り組み[5]や、彫刻作品に触れることで作品の様相や形状を理解できる美術館[6]は、視覚情報を触覚情報に変換することによって、視覚に頼らない鑑賞を可能にしている。

聴覚障害者に対する取り組みとしては、美術館の学芸員が開講する講座を受講したスタッフが手話による作品解説やギャラリーのガイドを務める鑑賞プログラム[7]が存在する。こ

Received on September 14, 2018

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

** 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, Keio University Graduate School of Media Design

ここでは作品のコンセプトや技法が参加者に対して共有される。

聴覚障害者は、音を主要な構成要素とした「サウンドアート」や、音楽を駆使する映像作品において、鑑賞が困難になる可能性が考えられる。特にサウンドアートは、そこで扱われる音が作品の中心になることが多いため、通常の鑑賞環境において音の把握が難しい場合、鑑賞の機会を損失してしまうという問題がある。また、音自体が作品性を持つという特色から、手話などによる既存の情報保障手段の適用が困難である。この問題に対し、音声情報を触覚情報に変換する研究においては、音程情報の保証、音圧情報の時系列変化パターンの提示、楽器の演奏情報保証などの提案がされているが、音/振動変換デバイスを用い、触り心地によって音の世界を探索する行為の誘導を目的としたデバイスは少ない現状がある。人は日常において、空気の振動である音を皮膚感覚でも感じていると考えられるが、音声情報に対しては聴覚が優位に働くことで、耳で音を聞いていると捉えられることが多い。

音を触覚として捉えることは、聴覚障害者のみならず健常者に対しても、新しい音の感じ方の一助になると筆者は考えた。音を扱う作品を触覚で探索的に鑑賞することを目的とし、聴覚情報を触覚情報に変換するシステム「Touch the sound picnic(図 1)を開発し、作品展示においてワークショップ形式で鑑賞の実践を行った。本稿では、作品鑑賞時の体験者のコメントや行動の観察から、触覚で音を感じる鑑賞体験の効果について検証する。

2 関連研究

音情報を触覚情報に変換する装置の研究として、音高を空間上に再現する方法[8]を応用して高いピッチの音を背中の上部に、低いピッチの音を背中下部に呈示する Designing the Model Human Cochlea [9]や、音声スペクトルを 7 分割し、胸骨、腹部、前腕または首など各部に取り付けられた振動モーターを振動させる Tactaid7[10]、音声帯域の 200~4400Hz を 16 段階に分割し、1mm 置きに配列した振動子アレイを用いて触覚呈示を行うタクタイルボコーダー[11]など、提示部位や用途に応じたデバイスが提案されている。これらの研究は、音声帯域ごとに振動の呈示部位を変え、音楽鑑賞や音声情報の理解を補助する手段を提供している。

上の研究に関連し、日常生活に利用できるようにデバイスのデザインを検討した Antenna[12]は 30dB から 90dB までの音圧変化を、256 段階のモーターの振動の強さで呈示する。ユーザーはヘアピン型のデバイスが発する振動のリズムパターンから生活音の学習を行い、掃除機の音やチャイム音に対して反応できることが期待されている。音楽表現を補助する用途で開発された Muss-Bits[13]は、マイクや外

部入力機器から取り込んだ音声信号を無線で伝送し、ペアリングされたデバイスを振動させることによって、楽器のリズムを他者に伝えることができ、楽器演奏のトレーニングとしての用途が想定されている。

触覚を用いたアート作品として、ゲーム内のエフェクトをスーツに装着された振動子で感じることでできる synesthesia suit [14]や、爪に振動を呈示することで、指先でものを触ったり潰した感覚を得られる現象を応用した Touch the Invisibles[15]などが存在する。これらのアート作品は、体験方法が予め定まっており、探索行動を誘導する物は少ない。これに対して筆者らは、サウンドアートや音楽の鑑賞を想定してデザインしたデバイスを開発した。デバイスを持って音の世界を探索的に触れていく鑑賞ワークショップを行い、デバイスの効果を検証した。

3 Touch the sound picnic のコンセプト

3.1 音に触れながら散歩する

聴覚障害者に対する振動呈示の研究[16]において、筆者らは当事者へのインタビューから「日常で鳴っている音の存在をもっと知りたい」、「振動から多くの情報を得ることができるかもしれない」というコメントを得ている。また、打楽器奏者の Evelyn Glennie は、ドキュメンタリー「Touch the sound[17]」の中で、聴覚障害者である彼女が音を視覚的に感じる可能性や、音の知覚方法として「触る」行為を活用して楽器演奏を行なっていることを伝えている。また、Leva Enen らの報告[18]によれば、先天性の聴覚障害者に対する振動刺激に対し、脳の聴覚野の活動が見られたことを報告している。このことから、聴覚障害者が日常にある音を振動により感じることで、豊かな音の受容と理解が可能になると考えた。また、デバイスを持って街中を散策することで、周囲に存在する音の認知と学習に繋がる可能性があると考えた。音を振動として捉えることは、広く音の聞き方を再定義する上で有効であると考えたため、本研究では健聴者、聴覚障害者両者に対する検証を行った。人員確保の制約から、ワークショップによっては健聴者のみの参加となった。

3.2 「聴能」に働きかける仕組みづくり

本研究では、聴覚障害者が音を認識して理解する能力として「音聴取能力(聴能)」に着目する。日常生活においては、環境音や会話時の音声など、様々な種類の音が混在している。本稿では、聴能を「話しことばや音楽、環境音を知覚、認知し聞きわけること」と定義する。聴覚障害者が聴能を獲得することにより、日常におけるコミュニケーションや非常時の危険察知の面において手助けになることが考えられる。そのためにはまず、普段意識することが難しい音の情報を顕在化させるための仕組みが必要である。

触覚による音情報の顕在化により、普段鑑賞が難しい音

にまつわる芸術の鑑賞体験を向上させることができる可能性がある。聴覚障害者が通常の環境でサウンドアートを鑑賞する際、「どのような音が」「どこから発生しているか」が分からず、作品鑑賞が困難になる事が考えられる。本研究では音を触覚情報に変換することで、作品による音の違いを振動で感じ、音源の位置を探索できる鑑賞体験をデザインする。

デバイスは子供から大人まで幅広い年齢層が使用することを想定し、探索行為を促す形状や、簡便な操作方法を検討する。また、健聴者が本システムによってワークショップを実施する際に、聴覚障害者の感覚特性をシミュレートする方法を検討し、システムの効果を体験できるワークショップのフローを検討する。

4 Touch the sound picnic の実装

4.1 ハードウェア設計

音声情報を振動刺激に変換するためのハードウェア構成を検討した。概要図を図 2 に示す。

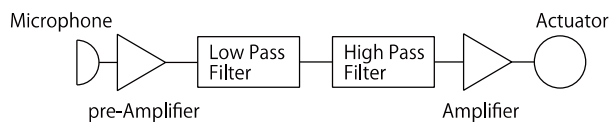


図 2 Touch the sound picnic のハードウェア構成

Fig.2 Hardware configuration of Touch the sound picnic

周囲の音を広範に捉えるため、全指向性のコンデンサーマイク（Ashuner, XO-V001）を使用した。マイクの周波数特性は 100 - 15000Hz、出力インピーダンスは 2.2K Ω 、感度は $-25 \pm 3\text{dB}$ である。次に電圧増幅率 100 倍のマイクアンプ（TEXAS INSTRUMENTS, OPA344）を用いて音声信号を増幅させた。高周波ノイズの影響を減らすため、15Hz から 1591Hz までで中心周波数を調整可能な RC 回路によるローパスフィルターを接続した。駆動テスト時に、マイクから取得した音声信号をスルーしてアクチュエータ（アルプス電気, HAPTIC Reactor Hybrid Tough Type）を駆動した際、定常ノイズによって常に振動が発生する問題が確認されたため、マイクアンプの後に中心周波数 34Hz の RC 回路によるハイパスフィルターを接続した。アクチュエータは即応性が高く、触感をえられる周波数領域が広いボイスコイルを採用した。アクチュエータの振動加速度は 160Hz で 29.4m/s²、320Hz で 22.3m/s²、応答速度は 1ms 以下である。アクチュエータ駆動用のオーディオアンプ（HOLTEK, HT82V739）はアンプに接続された可変抵抗によって 0~44dB の間でゲインの調整が可能である。上記の構成に加え、展示やワークショップでの運用を考え、500mAh のリチウムポリマーバッテリー及び microUSB 接続で充電が可能な充電用回路基板を内蔵した。

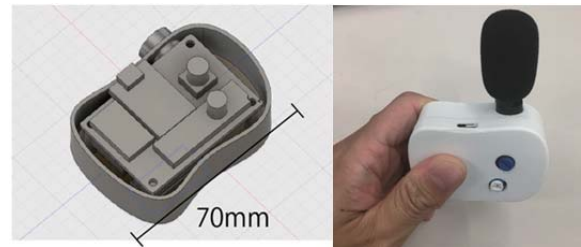


図 3 検証モデルの 3D データと実物

Fig.3 3D model and circuit for verification

回路構成を確認するための検証モデル（図 3）を制作して検証を行った際、アクチュエータとマイクを近接して配置するとフィードバックループによるハウリングが発生した。ハウリングの対応策として、筐体に配置するマイクとアクチュエータの配置を考慮した形状を検討した。次節で詳細に説明する。

4.2 デバイスのデザイン

前節で制作した検証モデルを基にデバイスの形状を再検討した。初期段階においては、デザイン作業を MODO（図 4）で行い、持ち手の形状を数パターン検討した。3D プリントしたデバイスを持ち、把持のしやすさ、太さなどを検討しデザインを決定した後に Fusion360 にてマイク、アクチュエータ配置の詳細設計を行った。

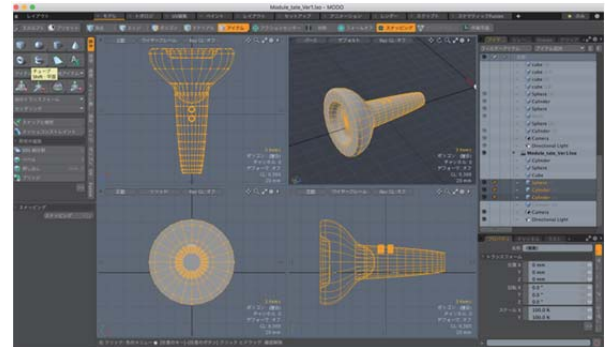


図 4 MODO によるデバイス形状のプロトタイプング

Fig.4 Design prototyping by MODO

筐体のデザインにおいては、前章で導出したコンセプトと運用を考慮し、以下の仕様を反映した。

1. 持ち手の握りやすさを考慮し、音の世界を「探索する」メタファーとして、懐中電灯をモチーフとする
2. 本体側面のボタンを押したときだけアクチュエータが動作するようにし、未使用時の消費電力を低減する
3. 子供の使用を前提とし、デバイス落下防止のストラップ、落下時の衝撃吸収のため本体の縁にシリコン製のラバーバンドを装着する
4. オーディオアンプの増幅率、ローパスフィルターの中心周波数を環境に応じて調整するため、本体側面に穴を開ける
5. フィードバックループによるハウリング回避策として、2 分割した筐体の左側 A にマイク、右側 B にアクチュエータを

配置する(図 5)ことで振動の伝搬を軽減させる

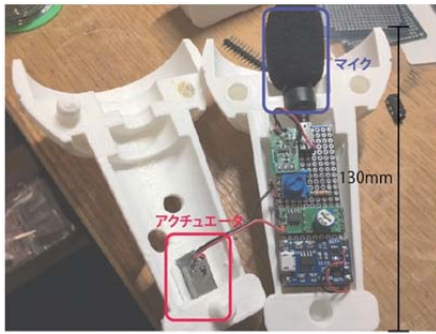


図 5 デバイスの内部構造
Fig.5 Inside of the device

5 聴覚障害者・健聴者の合同ワークショップ

前章で開発したデバイスは、2017年7月15日から8月31日の間 NTT インターコミュニケーション・センター (ICC) にて開催された企画展「ICC キッズ・プログラム 2017 オトノバ 音を体感するまなび場」展[19]で体験型作品として展示した。また、会期中に別の展示室で展開された「オープン・スペース 2017 未来の再創造」展[20]で展示されている作品群を含め、鑑賞をツアー形式で行う「タッチ・ザ・サウンド・ピクニックワークショップ」を展開した。筆者によるワークショップは7月30日に3回(1回あたりの参加者数は10名で計30名)、スタッフによるワークショップは7月20日、8月8/13/17/23/29日に2回ずつ計12回(1回あたりの参加者数は6名、計72名)全15回のワークショップを約100名が体験した。ワークショップの情報は web ページ上で公開され、参加希望者は展示会場の作品前に集合することとした。健聴者は自由参加、聴覚障害者は機縁法により招集した。次節で、ワークショップの設計について記す。

5.1 ワークショップ設計

ワークショップは、会場入口から近い順に作品を巡る動線に沿って行った(表 1)。健聴者がワークショップに参加する際は実施前に耳栓をし、その上からイヤーマフ(3M, H9A)を装着することで音圧を低減させて振動に集中しやすい環境を作れるよう考慮した。聴覚障害を持つ協力者について、平均聴力 60dB 以上、先天性の感音性難聴を持つ方が実験に参加した。

ワークショップの様子を図 6 に示す。体験者は各作品を振動デバイスで鑑賞した直後に、感じた音を擬音語の形式でアンケートに記載した。なお、いずれの展示物の音圧レベルも環境騒音よりも大きかった。擬音語の分析結果については別稿[21]にゆずる。ワークショップ終了時、体験の感想を自由に記述した。聴覚障害をもつ体験者に対しては、記載されたアンケートに基づくインタビューを行ない、デバイスの効果を検証した。次節では、20代の聴覚障害者2名、20代から40代の健聴者4名に対してワークショップを行った際のアン

ケートとインタビュー結果を示す。

表 1 ICC ワークショップの流れ
Table 1 ICC Workshop timeline

時間(分)	項目	内容 (作品概要)
8	イントロダクション	ワークショップの目的及びデバイスの使用法の説明 耳栓・イヤーマフの装着(健聴者のみ)
5	「herering」鑑賞	ピアノの単音を中心とした音で構成されるインタラクティブアート
5	「リサーチ・コンプレックス」鑑賞	複数人の会話がスピーカーから流れる議論の音声アーカイブ
5	「パフューマリー・オルガン」鑑賞	音と同時に音階に対応した香りを感じるオルガン
5	「響き花の植物園」鑑賞	声を吹き込むと管を伝って別の箇所から音が出る
5	「ストライプト・セッションズ」鑑賞	ビデオカメラに映る縞の数で音高が変化するシンセサイザー
5	「ラタタップ」鑑賞	マラカス・タンバリン・小太鼓を鳴らした場所からキャラクターが出現
8	まとめ	音を耳以外の感覚で感じることの説明 耳栓・イヤーマフの回収(健聴者のみ)



図 6 ICC ワークショップの様子(左上:パフューマリーオルガン鑑賞時、右上:リサーチ・コンプレックス鑑賞時、左下:ratatap 鑑賞時、右下:アンケート記入時の様子)

Fig.6 Workshop in ICC

5.2 自由記述式アンケートの結果と考察

アンケートの中で、特筆すべき意見について示す。

“普段は大きい音(太鼓やスピーカー)しか体感できないので、小さい音はどんな振動で伝わってくるのかを身をもって知れてよかった。高い音は聞き取りが苦手だが、今回の体験を通して、高い音は細かい振動で伝わるのだと知れた。新たな発見もあったので楽しめた。”(20代・聴覚障害者)

“音が存在することを教えてくれる→聞こうと思う気持ちになれる→音の選択性が上手になった気がする”このプロセスの繰り返しのよって展覧会を楽しむことができた”(20代・聴覚障害者)

“弟が生まれつき聴覚障害者で、音以外の感覚で音を感じたく、参加させていただきました。音に興味を持ってもらうきっかけとして、是非薦めたいです。”(30代・健聴者)

アンケート結果から、本システムによって、作品が発する小さい音も振動で感じられること、音の高低を振動の細かさで伝えられる可能性を示している。聴覚障害者は、本システムによって音の存在に気づき、音への意識を向けることから、

音の選択性に対して有意にはたらく可能性が示された。

5.3 聴覚障害者へのインタビューと考察

前節のアンケート結果を基に、聴覚障害者へのインタビューを行い、提案システムが鑑賞体験の向上に寄与したかを全3項目について確認した。

Q1: 全体の感想を聞かせてください

“(hereringという作品で)小さな音は、はじめは聞いていてわからなかったけれど、デバイスが小さく震えていたから、「なんだろう」と思って意識すると「トクトク」と音が聞こえてきた。本当はいろいろな音が混ざっているのだけれど、私達にとっては一つの音として聞こえてしまうから、はじめは区別できないが、デバイスを使ってみて「違う音が混ざっているのだ」ということがよくわかった。”

“音にも方向性というものがある、左からくる、右から来る、というのがありますが、デバイスによって音が出ている場所を探して「ここから音が来ている」というのがわかりやすくなった。懐中電灯のように動かすと、音を探すのが簡単になる。”

Q2: デバイスを日常的に持っていたら、どんなことが出来ると思いますか?

“デバイスをいろいろな方向に向けることによって、どの人が私に喋っているかを把握しやすくなる。”

“息の吐き方、止め方など、細かな振動があるので、はっきり分かると発声練習に非常に効果的だと思う。そのためには、もう少し細かく振動すると良いと。声の大きさを感じることが出来るので、相手の声がもう少し大きい方が良いなど、感じて指示をだすことも出来る。”

“年齢によっては、淡々と喋る人もいるので、怒っているのか、そうでないのか分かりづらい時がある。会話の展示(リサーチ・コンプレックスという作品)では声の抑揚も感じ取ることができた。”

Q3: 議論の音声アーカイブ「リサーチ・コンプレックス」では、デバイスの有無で、感じ方がどのように違いましたか?

“振動で声を聞くという経験があまりないので、何を話しているのかはよくわからなかった。楽しんで話している、真面目に話している、その違いはよくわかった。話すスピードの違い、はやく話すか、ゆっくりと話すかという違いも、デバイスを通すとわかりやすかった。感情の違いがわかりやすく、会話している空気感の共有ができる。振動によって、相手との心理的な距離が近づく気がする。話している内容は振動だけだとわからないが、話しかけてくる気持ちは感じ取ることが出来るので、嬉しい。”

Q1 の回答結果より、一つのまとまった音から違う音を区別する手がかりとして振動が有効に働く可能性が示唆された。音の方向性に関しては、デバイスを向ける方向を変えることで、音源の位置の特定がある程度は可能であることが分かる。今回の実験においては、全指向性のマイクを使用していたが、今後は単一指向性のマイクを用いることで音の方向性を

感じやすくなると考えられる。

Q2 の回答から、声の抑揚や会話時のブレスなど、デバイスを持ちながら発話を重ねることで発声練習への応用も期待できる。また、声の抑揚や音量を振動による感じることから、デバイスで聴取の訓練を行うことにより、発話者の感情の推定に応用できる可能性がある。

Q3 の回答から、声の抑揚を基にした感情の違いの理解や、空気感の共有など、振動の付与が相手との心理的な距離を縮め、コミュニケーションの向上に寄与する示唆を得た。

アンケートとインタビューによる検証の結果より、聴覚障害者に対する振動呈示は、大まかな音の種類や、音の選択性に対して有効に働き、音の方向性の理解を助けることで充実した鑑賞体験の実現が可能となった。サウンドアートを鑑賞する上で「どのような音が」「どこから発生しているか」といった要素が重要なものとなる。これらの要素を探索的に体験する中で、聴覚障害者の音の選択性に対して有意に働く可能性が示された。

6 デバイスを用いたライブパフォーマンス鑑賞体験

次に筆者は、ライブパフォーマンスにおける本システムの実用性を確認するため、2017年10月7日、8日に銀座で行われた「タップダンスフェスティバル 2017」にてデバイスの実証実験を行った。中程度の感音性難聴の聴覚障害者4名が本デバイスでタップダンスのパフォーマンスを鑑賞し、自由記述式のアンケートに感想を記入した。なお、体験者には事前に、パフォーマンス中に可能な限り長く本デバイスを把持してパフォーマンスを鑑賞するように指示した。また、使用時に体調の違和感が生じた場合は実験者に申告する旨を伝えた。



図7 左:タップダンスフェスティバルのライブパフォーマンス 右:会場入口付近にてデバイスを体験する被験者

Fig.7 User test in Tap dance festival

6.1 鑑賞コンテンツの概要

ライブパフォーマンスの時間は、トータルで約2時間だった。提示音の種類は演題により異なり、内容は1.ダンサーのタップ音のみが呈示される作品、2. BGMと共にタップ音が呈示される作品、3.ギター、ベース、ドラム、ボーカルにより構成されるバンド演奏と共にタップ音が呈示される作品、に大別される。なお、演奏者の楽器音とBGMはスピーカーから呈示された。また、パフォーマンスの音圧レベルは環境騒音よりも大きかった。

6.2 体験者のアンケート結果

代表的な回答を下に示す。

“持ちやすいサイズで軽かったので、疲れにくくて良かったです。振動は、タップよりも音楽、楽器のほうが強く、パフォーマンスが長いと手がしびれやすかったのが難点でした。特に大勢でのパフォーマンスは忙しく、どの音なのかわかりにくかったです。ソロのタップ、楽器の演奏はリズム感が伝わって良かったです” (20代女性・聴覚障害者)

“音楽のメリハリが分かってよかったです。耳だけで聴くよりも臨場感があった。リズムをつかみやすかった” (20代女性・聴覚障害者)

“タップと楽器と一緒にになるとどちらの振動か分からなくなった。これを持って別のところに行ってみたい。” (20代女性・聴覚障害者)

6.3 考察

アンケートの回答から、振動は単独でのタップダンスにおけるタップ動作の体感や、パフォーマンスの臨場感を伝えるのに一定の効果を示した。しかし、大勢が同時にパフォーマンスする際は誰がどの音を発しているかの判断が難しく、振動が判りにくくなることが確認された。この現象は、デバイスが採用しているマイクが全指向性であることに起因すると考えられるため、今後は単一指向性のマイクを使用したデバイスを用いて検証を行う必要がある。「タップと楽器音を混同する」という回答は、鑑賞体験を向上させるための音源を類推するトレーニングの開発が必要であることを示唆している。欄外のアンケート項目として、デバイスの希望購入価格の欄を設けたところ、概ね 5,000 円～10,000 円での購入を希望していることが分かった。これは、今後ボイスコイルの単価が下がれば実現可能な金額であると考えられる。

7 健聴者に対する楽器音鑑賞ワークショップ

「サウンドデザインフェスティバル in 浜松 2017[22]」において、5章と同様のワークショップを行い、一般的な楽器音や環境音に対する本システムの有用性の検証を行った。ワークショップ参加者は10歳から50歳までの男女計20名で、健聴者である。前章の考察から、ワークショップでは10台のデバイスのうち3台のマイクを単一指向性 (OLYMPUS, ME52W) のものに変更し、体験者の行動を記録映像により観察した。

7.1 ワークショップ設計

ワークショップは表2の流れで行った。5章のワークショップでは、音と振動による効果を十分に理解する時間をとれていなかった。そのため、今回はイントロダクション後のアイスブレイクとして、互いのデバイスを相手に向けあって、お互いの挨拶でデバイスを振動させる「触感で挨拶」を実践した。前回同様、ワークショップに参加者はイヤーマフを装着し、振動に集中しやすい環境を作った。なお、展示物の音圧レ

ベルは環境騒音よりも大きかった。体験の様子を図8に示す。体験者は各作品を鑑賞した直後に、感じた音を擬音語の形式でアンケートに記載した。ワークショップ終了後、体験の感想をインタビューした。

表2 楽器音鑑賞ワークショップの流れ

Table 2 Timeline about Feeling Instruments

Workshop		
時間(分)	項目	内容 (作品概要)
8	イントロダクション	ワークショップの目的及びデバイスの使用法の説明 耳栓・イヤーマフの装着(健聴者のみ)
3	アイスブレイク	近くの人と、お互いデバイスを口元に向けあって挨拶する(触感で挨拶)
4	「TapTube」鑑賞	筐体を叩くと音にワウがかかるベース (R-MONO Lab制作)
4	「ラズパイ・シンセS ² -6R」鑑賞	楽器会社のサウンドエンジニアが開発したシンセサイザー (R-MONO Lab制作)
4	「Garden of Russolo」鑑賞	箱型の筐体に声をかけると音程が変わって出力される。(スズキユウリ制作)
4	「TLF-SP」鑑賞	薄型スピーカーから、パート別のアカペラ音声が再生 (YAMAHA株式会社制作)
4	「ELCajon EC-10」鑑賞	叩いた際の音に音響処理を行い音色を変える打楽器 (Roland株式会社制作)
4	環境音の鑑賞	展示会場から屋外に出て、風の音や環境音を感じる
8	まとめ	音を耳以外の感覚で感じることの説明 耳栓・イヤーマフの回収(健聴者のみ)



図8 浜松サウンドデザインフェスティバルでのワークショップの様子(左上:TLF-SP鑑賞時, 右上:S3-6R鑑賞時, 左下:EC-10鑑賞時, 右下:環境音鑑賞時)

Fig.8 Workshop in Hamamatsu sound design festival

7.2 映像による観察の結果

アイスブレイクの「触感で挨拶」では、参加した親子が挨拶した後に、様々な音量で会話をしてデバイスの効果を確認する行為(図9)が確認された。体験者によっては会話の際にデバイスをイヤーマフに押し当てて振動を聴く様子を確認した。



図9 デバイスを使って「触感で挨拶」をする様子
Fig.9 Greeting with touch the sound picnic device

「Tap Tube」の鑑賞(図10)では、単一指向性マイクが装備されたデバイス(青色のもの)を持った体験者は他の体験者に比べてスピーカーに近づいて鑑賞する傾向にあった。また、単一指向性マイクのデバイスをもった体験者は、全指向性マイクの体験者よりも上下にマイクを動かす行動が多く見られた。



図10 ベース音を鑑賞する様子
Fig.10 Touching the “Tap Tube”

パネル状の指向性スピーカーによってパートが分かれたアカペラ歌声が再生される「TLF-SP」(図11)の前では、青色デバイスをもった体験者の滞留時間が長く、繰り返しスピーカーにデバイスを接近させて鑑賞していた。また、参加者によってはイヤーマフをしながらも、スピーカーに耳を近づけるような仕草を見せ、音を感じる行動を無意識のうちにとっていた。



図11 パネル型スピーカーの音を鑑賞する様子
Fig.11 Touching the sound of “TLF-SP”

筆者が打楽器「EL Cajon EC-10」を演奏した際、体験者の中にはイヤーマフを外して、鳴っている音を確認してから再びデバイスによって振動を確認する行為(図12)が見られた。



図12 イヤーマフを外し、再び装着する子供
Fig.12 Re-equipping earmuff

ワークショップの終盤は、屋外に出て環境音を感じるワーク(図13)を行った。当日は時折風が吹いており、マイクの風切音を振動で感じる事が分かった体験者の中には「風が触れる」と発言した子供もいた。また、「行き交う車の音を感じる」と発言した男性は、暫く道路脇で立ち止まり、車の通過時の風切り音を振動で感じていた。



図13 屋外で環境音を鑑賞する様子
Fig.13 Appreciation of environmental sound

7.3 ワークショップ参加者の感想

代表的なものを下に示す。

“音の振動はある程度分かるが、音程は分かりづらかった。”(50代男性・健聴者)

“音を(触って)感じるのが初めてだったので、面白い体験だった。”(40代女性・健聴者)

“風の音に触ることができたのは新しい体験だった”(40代女性・健聴者)

“色んな振動があって面白かった”(10歳男性・健聴者)

7.4 考察

映像観察の結果から、アイスブレイクの「触感で挨拶」を行うことで、音を振動に変換する機能を十分に理解してもらった上でワークショップに取り組むことができた。ワークショップ序盤で体験者が時折見せたデバイスをイヤーマフに押し当

てる行動は、音を振動に変換する仕組みに対する興味が表れている。

単一指向性のマイクの特徴として、全指向性マイクと比較して音圧レベルが低下する。このことから、単一指向性マイク内蔵のデバイスをもった参加者は、作品の前で頻繁にデバイスの方向を変えていた。この行動は、マイクを向ける方向による振動の強さの違いを確認する行為であり、単一指向性のマイクの採用がさらなる探索行動を促す効果が得られる可能性を示している。しかしながら、鑑賞する作品の種類によっては、出力される振動が小さく鑑賞が難しかった可能性もある。例えば、パネル型スピーカー体験者の中には、イヤーマフをしながらもスピーカーに耳を近づける仕草をとっていた。この行動は、作品から発する音の有無を確認するための行動であると考えられる。全指向性マイク内蔵のデバイスを持った体験者の中にも、打楽器の演奏中にイヤーマフを外す行動が見られた。これは、聴覚で感じる音と触覚で感じる音の違いを感じるために行った行為であると考えられる。以上の考察より、本デバイスは一般的な楽器音や環境音の鑑賞においても一定の効果があることを確認した。

参加者の感想から「音程が分かりづらい」という指摘があった。現在のデバイスは、入力された音声信号をフィルタリングしてスルーし、振動出力に変換するというシステムの特性上、高音域が振動に変換されにくいという問題がある。この問題への対策として、高音域に対してピッチシフト処理を行い、高音域は本体上部、低音域は本体下部から振動呈示を行うことで、より広範な音高に対応できるよう改良を加えたい。

また、別の体験者のコメントから、音に触れるという感覚は日常で体感する機会が少ないため、体験自体は新鮮に捉えられたことが分かった。ワークショップ終盤では、風を中心とした「環境音」を感じる実践を行ったが、その内容に対しても肯定的な意見があった。10歳の子供の「いろいろな音があって楽しい」という意見は、子供であっても音もたらす振動のパターンに違いを感じたことを裏付けている。本実験の参加者は健聴者のみであったが、聴覚障害児が発達過程でこのデバイスを持つことによって、音の振動パターンを学習することに繋がり、音の存在に対して興味を持ち、能動的な聴取行動に繋がる可能性がある。

8 結論

本研究では、サウンドアートを触覚で鑑賞するデバイス「Touch the sound picnic」を開発し、ワークショップ及びユーザーテストによってシステムの有効性を検証した。探索行為のメタファーとして「懐中電灯」をモチーフにし、子供から大人まで持ちやすい形を目指してデバイス形状の検討を行った。ワークショップは広く音の聞き方を再定義することを目的とし「聴覚障害の有無を問わず、さわり心地で音の世界を探索する」というコンセプトで設計した。

ワークショップやパフォーマンスイベントに参加した聴覚障害者のコメントから、デバイスは音の存在を実感することを助け、作品やパフォーマンスへの興味を喚起する可能性を示した。また、ワークショップに参加した健聴者が、周りの音を遮るイヤーマフを取った瞬間「新しい音がきこえた！」と話す瞬間があった。このコメントはデバイスを一定時間体験することによって、肌で音を感じる感覚を覚えると、以降も感覚が持続して音の感じ方が変化する可能性を示している。

今後は広範な音高に対応するためのピッチシフト、及びアクチュエータを複数台使用し音高を呈示する手法を検討する。筆者らは現在も聴覚障害者のフィードバックを得ながらデバイスのアップデートを進めている。デバイスと共にワークショップも発展させて鑑賞体験を向上させ、本デバイスが美術館やコンサート会場などの施設に常設される状況を目指す。聴覚障害を持った方からは今後のイベントに是非参加したい、友人にも紹介したいという声が多く聞かれるため、新たなピクニック先(ワークショップの実施先)として、動物園やコンサート、ミュージアムでのワークショップ実施に向け、改良を続けていく。

謝辞

ワークショップの実施には、NTT インターコミュニケーション・センター [ICC]、及び浜松市文化振興財団の協力を頂いた。デバイスのデザインには、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科リサーチャーの柳原一也に協力を頂いた。

本研究は JST ACCEL 触原色に立脚した身体性メディア技術の基盤構築と応用展開(JPMJAC1404)の一環として実施された。

参考文献

- [1] NTT インターコミュニケーション・センター [ICC]
<http://www.ntticc.or.jp/ja/>
(ウェブ参照)
- [2] 山口情報芸術センター[YCAM]
<http://www.ycam.jp/> (ウェブ参照)
- [3] 視覚障害者とつくる美術鑑賞ワークショップ
<https://www.facebook.com/kanshows/>
(ウェブ参照)
- [4] パナソニック 汐留ミュージアム
<http://news.panasonic.com/jp/topics/151546.html>
(ウェブ参照)
- [5] 大内 進, 土肥 秀行, ロレッタ セッキ: イタリアにおける視覚障害児者のための絵画鑑賞の取組, 世界の特殊教育 20, pp.83-99, 2006. 視覚障害者に対するキャプション情報保証システム(日本語論文誌)

- [6] 藤原 新也: 彫刻に触れるとき, 用美社出版, 1985. (日本語著書)
- [7] 管野 奈津美, 大杉 豊, 小林 洋子: 美術館における聴覚障害者を対象とした鑑賞支援と情報アクセシビリティ, 筑波技術大学テクレポート Vol.24 (2) Mar, 2017. (日本語論文誌)
- [8] Rusconi E, Kwan B, Giordano BL, Umiltà C, Butterworth B.: Representation of Pitch Height, *Cognition* 2006 Mar;99(2), pp.113-29, 2005. (Journal or magazine citation)
- [9] Karam M, Russo FA, Fels DI: Designing the Model Human Cochlea: An Ambient Crossmodal Audio-Tactile display, *IEEE Trans Haptics*, Jul-Sep;2(3), pp.160-169, 2009. (Journal or magazine citation)
- [10] Galvin KL, Mavrias G, Moore A, Cowan RS, Blamey PJ, Clark GM.: A comparison of Tactaid II+ and Tactaid 7 use by adults with a profound hearing impairment, *Ear Hear* 20(6), pp. 471-82, 1999. (Journal or magazine citation)
- [11] 伊福部 達, 湊 博, 吉本 千禎: 心理物理実験によるタクトイル・ボコーダーの基礎的研究, *日本音響学会誌* Vol. 31, No.3, p. 170-178, 1975. (日本語論文誌)
- [12] Antenna
<http://antenna.jp/> (ウェブ参照)
- [13] Benjamin Petry, Thavishi Illandara, Suranga Nanayakkara. MuSS-Bits: Sensor-Display Blocks for Deaf People to Explore Musical Sounds. In Proceedings of the Annual Meeting of the Australian Special Interest Group for Computer Human Interaction (OzCHI '16). ACM, New York, NY, USA, pp.72-80, 2016. (Journal or magazine citation)
- [14] Yukari Konishi, Nobuhisa Hanamitsu, Benjamin Outram, Kouta Minamizawa, Tetsuya Mizuguchi, Ayahiko Sato: Synesthesia suit: the full body immersive experience. Proceedings of SIGGRAPH '16 ACM SIGGRAPH 2016 VR Village, Article No. 20, 2016. (Journal or magazine citation)
- [15] "Touch the invisibles"
http://archive.j-mediaarts.jp/festival/2008/art/works/12a_touch_the_invisibles/ (ウェブ参照)
- [16] Kanebako J, Minamizawa K. VibGrip++: Haptic device allows feeling the music for hearing impaired people. *Haptic Interaction - Science, Engineering and Design*. Vol. 432. Springer Verlag. pp. 449-452, 2016. (Journal or magazine citation)
- [17] エヴリン・グレニー: Touch the Sound, ポニーキャニオン出版, 2007. (日本語映像文献)
- [18] Sari LevaEnen, Dorothea Hamdorf: Feeling vibrations: enhanced tactile sensitivity in congenitally deaf humans. *Neuroscience Letters* 301, pp.75 – 77, 2001. (Journal or magazine citation)
- [19] ICC キッズ・プログラム 2017 オトノバ 音を体感するまなび場
<http://www.ntticc.or.jp/ja/exhibitions/2017/icc-kids-program-2017-oto-no-ba-sound-digging-with-the-senses/>
(ウェブ参照)
- [20] ICC オープン・スペース 2017 未来の再創造
<http://www.ntticc.or.jp/ja/exhibitions/2017/open-space-2017-re-envisioning-the-future/>
(ウェブ参照)
- [21] 金箱 淳一, 南澤 孝太: 振動呈示デバイスを用いたサウンドアート鑑賞「Touch the sound picnic」, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2017-AAC-4(9), pp.1-5, 2017. (日本語論文誌)
- [22] サウンドデザインフェスティバル in 浜松 2017
<http://www.hcf.or.jp/sdf2017/>
(ウェブ参照)

機械学習を利用した脳卒中の簡易判別システムの開発

大橋 博明¹・青木 満¹・徐 向陽¹・重田 恵吾²・米盛 輝武³
松本 省二^{4,5}・小山 裕司¹

Development of a Handy Stroke Discrimination System using Machine Learning

Hiroaki Ohashi¹, Michiru Aoki¹, Xiangyang Xu¹, Keigo Shigeta²,
Terutaka Yonemori³, Shoji Matsumoto^{4,5} and Hiroshi Koyama¹

Abstract

Stroke is a major cause of death in Japan, and this is one of the main reasons that require nursing care. In case of emergency transport of a patient who is suspected of a stroke, it is necessary to start appropriate treatments immediately after onset, and it is preferable to transport to a facility that performs specialized medical stroke care.

There are several prehospital stroke scales that specify observation items and their evaluation methods for discriminating a potential stroke in the prehospital setting. In this paper, we report our development of a handy stroke discrimination system using machine learning utilizing prehospital stroke scales, to support discrimination of potential stroke in the prehospital period.

Keywords: Prehospital, Stroke Scale, Cloud Technology, Machine Learning

1 はじめに

脳卒中は、単一疾患では最も多い疾患であり、介護が必要となる主な原因の1つである[1]。そのため、医療費負担もかなり高額となる[2]。脳卒中は、発症後できるだけ早期に初期治療を受けることが、生存率や社会復帰率の向上に必要である。脳卒中発症後、初期治療までの時間を短縮することができれば、患者の予後の改善だけでなく、患者家族の家計負担や国家の財政負担軽減につながる。

初期治療までの時間を短縮するには、早期に脳卒中疑い例を判別し、専門的医療を行う施設に直接搬送することが効果的である。救急救命活動で傷病者が脳卒中かどうかを判別する基準として、様々な病院前脳卒中スケール(Prehospital Stroke Scale)が存在する。病院前脳卒中スケールは、いくつかの観察項目を確認することで、患者の脳卒中の判別や、脳卒中の重症度が評価できる。

日本では現在、CPSS(Cincinnati Prehospital Stroke Scale)、TOPSPIN(TOYOTA Prehospital Stroke Scale for t-PA Intravenous Therapy)、SPSS(Shonan Prehospital Stroke Scale)などの病院前脳卒中スケールが脳卒中判別に使用されており、どのスケールを使用するかは医療体制などの違いを考慮し地域毎の搬送基準の中で

定められている。

スケールの精度としては、東京都が平成22年2月の1週間に救急車が利用された傷病者10,109件に対しCPSSを適用し実証検証をおこなっている[3]。結果は、脳卒中診断に対する陽性的中率59.6%、感度82.4%、特異度97.9%であった。同様の調査を平成24年2月の1週間にも実施し、結果は、10,238件の傷病者に対し陽性的中率60.4%、感度70.8%、特異度98.4%であった。また、TOPSIPINの脳卒中的中率は72%、SPSSの感度は84.1%と公表されているが[4-5]、検証環境や公表されているデータの母数、対象となるデータの切り出し方が違うため、3つのスケールを比較し脳卒中を判別するスケールとしての特徴や違いを知ることができない。

今回の目的は、これら3つのスケールを同一のデータを用いて比較しそれぞれのスケールの特徴を明らかにし、そのうえで、これらのスケールを凌ぐ精度をもつ脳卒中判別モデルを機械学習により特定し、簡易に利用できるようWebアプリケーションとして開発することである。

Received on September 15, 2018

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 災害医療センター, Disaster Medical Center (Department of Neurosurgery)

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

4 藤田医科大学, Fujita Health University (Department of Comprehensive Strokeology)

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

2 脳卒中判別モデルの構築

2.1 患者データ

今回使用したデータは、2016年7月から2017年2月の間に災害医療センターに救急搬送された脳卒中A患者153症例であり、平野らがおこなった調査で使用した100症例[6]に、更に53例の症例を追加し実施したものである。このデータは、先に示した3つのスケールに、MPSS (Maria Prehospital Stroke Scale), KPSS (Kurashiki Prehospital Stroke Scale), RACE (Rapid Arterial Occlusion Evaluation), LAMS (Los Angeles Motor Scale), FACE2-AD (FACE to Acute Delivery Score)の5つのスケールを加えた8つのスケールについて、スケール間の重複を除いた観察項目による観察結果が入力されており、更に、性別などの個人属性、最終的に脳卒中であったのかの診断が紐づけられている。

2.2 3つのスケールの精度比較

公表されているデータにもとづき、各スケールの脳卒中かどうかの判別基準を以下のように設定した。

- CPSS：観察項目のうち、1つでも異常がある[3].
- TOPSPIN：観察項目のうち、1つでも異常がある[4].
- SPSS：突然の発症で、片側の麻痺、顔面の麻痺、異常な言語の3つのいずれかに異常がある[5].

各スケールで利用する観察項目を表1に示す。

表1 各スケールで使用する観察項目

	CPSS	TOPSPIN	SPSS
観察項目	顔面のゆがみ	意識状態	発症時期
	上肢の麻痺	心房細動	片側の麻痺
	構音障害	名前を聞く	顔面の麻痺
		両上肢を挙上させる	異常な言語
		両膝を屈曲させる	

2.3 機械学習による脳卒中判別モデルの構築

脳卒中判別に用いる必要最低限の観察項目とその最適な組み合わせを特定する方法として、目的変数を脳卒中の診断結果、説明変数を観察項目とし、Pythonの機械学習用ライブラリ scikit-learn を利用し決定木を構築した。特徴量の絞込みについては、初めに救急車の中で救急隊が確認できるかどうかの視点で絞りこみ、次に観察項目の相関を確認しながら最終的な確度が高くなる組み合わせとなるようおこなった。観察項目間の相関を確認し特徴量を特定する作業は、脳や人体についての専門的な知識が必要で、手作

業での作業となった。データの属性および患者データの評価方法、および、最終的に特定された観察項目を表2に、モデルとなる決定木を図2に示す。

3 Stroke Checker の開発

今回我々が開発した Stroke Checker は、救急隊が急性期脳卒中患者の脳卒中判別を容易に精度良くおこなうことを支援するための Web アプリケーションである。救急車での利用を想定し、暗い車内でも見やすいよう、文字サイズや色の組み合わせなどに配慮した。また、押し間違えなどの誤操作を防ぐために大きなボタンサイズとしている。Stroke Checker の入力画面を図1に示す。

図1 Stroke Checker の利用画面

3.1 利用と判別

Stroke Checker のシステム構成図を図3に示す。

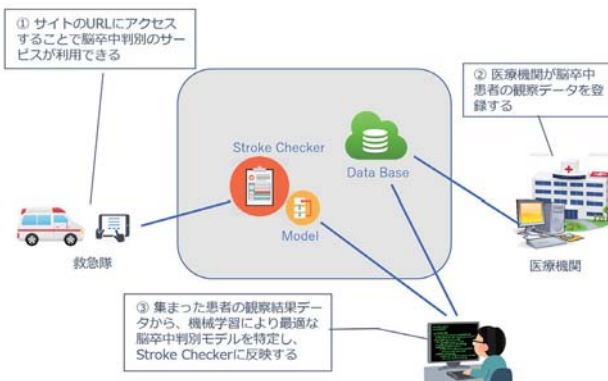


図3 Stroke Checker のシステム構成図

- ① 利用者である救急隊は、Stroke Checker の Web ア

表 2 データの属性および患者データの評価方法

属性	患者データ評価方法	備考
発症後時間経過	確認できない場合が考えられるので不採用	
症状・主訴	複数の組み合わせなどが考えられるので不採用	
既往	確認できない場合が考えられるので不採用	
性別	男性:0, 女性:1	モデルの観察項目に採用
拡張期血圧(mmHg)	80 未満:0, 80 以上 100 未満:1, 100 以上:2	モデルの観察項目に採用
JCS	0~3:0, 10~30:1, 100~300:2	
共同偏視	無し:0, 有り:1	
名前の確認	正解:0, 不正解:1	モデルの観察項目に採用
年齢の確認	確認できない場合が考えられるので不採用	
従命	正解:0, 不正解:1	
麻痺(顔面・四肢)の左右	左右差無し:0, 有り:1	モデルの観察項目に採用
握力の低下	無し:0, 有り:1	
顔面麻痺	無し:0, 有り:1	
上肢麻痺	無し:0, 有り:1	
下肢麻痺	無し:0, 有り:1	
失語構音障害	無し:0, 有り:1	モデルの観察項目に採用
失認	無し:0, 有り:1	
心房細動	無し:0, 有り:1	モデルの観察項目に採用
痙攣の既往	確認できない場合が考えられるので不採用	
ADL	確認できない場合が考えられるので不採用	
診断	クモ膜下出血:0, 脳主幹動脈閉塞症:0, 脳出血:0, その他脳梗塞:0, 脳卒中以外:1	

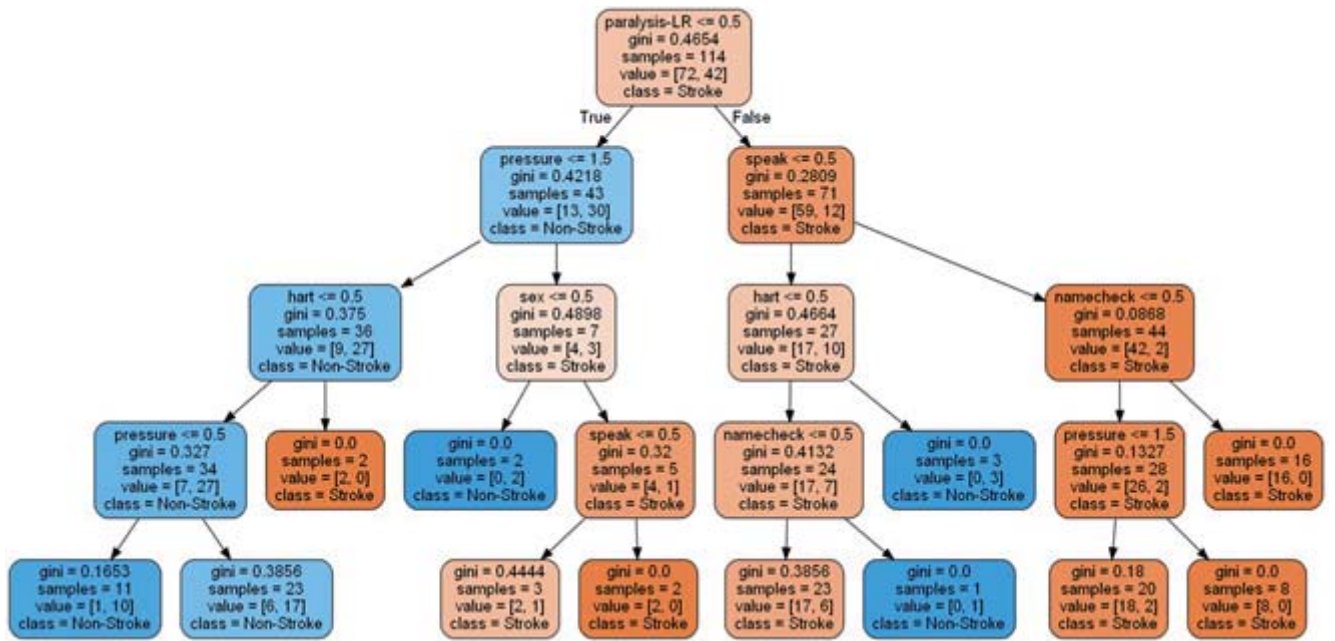


図 2 脳卒中を判別する決定木モデル

アプリケーションにアクセスすることで、脳卒中判別のサービスを受けることができる。ブラウザ上に表示される6つの観察項目に対する問いに答えると、図4の4段階で脳卒中を判別する。ここで、「3. 脳卒中の可能性はある」は、確度としては「1.」および「2.」と比較して脳卒中以外の可能性が高いという評価であるが、脳卒中の可能性のある患者はなるべく脳卒中の専門医療機関に運んだ方が良く、脳卒中の可能性があると表示することとした。



図 4 脳卒中判別の4段階表示

- ② 脳卒中判別精度や確度を改善していくには、機械学習のもととなる患者データの量が鍵となる。患者データを蓄積していくための仕組みとして、データ解析に必要な患者データを医療機関に入力してもらうためのインターフェースと、蓄積するデータベースを用意した。
- ③ 脳卒中を判別するモデルは、Stroke Checker 内に実装されている。現状、蓄積されたデータを自動で解析し決定木として構築する機能はなく、人手により脳卒中判別のモデルとなる決定木を都度機械学習により構築する必要がある。

4 考察

各脳卒中スケールを患者データに適用した結果および構築したモデルの予測精度を表3に示す。

3つのスケールを比較すると、CPSSは感度を除く4つの指標で一番値が高いが、感度も他の2つのスケールに遜色ない値である。TOPSPINは感度で一番高い値となったが、特異度で10%前後他の2つに劣る。SPSSは、他の2つより秀でた指標はないものの、全ての指標で他の2つと遜色ない結果となった。

我々が構築したモデルは、今回の153例の患者データにおいて、全ての指標で3つのスケールを上回っており、5分割交差検証の平均値81.7%と比較しても、3つのスケールで一番確度の高かったCPSSを6%上回る。

観察項目数としては、CPSSが3項目、SPSSが4項目、TOPSPINが5項目、我々が特定したモデルは6項目で最多となった。ただし、観察項目の内容としては、性別や拡張期血圧など、救急救命活動の初期に確認する疾病観察の内容が2つ含まれているなど、救急隊が利用するうえで負担が生じるような項目はなく、また項目数も多すぎると感じるほどではないと考える。

本アプリケーションを使用することで、救急現場で脳卒中疑い例を的確に判別し、適切な医療期間への搬送が可能となれば、多くの脳卒中患者の初期治療までの時間がより短縮できる可能性がある。

5 結言

今回我々はStroke Checkerの開発を通じ、高い確度で脳卒中を判別できる決定木モデルを特定することができ、簡易な脳卒中判別システムとしてクラウドに実装することができた。今回は、特定のエリアの限られた数の患者データでの検証を行ったが、今後は広く協力者を募り、Stroke Checkerの確度や精度の向上に努めるとともに各脳卒中スケールの特徴をより広範囲なデータで検証することを想定している。

表 3 各スケールの患者データ適用結果と構築した決定木モデルの性能

	陽性的中率	陰性的中率	感度	特異度	確度
CPSS	79.2%	69.2%	83.3%	63.1%	75.8%
TOPSPIN	74.7%	69.0%	86.5%	50.9%	73.2%
SPSS	77.6%	68.0%	83.3%	59.6%	74.5%
構築したモデル (トレーニングデータ：114例) (テストデータ：39例) (5分割交差検証の平均値)	87.8%	82.5%	90.3%	78.6%	85.1% 84.6% 81.7%

本稿は、文献[7]をもとに加筆修正したものである。

参考文献

- [1] “脳血管疾患の年間医療費は1兆7,821億円 平成26年度 国民医療費の概況”。
<http://www.seikatsusyukanbyo.com/statistics/2016/009225.php>, (参照 2018-02-13)
- [2] “資料1 脳卒中に係るワーキンググループ 開催要綱”, 厚生労働省, 参照先:
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000133906.html>
- [3] 日本臨床救急医学会:1.脳卒中の評価法(ストロークスケール), PSLS コースガイドブック 2015, 東京, へるす出版, 2015, pp.174-177.
- [4] 辻裕丈, 近藤直英ら. TOPSPIN:TOYOTA Prehospital stroke Scale for t-PA Intravenous therapy (経静脈的t-PA 療法のためのトヨタ脳卒中プレホスピタルスケール)を用いた救急隊との前方連携, 脳卒中, 2008, 第30巻 第5号, pp.651-659.
- [5] 湘南地区メディカルコントロール協議会:病院前脳卒中スケールによる脳卒中の判別に関する研究 研究報告書, 2011, pp.6-15.
- [6] 平野湧一郎, 重田恵吾ら, 救急隊のための Prehospital Diagnosis Application (PDAP)の開発, 第26回脳神経外科手術と機器学会, 2017.
- [7] 大橋博明, 青木満, 徐向陽, 重田恵吾, 米盛輝武, 松本省二, 小山裕司: 機械学習を利用した脳卒中の簡易判別システムの開発, 情報処理学会 第11回高齢社会デザイン研究発表会, 2018.

第3 新近代論—金融オーナーシップ型発展戦略の文明的背景

前田 充浩*

The Model of the Third Modernization : the Historical Background of the Financial Ownership Developing Economies

Mitsuhiro Maeda*

Abstract

The author, under the cooperation of SADC-dfrc (Southern African Development Community – Development Finance Resource Centre) and DBSA (Development Bank of Southern Africa), has been trying to establish a new developmental strategy for southern African region in the 21st century since 2013. The newly compiled developmental strategy is named ‘Financial Ownership Development’, mainly based on the initiative taken by regional networks of sovereign and sub-sovereign financial organizations. This strategy targets new industries, including finance and education industries, and thus differs with an authentic strategy taken in the East Asia in the 20th century targeting assembly-type manufacturing industries. This paper aims at compiling the original long-range framework of modernization, in order to supply a reference of considering the effectiveness of the new strategy, by the methodology of reforming the Modernization Theory of Info-socionomics by the concept of globalization (inclusion) of the World Systems Theory.

Keywords: Developmental Strategy, Financial Ownership, Southern Africa, Modernization, Globalization, Inclusion, the World Systems, Info-socionomics

1 背景

1.1 問題の所在

本研究の目的は、21世紀の南部アフリカ地域(注1)を対象とする適切な発展戦略構築のための理論的なモデルを構築することにある。具体的には、情報社会学近代化局面論と世界システム論とを組み合わせることにより、そのような理論的なモデルを独自に構築することを企図する。

筆者は2013年以降、南部アフリカ開発銀行(DBSA : Development Bank of Southern Africa)及び南部アフリカ開発共同体(SADC : Southern African Development Community)開発金融協会(dfrc : Development Finance Resource Centre)と連携し、南部アフリカ地域を対象とした独特の発展戦略の構築に取り組んでいる。数年間に亘る共同研究の結果、金融オーナーシップ型発展戦略、と我々(筆者及びSADC-dfrc)が呼ぶ、独特の発展戦略のモデルを構築しつつある。これは、現下、アフリカにおける開発銀行、及びそのネットワークにおいて進められているアフリカのSDGs(Sustainable Development Goals)達成のための取り組みをモデル化したものであり、SADC-dfrcのみならず、各国の開発銀行とも調整を進めているものである。

金融オーナーシップ型発展戦略とは、アフリカにおける開発銀行の地域的な、すなわち所在国を超えるネットワークを構築し、各国民国家ではなく、そのネットワーク自体が独立して政策を企画立案し、CNV(Commercially Non-viable: 商業性が成立しない)ファイナンスを提供することにより、その政策を実現していく、というものである。これが本格的に実現すれば、近代史上初、になるものであり、先例は存在しない。

この発展戦略に基づく各種の政策を実際に構築しようとする際に課題となるのが、この発展戦略の正当性を説明する、文明的な枠組み、すなわち近代化の局面遷移に関するモデルの提示である。近代化の構造、遷移の過程等に関する包括的なモデルを前提にしない限り、世界に先例のない、この金融オーナーシップ型発展戦略の適切性を判断することができないためである。

近年では、Industrie4.0論、Society5.0論等、ある種の近代化局面遷移論が幾つも提示されており、それらは実際に幾つかの先進国の政策立案の際に依拠すべきモデルとして採用されている。例えば現在日本政府はSociety5.0論に

Received on September 14, 2018

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

基づく各般の産業政策を展開している(注 2)。

一方、21 世紀南部アフリカ地域は、少なくとも現在から暫くの間は、世界システムの中では先発国に追い付こうとする後発国の地位にあり、後発国特有の制約を多く受けることになる。このため、それらを直接南部アフリカ地域の発展戦略の検討において採用することには大変な無理がある。Industrie4.0 論、Society5.0 論等は世界システムの中で先発国(中心)のみに焦点を当てたモデルであり、先発国に追い付こうとする後発国の動きを適切に説明できないためである。

ウォーラーステイン(Wallerstein, Immanuel)の世界システム論は、世界を先発国(中心)と後発国(周辺)の 2 つの地域に分割し、前者が後者を近代資本システムに包摂(inclusion)していく過程として近代化の動きを捉える(注 3)。この場合、後発国は受動的に近代資本システムに包摂されるだけではなく、様々な創造性を発揮して、近代化を短期間のうちに成功させ、中心への追い付きを成功させる。急速な近代化を推進し、後発国が先発国に追い付くために発揮する創造性を筆者は、「追い付き創造性」と呼んでいる(注 4)。21 世紀の南部アフリカ地域の経済発展を考える場合、この「追い付き創造性」が重要な役割を果たすことになると考えられる。

南部アフリカ地域が 21 世紀初頭に置かれた歴史的な特殊性を十分に考慮し、かつ当該地域に適切な「追い付き創造性」のあり方を検討するための枠組みを構築するためには、既存の近代化局面論を援用するだけではなく、上記のような世界システム論のダイナミズム、特に周辺による中心への追い付きの動きを組み込んだ、独自の近代化局面論を構築する必要がある。本研究で取り組むのは、そのような独自のモデルである。それを、情報社会学の近代化局面遷移論に世界システム論を組み合わせることで構築しようとするものである。

1.2 DBSA 及び SADC-dfrc との共同研究の経緯

本研究に関する筆者と南部アフリカ地域関係者との共同研究の経緯は、以下のようなものである。

発端は、2013 年に横浜で開催された TICAD V (Tokyo International Conference on African Development: アフリカ開発会議)である。この会議の場で筆者は DBSA 幹部(注 5)との会談の機会を得た。

1993 年に開始された TICAD は、5 年間に 1 度、東京にアフリカ諸国首脳を集め、日本との協力関係強化について協議する場である。地政学的に見れば、日本がアフリカ諸国に勢力圏を構築することを目的にした会合であるということになる。1990 年代初頭においては、東西冷戦終結後、移行経済圏諸国である東ヨーロッパ諸国を EU に統合するために多額のコスト負担を強いられたため、東西冷戦中に行っていた

アフリカ諸国に対する援助を激減させた。TICAD は、当時経済が好調であった日本が、その「真空」に乗じて、国際連合常任理事国入り等の外交課題に対するアフリカ諸国の支持を狙って開始したものであると見ることができる。

問題は、中国が、2000 年に同様に中国首脳とアフリカ諸国首脳との協議の場である FOCAC (Forum on China-Africa Cooperation: 中国アフリカ協力フォーラム)を開始し、両者は競争状態にあることである。拙稿(注 6)で分析したように、開発援助総額または企業の投資額の数字を見ると、日本は中国に対して大きく後塵を拝している。このため 2008 年の TICAD IV 以降、日本政府は、TICAD は単に開発援助または企業の投資についての協議の場ではなく、日本政府が、日本の経験を踏まえてアフリカ諸国に対して発展戦略の教示を行う場でもある、とすることとした。カネに加えて、智慧も授ける、ということである。

2008 年の TICAD IV 及び 2013 年の TICAD V において日本政府が設定した智慧とは、「東アジアの成功体験をアフリカへ」(以下、本稿ではこれを TICAD テーゼ、と呼ぶ。)というものであった。この場合の東アジアとは、明確に ASEAN 諸国を念頭に置いている。日本は 1970 年代以降、ASEAN 諸国に対して、日本型の発展戦略の適用に関して各種の援助を全面的に展開してきた。それが以降の ASEAN 諸国の目を見張る経済的成功の大きな要因となった(と、日本政府は考える。)。すなわち TICAD テーゼで言う「東アジアの成功体験」とは、日本政府が ASEAN 諸国に対して実施した各種の支援の成功、のことであると言える。そのような 1970 年代以降に日本が ASEAN 諸国に対して実施してきた支援を、今度はアフリカ諸国に対しても展開するというのである。

ASEAN 諸国が 1970 年代以降 20 世紀の間に、急激な経済成長を成功させたことは確かである。図表 1 に示す通り、その期間、アフリカ諸国、特に南部アフリカ諸国は停滞し、20 世紀末においては両者の間には大変に大きな格差が発生した。この格差は多くの開発関係者が強く認識するところとなり、20 世紀末から 21 世紀初頭においては、サハラ以南アフリカ諸国の発展が世界の開発援助政策の最重要課題として取り上げられた。

代表的な動きが、2000 年にミレニアム国際連合総会で 149 か国の国家元首によって合意され、以降 15 年間の世界の開発援助の基本的な方向を定めたミレニアム開発目標(Millennium Development Goals: MDGs)である。これは、最上位の目標として、2015 年の世界の貧困人口(1 日当たり 1.25 ドル以下で生活する人々)比率を 1990 年時点の半分以下、すなわち 29% から 14.5% に削減することを設定した。その他に、初等教育の完全普及、ジェンダーの平等、女性のエンパワーメントの達成、子供の死亡率削減、妊産婦の健康の改善、HIV/エイズ、マラリアなどの疾病の蔓延防止、持続可能な環境作り、及びグローバルな開発パートナーシッ

プの構築(政府開発援助(ODA)の増額, 市場アクセスの拡大, 債務管理)の合計 8 つの目標を設定している。これらの目標が, 主としてサハラ以南アフリカ諸国を念頭に置いたものであることは否定し難い。1990 年時点においてそれらの問題を深刻に抱えていたのはサハラ以南アフリカ諸国であったためである。

図表 1. 発展途上国の一人当たりGNIの推移

出典: World Bank Atlas (2010年, 2015年は World Economic Outlook)を参考に筆者作成
Per capita GNI
単位はドル

	1970年	1985年	2000年	2010年	2015年
中国	160	280	840	4,382	7,990
韓国	250	2,260	9,010	20,591	27,195
フィリピン	210	530	1,030	2,007	2,886
タイ	200	810	2,010	4,992	5,742
インドネシア	80	530	570	3,015	3,362
マレーシア	380	1,940	3,390	8,423	9,557
ベトナム	200	130(1990)	380	1,174	2,088
インド	110	290	450	1,265	1,617
ガーナ	310	340	330	1,312	1,340
モザンビーク	240	260	210	458	535
ジンバブエ(ローデシア*)	280*	760	440	594	1,064
象牙海岸	310	640	690	1,036	1,315
ルワンダ	60	270	260	562	732
タンザニア	100	240(1978)	270	548	942
ケニア	150	300	350	809	1,388
セネガル	230	370	500	981	913
モロッコ	230	610	1,180	3,249	3,079
アルジェリア	300	2,460	1,580	4,435	4,318

一方, DBSA 幹部が挙げたのは, 次の問題である。図表 1 にも現れているように, 20 世紀中は停滞を続けた南部アフリカ地域の中には, 21 世紀に入ってから相当順調な経済成長を成功させる国々が幾つも出てきている。南部アフリカ地域の目から見ると, 21 世紀の南部アフリカ地域は決して 20 世紀後半のような停滞の時期にはならない。

では, 21 世紀における南部アフリカ地域の経済成長を牽引しているメカニズムは何かと言うと, 「東アジアの成功体験」という言葉によって多くの人々がイメージする「アセンブリー系製造業における労働集約型工業化」であるとは言えない。したがって日本政府が, 21 世紀の南部アフリカ地域を対象に, 1970 年代以降 20 世紀中に ASEAN 諸国において実施したようなアセンブリー系製造業に特化した支援を実施しようとしているのであれば, その有効性については大きな疑問が生まれることになるのである。

それでは日本は TICAD テーゼによって, 何をアフリカに支援しようとしているのか。これが DBSA 幹部の問いである。

更に DBSA 幹部からは, 2013 年の時点で南部アフリカ地域においては開発金融の面で新たな取り組みをしており, その取り組みを基盤とした地域全体の発展戦略構築に取り組んでいるとの紹介があった。

以上のような DBSA 幹部との協議を踏まえ, 2015 年 7 月には東京で 2 日間に亘って, 21 世紀の南部アフリカ地域における発展戦略のあり方をテーマにして, DBSA と産業技術大学院大学前田研究室の共催のワークショップを開催した。

このワークショップの最大のテーマは, 地球上の全ての国々が, 同じ過程を経て近代化を進めていかなければならない, とするリニアな近代化史観の検討である。リニアな近代化史観に立つ限り, 南部アフリカ地域は, 21 世紀においても,

先発国から見れば遥かに遅れ, かつ東アジア諸国に比べても大きく劣後する地位に甘んじなければならず, また 21 世紀の南部アフリカ地域においても, 近代化の推進は, 先行する東アジア諸国を成功に導いた「アセンブリー系製造業における労働集約型工業化」から開始しなければならないことになる。

ワークショップにおける議論の結果, そのようなリニアな近代史観は適切ではなく, 21 世紀の南部アフリカ地域においては, 新しい主体によるイニシアティブによって, 新しい主導産業の育成に取り組むべきであるとの結論を得た。具体的には, その新しい主導産業とは, 現時点で南部アフリカ地域において高度に発達しつつある, 様々な新しい金融技術を活用したファイナンス産業が候補になるとの結論を得た。

更に, TICAD テーゼに言う「東アジアの成功体験」, 端的には ASEAN 諸国の成功, とは, 主導産業(この場合はアセンブリー系製造業)の発展のことだけを意味するのではなく, 発展戦略の推進体制に関する概念でもあるのではないかと, との結論を得た。すなわち, 20 世紀末以降の ASEAN 諸国の成功とは, 主導産業の育成にイニシアティブを採った主体に関する方法論の成功をも意味していると考えられる, というものである。

1970 年代以降の ASEAN 諸国においてアセンブリー系製造業の大成功がもたらされた理由としては, 各国において優れた発展戦略の構築及びそれに基づく各種の政策の実施がなされたことに加え, 地域機構 ASEAN という主体(情報社会学の用語を用いれば, 統合国家)が重要な役割を果たしたことが挙げられる。

東西冷戦終結後の 1990 年代においては, 発展途上国及び移行経済圏諸国にとって最重要の課題は, 先進国の多国籍企業の投資受け入れであった。先進国の多国籍企業にとって魅力的な投資環境整備を進めることが重要であり, そのために発展途上国及び移行経済圏諸国の多くは, 投資環境整備に関する事実上の教科書であるワシントン・コンセンサス(注 7)を真摯に順守していくこととなった。

後にその過程を詳細に見ていくように, ライバルである他の発展途上国及び移行経済圏諸国が, 各国単位で投資環境整備を進めていく時期に, 1992 年以降の ASEAN 諸国は, 地域機構 ASEAN の強力なイニシアティブによって市場統合を進めていき, 2015 年末には経済統合を実現した。市場統合を前提にすれば, 先進国の多国籍企業は ASEAN のどこか 1 か国に投資すれば, ASEAN 全域の市場へのアクセスが容易になることのため, 市場統合は, 先進国の多国籍企業の投資先決定において極めて大きな意味を持つことになった。1990 年代から 21 世紀初頭にかけては, 先進国の多国籍企業受け入れの競争を展開している発展途上国及び移行経済圏諸国の中で, 実質的な市場統合の方針を打ち出していた地域機構は ASEAN だけであったため, 結果と

して市場統合を進める ASEAN 諸国への投資が大きく進むこととなった。

南部アフリカ地域においても、地域機構の設立は進んでいる。その代表が、SADC である。1992 年の SADC 設立に繋がる最初の組織は、1974 年に設立された、フロント・ライン諸国(FLS:Front Line States)である。これは、南アフリカにおいて実施されていたアパルトヘイト制度が独立後間もない自国に流入しないようにするための「前線(フロント・ライン)」を意味するものであり、安全保障同盟としての色彩の濃いものであった。当面の課題は、ジンバブエ解放闘争の支援であった。これが、1980 年にはジンバブエが成立したことを受けて、経済的な目的を追求する南部アフリカ開発調整会議(SADCC:Southern African Development Coordination Conference)に改組された。更に、南アフリカにおけるアパルトヘイト政策廃止を受けて、市場統合を目的に掲げる SADC に改組された(南アフリカ加盟は 1994 年。)。

SADC の、当初は安全保障上の目的で設立され、後に経済上の問題を中心的な課題に設定し直したという経緯は、ASEAN と同様であると言える。ASEAN は 1967 年に東南アジアにおける反共同盟として設立され、1984 年には経済関係会合を設置し、1992 年以降は市場統合を主目的とした。

また DBSA は、それ自体は地域機構ではないものの、SADC 加盟国全域を対象とする MDBs (Multilateral Development Banks: 多国籍開発金融機関)である。

したがって、地域機構 ASEAN が ASEAN 諸国の経済発展において果たした役割を分析するならば、21 世紀の南部アフリカ地域における地域機構にも適用可能な重要な示唆が得られることが考えられる。そのような示唆を「東アジアの成功体験」の内容として捉えることができる。これがワークショップの結論であった。

2016 年 8 月には、ナイロビで TICADVI が開催された。TICADVI においては、アフリカの発展戦略に関する日本とアフリカの対照的な考え方が提示された。

日本政府は TICADVI においても、引き続き日本がアフリカに伝授すべき智慧として TICAD テーゼを踏襲し、その具体的な方法として、KAIZEN (改善) 手法のアフリカ企業への適用を提案した。KAIZEN は、基本的にアセンブリー系製造業の製造現場における改善であり、したがって KAIZEN を最大のテーマとして設定するということは、TICADVI の時点においても日本政府は基本的にアフリカにおける「アセンブリー系製造業における労働集約型工業化」を支援するという意向を持っていたと見ることができる。

セミナーでは、日本が 1970 年代以降 ASEAN 諸国に対して実施した KAIZEN に関する技術協力の詳細が説明され、希望するアフリカ諸国に対して同様の技術協力を展開する準備があることが述べられた。

これに対してアフリカ側が用意したのが、開発金融における地域的協力の枠組み造りである。筆者がアフリカ側推薦のパネリストとして招かれたのは、“Towards expanding and Deepening Partnership through DFIs by Global and Regional Cooperation”というテーマのサイド・イベント・セミナーであり、2016 年 8 月 26 日に開催された。このセミナーを企画したのは、SADC-dfrc である。

このセミナーの問題意識は、以下のようなものである。第 1 に、21 世紀の南部アフリカ地域においては、主導産業としてはアセンブリー系製造業の果たす役割は限定的なものとなり、この点が 20 世紀後半における東アジア諸国とは大きく異なったものとなると考えられる。

第 2 に、21 世紀の南部アフリカ地域の経済成長においては、個別の国民国家のみならず、地域機構が重要な役割を果たすことになると考えられる。更に、地域機構についても、各国政府の協議の場としての地域機構だけではなく、SADC における dfrc のような、比較的独立性の高い地域的なネットワークが果たす役割の重要性についても大きく着目されることになる。

このような問題意識に則り、セミナーでは共同提案(Joint Resolution)が取りまとめられた。その内容は、アフリカ全域で、地域(注 8)内、及び地域間の開発銀行のネットワークの連携を一層促進すべきだ、というものである。

なお、この共同提案の内容は、TICADVI 直後(2016 年 11 月 2~4 日)にハボロネで開催された第 3 回世界開発銀行総裁会合(3rd Joint CEO Forum of the World Federation of Development Finance Institutions(WFDFI))においても議論されることとなり、筆者も参加した。なお、この会合のテーマは、“DFIs Sustaining Relevance in the Age of Disruption”であった。

これらの動きを踏まえ、現在筆者は、SADC-dfrc とともに、共同提案で述べられた内容を金融オーナーシップ型発展戦略という発展戦略にモデルとして取りまとめる研究を進めている。以上の経緯からも明らかなように、この発展戦略は、南部アフリカ地域の主体が独自に考案しつつあるオリジナルなものであり、かつ世界で先例を見ないものである。

2 第 3 新近代論

2.1 情報社会学近代化局面論

金融オーナーシップ型発展戦略が 21 世紀の南部アフリカ地域において有効なものであるかどうかを検討するために必要な、近代化に関するモデルの構築を、筆者は、情報社会学近代化局面論に世界システム論を組み合わせることにより試みる。

情報社会学近代化局面論を構築したのは、情報社会学を開始し、自ら初代情報社会学会会長を務めた公文俊平(以

下、公文)である。公文は、1970年代より、国家化、産業化及び情報化の3つの動きの重畳(super-imposition)として近代化を捉えるという独自の近代化論を開始し、2000年に、近代化論を骨格の1つとする情報社会学を開始した。情報社会学の研究対象は広範に亘るものの、本稿では、その中の近代化論、特に近代化局面論のみについて見ていく。

公文の最新の著作(注9)、及び2013年から2016年にかけての産業技術大学院大学における公文の集中講座の内容を筆者が要約すると、情報社会学近代化局面論は以下のようにまとめられる。

第1の構造は、近代化を、国家化(nationalization)、産業化(Industrialization)及び情報化(Informatization)の動きの3つの重畳として捉えることである。

世界では従来よりある種の近代化局面に関する局面遷移論が少なからず展開されてきたものの、それらの大半は、産業化の動きに特に注目して構築されたものであったと言える。これに対して、産業化と並行して進展する動きとして、国家化及び情報化の2つを捉え、3つの動きの重畳として近代化を捉えるところが情報社会学近代化局面論の大きな特徴である。

国家化、産業化及び情報化は、近代という文明史上の大きな動きを構成する、3つの「独立した」社会ゲームであるとされる。社会ゲーム、とは、ある種の主体型システムがある価値を追求してルールに基づいた競争を展開することにより、世界の中に特有の非主体型システムが生み出される過程のことである。

国家化とは、国民国家という主体型システムが、国威(自国の他国に対する影響力)の増大と発揚という価値を求めて外交上のルールに基づいた競争を展開し、その結果世界の中に国際社会、という非主体型システムが生み出される社会ゲームである。

産業化とは、産業企業という主体型システムが、富という価値を求めて財・サービスの生産・販売というルールに基づいた競争を展開することにより、世界の中に世界市場、という非主体型システムが生み出される社会ゲームである。

情報社会学近代化局面論では、情報化も、このような枠組みの社会ゲームとして捉える。すなわち情報化とは、情報智民(empowered citizens)という主体型システムが、智の獲得と発揮という価値を求めて、情報社会における秩序に基づいた競争を展開することにより、世界の中に地球智場、という非主体型システムが生み出される社会ゲームである。なお、情報社会に生み出されつつある de jure 及び de facto の秩序の研究は、情報社会学の主たる研究テーマの1つである。

これを先行研究と比較すると、以下ようになる。

1970年代から1980年代にかけて展開された文明の進化論の中で、トフラー(Toefler, Alvin)の「第3の波」論は、世

界の歴史を農業社会、工業社会、及び第3の波社会の3つの局面で捉えるものであった(注10)。ベル(Bell, Daniel)の「脱工業社会」論は、世界の歴史を農業社会、工業社会、及び脱工業(知識)社会の3つの局面で捉えるものであった(注11)。両者はともに、世界の歴史を、農業を中心とする社会、工業を中心とする社会、及び新しい(具体的な内容は当時はあまり明確ではなかった)産業を中心とする社会の局面遷移で捉えるものであり、産業化の動きに特に強く着目したものであると言える。

この傾向は近年においても同様であり、例えば、Industrie4.0論は、産業革命以降の産業革命を、蒸気機関による第1次産業革命、電力による第2次産業革命、ICTによる第3次産業革命及びIoT、AI等による第4次産業革命の4つの段階で捉えるものであり、明確に産業化の動きのみに着目したものである。また Society5.0は、世界の歴史を狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会及び超スマート社会の5つの局面で捉えるものであり、狩猟にしても農業にしても工業にしても産業であるので、これもまた産業化のあり方に特に着目して構築されたものであると言える。

ボールドウィン(Baldwin, Richard)は、独自のアンバンドリング理論を駆使して、第4次産業革命論を展開している(注12)。アンバンドル前の局面では、物流コスト、通信コスト及び対面コストがいずれも高い状態にあったため、工業生産は先進国内に限定されていた。一方1960年代以降は物流コストが低減したことにより生産と消費のアンバンドリング(ファースト・アンバンドリング)が進み、所謂多国籍企業化が進み、先進国の企業が発展途上国に投資し、先進国の消費者が消費する工業製品が発展途上国において生産されるようになった。1990年代以降はデジタル化が進み、物流コストに加えて通信コストが激減したことを受けて、企業組織と企業内の機能ユニットのアンバンドリング(セカンド・アンバンドリング)が進んだ。これにより、各機能ユニットは、それぞれ最適投資地に投資し、それらが高度に発達したサービス・リンクで結ばれることにより、複数国を覆う領域での高度な国際分業が進み、グローバル生産ネットワークが構築されることになる。ASEANは、セカンド・アンバンドリングにより構築されたグローバル生産ネットワークの成功例として捉えられる。更に近年のIoTの発達等により、対面コストも激減し、人の移動を伴わない高度なグローバル生産ネットワークが造られつつあるとされる。これがサード・アンバンドリングによって牽引される第4次産業革命である。

この考え方もまた産業化、特にグローバル生産ネットワークのあり方に焦点を当てたものであると言える。

情報社会学近代化局面論は、これらの先行研究の成果とも一部符合する産業化の局面遷移論を展開する。それに加えて、国家化及び情報化を独立した動きとして捉え、それら3つがそれぞれ独自に局面遷移を遂げるとともに、3者の間

の重畳関係が生まれる, とする。

国家化とは, 国家, すなわち社会を構成する基本的な枠組みであり, 産業の形態が時間の経過とともに大きく変遷するのと同様に, 代表的な国家のあり方の枠組みもまた時間の経過とともに大きく変遷する。その変遷のあり方は同時に, 産業の形態の変遷にも直接間接の様々な影響を及ぼす。したがって, 国家の形態の変遷をも視野に収めてモデルを構築することになったものである。なお, 国家の形態の変遷については, 通常は政治学が研究対象としていたものである。情報社会学が経済学のみならず多くの社会科学のプラットフォームとしての役割を果たすことになる理由の 1 つがここにある。

さらに情報社会学近代化局面論では, 情報化を, 国家化, 産業化と並ぶ 3 つ目の動きとして独立に捉え, それらと国家化及び産業化との重畳関係を分析する。

第 2 の構造は, 国家化, 産業化及び情報化という近代の動きを構成する 3 つの社会ゲームが, それぞれ時間の経過とともに局面遷移する, と見ることである。公文の説明によると, それぞれ, 以下のような局面遷移を遂げる。なお, それぞれの局面は, 概ね 2 世紀間「隆盛する」ものとして整理される。

なお, 2 世紀間が経過した後にも, それぞれの局面は終了するのではなく, 力強さを落とした状態で継続することに注意が必要である。この構造を, 公文は, 出現, 突破, 成熟, 衰退の 4 つの連続的な段階の推移で説明している。したがって, ある期間「隆盛する」とは, 出現及び突破の段階を示しており, その後の期間においては, 当該局面は, 成熟及び衰退の段階として継続していることになる。

国家化は, 16 世紀半ばから 18 世紀半ばの国家化 I 局面, 18 世紀半ばから 20 世紀半ば年の国家化 II 局面, 及び 20 世紀半ば以降の国家化 III 局面の順に遷移を遂げる。なお, ここで示している時期は, 先述の通り, 出現及び突破の局面のことである。

国家化 I 局面とは, 主権国家化の時代である。国家化 I 局面は更に 3 つの時代に細分される。国家化 I-1 は, 国家主権 (sovereign power) の絶対性を主張する「主権国家」の出現であり, 政治形態としては絶対君主制になる。国家化 I-2 は, 憲法による国家の主権への制限 (立憲化) の時代であり, 政治形態としては制限君主制になる。国家化 I-3 は, 民主化, すなわち国民主権の主張の時代であり, 政治形態としては国民主権制になる。

国家化 II 局面とは, 国民国家化の時代である。

国家化 III 局面とは, 統合国家化, すなわち個別の国民国家を包含する地域機構の時代である。

産業化の開始は 18 世紀半ばのことであると捉えられる。それ以降, 国家化同様に, 概ね 2 世紀間を 1 つの局面とする局面遷移を遂げつつあるとされる。すなわち, 18 世紀半ばから 20 世紀半ばにかけての産業化 I 局面, 及び 20 世紀半ば

以降の産業化 II 局面である。

産業化 I 局面とは, ブリニョルフソン (Brynjolfsson, Erik) 及びマカフィー (McAfee, Andrew) の言う, 第 1 機械時代 (肉体労働の機械化) (注 13) に対応するものである。

先に見たように, この時代の産業化の局面遷移, すなわち産業化 I 局面の細分化については, Industrie4.0 論等をはじめ, 多くの区分分けがなされているものである。公文は, 概ね 1 世紀を単位として, 以下のような区分けをしている。18 世紀半ば以降は, 石炭を原料とし, 蒸気機関を動力とする第 1 次産業革命の時代 (産業化 I-1) である。19 世紀半ば以降は, 石油を原料とし, 電力を動力とする第 2 次産業革命の時代 (産業化 I-2) である。20 世紀半ば以降は, データ化, デジタル・コンピュータ化によって牽引される第 3 次産業革命 (産業化 I-3) の時代である。

公文によると, 産業化とは, 機械化 (mechanization) と商業化 (commercialization) の複合であると捉えられる。機械化の観点から上記の 3 つの時代を捉えると, 第 1 次産業革命は生産者指向の機械化の時代であり, 第 2 次産業革命は消費者指向の機械化の時代であり, また第 3 次産業革命は情報智民 (netizens, empowered citizens) 指向の機械化の時代であるとされる。

概ね 1 世紀を出現及び突破の期間とする 3 つの産業革命は, 更に概ね半世紀を期間とする 3 つの段階に細分される。先に述べた出現, 突破, 成熟及び衰退の動きにより, 第 1 段階及び第 2 段階はそれぞれの産業革命における出現及び突破の時期に実現し, 第 3 段階は成熟から衰退の時期に実現する。

第 1 次産業革命の第 1 段階 (産業化 I-1①) の主導産業は, 蒸気機関及び鉄鋼産業であり, 17 世紀半ばから 18 世紀初頭に出現及び突破を遂げた。第 1 次産業革命の第 2 段階 (産業化 I-1②) の主導産業は, 繊維産業を含む軽工業であり, 18 世紀初頭から 18 世紀半ばに出現及び突破を遂げた。第 1 次産業革命の第 3 段階 (産業化 I-1③) の主導産業は, 鉄道を含むインフラ産業であり, 18 世紀半ばから 19 世紀初頭に出現及び突破を遂げた。

第 2 次産業革命の第 1 段階 (産業化 I-2①) の主導産業は, 重化学産業であり, 19 世紀半ばから 20 世紀初頭に出現及び突破を遂げた。なお, 第 1 次産業革命の第 3 段階と第 2 次産業革命の第 1 段階は, 同じ時期に出現及び突破を遂げることになる。これは, 第 2 次産業革命と第 3 次産業革命の関係においても同様である。第 2 次産業革命の第 2 段階 (産業化 I-2②) の主導産業は, 自動車, 家電を代表とするアセンブリー系製造業であり, 20 世紀初頭から 20 世紀半ばに出現及び突破を遂げた。第 2 次産業革命の第 3 段階 (産業化 I-2③) の主導産業は, サービス, 医療, 教育, 金融等の産業であり, 20 世紀半ば以降に出現及び突破を遂げつつある。

第3次産業革命については現在進行中であるため、主導産業についても見解が分かれるところではある。第1次産業革命及び第2次産業革命の例を踏襲するならば、20世紀半ばから21世紀初頭にかけて第1段階(産業化 I-3①)の主導産業が出現及び突破を遂げ、21世紀半ばから22世紀初頭にかけて第2段階(産業化 I-3②)の主導産業が出現及び突破を遂げ、更に22世紀初頭から22世紀半ばにかけて第3段階(産業化 I-3③)の主導産業が出現及び突破を遂げることになる。公文は、既にこの枠組みに則った整理を展開しているものの、広範な議論が不可避な内容であるため、本研究では立ち入らないこととする。

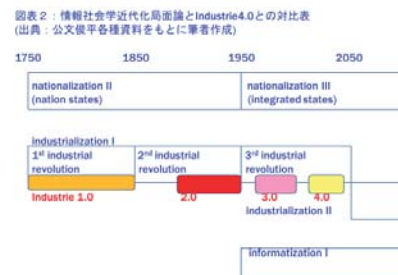
以上が第1次産業化である。個別の時期の主導産業のあり方等について議論はあろうものの、産業革命以降の世界の産業化が概ね上記のような段階を経て再帰的に展開していることについては他の多くの研究も踏襲している考え方であると言える。一方、公文の産業化のモデルで注目すべきは、以上のような18世紀半ば以降の産業化の動きは、概ね2世紀間に亘って出現及び突破を遂げる産業化の第1段階であり、20世紀半ば以降は、大きく異なる内容の産業化が進展しつつあると見て、それを第2次産業化(産業化 II)と呼んでいることである。念を押すと、第1次産業化が第1次産業革命を、第2次産業化が第2次産業革命を指すのではない。上記の第1次産業革命、第2次産業革命及び第3次産業革命は、全て第1次産業化の中の動きであり、現在においては、それと重畳しつつ、第1次産業化とは大きく異なる別の第2次産業化が進んでいる、とするのである。

ブリニョルフソン及びマカフィーは第1次産業化の内容を「肉体労働の機械化」と捉えたことは先述の通りであり、両者は第2次産業化の内容を「知能の機械化」としている。すなわち、第1次産業化は、工業生産を企画し、主導するのはあくまで人間であり、その生産過程における肉体労働を機械が代替するものである。これに対して第2次産業化、何をどのようにとどれだけ大量生産するかという工業生産の企画をもAIが行い、そのAIの指示に基づきCPS(Cyber Physical System)においてIoTで接続された機械が生産活動を行う、というものである。第1次産業化時代の経済構造がエコノミー(economy)、または自動化(automation)と呼ばれるのに対して、第2次産業化時代の経済構造は、自律経済(autonomy)と呼ばれる。なお本稿では、第2次産業化の内容の検討については立ち入らないこととする。

情報社会学局面遷移においては、情報化は、国家化及び産業化とは異なる社会ゲームであると捉えられる。国家化及び産業化の推移を踏襲し、情報化は、20世紀半ばから22世紀半ばの概ね2世紀間にかけて出現及び突破を遂げると見られる。その情報化は第1次情報化(情報化 I)であり、22世紀半ばからは第2次情報化が出現及び突破を進めることにもなる。また第1次情報化は、20世紀半ばから21世

紀半ばにかけて出現及び突破を遂げる第1次情報革命、21世紀半ばから22世紀半ばにかけて出現及び突破を遂げる第2次情報革命及び22世紀半ば以降に出現及び突破を遂げる第3次情報革命に細分されることにもなる。公文は、この枠組みに則って既に幾つかの整理を発表しているものの、本研究では立ち入らないこととする。

以上の局面遷移の考え方を図示すると、図表2のようなものになる(なお、国家化 I は1550年から1750年にかけての時期のものであるため、図表からは捨象している)。



2.2 第3新近代論

以上のような情報社会学近代化局面論は、そのままでは本研究の目的である、21世紀の南部アフリカ地域における金融オーナーシップ型発展戦略の有効性を判断するための近代化に関する考え方の枠組みを提示しない。理由は、ここで説明する近代化の局面遷移は先発国におけるものであり、この先発国における局面遷移に遅れて近代化を進める後発国の「追い付き創造性」の視点を盛り込んだものとなっていないためである。21世紀における南部アフリカ地域の近代化は、ある面では他の地域で進んでいる近代化に急速な追い付きを進め、別の面では独自の近代化を進めることより進んでいくと考えられる。

そのような「追い付き創造性」の視点を取り込むため、筆者は、情報社会学近代化局面論に世界システム論を組み合わせることによって、第3新近代論というモデルを構築する。念のために確認すると、情報社会学近代化局面論は公文の構築したモデルであり、第3新近代論は、それと世界システム論を組み合わせることにより、筆者が構築するものである。

ウォーラーステインの世界システム論の重要な概念の1つは、中心による周辺の包摂である。

16世紀以降のグローバリゼーションは、産業革命を成功させた西ヨーロッパ諸国によるアジア、アフリカ地域の近代資本主義システムへの包摂として捉えるものである。20世紀初頭までの時期においては、包摂の1つの方法として、宗主国たる西ヨーロッパ諸国によるアジア、アフリカ地域の植民地化が進んだ。20世紀後半のアジア、アフリカ地域における政治的独立後も、先進国の多国籍企業の活動により、新たな段階の包摂が進められ、その結果、先進国において中心的生

産様式、独立を果たした発展途上国において周産的生産様式の生産が行われるグローバル生産ネットワークが成立している、とする。

世界システム論によると、中心的生産様式は利益率が高く、周産的生産様式は利益率が低いため、このようなグローバル生産ネットワークが成立すると、時間の経過とともに、先進国は益々豊かになり、一方で発展途上国の経済成長は限定的なものとなり、両者の格差は拡大すると考えられる。この格差の拡大は、「大分岐 (the Great Divergence)」と呼ばれる。一方、図表 1 に示した通り、21 世紀の今日では、大半の発展途上国においては順調な経済成長が進み、格差は縮小 (「大収斂 (the Great Convergence)」) しているように見える。筆者は先行論文 (注 14) において、その理由として、2 つの要因を挙げて、分析した。

第 1 の要因は、近代化の局面遷移である。情報社会学の述べる近代化の局面遷移については上記の通りであり、西ヨーロッパが中心としてアジア、アフリカ地域という周辺を包摂することが可能になったのは、近代化がある特定の局面にあったためであると考えられる。フランクのリオリエント論 (注 15) を牽くまでもなく、人類史のいつの時代でも西ヨーロッパが世界の最先端であり続けたわけではない。したがって、近代化が局面遷移により新たな局面に移行した場合には、そのような西ヨーロッパの優位は、少なくとも相対的には失われる可能性があることになる。「驕れるもの、久しからず。」ということになる。

第 2 の要因は、筆者が「追い付き創造性 (Catch-up Creativity : CuC)」と呼ぶものである。この考え方が、本研究で追及している近代化に関するモデルの構築に重要な役割を果たすと考える。

明治維新以来の日本の例に明らかのように、アジア、アフリカ地域は近代資本主義システムに包摂される際に、単に受動的に包摂されたわけではなく、包摂される過程において、世界初の創造性を次々に発揮していった。明治時代の日本が発揮した創造性は、勤勉革命として世界システム論においても研究が進められている。アリギが杉原薫 (注 16) の著作を牽いて説明したように (注 17)、明治時代の日本では、資本集約型産業の振興において、能力の高い労働者を大量に投入することにより設備投資を代替する勤勉革命という独特の戦略を構築し、実施し、成功させた。

情報社会学の近代化局面論に「追い付き創造性」の考えかたを組み合わせると、以下のようなモデルを考えることができる。

中心において、近代化の局面遷移が進む。すなわち、国家化が新たな局面に推移し、産業化が新たな局面に推移し、情報化が新たな局面に推移する。

中心においてそのような近代化の局面遷移が進んだ結果、中心の他の地域に対する優位が発生する。その優位を活用

して、中心による周辺の包摂が進む。

周辺のある地域は、中心により包摂される過程において、「追い付き創造性」を発揮する。その結果、近代化の局面遷移を短期間に実施する。その結果、一定期間が経過した後には、自らが中心の一部として周辺を包摂する側に回る。

以上をまとめると、次のような 3 つの近代化を考えることができる。

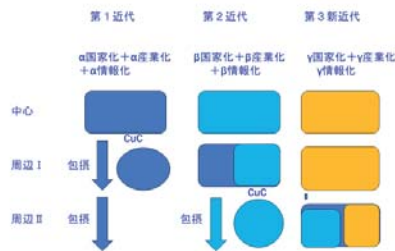
第 1 近代は、中心 (中心 I) が α 段階の国家化、 α 段階の産業化及び α 段階の情報化の重量による近代化 (α 段階近代化) を進め、それによって得た世界システム内の優位に基づき、周辺の包摂を進めるものである。この時期の周辺は、近代化として捉えられる国家化、産業化及び情報化は実現していない。

第 2 近代は、中心 I が、 β 段階の国家化、 β 段階の産業化及び β 段階の情報化の重量による近代化 (β 段階近代化) を進め、それによって得た世界システム内の優位に基づき、周辺の包摂を進めるものである。この時期の周辺は、2 つに分けられる。第 1 の周辺 (「追い付き創造性」周辺) は、第 1 近代における包摂時に「追い付き創造性」を発揮して α 段階近代化を短期間に完成させた周辺である。このような周辺は、中心 I が β 段階近代化を推進する時期には α 段階近代化を完成させているので、中心 I から若干遅れるか、同時に β 段階近代化を推進し、自らも新たな中心として周辺の包摂に乗り出すことになる。全体としては、中心が、中心 I に「追い付き創造性」周辺を加えた範囲に拡大することになる (中心 II)。第 2 の周辺 (「眠れる」周辺) は、そもそも近代化を開始しないか、近代化を推進するにしても α 段階の国家化、 α 段階の産業化及び α 段階の情報化に留まり、したがって世界システム内での優位を獲得できないため、周辺の包摂には向かわず、引き続き中心によって包摂される側に留まる周辺である。

第 3 新近代は、中心 II において、 γ 段階の国家化、 γ 段階の産業化及び γ 段階の情報化の重量による近代化 (γ 段階近代化) を進める時期である。一方、この時期においては、周辺のうち「追い付き創造性」周辺は既に中心 II の一部として γ 段階近代化を推進している。さらに「眠れる」周辺も、この段階では「追い付き創造性」を発揮し、短期間に α 段階近代化及び β 段階近代化を達成し、さらには γ 段階近代化にも着手するようになる。すなわち世界システム内において、中心と周辺の優位性の差が消滅する。

この考え方を図示すると、図表 3 のようになる。

図表3 第3新近代論モデル（前田）



このモデルを念頭に置き、次に、第1近代、第2近代及び第3新近代の具体的な内容を整理すると、以下のようにまとめられる。

第1近代とは、時期としては、20世紀前半に当たる。近代化を成功させたことによって得た優位を活用して西ヨーロッパ諸国が多くの場合植民地化という方法でアジア、アフリカ地域を近代資本主義システムに包摂する動きを進め、一方で包摂されるアジア、アフリカ地域の中では幾つかの地域が「追い付き創造性」を發揮して、急速に自らの近代化を進めた時代である。

この時期の国家化、すなわちα国家化は国民国家化である。この時期の産業化、すなわちα産業化を担う主導産業は、公文の言う第2次産業革命第1段階（産業化I-2①）である重化学産業であることになる。情報化についてはここでは捨象する。

中心は西ヨーロッパ諸国であり、時間の経過とともに幾つかの「追い付き創造性」中心が加わることとなった。大日本帝国は「追い付き創造性」中心の典型であることになる。定義如何によっては、ドイツ及びロシアも「追い付き創造性」中心と見られることもできる。

第2近代とは、時期としては、20世紀後半に当たる。ポールドウィンが言うファースト・アンバンドリングが進み、先進国の多国籍企業が世界中の発展途上国に投資を進めることによってグローバル生産ネットワークが構築された時代である。この時代、アジア、アフリカ地域のかつての植民地の殆ど全部は政治的独立を果たし、かつ、発展途上国にとっては外資を受け入れ、先進国の多国籍企業が構築するグローバル生産ネットワークに参入することが経済成長にとっての最重要課題となった。

この時期の国家化、すなわちβ国家化は、国民国家化及び統合国家化である。この時期の統合国家化の成功例の1つは言うまでもなくEUである一方、ASEANも押しも押されぬ成功例であることになる。

この時期の産業化、すなわちβ産業化は、公文の言う第2次産業革命第2段階（産業化I-2②）、すなわちアセンブリー系製造業である。主導産業がアセンブリー系製造業であったため、多国籍企業によるグローバル生産ネットワークが重要な意味を持ったのである。なお、引き続き情報化につ

ては捨象する。

以上の第1近代及び第2近代の例を踏襲し、第3新近代の内容を整理すると、以下のようにまとめられる。この時期の国家化、すなわちγ国家化は、引き続き国民国家化及び統合国家化であり、第2近代よりは統合国家化の重要性が増したものとなることが考えられる。すなわち、β国家化においては、あくまで国家化の機能は一旦個別の国民国家によって提供される体制が構築され、その一部が統合国家に移譲されるものとして統合国家の整備が進められていたものの、γ国家化においては、ある種の国家化の機能は、個別の国民国家によって提供する制度を構築する前に、統合国家自体が直接提供できるようになることが考えられる。

この時期の産業化、すなわちγ産業化における主導産業は、第2次産業革命第2段階（産業化I-2②）のアセンブリー系製造業及び第2次産業革命第3段階（産業化I-2③）の新サービス産業（医療、教育、各種サービス産業及び金融産業）であることになる。なお、引き続き情報化については捨象する。

3 第3新近代論による21世紀の発展戦略の骨格

3.1 先行例 ASEAN

以上のような第3新近代論の、南部アフリカ地域を含む世界各地の発展戦略を検討するための枠組みとしての有効性を見るために、南部アフリカ地域にとつての先行例としてのASEANをこの枠組みに則って分析する。

ASEANは、インドシナ半島における東西冷戦が激化する中、英国から独立を果たしたマラヤ連邦（マレーシア）とシンガポールの対立を契機に1967年のバンコク宣言により設立された、当初は安全保障関係の調整を主目的とする地域機構である。ASEAN設立時の加盟国はタイ、インドネシア、シンガポール、マレーシア及びフィリピンの5か国、これに英国からの独立を果たしたブルネイが1984年に加わる。この6か国を、ASEAN原加盟国、と呼ぶ。これに移行経済圏諸国のベトナム、ミャンマー、ラオス及びカンボジアが加わり、10か国の体制が構築されている。

ASEANは、1975年のサイゴン陥落までのベトナム戦争期間中、及び1991年のカンボジア和平成立までのインドシナ半島の平和構築等において、重要な安全保障上の貢献を果たした。このASEANが経済上の課題に積極的に取り組むようになるのは、1984年のASEAN経済閣僚会合（ASEAN Economic Ministers' Meeting : AEM）の設置以降のことである。

1990年代に入ると、ASEANは、単なる加盟する国民国家の協議の場であることを超え、統合国家として、独自の発展戦略の策定及びそれに基づく各種の政策の実施に取り組むようになったと見ることができる。すなわち、ASEAN諸国

は、各国における発展戦略の策定及びそれに基づく各種の政策の実施と「並行して」統合国家 ASEAN によるイニシアティブを実施するという構造によって急速な近代化を推進するという「追い付き創造性」を發揮した、と見ることができる。

ASEAN は、第 2 近代の時期において「追い付き創造性」を發揮し、その時期の産業化を急速に進め、追い付きを成功させた周辺である、と捉えられる。第 2 近代とは、国家化については国民国家化及び統合国家化が進む時期であり、産業化についてはア셈ブリー系製造業が主導産業の役割を果たす時期である。筆者は、ASEAN は、第 2 近代において、統合国家の強化、及び統合国家のイニシアティブによるア셈ブリー系製造業の急速な振興という 2 つの「追い付き創造性」を發揮したと考える。更に第 3 新近代の時期においても、統合国家 ASEAN のイニシアティブにより、世界最先端の近代化を進めていると考える。

統合国家の強化とは、東西冷戦後の移行経済圏諸国の取り込みである。

1994 年 7 月にバンコクで開催された AMM (ASEAN 外相会合: ASEAN Ministerial Meeting) において、既に翌 1995 年の ASEAN 加盟が決まっていたベトナムに加え、ミャンマー、ラオス及びカンボジアのインドシナ半島の移行経済圏諸国を ASEAN に加盟させることを確認した。ミャンマー及びラオスは 1997 年に、カンボジアは 1999 年に加盟した。

1990 年代半ばの時期においては、世界の移行経済圏諸国の大半においては国内の経済制度は計画経済制度時代の制度を踏襲しており、それぞれにおいて市場メカニズムの導入方法が模索されていた。このような時期に、市場経済諸国、すなわちかつての「西側」諸国による地域機構が移行経済圏諸国の加盟を受けることには大きなリスクが存在した。それら移行経済圏諸国の制度を全面的に造り直さねばならず、また巨額のインフラ建設資金も相当程度負担しなければならぬことになるためである。EU においても、移行経済圏諸国の取り込みは、2004 年及び 2007 年に実施された所謂第 5 次拡大を待ったことを想起すべきである。2004 年には、キプロス、チェコ、エストニア、ハンガリー、ラトビア、リトアニア、マルタ、ポーランド、スロバキア及びスロベニアの 10 か国が加盟した。また 2007 年には、ブルガリア及びルーマニアの 2 か国が加盟した。

ASEAN による移行経済圏諸国取り込みは、EU よりも数年間先行するものであった。世界の中に、市場経済諸国の地域機構による移行経済圏諸国取り込みの先例は見当たらなかった。ASEAN は、この面において世界初の、かつ大規模(注 18)な取り込みを成功させたものである。この取り込みにおいては、ASEAN が、世界に先例がなくまた多くの困難が待ち受けていることが予想されるにも関わらず、20 世紀中に取り込みを完成させるという明確なビジョンを 1994 年の時点で打ち出したことが極めて重要な意味を持っていると言え

る。

すなわち、1990 年代半ばの時点において既に ASEAN は、移行経済圏諸国の取り込みという形態の統合国家の強化において、世界の最先端の取り組みを見せていたと言える。

ア셈ブリー系製造業の急速な振興を可能にしたのは、先に見た通り、市場統合の実現である。ASEAN における市場統合は、1992 年に AFTA-CEPT (ASEAN Free Trade Area – Common Effective Preferential Tariff) 構想という明確な市場統合のビジョンを提示し、以降の ASEAN 市場統合を牽引し、2015 年末に AEC (ASEAN Economic Community) という市場統合を実現した。市場統合は、個別の国民国家による取り組みとは別の、統合国家 ASEAN という「主体」による独自の取り組みであると言える。以下、西村英俊[2014]をもとに ASEAN における市場統合の経緯を整理すると、以下のようになる。

統合国家 ASEAN が策定した最初の本格的な政策は、『ASEAN Vision 2020』である。これは 1997 年 12 月にクアラルンプールで開催された ASEAN 非公式首脳会合において採択された。内容は、AFTA の完全実施、2010 年までの ASEAN Investment Area (AIA) の設立、及び 2020 年までの域内投資自由化等である。これは、直後に開催された第 1 回 ASEAN+3 (日中韓) 首脳会合 (1997 年 12 月) においても紹介され、1998 年にハノイで開催された第 6 回 ASEAN 首脳会合 (ハノイ) では、その実現のための『ハノイ・アクション・プラン (Hanoi Plan of Action)』が採択された。こうして 2020 年までの 20 年間以上の期間は、ASEAN 全体としては、この政策に基づいて関連政策が実施されることとなった。

2003 年にバリで開催された第 9 回 ASEAN 首脳会合において採択されたバリ協和宣言 II (Declaration of ASEAN Concord II (Bali Concord II)) では、明確に ASEAN 共同体の設立が宣言された。この宣言では、2020 年までに設立される ASEAN 共同体 (ASEAN Community) は、単なる市場統合という経済上の動きではなく、社会全体を包含する概念であることが明示された。共同声明で述べられたところによると、ASEAN 共同体は、安全保障共同体 (ASEAN Security Community)、経済共同体 (ASEAN Economic Community) 及び経済社会共同体 (ASEAN Socio-cultural Community) の 3 本柱によって構成されることになる。この方針は 2004 年 11 月にビエンチャンで開催された第 10 回 ASEAN 首脳会合においても確認され、『ビエンチャン・アクション・プログラム (Vientiane Action Programme : VAP)』が採択された。

ASEAN は、その後、さらに ASEAN 共同体設立の速度を加速させることとし、2007 年 1 月にセブで開催された第 12 回 ASEAN 首脳会合において、『セブ宣言 (the Cebu

Declaration on the Establishment of the ASEAN Community by 2015)』を採択した。

続いてASEANが実施したのは、ASEAN憲章(ASEAN Charter)である。2007年11月にシンガポールで開催された第13回ASEAN首脳会合において調印された。これはNISの内容を包含するものであり、かつ、明らかにNISを超える内容を含むものである。さらにこの会合において、ASEAN共同体を建設するための具体的なロードマップを定めたブループリント(『the Blueprint for the ASEAN Economic Community (AEC)』)も採択された。2009年2月にホアヒンで開催された第14回ASEAN首脳会合においては、2009年から2015年にかけてのASEAN共同体建設のロードマップに関するチャム・ホアヒン宣言が出され、2010年10月の第17回ASEAN首脳会合では『ASEAN連結性マスタープラン(Master Plan on ASEAN Connectivity:MPAC)』が採択され、同時にASEAN連結性調整委員会(the ASEAN Connectivity Coordination Committee)が設置された。2011年11月にバリで開催された第19回ASEAN首脳会合では、ASEAN経済共同体に関するジャカルタ・フレームワークが採択され、またバリ協和宣言Ⅲ(the Bali Declaration on ASEAN Community in a Global Community of Nations)も採択された。2013年10月にブルネイで開催された第8回東アジア首脳会合においては、『ASEAN共同体ポスト2015ビジョンに関するバンドル・スリ・ブガワン宣言』が出された。これらのプロセスを経て、最終的に、2015年12月末、AEC(ASEAN経済共同体)が開始されることになった。

これら2つが、第2近代の時期にASEANが統合国家の方法論を用いて発揮した創造性であると考えられる。これらによってASEANは、21世紀初めには、かつての移行経済圏諸国を含む広大な地域において、アセンブリー系製造業に関するセカンド・アンバンドリング型の高度なグローバル生産ネットワークを構築することに成功した。

第3新近代の時期においても、統合国家ASEANの機能はより強化され、この時期に応じた創造性が発揮されつつあると見ることができる。

現在ASEANでは、ASEAN共同体が具体的にどのような社会を実現するのかのビジョン策定に取り組んでいる。そのようなビジョンを策定し、そこで示された社会の実現のために各般の政策資源を投入していくことになる。目下作成中なのが、ASEAN事務局に付置された経済研究所であるERIA(Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, ジャカルタ)が取りまとめを行っている『ASEAN2040ビジョン』である。これは、2018年中に取りまとめ、関係の首脳会合、閣僚会合等でエンドースされる予定となっているものであり、筆者も執筆委員として加わっている。

筆者が特に注目するのは、このビジョンが、ASEAN型の人的連結性(people-to-people connectivity)という概念で、21世紀において構築すべき新しい社会のあり方の提示まで含んでいることである。その内容は、単に新しい産業のあり方、を超えており、情報社会学の近代化局面論で言う情報化のあり方にも踏み込んだものとなっている。第3新近代においては(国家化及び産業化の動きとは独立した)情報化の動きが本格化すると見られており、それを統合国家のイニシアティブによって推進する、というのは、まさに第3新近代の最先端の動きであると捉えることができる。それをASEANは世界に先駆けて実現する可能性があることなる。

以上、第3新近代論の枠組みに基づいて、第2近代の時代(20世紀後半)におけるASEANの成功の要因を分析し、さらに第3新近代の時代(21世紀前半)のASEANの発展の可能性を検討した。要約すると、以下のようになる。

第2近代は、国家化については国民国家化及び統合国家化が進展し、産業化についてはアセンブリー系製造業が主導産業の役割を果たす時期である。この時期においてASEANは、地域機構ASEANという統合国家の市場統合に関するイニシアティブによってアセンブリー系製造業における多国籍企業の受け入れ拡大を進め、域内に高度なセカンド・アンバンドリング型のグローバル生産ネットワークを構築することに成功した。すなわち、優れた創造性を発揮することにより、第2近代の近代化を成功させた、と見ることができる。

第3新近代は、国家化については統合国家化がより進展し、産業化についてはアセンブリー系製造業の高度化と並行して、ファイナンス、教育、各種サービス、医療等の新サービス産業が主導産業としての地位を高める時期であると予想される。更に、社会全体が協働、共愉(conviviality)等を原理とする新しい構造への変容が進む情報化が進展する時期でもある。

このような時期においては、ASEANという統合国家がより強化され、産業化及び情報化における課題への対応に適切なイニシアティブを発揮していくことができるかどうか問われることになる。

今日の地域機構ASEANは、2015年の市場統合という大きな役割を果たした直後である。今後、ASEANが第3新近代における統合国家として、世界の先端を走ることになるかどうかは現時点では不明であると言わざるを得ない。その推移は、ASEANの域内に棲む6億人超の人々の総意に拠ることとなる。

具体的には、産業化におけるアセンブリー系製造業の高度化及び新産業の振興、及び域内における情報化(情報社会の建設)という課題に適切に応える政策をASEANが打ち出し、かつ実施していく能力を発揮することができるかどうか、という問題である。既に紹介したように、ASEANではそのため

の試みを既に幾つか開始している。評価は先に委ねたい。

3.2 南部アフリカ地域の第3新近代化

第3新近代論により21世紀における南部アフリカ地域の発展の可能性を考えてみる。

国家化について見ると、南部アフリカ諸国の大半は政治的独立を20世紀後半に達成した国々である。これら諸国においては、西ヨーロッパの中心のように、絶対主権制(国家化I-1)及び制限主権性(国家化I-2)の時代を経ないで、最初から国民国家化(国家化I-3)を開始しているものと見ることができる。

第3新近代として筆者が捉える21世紀前半の今日は、国家化の動きとしては、国民国家化と統合国家化の重量が進む時期であると捉えられる。この時期においては、重要な政治的課題の解決は、基本的には国民国家の政府によって進められる一方、統合国家が実質的に機能を発揮するようになり、両者の協働によるガバナンスが中核的な機能を持つ時期である、とされる。

この地域においては統合国家に関する強い動きが見られている。先に見たように、統合国家(地域機構)SADCがその中核である。

本研究で先行例として取り上げているASEANと比較すると、ASEANには見られなかった南部アフリカ地域の特徴は、地域機構によるガバナンスと並行して、準政府(sub-sovereign)と呼ばれる政府関係機関の地域的なネットワークが発達しており、地域において、相当程度有効なガバナンス機能を発揮していることである。繰り返しているSADC-dfrcに代表される開発銀行の地域的なネットワークがその典型である。

開発銀行そのものは、殆ど全ての国民国家において設立されるものであり、国家の経済成長に必要なCNVファイナンスを供給する機関である。通常は、政府機関として設立されるか、政府が100%の株式を保有する。日本を初めとする大方の国々において、開発銀行は、第1に、所在国のプロジェクトのみを扱うものであり、開発銀行間での国際協調融資が行われることは極めて例外的であった。第2に、日本を初めとする大方の国々において、プロジェクトの選定等政策的な問題は各国民国家の財務省の指示に服することとなり、政府部内における開発銀行の位置付けは、実施機関というものであった。それに対して南部アフリカ地域の開発銀行は、地域的な開発銀行のネットワークを構築し、そのネットワークが各国民国家政府とは相当程度独立に当該地域における政策課題を取り上げ、アフリカ全体のSDGs達成に主導的な役割を果たすことを明言している。この動きを通して、国家化II-1+が実質化するとすれば、国家化に関しては、南部アフリカ地域は目下近代史上最先端の課題に取り組んでいると評価することができる。

産業化については、南部アフリカ地域は、 α 産業化である重化学工業化については、中心のように19世紀において世界を主導する地位を獲得することもなければ、日本のように、20世紀前半において「追い付き創造性」を発揮して急速に中心に追い付くこともなかった。6産業化であるア셈ブリー系製造業については、20世紀後半のASEAN諸国のように、「追い付き創造性」を発揮して急速に中心に追い付くこともなかった。第2近代までにおいては、南部アフリカ地域は有効な「追い付き創造性」を発揮したとは見られない。

第3新近代論では、この時期の主導産業は、ア셈ブリー系製造業(産業化I-2②)及び新サービス産業(産業化I-2③)となると考えられる。したがって、したがってモデル上は、21世紀の南部アフリカ地域は、産業化に関して以下の2つの課題に直面していると見ることができる。

第1は、ア셈ブリー系製造業における追い付きである。ア셈ブリー系製造業については、東アジアの成功例があるため、それを短期間に成功させることになる。これは、TICADにおいて日本政府が推奨している方法論である。

第2は、新サービス産業の振興である。これは、世界の発展途上国においては未だ成功例がない。すなわち、南部アフリカ地域は、他の発展途上国、更には先進国と同時にスタートを切る競争の中にあることになる。この課題については、従来の蓄積による影響が小さいため、南部アフリカ地域にとっては、重化学工業化(産業化I-2①)及びア셈ブリー系製造業(産業化I-2②)における劣位はあまりハンディキャップにはならない。南部アフリカ地域の独自のイニシアティブにより、世界最先端の産業振興を進めることが可能になると考えられる。

このうちア셈ブリー系製造業については、先に南部アフリカ地域関係者の見解を紹介したように、南部アフリカ地域においては20世紀後半のASEANにおいて見られたような圧倒的な主導産業の地位を果すことにはならない可能性がある。その場合、新サービス産業の振興の重要性が増大することになる。

新サービス産業の振興は、21世紀の南部アフリカ地域においても極めて重要な課題となることは間違いない。一方で、政策資源を新サービス産業の振興だけに投入することは適切ではない。

新サービス産業の振興は、第3新近代論の枠組みにおいては、第3新近代の時期の主導産業であり、世界システムにおいては中心における動きであることになる。既に見てきたように、第3新近代論は、リニアな近代史観には立たない。すなわち、近代化においては多くの面において前段階を飛ばす(Leap Frogs)ことが可能であると考えられる。一方で、全ての地域において、完全なLeap Frogsが可能であるとも考えない。現実的には、21世紀の南部アフリカ地域における産業化においては、ある程度はLeap Frogsにより第3新近代の

最先端の主導産業である新サービス産業の振興が進むことは勿論考えられる。それと同時に、相当程度は、第2近代までの時期に世界の他の地域が達成した内容を踏襲することになると考えられる。

従って産業化について追い付きを実行する周辺は、現在の局面の近代化を推進するために必要な課題に対応することに加えて、従前の近代化の局面における近代化のために必要な課題の「一部」についても同時に対応していかなければならないことになる。21世紀の南部アフリカ地域については、他の地域同様、第3新近代の主導産業であるアセンブリー系製造業の高度化及び新サービス産業の振興のために必要な課題に応えなければならないと同時に、第2近代までの産業化のために必要な課題についてもこの時期に同時に応えていかなければならない。

ここで、ある種の「再帰的(reflexive)」近代化の考え方が必要となる。先に見たように、第3新近代論はリニアな近代史観には立たない。すなわち、第1近代及び第2近代において中心の位置にまで追い付きを達成することのなかった南部アフリカ地域が第3新近代において急速な追い付きを実施する場合において、南部アフリカ地域は第3新近代の近代化を推進するに当たって、他の地域が第1近代及び第2近代において実施した近代化の過程を完全に踏襲する必要はない。第1近代及び第2近代を、それを成功させた他の地域と同様の方法で実施することを省いて一気に第3新近代を推進することができる、とするのが Leap Frogs の考え方である。

さはさりながら、第1近代及び第2近代の推進において必要であった課題への対応を全く欠いたままで第3新近代を推進することもまた不可能である。それらの課題の中のある部分は、第3新近代の推進のための不可欠な前提となっているためである。

それでは、多くの諸国が第1近代及び第2近代の推進において取り組んできた数多くの課題の中で、どれが第3新近代の推進のためにも不可欠な前提であり、どれが Leap Frogs において省くことのできる内容なのか。

この問題は広範な検討を必要とするものであり、目下、結論が出ているわけではない。一方、この峻別は、現在急速な経済成長を進めつつある多くの発展途上国にとっては、国家の発展戦略を構築する上で、極めて重要な問題となる。

筆者は、アジア各地で実施している発展戦略関係のセミナーにおいて何度かこの峻別の問題を提示し、研究者との議論を重ねている(注19)。それらのセミナーにおける議論の結果、筆者を含めた研究者は、例えば以下のような課題を第3新近代の推進においても不可欠な前提として取り上げている。

第1は、農業の近代化、高付加価値化である。多くの研究が示しているように、発展途上国の近代化においてこれは避

けられない課題であり、南部アフリカ地域もその例外ではないと考えられる。

第2は、物理的なインフラの整備である。ASEAN におけるセカンド・アンバンドリング型のグローバル生産ネットワークは、道路、鉄道、海運等のロジスティックのインフラ(サービス・リンク)が整備されたことにより可能になったものである。

第3は、起業家の育成であり、政策的には中小企業振興ということになる。アセンブリー系製造業においても、新産業のおいても担い手は起業家であるためである。

すなわち21世紀の南部アフリカ地域は、産業化に関して、新サービス産業の育成、農業の近代化・高付加価値化、物理的なインフラの整備、及び起業家の育成という4つの課題に対する対応を同時に推進していくことが重要であると考えられることになる。

最後に情報化である。

情報社会学で言う情報化とは、社会の構造が、協働(collaboration)、共愉(conviviality)等を原理とする新しい人間のネットワークを基本とするものに変容することである。先に見たように、ASEAN では、統合国家 ASEAN によって、2040年をターゲットに、そのような社会の構築に取り組んでいる。南部アフリカ地域においては、統合国家、または準政府の統合国家がこのような全く新しい社会のビジョンを提唱することができるかどうか問題になる。

開発銀行の地域的なネットワークには、そのような検討の萌芽が見られる。先に見たように、2016年11月にボツワナで開催された世界開発銀行総裁会合のテーマは、“DFIs Sustaining Relevance in the Age of Disruption”であった。この“the Age of Disruption”とは、一般的には工業社会から情報社会への変化を意味するものであると考えられる。

問題は、果たしてその検討が実質的なものとなり、アフリカの人々に、近代化の全く新しい局面、世界最先端の社会の構築に真摯に取り組むよう誘導するようなビジョンを提示できるかどうかである。

この課題については、筆者は、引き続き南部アフリカ関係者とともに研究を進めて参りたい。

3.3 金融オーナーシップ型発展戦略の可能性

それでは最後に、上記のようにまとめられる21世紀南部アフリカ地域における金融オーナーシップ型発展戦略の有効性について検討する。

繰り返すと金融オーナーシップ型発展戦略とは、21世紀において、南部アフリカ地域を中心とするアフリカ各国の開発銀行のネットワークがSDGs達成のために提案してきている考え方を、筆者がSADC-dfrcとの共同研究を通じて発展戦略として取りまとめる研究を進めている考え方である。その要点は、以下のようにまとめられる。

第1は主体の問題であり、SDGs達成を含め、今後のアフリカの経済発展のために必要な政策の検討を、地域的な開発銀行のネットワークがイニシアティブを取って進めることである。

東アジアを含め、これまでに近代化を推進した諸国においては、経済発展のために必要な政策の検討は、(地域的ではなく)各国単位で、かつそれぞれの国民国家の中央政府によって行われることが通例であった。先に見たように、開発銀行とは政策決定機関ではなく、政府が決定した政策の実施機関、という位置付けであった。

第2は手法の問題であり、開発銀行のネットワークは、自らが設定した政策課題の実現を、主としてCNVファイナンスの供給(国際協調融資を含む)という方法によって進めることである。

それでは、このような特徴のある発展戦略は、第3新近代論に則ると、どのように評価されるだろうか。

主体の問題については、先に見たように、国民国家の強化と統合国家の強化とが並行して進む第3新近代の時代では、このような準政府の統合国家が政策決定において実質的な役割を果たしていくことは時宜に即したものであると判断されることになる。

手法の問題については、以下のように判断される。

開発経済学の成長会計では、国家の経済成長をもたらす要因として、L(労働力)及びK(資本)の2つを取り上げる。経済成長において重要だと考えられる技術については、内生的に説明(内生的経済成長論)するか、残差(ソロー残差、全要素生産性(total factor productivity)として事後的に説明することになる。

第1近代の重要課題は、国民国家(特にその中の民主国家化(国家化Ⅱ-3))の強力なイニシアティブにより、重化学工業を育成することである。重化学工業の育成に必要とされる資本面の要請は、巨大資本を特定の大企業に集中して投下することである。そこで必要なファイナンスは、長期、巨額、かつ譲許性(注20)が一定以上のものであることである。重化学工業が主導産業である時期においては中小企業の果たす役割は限定的であり、従って中小企業ファイナンスの重要性も低い。

労働面の要請は、膨大な画一化された単純労働者を生産することである。アセンブリー系製造業に見られるようなミドル・マネージャー、労働者の創造性の発揮等は強くは求められない。このような労働者は、プロレタリアートとして捉えることが相当程度適切になる。このような労働力を供給するために、教育については、初等中等教育、及び職業訓練が重要な役割を果たすことになる。

このようなファイナンスと労働力の供給(教育)という課題について、国民国家という主体は極めて適切であったと言える。ファイナンスについては、各国民国家は、それぞれ創造性を

発揮して、様々な制度を構築した。国債はその典型である。第2次世界大戦後の日本は、財政投融資制度を構築した。また各国民国家は初等中等教育制度を充実させた。また教育についても様々な創造性が発揮された。先に見た日本の勤勉革命は、その典型例である。

第2近代においては、主導産業がアセンブリー系製造業になるため、ファイナンス面及び労働面に対する要請が大きく異なる。第1に、アセンブリー系製造業では膨大な数の部品メーカーが参加するグローバル生産ネットワークが構築されるため、部品生産を担当する中小企業の役割が重要になる。第2に、生産現場における労働者の創造性が重要な役割を果たすようになる。

このため、ファイナンスについては、第1近代で必要とされた長期、巨額、かつ譲許的なファイナンスに加えて、中小企業ファイナンスが必要とされるようになる。中小企業ファイナンスは、情報の非対称性、及びビジネス・ボリュームの狭隘性により、市場の失敗を発生する。すなわち、与信判断に膨大なコストがかかる一方で融資額は小さいため、通常の商業ファイナンスでは社会的に適切(socially optimal)な量のファイナンスが供給されない一種のCNVファイナンスである。このため中心諸国においては、様々な方法で中小企業ファイナンス制度が構築されてきた。なおその中でも、第2次世界大戦後の日本は、最も多彩でかつ有効な中小企業ファイナンス制度を構築してきたと言える。

労働力については、生産現場において様々な創造性を主導するために、所謂ミドル・マネージャー(高度産業人材)が重要になる。高度産業人材は初等中等教育及び職業訓練で育成することはできず、高等教育が必要になる。すなわち産業人材育成のための特別な高等教育の制度を構築することが必要になり、その必要性をいち早く認識して制度構築に取り組んだのは1950年代から1960年代にかけての日本である。

さらに高度産業人材の指導を受けて実際に生産現場での創造性を主導することが必要であり、1950年代以降の日本は、そのために、KAIZEN方式等様々な手法を開発した。

以上を前提に第3新近代について検討すると、以下のよう整理される。

産業化の面で第3新近代において南部アフリカ諸国に求められるのは、先に見たように、新サービス産業の育成、農業の近代化・高付加価値化、物理的なインフラの整備、及び起業家の育成という4つの課題である。

労働力については、以下のように言える。先に見たように、第1近代及び第2近代の時期には、国民国家中央政府が供給する初等中等教育が極めて重要な役割を果たした。さらに日本はアセンブリー系製造業の振興のために、高等教育により高度産業人材を育成するという独特の制度を構築したものの、これも基本的には国民国家中央政府によって供

給される教育制度であった。一方第3 新近代における課題は、新サービス産業の育成においても、農業の近代化・高付加価値化にしても、新しい起業家の育成が極めて重要になる。新しい起業家の育成のためには、第1 近代及び第2 近代で見られたような国民国家中央政府が供給する教育制度だけでは足りないことは明らかである。必要な教育の多くの部分は、教育産業として、民間セクターにおいて提供されることとなる。そのような新しい教育産業を含む包括的な教育制度の構築においては、引き続き国民国家中央政府が果たす役割は重要なものとなる。それに加え、域内において民間セクターの参入を促す制度構築等において、統合国家もまた重要な役割を果たすようになることが考えられる。

なお、新しい産業を担う起業家育成のための教育を民間セクターにおいて、すなわち教育産業として担う方法論については、現在世界中で検討が進められているところである。日本政府も、AI, MOOCs, オンライン会話, VR, プログラミング等を駆使した新しい教育産業を EdTech と名付け、その振興を進めている。南部アフリカ地域においても、これら世界中の取り組みとの連携を適切に進めることが求められていると言える。

ファイナンスについては、新サービス産業の育成、農業の近代化・高付加価値化、物理的なインフラの整備、及び起業家の育成(教育)に共通するのは、それらに必要なファイナンスが全部基本的に CNV ファイナンスであることである。

第1 近代における重化学工業の振興、及び第2 近代におけるアセンブリー系製造業の振興において重要な役割を果たしたのは、CNV ファイナンスであった。重化学工業は巨額かつ長期間のファイナンスを必要とした。アセンブリー系製造業においては、部品生産を担う優れた中小企業を育成することが必要であり、中小企業ファイナンスは原理的に CNV ファイナンスであった。第1 近代及び第2 近代において、これら CNV ファイナンスを担ったのは、国民国家であった。その理由は、この時期においては、ファイナンスの供給主体は政府と民間金融機関の2 種類しか存在しなかったためである。これに対して第3 新近代の時期では、統合国家が自らファイナンスの供給主体になることに加え、域内で新たなファイナンスの制度を構築し、多国間における民間資金との組み合わせを推進するというイニシアティブを発揮することが考えられる。

証券化、フィンテック、ブロックチェーン等の新技術を活用することにより、今日では、新サービス産業の育成に必要なファイナンスの手段について、多種多様なアイデアが出されている。技術的には多種多様なアイデアが出されては来ているものの、目下のところ、最大の問題となっているのは、政府「機能」による保証であると言える。

その保証機能を供給する主体としては、国民国家(sovereign)に加え、統合国家(meta-sovereign)を想定す

ることも論理的には十分に可能である。更に南部アフリカ地域の特殊な事情として、国民国家に比べて開発銀行等の準政府の格付けが相当高いということがある。このため、政府「保証」の役割を準政府が、しかも準政府の統合国家として地域的に供給することは、論理的には可能であると考えられる。

勿論、実務的には困難な課題が少なくはない。一方、現在の南部アフリカ地域における開発銀行の地域的なネットワークがこれらの課題に取り組み、証券化等の技術によって参入する世界中の投資家に対してある種の政府「保証」を提供することができるようになれば、南部アフリカ地域における第3 新近代の推進に、画期的な貢献がなされる可能性がある。

以上見てきたように、第3 新近代論の枠組みを前提にして検討を進めると、金融オーナーシップ型発展戦略は、文明史を貫く大きな歴史の動きの後押しを得られる可能性があるかと判断される。

来年 2019 年には、横浜で TICADVII が開催される。現在 SADC-dfrc はそこにおいて金融オーナーシップ型発展戦略型の独自のアイデアを更に発展させて発表すべく、準備を進めている。その研究グループの一員であることを誇りとして、筆者も引き続き当該分野の研究を進めて参りたい。

(注)

注 1: 南部アフリカ開発共同体(Southern African Development Community: SADC)加盟国。具体的には、タンザニア、ザンビア、ボツワナ、モザンビーク、アンゴラ、ジンバブエ、レソト、スワジランド、マラウイ、ナミビア、南アフリカ、モーリシャス、コンゴ民主共和国、マダガスカル、セーシェル、コモロの16 개국。

注 2: 典型例として、[1].

注 3: [2]を参照のこと。

注 4: [3].

注 5: H.E. Patrick Dlamini DBSA 総裁, H.E. Jabu Moleketi DBSA 理事長等。

注 6: [4].

注 7: 1980 年に国際経済研究所のジョン・ウィリアムソン研究員が外資誘致に成功した国々と成功しなかった国々を比較して取りまとめた、投資環境整備の重要事項 10 項目。内容は、特に金融面、外資規制等における徹底的な自由化を推奨するもの。

注 8: アフリカでは、地中海沿岸、東、西及び南の4つの地域で様々な地域機構が構築されることが一般的であり、開発銀行のネットワークもこれら4つの地域でそれぞれに構築されている。

注 9: [5].

注 10: [6].

注 11: [7].

注 12:[8].

注 13:[9].

注 14:[3].

注 15:[10].

注 16:[11].

注 17:[12].

注 18:2017 年時点で 4 か国の合計人口は 1 億 6,875 万人 (出典:IMF, World Economic Outlook2018 年 4 月版).

注 19:例えば,「西ジャワ州発展戦略セミナー:Role of SMEs in Development of Bandung and West Java Region」(バンドン工科大学と産業技術大学院大学前田研究室の共催,2017 年 3 月 6 日,バンドン工科大学(インドネシア)).「インドネシア発展戦略セミナー」(ダルマプルサダ大学と産業技術大学院大学の共催,2017 年 3 月 13 日,ダルマプルサダ大学(インドネシア)).「ベトナム発展戦略セミナー:NEW THEORETICAL MODEL FOR THE DEVELOPMENTAL STRATEGY IN TACKLING THE MIDLE INCOME TRAPS IN VIETNAM」(ハノイ経営工科大学と産業技術大学院大学前田研究室の共催,2017 年 3 月 30 日,ハノイ経営工科大学(ベトナム)).

注 20:金利,償還期間の条件が通常の商業ファイナンスよりも有利なものとなっていること. Concessionalty.

[8] “世界経済大いなる収斂—IT がもたらす新次元のグローバル化,”遠藤真美(訳),日本経済新聞出版社,2018

[9] エリック・プリニョルフソン,アンドリュー・マカフィー,“ザ・セカンド・マシン・エイジ,”村井章子(訳),日経 BP 社,2015

[10] アンドレ・グンター・フランク,“リオリエント—アジア時代のグローバル・エコノミー,”山下範久(訳),藤原書店,2000

[11] 杉原薫,“アジア間貿易の形成と構造,”ミネルヴァ書房,1996

[12] ジョヴァンニ・アリギ,“北京のアダム・スミス—21 世紀の諸系譜,”中山智香子他(訳),作品社,2011

[13] 西村英俊,“東アジア経済統合と進むべき ASEAN の道,”早稲田大学アジア太平洋討究第 22 号,2014.

参考文献

- [1] “新産業構造ビジョン,”経済産業省経済産業政策局産業再生課(編),経済産業調査会,2017
- [2] イマニュエル・ウォーラーステイン,“資本主義世界経済(1)中核と周辺の不平等,”藤原浩司他(訳),名古屋大学出版会,1987
- [3] 前田充浩,“「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」,”産業技術大学院大学 2016 年度紀要,産業技術大学院大学,2016.12
- [4] 前田充浩,“21 世紀中国の開発ファイナンス攻勢に関する金融地政学分析,”産業技術大学院大学 2017 年度紀要,産業技術大学院大学,2017.12
- [5] 公文俊平,“近代の成熟と新文明の出現—人類文明と人工知能 I,”NIRA 研究報告書,総合研究開発機構(NIRA),2017.8
- [6] アルヴィン・トフラー,“第三の波,”鈴木健次他(訳),日本放送出版協会,1980
- [7] ダニエル・ベル,“脱工業社会の到来—社会予測の一つの試み(上・下),”内田忠夫他(訳),ダイヤモンド社,1975

マイナンバー制度における地方自治体の特定個人情報保護 評価書の分析

慎 祥揆*・佐々木 真由美*・阪本 圭*・瀬戸 洋一*

Analysis for Specific Personal Information Protection Assessment documents in the Social Security and Tax Number System of Local Government

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

Abstract

In the My Number system, in the case of clerical work handling individual numbers such as local governments, it is obligatory to conduct specific personal information protection evaluation by the Act on the Use of Numbers to Identify a Specific Individual in the Administrative Procedure. However, there was a report that the protection evaluation carried out by the local government was not correctly implemented. In this paper, we introduce evaluation of PIA to local governments in Korea and analyzed the relevance of risk assessment and measures concerning the all items assessment report of the released specific personal information protection assessment report in Japan. As a result, evaluation and inspection were not done on whether operational risk measures were sufficiently implemented. There is a possibility that the risk mitigation measures on the handling of the personal information file including the personal number are insufficient.

Keywords: Specific personal information protection assessment, Protection of individual privacy, Risk analysis, ISO22307, ISO/IEC29134

1 はじめに

個人番号は、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(平成 25 年法律第 27 号。以下、番号法)の一部施行に従い、2017 年 10 月 5 日より個人を識別可能な番号の付番・通知が開始された。その後、2017 年 11 月より個人番号を利用して行政機関の間で情報をやりとりする「情報連携」の本格運用が開始されている。

個人番号とは、番号法においてその内容に含む個人情報を特定個人情報(番号法第 2 条第 8 項)といい、個人番号をその内容に含む個人情報ファイルを特定個人情報ファイル(同条第 9 項)という。

番号法第 28 条により、地方自治体では、特定個人情報ファイルを保有しようとする場合、事前対応として、特定個人情報保護評価(特定個人情報の漏えいその他の事態の発生の危険性及び影響に関する評価をいう。以下、保護評価)を自ら実施することが義務付けられた[1][2]。

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、リスク評価とその措置を自ら宣言するものが保護評価である[2]。

この保護評価の結果は、評価書として公開するようになっている。しかし、保護評価が必ずしも適切に実施されていない可能性があるという指摘があった[3][4]。

メール送信時の誤操作や外部媒体の紛失・盗難など、人的な運用の問題による重大事故が地方自治体より公開された保護評価書の重大事故の報告において多数報告されている[5]。

保護評価は諸外国で採用されているプライバシー影響評価(Privacy Impact Assessment 以下、PIA)に相当するものとされている[3]。PIA は、2008 年に ISO22307 および 2017 年に ISO/IEC29134 が国際標準規格として発行された[6][7]。ISO22307 は要求事項、ISO/IEC29134 はリスク評価の手順などが規定されている。これら国際標準規格に基づく PIA は、個人情報の収集を伴う情報システムの導入や改修の際に、プライバシー(個人情報保護)問題を低減・回避するために、プライバシーへの影響を「事前」に評価するリスク管理手法である[6-9]。

Received on September 14, 2018

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

保護評価は、原則として、法令上の事務ごとに担当する行政組織の職員が自己評価するのに対し、PIAはシステム(運用を含めない)を対象として専門的中立的な第三者が評価を実施する。この場合の事務とは、システムおよび運用を指す。厳密にいうと、PIAと保護評価は異なるものと言える[2][7-10]。

個人情報保護委員会による行政機関等の保護評価書のチェック機能が働いている[2]。地方自治体において、個人情報保護委員会の承認プロセスに代わるのが第三者点検の制度である。第三者点検は、個人情報保護審議会又は個人情報保護審査会による点検が原則とされており、この特定個人情報保護評価の適合性・妥当性を客観的に担保するためのプロセスと位置付けられている[2]。

保護評価のリスク評価の適正性に関する研究は、瀬戸らにより評価書を対象としたリスク評価と措置の妥当性と評価書の再利用についての評価分析がある。分析により課題を明確化し対策を提案している[11]。

本稿は、2017年11月時点で公表された評価書を対象として比較し、リスク評価における課題を分析したAIITの瀬戸PBLでの成果[12]と韓国の公共機関におけるPIA評価結果を紹介している。今後日本と韓国の公共機関に対するPIA実施状態の比較を行い、改善につなげるのを望んでいる。

2章で特定個人情報保護評価、3章で韓国の公共機関におけるPIA評価、4章でリスク評価と措置の内容の妥当性分析、5章で全項目評価書のリスク評価と措置の妥当性を説明する。

2 特定個人情報保護評価

保護評価の実施が番号法で、特定個人情報を扱う事務に対し保護措置の一つとして義務付けられた[1]。

2.1 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

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[2]。

- ① 対象人数 30 万人以上の場合:全項目評価
- ② 対象人数 10 万人以上 30 万人未満の場合:重点項目評価
- ③ それ以外は基礎項目評価の実施の義務付け
- ④ 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: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。

- ⑤ 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。

地方自治体では、全項目評価書作成後に、評価書を公示し、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。見直しを行った評価書は、前述の通り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[13]。

表 1: 全項目評価書の評価項目の例

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

2.2 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[2]。しかし、PIAと比較すると以下の3つの相違点がある[7-10]。

- ① 評価対象は、PIAでは個人情報を扱うシステムとしているが、保護評価は「特定個人情報ファイルを取り扱う事務」としており、対象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による評価であるのに対し、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。ただし、委員会における審査の観点のガイダンスはあるものの、リスク評価手順に関する具体的な記述はない[13]。

表 2: 診断指標

分野(配点)	12 個の指標(24 項目)
管理システムの構築 (30 点)	1. 個人情報保護基盤作り
	2. 個人情報の処理業務委託に伴う個人情報保護
	3. 個人情報保護教育の推進
	4. 個人情報保護責任者の役割を実行
保護対策の樹立及び施行 (30 点)	5. 個人情報の収集
	6. 個人情報の目的外利用・第三者提供の手続き運営
	7. 個人情報の影響評価を実行
	8. 映像情報処理機器の設置と操作
侵害事故対策 (40 点)	9. 個人情報有・暴露防止措置
	10. 個人情報の侵害対応と災害災害対応手順を確立
	11. 個人情報の処理システムの安全利用と管理
	12. 住民登録番号の処理制限

上記に示す相違, および, 表 1 に示した評価書における記載形式の特徴により, 保護評価には(a)~(c)の 3 つの課題がある.

- (a) 保護評価では, システムと運用の措置は同一欄に記載する形式であるため, 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. 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, 個別に評価, 記述すべきである.
- (b) 国からは評価書に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. リスク項目に対する記載内容の根拠を明確にすべきである.
- (c) 評価書のリスク項目は画一的な記載で, 自治体がリスク対策を検討する際の具体的な水準が示されていない.

そこで, 自治体が公開した全項目評価書に対し, リスク評価と対策が適正に実施されているか分析する. 具体的には, 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.

3 韓国の公共機関のPIA

韓国では公共機関に対し, 行政自治部と KISA (Korea Internet & Security Agency) によって公共機関の個人情報保護管理システムおよび侵害予防活動などを診断し, 機関の評価に反映, 個人情報の保護水準の向上を誘導するために行政管理能力の評価(4 点), 地方公企業の経営評価(0.5 点)で公共機関の個人情報保護管理水準の診断を行なっている.

2018 年度には中央機関(46), 傘下機関(338)自治体(243), 地方公企業(146)の総773の機関に拡大し行なった.

診断内容は 3 つの分野 12 の指標 24 項目で,

- 管理システムの構築と運用の分野
 - 個人情報保護基盤作り, 個人情報保護教育などの 4 つの指標 8 つの項目
- 保護対策の策定と実施の分野
 - 個人情報の収集, 映像情報処理機器運営などの 4 つの指標 8 つの項目
- 侵害対策の策定と実施の分野
 - 個人情報の有露出防止, 侵害対応手順を確立などの 4 つの指標 8 つの項目

であった.

表 2 に 3 つの分野 12 の指標 24 項目に対する診断指標を表す. 点数の算定は

- 指標別の基本点数 20 点、履行実績に基づいて、100 点満点付与
- 特定の指標の適用の例外機関は同じ分野の他の指標に重み付け個人情報の処理業務委託がないか、影響評価の対象としない場合は、指標の適用を除く
- 上級機関の支援可否と法違反による加点・減点適用

2018 年度の結果はまだ公表されていないので, 今回は 2017 年度に行った中央機関(45), 傘下機関(330)自治体(243), 地方公企業(141)の総 759 の機関に対しおこなった結果を参考に示す.

結果としては, 指標別の基本点数を 20 点引き下げ(2016 年 40 点→2017 年 20 点)ましにもかかわらず, 総合平均は前年度(84.98)に比べ 3.70 点低下(4.3% ↓)した. これは, 実質的な個人情報保護の管理水準は向上したと評価することができている. ただし, 基礎自治団体, 地方公企業と傘下機関に対して継続的な管理水準向上のための努力が必要であると判断された.

表 3: 機関の類型別分野別の診断結果

区別	対象	総合平均	分野別		
			管理システム	保護対策	侵害事故対策
全体平均	759	81.28	87.57	83.77	78.73
中央機関	45	88.86	92.62	91.01	87.56
広域自治団体	17	84.55	91.35	89.35	81.22
基礎自治体	226	81.31	87.61	85.03	78.15
地方公企業	141	81.31	88.47	83.65	77.98
傘下機関	330	80.05	86.26	81.69	78.12

表 3 に機関の類型別分野別の診断結果を示す。

4 リスク評価と措置の内容の妥当性分析

4.1 分析方法

マイナンバー制度において、全項目評価書に記載されたリスク項目に対して自治体が措置の内容を記載する方法で保護評価が特定個人情報保護の観点で機能しているか、リスク評価と措置の妥当性について分析を行った。

本件に関しては、2.2 節に示した 3 つの課題があり、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。

4.2 分析対象の選定

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、全項目評価の三つの評価に分類される。

分析は、全項目評価書を対象とする。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である。

2017 年 11 月時点で個人情報保護委員会より公開された地方自治体の全項目評価書は 153 件あった。そのうち今回分析した評価書は、約 10% の 14 件である。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。

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より公開された全項目評価書
- 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 システムと運用を混在して評価した評価書のうち、地域性に依存しない日本各地の市区町村から 9 件を選択
- ④ システムと運用を分離して評価している評価書の 5 件を選択
- ⑤ 地域が偏らないように、日本各地の地方自治体から 14 件を選択

表 4 は、評価対象として選択した評価書の特定個人情報対象者数と取扱者数を示す[14] [15]。

表 4: 評価書の基礎データ

単位 (人)

評価書	特定個人情報対象者数	特定個人情報取扱者数
A	30 万人以上	500 人以上
B	30 万人以上	500 人未満
C	30 万人以上	500 人未満
D	30 万人以上	500 人未満
E	30 万人以上	500 人未満
F	10 万人以上 30 万人未満	500 人以上
G	30 万人以上	500 人以上
H	30 万人以上	500 人未満
I	30 万人以上	500 人以上
J	30 万人以上	500 人未満
K	30 万人以上	500 人未満
L	30 万人以上	500 人以上
M	30 万人以上	500 人未満

5 全項目評価書のリスク評価と措置の妥当性

5.1 評価基準の作成

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、評価機関に委ねられている。評価を実施する担当者の有する技量についても規定はされていない。

「(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、体系的な対応と運用(人的・組織的)に区分して、評価基準を作成した[14] [15]。

表 5 に作成した評価基準の一部を示す。

表 5: 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。）		
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	【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 【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
	必要な情報以外の情報入手を防止する	【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・システムをシステム的に限定している 【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

5.2 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。

表 6 に示すリスク対応の評価区分に従い数値化を行い、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 6: リスク対応の評価区分

評価指数	評価結果
3	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。
2	評価基準で示しているリスク対応の一部のみ記載されている。
1	評価基準で示しているリスク対応を記載していない。
- (評価対象外)	評価基準ではりすく対応を示していない。

5.3 評価書別比較結果と考察

表 7 は、評価書におけるリスク対応に関する評価指数の分布を示す。

表 7: 評価書リスク対応状況

評価書	システム / 運用	評価指数分布			
		3	2	1	-
A	システム	8	13	4	24
	運用	15	12	8	14
B	システム	15	10	5	19
	運用	18	19	2	10
C	システム	7	14	4	24
	運用	9	18	9	13
D	システム	10	9	8	22
	運用	12	12	12	13
E	システム	9	13	3	24
	運用	8	17	11	13
F	システム	11	13	1	24
	運用	13	16	7	13
G	システム	11	12	1	25
	運用	9	16	11	13
H	システム	5	16	3	25
	運用	11	13	12	13
I	システム	25	0	0	24
	運用	36	0	0	13
J1	システム	4	11	3	31
	運用	10	11	9	19
J2	システム	20	9	3	17
	運用	19	12	9	9
K	システム	16	9	2	22
	運用	15	12	9	13
L	システム	13	8	5	23
	運用	13	14	9	13
M	システム	11	12	1	25
	運用	11	15	9	13

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、評価書 A のシステムの場合は、表 7 の結果を基に以下のように算出する。

$$\text{評価値} = (3 \times 8 + 2 \times 13 + 1 \times 4) \div (49 - 24) = 2.16$$

表 8 の評価値の下段には、2015 年 6 月時点に公表された全項目評価書を分析した結果を参考値として示す[11].

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。

多くの評価書は、運用に関する評価値がシステムに関する評価値より低い。これはリスク対策において、運用に関する対応を記載していない自治体が多数存在したことが原因である。

表 8 は、上記の手順で算出した評価値を示す。

表 8: 評価書リスク対応状況比較

評価書	評価値		
	上段:2017年11月時点 (下段:2015年6月時点)		
	システム	運用	平均値
A	2.16 (2.08)	2.20 (2.11)	2.18 (2.10)
B	2.33 (2.23)	2.41 (2.29)	2.37 (2.26)
C	2.12 (2.04)	2.00 (1.94)	2.06 (1.99)
D	2.07 (2.11)	2.00 (2.00)	2.04 (2.06)
E	2.24 (改訂無し)	1.92 (改訂無し)	2.08
F	2.40 (2.38)	2.17 (2.06)	2.29 (2.22)
G	2.42 (2.42)	1.94 (1.89)	2.18 (2.16)
H	2.08 (2.08)	1.97 (1.97)	2.03 (2.03)
I	3.00 (3.00)	3.00 (3.00)	3.00 (3.00)
J1	2.06	2.03	2.05
J2	2.53	2.25	2.39
K	2.52	2.17	2.35
L	2.31	2.11	2.21
M	2.42	2.06	2.24

システムと運用を混在して記述した評価書は、A, B, C, D, E, F, G, H, J1 の 9 件、混在しないで記述した評価書は、I, J2, K, L, M の 5 件あった。

J1(平成 28 年 5 月公表)と J2(平成 29 年 8 月公表)は、同じ自治体より公開された評価書である。分析の結果、J1 はシステムと運用を混在して記述しているが、J2 は混在していない。両者を比較すると、混在しないで記述した J2 の評価値は、システム面、運用面ともに J1 より高く、具体的には、システム面は 0.47 ポイント、運用面は 0.22 ポイント高い。

評価値の平均値が最も高い I の自治体では、評価補足シ

ートを公表している。

評価補足シートでは、リスク項目毎に、システムとシステム以外(運用)に分けて措置の詳細を記入し、証拠や根拠(閲覧したドキュメント名等)、評価結果に至った理由を記録する。保護評価書の作成時には、評価補足シートの結果を評価書に転記する[10]。

評価値の平均値が 2 番目に高い J2 の自治体でも、評価補足シートと同様の評価補足資料を作成し活用していることが判明した。

つまり、高い評価値を示した自治体では、評価補足シートを導入し、評価書形式にとられないリスク分析を実施、その結果を評価書に転記する方法をとっていた。

表 9 は、評価書の記述方法の違いによる比較を示す。記述方法の違いとは、システムと運用を混在して記述したか、または、混在しないで記述したかの違いである。

混在しないで記述した評価書の平均評価値は、システム、運用ともに高い結果となった。具体的には、システムは 0.34 ポイント、運用は 0.25 ポイント高い値である。

表 9: 評価書の記述方法の違いによる比較

評価書の記述 システム/運用	システム 平均評価値	運用 平均評価値
システムと運用を混在して記述(9 件)	2.21	2.07
システムと運用を混在しないで記述(5 件)	2.55	2.32

現状の法的に規定された定型的な評価書は、システム面と運用面のリスクの混在をもたらす可能性があり、それを回避するには、評価補足シートなどの評価補足資料の利用が有効と考える。

6 おわりに

本稿では、韓国の PIA 事例の紹介と日本の地方自治体の全項目評価書を対象として、リスク評価と措置の妥当性の観点から分析を行った。分析の結果、システムと運用の措置を同一欄に記載する形式であるため、適正なリスク評価が行われていない事例が見つかった。

この問題に対して、現行制度における改善策は、評価補足シートのような評価補足資料を作成することである。システムと運用を混在しないで評価することで、適正なリスク分析が可能となる。

今回の分析により、法改正が必要となるが、システムはベンダーによってプライバシー影響評価を実施し、第三者がその内容の適正さを認定する制度とすることを提案する。

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し、定期的な外部監査を実施することが適切であると提案する。

指針第 10 の 1(2)に定める審査の観点における主な考慮事項」(平成 26 年 8 月 26 日)

https://www.ppc.go.jp/files/pdf/20160101_kouryo_zikou.pdf

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(平成 25 年法律第 27 号)
- [2] 個人情報保護委員会「特定個人情報保護評価指針」(平成 29 年 4 月 20 日)
https://www.ppc.go.jp/files/pdf/PIA_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] 会計監査員「国の行政機関等における社会保障・税番号制度の導入に係る情報システムの整備等の状況について」, 平成 29 年 7 月,
<http://report.jbaudit.go.jp/org/h28/ZUIJI10/2016-h28-Z10000-0.htm>
- [5] 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/>
- [6] 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
- [7] ISO22307 Financial services - Privacy impact assessment,
<https://www.iso.org/standard/40897.html>
- [8] ISO/IEC 29134:2017 Information technology — Security techniques — Guidelines for privacy impact assessment
- [9] 長谷川久美, 中田亮太郎, 瀬戸洋一 「ISO/IEC 29134:2017 適合のプライバシー影響評価マニュアルの開発」, コンピュータセキュリティシンポジウム 2017
- [10] 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
- [11] 瀬戸洋一, 佐々木真由美, 阪本圭, 慎祥揆 「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」, 産業技術大学院大学紀要 第 10 号, 2016 年
- [12] 佐々木真由美, 阪本圭, 慎祥揆, 瀬戸洋一「マイナンバー制度における特定個人情報保護評価書のリスク評価分析と評価補足シートの利用」, 法とコンピュータ, No, 36, pp.127-136, 2018 年 7 月
- [13] 個人情報保護委員会「様式 4: 特定個人情報保護評価書(全項目評価書)」
https://www.ppc.go.jp/files/pdf/format4_zenkoumoku.pdf
- [14] 特定個人情報保護委員会「特定個人情報保護評価

- [15] 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)」(平成 26 年 12 月 11 日)

URL は 2018 年 9 月確認

公共建築の発注に関する一考察

— 生産物に関する基礎的理論からみる課題の抽出に関する試考 —

吉田 敏*

A Study of Public Building Order

- Abstraction of Issues from the Viewpoint of Fundamental Theories of Artifacts -

Satoshi Yoshida¹⁾

Abstract

The role of orderers in construction of public building is important, but there have been some problems about that in these last a few years including Olympic facilities.

Construction is so complex because of many elements and processes that are in the different industrial fields, so it is difficult to fix the way to order buildings which has own various conditions. Therefore, discussion of this topic has not developed enough until now, and it is necessary to consider that immediately.

This paper explores the points of public building order system in Japan, and to study the issues about that system with fundamental theories of artifacts. These fundamental theories are useful to understand characteristics of issues and direction of solution. Especially, the theory of creation process of artifacts shows the important points of issues of order system of public buildings.

Keywords: Public Order, Design Process, Order System, Artifacts Planning

1 はじめに

昨今、公共建築の計画は、その規模を拡充しながら恒久的に進められている。震災復興、オリンピック施設整備、大規模施設移転など、様々な必要性に応えながら、工期と予算を守りつつ、求められる品質を確保して実行されている。

一方、現在の公共建築の発注方法に問題が無いかどうかについては、発注者である国土交通省等の官公庁などの行政の立場を中心に議論が進められているものの、学術的な考察が加えられることは多かつたとは言いきれない。これは、発注者が発注業務を進めていくうえで必要に迫られ、発注者の立場を中心に議論を進めている局面のほかは、ほとんど真剣な議論が進んでいないことを示唆していると考えられる。しかし、公共建築発注における行政の立場は、あくまでも多くの人々の代理である。そのため、ここで示した議論は、本来の発注者である納税者や生活者の立場が薄めに考えられている可能性があることになる。

本稿の目的は、慣行化されている建築の公共発注の考え方について、生産物創造に関する基礎的理論を用いながら、思い込みを排除し、不自然さや危険性などの課題を抽出しながら、必要な方向性を示唆することである。なお、本稿で

は、具体的な一つの行政組織の発注に関する条項を精査するのではなく、これまで慣行化されてきた各組織の考え方の共通点と考えられる部分に着目するものである。

2 現在の公共建築発注システムの課題

2.1 一般的な公共建築発注の方向性

建築は、全てのプロジェクトが異なる与条件によって創られることになる。同じ主要用途の事務所や学校をいくつか取り上げて考えても、敷地や施主要望が異なることになる。敷地が違うということだけでも、かなり多くの与条件が異なってくることになる。敷地の形状だけを取り上げて考えてみても、以下のようなになる。まず、正方形のような形状か、細長い敷地かによって、計画できる建築の内容がかなり変わってくる。これは、単に建物形状だけでなく、内部での各居室の配置に影響し、居室内部の使い方にまで影響を及ぼすことになる。また、敷地がどのような道路に接しているのかも大きな計画の要因となる。接道方向、接道範囲、接道幅員などによってアプローチを含め、建築全体の計画の考え方が大きく変わることになる。そして、敷地の周辺環境も重要な要因となってくる。隣にどのような建物があるのか、商業地域にあるのか住宅地

Received on October 31, 2018

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

域にあるのか、幹線道路から近いのか、多くの要因が考えられる。例えば、隣が低層住宅なのか、病院なのか、工場なのかによって、敷地の持つ性質が異なることは自明であろう。一方、敷地がある範囲には、それぞれ異なる部分が含まれる法規や条例が適用されることになる。そのために、様々な制約条件などが付加されることになる。その他、敷地に関する独自の条件だけでも、建築基準法や条例の内容から、地盤構造、インフラ、境界条件等多くの要因があり、建築計画時に注意が払われる必要がある。

このように、敷地の特性だけでも、それぞれの建築計画の独自性を促すことになる。しかし、敷地以外にも、用途特性、機能複雑性、結果不確実性、施主要求事項、予算、工期など、多くの同様の要因が存在し、各建築プロジェクトが独自の与条件のもと、進められていくことが理解できる。

一方、公共建築という面については、発注という行為において、いくつか留意しておく必要がある点が認識できる。本来の発注者は、税金で創られる建築である限り、納税者であるという面があることは否定できない。また、公共性がある建築をつくる限り、関係する多くの生活者や最終利用者が、発注内容の主体であるという面も含意することになる。この点から、直接発注する行政や施設運用組織も発注者としての側面を持ち、発注システムを考えるときの主体となる傾向は当然と言える面があるが、納税者や生活者を発注の主体から殆ど外して考えることは、理論的に不自然であると言わざるを得ない。

また、公的な資金による発注であることから、できるだけ受注側である建築産業の業態の健全性の確保も望まれることになる。良い品質の建築をつくってもらうことはもちろんであるが、受注機会の公平性、過剰な負担の排除などが求められることになる。そして、技術者の年代別に安定した育成、基本的な働き手の確保、労働下の就業環境の健全化なども期待されることになる。

2.2 公的組織による議論の概要

平成 29 年 1 月に、社会資本整備審議会により、「官公庁施設整備における発注者のあり方について ―公共建築工場の発注者の役割―(答申)」[16]が示された。この答申は、国土交通大臣より平成 28 年 6 月に諮問のあった「官公庁施設整備における発注者のあり方について」を受けて取りまとめたものとされている。また、この答申の中で、「国土交通省には、公共建築工場の発注者としての先導的役割が期待されていることを認識し、自らが適切に発注者の役割を果たしていくとともに必要な取組を率先的に実施していくこと、また、公共建築工事を適切に発注、実施していくために設計者、施工者等との技術的な事項に関する対話を適切に進めることが求められる」とされている。そのため、本稿では、この内容を行政組織の発注者としての代表的な考え方の一つと理解し、確認していくものである。ただし、この内容は建築工事

に対する議論であることを注意しなければならない。

この答申の構成は以下のとおりである。まず発注者の公共建築工場の発注者の役割を示し、次にその役割を果たすための方策が語られ、最後に当面実施すべき施策が示唆されている。極めて洗練された内容となっており、この内容だけ理解すれば、今後進むべき方向性が明確に認識できるものである。

また、平成 29 年 6 月に示された、国土交通省大臣官房官庁営繕部による「公共建築の品質確保のために ―品質確保を踏まえた官庁営繕の取組―」[17]は、これまでの官庁営繕部の公共建築の発注に関する概要が、工事だけでなく、設計に関しても含めてまとめられている。

こちらの構成は、「優れた品質を確保する選定」、「設計等の品質確保」、「適正な予定価格の確保」、「適切な設計変更」、「適切な工期の設定」、「発注者間の連携」の 6 つの点を主な取り組み内容としている。そして、その下層として、10 の具体的な対応内容として説明されているものである。全体的に明快でわかりやすい内容であり、重要な内容がきれいに並べられているものである。

その他にも、国土交通省を中心に、多くの行政機関が、外部有識者も交えながら、建築の公共発注について、真摯に取り組んでおり、様々な議論が展開されている。その中で、大きな方向性としては、品質確保を中心にある程度まとまりつつあると考えられる。そして、上記に挙げた二つの資料の内容は、その方向性と矛盾もなく、代表的なものの例であるとみなすことができそうである。

本稿では、この二つの資料の内容を考察し、その意義を明確にしていく。

3 生産物の基礎的理論による公共建築発注の考察

3.1 生産物の創造プロセスの基礎的理論による考察

図 1 は、製品やサービスなどの生産物が創造されるときの、基本的なプロセスを示したものである。当然、つくり手と使い手の立場が存在するわけであり、縦軸に当たる内容はこの二つの立場を単純に表している。横軸は時間軸であり、左から生産物が創られるプロセスを表現している。それぞれのプロセスについてみていくと、以下のようになる。

まず、最初のプロセスとして、誰が使い手側の対象か、ということである。この点は、多くの生産物で明確に理解することが困難な点である。直接使う人だけ考えても、企画や設計の段階で固定することが難しい場合が多く、対象範囲も変化してしまうこともあり得る。また、お金を払う立場、利用を管理する立場、メンテナンスする立場、セキュリティを担う立場、間接的に利用の影響を受ける立場等、関与者の範囲や人数を把握するだけでも難しい面がある。例えば、公共建築では、エンタランスだけ考えても関与者が複雑なことがわかる。表面的な利用上の関与者だけでも、利用者が建物に入りやすい

ことを望む運営者の立場や、なるべく関係ない人は建物に近寄ってほしくない管理者の立場や、開放して外部からほこりが入ってほしくない清掃の立場など、様々な立場の人が認識できそうである。

次の、関与者の要望の把握については、正確な把握は基本的に不可能であることを前提にしなければならないことになる。すでに、マーケティング分野の洗練された議論[4]を中心に、複数の学術分野で、関与者が自分の要望を正確に言い表すことが不可能なことは議論されている。議論の主な要点は、情報がつくり手側に偏っている点、予想しにくい内容を思い浮かべるのは困難である点、使うことによって満足感が変化してしまう点などによって、使い手は自分の要望を生産物が創られる前に明確にすることが困難であるということである。

この最初の2段階は、つくり手がほとんど正確に把握できないことが理解できる。建築の設計者や施工者は、どのように対応しているのだろうか。答えは簡単で、自分たちで想定しているのである。ただし、論理的にはかなり違和感が残ることになる。ほとんど正確に把握できないものを、どのように想定しているのだろうか。また、使用者の満足感は使用後に変化してしまうとすると、竣工後につくり手はどのような努力をしているのだろうか。

以降、つくり手側によって、概念設計、機能設計、構成設計、工程設計が進められていく。

使い手側は、複数の学術領域でシークエンスと呼ばれる一連の経験をし、使用を継続することによって印象を持つ[4][12]。建築だと、発注者としては、企画し、設計者や施工者を探し、設計してもらい、施工してもらい、竣工後引き渡され、運用するための備品やシステムを整備し、運用をはじめることになる。他の立場も、それぞれのシークエンスがあるわけである。そして、全ての関与者が建物についての印象や感覚を持つことになる。

最終的には、このようなプロセスを経て、使い手は建築から独自の機能を取り出すことになる。これは、つくり手が、いかなることを考え、いかなるプロセスを経て、いかなる機能面

の設計をしたとしても、使い手が必ずそれらを理解すると考えるのは非論理的である。むしろ、使い手は、目の前にある空間や建築をどのように利用するか、利用しないかなどについて、置かれた環境において自分の感覚や考えに基づいて決定していく。例えば、公共建築の玄関ホール部において、椅子があっても誰も座らない場合が見受けられる。これは、つくり手側が設計した機能が、使い手に取り出されることが無い状況と言えよう。また、同様のホール内で、椅子が無いところに椅子を置いて欲しいという要望が出ることもある。これは、使い手が、ホール内の一部の空間において、休むという機能や待つという機能を、取り出そうとしている状況と考えられそうである。

このような創造プロセスをまとめたものが、図1となる。この内容に沿って、前章であげた実際の公共建築発注の方向性を議論していくものである。

3.2 創造プロセスから見る建築公共発注の課題の抽出

まず、公共建築の工事発注を主な対象とした、前述の「官公庁施設整備における発注者のあり方について — 公共建築工場の発注者の役割 — (答申)」の内容を、創造プロセスの基礎的理論と比較してみたい。

また、公共建築に関する設計から施工までを対象とした、「公共建築の品質確保のために — 品確法を踏まえた官庁営繕の取り組み —」の資料の内容に示されているものを、創造プロセスの基礎的理論で考えていく。ここでの要点は、「優れた品質を確保する選定」、つまり品質を確保するために創る組織を選定する方法、「設計等の品質確保」、つまり設計やコンサルタント等の業務における妥当な発注の考え方、「適正な予定価格の設定」、つまり積算から予定価格までのあるべき考え方、「適切な設計変更」、つまり予期できなかった設計内容の変更に際する考え方、「適切な工期の設定」、つまり設計内容に基づく標準的工期の考え方、「発注者間の連携」、つまり公共発注組織間の知識と情報の共有化の方向性の、6つとなっている。

もちろん、これらの内容は品確法を強く意識したものであり、

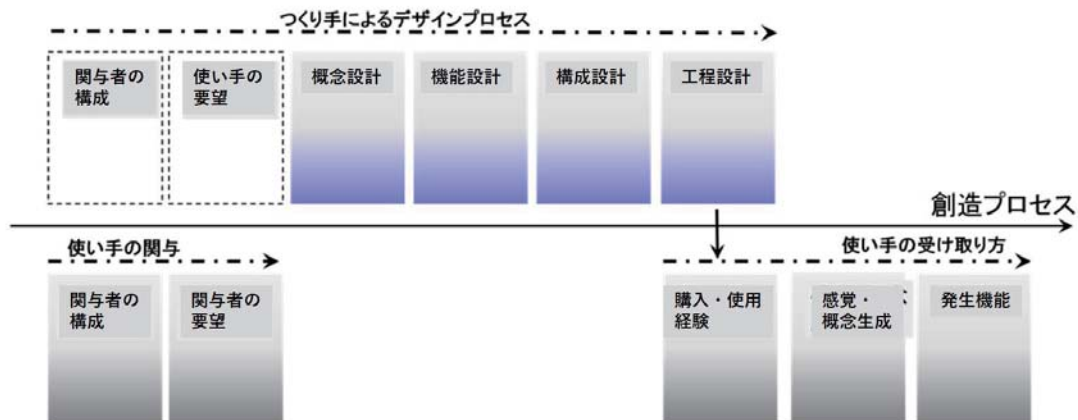


図1 生産物の創造プロセス
[12]を参考に再作図

公共建築の発注の全ての面を議論したものではない。ただし、この中でも、基礎理論との比較により、何らかの偏りが見出せる可能性はあると考えられる。

生産物創造の基礎的理論によると、最初の段階は、「誰が主な使い手側の関与者か」ということになる。また、次に、「それらの関与者の要望は何か」ということである。この二つは、対象の資料では議論されておらず、また、多くの行政関係の資料から見出すことが、ほとんどできない状況である。最初の資料では、発注部局と事業部局が発注の主体とされており、工事の考え方にも影響がある可能性がある、「使い手側が誰であるか」ということと、「それらの使い手の要望」については、触れられていない。ただし、〈諸条件の把握〉として、「なお、事業部局や多様な関係者からの諸条件に関しては、潜在的なものについても把握するように努める必要がある」としている。二つ目の資料でも、設計者をプロポーザル方式等でつくり手を選出することが示唆されている以外、示されていない面がある。

生産物創造の次の段階は、概念設計である。この内容は、二つ目の資料の設計者の選定で関係する可能性がある以外、深く触れているところが殆ど見当たらない。若干謳われているのが、一つ目の資料で、「事業部が行う公共建築工事の企画立案」という部分である。また、「企画立案や予算措置に関して・・・事業部局が国民に対する説明責任を果たす」とされている。これによれば、事業部局が、概念設計を担うか、設計者が行う概念設計を評価することができる考え方を持つことになる可能性が含まれる。

次の段階が、機能設計である。これも、これらの資料から読み取るのは難しいといえる。唯一見出せるのが、一つ目の資料で、「規模、敷地、設計・工事の工程、設計費・工事費等」と共に、諸条件の一つにあげられているところであるが、対象の根幹を成す機能の構成を、これらと並列にあげられている理由については、理解することが難しい。

その次の構成設計、工程設計だが、これについては、品確法の考え方にに基づき、二つの資料が多くの示唆を行っている。ただし、品確法の考え方が必要な品質の保証に基づくことから、指摘されている内容に偏りが生じている。簡単に言えば、良くない建築、駄目な建築をつくらないようにするには、どのようにすべきかを考えたものとなっている。また、予定価格、予定工期を掲げることは、標準化に寄与し、説明責任が果たせる内容となっていく方向となる。しかし、建築が様々な価値を持つ可能性があることから考えると、後述のように考え方に偏りがあると言わざるを得ない面も含まれている。

最後に、使い手側の受け取り方について考えることになる。今回とりあげた、つくり手側の考え方に関係するところだけ考えていきたい。基礎的理論によれば、最終段階で、使い手は独自の機能を対象から取り出すことになる。もちろん、設計された機能を取り出すことが基本であると考えられるが、予想もしなかった機能が取り出され、建築の価値が継時的に変化

していくこともあり得ると考えられる。しかし、この点についての考えは、この二つの資料をはじめ、建築関連の資料の中から見出すことは困難である。

ここまでの考察から、少なくとも以下のような点について、仮説としてあげることができそうである。

- ・対象公共建築の関与者を、納税者、最終利用者を含めて、正確に把握することが必要なこと。
- ・関与者ごとに、要望が何かを明示しながら、それらの把握の困難さを含む特性を、正確に記述することが必要なこと。
- ・基本的に要望に基づいた概念設計が求められることになり、その概念設計を創り上げるプロセスの整備が必要なこと。
- ・機能設計が殆どなされていない可能性があるため、プロセスを整備することが必要なこと。
- ・構成設計では、最低限の品質確保については極めて厚い議論があるものの、優れたものを如何に実現するかについての議論を進める必要があること。
- ・工程設計については、工期や価格の標準化について極めて厚い議論があること。
- ・創られた建築から、使い手がどのような機能を取り出し、どのような価値が創られていくのかについて、議論が極めて少ないこと。

3.3 慣行軌道の非連続性による発展可能性の考察

次に、創造プロセスの基礎的理論に付加される基盤的理論を重ね合わせたい。これは、慣行軌道の非連続性に基づく発展、いわゆるイノベーションについての考え方である。

イノベーションとは、シュンペータによって示された考え方であり[18]、現代に至っても多くの議論が継続されているものである。指摘されている点は明確である。社会の発展が二つのパターンで行われることを指摘し、そのうちの一つを、いわゆるイノベーションとしたものである。この二つの発展の相違点は、それまでの経験や知識を活用することによる発展か、否かということである。後者がイノベーションであり、それまで培われてきた知識や経験に基づかない面を持ち、慣行軌道の非連続性を基本とした発展のパターンである。

建築において、このイノベーションの視点から考えていくと、大きな可能性を見ることができる。事実、イノベーションによって現在の常識的な建築の要素は多いと考えられる。例えば、カーテンウォール、プレキャスト・コンクリート、ユニットバス等、様々なものをあげることができる。例えば、ユニットバスの成立を紐解くと、前回の1960年代年の東京オリンピックでホテルの施工が間に合わず、それまでは施工現場でつくっていたバス関連を、ユニット化することで工場生産し、工期短縮を実現させたことから始まっている[19]。

公共建築工事の発注においては、このような慣行軌道の非連続性による飛躍的な発展の阻害要因となることは、当然

避けるべきである。逆に、我が国の建築産業が、世界をけん引する技術的発展の中心となることを後押しすることが必要であると考えられる。

4 公共発注の課題の方向性に関する考察

4.1 要望の対象者と内容に関する課題

ここでは、限られた行政の資料に関する考察を中心としており、現行の国内の公共建築発注に関する一般性を持った議論まではたどり着いていない。本章では、その範囲内で、仮説として得られる考察内容を示していきたい。

まず、生産物の創造プロセスの最初の段階の考察から得られる内容を示していきたい。つくられる公共建築の主要な関与者は誰であり、その対象者の要望が何かという点である。

公共建築の関与者で、最も中心的な立場は、前述のように出資する立場の納税者である。これは、多くの人たちが対象となる。そして、その人たちの要望があるからこそ、建築が創られることになる。その他の立場は、企画、発注、設計、施工、運用など、ここで示された納税者の要望を実現させるためにサポートする立場と考えられる面がある。

出資者であるはずの納税者の要望は、国や地方公共団体の事業部局がまとめることになる。しかし、論理的に要望を正確に把握することは困難である面がある。前述のように「潜在的なものについても把握するように努める必要がある」という諸条件の一つとなるわけであるが、どのような方法で進められているのであろうか。マーケティング学領域の洗練された議論では、製品などの生産物のユーザーが、自分の要望を正確に述べることは無理であるという可能性を示唆している[4]。見たことのないものを創造することは難しいということ、情報が作り手に偏っているということ、使用する経験を経たはじめて機能や価値を取り出すことなどが、使い手が自分の要望を示すことが出来ない論理的な要点とされている。

ただし、このようにユーザー側である納税者の要望を把握するのは、重要なことであることは間違いないことである。そのため、できるだけ確実にユーザー側が満足する機能が確立されるように考えていかなければならないことになる。

しかし、現在のシステムでは機能設計を中心となって担う立場が存在しない状況であるといえる。残念ながら、各公共建築の機能構成を正確に表現した内容は、これまで存在しない可能性があるのではないだろうか。

また、図1の創造プロセスの最終段階である、ユーザーが使用することで初めて発生する「発生機能」について、確認している運用上の情報も、ほとんど見たことが無い状況であると言わざるを得ないのではないだろうか。このように機能が取り出されるとき、どのような方向性となるのかについては、それぞれの建築の特性が少なからず影響することになる。その建築の設計機能上の機能複雑性、つくられたものが引き起こす結果がどのような全体像となるかということについての

結果不確実性など、設計行為に入る前に計画される建築物に対する必要な分析を加えておくことは、発注者としては担うべき役割の一つであると考えられる。

4.2 建築産業に対する影響の可能性

次に、公共建築の発注にあたり、国内の建築産業全体に対して、良い影響を及ぼすことが期待されることになる点について考えていきたい。

まず、関与者としての設計者や施工者の業態に対して、どのような影響の可能性があるかを考えていきたい。一つの重要な点として、我が国において、未来永劫、健全に業態が発展し続けることが求められることになる。例えば、ある時期以降、それまでつくっていたものがつくれなくなり、海外に頼らなければならない状況になることは、避けるべきことである。そのためには、国内の業態の中に、必要な技術的知識を築き続ける必要がある。そのためには、十分な技術的知識を持つ専門家を、いつの時代も確保していかなければならない。これには、若い年代の教育と、技術知識を持つ者の業態からの離散の回避を継続することによる対応が考えられる。要するに、魅力的な業界とし、若い世代が入ってくるし、入った人は離れないような業界にすることである。ただし、理解し間違えると、新卒学生の確保や、若年者の確保だけに議論が偏ることになる。しかし、昨今、国内において、様々な年代で職種を変える傾向が強くなってきており、中堅の他業界への流出や流入なども、極めて重要な点であることを認識しなければならぬ可能性がある。

次に、業態の健全な技術的発展についてを考えていきたい。この点は、前述のように、慣行軌道の刷新による発展について、重要な危険性を含んでいることに注意しなければならない。予定価格や予定工期は、工事の品質の標準化が進む考え方であり、必要なものであると考えられる。しかし、前提となるのが、技術的な面を含み様々な点で前例に従うことである。つまり、建築工事でいえば、同じ材料購入の仕方材料や資材を購入し、同じ工法で、同じ管理方法で、施工を行うことが前提となる。逆に言えば、いつも通り以外の方法をとることは許されない面がある。特に、劇的に価格を避けることが出来ても、入札額が予定価格のある割合より低いときに内容の確認のための調査である低入調査の対象となる。この調査は、価格の構成を徹底的に明らかにしようとする考え方でできているが、調査対象となった業者だけ極めて細かく内容を確認され、少しでも不明瞭なところがあると大きなペナルティがあるため、入札で勝ち残ることが困難となる。これは、注意しないと、明らかにイノベーションの阻害要因となる側面があると考えられる。最初の段階で、発注担当者がイノベーションの可能性を確認する等、早急の対策が必要であると考えられる。

4.3 公共建築の価値の二重性

今回の資料をはじめ、ここ数年は品確法が大きな拠り所となっている傾向がある。しかし、ここにも大きな問題が考えられそうである。

品確法は、不良品をつくらないことが基本的な目的であると考えられる。極めて重要な視点である。

しかし、必要と考えられる価値は二重になっていると考えると整理しやすい面がある。基本的な価値と考えられるものと、付加的な価値と考えられるものである。品確法の対象は、前者の基本的な価値と言われるものと考えられそうである。しかし、建築には求められる最低限の価値以外に多くの価値が期待されることになる。例えば、一つの庁舎を取り上げるとすると、基本的価値だけ考えれば、内部職員の執務、資料の保管、来訪者の対応などが成立すれば良いことになる。しかし、実際の計画では、当然、快適性や象徴性などをできるだけ高くすることが重要であるとして進められていくことになる。つまり、付加的な価値を求めることになる。

現行の公共建築の発注に関する議論では、少し薄めになっている可能性が懸念される部分である。

5 まとめ

本稿は、慣行化されている公共建築の発注について、精査物に関する基礎的理論を用いながら、不自然さや危険性などの課題を抽出しながら、必要な方向性を示唆してきたものである。

前章で検討したそれぞれの視点から得られた内容をまとめ直し、これから向かうべき方向性を整理すると、以下のようになると思われる。

- ・納税者や、最終利用者の要望を、真摯に議論し、計画前に検討可能な範囲を明確にしながら整理しておくこと。
- ・使い手は、使い始めてからどのように建築や空間を利用するかを決めている傾向があるため、竣工後も明確に対応していくシステムを持っていること。
- ・建築産業におけるイノベーションの阻害要因になる面を回避し、イノベーション推進を実現する考え方を持つこと。
- ・最低品質保証だけでなく、考えられる最高の付加的価値を実現できることを目指す方向性を持つこと。

本稿では、現状における各公共建築発注者の判断基準や動向は十分に把握できておらず、理論的な考察にとどまっている。今後は、それぞれの公共建築の発注主体、そして運営主体の実情を把握しながら、実効性の高い議論を進めていく必要があると考えられる。

参考文献

[1] Herbert A. Simon, *The Sciences of the Artificial* 3rd Ed.,

- pp3-13, The MIT, Press, 1996.
- [2] 上田完次, 「研究開発とイノベーションのシステム論」, 精密工学会誌 Vol76, No7, pp737-742, 2010 年
- [3] Sheth, Jagdish N., Newman, Bruce I., Gross, Barbara L., “Why We Buy What We Buy: A Theory of Consumption Values”, *Journal of Business Research*, Vol.22, pp.159-170. Sweeney, 1991
- [4] 上原征彦, 『マーケティング戦略論』, pp245-246, 有斐閣, 1999 年
- [5] 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
- [6] Ulrich, Kirl, “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm,” *Research Policy*, 24, pp.419-440, 1995
- [7] S Schmitt, B. and Simonson, A., *Marketing aesthetics: The strategic management of brands, identity, and image*, Free Press, 1997
- [8] Schmitt, B., and Rodgers, *Experiential Marketing: A New Framework for Design and Communications*. *Design Management Journal* 10(2), pp10-16. 2008
- [9] Prahalad, C.K., & Ramaswamy, V. *The New Frontier of Experience Innovation*. *Sloan Management Review*, Summer, pp12-18. 2003
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 吉田敏編著, 『技術経営』, 理工図書, 2012
- [13] 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
- [14] 吉田敏, 「製品の機能創出に関する基礎的考察」, *日本感性工学会論文誌* 第 14 巻 2 号 pp. 325 - 333, 2015
- [15] 吉田敏, 野城智也, 「アーキテクチャ」の建築生産における構成要素のモジュラー化に関する考察, *日本建築学会計画系論文集*, 第 595 号, pp173-180
- [16] 社会資本整備審議会, 「官公庁施設整備における発注者のあり方について —公共建築工事の発注者の役割—(答申)」, 2017 年
- [17] 国土交通省大臣官房官庁営繕部, 「公共建築の品質確保のために —品確法を踏まえた官庁営繕の取組—」, 2017 年
- [18] J. A. Schumpeter, 『経済発展の理論』, 岩波書店, 1977 年
- [19] 内田祥哉, 『建築生産のオープンシステム』, 彰国社, 1977 年

韓国の公共機関への個人情報保護管理水準評価調査

慎 祥揆*・瀬戸 洋一*

Private information protection management level evaluation survey for public institutions in South Korea

Sanggyu Shin* and Yoichi Seto*

Abstract

From October 2015, the number law was enforced, and the citizens were notified of “My Number.” Beginning in November 2017 full-scale operation of information cooperation began among local governments via an information provision network system. Personal information including “My Number” is referred to as specific personal information. In local governments and other institutions, implementation of specific personal information protection assessment was obliged as prior correspondence to affairs that deal with specific personal information files. Based on the evaluation report issued by the municipality is necessary to analyze, whether the municipality or the like is appropriately implementing the protection evaluation of the specific personal information prescribed by the numbering law. For this reason, this paper was investigated with reference to the personal information protection management level evaluation for public institutions in Korea as a reference material to see whether the analysis is correct.

Keywords: Specific personal information protection assessment, Protection of individual privacy, Public institution, information protection management level

1 はじめに

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。2017年11月より地方公共団体間で情報提供ネットワークシステムを介した情報連携の本格運用が始まった。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、特定個人情報ファイルを取り扱う事務に対し、事前対応として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いう指摘があった[3]。

また、市区町村より公開された保護評価書の重大事故の報告では人的運用が原因の事故が多数報告されている[4]。

諸外国では、個人情報の収集を伴う情報システムの導入または改修にあたりプライバシーへの影響を事前に評価し、

問題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[5]。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[6]。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[7]。特定個人情報の保護評価は、事務(システムおよび運用)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を対象として専門的中立的な第三者が評価を行う。

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を行うために、その分析がただしいことであるか参考する資料として韓国で行われている公共機関への個人情報保護管理水準評価を参考に調査した。

2 公共機関の個人情報保護管理水準診断

韓国の行政安全部は2008年4月2日、個人情報保護総

合対策実施に本格的に乗り出すと発表した後、中央行政機関と地方自治体の個人情報管理水準を向上させるための「個人情報保護水準診断」を実施している[8].

行安部は個人情報の保護水準を客観的に診断することができる基準と標準化された管理指標を盛り込んだ「個人情報保護水準診断プログラム」を、各公共機関に普及、拡散して、個人情報管理能力の強化に活用している。

2.1 個人情報保護水準診断プログラム

「個人情報保護水準診断プログラム」は、1年単位で、各機関別自律診断と脆弱性の分析と自己改善、行安部によるメタ診断、結果に反映と今後の改善課題導出の過程で行われる[9].

この診断プログラムは、個人情報保護に基づいて、処理ステップの個人情報の管理、個人情報の侵害対応などの個人情報保護の全分野を網羅した全18個の指標で構成されており、専門家の助言や担当者アンケート調査、公聴会など各界の意見収斂過程を経開発された。

個人情報保護基盤は、政策基盤と技術基盤に基づいて構成され、政策基盤は、組織の予算教育などの水準を、技術基盤は、個人情報保護のためのシステムの導入、システムのアクセス制御、暗号化程度などを測定する。

処理プロセス別の個人情報管理は、収集・保有・利用・提供・破棄の個人情報処理の過程での手続き、管理などの適正性を測定し、個人情報の侵害対応は、個人情報の侵害救済手続き、個人情報の流出対応手順、Webサイト個人情報漏洩対策が適切に策定されて運営されているかどうかを分析することになる。

1次的には各機関が自律診断を行い、分析された脆弱性を自ら改善するようにした後に、別途設定した診断専門委員会で各機関の診断結果を検証する。以後導出された問題に対する制度・運営次元の改善課題を発掘、翌年の個人情報保護対策に反映する。

診断結果優秀機関は、認証マークの付与、別途賞などで他の機関の競争ベンチマークを積極的に誘導し、不十分機関は、改善計画策定を促し、集中的なトレーニングとコンサルティングに管理レベルを向上させることができる。

行政安全部は、診断プログラムの適用を介して得られた結果は、個人情報保護指数で持続管理している。

2.2 診断の概要

韓国では公共機関に対し、行政自治部と KISA (Korea Internet & Security Agency) によって公表された資料によると、公共機関の個人情報保護管理システムおよび侵害予防活動などを診断し、機関の評価に反映、個人情報の保護水準の向上を誘導するために行政管理能力の評価(4点)、地方公企業の経営評価(0.5点)で公共機関の個人情

報保護管理水準の診断を行なうようになっている[10].

2018年度には中央機関(46)、傘下機関(338)自治体(243)、地方公企業(146)の総773(前年度対比14個の機関増加)の機関に拡大し行なった。

3 韓国の公共機関のPIA

公共機関の個人情報保護管理水準診断は、公共機関の個人情報保護管理体系および侵害予防活動などを診断し、機関の評価に反映し、個人情報の保護レベルの向上を誘導するために行われる。

韓国での個人情報の定義は、生きている個人に関する情報であって、氏名、住民登録番号、および映像などを通じて個人を認識できる情報(当該情報だけでは特定の個人を認識することができなくても、他の情報と容易に結合して調べることができるものを含む。)をいう。このような個人情報をもっとも扱っているのが公共機関であり、その管理水準の評価必須事項である[11].

3.1 診断の概要

2018年度の診断対象機関は、総773個の機関(前年比14機関の増加)で、中央省庁(46)と傘下機関(338)、広域(17)・基礎自治体(226)と地方公企業(146)の診断を実施している。

2015年：737機関	2016年：749機関	2017年：759機関	2017年：773機関
中央：45 傘下機関：315 自治体：243 地方公企業：134	中央：45 傘下機関：322 自治体：243 地方公企業：139	中央：45 傘下機関：330 自治体：243 地方公企業：141	中央：46 傘下機関：338 自治体：243 地方公企業：146

図1：年度別の診断対象機関の拡大推移

診断内容は3つの分野12の指標24項目で、

- 管理システムの構築と運用の分野
 - 個人情報保護基盤作り、個人情報保護教育などの4つの指標8つの項目
- 保護対策の策定と実施の分野
 - 個人情報の収集、映像情報処理機器運営などの4つの指標8つの項目
- 侵害対策の策定と実施の分野
 - 個人情報の有露出防止、侵害対応手順を確立などの4つの指標8つの項目

で診断を行う。

3.2 2017年比主な変更点

2018年度は2017年度に比べ、14機関が増加、分野別配点割合で侵害対策の分野の配点を拡大した。

他、法令の改正事項の反映、基本点数が20点から反映なしに変更などいくつか変更事項がある。

表 1: 診断指標

区別	2017 年度	2018 年度
診断対象	総 759 個の機関 - 中央部処: 45 - 広域自治団体: 17 - 基礎自治体: 226 個 - 地方公企業: 141 - 中央省庁の傘下機関: 330 個	総 773 個の機関(+14 個) - 中央部処: 46(+1) - 広域自治団体: 17 - 基礎自治体: 226 個 - 地方公企業: 146(+5) - 中央省庁傘下機関: 338 個(+8 個)
診断指標 変更事項	分野別配点割合 - 管理システム 30 - 保護対策 30 - 侵害対策 40	侵害対策の分野配点拡大 - 管理システム 25(-5) - 保護対策 30 - 侵害対策 45(+5)
	指標別の重み - 7 個人情報の影響評価を実行: 10 - 11 個人情報の処理システムの安全利用と 管理: 14	不十分指標の重みを大きくする - 7 個人情報の影響評価: 13(+3) - 11 個人情報の処理システムの安全利用と 管理: 18(+4)
	個人情報保護法の改正 ■ 同意書通知明確化(法第 22 条, 2017 年 10 月に施行) ■ 固有の識別情報の安全性確保措置定期 調査(法第 24 条, 2017 年 7 月に施行)	法令の改正事項を反映 - 「5.2 同意手続きの履行」の指標に反映 - 12 住民登録番号の処理制限→12 固有の 識別情報の処理制限
診断方法	現場点検 100 機関 - 証明の現場確認を中心	現場点検 30 の機関 - 不十分機関の改善をサポート中心
	中央省庁の傘下機関自体の診断 - 文部科学省, 保健福祉部の実施	中央省庁の傘下機関自体の診断 - 保健福祉部, 文化体育観光部 ※文部科学省傘下の機関は, 行政安全部が 診断
基本点数	20 点	0 点

2018 年度の診断にたいし, 2017 年度に行った診断との変更点を表 1 にまとめた。

4 2017 年の度診断結果

今回の調査が行った際にはまだ 2018 年度の診断が行われている途中であり, 2017 年度の診断結果を重心に調査をまとめた。

4.1 診断の概要

今回の調査が行った際にはまだ 2018 年度の診断が行われている途中であり, 2017 年度の診断結果を重心に調査をまとめた。2017 年度の個人情報保護管理水準診断の対象機関は, 総 759 個の機関(2016 年比 10 機関に増加)で, 中央省庁が 45 機関, 330 個の傘下機関, 17 の広域, 226 個の基礎自治団体と 141 個の地方公企業で施行された。診断については, 3 つの分野(管理システムの構築, 保護対策

の策定, 侵害対策の樹立)で, 診断方法は, 機関別提出を診断委員会で検証評価が実施された。

4.2 診断の流れ

診断指標の検討および診断のための診断委員会の構成が 2016 年 3 月に設定されて, 診断, 委員会が, 1 次(3.31), 2 次(5.25), 3 次(9.1), 4 次(12.22)開会された。

個人情報保護の管理レベルの診断計画の助言と説明会が 2017 年 4 月に開催され, マニュアル制作・配布, 説明会(3 回)と自己診断コンサルティングサポート(年中)が実施された。

機関別実績の提出および診断の実施は, 2017 年 7 月～8 月中行われ, 中間結果の通知と機関別の再検証申請の受付は, 2017 年 8 月～10 月に実施された。

その後, 再検証の申請内容を確認及び現場訪問コンサルティング(総 100 個)が 2017 年 8 月～12 月にかけて実施された。

表 2: 診断指標

分野(配点)	12 個の指標(24 項目)
管理システムの構築 (30 点)	1. 個人情報保護基盤作り
	2. 個人情報の処理業務委託に伴う個人情報保護
	3. 個人情報保護教育の推進
	4. 個人情報保護責任者の役割を実行
保護対策の樹立及び施行 (30 点)	5. 個人情報の収集
	6. 個人情報の目的外利用・第三者提供の手続き運営
	7. 個人情報の影響評価を実行
	8. 映像情報処理機器の設置と操作
侵害事故対策 (40 点)	9. 個人情報有・暴露防止措置
	10. 個人情報の侵害対応と災害災害対応手順を確立
	11. 個人情報の処理システムの安全利用と管理
	12. 住民登録番号の処理制限

表 3: 機関の類型別分野別の診断結果

区別	対象	総合平均	分野別		
			管理システム	保護対策	侵害事故対策
全体平均	759	81.28	87.57	83.77	78.73
中央機関	45	88.86	92.62	91.01	87.56
広域自治団体	17	84.55	91.35	89.35	81.22
基礎自治体	226	81.31	87.61	85.03	78.15
地方公企業	141	81.31	88.47	83.65	77.98
傘下機関	330	80.05	86.26	81.69	78.12

4.3 診断指標

表 2 に 3 つの分野 12 の指標 24 項目に対する診断指標を表す。点数の算定は

- 指標別の基本点数 20 点, 履行実績に基づいて, 100 点満点付与
- 特定の指標の適用の例外機関は同じ分野の他の指標に重み付け個人情報の処理業務委託がないか, 影響評価の対象としない場合は, 指標の適用を除く
- 上級機関の支援可否と法違反による加点・減点適用

加点・減点の基準は, 以下のようにつけられた。

- 個人情報保護の管理のベストプラクティス加点
 - 中央省庁・広域自治体の傘下機関・基礎自治体の個人情報保護に関連するサポート機能を実行するかどうかに応じて, 加点(1 点以内)
 - 個人情報保護サポートセンターの活動優秀基礎自治体加点(0.5 点)
- 個人情報保護不適切事例減点
 - 改善勧告(1 点/件あたり), 是正措置(1 点/件あたり), 過料(2 点/件あたり)

4.4 診断結果

結果としては, 指標別の基本点数を 20 点引き下げ(2016 年 40 点→2017 年 20 点)ましにもかかわらず, 総合平均は前年度(84.98)に比べ 3.70 点低下(4.3% ↓)した。これは, 実質的な個人情報保護の管理レベルは向上したと評価することができている。ただし, 基礎自治団体, 地方公企業と傘下機関に対して継続的な管理レベル向上のための努力が必要であると判断された。

基礎自治団体, 地方公企業, 傘下機関の個人情報保護水準が中央省庁や広域自治体に比べてまだ低いと評価され, 不十分な機関の管理水準向上のための多角的な努力に必要なこの必要があると診断された。そこで, 個人情報保護のための機関長の関心の向上, 個人情報保護業務担当者の専門性の向上, 不十分機関のための改善支援コンサルティングなどの努力が必要であると助言があった。

特に, 侵害事故対策の分野が 78.73 点で, 他の分野よりも低く評価され, 水準向上のための継続的な投資と努力が必要だと指摘された。

表 3 に機関の類型別分野別の診断結果を示す。

指標別の結果を見ると, 個人情報保護教育の推進が 92.01 点で最高点を, 個人情報の処理システムの安全利用

表 4: 指標別の診断結果

分野(3)	診断指標(12)	平均	中央	広域	基盤	公企業	傘下
管理 システムの 構築	個人情報保護基盤作り	90.26	95.29	89.24	88.16	92.40	90.15
	業務委託に伴う個人情報の保護活動	88.62	93.76	93.24	88.82	89.79	86.97
	個人情報保護教育の推進	92.01	96.96	96.71	92.85	92.26	90.42
	個人情報保護責任者の役割を実行	79.64	84.49	86.24	80.61	79.48	78.04
保護対策の 樹立及び 施行	個人情報の収集	84.09	92.07	92.29	88.68	82.68	80.05
	目的外利用・第三者提供の手続き運営	86.17	86.58	92.94	89.93	86.94	82.86
	個人情報の影響の評価を実行	70.38	93.38	78.38	70.18	36.11	71.00
	映像情報処理機器の設置と操作	88.59	92.97	92.65	91.13	87.45	86.20
侵害事故 対策	流出・暴露防止措置及び自律改善	87.88	94.87	94.35	91.09	83.45	86.29
	個人情報侵害対応手順や災害災害対応 手順を確立	84.52	89.82	85.24	87.41	85.99	81.15
	処理システムの安全利用と管理	56.98	70.66	54.06	52.97	57.35	57.96
	住民登録番号の処理制限	86.87	95.23	91.24	81.13	88.56	89.584

と管理が 56.98 点で最低点と評価された。

表 4 に指標別の診断結果を示す。

表 5 に診断指標と重み(3 つの分野, 12 の指標, 24 個のアイテム)を示す。

5 おわりに

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を行うために, その分析がただしことであるか参考する資料として韓国で行われている公共機関への個人情報保護管理水準評価を参考に調査した。

韓国の行政安全部は 2008 年 4 月 2 日, 個人情報保護総合対策実施に本格的に乗り出すと発表した後, 中央行政機関と地方自治体の個人情報管理水準を向上させるための「個人情報保護水準診断」を実施している。

今回の調査では, 2018 年度の公共機関への個人情報保護管理水準評価調査と 2017 年度の行った評価調査の結果を調査し, 紹介した。

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, 2017 年 5 月,
http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=425AC0000000027&openerCode=1

[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 29 年 5 月,

https://www.ppc.go.jp/files/pdf/PIA_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] 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/>

[5] 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

[6] Kush Wadhwa「SAPIENT project supporting fundamental rights, privacy and ethics in smart surveillance technologies」, *Biometrics*, 2011 年

[7] 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/>

[8] 韓国の行政安全部ホームページ(韓国語), <http://www.mois.go.kr/frt/a01/frtMain.do>

[9] 公共機関個人情報保護水準診断プログラム(韓国語), https://www.privacy.go.kr/cmm/fms/FileDown.do?atchFileId=FILE_000000000083598&fileSn=0&nttId=2057&toolVer=&toolCntKey_1=

表 5: 診断指標と重み (3つの分野, 12の指標, 24個のアイテム)

分野	診断指標	重み				診断項目
総計		100				
管理 システムの 構築と 運用(30)	1. 個人情報保護基盤作り	5	7			1.1. 個人情報保護のための専門組織と人材を構成・運営しているか 1.2. 個人情報の保護活動を実行するために必要な予算を反映しているか
	2. 個人情報の処理業務委託に伴う個人情報保護	12	-			2.1. 個人情報の処理業務委託の現状を把握し、法の義務を文書化しているか 2.2. 受託者対象の教育と監督を実施しているか
	3. 個人情報保護教育の推進	5	10			3.1. 教育対象別(責任者, 担当者, 取扱者/一般職員)の年間教育計画が策定されていますか? 3.2. 教育対象別(責任者, 担当者, 取扱者/一般職員)教育が実施されているか?
	4. 個人情報保護責任者の役割を実行	8	13			4.1. 個人情報保護責任者が管理・監督等の役割を果たしているか 4.2. 個人情報保護レベルの向上のためのCPO主導の実績があるか
保護対策の 樹立 及び 履行(30)	5. 個人情報の収集	5	9	7	15	5.1 必要最小限の個人情報を収集しているか 5.2 個人情報の収集に対する同意手続きを履行しているか
	6. 個人情報の目的外利用・第三者提供の手続き運営	9	12	11	15	6.1. 個人情報の利用・提供に備えるための手順書を策定しているか 6.2. 手順書を個人情報取扱者に広め、利用・提供の際台帳に記録・管理するか?
	7. 個人情報の影響評価を実行	10	-	12	-	7.1. 個人情報の影響評価対象かどうかを把握しているか 7.2. 影響評価計画を策定・実施したのか?
	8. 映像情報処理機器の設置と操作	6	9			8.1. 映像情報処理機器運営・管理方針を策定・公開し、法の義務がすべて反映されているか? 8.2. 個人映像情報の利用・提供・閲覧・破棄履歴を台帳に記録し、管理するか?
侵害対策の 策定と 実施(40)	9. 個人情報有・暴露防止措置	10	15	12	25	9.1. ホームページや個人情報の処理システムの個人情報有・暴露防止のためのシステムを構築・運営しているか 9.2. 業務用 PC などの個人情報有・暴露防止のためのシステムを構築・運営しているか
	10. 個人情報の侵害対応と災害災害対応手順を確立	10	15	12	15	10.1. 個人情報侵害事故発生に対応するための手順書を策定し、伝播しているか 10.2. 災害・災難発生に対応するための手順書を策定し、伝播しているか
	11. 個人情報の処理システムの安全利用と管理	14	-	16	-	11.1. 個人情報の処理システムのアクセス権限管理ポリシーを策定・実施しているか 11.2. 個人情報の処理システムの接続記録の点検及びフォローアップを実施しているか
	12. 住民登録番号の処理制限	6	10	0	0	12.1. 住民登録番号の処理状況を把握しているか 12.2. 住民登録番号の暗号化を実施したのか?

- [10] 韓国の行政安全部, KISA, 「2018年公共機関の個人情報保護管理水準診断」(韓国語),
https://www.privacy.go.kr/cmm/fms/FileDown.do?jsessionid=AU54R2XynnwOJywRjLJHPY5k.PVCserver1?atchFileId=FILE_000000000832146&fileSn=0&nttId=&toolVer=&toolCntKey_1=
- [11] 個人情報保護総合ポータル ホームページ,
<https://www.privacy.go.kr/nns/ntc/inf/personalInfo.do>

URLは2018年9月確認

エコシステムで構成するサイバー攻撃と防御演習システム CyExec の提案

瀬戸洋一* 中田亮太郎** 豊田 真一* 長谷川久美* 慎 祥揆*

Proposal of Cyber attack and defense Exercise system CyExec composed of ecosystem

Yoichi Seto*, Ryotaro Nakata**, Shinichi Toyoda*, Kumi Hasegawa*
and Sanggyu Shin*

Abstract

Cyber attacks are becoming active and sophisticated. There is a shortage of security human resources corresponding to Cyber attacks, and human resource development is an urgent task in Japan. In this paper, we propose Cyber attack and defense exercise system "CyExec" based on the concept of an ecosystem which can jointly develop exercise program in practical environment using VirtualBox, Docker which can be easily installed by higher education institution and small and medium-sized enterprises.

Keywords: Cyber attack and defense, Ecosystem, Information ethics, Security human resources training, Virtualization technology

1 はじめに

各国でサイバー攻撃によるインシデントの発生件数が増加し、社会的な影響が表面化している。日本でも 2015 年 5 月に発生した年金機構の情報漏えい事件をはじめ、2018 年 1 月の仮想通貨流出事件など、生活に直結する事件が発生し、サイバーセキュリティに対する社会の関心やニーズが高まっている[1]。政府のサイバーセキュリティ戦略では、セキュリティ人材の育成が課題となっている。例えば、2020 年には 19 万人以上の人材不足や、セキュリティ業務に従事する人材でも知識・スキル不足が懸念されている [2][3]。

セキュリティ人材育成の取り組みとして、一部の大学や公的機関ではサイバーセキュリティの知識・技術を修得するため、専用のアプリケーションを用いた脆弱性やサイバー攻撃と防御を体験する演習が実施されている[4]-[6]。

市販のサイバーレンジによる演習では、仮想環境に構築されたネットワーク上で、現実で起こる攻撃や防御、脆弱性への対応手法をチーム演習の形式で体験しながら学習できる。また、実際のマルウェアを用いるなど、現実起こりうるシナリオを利用して、役割に応じた組織的な対応方法を学ぶことができる。このため、高い教育効果が期待できる[7][8]。

しかし、大学などの高等教育機関では、導入コストの問題や、演習環境の維持管理を行う人員の不足から、高度なセキュリティ人材を育成するための教育環境の整備は進んでいない。演習プログラムやカリキュラムを協力して開発可能

で、導入が容易なサイバー攻撃と防御の演習システムの整備が必要である。また、演習を通じて得られる技量には攻撃手法が含まれる。受講者が、演習により得た技量を、故意あるいは過失により悪用し、攻撃側となるリスクがある。このため、受講者に対し攻撃と防御の技量を教えるだけでなく、法・倫理教育が必須である。

本稿では、社会人大学院大学などの高等教育機関や中小企業で導入可能なサイバー攻撃と防御の仮想型演習システム Cyber security ExerCise (以下 CyExec)を提案する。2 章で既存演習システムの課題から CyExec の要求事項を示す。3 章にてエコシステムの考え方をベースとする仮想型演習システム CyExec の提案、法・倫理教育のカリキュラム、および 4 章で CyExec 実装例を紹介する。

2 サイバー攻撃と防御の演習の課題

2.1 既存演習の特徴

表 1 に既存のサイバー攻撃と防御に関する演習の特徴を示す。サイバーセキュリティに関する代表的な演習として脆弱性診断とサイバーレンジがある。

Received on September 14, 2018

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

**昭和女子大学 Showa Women's University

表 1: 既存のサイバー攻撃と防御に関する演習の特徴

	脆弱性診断	サイバーレンジ
代表的な演習プログラム、製品	<ul style="list-style-type: none"> WebGoat (OWASP Foundation) AppGoat (IPA) 	<ul style="list-style-type: none"> CYBERIUM (富士通) TAME Range (DNP) CyTrONE (JAIST)
演習環境	<ul style="list-style-type: none"> 受講者PC(ローカル環境) 	<ul style="list-style-type: none"> クラウド、サーバ(仮想ネットワーク環境)
内容	<ul style="list-style-type: none"> 脆弱性の原理、検知、影響度、対策についての演習 	<ul style="list-style-type: none"> インタラクティブな攻撃と防御の演習
効果	<ul style="list-style-type: none"> 脅威脆弱性の体験を通じた理解 	<ul style="list-style-type: none"> セキュリティインシデントに対する技術的、組織的な実践的対応力
費用	<ul style="list-style-type: none"> 基本的には無償 	<ul style="list-style-type: none"> 一般的には数億円

(1) 脆弱性診断演習

脆弱性の検出、影響度、および対策について学習する。脆弱性診断プログラムは無償版が公開されている。例えば、OWASP(Open Web Application Security Project)が提供する WebGoat, IPA(情報処理推進機構)が提供する AppGoat がある[9][10]。演習プログラムを受講者自身の PC にインストールすることで、演習環境の構築が可能である。

AppGoat は、Windows 上でのみ実装可能である。利用にあたっては、IPA に利用許諾条件合意書を提出する必要がある[11]。合意書には、「反社会的利用等を防止するため、本合意書は、利用者に高度の責任を求めています。」と記載され、合意した者のみがインストール可能となる。

「ウェブアプリケーション用学習ツール(集合学習モード)のみ、集合教育目的に有用と認める範囲で本製品を改変することができます。」と記載があり、ある程度のカリキュラム変更には対処できる柔軟性がある。また、解説資料など教材も整備されている。

受講者は、演習プログラムを利用し、サイバー攻撃に関係する脆弱性の検出、対策方法を修得できる。しかし、脆弱性診断は、組織的な対応方法は学習範囲外である。攻撃と防御というインタラクティブさに欠け、静的な脆弱性検出および対策に限定される。また、WebGoat の場合は、プログラム素材のみの提供であり、演習テキストが用意されていないため、演習実施にはカリキュラム、教材の整備が必要である。

(2) サイバーレンジ演習

セキュリティインシデントに対応可能な組織の人材育成を目的とした演習である。演習環境は、仮想環境上にサーバやクライアント、ネットワークなど、実世界を模して構築される。

受講者は、マルウェアなど不正なプログラムを用いた攻撃に対し、攻撃手法やマルウェアの種類、被害状況や対応方法の確認を行うなど、攻撃発生から対応終結までの想定訓練が可能である。攻撃に対する防御技術と、CSIRT(Computer Security Incident Response Team)

や SOC(Security Operation Center)などの組織的な対応手法も修得できる。

しかし、サイバーレンジは、高額な導入維持コストが必要である。高等教育機関側の意向に合わせたカリキュラム変更の柔軟性にも欠ける。また、演習環境の維持管理を行う専門人材を確保する必要がある。

高等教育機関では、現有する計算機環境で、脆弱性の対策および組織的な対応の基礎を修得できるカリキュラムが求められる。しかし、脆弱性診断は、攻撃と防御のインタラクティブ性に欠け、組織的な対応が不足する。一方、サイバーレンジは予算や人員に制約のある高等教育機関では導入が困難である。また、カリキュラム策定の自由度が小さい。次節で課題に対する対策方針を述べる。

2.2 演習における課題と CyExec に対する要求事項

表 2 は、CyExec に実装する演習プログラムの学習範囲を示す。

表 2: CyExec で実現する演習

	脆弱性診断やペネトレーションテスト	サイバーレンジ
対象	<ul style="list-style-type: none"> システムやアプリケーション 	<ul style="list-style-type: none"> 導入しているセキュリティ機器 インシデントに対応するセキュリティ担当者
目的	<ul style="list-style-type: none"> システムやアプリケーションの脆弱性の有無と影響度の調査 	<ul style="list-style-type: none"> 組織全体のサイバー攻撃に対する耐性の調査 セキュリティ担当者の育成

高等教育機関における演習システムは、下記に示す内容を学習することが必要である(表 2 の囲み線部分)

- (a) 基礎技術として脆弱性診断(脅威と脆弱性の理解)
- (b) 応用技術としてインタラクティブな攻撃と防御技術
- (c) 組織的対応の基礎

CyExec は、高等教育機関が現有する計算機環境を利用し、脆弱性の検出と対策技術の修得、インタラクティブな攻撃と防御の基礎、および CSIRT や SOC などの人材育成を考慮した組織的対応の基礎を修得できる学習範囲を要求事項とする。表 3 は演習における課題と対策を示す。

表 3: 演習における課題と対策

	課題	対策
演習システム	<ul style="list-style-type: none"> 高額な導入・保守コスト 	<ul style="list-style-type: none"> 現有計算機環境下で運用可能な仮想環境を採用
	<ul style="list-style-type: none"> 受講生のレベルに合わせたカリキュラムの整備は、一つの教育機関では困難 	<ul style="list-style-type: none"> 複数教育機関での共同開発、共同利用が可能なコンテナ技術を採用
法と倫理教育	<ul style="list-style-type: none"> 受講者に誓約書の必要性、問題の影響度を説明していない 	<ul style="list-style-type: none"> 技術を間違えて、利用した場合の法的課題について事前に教示

(1) 演習システム

高額な導入維持コスト、専門人員の確保が必要である。演習の実施には、受講者のレベルにあわせた技術的、組織的なカリキュラムを整備する必要があるが、単独の高等教育機関では困難である。

演習環境は、高等教育機関の現有計算機環境上で演習可能な仮想環境構成とする。また、複数の機関による連携を実現するため、移植が容易なコンテナ技術を用いる。これにより、エコシステムが実現できる。

(2) 法・倫理教育

受講に当たって誓約書を求める組織が一般的であるが、必ずしも”なぜ誓約事項を遵守しなければならないか”を説明していない。

受講者が演習を通じて得た技量を、故意あるいは過失により悪用する可能性があるため、受講者に対し、得られた技量の扱い方により法律に抵触することを、倫理を含め教育する。

次章にて CyExec の構成および教育カリキュラムの提案を行う。

3. 仮想型演習システムCyExecの提案

3.1 エコシステムとしての実現

セキュリティ分野の技術の進展は早く、演習プログラムの開発には高い専門性と時間が必要である。したがって、演習プログラムの開発は、単独の高等教育機関で全てを完結することは困難なのが実態である。複数の高等教育機関や民間企業が連携し、演習プログラムを開発する必要がある。CyExec にエコシステムの考え方を導入し、複数機関での演習プログラム共同開発を実現する。

次節に具体的な実現方法を述べる。

3.2 演習環境の提案

(1) 低コストで実現する演習環境

演習システム導入・維持管理にかかるコストの多くは、機器の費用とソフトウェア等のライセンス費用である。これらのコストを抑制し容易に環境構築するため、高等教育機関の現有計算機環境(クライアント PC, サーバー等)で、開発した演習を容易に実装利用できる仮想化技術を用いた演習環境構成を提案する。仮想環境構築には VirtualBox を利用する[12]。

VirtualBox は、Windows や MacOS 上でアプリケーションとして別の OS(ゲスト OS)を稼働させることができ、高等教育機関の現有計算機環境上で演習環境を実装する。

(2) 共同開発・共同利用が容易な演習環境

複数の高等教育機関による共同開発、共同利用を実現するためには、異なる機関間であっても演習プログラムを容易に開発・利用できる必要がある。このため、コンテナ技術を用

い高い移植性を実現する。コンテナ技術は Docker を利用する[13]。

VirtualBox にて構成したゲスト OS に Docker をインストールし、Docker 上にコンテナを設置する。脆弱性診断の動作のほか、攻撃や防御に関する機能を持った様々な自主開発のプログラムをコンテナで稼働させることで、目的別の演習環境を容易に構築できる。

Docker は作成済みのコンテナをクラウド上で共有する DockerHub というサービスがある。例えば、公開されているコンテナを利用すれば、簡単に Web サーバを構築できる。また、作成した演習プログラムを実装したコンテナを公開し、共同利用することができる。

さらに、CyExec 上に、多様な演習プログラムを共同利用する環境が整備されることで、複数の演習プログラムを組み合わせた演習カリキュラムの開発、利用が可能となる。

図 1 は CyExec 演習システムのアーキテクチャを示す。

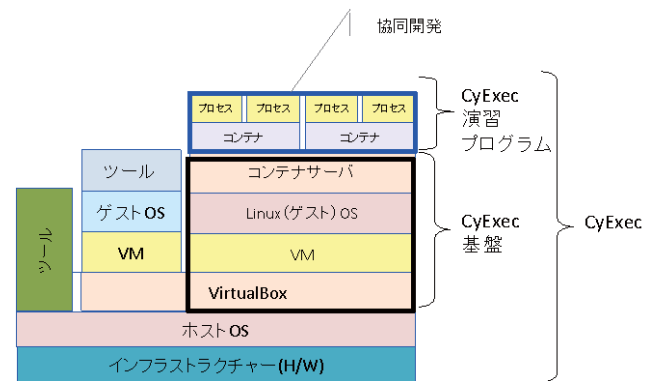


図 1: CyExec 演習システムのアーキテクチャ

提案する演習システムのアーキテクチャは、ホスト OS 上の VirtualBox で稼働するゲスト OS に Docker をインストールし、攻撃や防御のプログラムが動作するコンテナを Docker 上に実装する。これにより、VirtualBox のもつ現有計算機環境で動作可能な可搬性と、Docker コンテナの高い移植性による演習プログラムの共同開発・共同利用を実現する。

3.3 開発ロードマップ

サイバー攻撃手法は常に変化しており、CyExec は最新の攻撃シナリオに対応できることが求められる。したがって、CyExec 開発は、3つのステップに分けて拡張を行い、多様な演習シナリオに対応できるように計画している。

下記に CyExec の開発ロードマップの概要を紹介する。

(1) 自己完結学習型

図 2 のステップ 1 は、自己完結学習型の演習環境イメージを示す。

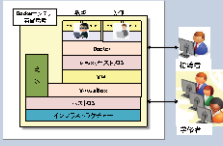
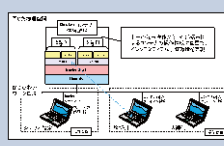
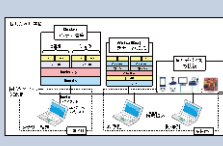
	ステップ1 2017～2018年度開発	ステップ2 2019年度計画	ステップ3 2019年度以降計画
構成			
内容	Docker@VirtualBox環境による自己完結学修スタイルの実現	Dockerホストの外部からコンテナのアクセスにより、インタラクティブ学修スタイルの拡大	物理環境にIoTデバイスを接続し、攻撃・防御シナリオの拡大
拡張性ポイント		<ul style="list-style-type: none"> インタラクティブに対応した演習環境の実現 ステップ1は「自己完結型」学習スタイルに適しており、インタラクティブにも対応できるような拡張する 	<ul style="list-style-type: none"> よりリアルな演習環境の実現 IoTデバイスを含むネットワーク環境への対応学修環境を実現する

図 2: CyExec の開発イメージ

自己完結学習型の演習環境では、演習用の仮想マシンをユーザ（講師と受講者）の環境に導入し、自己完結型の学習スタイルをとる。教室などの対面学習の場合、講師側と受講者側は別々の PC を使用するが、画面や操作、および結果が同じになる。

(2) インタラクティブ型

図 2 のステップ 2 は、インタラクティブ型の演習環境イメージを示す。

インタラクティブ型の演習環境では、外部と接続しない閉じたネットワーク環境を用意し、ネットワークを経由して、Docker コンテナを操作する環境を構築する。攻撃側のコンテナを操作する攻撃担当の受講者、防御側のコンテナを操作する防御担当の受講者、それぞれの操作を分離することでインタラクティブな学習スタイルを実現し、実世界に近いシナリオに対応することが可能となる。

(3) IoT デバイスを接続した演習環境

図 2 のステップ 3 は、IoT デバイスを接続した演習環境のイメージを示す。

IoT デバイスを接続した演習環境は、インタラクティブ型に IoT デバイスを接続した演習環境である。IoT に関する攻撃と防御の演習の開発へ拡張する計画である。

3.4 情報倫理とコンプライアンス教育

(1) 教育の必要性

CyExec 演習により得られた技量は、攻撃者視点のものに含まれる。受講者は、故意あるいは過失により、その技術を用いて悪用行為を行う可能性がある。特に社会人経験のない学生は、興味本位でサイバー攻撃を行う側となるリスクが高い。このため、受講者はなにがどのような法律に抵触するか、あるいは倫理的に問題あるかを把握した上で演習に参加する必要がある。

つまり、形式的な誓約書の提出を求めるのみではなく、根

本的に何が問題であるかを受講者に理解させる必要がある。

(2) 教育カリキュラム構成案

CyExec 演習に求められる法・倫理教育のカリキュラム案を下記に示す。

(a) セキュリティ事故の事例紹介

加害者の年齢が受講者と近い事例を選択することで、受講者に対し、身近な事例であること理解させる。

(b) セキュリティ関連法律

セキュリティに関連する法律を理解させ、(a)で紹介した事例はどの法律に抵触しているかを解説する。

(c) 情報モラル・情報倫理

セキュリティ分野の技術は進展が早く、技術的対策や法整備が遅れる傾向にある。社会的な規範や慣習に基づくモラル、個人の内面的な自律や良心に基づく倫理と、法との関係性を解説する。

(d) 責任範囲の確認

受講者に対して責任と自覚を持たせるため、CyExec 演習前に誓約書の提出を求める。

4. CyExec への実装例

開発した仮想環境が想定通りに稼働しているか検証するために、実装評価を行った。

(1) 演習環境の構築

CyExec の演習環境は、VirtualBox を用いて仮想マシンを作成し、ゲスト OS 上に Docker をインストールして構築する。以下の条件で演習環境を構築した。

- VirtualBox バージョン: 5.2.06
- Docker バージョン: 18.03.1-ce
- ゲスト OS: Ubuntu 16.04 LTS
- メモリ: 2GB
- ストレージ: 10GB
- チップセット: PIIX3
- ビデオメモリ: 16MB

(2) 脆弱性診断演習プログラム WebGoat の実装

脆弱性診断演習プログラム WebGoat を、演習環境上の Docker コンテナで動作させる。WebGoat は、実装済みのコンテナイメージが DockerHub に提供されているため、

Docker がインストール済みの環境であれば、容易に利用可能である。コンテナイメージをダウンロードし、コンテナを作成・実行することで、ブラウザから Webgoat を実行できることを確認した。

今回の試行で CyExec に実装し稼働を確認したが、WebGoat はテーマ数が多く、解説が不足している。教育に使うためには、カリキュラムやテキストなどの開発が必要であ

ることが判明した。

(3) 演習プログラムの開発と実装

XSS(クロスサイトスクリプティング)を題材とした演習プログラムを開発し、CyExec 上に実装した[14]。

XSS は、入力フォームなど動的な Web ページにおける脆弱性を利用した攻撃方法である。攻撃者は、脆弱性のある Web ページにユーザーを誘導し、不正なスクリプトを実行させる。この環境を実現するため、攻撃者が誘導に使うコンテンツと、防御側として脆弱性のある Web ページ動作のコンテンツの 2 つを実装し、受講者に環境を配布する。図 5 は開発した XSS 演習プログラムを実装した環境を示す。

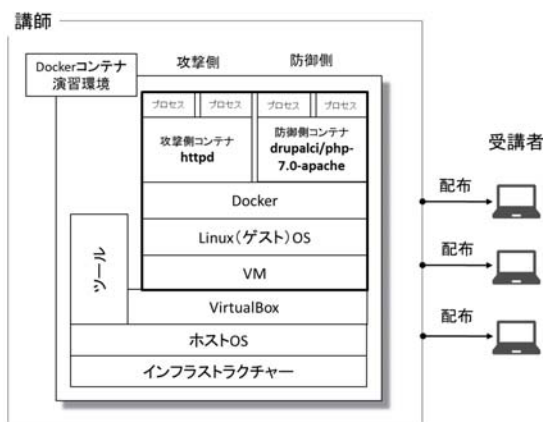


図 5: 演習プログラムを実装した環境

脆弱性のある防御側コンテナには、入力フォームの実装とスクリプトの動作のため、PHP が動作する Apache Web サーバコンテナイメージを利用した。

簡単な入力フォームや確認画面等を設置し、氏名や住所などの個人情報の入力を伴う Web ページを作成する。攻撃側は、Web サーバ上に不正なスクリプトを含んだ攻撃用 URL を作成し、脆弱性のある防御側の Web ページへのリンクとして設置する。

受講者は、防御側コンテナの Web ページから、個人情報の登録を行い、動作確認を行う。次に、攻撃側コンテナの Web サーバに設置したリンクから防御側の入力フォームページを開き、正常動作時と同様に登録を行うと、不正なスクリプトによる意図しない動作を確認できる。

実際に攻撃を体験することで、動作の仕組みや、脆弱性に関する知識を学習可能である。また、ソースコード確認による脆弱性箇所の確認、対処法などの学習ができる。

さらに、脆弱性検査の機能を増やすことも可能である。OWASP の提供する ZAP(Zed Attack Proxy)は Web アプリケーションの脆弱性検査を行えるツールであり、DockerHub にコンテナイメージが提供されている[15]。

ZAP を用いた演習を追加することで、受講者は実際のツ

ール操作を通して、防御側サーバの脆弱性検査や通信内容の検査などを学習できる。また、CyExec の演習環境では、自主開発プログラムを実装したコンテナを共有して相互に内容を補うなど、カリキュラムの共同開発を行うことが可能である。複数機関による共同開発、共同利用を促すことで、高等教育機関での導入と演習環境の発展を可能にする。

5. おわりに

サイバー攻撃の増加・高度化に伴い、対応するセキュリティ人材の育成が課題となっている。しかし、人材育成を行う高等教育機関や中小企業では、専用の演習環境の整備、高額な演習システムの導入、専門知識を持った人材の確保が困難である。このため、教育環境の整備が進まず、セキュリティ人材不足は解決できていない。

本稿では、仮想化技術やオープンソースの演習プログラムを利用し、演習環境の低コスト化と既存人員での運用、演習プログラムの共同開発・利用を実現するサイバー攻撃と防御の演習システム CyExec の提案した。

エコシステムの考え方を導入した CyExec では、仮想環境上に実装したコンテナ内で演習プログラムが動作する構成とした。この構成により、複数の教育機関で容易に演習プログラムの開発、追加および利用が可能となる。

現在、CyExec に脆弱性診断演習システム WebGoat の教材開発と攻撃と防御の自主開発プログラムを開発中である。今後は、CyExec を普及させるため、演習プログラムの共同開発、演習環境の共同管理を行うコミュニティの設置を計画している。

参考文献

- [1] 情報処理推進機構: 情報セキュリティ白書 2017,2017 年 7 月.
- [2] 内閣サイバーセキュリティセンター: サイバーセキュリティ戦略,2015 年 9 月
<https://www.nisc.go.jp/active/kihon/pdf/cs-senryaku-kakugikettei.pdf>.
- [3] 経済産業省: IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果,2016 年 6 月
http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/27FY/ITjinzai_report_summary.pdf.
- [4] 情報通信研究機構: 平成 30 年度実践的サイバー防御演習「Cyder」の開催について
<https://www.nict.go.jp/press/2018/03/07-1.html>.
- [5] 文部科学省: enPiT 分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク 平成 28 年度成果報告書, 2014 年 4 月
http://www.enpit.jp/img_new/publications/enPiT_annualreport_uni_2017.pdf.
- [6] 瀬戸洋一,渡辺慎太郎: サイバーセキュリティ入門講座 DVD 教材,日本工業出版,2018 年.
- [7] 中島滉介ほか: 「攻撃者目線」で学べるシステムセキュリティ実践的学習環境の提案, 日本ソフトウェア科学会第 30 回大会, 2013 年 9 月.

- [8] 江連三香: サイバー攻撃に備えた実践的演習, 情報処理 Vol.55 No.7 666-672 ページ, 2014年7月.
- [9] OWASP WebGoat Project:
https://www.owasp.org/index.php/Category:OWASP_WebGoat_Project.
- [10] 情報処理推進機構: 脆弱性体験学習ツール AppGoat
<https://www.ipa.go.jp/security/vuln/appgoat/>.
- [11] 脆弱性体験学習ツール AppGoat 利用許諾条件合
意書
<https://www.ipa.go.jp/files/000055105.pdf>.
- [12] Oracle VM VirtualBox:
<http://www.oracle.com/technetwork/jp/server-storage/virtualbox/overview/index.html>.
- [13] What is Docker:
<https://www.docker.com/what-docker>.
- [14] 中田亮太郎ほか: サイバー攻撃と防御に関するコンテナ方式による仮想型演習システム CyExec の開発, 情報処理学会第80回大会, 2018年3月.
- [15] OWASP Zed Attack Proxy Project:
https://www.owasp.org/index.php/OWASP_Zed_Attack_Proxy_Project.

URLの情報は, 2018年7月9日時点で確認済み.

ISO/IEC 29134:2017 適合のプライバシー影響評価マニュアル

の開発

瀬戸洋一* 長谷川久美* 中田亮太郎**

Development of Privacy Impact Assessment procedure manual

conforming to ISO / IEC 29134:2017

Yoichi Seto*, Kumi Hasegawa* and Ryotaro Nakata**

Abstract

Privacy impact assessment (PIA) is effective as a prior risk assessment in order to appropriately construct and operate a system that handles personal information. ISO / IEC 29134: 2017 on PIA was issued in June 2017, and the development of PIA manual conforming to ISO / IEC 29134 was required. In ISO / IEC 29134: 2017, Due Diligence, stakeholder engagement and risk management were explicitly stated. Based on this analysis result, we developed a PIA manual reflecting the requirements of ISO / IEC 29134.

Keywords: Personal information, Privacy Impact Assessment, Risk management, ISO 22307: 2008, ISO/IEC 29134:2017

1 はじめに

各国でサイバー攻撃によるインシデントの発生件数が増加し、社会的な影響が表面化している。日本でも2015年5月に発生した年金機構の情報漏えい事件をはじめ、2018年1月の仮想通貨流出事件など、生活に直結する事件が発生し、サイバーセキュリティに対する社会の関心やニーズが高まっている[1]。

政府のサイバーセキュリティ戦略では、セキュリティ人材の育成が課題となっている。例えば、2020年には19万人以上の人材不足や、セキュリティ業務に従事する人材でも知識・スキル不足が懸念されている [2][3]。

セキュリティ人材育成の取り組みとして、一部の大学や公的機関ではサイバーセキュリティの知識・技術を修得するため、専用のアプリケーションを用いた脆弱性やサイバー攻撃と防御を体験する演習が実施されている[4]-[6]。

市販のサイバーレンジによる演習では、仮想環境に構築されたネットワーク上で、現実で起こる攻撃や防御、脆弱性への対応手法をチーム演習の形式で体験しながら学習できる。また、実際のマルウェアを用いるなど、現実起こりうるシナリオを利用して、役割に応じた組織的な対応方法を学ぶこと

ができる。このため、高い教育効果が期待できる[7][8]。

しかし、大学などの高等教育機関では、導入コストの問題や、演習環境の維持管理を行う人員の不足から、高度なセキュリティ人材を育成するための教育環境の整備は進んでいない。演習プログラムやカリキュラムを協力して開発可能で、導入が容易なサイバー攻撃と防御の演習システムの整備が必要である。また、演習を通じて得られる技量には攻撃手法が含まれる。受講者が、演習により得た技量を、故意あるいは過失により悪用し、攻撃側となるリスクがある。このため、受講者に対し攻撃と防御の技量を教えるだけでなく、法・倫理教育が必須である。

本稿では、社会人大学院大学などの高等教育機関や中小企業で導入可能なサイバー攻撃と防御の仮想型演習システム Cyber security ExerCise (以下 CyExec) を提案する。2章で既存演習システムの課題から CyExec の要求事項を示す。3章にてエコシステムの考え方をベースとする仮想型演習システム CyExec の提案、法・倫理教育のカリキュラム、および4章で CyExec 実装例を紹介する。

2 プライバシー影響評価の概要

プライバシー影響評価(PIA)とは、個人情報の収集を伴う

Received on September 14, 2018

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

** 昭和女子大学 Showa Women's University

システムの導入や改修の際に、プライバシー(個人情報保護)問題を低減・回避するために、プライバシーへの影響を「事前」に評価するリスク管理手法である[1].

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、構築する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[8][9][12].

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、個人など関係者(ステークホルダー)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もある。

PIAの要求事項は、3章で述べる国際標準規格や、EUで施行される一般データ保護規則におけるデータ保護影響評価(Data Protection Impact Assessment,以下DPIA)で規定されている[5][8][9].

3 プライバシー影響評価に関連する国際規格

本章ではプライバシー影響評価に関連する国際動向、特に、国際規格および欧州動向を紹介する。

3.1 国際標準規格 ISO 22307:2008

ISO 22307 (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、初めてプライバシー影響評価を規定した国際標準規格である。金融業界以外の他の業種にも適用できる内容である[8].

ISO 22307は、(1)PIA計画、(2)PIA評価、(3)PIA報告、(4)十分な専門知識、(5)独立性と公共性の程度、(6)対象システム的意思決定時の利用、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。

3.2 国際標準規格 ISO/IEC 29134:2017

国際標準化委員会 ISO/IEC

JTC1/SC27よりISO/IEC 29134(Guidelines for privacy impact assessment)が2017年6月に発行された。ステークホルダーの特定・協議やリスク対応の重要性について記載するなど、民間利用を想定した具体的なPIAの位置付けや実施手順について規定している[9]。ただし、記述は、

should(～するとよい。推奨)表現であり、また、基本的な要求事項は、ISO22307:2008に規定された6つの要求事項を踏襲している。表1にISO 22307の要件を参考にISO/IEC 29134との比較で示す。

PIAの実施目的は、3つに分けられる。

- ① 計画的なプライバシー対策: PIAは、情報システムのライフサイクルにおいて、企画段階で事前にプライバシー対策を考慮するという、Privacy by Designのコンセプトが取り入れられている。一般的に、情報システムのセキュリティ対策にかかるコストは、後工程になるほどコストがかかると言われている[12][13].
- ② ステークホルダー間の信頼構築: PIAを実施することにより、異なる利害関係を持つステークホルダー間の信頼構築に結び付けることができる。PIAは様々な利害関係者の合意のもとで実施するため、ステークホルダーエンゲージメントが重要である。ISO/IEC 29134ではPIAの各プロセスで、ステークホルダーとの協議を行うことを推奨している。[14].
- ③ 個人情報保護における注意義務: PIAの実施をDue Diligence(デューデリジェンス)として利用することが可能であるとしている。Due Diligenceとは、善管注意義務ともいう。個人情報を扱うシステムの開発においては、個人情報漏えいなどの事故があった時の責任分岐点を決めるものとなる。事前に、業務の過程で起こりうる潜在的なプライバシーリスクを特定し、対処するPIAのプロセスが、Due Diligenceに相当する[14].

表1: ISO 22307とISO/IEC 29134の比較

	ISO 22307	ISO/IEC 29134
目的	金融分野におけるプライバシーを最適に保護するプライバシー影響評価の要件を提供する方法を特定する	プライバシー影響評価PIAの手順、およびPIA報告書の構成と内容の提供
要件	(1) PIA計画 (2) PIA評価 (3) PIA報告 (4) 十分な専門知識 (5) 独立性の度合いと公的側面 (6) 情報システム開発の意思決定における利用 ※(1)~(3):手順、(4)~(6):体制	以下の推奨事項を明記 (1) PIA分析の準備 (2) PIAの実施手順 5項目 ①はじめに ②予備分析 ③PIAの準備 ④PIAの実施 ⑤PIAのフォローアップ (3) PIA報告書 8項目 ①はじめに ②レポート構成 ③PIAの範囲 ④プライバシー要求事項 ⑤リスクアセスメント ⑥リスク対応計画 ⑦結論と決定 ⑧PIAバブリックサマリー
引用規格	• OECDプライバシー保護と個人データの国際流通についてのガイドライン (1980年)	• ISO/IEC 29100 (情報技術-セキュリティ技術-プライバシー・フレームワーク) • ISO/IEC 27000 (ISMS規格についての概要と基本用語集) • ISO/IEC 29151,27001
第三者確認	規定なし	• 第三者機関のレビューはPIA報告書の信頼性を与え、透明性を向上させる。また、PIAが第三者機関で実施された場合は、レビューは第三者機関で実施する必要は必ずしもない。
その他	• Shall表現 • プライバシー適合性監査とプライバシー影響評価を明確に分けている	• すべてShould表現 • ISO31000が引用されていない。リスク評価がISMSと混在。ISO/IEC27001、29151を引用

3.3 ISO/IEC 29100: 2011

ISO/IEC 29100:2011 プライバシーフレームワークは、プライバシーフレームワークを規定した国際規格である。2017年6月に日本工業規格 JIS X 9250:2017として発行され

た。

ISO/IEC 29100 ではプライバシー保護のための考慮事項(11 原則)が記載されている。ISO/IEC 29100 の 11 原則は、1980年に発行されたOECDプライバシーガイドラインの8原則(OECD8原則)を前提に、その後の個人のプライバシーに対する扱い方や個人情報の扱い方、およびそれらを取り巻く環境の変化に対応している。ISO/IEC 29100 の 11 原則では新たな項目として、「同意と選択」「データ最小化」「コンプライアンス」が追加された。また、OECD8原則の項目に対応する項目についても、内容が具体的に、明確に記述された。なお、ISO/IEC 29134:2017 は ISO/IEC29100 を引用している[8][15][16]。

3.4 一般データ保護規則(GDPR)

一般データ保護規則(GDPR)は、EUにおけるデータ保護制度で、2018年5月25日に完全施行された。GDPRはPIAにおいて重要な国際動向である。

GDPRは、1995年に採択されたEUデータ保護指令(95/46/EC)に代わる制度で、データ保護に関するルールが「指令(Directive)」から「規則(Regulation)」に格上げされる。これは、加盟国に直接の効力をもち、国内法に優先することを意味する。また、適用の地理的範囲はEU域内に限定せず、「EU域内に拠点のない管理者又は取扱者によるEU在住のデータ主体の個人データの取扱いに適用される」とある(第3条第2項)。

GDPRでは、データ管理者の新たな義務について、第35条などでデータ保護影響評価 DPIA(Data Protection Impact Assessment)について規定した[2][4][5]。

DPIAの実施手順について、GDPRには具体的な記載はないが、図1のような実施フローが報告されている[17]。

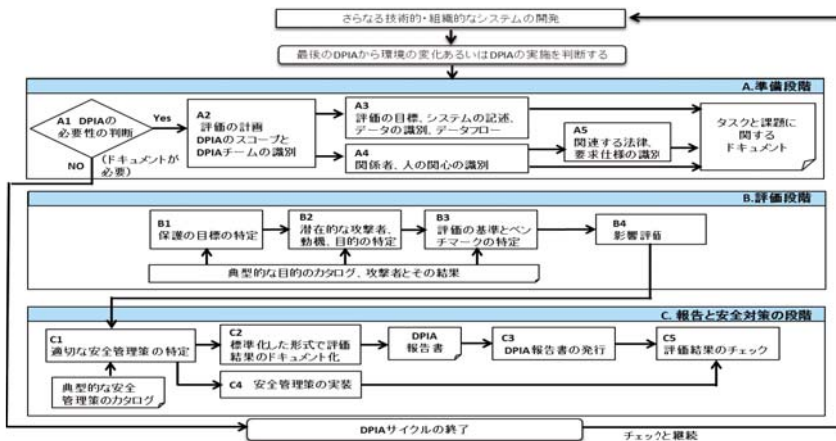


図1: データ保護影響評価(DPIA)実施手順

実施の手引として「Privacy Impact Assessment

Handbook」(2007年)、「Conducting Privacy Impact Assessment Code of Practice」(2014年)を提供している[2][14]。

なお、EU各国では、PIAガイドラインの整備が進められている。英国では2008年以降中央省庁でのPIA実施を義務付けており、独立した監督機関であるICO(Information Commissioner's Office)がPIAガイドラインを発行している。

4 PIA マニュアル開発のための ISO/IEC29134 要求分析

4.1 評価方法

ISO/IEC 29134 適合の PIA マニュアル開発にあたり、既開発の ISO 22307:2008(以下 22307) 適合 PIA マニュアルの章に沿って、対応する ISO/IEC 29134:2017(以下 29134)の記述箇所を参照し、分析を行い、その結果に応じて PIA マニュアルの修正を行った[12]。

4.2 分析

表2はPIA既開発マニュアルの目次と、参照した29134の対応箇所、マニュアル改訂のための検討一覧である[8]-[11][16][19]。

表2: PIA マニュアルの主な検討箇所

PIAマニュアルの目次	参照したISO/IEC 29134の主な箇所	主な検討ポイント	
1章 はじめに	はじめに	(1)PIAの定義	
2章 プライバシー影響評価	5.1 PIAの履行利点	(2)PIAを実施することの利点	
3章 監視カメラシステムにおけるプライバシー影響評価実施の概要	ドキュメント全体	(3)PIA実施手順	
4章 実施の判断	6.2 PIAが必要かどうかを判断する(予備分析)	(4)予備PIA評価の目的とPIA実施の判断基準	
5章 PIA実施	5.1 プロジェクト計画書の作成	(5)評価準備	
	5.2 評価準備	(6)評価シート作成	
	5.3 リスク分析	6.3 PIAの準備 6.4.3 関係するプライバシーの安全管理策要求事項の決定	(7)システムリスク分析 (8)業務フローリスク分析 (9)リスク対応
	5.4 影響評価	6.4.1 PII情報フローの識別 6.4.2 ユースケースの影響分析 6.4.4 プライバシーリスクの評価 6.4.5 プライバシーリスクの取り扱い準備 7.5 リスクアセスメント	(10)影響評価
	5.5 PIA報告書の作成 5.6 PIA報告書の提出	7.2 レポート構成 7.4 プライバシー要求事項 7.8 PIA/ブリックサマリ	(11)PIA報告書の作成 (12)PIA報告書の提出

4.2.1 PIA の定義および手順全体

(1)PIA の定義

29134にはPIAの定義について、下記のような記述がある。

「PIAの独立したレビューまたは監査は、PIAが適切に実施されていること、組織がリスク対応計画を実施していること、または勧告事項が実施されていない場合、その理由を記述することを保証する方法である(例えば、残存リスクは認識される利益よりも少ない結果とみなす)。第三者機関のレビューまたは監査(可能であれば)は、PIA報告書に信頼性を与え、透明性を向上させ、経験から学び、そしてPIAの質を高める

方法である。PIA が第三者機関によって実施される場合、PIA のレビューおよび/または監査は同じ第三者機関によって実施する必要はない。」

既存のマニュアルでは、22307 と 29134 の記述と齟齬がない。

(2) PIA を実施することの利点

29134 には下記のような記述がある。

「PIA は Due Diligence の指標として使用でき、お客様の監査回数を削減することができる。」

Due Diligence とは、ある行為者の行為結果責任をその行為者が法的に負うべきかを意思決定する際に、その行為者がその行為に先んじて払ってしかるべき相当の注意義務及び努力のことである。開発初期段階での事前評価によるプライバシーリスクの低減という点では、既存のマニュアルに記載している PIA 実施目的の記述とは齟齬がない。Due Diligence についての観点は 29134 で初めて明記された概念で、事前のリスク対策の面で PIA の目的を補完する概念である。

(3) PIA 実施手順

29134 に記載されている PIA 実施ガイダンスは、準備、実施、報告の流れに沿っており、既存のマニュアルと齟齬がなかった。

ISO/IEC 29134 では PIA の各プロセスにおいて、入力、目的、アクション、期待される成果(出力)がそれぞれ具体的に示された。PIA の各プロセスで作成したドキュメント類を出力(期待される成果)とし、次のプロセスの入力としている。この構成を PIA マニュアルへ反映した。

4.2.2 PIA 実施の準備

(4) 実施の判断

29134 では、PIA 実施に先立って、予備分析を行うことを規定している。この予備分析の結果をもって、PIA の必要可否の判断を実施する。PIA の実施を必要と判断した場合、PIA の実施計画書を作成する。また、29134 では、PIA の実施を必要と判断した場合について、「組織は、PIA の適切な範囲、PIA の規模、および PIA の実施プロセスを決定し文書化する」という記述がある。

既存のマニュアルにおいても、PIA 本評価の必要可否は実施依頼組織の判断であること、予備 PIA 報告書における PIA 実施の推奨について強制力をもたないことを明確にしている。予備 PIA の位置づけは既存のマニュアルと齟齬はなく、改訂は不要とした。

(5) 評価準備

29134 では PIA の準備プロセスとして、下記について規定している。

- 実施体制の整備
- 対象範囲の特定
- 評価基準

- スケジュールの策定
- ステークホルダーエンゲージメント

このうち、ステークホルダーエンゲージメントは、PIA の実施ガイドラインとして、29134 で初めて明文化された。ステークホルダーエンゲージメントは、PII(Personally Identifiable Information, 個人識別可能情報)の処理によって影響を受ける可能性がある個人を特定し、協議によって影響を最小限に抑える一連の手順である。PIA は様々な利害関係者間の合意のもとに実施するプロセスは重要である。このため、ステークホルダーエンゲージメントに関する記述として、ステークホルダーの特定、協議計画の策定、ステークホルダーとの協議について追記した。

(6) 評価シートの作成

評価シート作成における実施ガイダンスについて、29134 には「前のプロジェクトから利用可能な関連情報を使用すること」という記述がある。29134 の 6.2 節「実施の判断」では、PIA を実施することが望ましい条件として、既存システム改修のケースが明記されている。既存システム改修の場合、入手可能な情報、詳細評価の必要性の有無等、新規開発のケースとは状況が異なる場合がある。このため、評価シートの作成にあたり、状況に応じて詳細 PIA と簡易 PIA のどちらで実施するか、選択可能であることを追記した。なお、29134 では評価項目の作成において、プライバシー保護要件として、29100 の記述を基にしている。従来版のマニュアルも 29100 を参照しているが、29134 では明示的に 29100 に記載されている安全対策要件を参照している。

4.2.3 リスク分析・影響評価

(7) システムリスク分析

システムリスク分析の手順について、29134 では下記のように記述している。

「組織は、プライバシーリスクの影響を判断するために使用する基準を定義することが望ましい。これらの基準は附属書 A で示したものに基づくものでもよいし、組織で別々に定義してもよい。プライバシーリスク分析の成果は、PIA 報告書で文書化されることが望ましい。」(「附属書 A」は 29134 の巻末に記載)

システムリスク分析の手順に関しては、既存のマニュアルと齟齬はなかった。

(8) 業務フローリスク分析

29134 には業務フローリスク分析の手法については明確な記述はない。このため、リスク分析手法に関する記述の変更は行わない。

(9) リスク対応

29134 の「実施ガイダンス」の記述で実施例として言及しているリスク分析手法では、附属書 A、附属 D で ISMS (Information Security Management System) 等で一般に採用されているプライバシーリスクマップを挙げている。プ

プライバシーリスクマップでは、想定される影響レベルと発生頻度に基づき、移転、回避、保有、低減の4つの選択肢から管理策を選択する。

本来、個人情報保護に関しては、PII 管理者は事業者または個人から個人情報を預かる立場であり、PII 管理者側でリスク管理策の方法(種類)を判断すべきではない。PIA におけるリスク分析は ISMS のリスク分析の手法と異なり、リスク分析とリスク管理策の検討において、リスクを「低減」または「回避」するための管理策を選択する。表 3 に示す JIS Q 15001 に基づいた PMS(Personal information protection Management Systems)に近い。ただし PMS では影響度評価の具体的な手順までは規定していないため、影響評価については ISMS で規定されている実施手順を採用することが望ましい。

以上の理由により、29134 の「実施ガイダンス」の記述で

	ISO 27005:2011 (ISMS)	JIS Q 15001:2006 (PMS)
管理対象	自分の資産(ビジネスプロセス、活動、情報)	他人の個人情報
許容リスク	水準以下のリスクは受容	残存リスクも顕在化防止
分析手法	静的な分析	ライフサイクルごとの分析
脅威分析	実施する	実施しない
影響度評価	明確な手順あり	手順は不明確

☐ : PIAの参考となる項目

実施例としているプライバシーリスクマップを使用したリスク分析例は、採用しない方針とした。

表 3: ISMS と PMS の比較

(10) 影響評価

29134 では影響評価の概要について、下記のように記述している。

「要求事項に関し、PIA チームは、評価プロセスがそれぞれの義務と異なる側面に準拠していると判断される場合や、完全に準拠していないと判断される場合など、項目ごとにその項目と度合いを記述することが望ましい。」としている。また、この項目と度合いに基づいてリスク対応計画を実施することとしている。

PIA は本来、要求事項に関して適合か不適合かの評価を行い、改善策を提案するプロセスである。これに対して、29134 ではリスク対応を実施するプロセスに ISMS の考え方が反映されている。影響評価の方法は従来どおりとし、マニュアルの改訂は行わない。

また、「(9)リスク対応」の論点分析で既に考察したように、影響評価はリスクを「低減」または「回避」することを目的として実施する。このため、影響評価の実施方法として、既存の PIA マニュアルで示した、双方向ギャップ分析を引き続き採

用する[10]-[12]。双方向ギャップ分析では、リスクを認識し、対応計画が実施されているかどうかを評価する「リスク対策計画の評価」と、識別したリスクを要求事項が網羅しているかどうかを評価する「要求事項の完備性の評価」の2つの観点から評価を行う。

4.2.4 報告書作成

(11) PIA 報告書の作成

29134 では PIA 報告書のカバーページに記載すべき事項として、下記のように記述している。

「少なくとも実施対応の名称(プロセス、情報システム、プログラムなど)、PIA を実施した組織名と連絡先、問い合わせ先担当者(詳細なコンタクト方法)、ドキュメントのバージョンおよび PIA 報告書の発行年月日を記載する。また、PIA 実施者が異なる場合、質問に対応できる窓口を明記することが望ましい。」

表紙への記載事項は既存の PIA マニュアルでは定義していないため、追記した。

(12) PIA 報告書の提出

29134 では、PIA 報告書の公開にあたり、下記のように記述している。

「ユーザにプライバシーリスク情報を提供しインフォームドコンセント(説明と同意)を公開するために、PIA のパブリックサマリーを PIA 報告書より作成することが望ましい。サマリーは、完全な PIA 報告書に記載されている商業的にセンシティブな情報を取り除き、PII プリンシパル(主体)に関するポイントのみを記載することが望ましい。」

既存の PIA マニュアルには、Web サイト等での公開を想定したパブリックサマリーの作成についての具体的な記述はないため、追記した。

4.3 考察

既開発の PIA マニュアルと ISO/IEC29134 を比較分析した結果、既開発の PIA マニュアルの基本構成である ISO22307 の下記の6つの要求事項は踏襲されていたことが確認できた。

- PIA 実施手順に関する事項
(1) PIA 計画, (2) PIA 評価, (3) PIA 報告
- PIA 実施体制に関する事項
(4) 十分な専門知識, (5) 独立性と公共性の程度, (6) 対象システムの意志決定時の利用

ISO/IEC29134 では6つの要求事項に加えて、新たに下記の項目について明示的に記載された。

- Due Diligence(デューデリジェンス)
- ステークホルダーエンゲージメント
- リスク対策
- パブリックサマリー

PIA実施の準備		PIA評価の実施		PIAの報告	
予備評価	評価準備	リスク分析	影響評価	報告・レビュー	
入力	<ul style="list-style-type: none"> システム設計書 業務概要書 運用管理規定 など 	<ul style="list-style-type: none"> 評価対象関連文書 参照規定文書 評価方針（詳細、簡易） 	<ul style="list-style-type: none"> 対象システム関連文書 参照規程文書 システム分析書 業務フロー分析書 安全管理措置関連資料 	<ul style="list-style-type: none"> システムリスク分析書 業務フローリスク分析書 安全管理措置関連資料 評価シート 	<ul style="list-style-type: none"> 影響評価報告書および関連資料
手順	<ul style="list-style-type: none"> 評価関連資料の収集 対象範囲の確定 保護すべき個人情報の抽出 	<ul style="list-style-type: none"> 対象システムの分析 業務フローの分析 評価シートの作成 	<ul style="list-style-type: none"> システムリスク分析手法の選定 システムリスク分析 	<ul style="list-style-type: none"> 影響評価の実施 	<ul style="list-style-type: none"> PIA報告書の作成
	<ul style="list-style-type: none"> 対象システム、個人情報フローの分析 	<ul style="list-style-type: none"> 実施体制の整備 対象範囲の特定 参照規程文書、組織内規程などの特定 ステークホルダーの特定と協議計画の策定 	<ul style="list-style-type: none"> 個人情報管理台帳の作成 業務フローリスク分析手法の選定 業務フローリスク分析 	<ul style="list-style-type: none"> リスク対応計画の策定 	<ul style="list-style-type: none"> PIA（パブリックサマリー）報告書の作成
出力	<ul style="list-style-type: none"> 影響評価 簡易および詳細PIAの判断 予備PIA報告書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 実施スケジュールの策定 PIA実施計画書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> ステークホルダーへのヒアリング 	<ul style="list-style-type: none"> ステークホルダーへのヒアリング 	<ul style="list-style-type: none"> ステークホルダーによるレビュー PIA報告書の提出・公開
	<ul style="list-style-type: none"> 予備PIA報告書 	<ul style="list-style-type: none"> システム分析書 業務フロー分析書 評価シート PIA実施計画書 	<ul style="list-style-type: none"> システムリスク分析書 業務フローリスク分析書 	<ul style="list-style-type: none"> 影響評価報告書 	<ul style="list-style-type: none"> PIA報告書 PIA（パブリックサマリー）報告書

図2: ISO/IEC 29134準拠のPIA実施手順

以上は、PIA の位置付けを明確にする事項であり、マニュアル改訂の検討事項とした。このうち、Due Diligence, ステークホルダーエンゲージメント, パブリックサマリーについては、改訂版で追記した。

一方、リスク対応における考え方は、既存の PIA マニュアルの方針を継続することとした。ISO/IEC 29134 におけるリスクマネジメントは ISMS の考え方 (ISO/IEC 27005) が採用された。PIA におけるリスク対応の考え方として、4.2 節の (9)リスク対応、(10)影響評価でも述べたとおり、PIA の対象とする情報システムで扱う個人情報に対しては、本来、リスクを「低減」または「回避」するための対応策が必要である。この方針を引き続き採用することとした [8]-[11]。

また、ISO/IEC 29134 では、ISO 22307 では示されていないが、PIAの実施手順と作成するドキュメントについて具体的に記載された。実施手順にかかわる事項は改訂に反映した。

5 実施手順

図 2 に ISO/IEC 29134 準拠の PIA 実施手順を示す。

PIA の各プロセスにおける入力、目的、アクション、期待される成果(出力)は、ISO/IEC 29134 の記述に合わせた。

5.1 PIA 実施の準備

(1) 予備評価

本評価の実施前に、予備評価(以下、予備 PIA)を実施する。予備 PIA 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 PIA の実施を省略し、PIA 実施計画を策定し、PIA(本評価)プロジェクトを実施してもよい。

予備 PIA の結果を基に PIA(本評価)の必要有無

と PIA(本評価)の実施形態(簡易および詳細)について決定する。

(2) 評価準備

予備 PIA 実施後、PIA 本評価実施計画を策定する。PIA プロジェクトの推進にあたり、PIA 実施体制を整備し、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。

参照規格をもとに、対象システムのプライバシーリスクの影響を評価する評価基準を評価シートとしてまとめる。また、評価対象システムの設計書などをもとに、評価の基本となるシステム分析と業務分析を実施し、システム分析書、業務フロー分析書を作成する。

また、ステークホルダーエンゲージメントとして、PIA 実施対象システムで処理を行うことにより影響を受ける個人と、関係するステークホルダーを特定し、協議計画を立てる。

5.2 PIA 評価の実施

(3) リスク分析

対象システムのプライバシーリスク評価に先立ち、評価チームは、システム分析書、業務フロー分析書、評価シートに基づき、システムリスク分析、業務フロー分析を行う。分析結果をもとに、システムリスク分析書、業務フロー分析書を作成する。必要に応じて、ステークホルダーにヒアリングを実施する。

(4) 影響評価

評価シート、システムリスク分析書、業務フローリスク分析書に基づきプライバシーリスク評価を行う。評価結果をもとに、影響評価報告書を作成し、企画・開発段階における事前のプライバシーリスク低減と回避に向けた指摘事項や助言事項を記載する。

5.3 PIA の報告

(5) 報告・レビュー

評価チームは、プライバシーリスク分析と影響評価報告書の結果を基に、PIA 報告書を作成する。また、公開用の報告書(パブリックサマリー)を作成する。

作成した PIA 報告書は公開し、ステークホルダーのレビューを受ける。

6 おわりに

ISO 22307:2008 準拠で開発した PIA マニュアルを新規規格に適合するための改訂を行うにあたり、既開発の PIA マニュアルと ISO/IEC 29134 の比較分析を行った。その結果、ISO/IEC 29134 で PIA 実施の意義として新たに明確に記載された Due diligence(デューデリジェンス)、ステークホル

ダーエンゲージメントについて、改訂に反映した。

リスク評価の手法は、ISO/IEC 29134 では ISO/IEC 27001 の手法が採用されていることが特徴であった。リスク評価手法は既開発の PIA マニュアルで個人情報のリスクの低減、回避を目的とした JIS Q 15001 (PMS) の考え方に基づいた、双方向ギャップ分析手法を引き続き採用することとした。

謝辞

本研究は産業技術大学院大学 Project Based Learning として、チームメンバーの協力のもと実施した。メンバー各位に対し、ここに感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 瀬戸洋一 他：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] 小泉雄介：プライバシー影響評価 (PIA) の海外動向と日本への応用。日本データ通信，p.10-12，No.214，2017。
- [3] 瀬戸洋一：プライバシーリスク対策技術テキスト プライバシーの概念からリスク対策技術まで，Kindle ダイレクト・パブリッシング，2017。
- [4] 日本貿易振興機構 ブリュッセル事務所：「EU 一般データ保護規則 (GDPR)」に関わる実務ハンドブック (入門編)，2016。
https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/dcfcebc8265a8943/20160084.pdf
- [5] 個人データの取扱いに係る自然人の保護及び当該データの自由な移転に関する欧州議会及び欧州理事会規則 (一般データ保護規則) (仮日本語訳)，
<https://www.jipdec.or.jp/archives/publications/J0005075>。
- [6] 個人情報保護委員会，特定個人情報保護評価の概要，
<https://www.ppc.go.jp/files/pdf/20160101hyoukasyouasai.pdf>。
- [7] 平成 28 年中におけるサイバー空間をめぐる脅威の情勢等について
https://www.npa.go.jp/publications/statistics/cybersecurity/data/H28cyber_jousei.pdf
- [8] ISO 22307:2008 Financial services - Privacy impact assessment，
<https://www.iso.org/standard/40897.html>
- [9] ISO/IEC 29134:2017 Information technology - Security techniques -- Guidelines for privacy impact assessment。
- [10] 永野学，瀬戸洋一 他：個人情報影響評価ガイドラインの開発，日本セキュリティマネジメント学会誌，No.1，Vol.29，2015。
- [11] 監視カメラシステムにおけるプライバシー影響評価マニュアル，産業技術大学院大学，2016。
- [12] 瀬戸洋一：実践的プライバシーリスク評価技法 プライバシーバイデザインと個人情報影響評価，近代科学社，2014。
- [13] 高坂定，瀬戸洋一：プライバシーバイデザイン，自動認識 10 月号 pp.57-64，日本工業出版，2011。
- [14] 長谷川久美，瀬戸洋一，各国におけるプライバシー影響評価の導入状況の分析，CSSS2017，2017。
- [15] ISO/IEC 29100:2011 プライバシー原則，2011。
- [16] 中田亮太郎，瀬戸洋一：プライバシー影響評価の評価基準へ ISO/IEC 29100:2011 の適用，ISEC2017，2017。
- [17] <http://europrivacy.info/2017/01/17/pia-and-proposals-from-isoiec-29134-and-ico/>
- [18] 瀬戸洋一，プライバシー影響評価ガイドライン実践テキスト，インプレス R&D，2016。
- [19] 長谷川久美，中田亮太郎，瀬戸洋一，ISO/IEC 29134:2017 適合のプライバシー影響評価マニュアルの開発，SCIS2018，2018。

URL は 2018 年 7 月 22 日時点で確認

対話的な洗面台のデザインと生活習慣の改善への応用

飛田 博章*・毎田 定弘*・江口 佳紀*・寺田 佳代子*

Interactive Sink to Detect Living Habits for Healthcare and Quality of Life

Hiroaki Tobita *, Yasuhiro Maida *, Yoshiki Eguchi * and Kayoko Terada*

Abstract

We have developed SinkAmp which detects living habits (e.g., hand wash, face wash, gargle) from the sound of water flow and talks interactively to users through synthetic sounds. Healthcare has become an increasingly important issue recently, especially for the elderly. In such situations, a monitoring service is one of the solutions to watch a target person continuously through a camera and report whether the person is healthy or not through e-mail. However, camera-based monitoring makes people's activities limited, because the camera becomes a mental barrier to people. In contrast, our SinkAmp is set inside the sink where people wash their hands and often drink water, so invisible and ambient monitoring is possible. This paper describes our SinkAmp focusing on its implementation and initial evaluation.

Keywords: Interactive system, sink, healthcare, quality of life, machine learning, support vector machine

1 はじめに

近年、日本においては、独居者のヘルスケアの重要性が高まっている。その背景には、学業や労働の場が都市部に集中していることに加え、未婚者や高齢者の増加に伴う独居世帯数の増加が挙げられる。特に東京都では、全世帯者数における独居世帯の割合は、現在 45%を超えており、2030年には半数にまで増加すると予測されている [1]。一方で、心理学の研究においては [2]、社会的孤立により 29%、孤独感により 26%、1 人暮らしでは 32%死亡リスクが高まるという調査結果もあるように、単に独居者を見守るだけでなく、独居者に孤独感を感じさせない仕組みも必要になる。

これに伴い、カメラ、センサー、水道や電気メーターから得られる様々な情報を利用して、日常生活を問題なく送っているかを見守る「見守りサービス」が提供されている。見守りサービスの利用により、遠隔地にいながら見守り対象となる独居者の生活状況を把握することが可能となった。しかし、多くのシステムが生活を見守ることを考えて、独居者自身の生活改善やモチベーション向上に直接寄与していない。見守りサービスから得られたデータをもとに家族や医師が間接的に改善を促しているのが現状と言える。

そこで、本論文では生活動線の 1 つである洗面台に着目し見守りとモチベーションの向上に寄与するシステムのプロトタイプを実現した。洗面台は生活の中で使われる頻度が高く、センサーを取り付けることで生活のリズムを把握できる。また、独居者の孤独感を軽減するために、Twitter や LINE に見

られる携帯電話へのメッセージ表示ではなく、音声合成により洗面台が直接発話する仕組みを実現した。この対話的な洗面台により、単に生活改善を促すだけでなく、独居者の孤独感の解消も目指している。

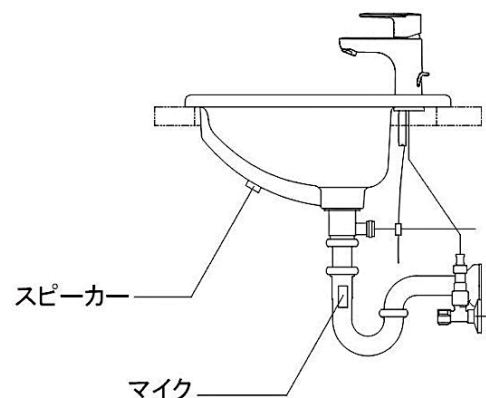


図 1: システム設置概要図. スピーカーとマイクを洗面台に取り付けることにより入力と出力を行う。

提案するシステムは、洗面台につながる U 字管から生活音を収集し、洗面台のボール部分をスピーカーの振動板として音を拡大させて発話を行うシステムで、洗面台全体を使い洗面台利用者(ユーザ)と対話型するシステムである(図 1)。U 字管を流れる音から手洗いの音を認識し、認識をもとに洗面台がユーザに対して発話を行う。様々な音が考えら

Received on September 25, 2018

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

本論文はマルチメディア・分散, 協調とモバイルシンポジウム 2016 で発表した論文に加筆した

れるが、プロトタイプで認識対象とする生活音は、うがい、手洗い等の洗面台で集音可能な音とした。

集音・生活音認識・発話を行う設置デバイスを Raspberry Pi を使って実現した。Raspberry Pi で生活音を集音し、集音された音声データを分類器にかけ、独居者の行動に応じて音声合成により発話する。集音・生活音の対象となる手洗い音、うがい音等の生活音における分類器は、メル周波数ケプストラム係数(MFCC)による特徴量の抽出を行った後、機械学習(SVM)を用いて実装した。

本論文では、手洗いやうがい音を認識し、音声合成により発話する対話的な洗面台について述べる。また、実装したプロトタイプシステムを使い、8つのクラスを用いて簡単な実験を行った。

2 関連研究

生活音の認識に関する研究やサービスは数多く存在する。生活音の認識に関する研究として、Bathroom でのトイレやシャワーなどで発生する生活音を取得し認識させ、1日の行動記録を要約するシステムが提案されている [3]。また、マイクとなる圧電素子を家具や日用品に貼りつけ、生活音を認識させる研究もある [4]。前述した研究においてはいずれも複数の種類の生活音の認識に成功している。見守りシステムの導入にあたって、プライバシー面の考慮を考える必要がある。特に、カメラを使った見守りサービスの利用者にとって、録画機能による見守りがプライバシーを侵害されていると感じる要因となる [9]。デバイスの小型化により身につけて生活のリズムを記録するウェアラブルデバイスも紹介されている [8]。こうしたデバイスは常にユーザに寄り添う形で機能するので、詳細な情報を定期的に集めることができる。

モチベーションの向上については、ロボットを使ったアプローチが効果をあげている。1人暮らしのユーザが遠隔介護者と遠隔操作モードで対話を行うことで、コミュニケーションのモチベーションへとつながり、孤独感の低減につながる [5]。Pepper に代表される感情認識ヒューマノイドロボットは、人と直接対話することに加え、ジャスチャーによりコミュニケーションが行える [6, 7]。また、テレプレゼンスシステムを使うことで遠隔地にいる人と現場にいる人が対面でコミュニケーションをとることができる。

近年、音声認識と合成音声による発話を組み合わせたスマートスピーカーが広く利用されている。人との対話(音声入力と発話)はスピーカーシステムが行うが、音声の認識はクラウドにあるサーバにより行う。認識を高精度で行うことができることに加え、認識プログラムがサーバにあるためアップデートを容易に行うことができる。また、様々なルール(スキル)を適用することで、音声により家電を操作することや、音声により買い物をすることも可能となっている。

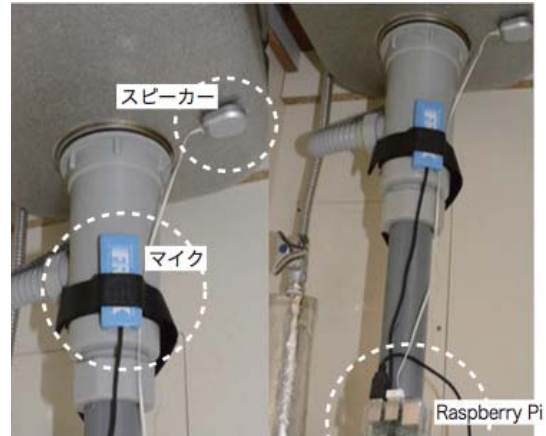


図 2: システム設置概要図. システムを実際に配置した例でスピーカーはボール部分に、マイクは水道管に配置している。



図 3: FRISK ケースに内蔵されたマイク. 音声入力を効果的に行うためにアンプ等を組み合わせる。

3 システム概要

本章では、対話的洗面台のシステムデザインについて述べる。提案するシステムは、洗面台につながる U 字管から生活音を集音し、洗面台のボール部分をスピーカーの振動板として音を拡大させて発話を行う対話型システムである。U 字管を流れる音から手洗いの音を認識し、洗面台がユーザに対して発話を行う。

3.1 デバイスの設置

本システムは、洗面台使用時にデバイスが目につかないことを考えデザインされている。流し台の下にボードコンピュータを設置し、流し台の U 字管部にマジックテープを用いて小型マイクを取り付けた。また、シンク下に両面粘着シートを用いてスピーカーを貼付できるため、洗面台への取り付け取り外しが容易に行える(図 2)。

3.1.1 デバイスの構成

設置デバイスのプロトタイプは、小型コンピュータ、マイクと、スピーカーにより構成されている。音声認識・発話・データ送受信を行うボードコンピュータ(Raspberry Pi)を使用した。集音用マイクには、USB インターフェースボードにコンデンサーマイク(C9767)を接続し、FRISK ケースに収納した(図 3)。スピーカーは骨伝導スピーカー(DeviceNet 社)を用いた。

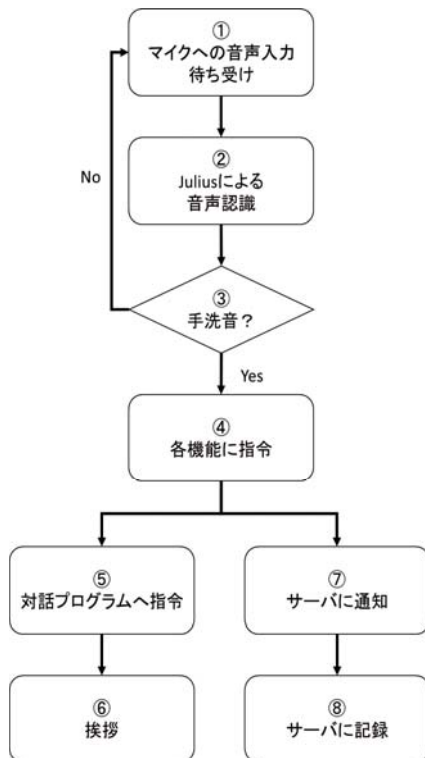


図 4: システムの動作. スピーカーとマイクは Raspberry Pi に接続され, 内部で動作するプログラムにより音声処理と合成音声による発話を行う.

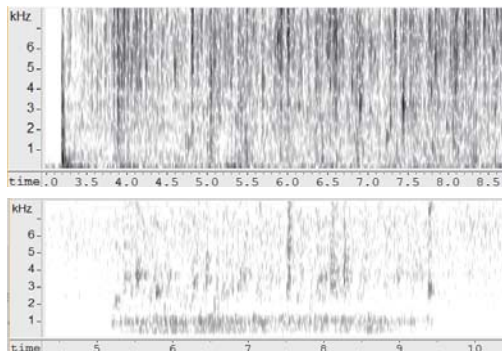


図 5: 音声データ. 手洗い音(上)とうがい音(下).

3.2 音声認識

提案システムでは, 集音・生活音認識・発話を行う設置デバイスを Raspberry Pi を使って実現した. Raspberry Pi で収集した情報はログ集積サーバで管理される. 収集されたログを解析し, 独居者の行動に応じて音声合成により発話する. 集音・生活音の対象となる手洗い音, うがい音等の分類器は, 機械学習 (SVM) を用いて実装した (図 4).

マイクから集音された生活音は, 3 秒区切りの WAV ファイルとして保存される. その後, メル周波数数ケプストラム係数 (MFCC) による特徴量を抽出し, 分類器にかけられる. 分類器はシステム稼働前にあらかじめ作成されたものを使用する. 分類器から出力された予測値をもとに音声合成による対話が行われる.

3.3 認識する生活音

本論文が対象とする生活音を, 室内の日常生活において発生する音と定義した. 洗面台下に設置したデバイスにおける検知可能な範囲の生活音として, 「水流音 1」, 「水流音 2」 (水が流れる音. ノズルの切り替えにより水流が切り替わる), 「手洗い音」 (手を洗う音), 「石鹸音」 (石鹸で手をこする音), 「顔洗音」 (顔を洗う音), 「声」 (人間の声), 「無音」 (音が無い状態), うがい音 (うがいをしているときの音) の計 8 つを生活音として想定し, これらを分類器のクラスとしている (図 5).

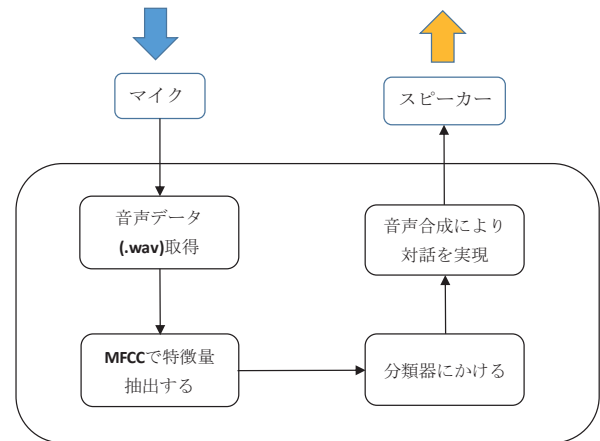


図 6: 音声認識から音声合成に至るフロー. マイクからの入力を処理し, スピーカーにより通知する.

3.4 音声合成による対話

デバイスは生活音を認識した際に合成音声による発話を行う. 音声合成のソフトウェアは, OpenJTalk [13]を用いた. OpenJTalk は, 合成音を出力する際に, 日本語文章を入力する TTS (Text-to-Speech) エンジンである. 本論文では, 生活習慣の改善を促すために, 「石鹸を使いましょう」や, 「節水しましょう」といったあらかじめ用意した台詞を複数用意し, 認識結果に応じて発話させる.

4 実装

本章では, 前章で紹介した音声認識から音声合成に至るフローを実現するための本システムの実装手法を提案する. また, 実装後の動作確認結果についても触れる.

4.1 概要と動作環境

本システムの処理の流れは, 図 6 に示したとおりである. 本システムは Python で実装されており, 数値計算においては NumPy, scikit-learn, および scikits.talkbox ライブラリを用いた [10, 11]. また, 動作環境は自宅の洗面台で行い, ノイズ等の考慮が不要な理想環境の中で実施した.

	水流音1	水流音2	手洗い音	石鹸音	顔洗い音	声	無音	うがい	accuracy
水流音1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
水流音2	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
手洗い音	0.00	0.09	0.71	0.00	0.18	0.00	0.01	0.00	0.71
石鹸音	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.02	0.21	0.00	0.77
顔洗い音	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
声	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.81	0.00	0.15	0.81
無音	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.04	0.84	0.00	0.84
うがい	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.87	0.87
	avg								0.87

図 7: 混合行列による分類器の認識結果.

4.2 分類器の作成アルゴリズム

現在の実装では、システム稼働時、分類器をあらかじめ作成したうえで分類を行っている。分類器作成用の音声データを用意し、MFCC による特徴量の抽出を行った上で、SVM を用い、8 クラスによる分類を行う。

4.2.1 音声データの収集方法

音声データは理想環境(洗面台周辺でのノイズがない状態)の下、本システムのマイクを用いて収集した。各クラスに対し 16 データ、計 128 データを用いた。

4.2.2 特徴量の抽出

4.1.1 で収集した各音声データから、認識に用いる特徴量を抽出した。本論文では、特徴量として人の音声近くを考慮した特徴量であるメル周波数ケプストラム係数(MFCC)を用いている。MFCC は、音スペクトルにメル尺度を用いてメル周波数スペクトラムに変換したうえで、離散コサイン変換を行った結果(ケプストラム)の低次成分である。実装では scikits.talkbox を用い、MFCC による 13 次元を抽出し、音声データの各フレームの平均値を音声データの特徴量として用いた。

4.2.3 分類器の構成

分類器の学習モデルとして、SVM を採用した。形式的には、特徴ベクトルを \mathbf{x}^T 、荷重パラメータを w 、閾値を h とすると、制約条件

$$t_i(w^T x_i - h) \geq 1, \quad (i = 1, \dots, N)$$

の下で、目的関数 $L(w)$

$$L(w) = \frac{1}{2} \|w\|^2$$

を最小化するパラメータを求める。

実装には scikit-learn の linearSVC を使用し、正規化パラメータ C は 1.0 に設定した。

4.3 分類器の評価

実装部分におけるデータの評価方法として、音声データ(計 128 データ)の順番をシャッフルし、音声データの 2 分割を行った後、ホールドアウト法(訓練データ:80 データ、テストデータ:48 データ)を用いて SVM による学習を行った。計 10 回の学習の平均を混合行列によって表し、分類の正しさについて評価した。

提案手法の認識率を図 7 の混合行列に示す。混合行列の各セルは音声データが分類される割合を示しており、対角線上の色のついたセルが正しく認識が行えた時の割合である。正しく認識された割合が総じて 87%と、高い精度で認識されている。TEALION[12]での分類手法では、認識対象を増やすことで認識精度を低下させてしまうことが懸念されていたが、今回 8 つのクラスを用いても高い精度で認識できていることわかる。

4.4 音声合成の仕様

音声合成による発話は 3.4 節のとおり、2 種類を想定している。システム稼働時に、「手洗い音」を検出後、10 秒以上「無音」が続いた場合、「石鹸を使いましょう」と発話させた。また、「水流音 1」、「水流音 2」が 30 秒以上続いた場合、「節水しましょう」と発話させた。

5 考察

5.1 システムに関して

本システムでは、洗面台の内側にシステムを配置することで見えなくなることに加え、手軽に設置できる点に特徴を持つ。実際にプロトタイプシステムを使ったユーザからは、カメラで撮影するシステムに比べてプレッシャーを受けないとのコメントを受けた。見守りサービスのユーザにおけるプライバシー面の考慮は必要だが、システム利用者がシステムを意識してしまうことをある程度回避されたいと考える。一方で、カメラで取得できる視覚的な情報をシステムでは扱うことができない。従って、音声認識の精度や他のセンサーとの組み合わせ

わせによりシステムがより効果的に活用できる場所を考えていきたい。また、設置に関してもマイクの方向を意識するだけでマジックテープにより手軽に設置できる点が多く、ユーザから好意的なコメントを受けた。また、Raspberry Pi を中心としたオープンソースで構築されたシステムはユーザが独自でカスタマイズすることも可能であり、ユーザにあった形状や認識が可能になると考える。

今回、デモンストレーションを行った環境は、洗面台の使用以外はほぼ無音状態である理想環境の下で行った。実際の環境においては、会話や生活音によるノイズ等の環境に依存する部分の考慮が必要となる。例えば、ハードウェア面で、デバイスの密閉性に関して改善の余地がある。マイクをスポンジ等で覆う等の工夫は生活音の集音を限定させるために役立つと考えられる。また、ソフトウェア面でのノイズの除去も取り入れる等、ハード・ソフトの両面で環境依存を取り除く必要がある。

5.2 課題と今後

機械学習で水流音の識別を行ったが、データが少ないため十分な精度が得られなかった。よりデータを増やすことに加え、様々なユーザに使ってもらうことで汎用性を高めることを考えている。また、今回の実験では、「石鹸音」と「無音」、「声」と「うがい音」とが誤認識されやすかった。正答率を改善する方法として、マイクを2つ使うといった工夫が必要になる。一方のマイクで水流の有無を検知し、それによりクラスを絞り込んだ上で、もう一方のマイクによる集音から分類するという方法を現在は考えている。これにより、微妙な音声の違いに目を向けることなく、前後のコンテキストから認識精度の向上を望むことができる。

現在の音声合成による発話に関しては、発話は認識時に事前に決まった台詞を再生するだけであり、孤独感の軽減、および生活習慣の改善への貢献度は低い。そのため、ユーザによる本デバイスの評価を行ってもらうことは音声合成のシナリオを考えるうえでも非常に有益である。したがって、ユーザ評価を今後は考えていく必要があると考える。

今後は、分類器の認識率を向上させ、およびモチベーションを高め、生活習慣を改善させるシナリオを実装するためにソフトとハードの両面からシステムを向上させていく予定でいる。今回実装したシステムは、洗面台に直接取り付けの形で、センサーのような働きをしていた。洗面台の周りには、様々なモノがあり、ネットワークで連携させることでシステムを向上させることが可能となる。例えば、鏡を情報を表示するディスプレイとして拡張することで、音声と視覚情報を組み合わせることでユーザに情報をわかりやすく伝えることができる。また、ソープディスペンサーにセンサーを組み合わせることで、手洗いで石鹸を使ったかどうかを的確に識別できると考える。

6 まとめ

本研究では、手洗い場で発生する生活音に着目し、洗面台には設置したデバイスから、手洗いなどの生活音を認識し、独居者の行動を見守ることを目的としたシステムを構築した。デザインコンセプトを述べ、実装したシステムを使い生活音の認識を行った。また、認識に対して合成音声で発話するデモを行った。

参考文献

- [1] 東京都 世帯数の予測概要 平成26年3月,
<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/syosoku/sy14rf0006.pdf>
- [2] J. Holt-Lunstad, T. B. Smith, M. Baker, T. Harris, and D. Stephenson. Loneliness and Social Isolation as Risk Factors for Mortality: A Meta-Analytic Review, *Perspectives on Psychological Science* 2015, Vol.10 (2) ,pp 227-231, 2015.
- [3] J. Chen, A. H. Kam, J. Zhang, N. Liu, and L. Shue. Bathroom Activity Monitoring Based on Sound, *PERVASIVE* 2005, pp. 47-61, 2005
- [4] 根岸佑也, 河口信夫. Instant Learning Sound Sensor: ユビキタス・コンピューティングのための柔軟なイベント音学習センサー, *DICOMO '07 論文集*, pp. 1700-1711, 2007.
- [5] M. Tanaka, A. Ishii, E. Yamano, H. Ogikubo, M. Okazaki, K. Kamimura, Y. Konishi, S. Emoto, and Y. Watanabe. Effect of a human-type communication robot on cognitive function in elderly females living alone. *Med. Sci. Monit.*, 18 (9) : pp. 550-557, 2012.
- [6] 田中文英, 一色恭輔, 高橋史樹, 植草学, 清るみこ, 林要.子どもと共に学ぶ Pepper ~教育志向アプリケーションの開発~, 第20回ロボティクスシンポジウム, pp. 558-590, 2015.
- [7] 田中一晶, 宇野弘晃, 山下直美, 中西英之, 石黒浩. ロボット操作者の偽存在感によるソーシャルテレプレゼンスの生成, *インタラクション '15 論文集*, pp. 28-37, 2015.
- [8] Tempo
<http://carepredict.com/>
- [9] 杉原太郎, 藤波努, 高塚亮三, グループホームにおける認知症高齢者の見守りを支援するカメラシステム開発および導入に伴う問題, *社会技術研究論文集 Vol.7*, pp. 54-65, 2010.
- [10] Willi Richert, Luis Pedro Coelho. 実践 機械学習

システム. O'Reilly, 2014, p.173-190.

- [11] “声優の声を分類してみた”.Qiita
<http://qiita.com/1234224576/items/f785eef6eed68271be64>
- [12] 吉川昌秀, 寺田佳代子, 江口佳紀, 飛田博章,
TEALION 洗面台見守りサービスの提案, 情報処
理学会研究報告, 2016-CVIM-200-35, pp. 1-6,
2016.
- [13] OpenJTalk
<http://open-jtalk.sp.nitech.ac.jp/>

ウェブデータ分析による飲食店提案サービス”OAIISO”における コンテンツ解析とその評価

中野美由紀・大野隼一・神原嘉人・五藤大介・杉中宏亮・須田真彦・曾根啓佑*

Content Analysis and its Evaluation of Restaurant Recommendation Service “OAIISO” based on Web Data Analysis

Miyuki Nakano, Junichi Ohno, Yoshito Kamihara, Daisuke Goto, Hiroaki Suginaka, Masahiko Suda and Keisuke Sone*

Abstract

Recently, many services so-called "Right Now" applications are significantly required. These services provide information made from the various Internet contents. In the metropolitan area, a lot of qualified information about eating and drinking places, such as the type of food, the price, the place, availability of vacancies and so on, are expected from both these providing the meal and these eating the meal. We focus on restaurant search and propose a service called “OAIISO” which can provide these qualified restaurant information easily and instantly. The current restaurant search stores a lot of information, and users have to choose many options (price, distance, type of meal) before users reach the reservation screen. Therefore, based on user preferences based on simple input, we report on the method of narrowing down the information amount of restaurants in advance, ranking, and recommending them. We also propose a technique to extract data of a specific area from the huge restaurant information in Tokyo and a method to assign appropriate features in our restaurant database using machine learning based on the data. Then we show our service system and its effectiveness.

Keywords: Recommendation, Restaurant Search Service, Features, Machine Learning

1 はじめに

いわゆる「Right Now」な結果が求められている現代において、インターネット上にある情報をまとめて提供するサービスは様々な分野で期待されている。例えば、宿泊予約では、多数のサイトの情報をまとめて情報提供し、比較できる”trivago”²⁾が稼働している。多くの情報があふれる大都市圏では、飲食店に関する情報として、食事を提供する店、食事を食べる側双方から、食べ物の種類、価格、場所、空席の有無など多くの情報が提供されている。現在の飲食店検索は非常に多くの情報が蓄積されており、予約画面にたどりつくまでにも多くの選択肢(価格、距離、食材)を選ばなくてはならない。その結果、急いでいるにも関わらず、これという店の予約にたどりつくまでかなりの時間を要する。また、東京オリンピック・パラリンピック 2020 に向けて、多くの外国人観光客が訪れると予想されるが、日本の事情を知らない観光客にとって、現在の飲食店検索サービスをより簡便に使えるよう

になれば、観光サービスの向上が狙える。

我々は東京都内の飲食店検索に着目し、簡単かつ即座に飲食店提示ができるサービス OAIISO を開発し、プロトタイプを用いてその有用性を検証している。OAIISO では、飲食店検索のための簡易入力を新たに開発し、数クリックでユーザー嗜好に合わせてランキングされた飲食店を推薦する。OAIISO では、飲食店の特徴量(食事の種類、場所、価格帯等)から、簡易検索を実現するための特徴量を従来の特徴量から抽出し、機械学習を用いて新たな特徴量を付与している。本論文では、飲食店推薦の簡易提示を実現するための課題およびその実現手法について報告する。

2 飲食店提案サービス OAIISO

現在我々が開発している利用者が平易な入力で適切な飲食店情報を得ることができる飲食店提案サービス OAIISO の概要について述べる。

Received on September 14, 2018

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

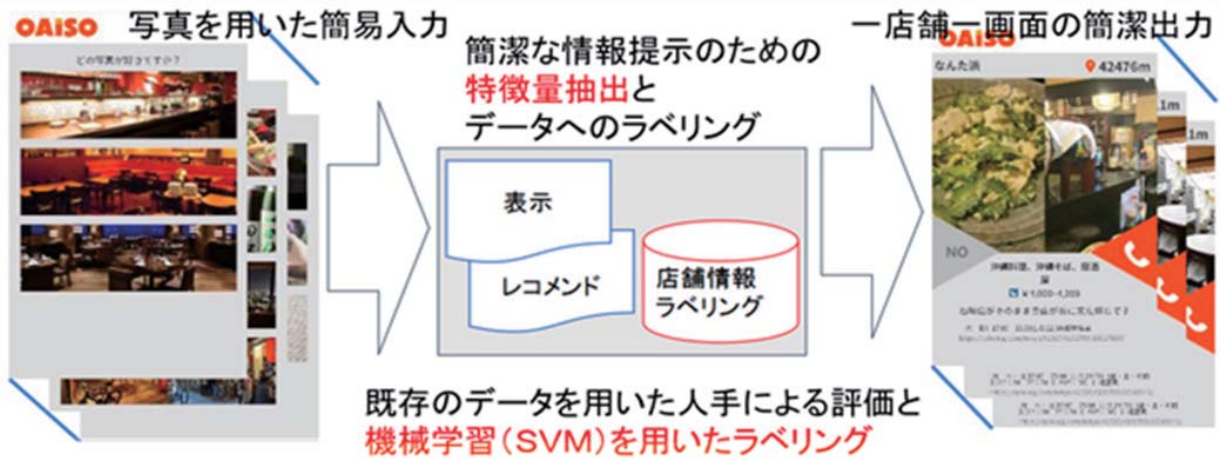


図 1: oAISO の概要図

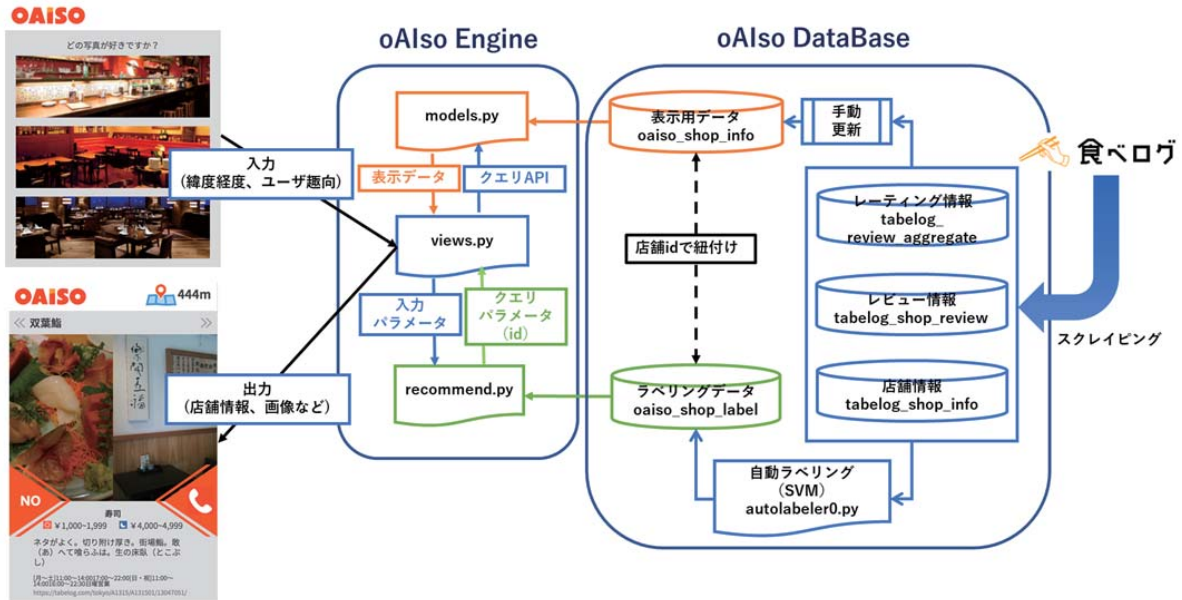


図2: oAISO 実装図

飲食店検索サービスとしては、食ベログ 3)、ぐるナビ、ホットペッパー、ペコッター等、誰もが利用している多くのサービスが稼働している。また、Tripadvisor に代表されるような外国人観光客向けのサイトでも多くの飲食店情報が提供されている。

既存の飲食店サービスは、質の高い飲食店情報を提供しているが、ユーザが好みの飲食店を選ぶまでには、人によっては、地域、時間帯、食事の種類、食べた人からの情報等、実に多くの情報を参照することになる。食べた人のコメントは各人により評価の観点が異なり、個人による推薦を客観的に判断する為には、かなり詳細に情報を読み、検討しなくてはならない。

2.1 課題

我々はユーザが直感的な入力操作で適切な飲食店の推薦が得られる OAIISO の開発をおこなっている。現在のウエ

ブサービスで要求されているような食事の種類、目的など階層状のユーザからの情報提供のかわりに、簡易の入力情報で、ユーザが満足する飲食店の推薦を行うためには、以下のような課題が挙げられる。

- 現在の飲食店推薦における特徴量の理解
- 評価の高い店の抽出
- 簡易入力に合わせた店の特徴量の抽出、付与
- ユーザの意図を反映可能な簡易入力
- ユーザが理解しやすい推薦情報の提示
- 説明なく利用可能な直感的操作の実現

2.2 OAIISOの実装

図1に OAIISO の概要図を示す。OAIISO では、主としてスマートフォンユーザを対象とし、すぐに店の検索が必要となる可能性が高かつサービスに興味を持ちそうな 20 代から

30代の社会人をターゲット(利用するであろうペルソナ)として開発を行っている。上記の課題を実現するために、

- ・写真をクリックするだけ直感的かつ簡易な入力
- ・一画面に収まる飲食店情報とワンタッチによる電話画面へ移動
- ・限られた推薦数(10件程度)

の機能を実装し、実際にプロトタイプによりサービスの利便性などをユーザアンケートにより検証している。

図2にOAIsoの実装図を示す。OAIsoエンジンとして、Djangoを用いて入力情報に基づく検索および推薦情報の提示を実装し、MySQL上にOAIsoデータベースを実装している。

OAIsoエンジンは三つの機能に分かれており、models.py, views.py, recommend.pyから構成されている。models.pyではOAIsoのモデルに合わせたoAIsoDataBaseのリレーションの構築およびoAIsoEngineにて各種データを操作できるような機能を提供する。例えば、oaiiso_shop_infoを元に、クエリAPIに従った飲食店の表示データの生成を行う。views.pyでは、フロントエンドに対する入出力の制御や各種処理プログラム(表示、レコメンド)へのパラメータの送受信などの制御を行う。recommend.pyではユーザの入力に基づいた飲食店のレコメンド処理を行う。内容ベースフィルタリング(入力画面情報を利用)と距離フィルタリング(スマートフォン等の位置情報を利用)の2つのレコメンドロジックを使って、ユーザにマッチした飲食店を提案する。

3 OAIsoの飲食店情報における特徴量

OAIsoではウェブ上の飲食店情報を収集しているが、飲食店の件数は東京23区内でも登録されている数は20万件以上あり、ウェブからの検索(今回は主として食べログ情報を利用)でも7万件以上と膨大な数になる。また、現在の食べログ、ぐるナビなどで利用されている店の特徴量は20以上あり、そのままでは簡易検索入力情報と突き合わせることが難しい。そこで、23区全体を対象としたサービスに拡張する前に、特定の地域においてプロトタイプを作成し、サービスの検討を行うこととした。その結果を利用して東京23区の飲食店検索サービスに拡張する。

3.1 大井町周辺における飲食店情報解析

本学の近辺であり、開発者が実地に調べられる地域として、大井町周辺を選定した。大井町周辺で食べログ、Tripadvisorの既存のサービスでとりあげられている飲食店について、サイト上での評価、ユーザのコメント、飲食店ジャンルの情報等を詳細に解析した。

店舗推薦を行うにあたって、飲食店情報に(ここでは大井町を中心とした594件)を限って、食べログでよい評価を得

ている店の特徴量を検討した。食べログの飲食店分類は大ジャンル7件、中ジャンル35件、小ジャンル94件、最小ジャンル224件となっている。最小ジャンルを利用すると、594件の店舗に対し、そのまま利用すると大変詳細な分類となり、想定している簡易入力インタフェースから得られる情報とのマッチングに利用できない。また、大ジャンルを利用しても、図3に示すようにほとんどがレストランという偏った結果になってしまう。なお、594件の店舗数に対し、大ジャンル分類の659件という出現数は同じ店舗に複数のジャンルを設定してよいためである。

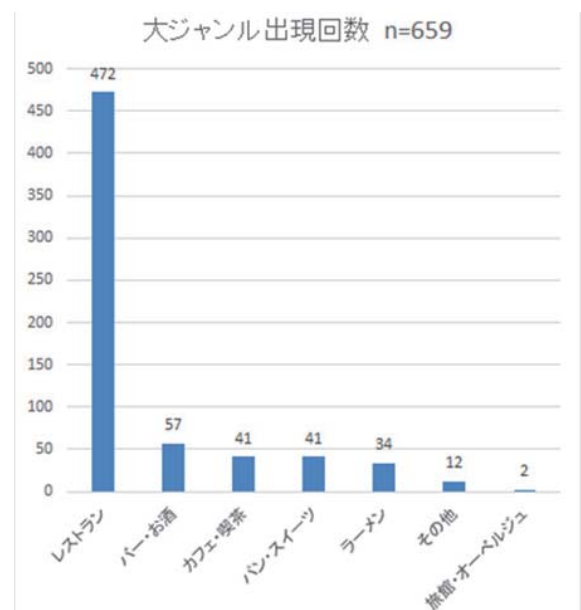


図3: 大ジャンルで分類した大井町周辺の飲食店数

3.2 OAIsoに飲食店ジャンルと特徴量

OAIsoでは、前述の食べログで店舗情報として用いられる最小分類ほど細かくなく、かつ、簡易入力での店の選択に可能となるような飲食店舗の特徴量について検討した。2節で述べたペルソナの行動を想定し、「駅で急に友人と出会った」「待ち合わせの直前に予約を忘れていたことに気づいた」「三次会で気心のしれた友人とでかかたい」等のシナリオを元に、図4に示すジャンルを人手によって抽出した。

他の要素として、ユーザ評価で多く利用されている価格帯、デートや家族利用、友人との会食等の利用シーンに分けて、飲食店情報の詳細な解析を行った。

収集可能された飲食店情報の解析を元に、oAIsoでは、飲食店推薦を適切に行える特徴量として、次節で述べるような簡易入力画面の提示が容易となる特徴量でかつ飲食店のジャンル分けの精度が高くなるものを選んだ。表1に示すように、価格帯として高い、普通、安い、の三種類、店を選ぶ場合の主要ポイントとして、食事中心、お酒などの飲み会、店の雰囲気、食事にかかる時間の4種類、一人ではいりやすい

か否かを特徴量として決定した。

表 1: oAIso で用いる飲食店の特徴量

店舗情報	価格			重視するポイント				一人で入りやすいお店	
	安い	普通	高い	食べ物	飲み物	雰囲気	サクツ	YES	NO
B&M 151A	3.0			3.0		2.4		3.0	
BAR ロカロ	3.0				3.0			3.0	
BEE	3.0						3.0	3.0	
CAFE and BAR* sweet	3.0					3.0	1.6	3.0	
CFT北一倶楽部 大井町店		3.0		3.0				3.0	
CHAP	3.0			3.0	2.4			3.0	
Cocktail&Wine KIYOMI		3.0			3.0	1.6		3.0	
Gecky		3.0			3.0	1.6		3.0	
H		3.0		3.0		2.4			3.0
Hamburg diner maru	3.0			3.0				3.0	
Jaya 大井町本店	3.0			3.0				3.0	
MICHI FISH&OYSTER		3.0			3.0				3.0
NIDO			3.0	3.0					3.0
Osteria Tutto Sole			3.0			3.0			3.0
SAM		3.0		3.0				3.0	
Speak Easy		3.0			3.0			3.0	
TOKYO 鶏そば TOMO	3.0						3.0	3.0	

OAISOジャンル	店舗数
居酒屋	120
除外	112
B級和食	92
高級和食	71
バー・お酒	58
洋食・西洋料理	40
アジア・エスニック、中華料理	38
カフェ	22
焼肉・ホルモン・鍋	21
創作料理・無国籍料理	20
総計	594

図4: oAIso の人手によるジャンル

3.3 oAIso 飲食店データベースへの生成

抽出された特徴量は、大井町のデータをもとに人手により付与したものであり、東京都 23 区の飲食店情報を人手で整備するには限界がある。

現在、スクレイピングした店舗数 75,463 件から、サービス対象となる 23 区内の飲食店を 20,916 件選んだ。選択条件としては、食ベログの点数が 3.35 未満又は食ベログのロコミ数が 3 件未満の店舗を除外し、55%程度の店舗数削減となっている。あわせて、今回のサービスでは対象外ジャンル

(予約が不可能なカフェ、ラーメン屋など)を除外し、店舗数はさらに 20%程度低減している。また、データベースでは推薦画面で用いる店舗情報要約のために、店舗に付与されているロコミを収集しており、全部で 792,735 件の中から提案対象店舗のロコミ 285,665 をデータベースに保持している。

表2: oAIso の飲食店特徴量の自動生成

分類方法	精度
一人で入りやすい(n=77)	88.40%
食ベが3で他は0(n=14) vs その他	91.90%
飲みが3で他は0(n=11) vs その他	91.90%
さくつと(n=1) vs その他	94.80%
雰囲気が1以上かどうか(n=20)	88.40%
食ベが3(n=55) vs その他	68.20%

推薦の対象となる全ての飲食店情報に oAIso で利用する特徴量を自動的に付与することが可能であるか、大井町のデータを用いて実験を行った。あらかじめ、人手で oAIso の特徴量を付与した 173 件の正解データを準備した。そこに、従来の特徴量 22 次元も併せて SVM(Linear SVC)を用いて学習させ、4 分割のクロスバリデーションを行った。その結果、表2に示すようにほとんどの特徴量に対して高い精度が得られた。食事を重視する特徴量に関しては、精度がやや低い、この原因の一つに人手で付与する正解データそのものの質が関係していると考えられる。そこで、23 区の対象飲食店への特徴量付与のために、1000 件のデータに対し、複数の人間による正解データ生成を試みている。



図5: oAIso 画面遷移図

4 OAIsoの入出カインタフェース

OAIso では、図5に示す5画面の遷移でユーザに自分の好みにあう写真をタップしてもらうことで、ユーザ情報としている。今回の実装では画面1および画面2の三枚ずつの写真ではユーザが好む価格帯を、画面3、画面4の8枚ずつの写真からはユーザが好む食事形態(食事中心、酒などを中心、雰囲気重視、ゆっくりするのか、早めに終わらせたいのか)を、最後の画面5では人数のおおよその数を推定する仕組みになっている。なお、写真の選択に当たっては、現在の仕様では、システムがユーザが選ぶ写真をなんのための判断基準で用いているかは明示しておらず、感覚的に選んでもらうという実装を行っている。

画面1および画面2の価格帯の情報では、上から高い、普通、安いとの三つの選択肢を写真で表し、繰り返し選ばれる情報であるか、相反する情報となっているかで、ユーザの入力情報を補正している。同様に、画面3および画面4で食事形態として、上から食べ物重視、飲み物重視、雰囲気重視、短い時間の利用という情報として利用している。この選択は、最初の画面で選んだ情報と次画面で選ばれた情報に優先順位をつけ、最初の画面で選ばれた情報に重みをつけている。

oAIso の出力画面を図6に示す。スマートフォンの一画面に情報提示をおさめている。視覚的にわかりやすいように、ユーザコメントなどを元に行われた特徴ある店のメニューおよび店の雰囲気がわかる写真を併せて上部中心に据え、価格帯の情報(ランチ、ディナーごと)を提示するとともに、口コミ情報の中から推薦に該当する部分を要約して提示している。気に入った場合にはすぐに電話がかけられるように、右側に電話ボタンを設定している。

気に入らない場合には、左側の部分をスワイプすることで次の店舗情報が提示される。現在の仕様では、スマートフォンの位置情報をもとに特に店が収集している場合には半径200メートルから推薦、数が足りない場合には半径を広くしな

がら(最大 800 メートル程度)店舗情報を推薦している。



図6: oAIso の店舗情報提示画面(例)

店舗のばらつきは地域によりかなり顕著であり、例えば図7で示すように大井町と銀座では単位面積あたりの店舗数は4倍以上とかなり店舗分布が異なる。本来推薦するための距離は、地域特性を考慮しなくてはならないと考えられるが、面積あたりの店舗密度とユーザの距離の許容範囲に関しては今後検討したい。

5 ユーザーアンケートによる評価

プロトタイプとして開発した OAIso を学内および開発者の知人に利用してもらい、その評価を得た。学内では8名が利用し、オンラインアンケートによる回答を得た。使いやすさは概ね好評であったが、推薦された飲食店の精度、サービスの期待度では、さらなる改善が必要であることが分かった(図8)。

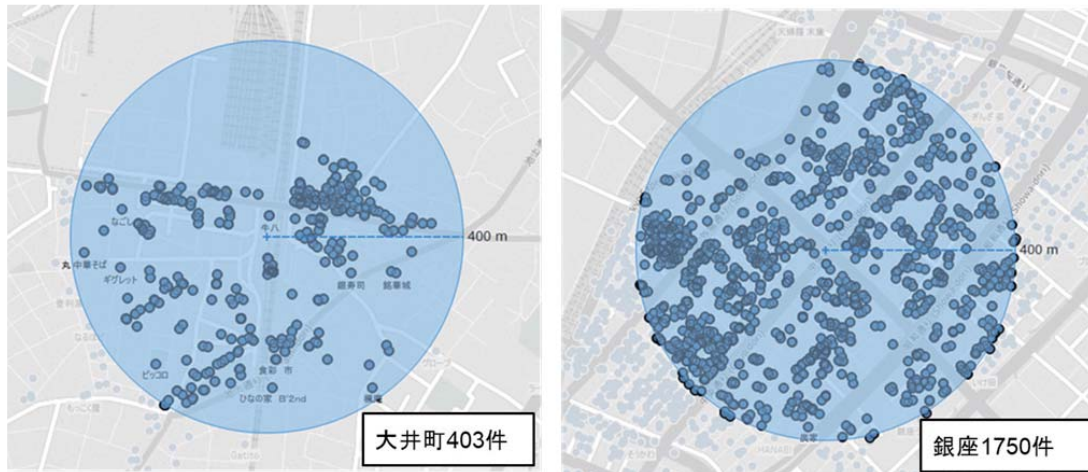


図7: 半径400メートルあたりの店舗数(大井町と銀座)

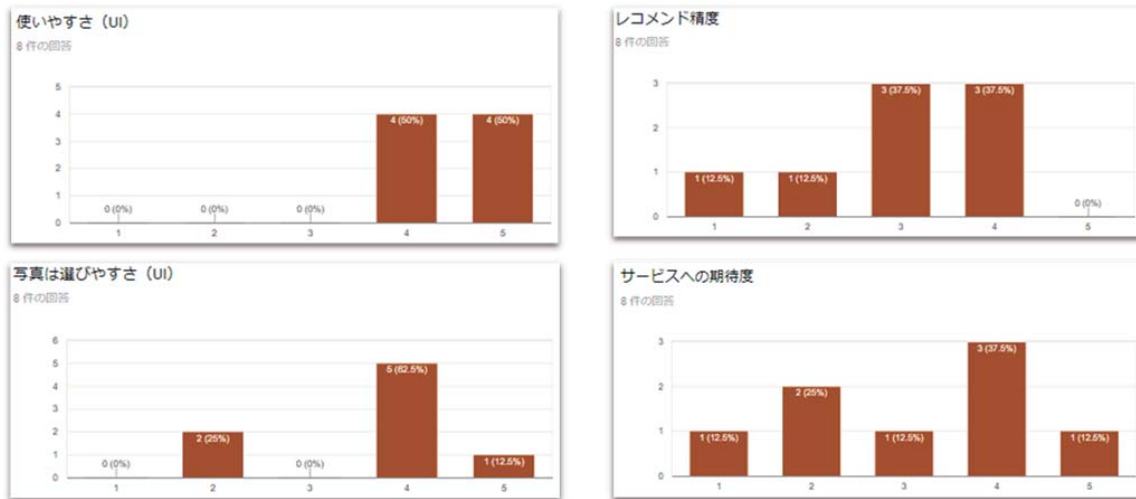


図8: ユーザアンケート結果

6 関連研究

飲食店推薦システムの研究は数多く行われている. 写真インタフェースを利用した飲食店推薦システム[6]では飲食店のジャンル情報をユーザが選ぶ,あるいは選ばない写真から推定するシステムが提案されている. また,参加者の嗜好を参考にするという観点では,大勢の参加者の嗜好を多数決で反映する飲食店推薦システム[4]が提案されている. 本システムは,一人のユーザを対象として,単にジャンルにとどまらず,価格帯,人数などの入力情報としても利用している点異なる. 飲食店情報の要約手法としては[5]に代表されるようなより精緻な要約情報をまとめることも考えられるが,本システムでは簡易,高速な要約として最も頻度多くあらわれる文章を提示するにとどまっております,今後の改善を検討したい.

7 おわりに

Right Now の時代に向けた飲食店提案サービス OAISO

を開発し,簡易検索サービス向けとして,ユーザ入力情報の負担を低減するための特徴量抽出に関する手法を中心に紹介した.さらなるサービス向上を目指し,OAISOの改良を進める予定である.

参考文献

- [1] <https://nakano02.aiit.ac.jp/oaiso.html>
- [2] <https://www.trivago.jp/>
- [3] <https://tabelog.com/>
- [4] 谷川佳能, 吉田博哉, “参加者の嗜好を考慮した飲食店推薦システムの提案,” 第77回情報処理学会全国大会, 6M-03, 2013.
- [5] 高尾美代子, 酒井浩之, 増山繁, “Webからの飲食店舗の評判情報抽出,” 言語処理学会第17回年次大会講演集, pp.268-271, 2011
- [6] 児玉礼, 北山大輔, “ユーザの取捨選択行動に基づく嗜好推定による飲食店推薦システム”, DEIM2017, F2-2, 2017.

身体性のあるロボットのアクティブセンシングへの適用 「かしら」ロボットを拡張した浄瑠璃ロボの実現

成田 雅彦*

Enhancement on the Physical Properties of Signage Robots

Masahiko Narita *

Abstract

Authors have been proposing the active sensing using robots that realize collecting, analyzing, and utilizing human related data. In this paper, in order to obtain further effects, we report that we prototyped the "joruri robo" which embodies the face and arm with reference to traditional model and technologies. We will also explain demonstration experiments showing its effectiveness.

Keywords: Robotics, RSNP, Signage Robot, Embodiment, Joruri Puppet, 3D Printer

1 はじめに

IoT に注目が集まっているが、センサーを用いてデータ収集するパッシブセンシングが基本となっている。しかしながら、人あるいは環境にアクティブに働きかけることで、より重要なデータを効率よく収集して分析し、データを活用することができると考えられる。筆者は、これの考えのもと、アクティブセンシングモデル[1][13]を提唱し、アンケートサービスを中心として、より効果的に人に働きかけ、分析、サービス提供へフィードバックする仕組みを研究している。このために、ロボットの非専門家である開発者がロボット技術を容易に利用する「非専門家向け開発フレームワーク」の研究[13][25]をベ-

スとし、2015年よりパネルディスプレイベースのサイネージロボ [1]を開発し、観光地やイベントにて数々の実証実験を行っている [2][14][24]。

また、2017年から、目的に、「非専門家向け開発フレームワークの高度化」の一環として、より人にアクティブに働きかけられることを目標に3次元のオブジェクトとして身体性を持つ物理ロボットの試みをはじめた。2017年には、浄瑠璃人形を参考とした「かしらロボ」を試作し、イベントへ展示し、アクティブセンシングモデルにおけるロボットの身体性の効果の検証を試みている [16][21][22]。2章で述べるように、この「かしらロボ」では3次元のオブジェクトとして身体性を持つものの、大きさや表現手段においてイベントでの集客には十分でなかった。

この課題を解決するために、「かしらロボ」を拡張し、八女燈籠人形などの伝統技術を参考に、手・腕を付加することで、より身体性、表現やインタラクションを強化した「浄瑠璃ロボ」を開発した。本稿では、第2章で、「浄瑠璃ロボ」(図1)について論じ、第3章では、アクティブセンシングシステムとの連携を論じ、第4章で身体性の効果の検証の予備実験、及び、計画中の検証実験について論じる。

2 「浄瑠璃ロボ」の実現

「浄瑠璃ロボ」の技術的前身であるサイネージロボットと「かしらロボ」について簡単に説明し、「かしらロボ」を拡張し、手を付加することで、より身体性を強化した「浄瑠璃ロボ」の実現について論じる。

2.1 サイネージロボットと「かしらロボ」

(1) サイネージロボット



図1: 手を振って呼び込みをする「浄瑠璃ロボ」

アクティブセンシングモデルの実装は、アンケートを元にした会話機能など上位レベルの機能モジュール、及び、スタンプリサービスなどのアプリケーションとして、ロボットとクラウド上に、非専門家向け開発フレームワークとサービスロボット向けの分散システムのためのプロトコルである RSNP の上に構築する。アンケートは、クラウド上で生成され、回答はクラウドに蓄積され、分析、利用される。このシステムで用いるロボットとしては、利用者との会話が中心であることから、移動する必然性が薄い。従って、タッチパネル式ディスプレイやタブレット PC ベースで等身大にスタンドで固定した低費用のサイネージロボット(図2)や、ロボットでの回答の代わりに、アプリインストール無しでスマートフォンから回答できるスマロボを開発した[1][2][3]。サイネージロボットでは移動しない代わりに、顔の表現や動き、声による応答に重点を置き、目が瞬きし、音声発話にあわせ口が動き(リップシンク)、相槌を打つことでロボットらしい身体性を表現した。等身大であることで視認性が高く表情が明確でわかりやすいが、身体性をもつロボット実現の要望が強かった。

(2) ロボットの身体性と「かしらロボ」

ロボットはアンケートの回答者に対して親みやすく集客が比較的容易である。しかしながら、前述のサイネージロボットは 2 次元のディスプレイ上に顔表情を実現したものであるが、3次元の身体性を付与し、より集客へ効果を高めることを試みている。ここで用いるロボットは、移動機能を考慮する必要がないので、「招き」、「注目」、「指し示し」、「うなずき」などを首、肩、顔、手・腕や胴体を用いて身体性の表現することとする。このうち、2017 年度は、サイネージロボットとほぼ同じ、顔、首、肩を実装し、瞬きをし、リップシンクし、首がうなずく表現を持つロボットを「かしらロボ」として、人のサイズの 1/4 で市販のロボットを使わず独自開発した(図 2)。独自に開発したのは、キャラクタに関する利用制限なく、自由な試みを行うためである。この 3D モデルでは、顔が稚拙だと、利用者の興味を引かず、逆効果になることが予想され、ある程度の完

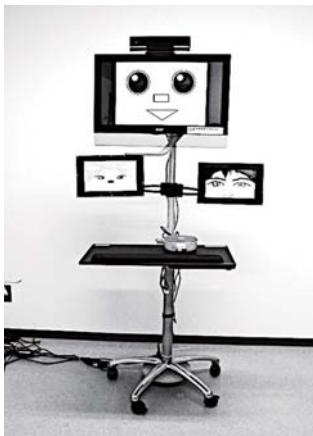


図 2: 筆者らが開発したサイネージロボ[1]



図 3: ディ스플레이に装着した「かしらロボ」[16]

成が要求される。また、広く使われるためには多様な顔やキャラクターを表現する必要も想定できる。こうした要件に対応するために、江戸時代・明治時代初期の現物が存在する浄瑠璃人形のかしらを参考にし、リアルな表現をもつモデリング手法を考案し、3Dプリンタ(積層型のAFINIA社 H480と光造形型のStratasys社 Object 350)を使用して造形した(図3)[16]。この手法を用いると、デザイナーの手を煩らわせることなく、バランスが良く、水準の高い、デザインの多様な「かしら」を容易に設計できる。

2.2 「浄瑠璃ロボ」

2018 年度は、より視認性が良く、豊かな身体表現を目指し、「かしらロボ」では未実装であった手・腕や胴体付加を検討し、「浄瑠璃ロボ」のシミュレータ版と、実機(3D版)を開発し、振りやインタラクションを試作した。また、システムとの連携を検討した。以下に概要を述べる。

(1) 手・腕や胴体付加

手・腕や胴体付加に当たって検討すべきことは、手・腕の大きさ、バランスとデザイン、振りの設計と効果の確認、手・腕を動かす方式と自由度である。前者の検討のために、シミュレーションを用い、その後、後者を検討し 3D プリンタにより

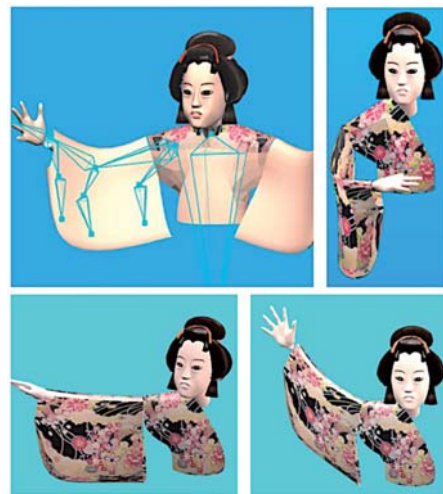


図 4: 浄瑠璃ロボの袖のポーンとシミュレーションの様子

試作した。

a. シミュレーション

かしらの 3D モデルに、手、腕、胴を加えるには、手・腕の大きさ、バランスとデザイン、振りの設計と効果をシミュレーションで事前に確認することが不可欠である。このために 3D モデルを作成しアニメーションを含むシミュレーションを行なった。3D モデルの作成にあたり、着物(和服)は手・腕とは一体で動かず、袖では重力などの外力への反応、布の折れ目も配慮しなければならない。このため着物(和服)の 3D モデリングは難易度が比較的高とされており、体に貼り付けたテクスチャを变形する簡易なモデリングが多い。一方、着物のモデルを最終製品とする CG 向けには、3D モデルの動きに慣性を配慮して追従し、風への反応を布属性として実現したものもある。本研究では、大きさ、バランスとデザインの評価が目的なので簡易に作成できることが重要である。このために、3D モデルの作成にあたり手、腕だけでなく、片方の袖に 6 本のボーン(関節)を適用し(図 4 左上)、IK(インバースキネマティクス)を用いて擬似的に力学効果のみを付加することで違和感のない着物の表現を実現し、動作は各部をアニメーションにて動作させた(図 4)。結果、手首、肘、肩関節、首(前後、回転)、瞬きの動作、各モデル間のバランスとデザインの確認に供することができた。モデリングに Metasequoia、アニメーションに Blender を用いた。

b. 手、腕、胴、着物の自由度と実装方式

人の手、腕、胴の自由度は極めて高いが、関節駆動のサーボの配置、サーボの数、制御ボードの I/O 数など実装上の制限も大きい。近年のコミュニケーションロボットではアプリボコ(東芝)、ロボピン(富士通研究所)など自由度を制限した例も多い。からくり人形の例では、八女灯籠人形[18]では腕の自由度 3 だが、操作は、腕の「上げ」と「寄せ」の自由度 2 に集約している。八女灯籠人形の奉納では、1760 年に福松藤助がからくり人形を使用し、1780 年に改良され、1832 年には、東芝の前身の田中製造所を創立した田中久重が人形 2 体を作成し「横遣い」操作技法を開発したとされている[19]。桐生屋台からくり[15]では、自由度 1 である。一方、浄瑠璃人形では手の自由度 1 が一般的である。本システムでは、「呼び込み」「アンケートの収集」という業務を実現するために最小限のものとし[16]、八女燈籠人形などの伝統技術を参考に機巧を設計し、シミュレーションで動作確認した上で、腕の自由度 4 で、操作は、腕の「上げ」(肩関節の回転)と前腕の「寄せ」の自由度 2 とし、手のポーズはデザインモデルにより確認した上、本システムに相応しいポーズ 1 つに固定して 3D 化し、手首を手動で調整することとした(図 5)。本システムは身体性の効果の研究であり、機巧の特徴を追求する必要はないので、既の実現してされ広く知られている伝統技術に準拠した機構を採用した。

腕(右)・胴串は 3D プリンタにて作成し、関節は、ステンレススプリングでテンションを与え、模型用 PWM 方式のサーボモータにて引っ張ることで制御した。サーボモータはかしらの制御用のサーボモータ同様、胴串に配置し、テグスにて腕とサーボモータを接続し、各所にガイドを作成してテグスを導いている。前腕の「寄せ」の量は大きいため、大きめのサーボホーンを自作した。胴は回転のみで、胴串受けにサーボモータを配置した。サーボモータはかしらを合わせて 6 個で、これらの制御には、Arduino UNO を使った。

浄瑠璃人形では胴は、肩板と胴輪で構成され、その上に着物の胴の部分を縫い付けるが、本浄瑠璃ロボでは着物が型崩れしないよう着物の胴の部分を成形し、着物は、胴対部分を接着し、全体を胴串に取り付けている。着物は折れ目が自然になるよう、柔らかい縮緬を使用し、袖は腕に対して自由に動くように余裕を持って腕に掛けて留め、袖付けを接着した。

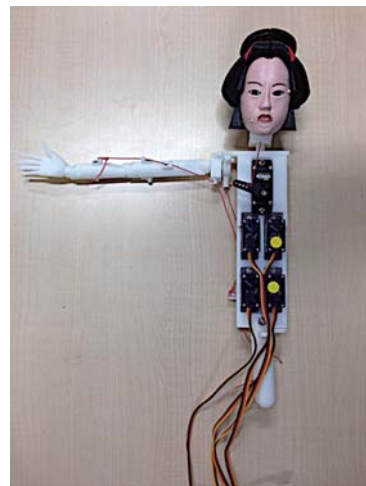


図 5: 腕まわりの機巧

c. 大型化の可能性の検討

かしらロボとそれを元にした浄瑠璃ロボは、人のサイズの 1/4 だが、視認性を向上するためにかしらロボの大型化の検討を行なった。等身大まで大きくすれば良いに越したことはないが、大きくなれば重くなり、それを動かすサーボモータも大型化し高額となる。参考とすべき、かしらの大きさだが、浄瑠璃人形の顔長は、屋外で演じられ視認性を重視した阿波浄瑠璃人形で 13.9 ~ 14.0 cm[9]、室内で演じられる文楽人形で 4 寸(12 cm)と言われている。後者はかしらロボ開発の際 1/2 モデルとして作成したサイズである。しかしながら、秩父の出牛人形芝居[5][6]のかしらはそれよりずいぶん小型であったこと、「かしらの系譜」[9]に「大阪私立博物館蔵の文楽人形(15 体)」の平均は、10.1 cm との記載(p100)があり、これはおよそ 3.5 寸である。したがって、大型化した際の顔長を

3.5 寸とし実現可能性を検討する。重さの視点では、4 寸モデル(1/2 モデル)は 400g, 3.5 寸モデルは 217g とおよそ 1/2 と大きく違う。ちなみに 1/4 モデルでは 56g である。胴串の回転については、1/4 モデルの頷きに使用したトルク 5.4kgf・cm のサーボモータ GWS MICRO 2BB で回転できることを確認した。かしらを大型化することで、かしらのみでも回転と頷きを付加するだけで視認性の向上が期待できる。

(2) 顔の再モデリング

かしらロボの大型化を実施するにあたり、「かしら」の多様性を実現するために顔を再モデリングした。このために初代天狗久作のかしら(傾城)[20]を筆者が新たに撮影し参考とした。「かしらロボ」で用いたかしら[7][8]を比較すると、作者が同一ということもあり、目の位置を除いて極めて良く一致している。目は後代に手書きされているので、目の位置がやや違うのかもしれない。再モデリングは、具体的には目の位置をやや高くし、額を狭くし、眼の間隔を狭め、目の形をととのえることで実現した。結果、「かしらロボ」に比べ、額がやや狭くなり、よりバランスが良好となった(図 6)。



図 6: 再モデリング後のかしら

(3) 仕草

本システムのターゲットである「呼び込み」「アンケートの収集」に於ける仕草を考察する。

人形浄瑠璃は、人形、三味線、太夫の語りから構成されている。三味線には文字譜、太夫の語りには稽古本、底本などがあり、ある程度再現が可能である[30]。しかしながら、人形の仕草には、50 程度の型があるといわれているものの、型や関連した演出について、詳細に文書化されちるものは、「文楽人形の演出」[29]など極めて少ない。また内容も再利用しにくく、断片的なものが多い。即ち、古典的な文献[25][26][27]にある仕草の記載には、本システムの業務に於ける仕草として直接利用できそうにない。したがって、本システムでの振りは、業務の場面を細かく分割し、それに相応しいと思われる仕草を作成し、それに対するフィードバックを繰り返すことにより作成していくこととし、首と片腕で表現できる以下の 10 項目とした。

- i. 胴をゆるく振る

- ii. 手を振る(呼び込み)
- iii. 手を前に持ってきて段階的にあげる(誘導)
- iv. 手を戻す(手を振る用意)
- v. 頷く(ゆっくり)
- vi. 頷く 2(早めに首を上下)
- vii. 手を上げ、顔を正面か上(喜ぶ)
- viii. 顔を大きく下げ、手を上に(泣く)
- ix. 手を横に広げ、顔を上げる/正面へ(驚く/驚く 2)
- x. 手を前下に持ってきて、顔をやや下げる(挨拶)

(4) 「浄瑠璃ロボ」との連携インタフェース

「浄瑠璃ロボ」とシステムのインタフェースは、USB シリアル通信を用い、(3)で述べた振りの指示と、リップシンクの指示を行う。口の動き、腕の動き、首の動き、胴の各部分の動きを指定する。口・腕・首は独立して制御できる。また、同じ部分への指示が重なった場合は、直前の仕草を中断して、最新の仕草にスムーズに切り替える。具体的には、アンケートシステムの中で、呼び出しモードでは、ii, iii, アンケートモードでは iii, iv の指示を出す。また回答に反応して vi~ x を行う。

(5) 人の認識と追従

人検出センサーと連動することで、浄瑠璃ロボの反応を豊かにすることができる。例えば、呼びみでは、複数人いたら、胴をむけそれぞれに愛想を振りまいき、相手によって仕草を変える、近づいたひとがいれば愛想を振り向くなどができ、また、アンケートモード実施中であれば、じっと一番近い人だけを対象に追従し、回答が終わったら、回答により反応を変えることもできる。こうした目的のために、PC 側に顔の認識ソフト(OpenCV)を、USB カメラをロボット側に設置することを想定した、人検出センサーを構築した。

3 アクティブセンシングシステムとの連携

3.1 非専門家向け開発フレームワークとその高度化での位置付け

非専門家向け開発フレームワークとその高度化の視点で、人間的データのアクティブセンシングと、収集されたデータの活用、及びサービスプロセスへフィードバックを持つアクティブセンシングの中のロボットに位置付けを考察する。ロボットと同じ環境にいるロボットの直接利用者(Robot User)の情報を取得しサーバへ蓄積する。同時に、Robot User の環境を観測するための情報をセンサー等で取得しサーバへ蓄積する。これらの蓄積された情報を各種分析技術と連携し、Robot User にとっては第三者となる間接利用者(Service User)へ提供する。さらに、ここでの結果や Service User の意向をロボットでのサービス提供プロセスへフィードバックする。非専門家向け開発フレームワーク技術の高度化では、このモデルを前提として、ロボットで人間的データを効率よく収集・分析し、それらを活用するインターフェースを明らかにし、

非専門家向けプラットフォームに組み込むことでプラットフォームを高度化し、体系的に提供する。さらに、フィールド評価を行い、有効性を検証する。具体的には、以下の3点が要素技術である。

(a) ロボットによるデータ収集の高度化; Robot User に対するロボットによる人間的データの取得、及びセンシング手法を高度化し、データを集積する。

(b) 分析手法の高度化; 集積したデータを分析し、フィードバックを生成する。各種クラウドサービスや人工知能技術と連携することで高度化する。

(c) フィードバックループの高度化; 取得した情報を解析し、さらにサービス提供プロセスへフィードバックするループ形成を高度化する。

この内、(b)については、既に、ロボットが Robot User からデータ収集する仕組みであるアンケートを蓄積データにより動的に生成する仕組みを提案し、2 ビッグサイトでのイベントや深川資料館商店街などで実証実験を行ない、有効性を検証している [14][24]。本稿は、(a)に対応し、ディスプレイベースのサイネージロボットではなく、身体性を持つロボットの効果の有効性の検証を狙っている。

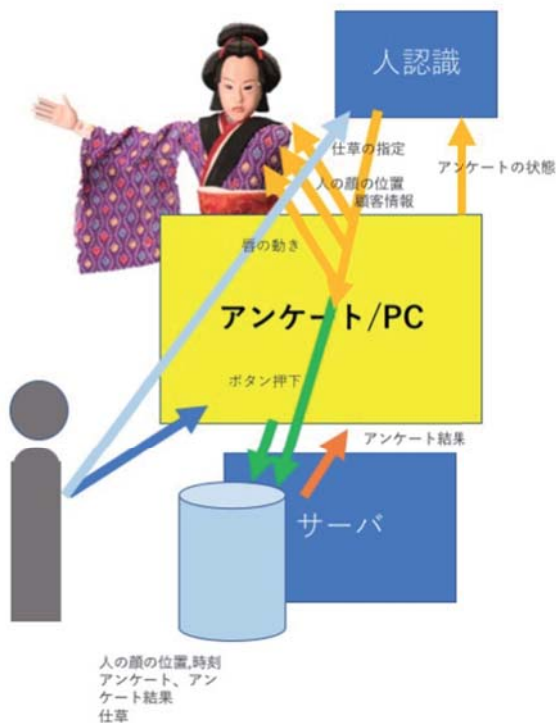


図7: アクティブセンシングモデルとの連携

3.2 「浄瑠璃ロボ」によるインタラクション

物理的な「浄瑠璃ロボ」について2章で述べたが、ここでは、アンケートシステムにおける「浄瑠璃ロボ」によるインタラクションによりアンケート取得を高度化するため具体的な手法を考察する。人とのインタラクションのための手がかりがロ

ボットの前のアンケートへの回答者と、アンケートの回答状況である。回答者の物理的な状況は、前述の人検出センサーで取得でき、アンケートの回答内容や、アンケートへの回答プロセスは、回答間隔などアンケートシステムの状況により取得できる。システムによっては顧客情報、蓄積されたアンケート結果の平均などの情報を利用できる。これらを元にして、ロボットからのリアクションは表情、腕の仕草や音声発話にて行う(図7)。以下に具体的なリアクションの例を示す。

- 呼び込みでは、顔を検出しながら、その方向に手を振る
- 人が近づいたら、アンケート開始ボタンを押してもらいアンケート開始する
- ボタンを押したら、挨拶する
- 回答があったら頷き、終わったら挨拶する
- 回答途中でいなくなったら、泣くそぶりをする
- これとは無関係な、瞬きなど自然な動きをする

「浄瑠璃ロボ」が参考にした浄瑠璃人形は古くから観客の想像力を刺激し人間の思いを表現してきたので、リアクションの効果は期待できるが、実証実験を通して、上記の効果を確認する。

4 予備実験と検証実験

予備実験、及び、計画中の検証実験について論じる。

4.1 「かしらロボ」を用いた予備実験

国際ロボット展 2017 では、RRI(ロボット革命イニシアティブ)の援助を得て、RSNP をはじめ異なるプロトコルを持つ異種サービスロボットが大量に配置された場合を想定し、ロボット間情報共有の実現可能性や効率的な管理・運用を行うモニタリングシステムの実証実験を行なった(図8)。同時に「かしらロボ」をモニタリングシステムに接続して、身体性の効果の確認のための予備実験を行なった[17]。このモニタリングシステムは、6つブースに、子育て支援ロボット、調理用音声ア



図8: モニタリングシステムの実験

シスタントロボット、かしらロボなど、複数種のロボットや人数推移システム(センサ)を配置し、ロボットサービスの提供、センサのリアルタイム監視とデータの収集を行い、収集したデータは分析・整理し、各ブースにあるディスプレイへ表示される。同時に、後の分析のために使用者の感想などをアンケートすることもできる。「かしらロボ」(図 3)では会話しながらのモニタリングしている。アンケート内容は蓄積データを利用して動的に生成することで、手短かに使用者に応じた適切な項目を質問することができる。「かしらロボ」について関係者からは「買ったものと思っていた」、「完成度が高い」とのフィードバックが得られている。また、この展示では長時間注視する外国人も見受けられ、概して、評価が高かったと思われる。

4.2 「浄瑠璃ロボ」とロボットサービスの連携実験の計画

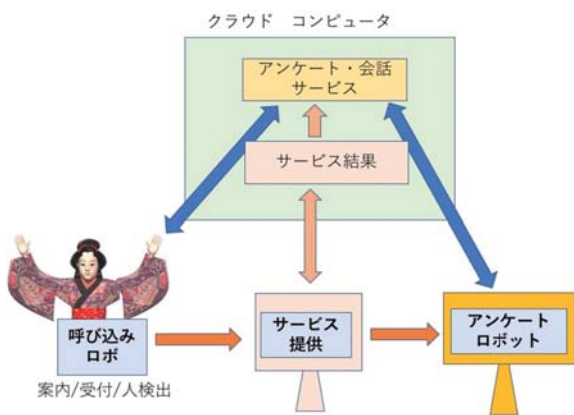


図 9: 「浄瑠璃ロボ」とロボットサービスとの連携

「浄瑠璃ロボ」を用いて当初の目的であるロボットによるロボットサービスと連携した、アクティブセンシングと身体性の検証を計画している。例えば、サービスロボットにおいて「呼び込み」「アンケートの収集」という業務に絞って、集客、サービスやアンケート誘導、相槌による引き止め効果など定量的な効果の検証を試みる(図 9)。実際の測定は、ロボットによるロボットサービスと連携したシステムをイベントのブースなど人通りの多い場所に設置し、人位置の検出センサーを併設し、人の位置と、ロボットの動作とを記録し、後に相関を求めることにより行う。サイネージロボとかしらロボの効果の違いについても測定できればより有効かと思われる。

5 まとめ

発表者らが研究中の身体性のあるロボットとしての「かしら」ロボットを拡張した浄瑠璃ロボの実現とアクティブセンシングへの適用について論じた。

「かしらロボ」の仕上がりへは「買ったものかと思った」とのフィードバックが何件か得られ、また、講演での質疑応答では、今後の大いに実証実験に興味を持っていただいた[17]。「浄瑠璃ロボ」についても同様である。今後、Japan Robot Weekなどで検証を行う予定である。

本研究がロボット技術へ貢献するものと期待している。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 17K00366 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 成田雅彦, 泉井透, タブレット PC を用いたサイネージロボットの開発, 産業技術大学大学紀要, No.10, pp. 53-59, 2016.
- [2] 成田雅彦, 土屋陽介, 泉井透, 阿久津裕, 安田福啓, 中川幸子, 松日楽信人, サービスロボットによる分散アンケートサービスの提案 ~非専門家向け開発フレームワークの応用~, 日本ロボット学会誌, Vol.35, No.5, pp.43-53, 2017.
- [3] 倉林正次, 出牛人形, 埼玉県指定文化財調査報告書 第 8 集, p45 - p59, 1970.
- [4] 栃原嗣夫, 秩父の説経節と人形芝居, ちちの木会, 2015.
- [5] 斎藤徹, 宇野小四郎, 平塚市乙女文楽人形調査, 平塚市文化財調査報告 31 集 p73-p130, 1996.
- [6] 泉房子, かしらの系譜: 宮崎と九州の人形芝居, 鉾脈社, 1984.
- [7] 成田雅彦, 土屋陽介, 泉井透, 阿久津裕, 安田福啓, 中川幸子, 松日楽信人, サービスロボットによる分散アンケートサービスの提案 ~非専門家向け開発フレームワークの応用~, 日本ロボット学会誌, Vol.35, No.5, pp. 43-53, 2017/5.
- [8] 成田雅彦, 土屋陽介, 中川幸子, 阿久津裕, 泉井透, 野見山大基, 松日楽信人, 本村陽一, マーケティング分野への適用を目指したスタンプリューとアンケートサービスの CRSP を用いた構築 ~クラウドベースのロボットサービス統合基盤の進展~, 人工知能学会論文誌 vol. 32 No. 1. NFC-B_1-13, 2017/4, <https://www.jstage.jst.go.jp/article/tjsai/32/1/32/NFC-B/article-char/ja/> (ウェブ参照).
- [9] 桐生からくり人形芝居保存会, 桐生からくり人形芝居図録, 2011.
- [10] 成田雅彦, サイネージロボットの身体性を実現する一提案 浄瑠璃人形の比較を参考にした「かしら」のモデリング, 産業技術大学大学紀要, No.11, pp.91-96, 2017/12.
- [11] 成田 雅彦(産技大), 松日楽 信人(芝浦工業大), RSi(ロボットサービスイニシアチブ)の活動と今後の展望, p1111-1115, 1D6_01, SI2017, 仙台, 2017/12.
- [12] 八女福島の燈籠人形 八女市ホームページ <http://www.city.yame.fukuoka.jp/kanko/2/1528872204614.html> (ウェブ参照).

- [13] 杉山洋, 改訂燈籠人形夜話, 八女郷土双書,1982.
- [14] 天理大学, ひとものこころ第2期第4巻, 天理教道友社,1988.
- [15] 成田雅彦,ロボットによるアクティブセンシングと身体性
・ 非専門家向けロボットサービスプラットフォームの高度化・ 日本ロボット学会学術講演会,2017/9.
- [16] 成田雅彦,松日楽信人,土屋 陽介,加藤 由花,村川 賀彦,ロボットを用いたアクティブセンシングシステムと「クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」.2018 年度 人工知能学会全国 大会(第 32 回) 近未来チャレンジセッション「NFC-1(サバイバル)クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」, 2018.
- [17] 成田雅彦, インターネットを利用したロボットサービスとRSi の取り組み 2018, ROBOMECH2018 チュートリアル, 2018.
- [18] 大西重孝, 文楽人形の演出, 中尾松泉堂, 1974.
- [19] 三宅周太郎,文楽の研究, 岩波文庫,2005.
- [20] 三宅周太郎,続文楽の研究, 岩波文庫,2005.
- [21] 渡辺保, 歌舞伎 型の魅力, 角川ソフィア文庫, 2013.
- [22] 渡邊浩子,三味線音楽における伝承と楽譜,表現文化研究, 2(1), pp45-55,2002.
- [23] 宇野小四郎,日本の人形劇・人形芝居,銀の鈴舎, 2003.
- [24] Masahiko Narita, Daiki Aoki, Makie Miyauchi, Sachiko Nakagawa, Yosuke Tsuchiya, Nobuto Matsuhira, Demonstration experiments of a distributed questionnaire service using multiple robots with the aim of marketing at a tourist site, International Journal of Smart Computing and Artificial Intelligence (IJSCAD),2018, Vol.2, No.1, P.1 - 21, 2018.
- [25] ロボットサービスイニシアチブ
<http://robotsservices.org> (ウェブ参照).

高等教育における専門職人材育成モデル

松尾 徳朗[†] 越水 重臣[‡] 佐々木 信夫[†] 川田 誠一[†]
 Habibah Norehan Haron[‡] Zainai Bin Mohamed[‡] Ade Sjafruddin[§]
 Biemo Soemardi[§] Raymund Sison[¶] Muhammad Saifullah Bin Abu Bakar[#]
 Juliana Haji Zaini[#]

Professional Human Resource Development Model in Higher Education

Abstract

This paper describes a novel model of education program and curricula in higher engineering to be employed in ASEANs and its related countries. Our investigation and research program consist of 10 universities including University of Brunei Darussalam, Institute of Technology at Cambodia, Institute of Technology at Bandung, National University of Laos, University of Technology in Malaysia, Yangon Technological University, De La Salle University at Philippines, Nanyang Technological University, Vietnam National university, and Advanced Institute of Industrial Technology in Japan. Our team made an MOU to conduct investigation to create a standard model of higher education program for engineering professions between 2015 to 2017. In this paper, we propose and introduce our invented education program and curricula, example of course in information technology and mechanical engineering, evaluation through questionnaires in external organizations. The proposed program consists 9 years program through high school to graduate school, but students can join in each school based on their needs. The contribution of this paper includes these three points; the proposed model is related with a human capitals development model to complement the existing engineering professional education; schools provide professional education program to execute effective learning; and the proposed model enables to be employed in current various schools easily.

Keywords: Continuous professional education, project-based learning, engineering education program

1 はじめに

専門職人材育成を目的とした教育システムは経済活動の活発化において重要な教育システムであると認識されている。従来の工学分野における教育手法は専門職人材を育成することを目的とした場合、大きな課題を持つ。特に我が国においては高等教育における工学教育は、学年が上がるにつれて研究者育成のプログラムにより構成されていることが多く、工学分野を専門とする専門職教育ではないことが多い。特に、大学4年生以上のカリキュラムは研究者育成のための教育プログラムにより構成されていることが多い。一方、産業界からは高度で広い知識を有する人材の育成が求められている。我が国のみならず、国際的にもそのような人材の育成は重要とみなされており、著者らは以上のような高度専門職人材を育成することができる教育プログラムを開発している。本教育プログラム開発チームは主として日本と東南アジア諸国

連合(ASEAN)の主要大学から選ばれた研究者から構成されており、産業技術大学院大学(日本)、マレーシア工科大学(マレーシア)、バンドン工科大学(インドネシア)、南洋理工工科大学(シンガポール)、ラオス国立大学(ラオス)、デ・ラサール大学(フィリピン)、ハノイ工科大学(ベトナム)、ヤンゴン工業大学(ミャンマー)、カンボジア工業大学(カンボジア)の10校の共同プロジェクトである。本稿では、アジア地域において標準とされる専門職人材育成のための教育プログラムについて提案する。本教育プログラムは、できる限り産業界の実情を、教育カリキュラムに含めること、および実務におけるプロジェクトの進め方を重視した Project-based Learning (PBL: プロジェクト型教育) 手法を活用した教育プログラムである。さらに、高等学校から大学院までの教育プログラムを包括的にデザインした。図1に示すように、これらをそれぞれ、P-high school, P-undergraduate school, P-graduate

Received on September 14, 2018

[†] 産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

[‡] UTM Razak School of Engineering and Advanced Technology, Universiti Teknologi Malaysia

[§] Institut Teknologi Bandung

[¶] De La Salle University

[#] Universiti Brunei Darussalam

註:本紀要論文は、国際 ICT 利用技術学会全国大会および The World Engineering Education Forum (WEEF 2017)で発表したものを一部改変したものである。

schoolと名付ける[6][7]. それぞれの学校では独立した教育プログラムを持つが, 他の教育プログラムを受けた学生の受け入れや, 一旦企業に就職した卒業生が数年後に高いレベルの教育を受ける際の受け入れを含めて, 各学校は協調的な関係を持たせる. また, 具体的な授業においては, 学校間で協力的に実施される. 本プログラムの効果としては, 次の5点が挙げられる. (1)従来タイプの教育を受けてきた学生にとって, 入学が可能である点, (2)企業に勤務する者が入学可能な点, (3)各人のニーズに応じた学修が可能であること, (4)在学中に実務を多く体験できること, および(5)産業界から派遣された協力教員の実務教育を受けることができることである.

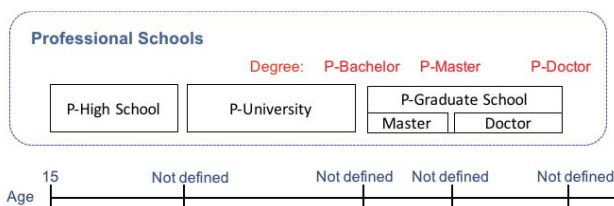


図1 Professional school モデルの構造

2 予備的考察

2.1 位置付け

従来の教育学や教育科学において, 教育の目標は多くの視点で議論されてきた. ドイツ観念論哲学の文献をまつまでもなく, 教育とは客観的精神の習得と伝達であり, 知識は経験に先行するものである. 文化の継承が教育で重要であると規定する[1]. 一方で, 現代的な哲学として, プラグマティズムやエクスペリメンタリズムにおいて, アメリカの哲学者 John Dewey が述べるように, 教育はより良い知識を得ることであり, 知識は経験によって獲得される[2][3]. 行為の結果としての知識が存在すると強調される. 以上の立場のうち, 工学教育における多くの学習活動は経験の結果知識として定着することが多い. しかし, 従来の工学教育の実情は, それとは大きくかけ離れている[4][5]. 一方, 本稿で提案する専門職人材育成教育プログラムにおいては, 経験的に学習を深めることができる.

2.2 動機

ASEAN 地域において, 多くの教育システムが各国で存在している. そのいくつかは企業で働く工学研究者, 技術者 (engineer, technician) が含まれる. しかし, 従来の技術者の業務内容や環境は, IT 業界をはじめとする近年の新たなビジネスのプロセスにより変革を迎える時期に来ている. 具体的に, 孤独で, 単独プレーでものづくりを担う技術者から, チームで大規模システムを構築する技術者の育成が産業界

から要請されている. さらに, 新たな技術に関わる研究者や技術者は, その技術や業界に応じた倫理, 道徳, マーケティング, マネジメント, さらにはオフショア開発や国際共同開発のために高度な言語習得が求められる. 例えば, いくつかの企業が協力してプロダクトを製作する際においては, 交渉力や協調力が必要とされる. このような状況に対して強力な人材を育成するために, 著者らは新規に専門職人材を育成する教育プログラムを開発した. 本研究の動機は, (1)新たな技術を作り出し, イノベーションを通じた社会影響力を持つ高度専門人材の育成, (2)本稿で提案する高度専門職人材教育を修了した技術者が効果的な技術イノベーションやビジネスイノベーションに寄与することができるような教育プログラムの提案, (3)次世代において IT 分野を含む工学分野において持続的成長を可能にする教育カリキュラムを開発することである. これらの動機を通して, 次の目標を持つ. (1)業務上の問題を発見し, 発生した問題に対して柔軟に対応できる能力の育成, (2)総合的知識や技術により複雑な問題を解決することできる社会のニーズに対応できる問題解決能力の育成, (3)競争力, 協調力, コミュニケーション, 国際適応力, 社会責任への対応力, 組織マネジメント能力などを含む能力の育成.

ある分野の知識の多くは他分野の知識と関連しているので, 従来の教育プログラム上では生徒・学生がそのような横断的知識の習得, および領域間の知識の関連性に関する理解は容易ではない. 例えば, 学部レベルの工学を専攻する学生にとって, 専攻するドメインに関連する問題であったとしてもビジネスにおける交渉やビジネス上の課題を理解することは困難である. さらに, 工学に関する法律や実務の関連性を理解することも容易ではない. また, 従来の高等教育で実施されている研究能力の向上はしばしば実務とはかけ離れており, ビジネスの成功を作り上げる知識であるとは限らない. 研究成果としての新規技術や革新的知識のいくつかは産業界においては, そのような技術や知識に対する不理解が原因となり受け入れられないことも多い. もし, そのような革新的技術が企業収益を増加させることができるなら受け入れられるべきであるが, 学術レベルと実務レベルのギャップが産業界の機会を失わせていることもある. 学習において, 異なる分野や領域間の知識を効果的に学習可能となるよう, 提案する教育プログラムにおいては, スパイラル型の教育プログラムを用いる. ステージ型の学習プログラムにおいては知識の発展的理解は可能であるが, 分野間の関連性や総合的な知識の習得は容易ではない. 図2はステージ型の学習に対して, PBL による学習を含んだスパイラル型の知識・技術習得のイメージである.

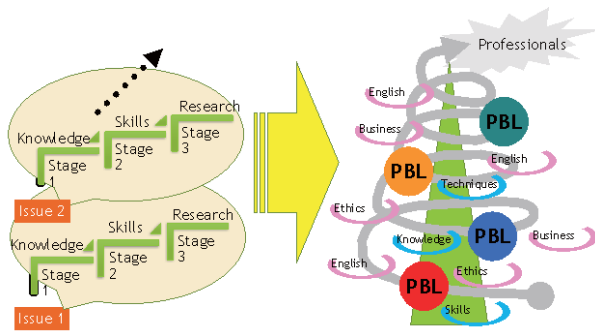


図2 スパイラルモデルによる教育プログラム

3 Professional Schoolにおける人材育成

学生はしばしば演習を通じて学習内容について理解する。テクニシャンレベルの技術者を養成するためには効果的な手法である。また、エンジニアレベルの技術者にとっては、テクニシャンレベルをマネージするレベルの能力が求められる。一方で、プロフェッショナルレベルの技術者を育成するためには演習のみの学習では十分ではない。現実の社会における課題、法的課題、倫理などを含んだ技術上の理解が不可欠である。さらに、実務における多くの活動は人間関係や他者との協調が不可欠である。そこで、本稿で提案するように、コースワークだけではなく、インターンシップ、プロジェクト型学習手法を導入した新規の教育プログラムを提案する。プロジェクト型学習においては、発生した問題を発見し、課題について柔軟に解決することができる能力、複雑な課題に対する総合的知見を用いた解決、およびチーム活動による問題解決能力の向上に関する効果がある。著者らが開発した PBL の科目は、学年を超えた学生による共同活動、実務家と学生の共同活動が含まれる。提案する教育プログラムにおいては、それぞれの学生は、コミュニケーションスキル、チーム活動能力、マネジメント能力、モデリングとシステム提案能力、分析能力、研究能力、問題解決能力、ネゴシエーション能力、革新的アイデア提案能力、マーケティング能力、社会とビジネスの評価能力を身につけることができる。

表1は、提案するカリキュラムに含まれるインターンシップと PBL 科目を示した表である。全ての科目は必修科目である。P-high school, P-undergraduate school, P-graduate school それぞれにおいて、1年間に最低1度のインターンシップの科目を受ける。インターンシップにおいては、学生は企業を訪問し、実際のビジネス、R&D、マーケティング、国際的な業務に関して体験学習する。PBL 関連の科目は、それぞれで目的と目標を持つ。例えば、コラボレーションやリーダーシップの能力を育成する科目などがある。PBL 関連の科目は、学校内で完結するもの、学校間の共同で実施されるもの、企業内で実施されるもの、企業の実務家が学校を訪れて実施するものがある。多くの既存に実施され

ている PBL は、学校内または企業との共同で実施されているため、教育効果は既存のプログラム以上ものものは期待できない。本稿で提案する PBL は多様な年齢層や環境を含んでおり、そこで発生する多様な課題や問題について取り組むことができる。生徒や学生は、多様なチームメンバーとの学習により、学習の幅や獲得できる能力の質を広げることができる。表2は、それぞれの PBL 科目で習得できるコンピテンシーの詳細を示している。例えば、学校間での共同 PBL においては、コミュニケーションスキル、チーム活動能力、およびマネジメント能力に関するコンピテンシーを獲得できる。さらに、これらのコンピテンシーに関して、学習者はモデリングとシステム提案能力、ソーシャルセンス、分析能力、研究能力、交渉スキル、問題解決能力などを含むサブコンピテンシーを獲得できる。図3は、技術、産業、社会、人の4つの象限に分類し、その上で設計した PBL 科目およびインターンシップの位置付けを示している。

表1 インターンシップおよび PBL 科目群

Schools	Internships and PBLs
P-High School (3 yrs)	<ul style="list-style-type: none"> ● Internship 1 (in Industry) ● Internship 2 (in Industry) ● Internship 3 (in Industry) ● PBL on Basic Technology (in school) ● PBL on Teamwork (in Interschool) ● PBL on Technicians 1 (in school) ● PBL on Technicians 2 (in school) ● PBL on Industry (in Industry) ● PBL on Innovations (with Industry)
P-Undergraduate (4 yrs)	<ul style="list-style-type: none"> ● Internship 1 (in Industry) ● Internship 2 (in Industry) ● Internship 3 (in Industry) ● Internship 4 (in Industry) ● PBL on Basic Technology (in school) ● PBL on Teamwork (in Interschool) ● PBL on Business (with Industry) ● PBL on Technology (in Interschool) ● PBL on Leadership (in school) ● PBL on Collaborations (in Interschool) ● PBL on Industry (in Industry) ● PBL on Innovations (with Industry)
P-Graduate (2 yrs)	<ul style="list-style-type: none"> ● Internship 1 (in Industry) ● Internship 2 (in Industry) ● PBL on Teamwork (in Interschool) ● PBL on Business (with Industry) ● PBL on Technology (in Interschool) ● PBL on Leadership (in school) ● PBL on Collaborations (in Interschool) ● PBL on Industry (in Industry) ● PBL on Innovations (with Industry)

表2 PBL 科目により獲得できるコンピテンシー

PBL and Internship	Major Competencies	Specialized Competencies
Internship	<ul style="list-style-type: none"> ● Communication skills ● Documentation skills ● Technical skills 	<ul style="list-style-type: none"> ● Problem Solving
PBL in school	<ul style="list-style-type: none"> ● Communication skills ● Team activities ● Management skills 	<ul style="list-style-type: none"> ● Modeling and systems proposal ● Analytical skills ● Research capability ● Problem Solving
Interschool Collaborative PBL	<ul style="list-style-type: none"> ● Communication skills ● Team activities ● Management skills 	<ul style="list-style-type: none"> ● Modeling and systems proposal ● Social sense ● Analytical skills ● Research capability ● Negotiation skills ● Problem Solving
Industrial PBL	<ul style="list-style-type: none"> ● Communication skills ● Team activities 	<ul style="list-style-type: none"> ● Innovative concept and ideas ● Marketing sense ● Social sense ● Business sense ● Problem Solving

グラムに対して大きく異なる点は、学校内での PBL 活動に加えて、レベルの異なる学校間 PBL、産業界との PBL などの活動が含まれており、その結果、プロフェッショナルとして必要な能力の獲得が可能となる。

参考文献

[1] Hartmann, N. (1933). Das Problem des geistigen Seins: Untersuchgn zur Grundlegung d. Geschichtsphilosophie u. d. Geisteswissenschaften. de Gruyter. Berlin-Leipzig. Leipzig.

[2] Dewey, J. (1916). Democracy and Education. The Macmillan, New York.

[3] Dewey, John (1938). Experience & Education. New York, NY: Kappa.

[4] Carbonell, J. G., Larkin, J. H., & Reif, F. (1983). Towards a General Scientific Reasoning Engine. Technical Report, Computer Science Department, 445-457.

[5] Nickerson, R. S., Perkins, D. N. & Smith, E. E. (1985). The Teaching of Thinking. Lawrence Erlbaum. Hillsdale.

[6] Tokuro Matsuo, Shigeomi Koshimizu, Nobuo Sasaki, Seiichi Kawata, Habibah Norehan Haron, Ade Sjafruddin, Zainai Mohamed, Raymund Sison, Biemo Soemardi, Muhammad Saifullah Bin Abu Bakar, Juliana Haji Zaini, Phan Quoc Nguyen. (2017, November 13-16). A Human Capital Development Model in Higher Engineering Professions, The World Engineering Education Forum (WEEF 2017), Kuala Lumpur, Malaysia.

[7] 松尾 徳朗, 越水 重臣, 佐々木 信夫, 川田 誠一, Habibah Norehan Haron, Zainai Bin Mohamed, Ade Sjafruddin, Biemo Soemardi, Raymund Sison, Muhammad Saifullah Bin Abu Bakar, Juliana Haji Zaini. (December 7, 2017). 高度専門職人材育成プログラムの開発国際 ICT 利用研究会全国大会 (IIARS2017).

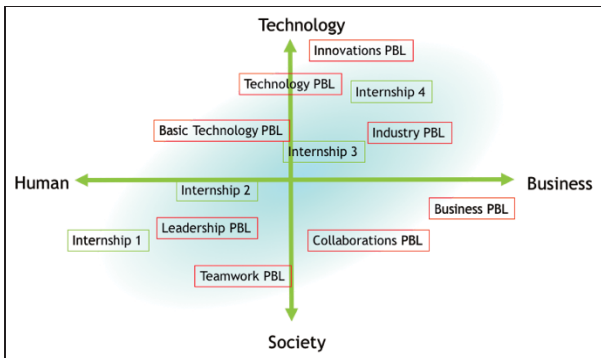


図3 PBL 科目に関する分野マップ

4 おわりに

本稿では、専門職人材育成を実現するために高等学校から大学院までの教育プログラムについて提案し、そこで得られるコンピテンシーについて論じた。教育プログラムは主として PBL を主としたカリキュラムから構成されており、生徒・学生は、体験的、対話的な学習活動により、従来の座学では得られにくいコンピテンシーを獲得することが可能となる。各種の問題解決能力に加えて、ビジネスセンス、ネゴシエーション能力など、実務に必要な能力を得る。従来の教育プロ

室内における二酸化炭素濃度の分析と音楽を用いた呼吸誘導

渡邊紀文*・守谷元一**・宮本賢良**
糸田孝太**・今仁順也***

Analysis of Indoor CO₂ Concentration and Respiration Induction by Music Control

Norifumi Watanabe*, Motokazu Moritani**, Kensuke Miyamoto**,
Kota Itoda**, Junya Imani***

Abstract

It is reported that a high concentration of Carbon Dioxide leads to a low attention span in human's intellectual activity. In order to improve these attention span, we must quantify the diffusion of CO₂ concentration from human breath. In this study, we have measured and analyzed the diffusion of CO₂ depending on human positions, the distance and heights in the indoor room by using simultaneous multi-point sensors. Furthermore we control the amount of CO₂ emitted from human by music. The experimental results show that CO₂ coming from human breath diffused the room regardless of human positions. Finally we indicated the possibility of a respiration induction using monotonous music.

Keywords: Carbon Dioxide Concentration, Indoor Measurement, Multi-point Sensing, Respiration Induction

1 はじめに

人間が生活を行う上で環境は活動の質や生活の満足度に対して大きな影響を与える。しかし、その要因は多岐にわたり、その全てを管理することは難しい。そのため、どのような生活環境においても存在しうる要因を特定し、それらをコントロールすることによって人々の生活を支援する必要がある。近年、Joseph G. Allenらの研究[1]により、二酸化炭素濃度が人の知的活動の質に影響することが明らかになった。PBLなどのグループ活動においても、室内で長時間ディスカッションを個なうことが多く、室内の二酸化炭素濃度が上昇する事が考えられる。このように二酸化炭素は人の活動によって必ず発生し蓄積していくため、二酸化炭素濃度が高くなり人の知的活動の質が低下する。しかしこの二酸化炭素の濃度の変化を人が意識的に知覚することは困難である。そこで本研究では複数の高精度な二酸化炭素濃度センサによる多点センシングによって、室内における人の呼気中の二酸化炭素の拡散傾向を明らかにする。実験では室内での被験者の位置による拡散および、空間中の高低差による拡散の違いを分析した。

更に室内の二酸化炭素濃度を制御する一手法として、被験者自身の呼吸を誘導する手法を試みた。具体的には4種類の音楽データを用いて、どのようなテンポおよび音源によ

り人の呼吸が誘導され、室内の二酸化炭素濃度が変化するかを分析した。これらの結果から音楽を用いた人の二酸化炭素排出量の制御について議論する。

2 関連研究

近年IoT(Internet of Things)技術の発達により、二酸化炭素センサの小型化が進み、環境測定デバイスとしても利用されている[2]。また、二酸化炭素濃度は集中力の指標にも利用されており、二酸化炭素濃度と集中力指標の1つである瞬きの回数、不快度指数の3つには相関があることが報告されている[3]。これらの既存研究は単体のデバイスを利用して個人が発生する二酸化炭素濃度をセンシングしており、局所的な環境での計測であった。我々は複数の人が滞在する環境での二酸化炭素濃度の計測および制御を行う研究を行っており、二酸化炭素濃度測定デバイスの同時多点センシングにより、人の呼気中の二酸化炭素は距離に関係なく均等に室内に拡散することを確認した[4]。しかし、これらの実験は複数の被験者が一箇所に集まった状態で実施されており、被験者が複数の場所にいる場合にどのように拡散するかについての分析は実施されていなかった。またこれまでの実験ではセンサデバイスを床に設置していたため、室内での高低差による濃度の差について分析ができていなかった。そこで本研究では、被験者が室内に分散している環境およ

Received on September 14, 2018

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

**慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科, Graduate School of Media and Governance, Keio University

***株式会社由紀精密, YUKI Precision SAS

び、センサデバイスを高さの異なる場所に設置し、室内の高低差を考慮した二酸化炭素濃度の計測及び分析を行った。

次に二酸化炭素濃度を制御する手法として我々が検討する、音楽による呼吸誘導の関連研究について述べる。呼吸誘導とは音楽や振動などの体性感覚を利用し、自律神経に刺激を与えることで呼吸のリズムや呼吸数に変化を与えることである。このような音楽と呼吸のとの関連性については古くから報告されている[5]。近年の研究では短いフレーズの音楽を繰り返し聞くことによって、呼吸のテンポが音楽と同期することが報告されている[6]。本研究では音楽を聞くことで室内の人の呼吸のテンポが音楽と同期するように誘導し、呼吸数を変化させることで二酸化炭素濃度の排出量にどのような変化が起きるのかについて分析する。

3 CO₂ センサを利用した多点センシング

3.1 実験環境

本研究では室内への外気の流入による二酸化炭素濃度の変化を防ぐため、実験は全て慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス内の地下室を利用した。実験で利用した地下室の大きさは約 200 m³ (8.1m×6.35m×3.9m) であり、外気の流入口としては出入り口 2ヶ所と換気口のみとなっており、窓は存在しない。なお実験中は出入り口 2ヶ所及び換気口を目張りすることで、外気の流入は最小限に抑えた。また事前実験として部屋中央に液体炭酸ガスポンプの二酸化炭素放出口を設置し、放出口から距離 1m、十二方向に二酸化炭素センサを設置して測定を行うことで、本実験環境において特定の方向に気流が発生していないことを確認している。この結果、本実験における人の呼気の拡散には、外気からの気流等の外的要因が関与していないと考えられる。

なお実験においては、建物の衛生管理法の基準となっている 1000ppm を超えないことを確認し、被験者の体調に十分配慮した。

3.2 CO₂ センサおよび計測デバイス

本研究では Figaro 社が提供している「CDM7160 CO₂ センサモジュール」を利用した。CO₂ センサモジュールは二酸化炭素濃度の測定方法として非分散型赤外線吸収法 (NDIR) が用いられており、これは特定の周波数の赤外線を発生し、その減衰比率を計測することで気体の濃度を測定する方法である。本センサを選定した理由としてデータ出力が従来までの二酸化炭素センサに多いアナログ出力ではなく、デジタル出力であること、また精度が ±50ppm+測定値の 3%と他のセンサに比べて高いことが挙げられる。このセンサモジュールからマイクロコントローラ (atmega328p) でデータを取得し、Bluetooth 経由で Raspberry Pi 3 Model B にてデータを保存する。また取得したデータが正しいことを確認するために、1500ppm に調整したガスを袋に詰めてすべてのデバイスで数値が正しく計測されていることを確認した。図 1 に計測デバイスを示す。

被験者は 4 人全員が成人男性であり、被験者の口元が床から 1m から 1m20cm の高さになるよう着席した状態で実験を行った。

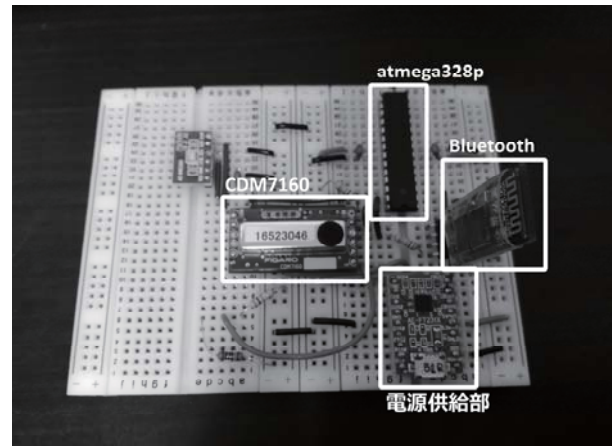


図 1: CO₂ センサを搭載した計測デバイス

4 二酸化炭素濃度の被験者の位置による影響

4.1 実験内容

複数人の被験者の位置による二酸化炭素の拡散への影響を確認するために、以下の実験を行った。

12 個の測定デバイスを等間隔に天井上に設置し、被験者が部屋の四隅に座った状態と中央に集まって座った状態での二酸化炭素の拡散を計測する。被験者同士は約 8m もしくは 6m 離れて座っている。被験者と測定デバイスの位置を図 2 に示す。この状態でそれぞれ 60 分ずつ計測した。

- : 計測デバイス位置
- : 四隅の場合の被験者位置
- : 中央に寄せた場合の被験者位置

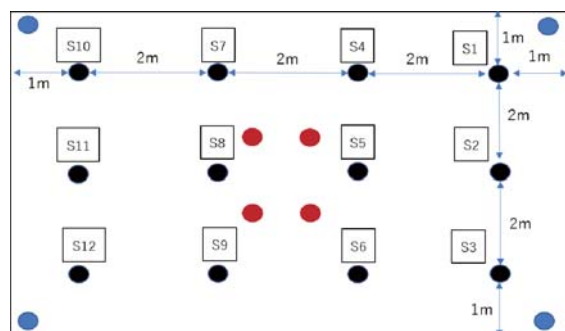


図 2: 実験中の被験者及びデバイス (S1 から S12) の位置

4.2 実験結果

4.1 の内容において実験を 2 度繰り返し、その平均を実験結果とし、被験者を四隅に配置した結果を図 3 に、中央に配置した結果を図 4 に示し、それぞれの実験の最終的な二酸化炭素濃度の変化量を表 1 にまとめた。図 3 及び図 4 のグラフの X 軸に経過時間、Y 軸に実験開始時からの二酸化炭素濃度の変化量を示す。また図中の S1 から S12 は図 2 の

測定デバイスの位置と対応している。

図3及び図4が示すように、それぞれの計測デバイスが示す二酸化炭素濃度の変化量の値は時間によって線形に増加し、計測開始後60分で200-300ppmとなっている。またそれぞれの結果において、各センサの二酸化炭素濃度の変化量には最大80ppm濃度の差が見られるが、表1で示した60分後の変化量において四隅に配置した条件と中央に配置した条件では同じセンサの変化量が上位となり(S4, S7, S8, S10, S11, S12), 実験間で大きな差は見られない。これらの結果より被験者の位置による違いは見られず、人の位置による二酸化炭素拡散への大きな影響は見られないと考えられる。

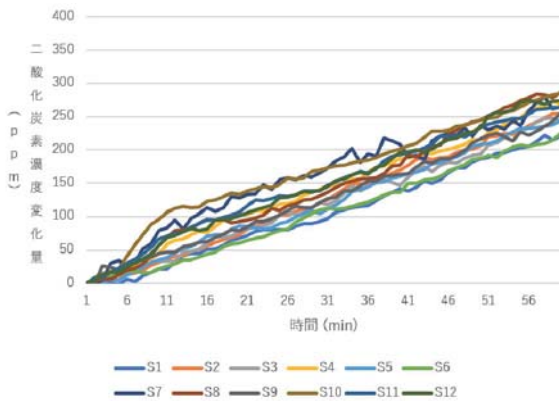


図3: 室内の四隅に被験者を配置した実験結果

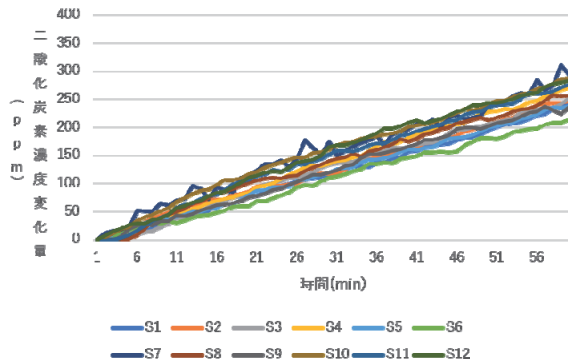


図4: 室内の中央に被験者を配置した実験結果

表1: 全センサの最終的な二酸化炭素濃度変化量

センサ	四隅に配置 (ppm)	中央に配置 (ppm)
S1	221	241
S2	254	247
S3	242	252
S4	269	271
S5	244	237
S6	225	214
S7	265	295
S8	287	257
S9	256	236
S10	285	287
S11	264	276
S12	275	283

5 二酸化炭素濃度の室内の高低差による影響

5.1 実験内容

測定デバイスの位置や被験者が座る高さによる二酸化炭素の拡散への影響を確認するために、以下の実験を行った。

3人の被験者が1箇所に1m程度離れて座り、距離1mの場所に高さ2mの脚立をおき、測定デバイスを0m(床)、1m(脚立中部)、2m(脚立上部)の位置に設置した。また被験者から8m離れた位置に同じ脚立をおき、同じように高さ0m, 1m, 2mに測定デバイスを設置した。被験者と測定デバイスの位置を図5に示す。この状態で二酸化炭素濃度の変化を60分間測定した。

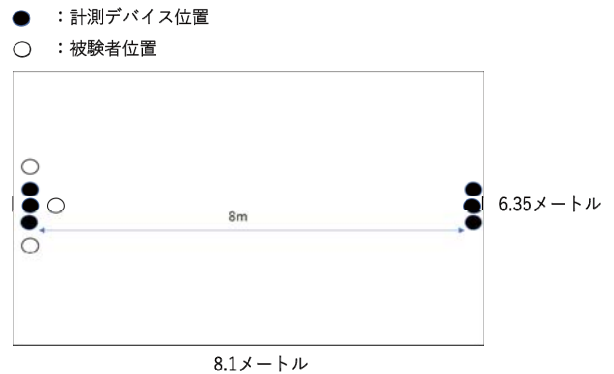


図5: 高低差二酸化炭素濃度計測実験配置図。左右3つのデバイスは実際には同じ位置にあり、設置した高さが0m(床)、1m、2mと異なる。

5.2 実験結果

5.1 の内容において実験を 2 度繰り返し、その平均を実験結果とし、図 6 に被験者との距離が 1m のデバイス群を、図 7 に 8m のデバイス群の結果を示す。それぞれのグラフの X 軸に経過時間、Y 軸に実験開始時からの二酸化炭素濃度の変化量を示す。

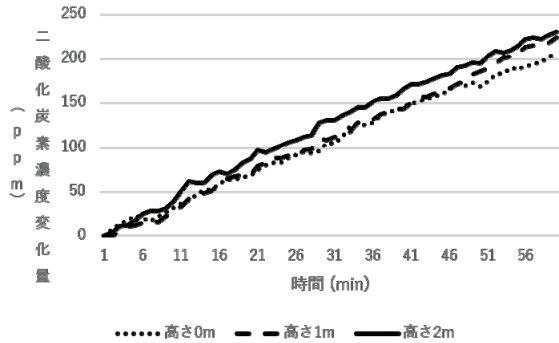


図 6: 被験者から 1m の距離での高低差による二酸化炭素濃度計測実験結果

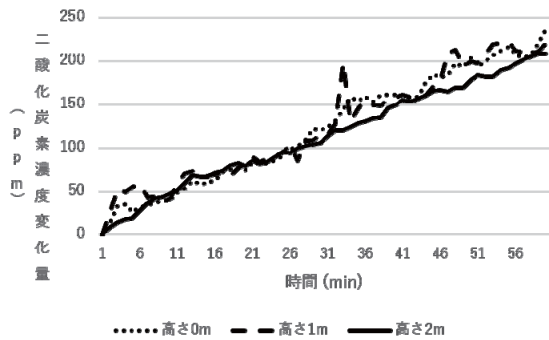


図 7: 被験者から 8m の距離での高低差による二酸化炭素濃度計測実験結果

図 6 及び図 7 が示すようにそれぞれのセンサが示す二酸化炭素濃度の変化量の値は時間によって線形に増加し、計測開始後 60 分で 200-250ppm となっている。被験者との距離が 8m となっている図 7 では一時的に二酸化炭素濃度が大きく上昇している箇所が存在するが、次の測定時には他のセンサと同程度の値まで減少していることから、一時的な計測誤差であると考えられる。本結果より、二酸化炭素濃度の変化は室内の高低差の影響を受けないと考えられる。

6 音楽を用いた呼吸誘導

6.1 実験内容

4 の被験者が分散している環境での計測および 5 のセンサデバイスの高低差のある配置での計測それぞれにおいて、室内の二酸化炭素濃度の変化に有意な差が見られないことが示された。そこで本研究では被験者が分散している環境

で室内の二酸化炭素濃度を制御する手法として、室内にいる被験者全体に同時に影響を与え、更に人の位置や姿勢に影響されず室内全体の二酸化炭素濃度を変化させる手法として、音楽を用いた呼吸誘導を試みる。具体的には音源及び bpm (beats per minute : 1 分間あたりの拍数) が異なる 4 種類の音楽データを用いた条件と音楽を流さない条件で実験を行った。被験者は 4 名とし、それぞれの被験者はすべての実験において作業などは一切せず条件の音楽を傾聴した。それぞれの音楽は実験が終わるまで繰り返し流され、実験時間は 30 分とした。

- 実験1. 音源：メトロノーム bpm : 95
- 実験2. 音源：メトロノーム bpm : 120
- 実験3. 音源：ドラム演奏 bpm : 95
- 実験4. 音源：ドラム演奏 bpm : 120

音源の設定理由として、前述の関連研究[6]においてテンポが重要視されていたこと、同一の著者による別の研究[7]にドラム音が利用されていたことがあり、ドラム演奏とそれよりもシンプルで特定のテンポを常に発信し続けるメトロノームを音源として選定した。bpm については、平常時の人間の心拍数が 100 以下であるとされていることから 95bpm、軽度の運動あるいは緊張状態を想定して 120bpm の二種類を設定した。

また測定デバイスの高さ、及び被験者の位置は二酸化炭素濃度の分析に影響を与えないことから、デバイスは床に設置した。他の被験者との呼吸の同調を防ぐため被験者の位置は部屋の四隅とし、被験者同士は約 8m もしくは 6m 離れた状態で実験を行った。また、音楽を流すためのスピーカーを部屋の中央に向けて設置し、二酸化炭素濃度の測定精度を向上させるため、室内の 6 箇所に測定デバイスを設置し、それらの平均を二酸化炭素濃度の変化量とした。図 8 に被験者の位置及び測定デバイス、左右スピーカーの位置を示す。

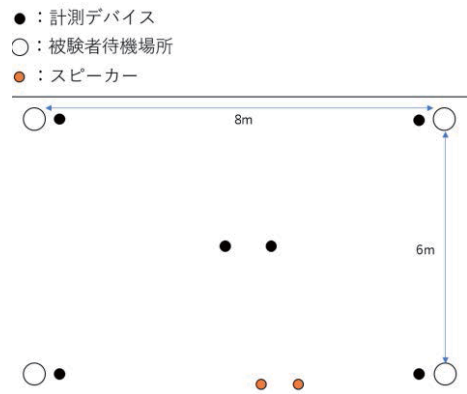


図 8: 実験中の被験者及びデバイスの位置

6.2 実験結果

実験 1~4 までの条件において、それぞれ 3 回ずつ実験を行い、その平均を最終結果とした。また、音楽が人の呼吸に与える影響を明確にするために、同一の被験者及び測定デバイスの配置で音楽を流さない状態の実験を 2 回行い、その平均値を比較対象とした。実験 1 と 2 の結果を図 9、実験 3 と 4 の結果を図 10 に示し、それぞれの実験の最終的な二酸化炭素濃度の変化量を表 2 にまとめた。図 9 及び図 10 のグラフの X 軸に経過時間、Y 軸に実験開始時からの二酸化炭素濃度の変化量を示す。

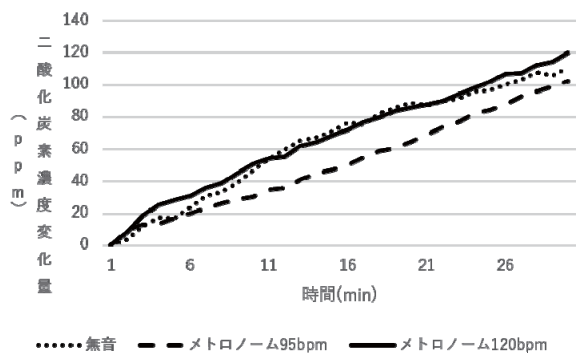


図 9: 音楽なし及びメトロノームによる二酸化炭素排出量制御

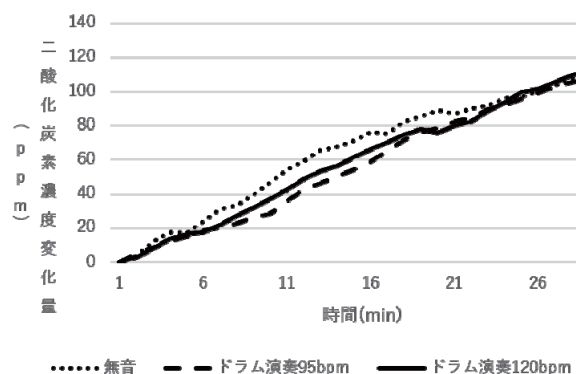


図 10: 音楽なし及びドラム演奏による二酸化炭素排出量制御

表 2: 全条件の最終的な二酸化炭素濃度変化量

条件	CO2 変化量の平均 (ppm)
音楽なし	110.8
メトロノーム 95bpm	102.1
メトロノーム 120bpm	120.2
ドラム演奏 95bpm	112.9
ドラム演奏 120bpm	109.8

グラフ及び表から、メトロノーム及びドラム音共に二酸化炭素濃度変化量はほぼ線形に増加しているが、図 9 のメトロノーム 95bpm は 5 分後からその増加量が減少し、30 分後の変化量も約 100ppm となっている。これに対し音楽なしでは約 110ppm であった。これらの結果から、メトロノーム 95bpm において室内の二酸化炭素濃度の変化量が他の条件に比べて小さいことが明らかとなった。また、30 分後の二酸化炭素濃度の変化量はメトロノーム 120bpm の約 120ppm が最大となった。その一方で図 10 のドラム演奏の 95bpm 及び 120bpm については音楽なしの状態と同程度の変化量に留まり、二酸化炭素の排出量に大きな影響は見られなかった。

7 考察

4 章の被験者が分散している環境での二酸化炭素濃度計測実験の結果から、室内における人の呼気に含まれる二酸化炭素の拡散は被験者の位置が複数箇所になったとしても大きな影響を与えないことが明らかとなった。これは図 3、図 4 の結果において、それぞれの二酸化炭素濃度の変化量は設置したセンサに応じて最大 80ppm 程度の差が存在する。しかし、図 3 で二酸化炭素濃度の変化量が大きかったセンサの上位 6 個 (S4, S7, S8, S10, S11, S12) と図 4 における同様のセンサが全く同じであり、上位 6 個中での変動こそあったが、二酸化炭素の変化量が低かった場所においては二酸化炭素濃度の増加が見られないことから、影響はほとんどないと考えられる。

次に 5 章の高低差についての実験結果から、室内における人の呼気の二酸化炭素の拡散には高低差による濃度変化がないということが明らかになった。これにより、4 章を含めて室内における人の呼気に含まれる二酸化炭素の拡散を測定する場合、被験者の位置や座位や立位などの被験者の姿勢および室内の高さなどを考慮する必要が無いと考えられる。

最後に 6 章の音楽を用いた呼吸誘導実験についての 4 つの実験結果から、音楽のみの刺激によっても人の呼吸による二酸化炭素濃度の変化量に多少なりとも影響を与えたと考えられる。メトロノームの 95bpm ではその他の条件での実験に比べて二酸化炭素濃度の変化量は 10ppm 程度低くなり、逆にメトロノームの 120bpm では 10ppm 程度高くなった。その一方で、ドラム演奏では 95, 120bpm のどちらであっても音楽なし状態とほぼ同程度の二酸化炭素の変化量となった。これはドラム演奏の場合、主旋律が 95 及び 120bpm であっても、ハイハットと呼ばれるシンバルの音が流れたり、演奏の性質上ところどころ曲調が変化したりしたことが原因であると考えられる。実際に実験に利用したドラム演奏をいくつかの bpm 測定ソフトウェアを用いて分析したところ、

BPM Analyzer[9]では、95bpm のドラム演奏は正しく95bpm、120bpm のドラム演奏も正しく120bpm であると判定されたが、同じく bpm 測定ソフトウェアである BPM Counter[10]を用いた場合、95bpm のドラム演奏は127bpm であると判定された。このようにドラム演奏などの場合、主旋律をどの音かにすることによって、人の呼吸数に与える影響が変化したのだと考えられる。

8 おわりに

本研究では二酸化炭素濃度センサを搭載した測定デバイスを用いて、人の呼気に含まれる二酸化炭素が室内の人の配置および高低差によって影響を受けるのかを分析した。その結果、被験者の位置および室内に高低差による二酸化炭素濃度の変化は見られなかった。これらの実験結果を元に人の呼気と関係性が深いとされる音楽を使った実験を4種類行い、それぞれの条件の二酸化炭素濃度の変化量の分析および音楽による二酸化炭素の排出量制御の可能性について検討した。その結果、メトロノームを利用した実験ではテンポに応じて二酸化炭素濃度の変化量が増減することが判明した。これにより、単一のテンポによって構成される音楽は二酸化炭素濃度の変化量に影響を与えることが可能であると考えられる。その一方で、ドラム演奏のように主旋律をどの音と判断するかが被験者によって変わってしまうような音楽では、個人で同期する呼吸のテンポが異なる、あるいはリピート再生される音楽の中で繰り返しごとに主旋律として判断する音が変わってしまうことで、呼吸誘導としての効果が弱まったと考えられる。その結果、ドラム演奏を利用した呼吸誘導では音楽なしの状態とほぼ同じような変化量になった。

以上のことから、音楽によって人の呼吸を誘導し二酸化炭素濃度の制御を行うためには、複雑な旋律の曲を利用するよりも単調な旋律の曲を利用したほうが良いと考えられる。また、本実験では音楽のみに注目し、それ以外のデバイスを利用しなかったが、佐藤らの研究[7]にあるように聴覚以外の五感、特に触覚を利用することも重要であると考えられる。そこで人体への影響が少ない小型軽量の振動デバイスを作成し、被験者に装着してもらうことで更に大きな二酸化炭素排出量の制御が可能と考える。また本研究では排出された二酸化炭素濃度の変化についてのみ計測を行ったが、被験者にデバイスを装着してもらい呼吸数を計測することで実際に音楽がどのように人体に影響を与え、二酸化炭素濃度に変化をもたらしているのかを推察することが可能になる。

将来的に屋内における人の呼気による二酸化炭素濃度を制御することが可能となれば、室内においての人の呼気による二酸化炭素濃度の上昇量を最低限に抑えることが可能になり、人の知的活動への妨げを最小限に抑えることが可能になる。この技術は会議室やオフィスだけでなく、一般家庭や学校など様々な場面においても有効である。

参考文献

- [1] Joseph G. Allen, Piers MacNaughton, Usha Satish, Suresh Santanam, Jose Vallarino, and John D. Spengler, "Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments", ENVIRONMENTAL HEALTH PERSPECTIVES, Volume 124 Issue 6, pp. 805-812, 2016.
- [2] M. Newlin Rajkumar, Sruthi M. S, V. Venkatesa Kumar, "IOT Based Smart System for Controlling Co2 Emission", International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, Vol.2 Issue 2, pp. 284-288, 2017.
- [3] 川隅恭介, 岩井将行, "室内環境・生体情報による複数のセンサを用いた非接触集中度推定測定システム", 情報処理学会研究報告, Vol. 2017-HCI-171, No. 35, 2017.
- [4] 守谷元一, 渡邊紀文, 今仁順也, 宮本賢良, 糸田孝太, 青山浩之, 武藤佳恭, "知的環境構築のための多点センシングを用いた二酸化炭素濃度分布の推定", 第60回自動制御連合講演会, Sa12-1, 2017.
- [5] F. Haas, S. Distenfeld, K. Axen, "Effects of perceived musical rhythm on respiratory pattern", Journal of Applied Physiology, Vol. 61, No.3, pp. 1185-1192, 1986.
- [6] Takashi G. Sato, Junji Watanabe, Takehiro Moriya, "Presenting changes in acoustic features synchronously to respiration alters the affective evaluation of sound. International Journal of Psychophysiology, Vol. 110, pp. 179-186, 2016
- [7] 佐藤尚, 大須賀美恵子, 守谷健弘, "呼吸とリズムを合わせる音楽提示の可能性 -呼吸とフレーズの位相関係の違いの効果-", 情報処理学会研究報告, Vol2011, No.4, ROMBUNNO.MUS-92,NO.2, 2011.
- [8] フリーソフト bpm analyzer, <https://bpm-analyzer.jp.uptodown.com/windows>
- [9] フリーソフト bpm counter, <https://www.abysmedia.com/bpmcounter/>

社会人大学院志向者の将来や仕事に関する価値観の特徴

三好 きよみ* ・ 川崎 知己** ・ 南 裕子***

Characteristics of the Values of the Future and Work of Persons Interested in becoming Adult Graduate Studies

Kiyomi Miyoshi* , Tomoki Kawasaki**, Yuko Minami***

Abstract

The purpose of this study was to examine the characteristics of persons interested in becoming adult graduate studies. We conducted a survey of items that are values concerning work, thoughts of the future, satisfaction with the current work environment, life career interest, social support, thoughts on educational background. We analyzed the differences in those criteria regarding completion of and enrollment in adult graduate school, persons interested in becoming adult graduate studies, and those who are not interested in becoming adult graduate studies, using the analysis of variance (ANOVA) and discriminant analysis approach. The results suggested that persons interested in becoming adult graduate studies are highly conscious of autonomous career design, high recovery to educational background, and have low stability-oriented toward the future. On the other hand, there was no significant difference between satisfaction with the work environment and the perception of social support. In addition, it was suggested that at the time of graduate entrance, importance is attached to securing time and economic prospects rather than understanding of families and workplaces.

Keywords: Adult Graduate Studies, Career Design, Values Concerning Work, ANOVA, Discriminant Analysis

1 はじめに

少子高齢化や国際化, 情報化, 科学技術の急速な進展など社会が激しく変化し, 新しい知識・情報・技術が政治・経済・文化をはじめ社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す, いわゆる「知識基盤社会」(knowledge-based society)の時代を迎えている今日, 社会に出た後も, 新たに必要とされる知識や技術を身に付けていくことが求められている. このような時代を迎え, 2003年には高度専門職業人の養成を目的とした専門職大学院が設立され, また, 大学院においては, 社会人を対象としたカリキュラムの開発が盛んにおこなわれている. 2006年には, 文部科学省から, 「生涯学習社会」の実現が新たな教育理念[1]として打ち出され, 高等教育機関の資源を活用した「社会人の学び直しニーズ対応教育推進プログラム」[2]といった施策も講じられている. その後, 文部科学省は, 政府からの「「学び続ける」社会, 全員参加型社会, 地方創生を実現する教育の在り方について(第六次提言)」[3]を受け, 大学等における社会人や企業等のニーズに応じた実践的・専門的なプログラムを認定する制度を創設している. 一方, 厚生労働省は, 教育訓練給付金制度として, 従来の一般教育訓練給付に加えて, 2014年10月に, 中長期的なキャリア形成を

支援する専門実践教育訓練給付金制度を創設している. さらに, 2018年1月には, 給付率の引上げを行う等, 制度を拡充している. これらの施策により, 大学院で学ぶ社会人学生は2004年には16.8%であったが, 2009年には, 20.7%と増加している. しかしながら, それ以降は, 2016年23.6%, 2017年23.8%と微増にとどまっている[4]. また, 別の調査では, 博士, 修士(含専門職)への社会人入学者数は, 2008年の約1.9万人をピークに微減し, 2017年は約1.7万人である.

文部科学省[5]は, 社会人の職業に必要な能力の向上を図る機会の拡大や, 社会人の学び直しの促進を図ることを目的とした調査結果から, 学び直しを経験したことのない社会人は, 学び直す際の障害として, 「費用が高すぎる」37.7%, 「勤務時間が長くて十分な時間がとれない」22.5%, 「関心がない/必要を感じない」22.2%といった要因が主であることを報告している. また, 社会人大学院入学時の不安として, 「学業と仕事を両立させること」, 「残業との兼ね合い」[6], 「家族の理解や協力」, 「家庭・仕事との両立」[7]といった報告がある. このように, 社会人大学院進学にあたっての不安要素, 阻害要因等について明らかにされてきている. ただし, 社会人大学院進学への促進要因についての研究は, ほとんど見られない. また, 社会人大学院での学修志向者と

Received on September 14, 2018

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

**千葉商科大学, Chiba University of Commerce

***東京工業大学, Tokyo Institute of Technology

そうでない者との相違についての研究も、ほとんど見られない。

そこで、本研究では、社会人大学院を修了した者や在籍者、社会人大学院への入学を志向する者を志向しない者と比べて、どのような特徴があるかを明らかにすることを目的とし、仕事に関する価値観、将来に関する考え方、職場環境への満足感、学歴に関する価値観等について調査分析を行う。加えて、社会人大学院を修了した者や在籍者については、所属した、所属している大学院の専攻によって比較し、どのような特徴があるかを検討する。さらに、大学院入学時の不安要素、阻害要因等について検討する。

2 方法

2.1 調査方法

調査者が、知人や大学院関係者などを通して依頼した。2014年8月から9月の期間に質問紙、及びweb調査形式で調査を実施した。倫理面については、調査票の表紙で、調査目的に加え、回答の自由意志や中断の権利、個人情報取り扱い等について説明し、同意を得た上で行った。

2.2 調査内容

調査内容は、仕事に関する価値観、将来に関する考え方、職場環境への満足感、自己成長欲求、ソーシャル・サポート、学歴に関する価値観、入学時の重要事項の計7項目群、83項目、及び社会人大学院在籍に関する質問とフェイスシートで構成した。

仕事に関する価値観

「労働価値観測定尺度(短縮版)」[8]から、“自分の知識や技能について、他の人々からほめられるために働くこと”といった「社会的評価 ($\alpha = .875$)」、 “自分自身の成長のために働くこと”といった「自己の成長 ($\alpha = .832$)」、 “仕事において何かをやりとげたという感じをもつために働くこと”といった「達成感 ($\alpha = .820$)」、 “仕事を通して所属する組織へ貢献するために働くこと”といった「所属組織への貢献 ($\alpha = .817$)」の4因子12項目を採用し、「重要である」「まあまあ重要である」「あまり重要でない」「重要でない」の4件法で回答を求めた。

将来に関する考え方

「CADI 環境変化自己診断ツール」[9]から、“新しいことにチャレンジするより慣れた仕事を続けたい”、“できるだけ自分のペースで仕事をしたい”といった「安定への志向」10項目、“自分を活かせるのであればリスクがあっても転職したい”、“より充実した将来を求めて新たなチャレンジをしたい”といった「キャリア形成への

志向」8項目の計18項目を採用し、「そう思う」「まあまあそう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」の4件法で回答を求めた。また、これに独自作成の尺度として、「スペシャリスト志向」に関して尋ねる5項目(“働くうえで専門性を高めていきたいと思う”、“自分は今後専門性の高い仕事をしていきたい”、“専門性を高めるために学習の機会を積極的につくりたい”、“専門分野に関連する免許や資格を取得していきたい”、“部門や組織のトップに就くよりも自分の専門性を活かして働きたい”)を追加し、「そう思う」「まあまあそう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」の4件法で回答を求めた。計23項目で構成した。

職場環境への満足感

「職場環境、職務内容、給与に関する満足感測定尺度」[9]から、「職場環境への満足感 ($\alpha = .85$)」8項目を採用し、4件法で回答を求めた。

自己成長欲求

「成人キャリア成熟尺度」[11]から、「人生キャリア関心性 ($\alpha = .869$)」9項目5件法を採用した。加えて、CADI 環境変化自己診断ツール[9]から、“退職後の生活設計を考えている”、“余暇や趣味の活動を計画的に行っている”といった「ライフ・キャリア・プラン」を考えているかどうかについての8項目を採用し、「そう思う」「まあまあそう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」の4件法で回答を求めた。また、これに独自作成の尺度として、「やりたいこと探し志向」に関して尋ねる6項目(“打ち込めるものを見つけたい”、“やりたいことならつらいことも耐えられる”、“うちこめることをやりたいと思う”、“自分自身を向上させるのにやりたいことは必要だ”、“うちこめることを考えるのが楽しい”、“やりたいことがないと毎日がつまらない”)を追加し、「よくあてはまる」「ややあてはまる」「あまりあてはまらない」「全くあてはまらない」の4件法で回答を求めた。計23項目で構成した。

ソーシャル・サポート

「ソーシャル・サポート尺度」[12]から、“私の家族は本当に私を助けてくれる”といった「家族のサポート ($\alpha = .94$)」、 “私は喜びと悲しみを分かちあえる人がいる”といった「大切な人のサポート ($\alpha = .88$)」の2因子8項目を採用し、「そう思う」「まあまあそう思う」「どちらともいえない」「あまりそう思わない」「そう思わない(いない)」の5件法で回答を求めた。

学歴に関する価値観

独自作成の尺度として、自分の学歴に関する価値観について尋ねる4項目(“自分の最終学歴に不満がある”、“自分の最終学歴を人から聞かれることに抵抗がある”、“できるなら、自分の最終学歴を変えたいと思う”、“もし、大学院に行くなら自分の最終学歴の大学(院)より難

易度が高い大学院に行きたいと思う”について、「そう思う」「まあまあそう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」の4件法で回答を求めた。

入学時の重要事項

社会人大学院修了者・在籍者、今後社会人大学院に入学したいと考える者に対して、独自作成の尺度として、入学する時に重要だと思ったこと(思うこと)について尋ねる5項目(“学位や資格等の取得のために大学院に通うことに家族の理解が得られること”, “学位や資格等の取得のために大学院に通うことに職場の理解が得られること”, “社会人として大学院に通う時間的な確保については見通しがもてること”, “現在, 大学院に通うための経済的な見通しをもてること”, “大学院入学試験に向けた学習準備の時間を確保できること”)を「重要である」「まあまあ重要である」「あまり重要でない」「重要でない」の4件法で回答を求めた。

3 結果

3.1 回答者の属性

回収された349名の回答から、回答内容に偏りのある4名を除いた345名を有効回答とした。性別は、男性210名、女性131名、記入なし4名であった。年代は、20代52名、30代88名、40代102名、50代84名、60代13名、記入なし6名、平均年齢は、41歳であった。大学院在籍の状況は、修了者102名、在籍者68名、今後社会人大学院に入学したいと考える者73名であった。大学院の専攻の状況は、情報アーキテクチャ専攻の者77名、生涯発達専攻の者38名、MBAコース等ビジネス系専攻の者49名であった。

大学院在籍の状況として、修了者102名(29.6%)、在籍者68名(19.7%)を合わせて170名(49.3%)を[在籍者・修了者]群、今後社会人大学院に入学したいと考える者73名(21.2%)を[入学志向者]群、今後も社会人大学院への入学を考えない者102名(29.6%)を[志向しない]群とした。大学院の専攻の状況として、修了者・在籍者の170名のうち、専攻が不明であった6名を除く164名について、情報アーキテクチャ専攻の者77名(46.9%)を[情報アーキテクチャ専攻]群、生涯発達専攻の者38名(23.2%)を[生涯発達専攻]群、MBAコース等ビジネス系専攻の者49名(29.9%)を[ビジネス系専攻]群とした。

3.2 尺度構成

仕事に関する価値観

主因子法・バリマックス回転による因子分析を行った結果、江口・戸梶[8]に示されている通り、4因子構造が確認された。第1因子から順に、「自己の成長(M=3.46, SD=0.61, $\alpha=.87$)」、「社会的評価(M=2.37, SD=0.75,

$\alpha=.84$)」、「所属組織への貢献(M=2.22, SD=0.75, $\alpha=.83$)」、「達成感(M=2.91, SD=0.79, $\alpha=.86$)」と命名した。

将来に関する考え方

主因子法・バリマックス回転による因子分析を行った結果、3因子構造が確認された。第1因子から順に、「安定への志向(M=2.93, SD=0.58, $\alpha=.83$)」、「キャリア形成への志向(M=2.49, SD=0.51, $\alpha=.83$)」、「スペシャリスト志向(M=3.36, SD=0.53, $\alpha=.76$)」と命名した。

職場環境への満足感

主因子法・バリマックス回転による因子分析を行った結果、1因子構造が確認された。「職場環境への満足感(M=2.59, SD=0.57, $\alpha=.81$)」と命名した。

自己成長欲求尺度

主因子法・バリマックス回転による因子分析を行った結果、3因子構造が確認された。第1因子から順に、「人生キャリア関心性(M=3.69, SD=0.69, $\alpha=.85$)」、「ライフ・キャリア・プラン(M=2.51, SD=0.59, $\alpha=.83$)」、「やりたいこと探し志向(M=3.37, SD=0.53, $\alpha=.83$)」と命名した。

ソーシャル・サポート

主因子法・バリマックス回転による因子分析を行った結果、1因子構造が確認された(M=3.99, SD=0.90, $\alpha=.94$)。質問項目の内容から「家族・大切な人のサポートの知覚」と命名した。

学歴に関する価値観

主因子法・バリマックス回転による因子分析を行った結果、1因子構造が確認された(M=1.89, SD=0.81, $\alpha=.83$)。質問項目の内容から「自分の学歴の挽回志向」と命名した。

大学院入学時の重要事項

各質問項目について、単純集計を行った結果を以下に示す。「学位や資格等の取得のために大学院に通うことに家族の理解が得られること(M=2.76, SD=0.98)」、「学位や資格等の取得のために大学院に通うことに職場の理解が得られること(M=3.00, SD=1.00)」、「社会人として大学院に通う時間的な確保については見通しがもてること(M=3.61, SD=0.64)」、「現在, 大学院に通うための経済的な見通しをもてること(M=3.45, SD=0.66)」、「大学院入学試験に向けた学習準備の時間を確保できること(M=3.37, SD=0.85)」。

3.3 大学院入学時の重要事項

大学院入学時の重要事項について検討するために、[在籍者・修了者]群と[入学志向者]群について、単純集計した。[在籍者・修了者]群は、「社会人として大学院に通う時間的な確保については見通しがもてること」、「現在, 大学院に通うための経済的な見通しをもてること」に対

して、「重要である」、「まあまあ重要である」と回答した割合が9割を超えていた。[入学志向者]群は、“社会人として大学院に通う時間的な確保については見通しがもてること”，“現在、大学院に通うための経済的な見通しをもてること”，“大学院入学試験に向けた学習準備の時間を確保できること”に対して、「重要である」、「まあまあ重要である」と回答した割合が9割を超えていた(図1)。

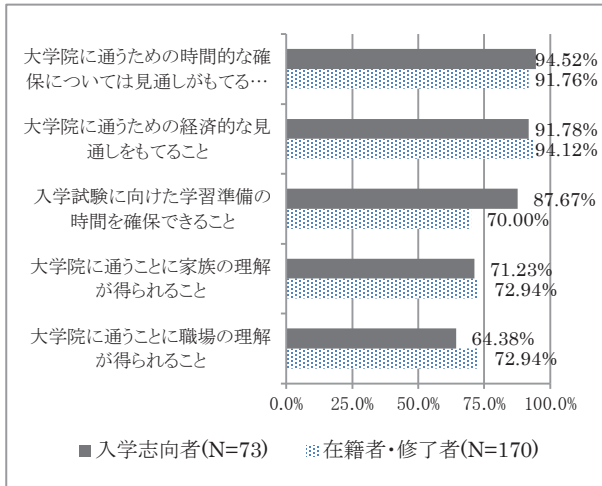
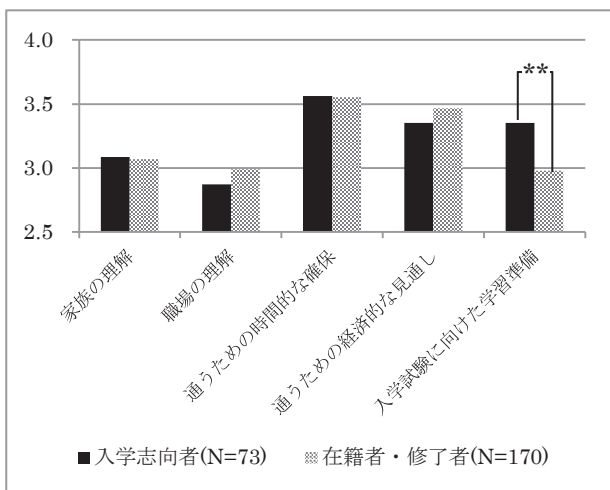


図1: 大学院入学時の重要事項

大学院在籍状況と大学院入学時の重要事項との関連を検討するために、「大学院在籍状況」を独立変数、各質問項目を従属変数とする一要因の分散分析を行った。その結果、“大学院入学試験に向けた学習準備の時間を確保できること”において、[在籍者・修了者]群、[入学志向者]群の間において有意差がみられた(図2)。



$p=0.001^{**}$

図2: 「大学院入学時の重要事項」得点の比較

3.4 大学院在籍状況と個人特性の関連

大学院在籍状況と個人特性との関連を検討するために、「大学院在籍状況」を独立変数、「社会的評価」「自己の成長」「達成感」「所属組織への貢献」「安定への志向」「キャリア形成への志向」「スペシャリスト志向」「職場環境への満足感」「人生キャリア関心性」「ライフ・キャリア・プラン」「やりたいこと探し志向」「家族・大切な人のサポートの知覚」「自分の学歴への挽回志向」を従属変数とする一要因の分散分析を行った。その結果、「職場環境への満足感」「家族・大切な人のサポートの知覚」を除いた11変数において、[在籍者・修了者]群、[入学志向者]群、[志向しない]群の間において有意差がみられた。

大学院在籍状況と個人特性の関連をさらに検討するために、基準変数を[在籍者・修了者]群、[入学志向者]群、[志向しない]群の3群に分け、説明変数を分散分析の結果3群間のいずれかに有意な得点の差が見られなかった「職場環境への満足感」「家族・大切な人のサポートの知覚」を除いた11変数を説明変数とする判別分析を行った。その結果、第1軸(相関比=0.12, 説明率93.5%), 第2軸(相関比=0.01, 説明率6.6%)であった。標準化判別係数、各群の重心を表1に示す。Wilksの λ は第1軸が.87($p<.001$), 第2軸が.99($P<.23$)であった。正判別率は62.8%であった。判別分析の結果得られた判別係数、基準変数の重心をプロットした(図3)。図3のプロット図より、第1軸は、[在籍者・修了者]群、[入学志向者]群と、[志向しない]群を分ける軸であった。このことから、「キャリア形成への志向」「自分の学歴への挽回志向」「安定への志向」は、[在籍者・修了者]群、[入学志向者]群と[志向しない]群を判別する要因であることが明らかになった。

表1: 判別分析の結果
大学院在籍状況と個人特性との関連

	第1軸	第2軸
標準化判別係数		
キャリア形成への志向	.541	-.185
安定への志向	-.405	.675
自分の学歴への挽回志向	.647	.625
各群の重心		
修了者・在籍者群	.168	-.082
志向者群	.436	.151
志向しない群	-.549	.036

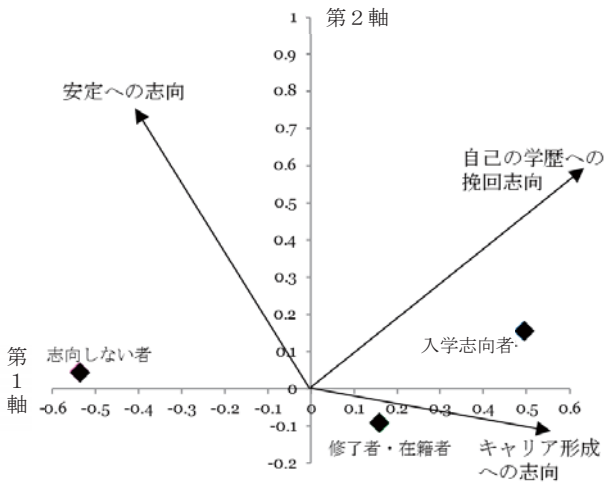


図 3: 判別分析のプロット図
大学院在籍状況と個人特性との関連

3.5 大学院の専攻と個人特性の関連

大学院の専攻分野と個人特性との関連を検討するために、「大学院の専攻分野」を独立変数、「社会的評価」「自己の成長」「達成感」「所属組織への貢献」「安定への志向」「キャリア形成への志向」「スペシャリスト志向」「職場環境への満足感」「人生キャリア関心性」「ライフ・キャリア・プラン」「やりたいこと探し志向」「家族・大切な人のサポートの知覚」「自分の学歴への挽回志向」を従属変数とする一要因の分散分析を行った。その結果、「社会的評価」「達成感」「安定への志向」「キャリア形成への志向」において、専攻分野間で有意差がみられた。

大学院の専攻分野と個人特性の関連をさらに検討するために、基準変数を[情報アーキテクチャ専攻]群、[生涯発達専攻]群、[ビジネス系専攻]群、説明変数を分散分析の結果、3 群間のいずれかに有意な得点の差が見られた 4 変数を説明変数とする判別分析を行った。その結果、第 1 軸 (相関比= 0.32, 説明率 59.1%), 第 2 軸 (相関比 = 0.27, 説明率 40.9%) であった。標準化判別係数、各群の重心は表 2 に示す。Wilks の λ は第 1 軸が .83($p < .001$), 第 2 軸が .92($P < .001$) であった。正判別率は 44.8% であった。判別分析の結果得られた判別係数、基準変数の重心をプロットした(図 4)。図 4 のプロット図より、第 2 軸は、[情報アーキテクチャ専攻]群と[生涯発達専攻]群、[ビジネス系専攻]群を分ける軸であった。このことから、「安定への志向」「達成感への志向」「社会的評価への志向」が、[情報アーキテクチャ専攻]群と[生涯発達専攻]群、[ビジネス系専攻]群を判別する要因であることが明らかになった。

表 2: 判別分析の結果
大学院専攻状況と個人特性との関連

	第 1 軸	第 2 軸
標準化判別係数		
安定への志向	.837	-.332
社会的評価	-.792	-.413
達成感	.035	.964
各群の重心		
情報アーキテクチャ専攻群	-.068	-.290
生涯発達専攻群	.572	.173
ビジネス系専攻群	-.336	.321

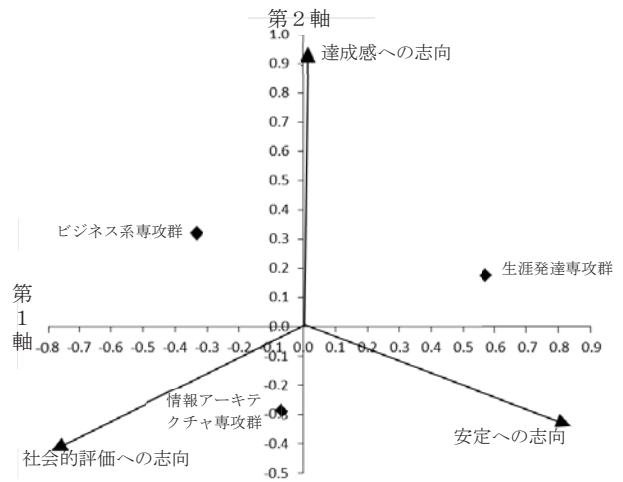


図 4: 判別分析のプロット図
大学院専攻状況と個人特性との関連

4 考察

本研究では、社会人大学院を修了した者や在籍者、社会人大学院への入学を志向する者を志向しない者と比べて、どのような特徴があるかについて明らかにすることを目的とした。仕事に関する価値観、将来に関する考え方、職場環境への満足感、学歴に関する価値観等について、分散分析、及び判別分析によって比較検討した。加えて、社会人大学院を修了した者や在籍者については、所属した、所属している大学院の専攻によって、どのような特徴があるかを分散分析、及び判別分析によって比較検討した。以下に、まず、大学院在籍状況と個人特性の関連について述べる。続いて、大学院入学時の不安要素、阻害要因等について述べる。次に、大学院の専攻と個人特性の関連について述べる。

大学院在籍状況について、社会人大学院修了者・在籍者群、社会人大学院への入学志向者群、志向しない群の 3 群とし、個人特性との関連について判別分析を行った。その結果、社会人大学院修了者・在籍者群と社会人大学院への入学志向者群は志向しない群に比べ、キャリア形

成への志向, 安定への志向, 自分の学歴への挽回志向の点で, 異なることが示された. 社会人大学院への入学を志向する人々は, 自己の学歴を挽回し, キャリアを形成しようという意識が高く, 安定志向が低いことが示唆された. 分散分析による平均値の差の検定結果を詳細に見ると, 社会人大学院修了者・在籍者群と社会人大学院への入学志向者群は, 志向しない群と比較して, 以下のような特徴を有していると考察する. すなわち, 自分のこれからの人生や生き方には関心が高く, 自分を活かせるのであれば, 現職にこだわらず, リスクがあっても将来の生活設計や自己の能力開発を考え転職や異動を積極的に考えるなどの志向が高い. また, 充実した将来を求めて, 自分の能力をさらに高めて, もっと自分を活かせる仕事をしたいと考え, 行動に駆り立てる促進要因のひとつに, 自分の最終学歴をより自分の満足するものに変えていこうとする意識がみられる. 一方, 職場環境への満足感と家族・大切な人のサポートの知覚については, 社会人大学院修了者・在籍者群と社会人大学院への入学志向者群, 及び志向しない者群の間に有意な差は見られなかった. このことから, 職場環境や家族・大切な人のサポートは, 社会人大学院への入学の促進要因にはならないと推測される. また, 大学院入学時には, 家族や職場の理解よりも, 時間の確保や経済的な見通しについて重要視していることが明らかになった.

大学院の専攻と個人特性との関連については, 情報アーキテクチャ専攻群, 生涯発達専攻群, ビジネス系専攻群の3群間で, 個人特性との関連について判別分析を行った. その結果, 情報アーキテクチャ専攻群, 生涯発達専攻群, ビジネス系群について, 仕事に対する価値観として達成感を志向する傾向, 将来に関する考え方としての安定への志向, 社会的評価への志向の点で, 異なることが示された. 情報アーキテクチャ専攻者は, 安定志向があり, 社会的評価への志向が高く, 達成感への志向が低かった. 生涯発達専攻者は, 安定志向が高く, 社会的評価への志向が低い傾向であった. ビジネス系専攻者は, 社会的評価への志向が高く, 安定志向が低い傾向であった. 分散分析による平均値の差の検定結果では, 生涯発達専攻群は, ビジネス系専攻群と比較して, 安定した職場への志向が高く, 転職や異動を積極的に考えるなどの志向は低い傾向であった. また, ビジネス系専攻群は, 情報アーキテクチャ専攻群と比較して, 仕事に対して達成感を求める意識は高い傾向であった. これらの分析結果から, 情報アーキテクチャ専攻者は, 自分の知識や技能について認められること, 尊敬されることに仕事へ価値を感じていると推測される. 生涯発達専攻者は, 安定した職場で自分のペースで仕事をしたいと考え, 人に尊敬されたい, 注目されたいという意識は低いと推測される. ビジネス系専攻の人々は自分のこれからの人生や生

き方には関心が高く, 仕事に対して達成感を求める傾向が強いと考察した.

以上の結果と考察から, 社会人大学院の学修者には, 専攻分野による, 仕事への価値観や将来に関する考え方の違いが見られた. しかしながら, 全体像を捉えたとき, 生涯学習社会の実現にむけて, 一人一人が, 自分のキャリアを見つめ直し, 充実した将来を送るためにはどうしたらよいか考えること, そのために, キャリア発達を促す機会等を職場や行政機関が提供すること等, 社会人が大学で学習する付加価値についての社会的な認識の成立にむけた啓発が必要であることを提言する.

本論文の一部は, 産業・組織心理学会第31回大会において発表された.

参考文献

- [1] 文部科学省, 平成18年版 文部科学白書, 2006.
- [2] 文部科学省, 社会人の学び直しニーズ対応教育推進プログラム, 2007, 2008.
- [3] 教育再生実行会議, 「「学び続ける」社会, 全員参加型社会, 地方創生を実現する教育の在り方について(第六次提言)」(教育再生実行会議, 2015).
- [4] 文部科学省, 文部科学省学校基本調査 平成29年度調査結果の概要(高等教育機関), 2017.
- [5] 文部科学省, 社会人の大学等における学び直しの実態把握に関する調査研究, 2016.
- [6] 斉藤喜久志, 社会人と大学院教育について 情報と社会 40, 87-94, 1994.
- [7] 橋詰啓子・寺井朋子, 社会人大学院生の大学院への期待と学びの環境 臨床教育学研究 18, 31-37, 2012.
- [8] 江口圭一・戸梶亜紀彦, 労働価値観測定尺度(短縮版)の開発 実験社会心理学研究 49(1), 84-92., 2009.
- [9] 中央職業能力開発協会. CADI 環境変化自己診断ツール 中央職業能力開発協会, 2010.
- [10] 安達智子, セールス職者の職務満足感-共分散構造分析を用いた因果モデルの検討 心理学研究 69(3) 223-228, 1988.
- [11] 坂柳恒夫, 成人キャリア成熟尺度(ACMS)の信頼性と妥当性の検討 愛知教育大学研究報告 48, 115-122, 1999.
- [12] 岩佐一, 権藤恭之, 増井幸恵他, 日本語版「ソーシャル・サポート尺度」の信頼性ならびに妥当性 中高年者を対象とした検討 厚生指標 54(6), 26-33, 2007.

ラーニングアナリティクスと情報の可視化

大 崎 理 乃*

Learning Analytics and Visualization

Ayano Ohsaki*

Abstract

The purpose of this paper is to serve as an introduction to Learning Analytics and Visualization which is related with Big-data, Artificial Intelligence and design. Learning Analytics is the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimizing learning and the environments in which it occurs according to Society of Learning Analytics. Learning Analytics is a huge concept. Therefore, I review the study field and practices of Learning Analytics and Visualization from the perspective of Technology in Education, Educational Engineering and Learning Sciences.

Keywords: Learning Analytics, Visualization, Technology in Education, Educational Engineering, Learning Sciences

1 はじめに

人間の学習に伴って生成される情報を分析し、そこから有益な知見を得ようとするラーニングアナリティクス (Learning Analytics: 以下, LA) が, 教育および学習の領域で注目を集めつつある。その背景には, LMS (Learning Management System) や MOOCs (Massive Open Online Courses) など, 教育現場でのインターネットやコンピュータの利用が促進され, 分析の対象となる学習のログデータが大量に蓄積されるようになったことがある[1]。

世界的には, LA を主なテーマとした国際学会 SoLAR (Society for Learning Analytics Research) が発足し, 2011 年に国際会議 LAK (Learning Analytics and Knowledge) の第1回が開催されて以来, 年1回の会議開催を続け, その規模は徐々に大きくなっている[2]。日本国内では, LA についての特集が, 2015 年の CIEC (Community for Innovation of Education and learning through Computers and communication networks) 会誌での特集「ラーニングアナリティクスと教育クラウド」, 2016 年度の教育システム情報学会による特集論文号「多様な端末と大規模学習データが拓く新たな学習支援環境」, 2017 年度の日本教育工学会による特集論文号「教育情報化時代のラーニング・アナリティクス」, 2018 年度の情報処理学会誌での特集「ラーニングアナリティクス」として続けて発行されており, LA は教育工学関連領域では研究が最も活性化している分野の一つであることが明らかである。

本総説では, 本学関係者が高い専門性をもつビッグデー

タ利用, AI, デザインの関連領域として LA を紹介することを目的とする。そのために, 第2章にて日本国内で LA 関連の特集号を発行した4学会と SoLAR に掲載された論文および解説から LA を概観し, 第3章にて LA の研究事例を紹介する。その上で, LA の成果を次の学習に役立てるための方法を検討するため, 第4章にて情報の可視化を, 第5章にて教室への LA の導入についての検討事例を紹介する。

2 LAとはなにか

LA の定義については, 先にあげた国際会議 SoLAR の「学習とその環境と理解と最適化のための, 学習者とそのコンテキストについてのデータの測定, 収集, 分析, レポート」が最も一般的なものとされている[3]。しかし, 緒方[1]は SoLAR の定義をあげた上で, 「より簡便に『情報技術を用いて, 教員や学習者からどのような情報を獲得して, どのように分析・フィードバックすれば, どのように学習・教育が促進されるかを研究する分野』と LA を定義している。

LA という概念が定義される前から, 教育工学関連領域では学習データの分析が大きな関心の対象となっていた。そのため, LA と極めて近い概念である教育データマイニング (Education Data Mining: 以下 EDM) と LA の混同が, しばしば見受けられる。これらの共通点と相違点は, 「両分野ともに自動化された研究や人間による最終的な判断を伴う研究を行なっているものの, EDM は自動化された発見を重視し, LA は人間による判断を重視する」[4] [5]となる。武田[6]によると, LA の特徴は次のような4観点で整理されている。

(1) 学習者中心

LA の結果は、学習者が「かしこくなる」ために用いられる。単に方法を開発・洗練させるのではなく、また、IR のように組織に役立てるのではなく、LA は学習者を中心にすえた研究領域である。

(2) マルチディシプリン、マルチパラダイム

学習者中心の LA では、「学習とその環境の理解と最適化」のために、さまざまな領域の複数のパラダイムの理論と方法を同時に用いることがありうる。(後略)

(3) データ駆動

LA では、さまざまな学習の活動において測定、生成されたデータを用いる。データの粒度は個人の生理指標からマクロな数値までさまざまである。これらのデータを分析した結果は、学習活動を理解する道具として用いられる。

(4) スケーラビリティ

教育のデジタル化によって、データの種類と量は膨大になっている。その結果、さまざまな活動の比較が可能になり、長期にわたる学習の軌跡を詳細に追うことが可能になる。

LA 研究は、教育ビッグデータを対象にするものに限らず、4 名程度のスモールデータを対象にするものや、それらのデータを扱うシステムの開発、データを活用する評価・質保証など多岐にわたる[4]。さらに、LA をどのように教育実践や学習支援に活用するかということも研究の対象となる。

また、研究のテーマも、学習者のドロップアウトなどを予測しようとする「行動予測」、学習者への情報提供の効果向上をめざした「介入モデル」、学習者へ「オープン学習者モデル」など、様々なものがある[1]。

そして、LA で扱われるデータは、「(1)シラバスや成績等の教務データ、(2)テキスト等の教材データ、(3)教員・学習者などの年齢や学歴等の個人データ、(4)(中略)レポート、授業アンケートなどの記述データ、(5)LMS や MOOCs 等の情報システムや教育用ゲームやシミュレーション等のログデータ、(6)視線・脈拍・脳波などの生体データ、(7)講義室等の学習空間の映像や音声、気象情報等の環境データなどがある」[1]と、多様な種類のデータがある。

3 LA 研究の動向

3.1 高等教育における LA 研究

日本における LA 研究の例として最も多いのが、高等教育機関における研究である。

例えば、近藤・畠中[7]は、学士課程において蓄積される出身高校、履修状況、授業の出席状況、インターンシップへの参加状況、卒業後のアンケートなど、学生に関連する様々

な情報を対象とした大規模な学修データから、学生の学修状態を数理的にモデル化した。その上で、学修支援へ活用することを検討し、数値実験からは、3 年次初期までにドロップアウトする学生の約 40%を予測できることなど、機械学習手法によって一定の予測性能をもつ学習状態のモデル化が可能であることを示した。さらに、学士課程における学生の学修状態の推移プロセスを、ベイジアンネットワークによってモデル化する方法も提案されている[8]。

松河ほか[9]は、高等教育機関で一般的に用いられているながら、分析の困難さが指摘されていた授業評価アンケートの自由記述データを対象に、潜在的ディリクレ配分法(Latent Dirichlet Allocation: LDA)に基づいたトピックモデルを利用した分析方法を提案した。検証では、9 年分約 6 万件のデータに対して、抽出された 170 のトピックヘラベルを付与した。実験と検討の結果、ラベルには十分な妥当性が確認され、トピックモデルによる分類が全体的には人間の感覚に適合したものであることが示された。

さらに LA の実践として、九州大学では、2016 年 2 月にラーニングアナリティクスセンターを設置し、約 19000 名の学生と教職員約 8000 名を対象とした学習ログの蓄積と分析を行い、その成果を国内外に発表している[10][11][12][13]。

3.2 初等中等教育における LA 研究

初等中等教育を対象とした LA は、関連する学術論文や実践研究が未だ少なく、初等中等教育における LA に関する研究をどのように進めていけばいいかの議論が必要であると指摘されている。しかし、2016 年には、教育の情報化のあり方として、学習データと校務情報を連携して、データに基づく個々の児童生徒の主体的・継続的な学びの「活動」を支援することが、文部科学省から求められており、今後 LA の導入と研究が発展することが期待される[14]。

4 学習支援のための可視化研究と LA

4.1.1 学習支援のための可視化

2 章にて、LA は人間の意思決定を支援することが重視されることを述べた。その性質上、LA では分析結果が使われる必要があるため、可視化が重要であるとされている[4]。しかし、教育および学習支援における情報の可視化は、LA 研究の文脈以外でもこれまで多様な研究が行われてきた。

例えば、望月ほか[15]の研究では、大学で行われた PBL(Project Based Learning)の支援として、学習者がお互いに活動の進め方を評価しつつ作業することを支援するため、分業状況やタスク進捗などの情報を可視化する携帯電話用アプリケーションを開発した。当該アプリケーションは、学習者が携帯電話を開くと、プロジェクト学習支援用のグループウェアと連携し、メンバーのアクセスや作業進捗に関する情報を取得して、携帯電話上に表示することを実現した。授業での利用後に行ったアンケート評価の結果、当該アプリ

ケーションの利用者は、活動時に分担した作業を意識していたこと、他者の作業ペースを確認しつつ自分の作業を調整していたことが確認された。

東本ほか[16]は、科学教育をテーマに、概念間の関係が、学習者に暗記という形式で覚えられることがあることを問題として、コンセプトマップの作成支援システムを開発した。当該システムの新規性は、学習者の解を診断し、誤っている場合はその解が正しい場合の誤った結果を可視化するフィードバックを与える点にあった。中学校での実践の結果、学習課題と発展的な転移課題の両者にて、学習者が概念間の関係について考慮できるようになる可能性が示唆された。

4.1.2 LAと可視化

LAの具体的な可視化の方法には、ヒートマップや時間の経過に伴うパフォーマンスを示す学習曲線などがあげられている[17]。学習支援のための情報可視化に関する知見の上で、LA研究としての情報可視化例として三つの研究から、その中で提案、利用された可視化方法を紹介する。

山川ほか[18]は、大学での就職指導やキャリア教育での診断結果も含めた学生のポートフォリオ情報を蓄積し可視化していくことに、学生へ気づきを与え、自己省察やメタ認知を促す可能性を指摘し、心理学的な尺度を採用した大学生向けの学習者特性の診断とリアルタイムでの可視化システムを構築した。図1は論文内で提案された可視化方法を引用したものであり、学びのタイプとアドバイスが表示される。

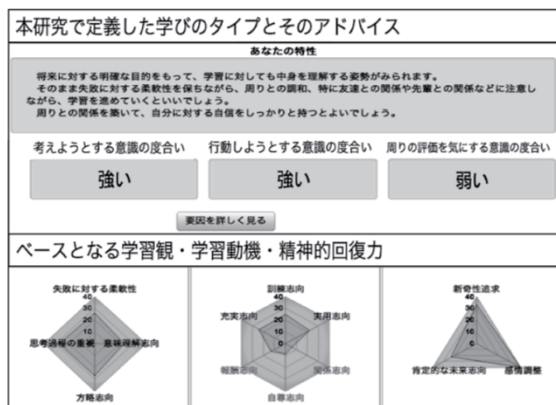


図 1: 山川ほかが提案した可視化画面例[18]

山田ほか[19]は、工業系大学のアクティブラーニング教室で行われた正課外学習の取り組みを、参加者による電子掲示板の書き込みデータを対象として分析を行った。その際に、対話を社会意味ネットワーク分析(socio-semantic network analysis: 以下 SSNA)で分析するツールであるKBDeX[20][21]を用いた。SSNAは、学習者の対話の中に現れる単語の共起関係に着目し、語彙ネットワークを可視化する方法であり[22]、KBDeXは、設定した語彙をノードとして次数中心性や媒介中心性の算出を行い、図2のようにネットワークを可視化することができる。当該研究では、算出さ

れた値を使用して、分析の結果を図3の通りグラフ化し、コミュニティ全体の次数中心性の平均値が低下する中で、教師の媒介中心性が向上していることを示した。これらの結果から、当該実践では、教師がコミュニティ形成の支援を行なっている様子が示唆された。

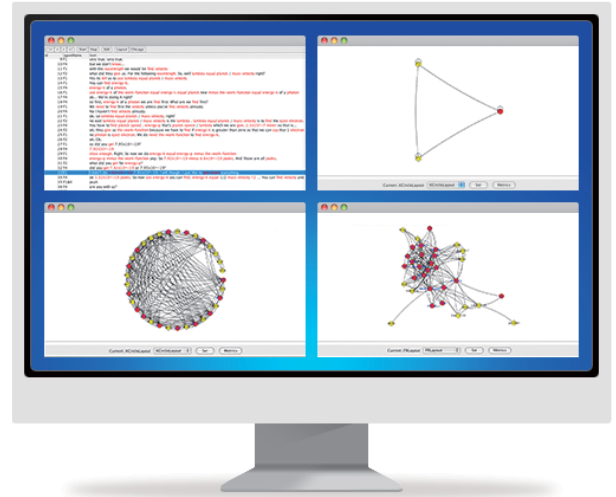


図 2: KBDeXの画面例[21]

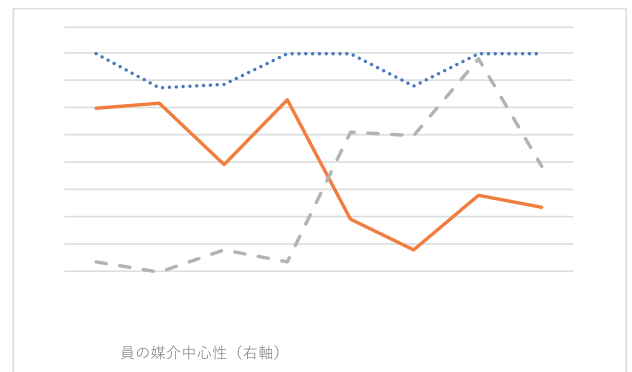


図 3: コミュニティの次数中心性と教師の媒介中心性[19]

Hatti[23]は、複数の分析結果を統合してさらに分析を行うメタ分析と呼ばれる手法を用いて、学力に影響を与える要因の効果を可視化することを試みた。当該研究では教育の効果が影響を与える要因をそれぞれ「効果量(d)」と呼ばれる数値に換算し分析を行った。さらに、算出された効果量を可視化することで、その要因が取りうる選択肢と比べて効果的と言えるかの検討を支援することを目指した。Hattiが提案した図では、その要因が学力に与える効果の平均が、スピードメーターを模した図の上に、矢印形式の針で示される。例えば、Hatti[23]より引用した図4では、宿題は効果量(d)が0.29であるため、針は0.29を示し、メーター上では「教師の効果」に区分される。効果量が基準値(d=0.4)を上回る要因は、学習者の学力に大きな影響を与える「望ましい効果」の範囲に入るとされる。

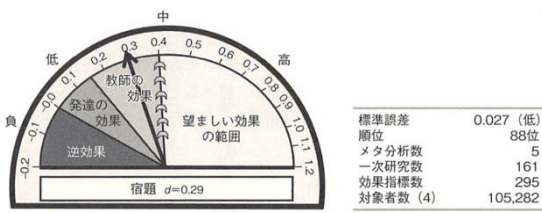


図 4: Hatii が提案した可視化例[23]

5 教室へのLAの導入

LA が学習を促進するために使われることを目指す以上、どのように教室に導入するかも研究課題の一つとなる。

第3章にて、大規模なLAの実践校として例をあげた九州大学では、デジタル教科書を利用した M2B(みつば)学習支援システム[24]を開発運用している。

M2B(みつば)学習支援システムは、LMS である Moodle、ポートフォリオシステム Mahara、デジタル教科書システム BookRoll で構成されており、授業中の学習者によるデジタル教科書の利用状況をリアルタイムで分析することが可能である。例えば、授業の担当教師とその授業の受講生が開いているデジタル教科書のページ情報に基づき、ページを閲覧している受講生の数に応じたヒートマップが1分ごとに教師のPCブラウザ上に表示される(図5)。教師はそのヒートマッ

プを利用することで、教師が開いているページよりも前のページを多くの受講生が開いている場合は、教師の説明が早い可能性があるため、授業のペースを遅くするなどの運用が可能となる[25]。



図 6: M2B(みつば)システムでの可視化例[25]

大崎[26]の研究では、近年注目を集めている協調学習において、学習者の相互作用や知識利用状況の把握をめざして、図6のような知識構造の可視化を提案した。

図6は、事象を機能と機構の観点で階層的に表すモデル図であり、一単位の働きを「機能」とし丸で示す、さらにその機能の説明を一つのレベルの「機構」として四角で表現する[27]。一つの機構は、線で結ばれた複数の機能で構成さ

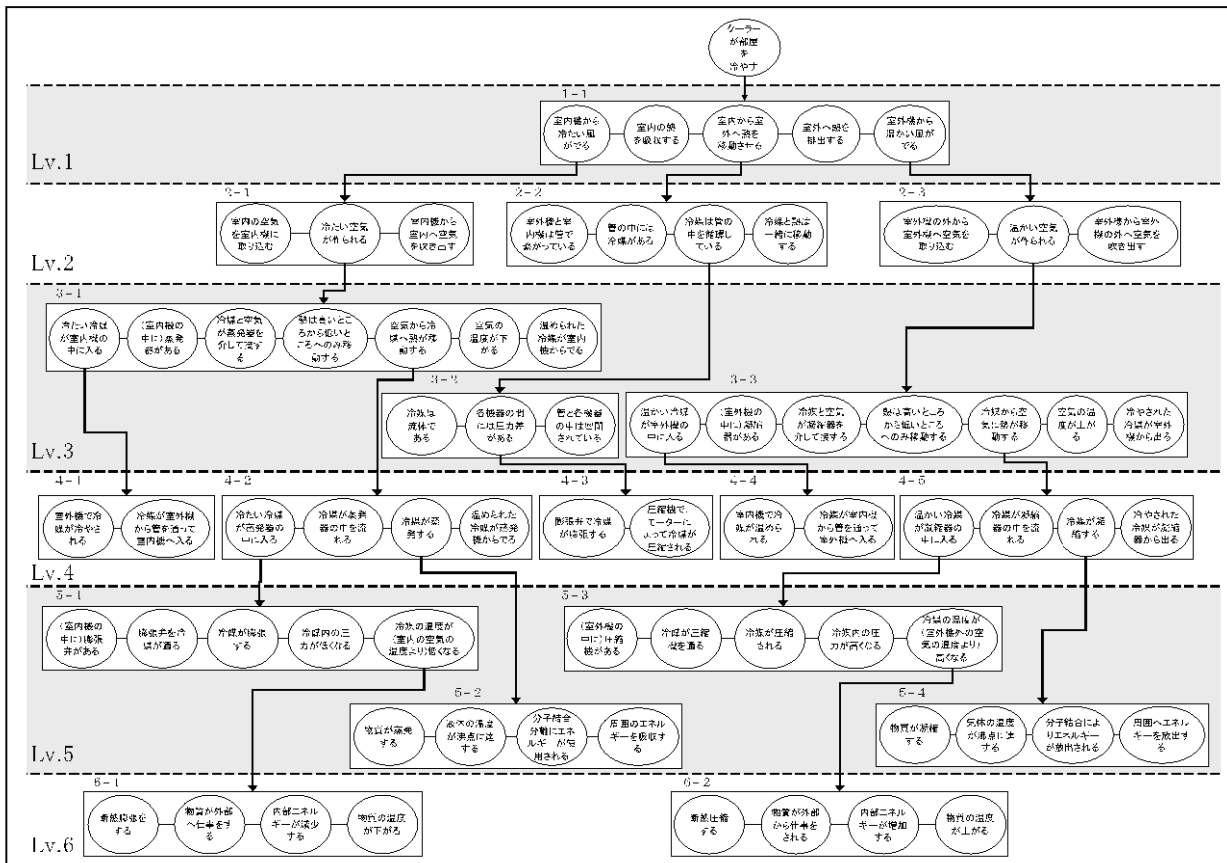
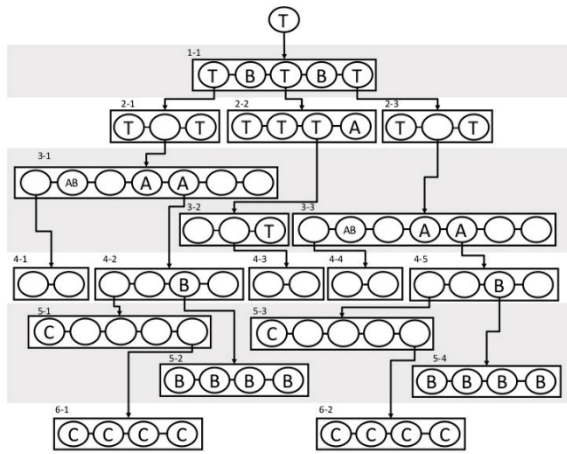
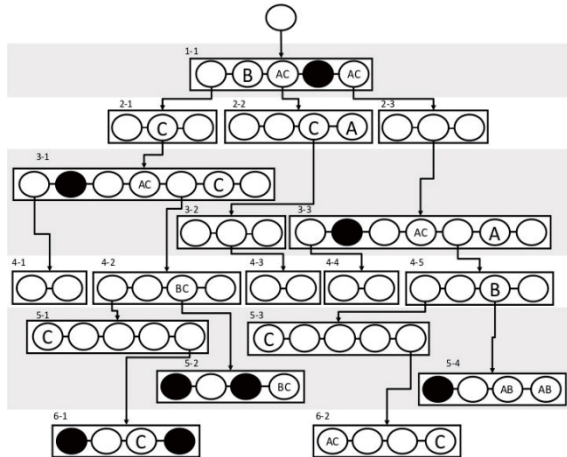


図 5: 知識構造の可視化例[28]



(a) 教師の用意した教材 (学習内容の分割状況)



(b) 第8班の分析結果

図 7: 教材と学習者の知識利用の分析結果[28]

れる。図 6 では、1 段目の「クーラーが部屋を冷やす」機能に対して、詳しい説明である「どのように冷やすか」が 2 段目の機構として「室内機から冷たい風がでて室内の熱を吸収し、室外機から温かい風がでて室外へ熱を排出し、室内から室外へ熱を移動させる」と表現されている。更に、2 段目の機構全体から、機能「室内機から冷たい風がでる」を取り上げ、説明を 3 段目のレベル 2 で示す。このように、図 6 では下位に進むほど、より詳しい説明としての「機構」とそれを構成する「機能」が表現される[28]。

当該研究では、可視化された尺度を利用して教材や学習者の知識利用状況を分析した結果、教材が学習者の思考を考慮した設計になっていないことを明らかにされ、教材を改善した結果、学習後の知識利用に向上が確認された[26]。さらに、教材と学習中の学習者の対話における知識利用状況の分析を行った結果、協調活動過程の知識利用について、学習者が自分のもつ知識をグループに共有しているだけでなく、協調学習中に他者からもたらされた知識を利用する相互作用が確認された[28]。

図 7(a) は、大崎・山田[28]の研究で実施された教材分析の結果であり、三つの資料へ分割された学習内容を資料名である A, B, C の英字で示したものである。なお授業冒頭での教師からの全体への提示内容は「T」とされている。図 7(b) はグループ活動の分析結果例であり、教室内の一つの班 3

名の対話を分析し、その知識の利用者を担当資料名の英字で示し、全員が利用した場合のみが黒色で示された。図 7 の丸印の配置は、図 6 と同じである。

6 まとめ

本総説では、本学関係者が高い専門性をもつビッグデータ利用, AI, デザインの関連領域として LA を紹介することを目的とした。第 2 章にて日本国内で LA 関連の特集号を発行した 4 学会と SoLAR に掲載された論文および解説から LA を概観し、第 3 章にて LA の研究事例を紹介した上で、LA の成果を次の学習に役立てるための方法を検討するため、第 4 章にて情報の可視化を、第 5 章にて教室への LA の導入についての検討事例を紹介した。

LA の研究は、未だ黎明期にあり、情報学分野の様々な知見を元に今後のさらなる発展が見込まれる。また、人の意思決定を支援するという LA の目的から、人間中心設計をはじめとしたデザインの知見のほか、社会科学的知見も含めた検討が期待される。

参考文献

- [1] 緒方広明, “①ラーニングアナリティクスの研究動向ーエビデンスに基づく教育の実現に向けてー”, 情報処理, Vol.59, No.9, pp.796-799, 2018
- [2] C. Lang, G. Siemens, A. Wise, D. Gašević, *Handbook of Learning Analytics – First edition*, <https://solaresearch.org/hla-17/>, 2017. (visited on 2018)
- [3] 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge, <https://tekri.athabasca.ca/analytics/>, 2011.(Visited on 2018)
- [4] 松田岳士, 渡辺雄貴, “教学 IR, ラーニング・アナリティクス, 教育工学”, 日本教育工学会論文誌, Vol.41, No.3, pp.199-208, 2017
- [5] G. Siemens and R. S. Baker, “Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration”. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK)*, pp.252-254, 2012
- [6] 武田俊之, “ラーニング・アナリティクスとは何か”, CIEC, コンピュータ&エデュケーション, Vol.38, pp.12-17, 2015
- [7] 近藤伸彦, 畠中利治, “学士課程における大規模データに基づく学修状態のモデル化”, 教育システム情報学会誌, Vol.33, No.2, pp.94-103, 2016

- [8] 近藤伸彦, 畠中利治, “ベイジアンネットワークによる修学状態推移モデルの構築”, 日本教育工学会論文誌, Vol.41, No.3, pp.271-281, 2017
- [9] 松河秀哉, 大山牧子, 根岸千悠, 新居佳子, 岩崎千晶, 堀田博史, “トピックモデルを用いた授業評価アンケートの自由記述の分析”, 日本教育工学会論文誌, Vol.41, No.3, pp.233-244, 2017
- [10] H. Ogata, C. Yin, M. Oi, F. Okubo, A. Sshimada, K. Kojima, and M. Yamada, “E-Book-based Learning Analytics in University Education”, Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education, pp.401-406, 2015
- [11] 緒方広明, 殷成久, 毛利考佑, 大井京, 島田敬士, 大久保文哉, 山田政寛, 小島健太郎, “教育ビッグデータの利活用に向けた学習ログの蓄積と分析”, 教育システム情報学会誌 Vol. 33, No. 2, pp. 58-66, 2016
- [12] 緒方広明, “大学教育におけるラーニング・アナリティクスの導入と研究”, 日本教育工学会論文誌, Vol.41, No.3, pp.221-231, 2017
- [13] 木實新一, 大久保文哉, 谷口雄太, “②大学における全学規模のラーニングアナリティクス”, 情報処理, Vol.59, No.9, pp.800-805, 2018
- [14] 森本康彦, 稲垣忠, “初等中等教育におけるラーニング・アナリティクスの展望 -主体的・対話的で深い学びの促進と高大接続改革におけるeポートフォリオ活用の視点から-”, 日本教育工学会論文誌, Vol.41, No.3, 209-220, 2017
- [15] 望月俊男, 加藤浩, 八重樫文, 永盛祐介, 西森年寿, 藤田忍, “ProBoPortable:プロジェクト学習における分業状態を可視化する携帯電話ソフトウェアの開発と評価”, 日本教育工学会論文誌, Vol.31, No.2, 2007
- [16] 東本崇仁, 今井功, 堀口知也, 平嶋宗, “誤りの可視化による階層構造の理解を指向したコンセプトマップ構築学習の支援環境”. 教境育システム情報学会, Vol. 30, No. 1, pp. 42-53, 2013
- [17] R. Baker and G. Siemens, Educational data mining and learning analytics In R. Keith Sawyer(Ed), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* 2nd edition, Cambridge University Press, pp.253-272, 2015
- [18] 山川広人, たなかよしこ, 小松川浩, “学習者特性を診断・可視化するシステムの開発と評価”, 教育システム情報学会誌, Vol. 33, No. 2, pp.104-109, 2016
- [19] 山田雅之, 遠山紗矢香, 近藤秀樹, 大崎理乃, “電子掲示板に対する議論過程分析ツールを活用したラーニングアナリティクスの検討”, 第34回ファジイシステムシンポジウム, MB2-3, 2018
- [20] J. Oshima, R. Oshima, & Y. Matsuzawa, “Knowledge Building Discourse Explorer: A social network analysis application for knowledge building discourse”, *Educational Technology Research & Development*, Vol.60, pp.903-921, 2012
- [21] KBDeX. <http://www.kbdex.net/>. (Visited on 2018)
- [22] U. Hoppe, “Computational Methods for the Analysis of Learning and Knowledge Building Communities” In C. Lang, G. Siemens, A. Wise, D. Gašević(Ed.) *Handbook of Learning Analytics –First edition*(pp.23-33). Society for Learning Analytics Research, DOI: 10.18608/hla17,2017
- [23] J. Hatti, *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*, Taylor & Francis, 2008 (山森光陽(翻訳), 教育の効果: メタ分析による学力に影響を与える要因の効果の可視化, 図書文化社, 2018)
- [24] 九州大学基幹教育院ラーニングアナリティクスセンター, “M2B システム”, <http://lac.kyushu-u.ac.jp/m2b/index.html>. (Visited on 2018)
- [25] 島田敬士, “③リアルタイムラーニングアナリティクス”, 情報処理, Vol.59, No.9, pp.806-809, 2018
- [26] 大崎理乃, “機能機構階層図を用いた知識構成型ジグソー法教材の設計と授業実践”, 日本教育工学会報告集, Vol.17-1, pp.615-622, 2017
- [27] N. Miyake, “Constructive interaction and the interactive process of understanding”, *Cognitive Science*, Vol.10, pp.151-177,1986
- [28] 大崎理乃, 山田雅之, “協調学習における知識利用状況の機能機構階層図による可視化”, 日本教育工学会論文誌, Vol.42-Suppl,印刷中

Use of QZSS for the acute period of disaster mitigation

Keiko Shimazu*

Abstract

In this paper, we report a case study of designing and implementing a system by employing national satellite system, QZSS (Quasi-Zenith Satellite System). Our system is aimed at the Acute Stage of Enormous-scale Disasters Damages Mitigations. In recent times, we have gone through national crises caused by earthquakes and tsunamis. Through these experiences we have established advanced communication systems and advanced disaster medical response systems. However, Japan was devastated by the Great East Japan Earthquake occurred on March 11th, 2011. Huge tsunamis swept a vast area of Tohoku causing a complete breakdown of all the main infrastructures. telecommunications. Communication of emergency information was limited causing a serious delay in the initial rescue and medical operation. For the emergency rescue and medical operations, it is the most important to identify the number of casualties, their locations and states and to dispatch doctors and rescue workers from multiple organizations. In the case of the Tohoku earthquake, the dispatching mechanism and/or decision support system did not exist to allocate the appropriate number of doctors and locate disaster victims. Even though the doctors and rescue workers from multiple government organizations have their own dedicated communication system, the systems are not interoperable. In the area of the disaster management, introduction of cutting edge ICT is urgently needed. In this paper, we propose a design concept of Emergency Temporal Information Network System designed by using national satellite system, QZSS for the Acute Stage of Large-scale Disasters Damage Mitigation. While simulating on the desk, it turned out that it took about 48 hours or more to start the rescue operation after the disaster, around 24 hours after the disaster.

Keyword: Satellite systems communication, QZSS, Crisis management, Disaster Mitigation

1 INTRODUCTION

The background of our system concept is based on the Great East Japan Earthquake occurred on March 11th, 2011. Through many experiences of national crises caused by earthquakes and tsunamis we have established advanced communication systems and advanced disaster medical response systems. However, Japan was devastated by Huge tsunamis swept a vast area of Tohoku causing a complete breakdown of all the infrastructures including telecommunications. Therefore, we noticed that we need interdisciplinary collaboration between science of disaster medicine, regional administrative sociology, satellite communication technology and systems engineering experts. Communication of emergency information was limited, thus causing a serious delay in the initial rescue and medical operation. For the emergency rescue and medical operations, the most important

thing is to identify the number of casualties, their locations and status and to dispatch doctors and rescue workers from multiple organizations. In the case of the Tohoku earthquake, the dispatching mechanism and/or decision support system did not exist to allocate the appropriate number of doctors and locate disaster victims. Even though the doctors and rescue workers from multiple government organizations have their own dedicated communication system, the systems are not interoperable.

This paper is structured as follows: we describe our motivation for developing our system in Chapter II. Chapter III shows Ad-Hoc Communication Methods for devastated areas, and the needs in case of great disasters. This chapter has also a reason of choosing QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) as our system's component. Double usage strategy of QZSS is described in Chapter IV. Chapter V explains our systems design and Chapter VI clarifies our system evaluation.

Received on September 25, 2018

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

2 OUR MOTIVATION OF OUR PROJECT

Japan is a country with an advanced telecommunications infrastructure [1]. We were also already equipped with an advanced medical response system at the time of disaster [2]. Despite that, Japan suffered a serious damage at the time of the Great East Japan Earthquake occurred on March 11th, 2011.

Normally, Japan's advanced telecommunications network is used for people to enjoy digital video contents and TV phone calls at. When large-scale disasters occur, it is also used as a medical emergency information system for large areas. This system is developed by the Ministry of Health, Welfare and Labor, and it's an application of the public communication network to emergency use. At the time of disasters, doctors and paramedics entered information about the casualties including the medical triage results into the system. Then, the system allocates patients to emergency hospitals across the nation to provide the appropriate medical care. At the time of the 3/11 disaster, the system was there but did not work as it was intended to [3].

Meanwhile, Japan's medical response system for large-scale disasters has been improved through serious disaster experiences [4]. Today, the Japan Self Defense Forces and inter-prefectural medical teams are called to form Disaster Medical Assistance Team (DMAT) at the time of large-scale disasters. At the time of 3/11, DMAT was appropriately formed and dispatched to the disaster sites in Tohoku immediately after the earthquake but failed to maximize its duty [5].

On March 11, 2011, huge tsunamis swept the vast area of Tohoku, causing a complete breakdown of all the infrastructures including telecommunications (Fig. 1). Without tele-communications network available, the wide-area medical emergency information system failed to activate and there was no way to locate casualties who are in need of emergency medical treatment. Without such information available, it is assumed that DMAT was not able to perform its best to save lives.

The disaster rescue operation is conducted in four phases: the first 72 hours, one week, one month and until the normal life is restored. At the time of large-

scale disasters, the rescue operation during the first 72 hours is critical to minimize the casualties. The successful operation requires accurate information about the number of casualties, their locations and conditions. And such information must be acquired as soon as possible (Fig. 2).

Our concept consists in developing a network function that would connect the disaster sites and the new-generation network to communicate accurate information about the casualties during the initial rescue operation. This would significantly increase the survival rate of the casualties.

This paper presents why we opted for QZSS as the best solution for this challenge and how an operational model of our system would work. Also, the results of a simulation is reported.

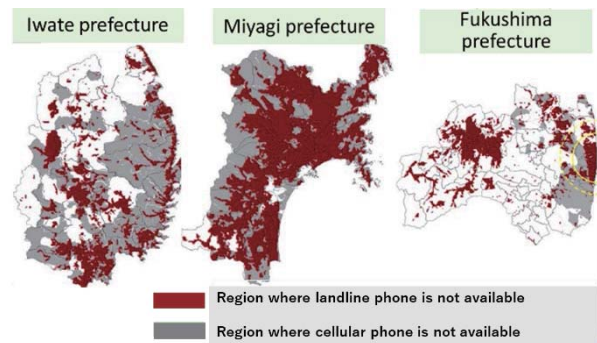


Fig. 1 Communication discontinuation situation 10 days after the disaster occurrence [6]

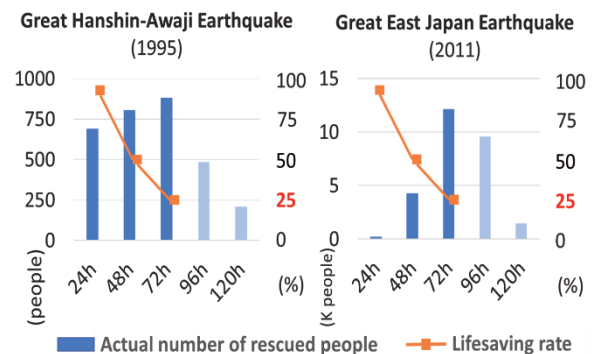


Fig. 2 Survival rate for rescue by elapsed time after disaster and Actual Numbers of Rescue

3 APPROPRIATE AD-HOC COMMUNICATION METHOD

FOR AN AUTE PERIOD OF GIANT DISASTER

The search and rescue are the most important mitigation methodology in case of a great disaster. Rescue operations must take place immediately after the disaster occurs. However, the peak of rescue has an awful tendency to reach after 72 hours, as mentioned above. That is because nobody receives digital signals from severe victims, because the areas are devastated and communication infrastructures are also broken. Therefore, new communication tools for disaster mitigation are needed. In this chapter, the results of our comparative survey of those tools based on necessary requirements are explained.

3.1 Ad-Hoc Communication Methods

We selected 6 ad-hoc communication methods based on an investigation. It was executed from the viewpoint of availability for an critical period of huge disaster occurrence. (1) Vehicles (passenger cars) with communication relay, e.g. wireless LAN terminals and ARTB STD-T109 mobile communications system on the 700MHZ [6], (2) balloons with the same relay equipment, (3) UAV (Unmanned Aerial Vehicles) with the same relay equipment, (4) satellites for commercial use, (5) Satellites for scientific experiments and (6) QZSS (Quasi-Zenith Satellite System).

A lot of telecommunication companies have been executing experiments on how work vehicles with relay equipment for communication to assessing the affected area. UAV and balloons have possibility of covering wide area even with a smaller number of them.

On the other hand, alternative usages of commercial satellites are raised, for instance INMARSAT (INternational MARitime SATellite). Also, we have an actual example of utilizing a scientific experiment satellite (Kizuna) for communication between local governments during the Great East Japan earthquake.

QZSS is a Japanese satellite positioning system centered on a quasi-zenith orbit (QZO) satellite. One of the biggest national projects in 21st Century.

The satellite positioning system calculates the position information using the satellite signal. One famous example is the American Global Positioning System (GPS). QZSS is sometimes called "Japanese GPS" [7]. We focused on the unique orbit of QZSS.

Although usually geostationary satellites are located on the equator, the orbit of QZSS is inclined diagonally and that makes it orbit to pass directly over Japan [8]. However, one satellite is not always staying over Japan. As the orbits are inclined diagonally, the satellite also changes its angle little by little as the Earth rotates, and moves to the north and south. The timespan for one satellite to directly float above Japan is about 7 to 9 hours. Therefore, by employing multiple machines at different times, there will always be one flying orbiting over Asia and South Pacific (Fig. 3).

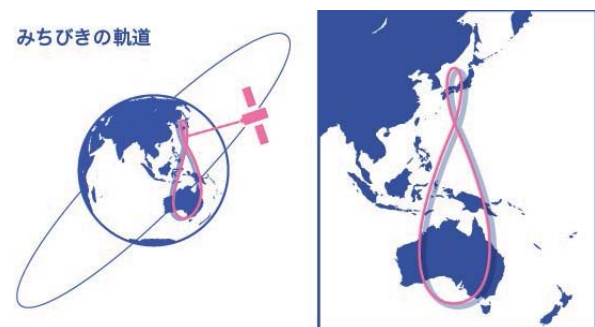


Fig. 3 QZSS Orbit [8]

3.2 Critical Needs for Disaster Mitigation

The ad-hoc communication methods for around 24 hours after giant disaster occurrence, must have 2 main needs of performance. Those needs are (a) communication and (b) operational. Furthermore, the former is classified 3 and the latter is classified to 3. More precisely, (a-1) coverage for wide area of 100km², (a-2) less limited by weather conditions, (a-3) less limited by physical objects (buildings or rocks), (b-1) easiness of operation start-up, (b-2) immediacy of signal sending without waiting time or temporary data storage, and (b-3) safety for avoiding secondary disaster.

3.3 Methods Comparison

TABLE 1 presents the summarization of above descriptions. The main issue of our challenge is delivering position address of severe victims as mentioned in Chapter 1. We opted for utilizing satellite communication over vehicles with relays. In fact, the latter cannot make coverage for larger areas (a-1) and they are more affected by the weather (a-2). By contrast, satellite communication does not carry those limitations. Especially, QZSS has the highest

availability between other 2 types of satellite, since it's designed for dual-use operation. However, they can be expected to play a complementary role, even a crucial role as the one we explain in this paper. For instance, Kizuna mentioned above was utilized as a hotline between Iwate prefecture government and Kamaishi city government. Telephone lines go into congestion state, during acute period of disaster. Scientific experimental satellites communication can be adequately adopted as hotlines among critical facilities.

In addition, vehicles with communication relay can be adopted for particular small areas, for instance, where stable communication with artificial satellites cannot be performed due to the interference of collapsed buildings, or where location information exceeding the capacity of satellite is transmitted, and so on. Altogether, by selectively placing the satellites, it is possible to reinforce communication, even if that implies the deployment of vehicles and balloons all over the country before a disaster occurs.

Table 1 Comparative results on which ad-hoc communication method is best in case of Great Disasters

		With relay			Satellite		
		Car	balloon	UAV	Commercialized	scientific experiments	QZSS
Communication Capability	Communication Coverage	×	△	△	○	○	○
	less affectedness of weather	○	×	×	○	△	○
	less affectedness of physical subject	○	○	○	×	×	×
Operational Capability	easiness of operation start-up,	×	×	○	△	×	○
	immediacy of signal sending	○	○	△	○	○	○
	safety for avoiding secondary disaster	△	×	×	○	○	○

4 DOUBLE-USE STRATEGY OF QZSS

4.1 Primary Usage Of QZSS

Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) is currently being used in one of Japanese National Project, which is executed by the Management Strategy Division of Space in Cabinet Office Japan. Currently, QZSS performs highly accurate positioning thanks to GPS. In order to achieve this, positioning signals of the same

frequency and same time as GPS are transmitted from QZSS. The positioning distance error caused by the GPS satellite is the sum of the errors in the satellite orbit and the errors in the satellite clock. That results in a tolerance threshold of less than 1 meter from the desired GPS positioning. However, larger errors of about 10 meters occur, from time to time. There are two main reasons for this. The first reason is related to the small number of satellites being employed; the second reason is due to interferences of the ionosphere, as the ionosphere causes delays in the transmission of radio waves. The ionosphere is that layer of the atmosphere that is charged with electricity, and it is to be found at approximately 100 to 1000 km above the ground. Here, radio waves travel at lower speeds. QZSS represents a solution to these problems.

As described above, the main function of the QZSS is supplementing the US GPS which calculates the position information by radio waves from the satellite.

4.2 Secondary Usage Of QZSS

QZSS has also a secondary role, which is executed in the event of disasters. This usage is called "Q-ANPI." Infrastructures in the disaster area are usually almost completely destroyed, when large-scale disasters such as a giant earthquake or tsunami occur. In some cases, the two-way communication function of QZSS, on S band, is used as an infrastructure for serious disaster areas. These occurrences are referred to as Q-ANPI. Some applications are being designed by National teams. For instance, there is a service to notify the location of evacuation centers and information on establishment, the number of refugees and the status of evacuation centers. In Japan, when disasters occur, pre-assigned public facilities are used as designated evacuation centers. Evacuated citizens in the vicinity are required to gather there. Rescue measures for these evacuation centers are preferentially taken according to our law. In these evacuation centers, equipment for two-way communication with Q-ANPI is installed.

4.3 Our System Design Based On Q-ANPI

What we focused on is the most critical phase when a huge disaster occurs (chapter 2). In this paper, that means about 24 hours after a disaster. The more severe the disaster, the more damaged the

infrastructure is in that area, during this period. Communication infrastructure is no exception. Because of this critical condition, rescue experts encounter severe troubles in locating where people need life-saving measures. And this results in a delay in the rescue operations, requiring about 48 hours after the disaster to search for people in need.

To solve this problem, we decided to develop a dedicated application on the personal computer of the designated evacuation center where the Q-ANPI communication device is installed. In other words, Q-ANPI is used as an emergency communication infrastructure in the most critical period when a great disaster occurs. In the next chapter, we will explain how to estimate the location of a person who needs life-saving measures. Furthermore, we will describe the structure of the whole system.

5 SYSTEM DESIGN

5.1 Ad-Hoc Network

Our system concept for realizing ad-hoc network is to employ Q-ANPI of QZSS, as described in the previous section. More precisely, installing a computer equipped with a communication device for Q-ANPI on all evacuation centers in Japan. In Japan, when large-scale disasters occur, public facilities such as elementary schools automatically take on the functions of evacuation centers. Intuitively, one would think of mounting an equipment (chip) that can communicate with Q-ANPI on a smart phone. This would result in huge development costs. On the other hand, large-scale disasters occur only once in decades. This clearly shows that such a solution would not be cost effective. Therefore, we opted for a method to construct ad-hoc network connecting evacuation center and a crisis management center via Q-ANPI (Fig. 4).

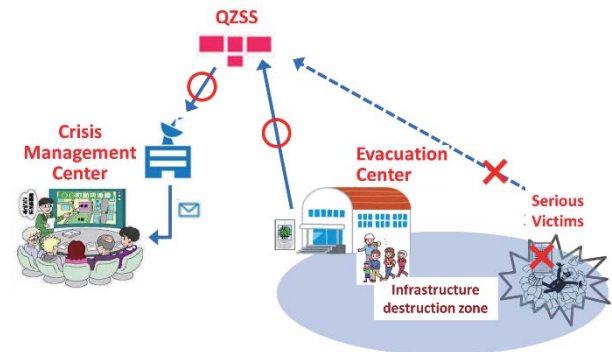


Fig. 4 System Design: Ad-hoc network

5.2 Application

The issue we want to focus on is how to estimate the location of victims who need urgent help, as mentioned in Chapter 2. As indicated in the previous section, information via Q-ANPI is transmitted from evacuation centers. Therefore, unless victims are able to signal their position, their location cannot be determined. Therefore, we designed the following method to implement an application for a computer connected to a communication device for Q-ANPI.

We will use the meshed geographic information in MGRS (Military Grid Reference System) [9]. Our application system has data on how many people live per area. For instance, you can see that there are 12 inhabitants in the area in the top leftmost column in Fig. 5. On the other hand, you can also see that 11 people from the same area are escaping to evacuation centers. That means most of civilians are able to escape from the area. But then, in the area in the lowermost row on the rightmost row, only 22 people have escaped to evacuation despite the presence of 22 people. It is supposed that this area has severe victims.

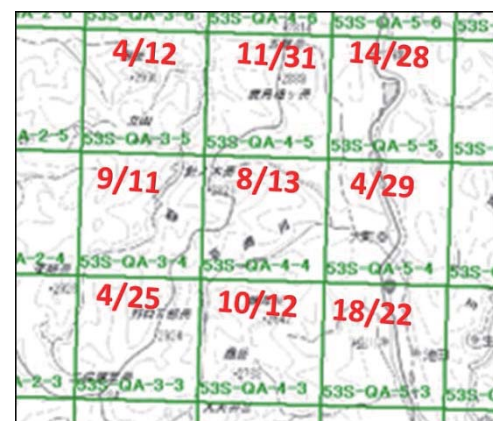


Fig. 5 Meshed map on Our Application

5.3 Data Transition

The biggest challenge when using Q-ANPI on QZSS as a communication infrastructure is its capacity in terms of transmittable data. By its specifications Q-ANPI receives 9 messages of 84 bits length each, at regular intervals [7]. Furthermore, the amount of information actually available is restricted to 40 bits with one message (Fig. 6). Therefore, the amount of information that can be transmitted at one time is 360 bits length. In other words, it was necessary to solve both the problem of waiting for the transmission timing and the problem of capacity limitation. We used the wait time to accumulate the number of flights from where it ran away for each mesh in the application. This method also contributes to reduce the amount of information to be transmitted. Identification of the location of where victims escaped from can be expressed in three parts using MGRS.

For Japan, as the largest classification method, it applies to either 51R, 52R, 52S, 53Q, 53R, 53S, 54R, 54S, 54T, 55R, 55T or 56R. This information needs 4 bits. Next, the position when it is divided by 100000 square meters is expressed by two letters of alphabet. This information needs 10 bits. The last thing you need is the east longitude and the north latitude, which is expressed as a number from 000000 to 999999. This information needs 20 bits. And the most important point is how many people are escaping from each area (or, how many people could potentially escape). Assuming that this number it can be input to infinity, it cannot be transmitted with the Q-ANPI specification. Therefore, we asked for directions from experts in disaster medical care, and when we exceeded 63 people we decided to simply treat it as a large number. Due to this restriction, the number of people escaping from each area is 6 bits. Likewise, according to the guidance of disaster medical experts, we decided to send the severity of evacuees. Also, in this case, it is possible to suppress the amount of transmission information by setting the upper limit of the number of people. The TABLE 2 is a summary of the above.

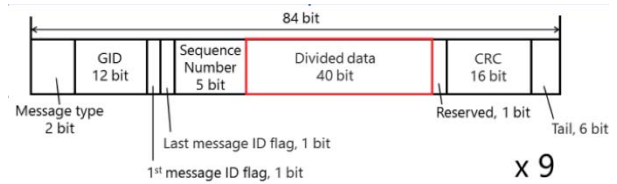


Fig. 6 Q-ANPI message structure

Table 2 Data Design for applying Q-ANPI specification

Table	Attribute	Data size (bit)	Value range
message ID		8	
Where escaped from?	MGRS identification	4	51R/52R/52S/53Q/53R/53S/54R/54S/54T/55R/55T/56R (In case of Japan)
	100000 meter square identifier	10	AA-ZZ
	Easting / Northing	20	000000-999999
	Number of Evacuees	6	0-63
How severe condition?	Lost consciousness	7	0-127
	Oxygen inhaler	5	0-31
	Dialysis	5	0-31
	Medical prescription	5	0-31
	Infant	5	0-31
	Pregnancy	5	0-31

5.4 GUIs for Systems Operation

Our system design consists of 3 subsystems. The first subsystem is for evacuation facilities, the second one is for crisis management center and the last one is for disaster life-saving medical doctors, DMAT (Disaster Medical Assistant Team).

Fig. 7 is a visualization of GUIs of one subsystem operated in evacuation facilities during disaster occurrence. The user selects an arbitrary mesh on the map on the left from where he/she escapes, and selects the severity of the situation on the right menus.

Fig. 8 is a visualization of GUIs of another subsystem operated in crisis management center during disaster occurrence. Information sent from above evacuation facilities is aggregated and displayed on the meshed map. Also, victim's levels of severity are displayed on each evacuation facility.

Fig. 9 is a visualization of a GUIs of the other system

operated by disaster life-saving doctors. They use special protocol for sharing information for disasters and lifesaving, therefore this GUI is designed to handle it. The result of their inputs is available to see on the above subsystem at the crisis management center. Therefore, the doctors can utilize this information for choosing and providing an appropriate team of disaster life-saving medics into each mesh.



Fig. 7 GUI for Evacuation Center

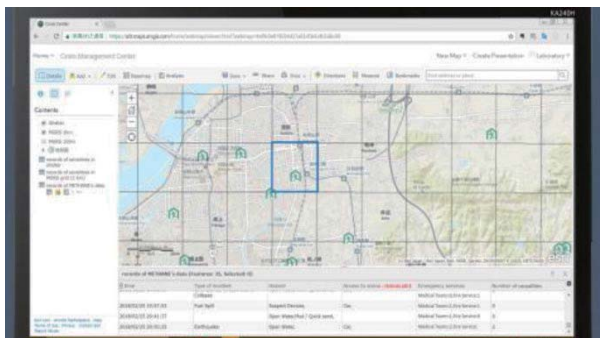


Fig. 8 GUI for Crisis Management Center



Fig. 9 GUI for Medical Doctors at Devastated Area

6 EVALUATION

We positioned our problem issue in Chapter 1. That is how to identify the area of severe victims during a critical period in case of great disasters. Since this is traditionally a complicated task, it usually takes considerable time to organize the search and rescue. Finally, most operation end up starting 48 hours after the disaster strikes. The current model of operating is presented as dotted line in Fig. 10. We examined the benefits of the system developed by us. Specifically, referring to the area where it is expected the next big earthquake and tsunami to occur in the future, and consequently at the evacuation center where our system is supposed to be adopted. The results are visualized as a continuous line in the same Fig. 10.

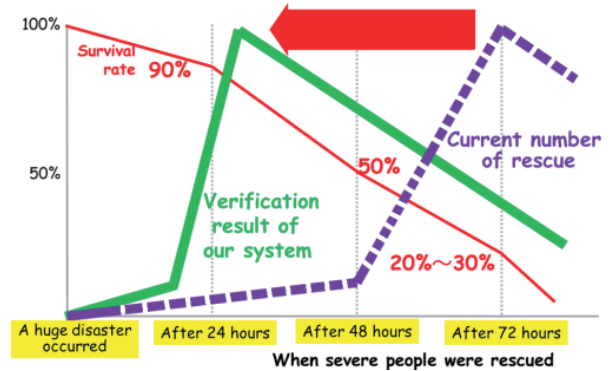


Fig. 10 Results of a simulation, with shift in the peak of rescues in relation to survival rates

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to show our greatest appreciation to Wakayama prefectural office of crisis management in charge for serving as a validation field. We thank the Cabinet Office Space Development Strategy Promotion Office /QZSS System Strategy Office and NEC Quasi-Zenith Satellite System Operation Promotion Office, for their timely help and for providing detailed information about satellite communication. We wish to thank Mr. Hamza Chaker for his advice on experimental user interface design. This work was supported by Ministry of Internal Affairs and Communication.

REFERENCES

- [1] Y. Daqing, "Technology of Empire: Telecommunications and Japanese Expansion in Asia, 1883–1945.", *The Journal of Asian Studies*, Vol. 72, No. 01, pp. 206–208, 2013.
- [2] K. Nakajima, Y. Kurata, H. Takeda, "A web-based incident reporting system and multidisciplinary collaborative projects for patient safety in a Japanese hospital," *Qual Saf Health Care*, Vol. 14, No. 2, pp. 123–129, 2005.
- [3] R. Inokuchi, H. Sato, S. Nakajima, K. Shinohara, K. Nakamura, M. Gunshin, T. Hiruma, T. Ishii, T. Matsubara, Y. Kitsuta, N. Yahagi, "Development of information systems and clinical decision support systems for emergency departments: a long road ahead for Japan," *Emergency Medicine Journal*, Vol. 30, No. 5, 2013.
- [4] I. Suzuki, Y. Kaneko, "Government Institutions Available at Time of the 3.11 Disaster for the Emergency Management," in *Japan's Disaster Governance, Series of Public Administration, Governance and Globalization*, Vol. 4, pp. 103–106, 2013.
- [5] I. Suzuki, Y. Kaneko, "Government Institutions Available at Time of the 3.11 Disaster for the Emergency Management," in *Japan's Disaster Governance, Series of Public Administration, Governance and Globalization*, Vol. 4, pp. 25–38, 2013.
- [6] S. Tabata, K. Ueda, R. Fukui, K. Shimazu, H. Shigeno, "Disaster Information Gathering System Based on Web Caching and OpenFlow in Unstable Networks," *The 30-th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2016)*, 2016
- [7] National Space Policy Secretariat. Overview of the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) [Online]. Available: http://qzss.go.jp/en/overview/services/sv01_what.html
- [8] Japan Aerospace Exploration Agency, Quasi-Zenith Satellite-1 "MICHIBIKI" [Online]. Available: <http://global.jaxa.jp/projects/sat/qzss/>
- [9] T. D. Roza, G. Bilchev, "An Overview of Location-Based Services," *BT Technology Journal*, Springer, vol. 21, no. 1, pp. 20–27, 2003.

日常の中で心をくすぐる環境のデザイン — 物理的な動きによるユーザーへの働きかけ —

上林 昭*・三沢 一浩*・楊 琬琳*
國澤 好衛*・池本 浩幸*・インネツラ ジョバンニ*

Design of the environment that tickles the mind in everyday life — Tickle the user's mind by physical movement —

KAMBAYASHI Akira*, MISAWA Kazuhiro*, YANG Wanlin*,
KUNISAWA Yoshiei*, IKEMOTO Hiroyuki*, and Giovanni INNELLA*

Abstract

The essence of IoT (Internet of Things) is that as a result of objects connected to the Internet, things are able to provide new experiences, and it can be said that it is a shift from good dominant logic to service dominant logic. Along with that, the perception of the user experience (UX) which is a concept dealing with the subjective sensibility characteristics of users is expanding. Especially the UX brought by smartphones caused destructive innovation that changed people's practice orbits and various things were consolidated in small screens. Recently, smart speakers have also become a trend, and UX of voice has come up to topics.

Therefore, in this paper, I focused on the UX design due to the movements of objects with entities, not the experience in the screen or sound alone. Two approaches were carried out based on the concept of "Design of the environment that tickles the mind in everyday life". One is "desktop companion device Tickle Cube" as a companion to spend together in everyday life. Report on business development type initiatives when the other is incorporated into business.

Keywords: Companion Device, Tickle Cube, User experience, UX Design, Design Driven Innovation, Humor

1 はじめに

テクノロジーは、ムーアの法則に代表されるようなエクスポネンシャルな進化を遂げており、シンギュラリティも近いとも言われている[1].

ビジネスにおいては、日本の高度経済成長期に相当する1960年代から1970年代、バブルと呼ばれる1980年代、良いモノを作れば売れる時代は遠い過去となり、人々の価値観は、「モノからコトへ」と変化し、「モノが売れない時代」などと言われて久しい。モノのスペックではなく、モノが実現してくれるコト、つまり体験に価値を見出していると考えられる。数年前から話題になっていたIoT(Internet of Things:モノのインターネット)の本質は、インターネットにモノが繋がった結果、モノがコトを生み出すことであり、グッズドミナントロジックからサービスドミナントロジックへの転換だと言える。

このような背景により、近年、日常生活の中で使用する多くのものがデジタル化され、ネットワークに接続され、意識するかどうかに関わらず、それにより人々は様々な恩恵を受けている。特に、2010年代に入り、スマートフォンが一般化し

て以降、それは顕著になっている。

人々の日常はスマートフォンに始まりスマートフォンに終わると言っても過言ではない状況である。通勤電車に乗れば、多くの人があつむき加減にスマートフォンの画面を見ている姿は当たり前前の光景である。むしろ、スマートフォンを使っていない人は、なぜ使っていないのかと、奇異な目で見られる人もいいる。このように、スマートフォンは、世界中に大きなイノベーション起こしたことは明白である。

かつて、カメラは高度な精密機器であり、そのユーザーもプロやマニアが多く、撮影から現像、印画紙への焼き付け、引き伸ばしまで、自分の手で行うマニアも多くいた。また、カメラそのものをコレクションする愛好者も多くいた。そのような体験から、スマートフォンでの写真の体験は、かつての愛好者が行動を通じて得ていた体験とは全く異なる体験に変容した。このような体験の変容は多くの人々に受け入れられていることは述べるまでもない。

スマートフォンは、クラウドやAIと人間の間のインターフェイスとなっており、多くのことがスマートフォンの画面の中で行われるようになった。それと引き換えに、スマートフォンの機

能に置き換えられたモノは少なくない。例えば、目覚まし時計はスマートフォンのアラーム機能に代わり、ビデオカメラやビデオプレーヤーの機能もスマートフォンに入り、最近ではテレビのニュース映像も一般の人がスマートフォンで撮影したものが放送されることも多い。写真もまた然りで、スマートフォンで撮影した写真はすぐに Instagram や Twitter などの SNS で共有されるようになった。これらのスマートフォンの機能は、従来のアナログ機能の単なる置き換えではなく、新たな体験を提供して来た。

図1は、様々な物事が何らかの関わりのある機能がスマートフォンに集約されていることを象徴的に示したものである。

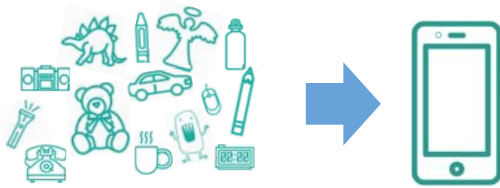


図1：多くのことがデジタル化され、スマートフォンに集約された

しかし、その一方で「スマホ依存症」「スマホ中毒」などと言われ、スマートフォンを使い続けることに対して、嫌悪に近い感情を抱く人もいることも事実である。また、危険を伴う「歩きスマホ」が社会問題化していることから、現代人の生活とスマートフォンが切り離せなくなっていることが窺える。

このように、グッズドミナントロジックからサービスドミナントロジックへの転換に伴い、ユーザーエクスペリエンス (User eXperience, UX) のユーザーの主観的な感性特性を扱う概念に対する認知が広がり、プロダクトやサービスの設計、ブランディングやマーケティングなど顧客やユーザーとのあらゆるタッチポイントで UX が意識されるようになっていく。[2][3] 企業経営においても、UX が重視され、最高エクスペリエンス責任者 (Chief eXperience Officer, CXO) を置く企業も増えている。

ここまで述べたように、テクノロジーの急速な進化により多くのことがスマートフォンの画面の中で完結するようになる一方で、人々の体験に対する価値が高まっている。

2 基盤となるコンセプトと二種類のプロトタイプ

本稿は、スマートフォンの画面の中の仮想的な体験だけでなく、実体を伴うデバイスによって、モノならではの体験価値を新たに提案する。ノスタルジックに過去のモノに遡るのではなく、日常生活の中に新たに「実体による体験価値」を構築することを目指すものである。

実体を物理的に動かすことにより、ユーザーの心に働きかけ、ユーザーの心をくすぐるような体験を提供できるようなシステムとそれによる体験をデザインする「日常の中で心をくす

ぐる環境のデザイン」をコンセプトとする。

このコンセプトをデザイン思考のアプローチで取り組み、二種類のプロトタイプを製作した。[4]

一つは、日常生活の中で、共に過ごす同胞として、「デスクトップコンパニオンデバイス “Tickle Cube”」で、もう一つは、ビジネスに取り入れた場合の事業開発型の取り組みである。

図2のように、トリガーとして様々な技術を活用し、デバイスを動作させることにより、人々の心をくすぐる体験をデザインしている。

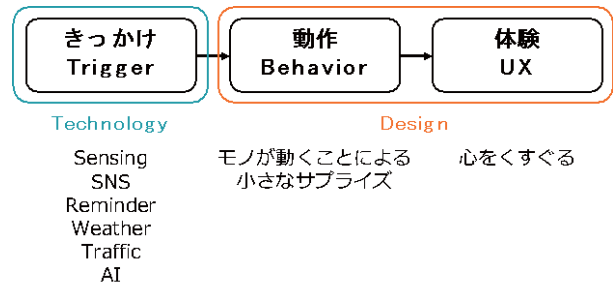


図2：二種類のプロトタイプに共通のデザイン

3 デスクトップコンパニオンデバイス “Tickle Cube”

3.1 コンパニオンデバイス

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いが、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コンパニオンロボットが提案されている。[5][6][7] コンパニオンデバイスは、このコンパニオンロボットを基に、ロボットよりも更にシンプルな装置として提案するために、コンパニオンデバイスと呼ぶこととした。

デバイスという語は、一般的にコンピュータを構成している電子部品や装置を指す場合が多いが、ここでは、本来の意味である「装置」として扱い、これに、人間の「同胞」を意味する “Companion” を組み合わせることで、同胞として日常生活をともに過ごせる実体を伴う装置として、コンパニオンデバイスを定義する。

3.2 ユーモアを感じる動作

「心をくすぐる」動作の検討を行った。

コンパニオンデバイスとして、日常的に生活を共にすることが前提であるため、ユーザーが不快感など、ネガティブに感じる動作は避けたい。また、過度な笑いではなく、「心をくすぐる」程度に自然な存在を目指す。

そこで筆者らが注目したのはユーモアである。

ベルクソンは、「硬直性がユーモアを引き起こす」と述べた

という。例えば、次のようなシチュエーションを考える。



図3：人が歩いていく先に、バナナの皮が落ちているシチュエーション

人が歩いていく先に、バナナの皮が落ちている。そのまま人が歩いていくと、多くの人は、バナナの皮を踏んで、滑って転ぶと予測するだろう。[8] しかし、同じシチュエーションで、バナナの皮を飛び越え、上手にかわしたと思いきや、その先にある落とし穴に落ちてしまったらどうだろうか。これが、人が期待する動きに対する裏切りとなる。

このような人が期待する動きに対する裏切りが、「心をくすぐる」ユーモアとなる。

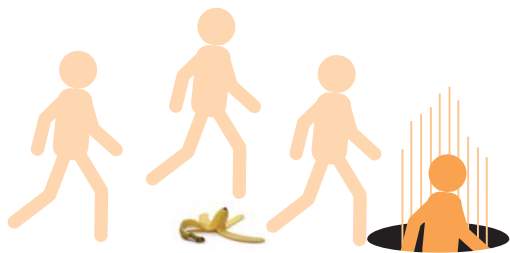


図4：人が歩いていく先の、バナナの皮を避けたかと思いきや、落とし穴に落ちるといった裏切り

3.3 擬人化

ユーザーがデバイスを「同胞」として認識するために必要なことは、ユーザーにとっての同胞、つまり「人」として、感じられることである。

漫画やアニメに登場する動物やモノをモチーフとするキャラクターの多くは、人のように振る舞い、人の言葉を話す。これは、キャラクターを擬人化することにより、視聴者である人々に親しみを持たせるためであると考えられる。これらは擬人化が同胞と感じさせるための手段として用いられている例だと言える。また、人間や擬人化した対象にしか笑わないというユーモア論もある。[8]

擬人化の要素は造形や動作、言葉、感情表現など様々ある。本稿では、ロボットではなく、デバイスとして取り扱うため、造形は人型を採らず動作により擬人化する。

3.4 造形と動作のデザイン

ユーモアのある動作や擬人化の効果を確認するために必要な造形と具体的な動作について検討した。

本稿では、動作による擬人化を検討するため、造形そのものの影響を受けないよう、直接的に人や動物の造形ではないシンプルで無機的なキューブ形状をベースデザインとして検討した。

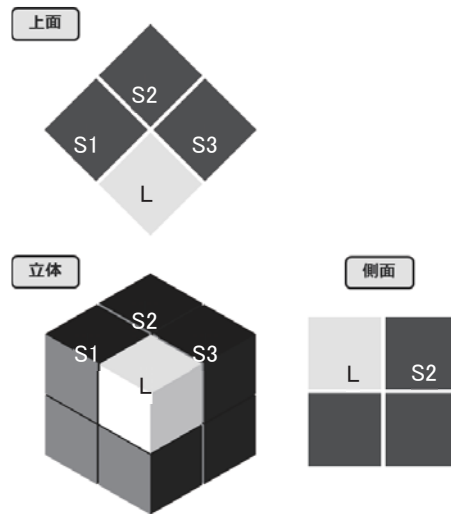


図5：造形のデザイン

人間の腕に相当する部分、頭に相当する部分を可動部品で構成し、顔に相当する部分を光によって色が変わる構成とした。また、動作によっては、全体を拳に見立てれば、S2のキューブを、立てた親指をイメージすることもできる。シチュエーションと動作の組み合わせにより、ユーザーは、一つのデバイスを人間の身体全体と感ずることも、親指を立てた拳と感ずることができる。これは、人型や犬型といった具象的な造形ではなく、キューブのような抽象的な造形だからこそ可能なことである。

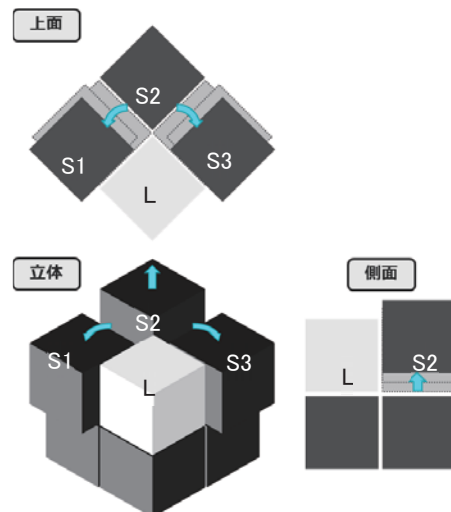


図6：可動部のデザイン

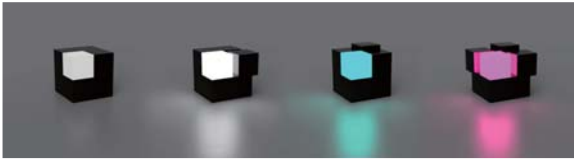


図 7：発光と動作時のデザインイメージ

3.5 トリガーとしてのテクノロジー

デバイスを動作させるためのトリガーは、様々なものが想定できる。例えば、各種センサーによるセンシング結果により、動作パターンを変化させられる。例えば、イメージセンサーによる顔認識や表情認識、シンプルな人感センサー、温湿度センサーなどもトリガーになり得る。

また、Web 上の気象情報や交通情報、SNS の投稿やそのレスポンスなど、内容の違いや変化に応じて動作させることもできる。予定のリマインダーやメール、メッセージ、電話などの着信通知をトリガーにしてもよい。スマートフォンやスマートスピーカー、AI との連携も考えられる。特に近年の IoT の浸透により、様々なセンサーとアクチュエーターが連携可能になっており、それらを活用できるので、コンパニオンデバイスとしての汎用性が非常に高いと言える。

3.6 システムデザイン

デスクトップコンパニオンデバイスのシステムは、図 X のように、Arduino により動作するデバイスを Raspberry Pi のような小型コンピューターにより制御する。これにセンサーを接続するか、ネットワークに接続し、トリガー情報を取得する。

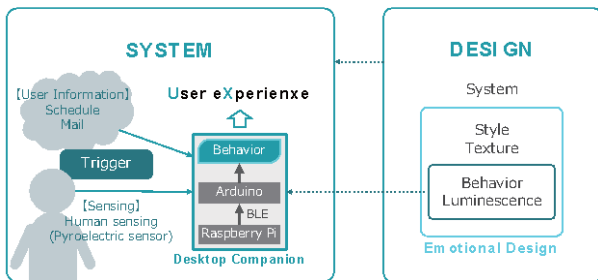


図 8：システムブロック図とデザインの関係

3.7 プロトタイプング

3.7.1 1st プロトタイプ

初期のデザインプロトタイプでは、スタイロフォームにより造形と動作イメージを確認した。針金を用い、手で動かし、その動作を再現できるように機構設計するための効果を得た。

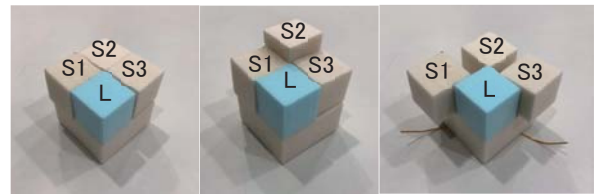


図 9：初期デザインプロトタイプ (1st プロト)

3.7.2 2nd プロトタイプ

2nd プロトタイプは機構動作確認用として、透明アクリル板を用い、機構内部の動作が確認できるようにした。Arduino により 3 つのサーボを制御した。動作部はサーボの回転運動を活用し、正弦波の柔らかな動きを実現した。

本体と駆動用の機構部品は、サーボ部分以外は、すべてオリジナルで、厚さ 2mm のアクリル板を用い、レーザーカッターにより切り出して組み立てた。腕に相当する S1, S3 の一対のキューブは、それ自体の角度を変えずに円弧起動で動作させるため、サーボの回転を利用し、2 つの円盤をリンクさせることで、デザインどおりの動作を実現した。

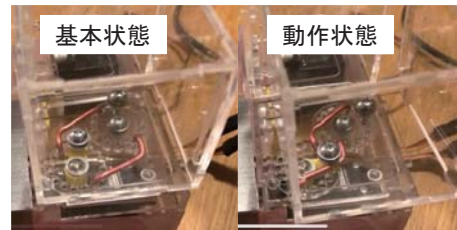


図 10：S3 (S1 は左右対称) のリンク機構の動作確認 (2nd プロト)

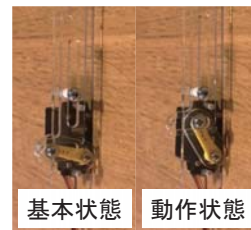


図 11：S2 の垂直動作機構の動作確認 (2nd プロト)

3.7.3 3rd プロトタイプ

3rd プロトタイプは、3 つのサーボ動作に加え、3 つのフルカラーLED を Arduino により制御し、発光を加えた動作を確認した。また、本体も完成イメージに近いピアノブラックとし、発光部のみ乳白色を選択し、LED により色の変化が出せるようにした。また、LED の発光は、様々な中間色の変化を柔らかなグラデーションの表現を数式により正弦波で変化する値を出力させることで実現した。

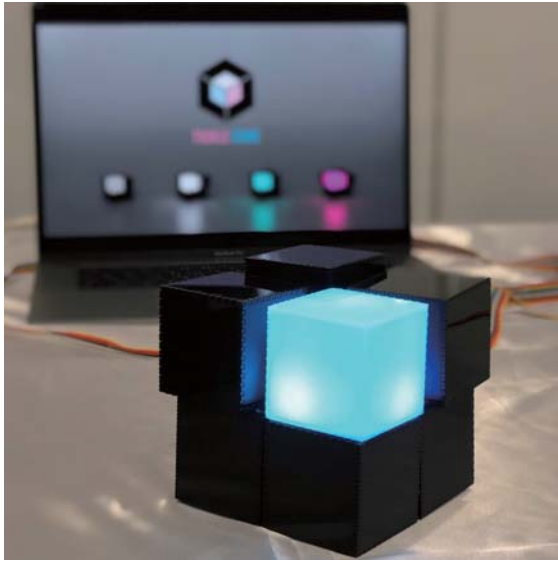


図 12 : UX デザイン確認 (3rd プロト)

キューブの亚克力板結合部は、2mm ピッチと細かい噛み合わせにすることにより、高級感のある精緻な印象を出した。

これらにより、コンパニオンとしてデスクトップに置き、生活を共にしたくなるデバイスにすることを狙った。

3.8 ユースケース

ペルソナを想定し、デスクトップコンパニオン “Tickle Cube” の想定するユースケースを示す。

ペルソナのカズアキは、35 歳、会社員、商品企画業務を担当している。“Tickle Cube” を会社のデスク上に設置し、共に日常生活を過ごしている。ある 1 日の様子をユースケースとして想定する。

8:50 いつものようにカズアキは、始業の 10 分前に会社に到着し自席に座る。

イメージセンサーがカズアキの顔を認識し、「おはよう」の挨拶代わりに、朝らしい白い光を発して出迎える。カズアキは、Tickle Cube にちらりと目をやり、僅かに微笑む。

今日の予定を確認すると、10 時からグループミーティングがあるだけなので、今日は集中して仕事ができそうだ。朝は、仕事の優先順位を付け、メールの返信に充て、午後は企画書を一気に仕上げた。

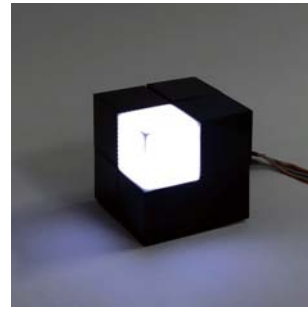


図 13 : 朝らしい白い光を発する Tickle Cube

9:45 Tickle Cube が両手を動かし、柔らかなグラデーションの発光で、会議の時間が近いことを知らせてくれた。「このメールを送信したら行こう」と、メールの画面に目を戻す。少し気を使わなければならない相手なので、上手い言い回しを探していた。

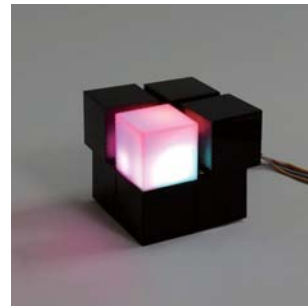


図 14 : 柔らかなグラデーションで発光し、両腕を交互に動かす Tickle Cube

9:55 Tickle Cube が激しく暴れだし、緊急を告げる赤色灯のように明滅を始めた！知らず知らずのうちに集中してしまい、会議の 5 分前になっても席を立たないカズアキに気づいた Tickle Cube が「急いで！」と急きたてているのだ。「あ、急がなくちゃ！遅れるところだった、サンキュー Tickle Cube」

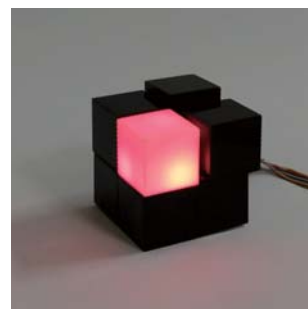


図 15 : 赤色灯が回転するように赤く光り、激しく動く Tickle Cube

11:55 滑り込みで間に合い、無事にミーティングを終え、カズアキが席に戻ると、Tickle Cube が 3 色のインスタグラムカラーのグラデーションに光り、親指を立てて「いいね！」の

ポーズで迎えてくれる。昨日投稿した写真に「いいね！」の数が 10 個を超えたらいい。「お、みんな見てくれたんだ」と、気持ちよくランチに向かった。

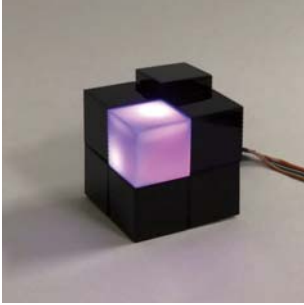


図 16：インスタグラムカラーで「いいね！」と指を立てる Tickle Cube

13:00 午後は予定通り、カズアキは企画書に取り掛かっていた。すると突然、Tickle Cube が、フラッシュライトのように光り、「わっ！」と脅かすように両手を開いた！「おっと、うとうとしてしまった」この時間は眠くなる。Tickle Cube は表情認識までしている。

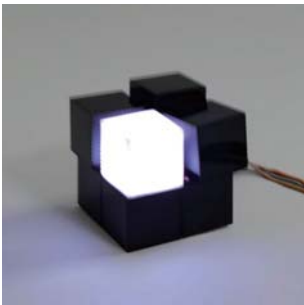


図 17：フラッシュライトのように発光し、激しく開く Tickle Cube

15:00 企画書に集中していると、Tickle Cube がブルーグリーンの爽やかな光をゆっくり明滅させながら、深呼吸をするようにゆっくりと両腕を広げて頭を上げている。「すっかり集中してしまった。このペースなら今日中に企画書も完成しそうだし、俺もコーヒーでも飲んで、少しリラックスしよう」



図 18：ブルーグリーンに発光し、深呼吸をするようにゆっくり開く Tickle Cube

このようにカズアキは、デスクトップコンパニオン Tickle Cube と日常生活を共に過ごしている。

3.9 デスクトップコンパニオンデバイス まとめと今後

IoT 技術をトリガーとして活用し、無機質で抽象的な造形の物体に、「物理的な動作」と「光の動作」を加えることで、小さなサプライズを演出することにより、日常の中で「心をくすぐる」環境をデスクトップコンパニオンデバイスとしてデザインした。

今後は、この Tickle Cube の抽象性を活かし、ロボットや動くデバイスの動作と光による UX デザインのプロトタイピングツールとして活用することを想定している。

4 ビジネス展開のためのプロトタイピング

4.1 事業アーキテクチャ(事業開発型)の取り組み

事業アーキテクチャの取り組みについても設定テーマは、「日常の中で心をくすぐる環境をデザインする」とし、課題発見のためのフィールドワークを取り入れ、課題設定、先行研究調査そしてプロトタイプ製作から評価を行い、プロジェクト型の研究によりビジネスの可能性を追求するものであった。現状のビジネスにおける顧客価値創造に関し、多くは「機能的価値」に視点を当てたアプローチがなされている。機能的価値とは、スペックの高さや機能の優位性そして新技術の導入による取り組みである。この機能的価値によるアプローチでは、顧客に新たな感動や満足を与えることは少なく、例えばAとBとの比較を行いその結果として比較優位にあるものが選択されるものである。

一方で、新しいビジネスの可能性を創造するアプローチとして、「意味的価値」の重要性が高まっており、商品やサービスを使う顧客に対して、課題の持つ背景を見つめ深層の本質を見抜き、使用者が喜ぶ価値を再定義し、他では得られないような体験を提供することが出来れば、新たなイノベーションに繋がるアプローチである。この、「意味的価値」に関しては、前章にて述べた「デザイン・ドリブンイノベーション」のアプローチが必要となる。[9]

以上のことから、本章のビジネスの可能性においては、意味的価値を定義し新しい体験価値を創造し、意味のデザインを行うことを目的としビジネスの有効性を検証するものであった。

4.2 新しい体験価値の創造と意味のデザイン

新しい意味のデザインを追求する主眼として社会課題を見据え、顧客に対して心をくすぐる環境をデザインすることで、社会が持つ価値観や人々の行動を変容させ、今までにないコミュニケーションをデザインしサービスを提供することで、新しい体験としてのイノベーションを示すことが可能となる。この

ためには、未来洞察やデザイン・ディスコースによりデザインドリブンの視点で、ビジョンと意味を構想し広義のデザインとして、顧客の深層にある潜在ニーズに共感するアプローチが必要になる。この考えを示す方向性として、「意味」と「技術」の2軸に加えて、新たに3軸目に「未来創造」を加えることで、新しいイノベーションに繋げることを目的としている。

事業アーキテクチャにおける取り組みの課題設定として、先行研究調査に加えてフィールドワークから、顧客の消費行動に対する新しい体験をデザインすることとし、「非言語によるコミュニケーションを追求する」するものであった。この取り組みにより次の3つの課題に対してアプローチするもので、①顧客に対して、今までに無い体験を商品の動きで提供すること、②非言語でのコミュニケーションが可能であることから、外国人に対して新しいサービスを提供できること、③ノーマライゼーションの視点で、言語・聴覚の障害者に対しても、同様の体験を提供することが可能となる。

4.3 顧客の消費行動における体験調査

実店舗でのショッピングにおいて新しい意味を追求した場合、顧客は実店舗でのショッピングに求めるものを、新しい商品と出会いや自分にあった商品の新発見であると定義した。この視点がこれからの実店舗におけるショッピングの体験を創造するものと考えた。実店舗でのショッピングでは、消費行動として AIDMA の法則を当てはめて考えることができる。[10]

AIDMA の法則とは、ローランド・ホールが提唱した消費行動を表すもので、A(Attention=注意)、I(Interest=関心)、D(Desire=欲求)、M(Memory=記憶)、A(Action=行動)の頭文字をとったものである。

消費行動において最初の Attention=注意が認知段階として重要で、どの様に注意を向けて行くかがポイントである。現状の方法としては、ポスターによる商品の喚起や商品陳列に依る方法などである。図 19 は、AIDMA の法則に本章での取り組みを加えて図示したもの。

消費行動のプロセスとして「認知行動」次に「感情段階」そして「行動段階」と移行し。消費行動において顧客が実店舗でのショッピングで楽しさや驚きの視点で Attention=注意となるアイデアを検討、結果として商品と顧客がコミュニケーションをとるプロトタイプを製作しビジネスの有効性を検証することとした。

これにより、現状では数ある商品の中から顧客側の好みで商品を選んでいるが、逆に商品側から顧客にコミュニケーションを取ることは今までに無いものであり新しい意味に繋がりが体験価値となると考えた。



図 19: 消費行動の5分類

4.4 プロトタイプ仕様と仕組み

消費行動において顧客の注意を集めること、メッセージを発信することは重要で、直接的に商品と顧客がコミュニケーションをとることが出来れば新しい体験に繋がる。顧客の属性から適した商品の特徴のある動きでリコメンドすることで、特定の商品からメッセージを発信することにより、非言語でコミュニケーションを取れるプロトタイプを製作した。

プロトタイプのシステム構成を図1に示す。(図 20)入力装置として USB カメラにより顧客のセンシングを行い、この情報を顔認識アプリが搭載されたパソコンにより、推定年齢と推定性別の処理を行う。[11]

この結果から、属性に合致する商品を動かし、商品側から顧客にコミュニケーションを取るものである。これにより、「商品」-「顧客」-「商品」の双方向フィードバックループを成立させる。

商品を動かす方法は、ソレノイドを複数個使用し、上下や前後に動くことで特徴のある動きを作り出す。

また、プロトタイプモデルでは大型モニタを設置し顔認識の状況を顧客にもわかるように配慮する。動かす商品は、今まで動きの無かった、旅行用のパンフレット、そしてシューズを、仕草を加えた特徴のある動きで顧客に伝えるものとする。(図 21)製作したプロトタイプを示す。

このプロトタイプを、展示会に出展しユーザーに体験して頂き、商品と顧客がコミュニケーションをとるプロトタイプからビジネスの有効性を検証した。

ビジネス展開を考慮したシステム概要 「顧客との接点」「新しいユーザ体験」

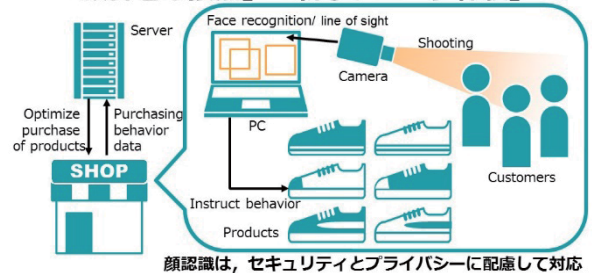


図 20: プロトタイプのシステム構成

商品から顧客へコミュニケーションを動きで伝えるプロトタイプ



図 21: 商品と顧客がコミュニケーションをとるプロトタイプ

4.5 プロトタイプの効果検証

商品と顧客がコミュニケーションを取るプロトタイプの有効性を検証するため、2つの展示会にて一般の方々に体験して頂き、ユーザーとの対話を行うことを目的として展示会に出展した結果を以下に示す。

4.5.1 東京都大田区にて開催された展示会

2017年10月東京都大田区で開催された「おおた研究・開発フェア」に展示し来場者に対して実際にシステムを体験して頂き、直接意見や感想を収集した。

ここで製作したプロトタイプは、パンフレットを動かすもので、表示用に掲示した縦型のA4サイズのポスターと、箱に置かれたパンフレットの2種類である。来場者に対して、本取り組みのコンセプト、プロトタイプの仕組みを説明して体験して頂いた。あわせて、アンケートとコメントを頂き、体験して頂いた20歳代から60歳代の24名からは、91%の好意的な回答もあり、「外国人向けのお土産選びに良い」「書籍をお勧めしてほしい」「動きに変化があると楽しい」などの意見を収集した。

(図 22)

展示会での来場者との対話による効果検証として、今までにない商品側からの動きによるリコメンドは、新しい体験価値になることが確認できた。

また、非言語でのコミュニケーションは外国人観光客などにも有効であると考えられ、ビジネスとしての商品PRや店頭販売の効率化の用途も有効である。

ここでの経験から、現状のプロトタイプに改良を加えて、更に動きに特徴のある仕草を与えることが有効であると振り返りを行った。

「おおた研究・開発フェア」にて展示調査

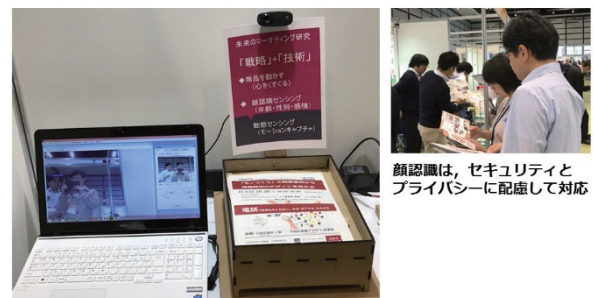


図 22: プロトタイプ展示による効果検証(1回目)

4.5.2 東京都品川区にて開催された展示会

2017年11月東京都品川区で開催された「産業技術高専祭」に出展し、改良を加えたプロトタイプにて来場者に対してシステムを体験して頂き、直接意見や感想を収集した。ここで製作したプロトタイプは、旅行用パンフレットを動かすものに加えて、シューズを動かすものを展示した。(図 23) 前回と同様に来場者に対して、本取り組みのコンセプト、プロトタイプの仕組みを説明して体験して頂いた。あわせて、アンケートとコメントを頂き、体験して頂いた10歳代から70歳代の29名からは、89%の好意的な回答を得た。

コメントとしては、「店員に声を掛けられないのは自由に買える」「学習機能を搭載してより良いものを進めてほしい」「自分が普段使わない化粧品を勧めしてほしい」などの意見を収集した。

以上、2件の展示会における来場者との対話の考察からは、若年層と女性からの積極的な意見が多くあった。これは、商品側からのリコメンドとして展示会で選定した商品が、より個人を意識した商品であることから、ショッピングの機会が多いユーザーに好意的なコメントが多いと分析した。

「産業技術高専祭」にて展示調査



図 23: プロトタイプ展示による効果検証(2回目)

4.5.3 関係企業訪問によるディスカッション

展示会にて来場者との対話を重ね、ここで得た検証結果から、関係企業とのビジネス視点でディスカッションを行った。広告代理店関係者との、ディスカッションでは、当該企業においても顔認識技術を取り入れたマーケティング開発の取り

組みをおこなっており、顧客に対しての本質的なサービスを見つけ出すことの必要性が重要であるとの見解を得た。また、従来に無い強いコミュニケーションを求める先進性、そしてスピード感を持った最速のリコメンドによる差別化の必要性に関する指摘を得た。

次に、旅行代理店関係者とのディスカッションでは、店舗での顧客に対するサービス効率化と省力化の視点で意見を交わし、将来の店舗運営においては、店舗の無人化におけるサービス向上の視点や、お客様の満足度を分析するために顧客センシングによる取り組みを計画していることなど、企業側の戦略に関しても意見を交わすことが出来た。

これにより関係企業との対話から、顧客に対しての新たなサービス向上施策としての体験価値に加えて、業務の効率化も合わせた取り組みがなされていることも特徴的であり、筆者らのビジネスの可能性における取り組みの有効性に対して一定の評価が得られた。

4.6 事業開発型プロジェクトのまとめ

本章のビジネスの可能性における取り組みでは、意味的価値を定義し新しい体験から、意味のデザインを行うことを目的とし有効性を検証するものであった。

現状は、顧客から商品へのアプローチが主流で顧客が多数の商品の中から顧客目線で選択が行われている。一方、筆者らの新しい取り組みは、現状とは逆に商品から顧客へコミュニケーションを行うもので、これは、各検証の結果、顧客に従来にない発見と気づきをもたらされ、新しい体験が生まれたことを確認することが出来た。展示会におけるプロトタイプによる一般来場者への体験および対話では、商品側からの顧客へのコミュニケーションは、より個人向けの商品を対象とすることに優位性が認められ、新しいサービスとしての体験価値を提供できると結論が得られ、ビジネスとしての可能性を見出すことが出来た。

商品側からの動きでは、単調な動きと特徴的な動きを組み合わせた仕草を加えることで、顧客が受ける印象の変化が大きいことが確認できた。

また、非言語での商品と顧客のコミュニケーションは、言葉を必要としないことから、今後増加が確実となる外国人旅行者向けのサービスとしての利用もビジネスとして有効であり活用が期待される。

最後に、今回の取り組みでユーザーに対して、意味のデザインとしての体験価値の創造が、社会的な可能性として、新しく優しい展開が広まることによって、更なるコミュニケーションの発展が期待される。

5 おわりに

本稿は、日常の中で心をくすぐる環境のデザインとして、

物理的な動きによりユーザーに働きかけることで、新たな体験価値を提供するという意味のイノベーションの試みである。

動きそのものによる体験の研究成果として、同胞として日常生活を共に過ごすことを目指したデスクトップコンパニオンデバイス“Tickle Cube”を提案し、また動きによる体験のプロトタイプツールとしての可能性を示した。

更に、動きによる体験のビジネス展開として、商品などの展示品を動かすことにより、非言語で顧客とコミュニケーションを取ることで、販売促進を促す可能性を示した。

最後に、本稿は産業技術大学院大学創造技術専攻の2017年度PBL(Project Based Learning)型の学修において、平成29(2017)年度に行われたプロジェクトの成果をまとめたものである。

6 謝辞

プロトタイプ作製にあたり多大なる助言をいただいた産業技術大学院大学創造技術専攻の近藤嘉男先生、2016年に内山研究室に集いコンパニオンデバイスコンセプトの基盤となったコンパニオンロボット開発に共に取り組んだ内山純先生とロボット研究会有志学生諸君に対して改めて感謝の意を表す。[5][6][7]

参考文献

- [1] 齋藤 和紀, エクスポネンシャル思考, 和書房, 2018.
- [2] 長谷川 敦士, “サービスデザインの時代 顧客価値に基づくこれからの事業開発アプローチ”, 情報管理, vol. 59, no. 7, 2016.
- [3] 池本 浩幸, 小内 克彦, “UX デザインの潮流と展望”, 東芝レビュー, Vol.69 No.10, 2014.
- [4] ティム・ブラウン, 千葉敏生(訳), デザイン思考が世界を変える—イノベーションを導く新しい考え方, 早川書房, 2010.
- [5] 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, “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 —”, 産業技術大学院大学紀要 No.10, pp.161-167, 2016.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] マシュー・M. ハーレー, ダニエル・C. デネット, レジ

ナルド・B. アダムズJr., 片岡 宏仁(訳), ヒトはなぜ笑うのか ユーモアが存在する理由, 勁草書房, 2015.

- [9] ロベルト ベルガンティ, 佐藤 典司(訳), 岩谷 昌樹(訳), 八重樫 文(訳), 立命館大学経営学部 DML(Design Management Lab)(訳), デザイン・ドリブン・イノベーション, 同友館, 2012.
- [10] 平久保仲人, 消費者行動論, ダイヤモンド社, 2005.
- [11] 慎祥揆, 瀬戸洋一, “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”, 産業技術大学院大学紀要 No.10, pp.141-147, 2016.

ICT を活用した急性期脳梗塞治療の教育及び実績評価

小山 裕司¹・松本 省二^{2,3}・米盛 輝武⁴・重田 恵吾⁵・
青木 満¹・大橋 博明¹・徐 向阳¹・吉良 潤一³

An ICT Trial of Evaluation and Education for Acute Stroke Care

Hiroshi KOYAMA¹, Shoji MATSUMOTO^{2,3}, Terutake YONEMORI⁴,
Keigo SHIGETA⁵, Michiru AOKI¹, Hiroaki OHASHI¹, Xiangyang XU¹ and
Jun-ichi KIRA³

Abstract

Time is important in acute stroke care, so the sooner medical treatments are delivered, the better the outcome for stroke patients is. To improve timing, it is necessary to design a protocol, which help the flows of treatment tasks. These protocols need to be suitable for each hospital and to process stroke treatments appropriately. We have tried to improve the efficiency of the acute stroke care by using ICT (Information and Communication Technology). We have designed and developed two ICT system for performance evaluation and training in acute stroke care as part of our improvement program. First, we have tried to calculate various stroke scales automatically from common items of patient observation. Second, we have also tried 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 performance evaluation and training in the system.

Keywords: Acute Stroke Care, Emergency Medical Treatments, Stroke Scale, Protocol Management, Quality of Medical Care, Performance Evaluation and Training

1 緒言

脳血管疾患等の救急医療では、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。脳梗塞治療では、患者が病院に到着してから 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。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、脳血管再灌流が 30 分遅れれば社会復帰率が 10% 下がるため、DTN 時間を 60 分以内にでき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。

脳梗塞治療では、脳卒中疑いの患者を可及的速やかに

専門病院に運び、早期治療を開始する一連の流れを 7D と呼ぶ。

- Detection (発見)
- Dispatch (救急隊出勤)
- Delivery (病院搬送)
- Door (病院到着)
- Data (検査等の情報)
- Decision (適格決定)
- Drug (治療)

これら 7D を円滑に実行するためには、発症現場での連携、現場・病院間の連携、病院での連携等の各種の連携が不可欠である。著者らは、情報通信技術 (ICT) を活用し、これら各種の連携の効率及び効果を改善するための取り組みを行っている[1-4,7]。第 1 の D の Detection (発見) から第 3 の D の Delivery (病院搬送) のまでの発症現場での連携及び現場・病院間の連携が重要であるが、この際に患者が脳

Received on September 15, 2018

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 藤田医科大学, Fujita Health University (Department of Comprehensive Strokeology)

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 災害医療センター, Disaster Medical Center (Department of Neurosurgery)

卒中疑いであるかを適切に判定することが、適切に専門病院に搬送し、病院での早期治療を実現する鍵である。以下の第2節では、脳卒中疑い患者の判定に対するICT活用の概略を示す。第3節では、第4のDのDoor(病院到着)から第7のDrug(治療)までの病院での連携に対するICT活用の概略を示す。第4節では、これらのICT活用の教育及び実績評価を考察し、第5節では今後の取り組み等を示す。

2 脳卒中疑い患者判定

脳梗塞患者の早期治療の実現には、脳卒中疑いの患者を早期に発見し、脳卒中であるかどうかを判定し、専門病院に運ぶことを可及的速やかに行うことも重要である。救急隊が現場に駆け付けたとき、脳卒中疑い患者に対する、病院前の観察・処置等の発症現場から専門病院までの救急医療体制は脳卒中病院前救護(PSLS: Prehospital Stroke Life Support)という標準ガイドラインが存在する[12]。また、PSLSに密接に関連する、意識障害を有する傷病者に対する意識障害病院前救護(PCEC: Prehospital Coma Evaluation & Care)という標準ガイドラインも存在する[13]。これらのガイドラインは、コースガイドブックが出版され、各地域で頻繁に教育プログラムが運営されている。

これらのガイドラインでは、Step 1からStep 7の判断基準及び処置から構成されるアルゴリズムが示され、脳卒中の疑いがある場合はStep 4で患者の症状から脳卒中であるかどうかを判定するために、病院前脳卒中スケール(Prehospital Stroke Scale)による評価を行うことが決められている。

病院前脳卒中スケールは、各地域で決められ、様々であるが、PSLSでは、CPSS等の5種類の病院前脳卒中スケールが取り上げられ、以下に例をあげるように、このほかにも脳卒中スケール等の各種の判定基準が多数存在する。

- スローガン:
FAST(顔の麻痺, 腕の麻痺, 言葉の障害, 発症時刻)
- 病院前脳卒中スケール:
CPSS(シンシナティ病院), MPSS(聖マリアンナ医科大学), KPSS(倉敷病院), SPSS(湘南病院), TOPSPIN(トヨタ記念病院), LAMS(Los Angeles Motor Scale)等
- ELVO判定スケール:
RACE(Rapid Arterial Occlusion Evaluation Scale), FACE2-AD(Face to Acute Delivery)等
- 意識レベルスケール:
JCS(Japan Coma Scale), GCS(Glasgow Coma Scale), ECS(Emergency Coma Scale)等

- 脳卒中重症度評価スケール:
NIHSS(National Institutes of Health Stroke Scale)
- 東京消防庁救急活動基準 A 選定

これらの観察項目は運動麻痺, 顔面麻痺, 上肢麻痺, 言語障害等で、概ね重複している。将来的には、急性脳主幹動脈閉塞(ELVO)判定を目的とした新規スケールが検討されているが、多忙に付き救急隊員が新規スケールを修得する時間を確保することが困難であり、頻繁に行われる人事異動が新規スケールの定着を困難している。また、脳卒中疑い患者は全搬送件数中数%であるため、運用上の負担も新規スケールの定着が困難している。また新規スケールの点数計算の手間及び計算ミスの恐れも課題である。

2.1 システム構成及び特徴

これらの課題を解決するため、これら各種の脳卒中スケールの観察項目を整理し、観察項目から各スケールを自動計算する仕組みを構築し、各スケールの修得負担を軽減し、計算の手間及びミスを減らす試みを行った[8-10]。

また、現場での使い勝手(操作性・視認性)を意識し、リストボックス・テキストボックスをボタンにしたり、大きめのボタン・文字を使ったり、表示内容を明瞭に示すためカラー表示を工夫したりする等の工夫を行った。



図 1: 脳卒中スケールの画面例

3 脳梗塞治療プロトコルの管理

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。脳卒中疑患者に対する病院到着後の初期診療までの救急医療体制は脳卒中初期診察(ISLS: Immediate Stroke Life Support)という標準ガイドラインが存在し、こちらもコースガイドブックが出版され、各地域で頻繁に教育プログラムが運営されている[15]。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、各病院の環境等を反映し、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。プロトコルの設計では、救急医療を俯瞰した体制の構築、待ち時間の削減、並列処置の実現の考慮が重要である。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。救急患者の疾患の種類は様々であるため、処置する事項も様々である上に、医療スタッフの数、顔ぶれ、経験等の救急医療の環境も時間帯によって様々である。

時間短縮の実現には、医療スタッフが早期治療の重要性、プロトコルの仕組み、継続的改善の意義を理解することが不可欠であり、彼らの練達と負担に依っている。結果として、医療スタッフに相当の負担が生じ、また待ち時間・ミス等の問題が生じてしまうことがある。

3.1 システム構成及び特徴

救急医療現場での課題解決のためのプロトコル管理を実現する仕組みの設計上の特徴を次に示す。

- 経過時間等の表示: 救急医療の現場では分単位の時間が重要である。早期医療の実現、また時間の意識の徹底のため、目標時間までの秒読み時間あるいは病院到着からの経過時間をあらゆる端末に時々刻々表示する。

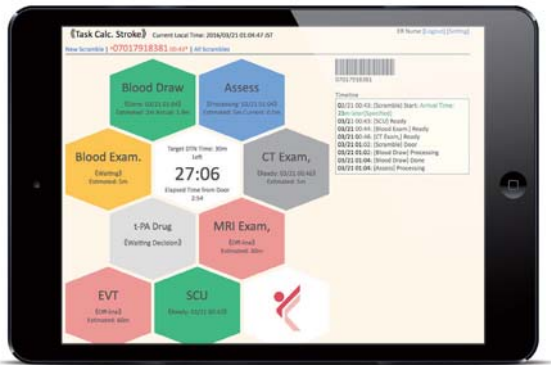


図 2: 患者画面の例

- 多対多の連絡網の構成: 従来の1対1の電話連絡では、 n 名の医療スタッフの連絡網の実現には、理論的には $n(n-1)/2$ 回の手間が必要である。小倉記念病院(北九州市)の脳梗塞急性期治療プロトコルでは、患者ひとりあたり最小構成で12名の医療スタッフが関与し、20回弱の電話をかける必要が生じていた。
- 現在の状態の俯瞰表示: IM (Instant Messenger) 等の時系列表示では情報が流れていってしまい、過去の内容を遡って確認する必要がある。救急医療現場では治療に関する情報を集約し、時々刻々変わる現在の状態

を瞬時に解釈できるように表示する必要がある。

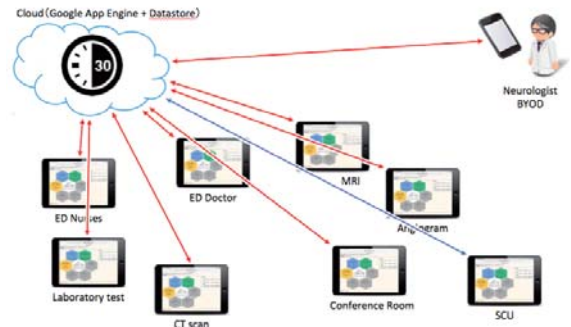


図 3: 構成概念図

救急医療現場を考慮し、簡単に直感的に操作できる使い勝手の実現も留意した事項であった。

3.2 評価及び教育上の効果

評価及び教育に関する仕組みを次に示す。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[5-6]。

- 誘導(状態の遷移): 図4に例を示すように、救急医療プロトコルは処置の流れがある。

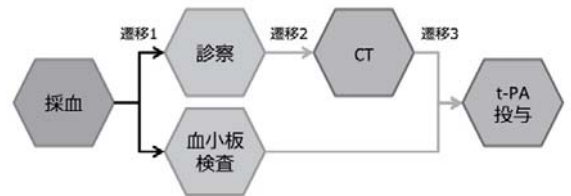


図 4: 誘導(状態の遷移)の例

接続(「採血」が終わったら、「診察」及び「血小板検査」を始める等、条件(「CT」及び「血小板検査」が終わったら、「t-PA 投与」を始める等)の状態の遷移による誘導の仕組みを組み込み、定義された流れに従って、処置を適切に誘導する。

- アラート: 処置の開始が遅れたり、処置に時間がかかりすぎたりした場合には、アラートを上げる。
- 評価(記録・集計): 処置過程の実績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グラフ表示し、各処置の開始の待ち時間、並列実行を容易に確認し、評価することで、次の改善に結び付けることができる。図5に特定のスクランブルの処置の流れの表示例を示す。

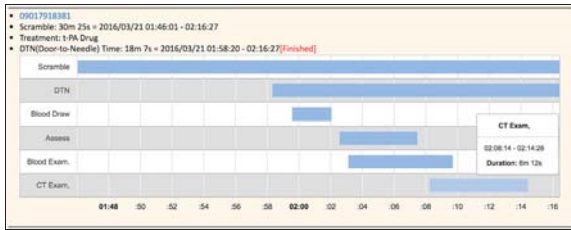


図 5: 概要表示の例

- 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確認することができる. 図 6 は月単位での集計表示例である.

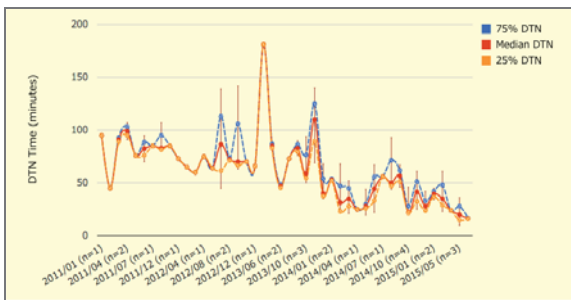


図 6: 月単位の集計表示の例

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. また, この集計機能は医療スタッフを時間計測, 記録, 計算, また実績報告書作成の手間から開放する.

4 考察

脳卒中疑い患者判定の取り組みの教育効果を測るため, SOLA 沖縄学園(沖縄県)の PCEC/PSLS 教育プログラムでの実証実験を行った(2018年1月22日, n = 31). 図 7 及び以下に, アンケート(5段階)及びコメントを示す.



図 7: 実証実験アンケート結果

- 学習の役に立ったか
役に立った: 8 名 (25.8%), すこし役にたった: 13 名 (41.9%)
- 脳卒中患者の搬送に有用と感じたか
有用: 9 名 (29.0%), すこし有用: 12 名 (38.7%)
- 各種使い勝手
よい: 34 名 (36.8%), すこしよい: 19 名 (20.4%)
- コメント(抜粋)
 - 自動的に計算してくれる. 陽性・陰性がわかる. 手間が省ける.
 - 現場活動で有効.
 - PCEC/PSLS の手順通り. 2 次確認として重要.
 - 最先端. 画期的. カラー. ボタン式で楽だった. 片手でできた.
 - 麻痺の詳しい項目があった. 未知の項目があった(握力等)

デジタル機器に慣れた専修学校の若い世代の学生で, 各自のデバイスで円滑に試していただいたこともあると思われるが, 過半数以上が概ね好評価であった.

自動計算で各種の脳卒中スケールの陽性・陰性がわかること等, 実践での有効性に関するコメントもあった. また病院前脳卒中スケールに関する知識を学んだ後であったこともあって, 各種の病院前脳卒中スケール及び各種の確認項目にも興味を持っていただき, 教育の場でもある程度活用できることがわかった.

脳梗塞治療プロトコルの管理の取り組みは, 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(福岡県), 浦添総合病院(沖縄県), 津山中央病院(岡山県)で実証運用を行った.

早期治療の実現及び効率改善には, 医療スタッフが早期治療の重要性, プロトコルの仕組み意義を理解し, 治療実績の評価及び改善を行うことが重要である. これには, 通常のプロジェクと同様, 適切に PDCA(Plan=計画, Do=実行, Check=評価, Adjust=改善)を実行する効果的であり, 今回はプロトコル設計及び ICT 活用による PDCA 支援を行った. 救急医療の環境では, 通常のプロトコルと比較し, プロジェクト完了までの時間が短いことと, 救急患者の疾患の種類(処置する事項)・頻度, 救急スタッフの構成メンバ(時間帯及び勤務シフト)等は様々であり, プロジェクトの実行環境が様々であることが特徴である. 以下に概要を示す.

- 治療プロトコルの設計 (Plan)
対象疾患に対して行う処置を整理することで, 医療スタッフに行う処置を把握して, 時間を意識してもらうことを試みた.

- 処置 (Do)
複数のカウントダウンを設置することによって、医療スタッフに時間を意識してもらうことを試みた。また訓練支援として、状態の遷移による誘導と警告の発生を実装した。
- 振り返り (Check)
実績評価及び振り返りを支援するため、各処置の時間実績を記録し、集計し、グラフ表示する機能を実装した。

5 結言

脳梗塞の早期治療には、発症現場での連携、現場・病院間の連携、病院での連携等の各種の連携が不可欠である。これらの連携の改善に ICT を活用する取り組みの一環で、今回は脳卒中疑い患者の判定と、脳梗塞治療プロトコルの管理に ICT を活用し、教育及び実績評価に関する考察を報告した。

今後は、蓄積されたデータを解析し、機械学習技術等の活用によって、脳卒中疑い患者の判定に必要とされる観察項目の削減、推定値等の設定、新規スケールの設計、判定率の改善を進めたい。また、救急隊から医療機関へのデータの引き継ぎを改善することで、相互の手間・負担を削減する等、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救急医療への ICT 活用の研究、開発を継続していきたい。

本論文は、文献[11]をもとに再構成、加筆したものである。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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総合大会, 2016.
- [3] 小山裕司, 松本省二, 吉良潤一, ICT プロトコル管理による救急医療の効率改善の取り組み, 第 20 回 日本医療情報学会 春季学術大会, 2016.
- [4] 小山裕司, 松本省二, 米盛輝武, 雪上直人, 小林和樹, 吉良潤一, ICT を活用した救急医療プロトコル管理, 産業技術大学院大学 紀要 第 9 号, 2016.
- [5] Noreen Kamal, Eric E. Smith, Caroline Stephenson, et al., Visualizing Acute Stroke Data to Improve Clinical Outcomes, Stroke, Vol. 46, Issue 7, 2015.
- [6] 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.
- [7] 松本省二, 小山裕司, 青木満, 大橋博明, 徐向陽, 波多野武人, 永田泉, 吉良潤一, 情報通信技術の利用による急性期脳卒中急性診療支援システムの開発, 第 23 回日本脳神経外科救急学会, 2018.
- [8] 重田恵吾, 小山裕司, 青木満, 早川隆宣, 八ツ繁寛, 住吉京子, 百瀬俊也, 大橋博明, 徐向陽, 東京都の病院前救護活動の分析と Stroke bypass の検討, 第 23 回日本脳神経外科救急学会, 2018.
- [9] 大橋博明, 青木満, 徐向陽, 重田恵吾, 米盛輝武, 松本省二, 小山裕司, 機械学習を利用した脳卒中の簡易判別システムの開発, 情報処理学会 第 11 回高齢社会デザイン研究発表会, 2018.
- [10] 重田恵吾, 早川隆宣, 八ツ繁寛, 青木満, 大橋博明, 徐向陽, 小山裕司, 東京都の病院前救護活動の分析と Stroke bypass の検討, 日本脳卒中学会 脳卒中 (早期公開論文), 2018.
- [11] 小山裕司, 松本省二, ICT を活用した急性期脳梗塞治療の評価及び教育の取り組み, 第 43 回教育システム情報学会全国大会, 2018.
- [12] PCEC・PSLS 改訂小委員会, PSLS ガイドブック 2015, へるす出版, 2015.
- [13] PCEC・PSLS 改訂小委員会, PCEC ガイドブック 2016, へるす出版, 2016.
- [14] 『ISLS ガイドブック 2018』編集委員会, ISLS ガイドブック 2018, へるす出版, 2018.

互いに察しあう低解像度コミュニケーションを実現するデバイスの試作と評価

井口昇*・小板橋徹*・趙宇*・池本浩幸*

Development and evaluation of IoT device for low resolutional "Sasshi" communication

Noboru Iguchi*, Tetsu Koitabashi*, Zhao Yu* and Hiroyuki Ikemoto*

Abstract

Due to the aging society and nuclearization of family, urban concentration of production age population, the number of family members living apart from older parents is increasing. In addition, aged parents may develop dementia and communication may be difficult. In order to prevent loneliness and increase communication among elderly parents and children, new communication tools that can communicate even with users with dementia are required, while reducing excessive interference and fatigue during communication. In this research, we propose low resolution communication as communication with reduced interference and fatigue. We also propose FIGIOT as a device and system for realizing low resolution communication. This paper describes the overview and design of the device and the system of FIGIOT. We also discussed about the possibility of Low resolution communication through this device.

Keywords: Low resolution communication, Family communication, IoT, FIGIOT

1 はじめに

高齢化社会の進展に伴い、認知症患者は今後も増えると予測されている。一方、地方の衰退に伴う首都圏への労働者人口流入等により、高齢者のみでの世帯数は増えている[1]。

そのため、今後の高齢者および高齢者家族間でのコミュニケーションについて以下の問題がある。

(1)聴力の衰えや認知症等による、言語的なコミュニケーションの困難さ増大[2]

(2)高齢者のみの世帯での孤独化

(3)高齢者からの過干渉によるコミュニケーション意欲低下
上記問題に対して、それぞれ以下対策を行う必要がある。

(1)聴力に関係せず、認知能力に問題のある場合でもコミュニケーションできる方法・デバイスの検討

(2)高齢者とのコミュニケーション頻度の上昇

(3)高齢者とのコミュニケーションから過干渉や気疲れを減らし、コミュニケーション意欲の低下を防ぐ

上記問題への対策として、ICT を利用した地域での見守り[3]や、電力・ガス使用量等を監視することでの見守りサービス[4]、IoT を活用した見守りロボットのサービスが提唱されてきた[5-6]。しかし、いずれのサービスでも高齢親子間に他

社や見守りロボットが介在しており、高齢親子間の直接のコミュニケーションを増やす取り組みは無い。

本研究では、上記(1)から(3)の問題について高齢親子間のコミュニケーションを増やす形で解決する方法およびシステムを提案する。

2 関連研究

2.1 コミュニケーションがもたらすストレス

面と向かってのコミュニケーションはアイコンタクトやボディタッチ、表情、しぐさ等により言語化せずとも多くの情報を伝えることが可能となる。しかし、直接的なコミュニケーションにより個人空間の侵犯や身だしなみ等への不安[7-8]、上手くコミュニケーションできない場合への不安等で面と向かってのコミュニケーション自体がストレスとなる場合がある。

コミュニケーションに関わる ICT は、相手の声や表情等をより詳細に伝える方向で発展してきた。しかしスマートフォンでのビデオ通話利用率は各年代を通して 10%前後であり、機能があってもあまり使われていない。逆にメールの利用率が全年代を通して 60%以上であるため[9]、リアルタイムかつ濃密なコミュニケーションが常に求められている訳ではないことがわかる。

2.2 触覚コミュニケーション

コミュニケーションは視覚情報と聴覚情報が主であるが、近年では触覚情報を利用した遠隔コミュニケーションが提案されてきた[10-11]。クラウドファンディングでも相手の握っている感覚を伝えるデバイスとして RingU[12]が公開されている。

これら触覚コミュニケーションデバイスはコミュニケーション相手と言語的なコミュニケーションを行わずとも、相手を強く感じられるという特徴がある。そのため、デバイスの利用者としても親しい間柄同士での利用を想定している。これは、接触型コミュニケーションデバイスがボディタッチ等親密なコミュニケーションを遠隔で伝えるため、親しい間柄でないと逆にストレスに感じられるためと考える。

そのため、親しい間柄でなくとも使用できるような接触型コミュニケーションデバイスの提案は少ない。

3 低解像度コミュニケーション

3.1 概要

スマートフォンの通話品質やデータ転送能力の向上に見られる通り、コミュニケーションはより多くの情報を明確にやり取りすることを目的として発展してきた。また、2.2 で示した通り触覚といった、より多くの五感を利用して遠隔コミュニケーションできる研究も進んでいる。しかし、これらの対応はコミュニケーション時の過干渉やストレスを向上させる副作用がある。

本稿ではコミュニケーション時の過干渉やストレスを減らすため、コミュニケーション時の情報量や使用する五感を減らしたコミュニケーションの形を考える。

本稿では従来求められる情報量の多いコミュニケーションを「高解像度コミュニケーション」と呼ぶものとする。また、コミュニケーション時の情報量や使用する五感を減らしたコミュニケーションの形は、高解像度コミュニケーションに対をなす形で「低解像度コミュニケーション」と呼ぶものとする。

3.2 低解像度コミュニケーションで用いる五感

人間の五感における知覚の割合は味覚 1.0%、触覚 1.5%、臭覚 3.5%、聴覚 11.0%、視覚 83.0%と言われている[13]。また、コミュニケーションは聴覚(聞く)、視覚(ジェスチャーや表情・顔色等の認識)を主とするため、本稿での低解像度コミュニケーションでは触覚のみを使用したコミュニケーションを考える。なお、ここで言う聴覚の排除はコミュニケーションに声を使用しないこと意味する。

3.3 利点

コミュニケーション手段から視覚・聴覚を排除することでコミュニケーション時のストレスを大きく低減することができる

考える。

意図的にストレスを与えるコミュニケーション、例えば動物の威嚇行動を挙げる。ある種の鳥は威嚇行動として羽を広げる、鳴き声を上げるといった行動を行う[14]。これは威嚇する相手の視覚と聴覚に対して威嚇を示す情報を示すことで相手を威嚇している。すなわち、威嚇相手の視覚・聴覚に問題がある場合、この威嚇行動は効果を成さない。

3.4 欠点

コミュニケーション手段から視覚・聴覚を排除することで明確な意思を伝えることが困難となる。そのため、低解像度コミュニケーションではコミュニケーションの量を増やしつつ、コミュニケーションの内容から相手の意図・状態を察することが重要になると考える。

4 課題への対策と仮説

コミュニケーションを行う高齢者が認知症患者の場合、進行に伴って構音障害、記憶障害、意欲低下等の問題が発生する[2]。そのため、取扱説明書や使用方法説明が必要なデバイスや話すデバイスでは利用することができない。

ここで、コミュニケーションデバイスを認知症患者に利用させるためには以下のステップを踏む必要がある。

(1) デバイスへの接触

デバイスに触らないことには利用できないため、意欲低下・記憶障害の発生している認知症患者でもデバイスへの接触を自発的に促せるような仕組みが必要となる。

(2) コミュニケーションの認知

コミュニケーション相手とのコミュニケーションが始まったことを何らかの形で認知させる必要がある。この認知が無いと双方向コミュニケーションとして成り立たない。

(3) コミュニケーションへの応答

コミュニケーション相手に対して何らかの応答を返す。

ここで行うことで、相手とのコミュニケーションを確立できたとみなすことができる。

そこで本研究ではASMR[15]や低解像度コミュニケーションをもとに以下の仮説を設定した。

仮説 1: デバイスへの接触

握る気持ち良さを感じさせるデバイスとして設計することにより、認知症患者でも自発的にデバイスを握るというアクションを発生させられる。

仮説 2: コミュニケーションの認知

自分が握ったタイミングとは別に、握ったデバイスが相手側からの操作によって手の中で震えることにより、自分以外

の操作によるイベント発生を認知できる。

仮説 3: コミュニケーションへの応答

コミュニケーションにおける引き込み現象の様に、振動した回数やリズムを真似して握ることで、認知症患者側からの応答が発生する[16]。

5 FIGIOT

5.1 概要

FIGIOTは「Fidget Grip IoT」の略であり、Fidgetグッズとして操作感を楽しむとともに、自分の FIGIOT 操作を相手に振動で伝えることで、遠隔での低解像度コミュニケーションを実現するものである。

FIGIOTは片手で把握できる形状をしており、4つのタクトスイッチおよび振動モーターを内蔵する。FIGIOTを握ることによって発生する内蔵タクトスイッチの押下を、通信対抗となる FIGIOTの振動モーターを振動させることで通知するデバイスである。



図 1: FIGIOT デバイスイメージ



図 2: 試作 FIGIOT

デバイス間の通信はスマートフォン(Android)の専用アプリケーションを経由しインターネット上の専用サーバーを介することで行われる。そのため、FIGIOT 各 1 台につきスマートフォンが 1 台必要となる。

FIGIOT は任意のタイミングで行われる FIGIOT の操作

をスマートフォンアプリに通知する必要がある。また、コミュニケーション相手の FIGIOT の操作の通知を受ける必要もあるため、FIGIOT は常に電源 ON の状態での利用を想定している。そのため、本稿での試作機にも FIGIOT に電源スイッチは無い。

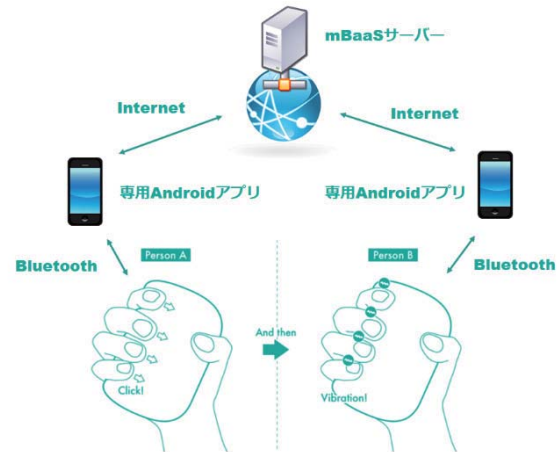


図 3: FIGIOT システムイメージ

FIGIOT の利用シーンとしては、1対1または1対多のコミュニケーションを想定する。すなわち、高齢な親が使用する FIGIOTの操作を、複数の子供側 FIGIOTが同時受信することができる。本稿での試作では 1 対 1 の動作を確認できる。

以下で本デバイス、システムを利用した際の体験の流れを以下で示す。

例)ユーザーAが FIGIOTを使用し、ユーザーBとコミュニケーションを行う場合

まず事前準備として以下を行う。

- (1)ユーザーA, ユーザーB は互いの FIGIOT 用識別ID(ユーザーID)を連絡する。
- (2)ユーザーA, ユーザーB は互いのスマートフォン専用アプリケーションにて、通信する相手のユーザーIDを登録する。
- (3)ユーザーA, ユーザーB はそれぞれのスマートフォンと FIGIOTを Bluetooth ペアリングする。

上記準備後、以下のように利用する。

- (4)ユーザーAが自身の持つ FIGIOT を握りこむと、タクトスイッチが押下される。
- (5)押下されたタクトスイッチの番号がスマートフォンの専用アプリケーションおよびサーバーを介し、ユーザーBの持つ FIGIOT に送信される。
- (6)ユーザーBの FIGIOT が受信情報を解釈し、ユーザ

ーA の押下タクトスイッチに対応した位置の振動モーターを振動させる。

(7)ユーザーA が上記(4)で押下したタクトスイッチを離すと、ユーザーB の振動モーターが停止する。

5.2 操作時の触覚デザイン

FIGIOT はコミュニケーションデバイスとしてのみならず、操作して気持ちの良いガジェットとしてデザインする。これは触覚を通じてコミュニケーションを行う設計上、ユーザーに FIGIOT を常に持たせるような動機付けを行う必要があるためである。

操作をすることでユーザーに気持ち良さを与えるガジェットとして「Fidget Cube」がある[17]。Fidget Cubeはボタン押下時のクリック感等を手のひらサイズのガジェットで楽しむことができる。

FIGIOT では操作時の気持ち良さを演出するため、本体を超軟質造形樹脂[18]で覆い、その中にタクトスイッチを埋め込むことで「ぐにっ」という感触と「カチッ」という感触を同時に楽しめるようにデザインした。

超軟質造形樹脂で FIGIOT の外皮を作成するため、本試作では 3D プリンターで樹脂の型枠を作成した。作成した型枠に超軟質造形樹脂を流し込むという形で FIGIOT の外皮を作成している。

型枠の構造を以下図 4 で示す。型枠は 3 つのパーツより構成される。デバイス格納空間用のパーツを左右から挟み込み、下部の注入口より樹脂を充填する。

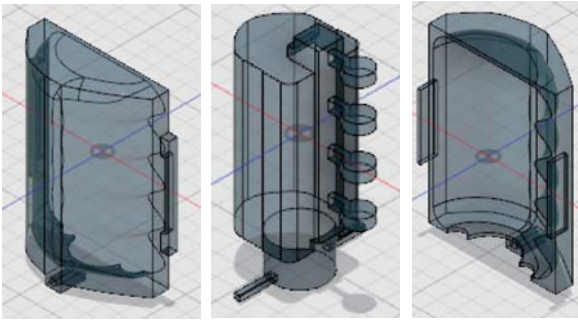


図 4: 外皮成形用の型枠(3D CAD 画像)

5.3 触覚提示方法

FIGIOT は親指以外の 4 本指での操作に対応する形で、相手方 FIGIOT の 4 つの振動モーターを個別に振動させる。このとき、振動モーターの配置としてそれぞれの振動モーターの振動を個別に感知しやすい配置にすることが望ましい。

本研究中での評価より、手のひらに振動モーターが接触するように配置しても、複数の振動モーターのいずれが振動しているのか判別しにくいという結果となった。

そこで FIGIOT では図 1 および下記図 5 に示す通り、指の側面部に振動モーターが接触するデザインとすることで、個別の振動モーターの振動を検知しやすいようにした。

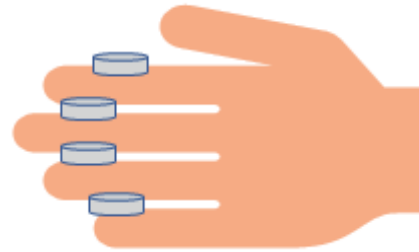


図 5: 振動モーターの検知位置イメージ (円柱が振動モーターを示す)

5.4 システム構成

FIGIOT システムは図 3 及び下記図 6 に示す通り、インターネット上のデータサーバー、インターネットと FIGIOT の通信の仲介役となるスマートフォン、および FIGIOT 本体から構成される。

Data Server は本試作中ではデータの仲介を行うのみであるが、FIGIOT の利用データ解析を行うサービスの提供といった発展形が考えられる。

Smart Phone 中の FIGIOT 用アプリケーションも本試作中ではデータの仲介を行うのみであるが、通信相手の FIGIOT を指定する機能等が実際のサービス提供時に必要となる。

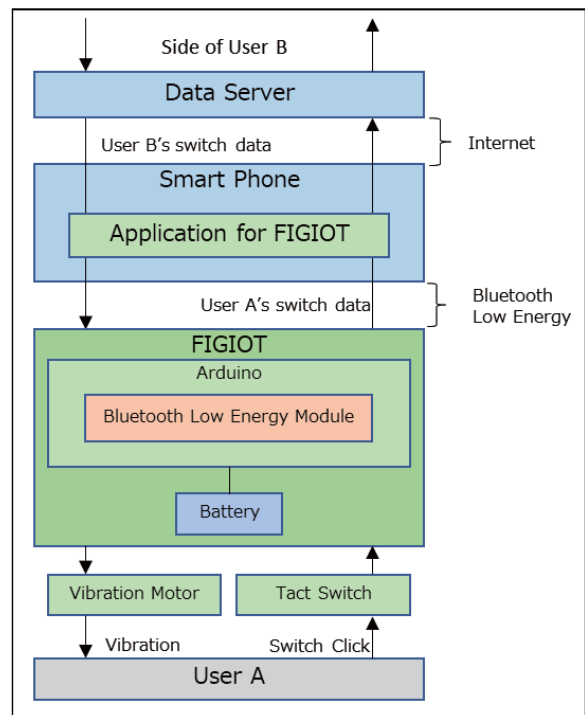


図 6: システムブロック図

以下で FIGIOT 本体の入出力設計について述べる。

5.5 デバイスの入出力

5.5.1 入力部

FIGIOT 本体は 4 つのタクトスイッチを持ち、それぞれの位置が人差し指、中指、薬指、小指で押せるような配置とし

ている。

4つのタクトスイッチのON/OFFをFIGIOTデバイス中のArduinoで検知し、各スイッチのON/OFF状態をSmart Phone中のFIGIOT用アプリケーションにBluetooth通信で通知する。

5.5.2 出力部

5.3で示した通り、触覚提示には振動モーターを使用する。

試作機ではコミュニケーション相手型のFIGIOTでタクトスイッチが押されている場合、該当のタクトスイッチに対応する振動モーターが振動する動作としている。

例:ユーザーAのFIGIOTで薬指に相当する位置のタクトスイッチが押下されている場合、押下されている間はユーザーBの薬指に相当する位置の振動モーターが振動を続ける。

5.5.3 通信部

消費電力を低減させるため、FIGIOTデバイスとSmart Phone間にはBluetooth Low Energy通信を用いる。そのため、使用前にFIGIOTデバイスとSmart PhoneをBluetoothペアリングしておく必要がある。

Smart Phone経由でサーバーにアップロードされたFIGIOTのタクトスイッチ押下データは、即時に通信対抗となるFIGIOT側のSmart Phoneアプリケーションに配信される。

FIGIOTデバイス側のスイッチ操作時チャタリング除去や各通信間での遅延等により、ユーザーAの操作がユーザーBの振動モーター動作として通知されるまで0.5秒～1秒程度のタイムラグが発生する。

6 試作FIGIOTの評価

60代女性に試作FIGIOTを実際に利用してもらい、どのような評価が得られるか確認した。

結果は以下の通り。

(1)手触りは面白いが、使用していると粘つくような感触になった。

(2)相手からの通信でどの指の部分が震えているのかわかりにくい。

(3)しばらく使用していたら反応が無い。

(4)面白味がよくわからない。

上記評価の原因は以下の通り。

(1)FIGIOT表面のタルク粉が手に付着して、表面素材となっている超軟質造形樹脂の粘着性が増大したため。

(2)振動子を超軟質造形樹脂内部に埋め込んでいるため、振動の反応が鈍くなる。また、高齢者の皮膚感覚の劣化も考

えられる[19]。

(3)電池切れのため、FIGIOTは4つの振動子の振動とBluetooth通信を行うため特に振動子の動作で電力消費が激しい。また、手のひらサイズのデバイスというデザインの制約上、バッテリーを小さくする必要があったため。

試作機では単4電池2本で動作しているため、相手側FIGIOTの操作が激しいと約2～3時間程度で電池切れとなる。

(4)上記(1)～(2)の原因により、FIGIOTのデザイン意図の実現が不十分だった。また、(3)より連続操作ができないことによる低解像度コミュニケーションの実感が不十分であったことが原因と考える。

上記の改善として、表面素材の変更、バッテリーの長寿命化、女性でも握りやすいサイズへのデザイン変更が考えられる。

7 おわりに

本稿では、コミュニケーション時の過干渉およびストレスを減らした低解像度コミュニケーションを提案した。また、低解像度コミュニケーションを実現するデバイスとしてFIGIOTのデザインおよびシステムについて述べた。

本研究で提唱した低解像度コミュニケーションでは利用者の言語に依存しないため、言語の異なる利用者間でのコミュニケーションが可能になると考える。また老人養護施設等でFIGIOTを配布し、FIGIOTの利用状況を見える化することで、利用者の健康状況を察する一助になると考える。これらの想定は現状のFIGIOTシステムでは実験できないため、今後の課題としたい。

最後に、本稿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29(2017)年度に行われたプロジェクトの成果をまとめたものである。

参考文献

- [1] 内閣府, 平成29年版高齢社会白書,
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/zenbun/29pdf_index.html, (visited on 2018)
(ウェブ参照)
- [2] 池田 学, "認知症", 高次脳機能研究, 第29巻, 第2号, pp.222-228, 2009
- [3] 小林 甲一, 後藤 健太郎, "高齢者見守りシステムの展開, 現状そして新たな取組 —広島県福山市と福岡市を事例に—", 名古屋学院大学論集 社会科学篇, 第52巻, 第4号, pp. 23-38, 2016

- [4] 東京ガス, 暮らし見守りサービス,
<http://home.tokyo-gas.co.jp/service/mimamori/index.html>, (visited on 2018)(ウェブ参照)
- [5] 加山 弾 他, "ICTを活用した高齢者への見守りに関する研究(高齢者, 障害者, 子どもの社会的孤立に対応する見守り支援・自立支援に関する総合的研究)", 福祉社会開発研究 = Annual report of researches on development of welfare society (10), 5-17, 2018
- [6] 宮島 麻美 他, "バックグラウンドコミュニケーションをベースとした新しい見守りサービス", 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol. J88-D-I, No. 12, pp. 1785-1794, 2005
- [7] 大里 英子, "対人コミュニケーションと個人空間", 福岡国際大学紀要 13, pp21-27, 2005
- [8] 深田博己, 梶本あゆみ, "女性の化粧に及ぼすコミュニケーション不安の影響", 対人コミュニケーション研究, 第2号, pp.49-63, 2014
- [9] Deloitte, "世界モバイル利用動向調査 2017 - Deloitte",
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/jp/Documents/technology-media-telecommunications/com/jp-com-mobile-consumer-survey-2017.pdf>, (visited on 2018)(ウェブ参照)
- [10] 齋藤 匠 他, "ComBand:遠隔地間における触覚コミュニケーションのためのリストバンド型デバイスおよび通信システムの提案", 情報処理学会 インタラクシオン 2015, 2015
- [11] 中島 康祐 他, "Emoballoon: ソーシャルタッチインタラクションのための柔らかな風船型インタフェース", 日本バーチャルリアリティ学会論文, 18(3), p255-265, 2013
- [12] CAMPFIRE, "世界初! 遠隔コミュニケーションを可能にする指輪「RingU」",
<https://camp-fire.jp/projects/view/572>, (visited on 2018)(ウェブ参照)
- [13] 教育機器編集委員会編, "産業教育機器システム便覧", 日科技連出版社, 1972
- [14] コンラート ローレンツ, "ソロモンの指輪 -動物行動学入門", 早川書房, 1998
- [15] Emma L. Barratt and Nick J. Davis, "Autonomous Sensory Meridian Response (ASMR): a flow-like mental state", PeerJ. 2015 Mar 26;3:e851. doi: 10.7717/peerj.851. eCollection 2015.
- [16] 渡辺 富夫, 大久保 雅史, "コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価", 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No.5, 1998
- [17] cnet japan "役に立たないけど役立つサイコロ型デスク玩具「Fidget Cube」-Kickstarter で大人気",
<https://japan.cnet.com/article/35088671/>, (visited on 2018)(ウェブ参照)
- [18] 株式会社エクシーール "人肌のゲル",
<http://www.exseal.co.jp/creative/hitohadanyu.htm>, (visited on 2018)(ウェブ参照)
- [19] アーサー D フィスク 他, "高齢者のためのデザイン", 慶応義塾大学出版会, 2013

音声対話に関する研究調査と 音声対話システム構築の経過報告

柴田 淳 司*

Introduction of Dialogue System Research and Its Progress Report

Atsushi SHIBATA*

Abstract

Works to the development of deep learning, image and time series research has made remarkable progress. The research main theme has been changing to new area of applications starting from the speech recognition. In this paper, recent voice / sound research topics are introduced. In addition, the author's current research about non-language dialogue system is also introduced.

Keywords: Speech Recognition, Dialogue System, Voice Signal Processing, Generative Model

1 はじめに

2012年の深層学習ブレイクを皮切りに、機械学習技術の進歩によって音声の研究状況は大きく変わりつつある。これまで多く研究されていた対話内容の文章化は、LSTMなど時系列データの分類手法によって大きく識別率が向上し、すでにホームスピーカーなどの実用品として登場するレベルとなった。これを受けて、音声研究は話者分離や話者特定などより高度な分類問題へと推移している。また、こうした研究成果をもとにより自然な対話を行う研究もされている。さらに、VAEやGANに代表される生成モデルの登場により、音を自ら作るという試みもなされるようになった。このように、これまで音声研究の中心であった発話内容の理解、文章化から多様化している。

本稿では、近年の音声にまつわる研究動向の調査結果をまとめるとともに、執筆者が行っている言語情報を用いない音声対話システムの詳解とその実装経過報告を行う。

2 近年の音声にまつわる研究事例

音声対話に関する研究対象を図1に示す通り大きく以下の5つに分けて考える。

1. 信号処理: 音声信号を特徴量に変換
2. 音声認識: 音声特徴量をもとに識別, テキスト化する
3. 意味理解: テキストや音声特徴量から意味を解析する
4. 返答生成: 意味に応じた動作を行う
5. 人の理解: 脳科学的な音の理解



図 1: 音声対話システムの図

2.1 音声信号処理

音声を表現するパラメータはいくつも提案されているが、主に基本周波数の推移、周波数スペクトルの数値、非周期性指標の推移によって表現される。周波数スペクトル1つをとっても、その次元数は無数であり、音声は高次元時系列データであるといえる。

高次元データ解析の歴史は古く、19世紀にはフーリエによってフーリエ級数展開が提案された。その後も、その指標は大きく変わることはなく、もっぱらリアルタイムでの解析を目指した計算の高速化が主な研究対象となっている。1965年にはCooleyらにより高速フーリエ変換(FFT, Fast Fourier Transform)が提案されている[1]。近年で有名な研究としては、Haithamらによるフーリエ変換の高速化が挙げられ、まだこの研究は正式な論文文化には至っていない[2]。

フーリエ級数以外の指標としては、メル周波数ケプストラム(Mel Frequency Cepstrum)がある。メルとはメル尺度に由

来し、音の高さに対する周波数の変化量と人の感覚の差異を無くすため周波数スペクトルを変換したものである[3].

2.2 音声認識

音声認識では、音声信号処理により数値化された音の特徴量をもとに、話者の発話内容を認識することが行われる。もっぱら音の特徴量から発話内容をテキスト化することが目的とされる。

音声認識の研究も深層学習の登場により大きく様変わりしている。1990年頃の音声識別の研究では、もっぱら周波数ケプストラムをもとにガウス混合分布モデル(GMM, Gaussian Mixture Model)と隠れマルコフモデル(HMM, Hidden Markov Model)による識別が行われていた。

2012年にHintonらにより深層学習を用いた音声認識が提案されたことを皮切りに[4], 音声認識の研究では主にRNN(Recurrent Neural Network)やLSTM(Long Short-Term Memory)などの深層学習の手法が台頭するようになった。2015年のYuらの研究では、DNN-HMMがGMM-HMMの識別率を30%改善している[5].

近年、IBMとMicrosoftが電話会話音声認識のタスクで約95%の認識率を達成し、「人間と同等の認識精度を実現した」と発表した。電話のように、話者がマイクに対して発話する場合の認識率はすでに実用レベルに達しており、研究のトピックは、複数話者の識別や、同時に発話された内容の話者分離など、より発展的なものに推移している。2018年8月の研究では、2話者の音声分離を成功させている[6].

2.3 対話システム

対話システムは人と音声またはテキストを落とした対話を行うシステム全般のことを示す。ここで定義する対話システムでは、入力をもとに発話を返すだけでなく、証明のスイッチを入れるなどの指示された動作を行うものも含む。また、対話システムを構成するものは研究によって多種多様であるが、相手の意図をくみ取る『言語理解』と、意図に対する動作を行うことで対話をコントロールする『対話制御』の2つのパートに分けて考える。

現在、市場に進出している音声対話システムはルールベースのものが主流である。ルールベース対話システムの例として、言語理解として特定キーワードの抽出を行い、対話制御として有限状態オートマトンを用いるものがある。こうしたルールベース対話システムの利点は、明確なタスクが決まっている場面、つまりタスク指向対話において効力を発揮しやすい点にある。タスク指向会話では、目的に対するキーワードを羅列することが容易であるため、キーワード抽出により相手の意図をくみ取り易く、また返答すべき内容も限定的であるためオートマトンにより表現がしやすい。

近年では雑談のように、タスク指向対話でないものを対象

とした研究が盛んになりつつある。Watson[9]では大規模データベースの検索により、現在の状況に最適な返答を返すという仕組みとなっている。また、言語理解や対話制御も、古典的な手法から機械学習を用いた統計的言語理解・対話制御がなされるようになってきている。End-to-Endと呼ばれる深層学習による手法[10]では、理解や制御という枠組みを無くし、入力情報から直接返答文を生成する機構を持つ。

2.4 音の生成技術

音に関する新しい研究として、音を生成するという試みがなされている。

波形接続型音声合成では、あらかじめ録音した音声は計を結合させることで新しい声を生成していた。これに対し近年では、深層学習を利用することで発話したことがない声についても生成することが可能となっている。GAN(Generative Adversal Network)やVAE(Variational Auto-Encoder)に代表される生成モデルでは、予め多量のデータセットを学習・記憶させておくことにより、指定した特徴を持つ画像を生成することに成功している。これを音に転用することで、新しい音を生成することが可能となっている[11].

2.5 人の理解

鼓膜、耳小骨、蝸牛管を介して伝わった音の振動は、側頭葉にある言語野にて言語として識別・理解される。言語野の発見は19世紀にまで遡り、その後、ウォルニッケ野にて単語の意味理解などの感覚性の言語処理を、ブローカ野にて発話や手話の算出といった運動性の処理をなされていると判明した。

近年では、MRIといった測定器側の進歩により、さらに細分化された脳の役割分担が判明している。図2に示す通り、ウォルニッケ野は音韻を担当する部位と単語を担当する部位に分けられ、ブローカ野も文法を担当する部位と読解を担当する部位に分けられることが判明している[12]. 今後も、計測技術の発展により、新たに詳細な脳の機能局在が発見されることが期待されている。

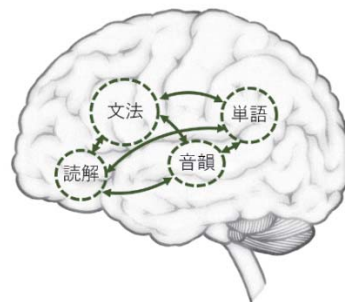


図2: 人の脳と言語の理解

3 言語を介さない対話システム実現に向けて

ここでは執筆者が行っている非言語音による音声対話システムの研究について紹介する。

人対人のコミュニケーションを鑑みると、対話には必ずしも言語は用いられるとは限らない。例えば赤ちゃんは言語を学ぶ前から泣き声や喃語を用いて意思表示をし、親はこの意思を少なからずくみ取ることができる。これは明確な言語を介した「会話」ではないが、意思疎通ができる「対話」であると感じる傾向にある。こうした非言語音による対話をシステムにより再現できれば、言語の壁を越えてあらゆる人とコミュニケーションが取れると考える。

図3に非言語音による対話システムを示す。対話システムは大きく3つの部分に分けられる。分類モデル部分では、人の言語情報を含まない発話内容から、相手の意図を分類・識別する。次に意図理解部分では、発話者の意図をくみ取ったうえでシステムの内部状態を更新し、返答すべき意図を準備する。最後に生成モデル部分では、返答すべき意図に対応した非言語音を生成し、相手に返す。2018年9月現在では主に音声データの収集を行っている。

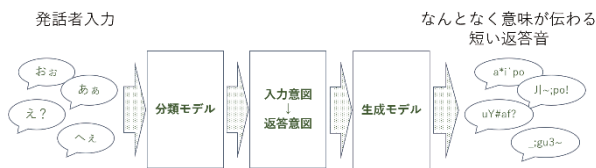


図3: 非言語音による対話システム

3.1 音から意図を理解する研究

多くの人はペットに対し、相手が言語を理解できないと知りながら、音声によってコミュニケーションを図っている。こうして与えられた音声に対して、鳴いたり動いたりすることで反応をすることで、人はコミュニケーションが取れていると感じる。この時、人とペットは共通の言語を持たないため、お互いの音声は単なる音として扱われる。ここではこの音を非言語音と定義する。

非言語音によるコミュニケーションにおいて、相手の意図を完全に理解する必要はない。既存の研究において、人が話者の感情を推定できる割合は、音声のみでは43%程度、映像やストーリーを含む音声では58%程度とされている[1]。これは人対人のコミュニケーションであっても感情推定が難しいという事例であるが、別の視点から考えると、非言語音によるコミュニケーションにおいて相手の意図を100%推定することは困難であり、それをコミュニケーションの前提としていないと仮定した。

音から意図を理解できるかを検討するため、集めたデータに対して人がどのような意図を感じるか、その含意について

考察を行っている。その例を図4に示す。

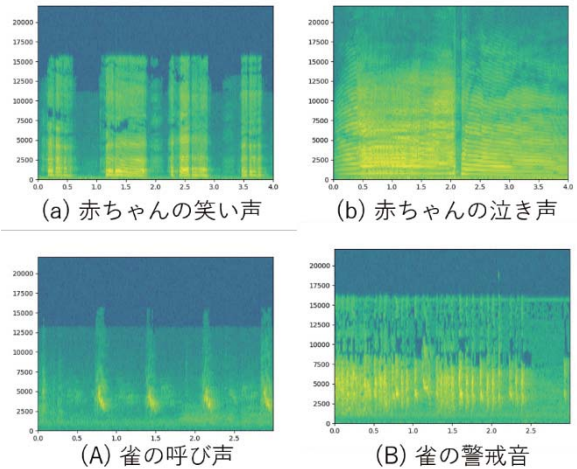


図4: 非言語音の周波数スペクトル

図4では、言語を介さないものとして赤ちゃんの声と雀の泣き声を例として提示している。人に赤ちゃんの笑い声と泣き声を提示した場合、ほぼすべての人が笑い声をポジティブに、泣き声をネガティブにとらえることが分かった。また周波数スペクトルの情報を見ても、波形は大きく異なるため、機械学習により分類ができると予測される。また、赤ちゃんの笑い声は波形の揺らぎが大きいのにに対し、泣き声では同じ音を連続して発していることが確認された。

雀の鳴き声においても、警戒音は呼び声と比較し、ネガティブな印象を与えることが分かった。警戒音の周波数スペクトルを見ると、同じ波形の音を断続的に発していることがわかる。赤ちゃんの泣き声や雀の警戒音のように、同じ音を長く、または断続的に発するネガティブな音の例として、ブザーやサイレンの音が挙げられる。こうした万人に共通する感覚を刺激する音を収集することで、人が意図を理解できる音を生成できる対話システムの構築を目指している。

4 おわりに

本稿では、近年の音声とその対話システムの事例について、信号処理、音声認識、声特微量、意味理解、返答生成、人の理解、の5つに分けて解説を行った。

信号処理では、2012年に提案されたFTTの改善案について解説した。音声認識では、現在の認識精度の他、話者分離などの派生研究について解説した。対話システムでは、現在の市場における主流であるルールベース対話システムと、研究がなされている非タスク指向対話に向けた研究事例を解説した。人の理解では、解剖学的な知見の発展について解説した。

また、執筆者が行っている非言語音による対話システム実

現に向けた取り組みを紹介した。

音声に対する研究は一部では実用段階に到達していることは、ホームスピーカーの登場や音声ガイダンスサービスの普及を見ても明らかである。これに対し近年では話者の分離や、雑談への対応など、周辺領域へ研究のスポットが映りつつある。今後は識別するだけ、対話するだけ、という単一タスクから、サービスも含めた複合タスクを対象とする研究が増えていくだろう。

参考文献

- [1] J. W. Cooley and J. W. Tukey: *Math. of Comput.* 19 (1965) 297.
- [2] H. Hassanieh, P. Indyk, D. Katabi, E. Price, "Nearly Optimal Sparse Fourier Transform," <https://arxiv.org/abs/1201.2501v1>, 2012.
- [3] B. P. Bogert, M. J. R. Healy, and J. W. Tukey: "The quefrency alanalysis of time series for echoes: cepstrum, pseudo-autocovariance, cross-cepstrum, and saphe cracking". *Proceedings of the Symposium on Time Series Analysis* (M. Rosenblatt, Ed) Chapter 15, 209-243. New York: Wiley, 1963.
- [4] G.Hinton, L.Deng, Y.Dong, G.E.Dahl, A.Mohamed, N.Jaitly, A.Senior, V.Vanhoucke, P.Nguyen, T.N.Sainath and B.Kingsbury. *Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition. IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.29, No.6, pp. 82-97, 2012.
- [5] D.Yu and L.Deng, "Automatic Speech Recognition," *A Deep Learning Approach*, Springer, 2015.
- [6] A. Ephrat, I. Mosseri, O. Lang, T. Dekel, K. Wilson, A. Hassidim, W. T. Freeman and M. Rubinstein, "Looking to Listen at the Cocktail Party: A Speaker-Independent Audio-Visual Model for Speech Separation", *SIGGRAPH 2018*, August.
- [7] Weizenbaum, Joseph, "ELIZA — A Computer Program for the Study of Natural Language Communication Between Man And Machine," *Communications of the ACM* 9 (1): 36–45, January 1966.
- [8] T Winograd, "Procedures as a Representation for Data in a Computer Program for Understanding Natural Language," *MIT AI Technical Report 235*, February 1971.
- [9] IBM Watson, "<http://www.imwatson.com/>," (visited at 2018/09/10)
- [10] A. Graves and N. Jaitly, "Towards End-to-End speech recognition with recurrent neural networks," *Proc. ICML*, 2014.
- [11] Chris Donahue, Julian McAuley, Miller Puckette: *Synthesizing Audio with Generative Adversarial Networks*, *ICLR*, 2018
- [12] Kuniyoshi L Sakai, "Language acquisition and brain development," *Science*, 310(5749), 815-9, 2005.
- [13] 土屋誠司, 鈴木基之, 渡部広一: 提示メディアによる感情伝達傾向の差異に関する分析, *信学論 A*, J98 -A, pp. 103-112, 2015
- [14] Chris Donahue, Julian McAuley, Miller Puckette: *Synthesizing Audio with Generative Adversarial Networks*, *ICLR*, 2018

Paradoxes in Design Thinking

Paul A. Rodgers*, Giovanni Innella** and Craig Bremner***

Abstract

This paper presents a critical examination of the current state of design by exploring a number of paradoxes – sustaining the unsustainable, disciplining the undisciplined, reconciling future visions with harsh realities, and others. We suggest that whilst design researchers have been probing design, it is highly likely design might never have been where they were looking. Consequently, this paper presents a 6-point manifesto for design research where the emphasis is on acknowledging our material and energy flows and their environmental impact, a more critical stance in design culture that will reveal contradictions, rock the boat, critique ‘what is’ to ‘what could be’, and contest the legitimisation of power. Moreover, design must strive to maintain care for details and quality of public service in everything we do whilst having a concern for otherness and visuality, which privileges thinking in terms of images over numbers and texts, and an interest in theory.

Keywords: Reversification, Design Research, Paradoxes, Not Knowing

1 Introduction

There are significant paradoxes in the concept of design research – sustaining the unsustainable, disciplining the undisciplined, reconciling future visions with harsh realities, and many others. Over the period where design researchers have been probing design, it is highly likely design might never have been where they were looking. Since the advent of a field identified as design research with its own society now celebrating its 50th anniversary, the world has been reshaped several times by several factors epitomised in the planetary projects known as stewardship, then sustainability, and now resilience. None of these has proven durable against the flows of excess sponsored by the project of capital – which in the past 25 years has reshaped the world in its own mercantile spectacular image – shadowy, derivative, and unequal.

In trying to cast light on this world, John Lanchester recently coined the term “reversification”, and what he means by this term is “*a process by which words take on a meaning that is the opposite of, or at least very different from, their initial sense.*” [1]. Taking a close look at the language of design thought and action – the subject matter of design research – it epitomises the process of reversification so now its terms mean something very different to their initial

sense. In this critical paper we will rethink this reversal and discuss the impact on the capacity of design research to help shape a future in which we want to live.

Design (practice, education, research) must acknowledge that it has contributed to the creation of a world that nobody really wants. We are destroying some of the most important features of society that we claim to hold most dear (*i.e.* our planet, our society, and our spirit). Our ecological crisis wherein we continue to deplete and degrade our natural capital on a massive scale has resulted in one third of our agricultural land disappearing over the past 40 years, which will inevitably lead to food supply crises and an anticipated doubling of food prices by 2030. Our current social crisis sees nearly 2.5 billion people on our planet live in abject poverty. There have been many successes at lifting people out of poverty, but this figure has not changed much over the past few decades. Our spiritual crisis where, according to World Health Organization (WHO) statistics, 3 times as many people die from suicide as die from homicide or in wars. These crises also manifest themselves in many other forms including rapidly growing figures for burn out and depression that collectively create results that nobody wants and may constitute the most significant failure of our time.

Received on September 15, 2018

* Imagination, Lancaster University, United Kingdom

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

*** Charles Sturt University, Australia

The following sections of the paper present 7 design research paradoxes that typify the contemporary complex challenges that we now face. These paradoxes are evidence of our failure to design coherent and appropriate systems and strategies for the interconnected and complex socio-technical challenges across the world. As such, the paper critically examines design research and the inherent tensions that exist between the potential of design approaches to address the planet's most urgent challenges and the growing demand for evidence-based and audited research. The factory of knowledge has led to the reversification of the ways we have become used to explain to ourselves what we are doing, meaning we now do not know what needs to be done.

2 As a Discipline Design is Really Undisciplined

In today's paradoxical world, the idea of disciplined design is ridiculous. Admittedly, universities and colleges have stuck firm to disciplined silos for many years, but these are largely arranged to maintain clear management of resources such as staff, equipment, and materials. Design in practice – in the commercial realm and elsewhere – sees no boundaries between so called disciplines such as product design, furniture design, graphic design, interior design, and so on. This is hardly a new phenomenon. Some of the early, great pioneers of twentieth century design including Christopher Dresser, Raymond Loewy, Charles and Ray Eames, Ettore Sottsass, and Alessandro Mendini consistently transgressed so-called design disciplines [2]. Today, designers do not work within strict disciplines. At present, perhaps necessarily, designers transcend many conventional disciplinary silos. Designers no longer reside comfortably in categories such as product design, furniture design and graphic design. Indeed, it has been claimed that: *“New hybrids of design are emerging. People don't fit in neat categories; they're a mixture of artists, engineers, designers, thinkers. They're in that fuzzy space and might be finding it quite tough, but the results are really exciting.”* [3]. This statement is hardly a grand revelation, however. Design has always been viewed as a bridge between technology and art [4]. This point is further embellished by Alex Coles in his recent study of the

“Transdisciplinary Studio” [5]. In Coles' work, he points out that: “Artists and designers are now defined not by their discipline but by the fluidity with which their practices move between the fields of architecture, art, and design.” Coles' book examines 4 pioneering transdisciplinary studios - Jorge Pardo Sculpture, Konstantin Grcic Industrial Design, Studio Olafur Eliasson, and Åbåke who all typify undisciplined creative practice that moves seamlessly between historic and outdated disciplines (Figure 1).

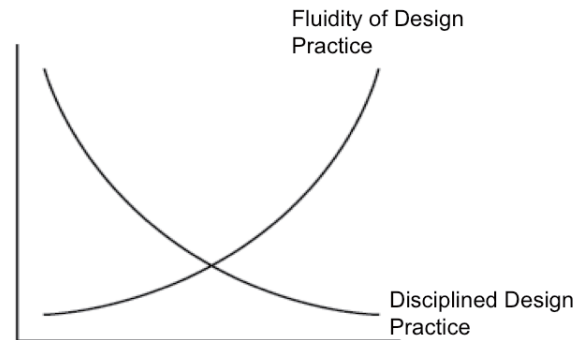


Figure 1: The Paradox of Disciplined Design

Globalisation and the proliferation of the digital has generated other dimensions so we might now need to consider design as “undisciplined” or operating in “another disciplinarity” as the most effective approach to design research. Given the huge escalation in the power and availability of digital technologies in enabling creative expression, designers are rapidly turning into polymaths who are capable of working across many conventional disciplinary borders [6]. It has further been suggested that we are entering “a new Renaissance” period where individuals' capacity to mix technical and creative knowledge like Leonardo da Vinci will become more commonplace [7]. Creative workspaces increasingly resemble scientific laboratories; contemporary creation increasingly makes use of new digital design and production technologies across fashion, performing arts, cinema, music, videogames, architecture, and design in a cut and paste “mash up” evidenced in Coles' study of the transdisciplinary studio practitioners and many others such as Takashi Murakami, Ross Lovegrove, Atelier van Lieshout, Hella Jongerius Studio, and Greyworld. As such, this “other” dimension or “new Renaissance” way of working requires knowledge and skills from several areas including art, design, computer science, engineering and business. The

paradox here is that design as a disciplinary pursuit is moribund. Undisciplined creative practice, based on new ways of working and new methodologies in an inventive “mash up”, typified by fluidity where design researchers move between fields such as architecture, art, and design heralds the way forward. The discipline of design reverses its syntactical meaning and to read the design of discipline, where discipline means to make sure the rules are obeyed. The discipline does the disciplining and research into the discipline is disciplinable.

3 The Easier it Becomes to Design the Harder it is to Design

We are constantly reminded of the ease nowadays of turning our future visions into real products. Personal fabrication systems, it is claimed, give us all the ability to design and produce our own products from the comfort of our very own homes, which will revolutionize the world [8]. Vast technological developments in computing and manufacturing have led to conditions such as agile manufacturing (e.g., using affordable machines like 3-D printers, laser cutters, and small CNCs), low production costs and rapid execution cycles mean it is relatively simple to turn ideas into finished objects ready to be distributed all over the place. Joi Ito, the director of the MIT Media Lab, has coined the phrase - ‘Deploy or Die’ precisely to encourage researchers of the MIT lab and elsewhere to exploit these technological opportunities and to push their projects up to the production stage and beyond the creation of a demo version [9]. However, we should take greater care with design and heed the warning from Dieter Rams - arguably one of the greatest designers of all time – that design is far from easy (Figure 2). Rams, has stated that he is “...troubled by the devaluing of the word design” and that he finds himself “...now being somewhat embarrassed to be called a designer.” [10]. To combat the devalued meaning, Dieter Rams suggests treating the discipline of design very seriously, understanding that design “...is not simply an adjective to place in front of a product’s name to somehow artificially enhance its value.” As a signatory to the “The Munich Design Charter,” published in Design Issues in 1991, Rams knows very well design’s responsibilities in all parts of contemporary life. Rams knows that design

must concern itself with “...*economy as well as ecology, with traffic and communication, with products and services, with technology and innovation, with culture and civilization, with sociological, psychological, medical, physical, environmental, and political issues, and with all forms of social organization.*” It is unfortunate and depressing that, now, 20 years later Rams needs to remind us again “...*that design is a serious profession, and for our future welfare we need to take the profession of design seriously.*...” [11]. One can be forgiven for forgetting this, however as we are continually told by the likes of Donald A. Norman (and others) that “*we are all designers*”.

The easier it becomes to design...

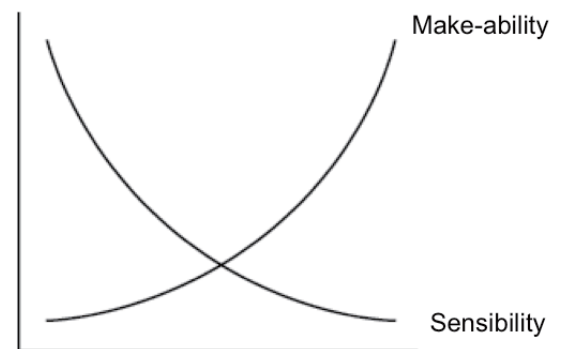


Figure 2: The Easier it becomes to Design the Harder it is to Design

With the emergence of mass-make-ability without products mass-produced by immaterial labour, whatever value that design research had sought to add to what we know needs to be reversed to search for sensibility from what we don’t know.

4 The Claim that Good Design Equals Good Business has Impoverished Design

Given that global debt now stands at \$US200 trillion – three times world GDP [12] – in order to understand good business, balance sheets are futile. Having abandoned the goods that illustrated balance sheets business has settled on the operations of algorithmic super-fast traffic in the cache of ungovernable shadow banking and expects design to churn out innovation. That is, design that is good is now indebted to development strategies that guarantee the possibility of new products that are real, but also products that are no longer definitive, to fuel what Boris Groys describes as “production without a

product” [13]. In this murky world of capital the mantra of the profitable relationship between design and business is persistent, as the Design Council regularly trumpets “Headline figures from Design Council’s new research *The Design Economy* were released yesterday, showing that design contributes £72bn to the UK economy (7.7% of GVA). Design as a discipline benefits and cuts across the whole UK economy, rather than a single industry.” [14]. And the trenchant critiques that oppose this perennial boosterism have been ignored for a long time. From Reyner Banham “The concept of good design as a form of aesthetic charity done on the labouring poor from a great height is incompatible with democracy as I see it.” [15]. Ken Garland’s *First Things First* manifesto (1964) gallantly criticised design’s business acumen only to be reprised naively in 2000 with the spate of manifestoes envisioning a New World post the fall of the Berlin Wall and the triumph of democratic capitalism its fall was purported to symbolise. The critical tone was ramped up by Patricia Conway, who wrote in *Design Quarterly* that design was “...an almost criminal exercise in greed, negligence and wilful destruction.” [16]. It would appear that over fifty years ago design was alerted to the fact that its flair for business had reversed its fortunes and impoverished its expectations (Figure 3).

The impoverishment of design

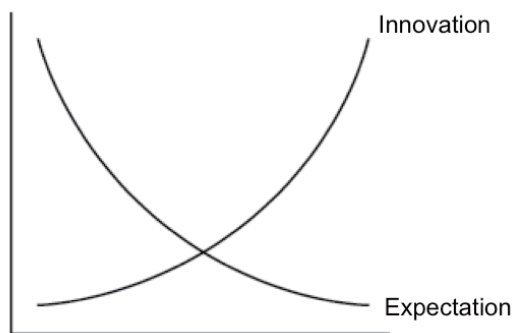


Figure 3: The Easier it becomes to Design the Harder it is to Design

5 Any Originality Claimed by Design is Really Derivative

When Dieter Rams wryly suggested that Apple had only done one thing he had not – to get people to queue for their products – at first it seemed he was simply accepting the sincere tribute in Jonathan Ive’s

admission that he derived the design for Apple products from those of Rams [17]. But more significantly Rams, at the time glad for the renewed exploration of his influential product design, was in fact ridiculing Ive’s derivation. He seemed to be asking - if all Apple could do that was different was get people to queue - then how is that good design? Considering Rams’ possible experience of Germany at the time of his birth, getting people to line up at the end of a long queue could never be considered good design (Figure 4).

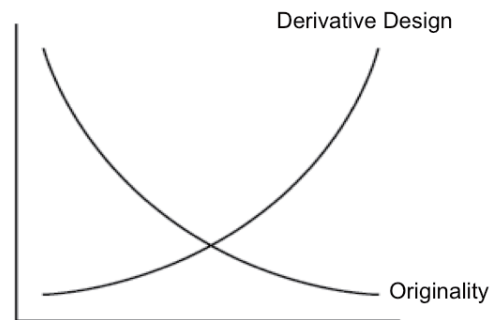


Figure 4: The Paradox of ‘Original’ Design

The irony in Rams’ comment makes apparent the shallowness of applauding Apple’s derivative products. But derivation, always such a pejorative term in design parlance, now seems to be sanctified. It has earned Jonathan Ive a Knighthood. And it occurs at a significant time. The downgrade of the financial stocks of designers coincides with the ‘financialisation’ of the global economy that has turned all exchanges into a product the financial sector dubbed the derivative. The usually informative web seems to revel in the inability of financial experts to describe what the derivative is and how it works, but the general impression is that the derivative is a form of insurance against change—change up or down in a share price. If Rams’ comment about the uselessness of derivatives is ironic then insuring against change in a share price is doubly ironic – neo-liberal economics would collapse if share prices did not change. For the design profession, historically predicated on the project of change, dependent on work from the global flow of capital that is now dependent on insuring against change, this is potentially a terminal development. The search for originality now undermines the originality of the search.

6 The Usefulness of Design Research Resides in its Uselessness

A generation ago Alessandro Mendini wrote a typically cryptic essay entitled “*The Utility of Uselessness*” in *Modo* magazine (he was the editor at the time) concluding with this sentence “*It is useful to think of the uselessness of the useful*”, which serves as a useful reminder to rethink the usefulness of design research (Figure 5). Provided it is agreed that the superficial search for difference is not considered research, then throughout the history of the practice of design the process called research has in general been classified as useless. In the hands of most practitioners, design is useful and research is useless – producing the situation in which form triumphed over content creating a century of imitation that has depleted any usefulness design might have had. If design were to swallow Mendini’s bitter pill it might be useful to think of the uselessness of where and when it had been useful; when design signed up to the seemingly utopian project of imagining a better world on the one island we share. Design has certainly made a better world, but only for those who already own it (now called the 1%) for which Mendini might have written ‘it is useless to think of the usefulness of equality’. By contrast, when it comes to design research, for most of its existence seen by design as useless in its service to liberal capital, it might be useful to consider how useful that uselessness really is. That boils down to one question – can design research help extract design from its Faustian contract with capital (see Good Business below)? This isn’t one of Rittel’s wicked problems. It is an example of Žizek’s unknown known [18] – something we don’t want to admit we know. Design has always been polishing the surface of liberal capital but design research has been deemed useless because it has been scratching at that same surface trying to find relevance by doing something useful like responsibly addressing societal problems. On a populous planet manifesting its limits it is possible that the apparent uselessness of design research might now be useful provided it reverses its investigation into the material of design and investigates the labour of design, which is now immaterial.

The utility of uselessness

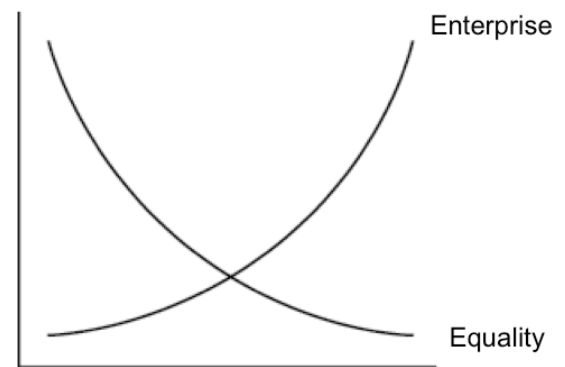


Figure 5: The Paradox of Utility

7 The Claim by Design to be Responsible is Irresponsible

Earlier parts of this paper have illustrated how the disciplinary nature of design has dissolved. Similarly, as the global problems of the 21st century are increasingly complex and interdependent and they are not isolated to particular sectors or disciplines we argue that design needs to be “undisciplined” in its nature or as Mitchell terms it “indisciplinarity” [19]. Furthermore, there might even be a need for the designer to be “irresponsible” because we know that we need more playful and habitable worlds that the old forms of knowledge production are ill equipped to produce [20]. Moving towards an “undisciplined” and “irresponsible” design in an age of “alterplinary” [21] requires an epistemological shift, but this will in turn offer us new ways of fixing the problems the old disciplinary and extra-disciplinary practices created in the first place (Figure 6).

The paradox of responsible design

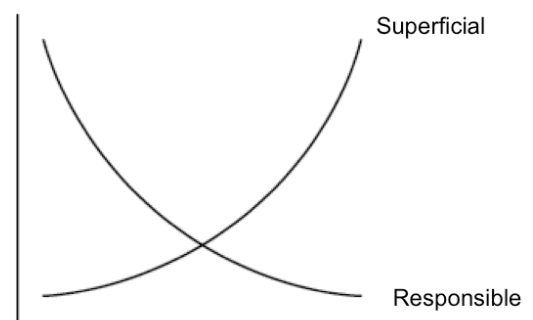


Figure 6: The Paradox of ‘Responsible’ Design

The primary function of design research is to make

us better designers, and generally better informed about the possibilities and limitations of the subject that is design. Moreover, if what we call design is now best described as a superficial instrument in the alter-modern project, it is easy to see why the academy might be concerned about its research outputs in this contaminated territory. Instead of audited research we counter-propose “undisciplined” research requiring someone we call the “irresponsible researcher”, who is someone finding their own way through the slush of what were once the design disciplines, and for whom not knowing is an invaluable aid to getting through it.

Also, not knowing is important because the core framework can only be assembled as a temporary platform for each projection and should never become a platform that we say we know and can omit because it is known. As Dilnot [22] describes, research referring to knowledge of a history of design is few and far between (in fact eschewed to clear a space called the future). Moreover, the absence of an understanding of why the trajectory of the here-and-now is the basis of what-might become has tended to lead to a dependence on methodology to construct a platform for the projection of what-might-not-become or serial reproductivity. Again, this dependence on method is symptomatic of a field in crisis [23], which can only be confronted by the irresponsibility of not knowing.

The fragmentation of distinct disciplines, including those located in traditional art and design contexts, has shifted creative practice from being ‘discipline-based’ to ‘issue- or project-based’ [24]. This shift has emphasised and perhaps encouraged positively “irresponsible” practitioners, who purposely blur distinctions and borrow and utilise methods from many different fields. Design research, therefore, has shifted from being ‘discipline-based’ to ‘issue or project-based’, and undisciplined and unknowing practitioners will be best placed to make connections that generate new methods and to identify ‘other’ dimensions of creative research, practice and thought that is needed for the contemporary complex and interdependent issues we now face. Without discipline, design research is now defined not by method but by the fluidity with which it operates between creative and other historical fields.

8 Design’s Devotion to Sustainability is Unsustainable

There is general misconception about which end of the cow produces the methane contributing to global warming – front or back? The answer is ‘front’ – cows belch methane, and it appears that this is important to know if you want be serious about sustainability. But this seemingly innocuous question is very revealing about the way sustainability is framed. The real ‘end’ we should be questioning is which end of the global animal known as liberal-capitalism produces unsustainability? Clearly, it is the ‘big end’, but the sustainability agenda seems to be aimed at the ‘little end’, and this agenda does not appear to have had much impact on the unsustainable practices of the liberal-capital flow of waste fuelled by its ability to endlessly invent money in the form of debt. We expect the cow farts methane (wrong we are told – it burps methane), and the sustainability agenda demonstrates that consumers can be persuaded to politely burp sustainability, while capitalism farts unsustainability. The confusion tricks the naïve consumer into thinking that now they know the answer to sustainability, and are palpably relieved they won’t have to deal with millions of farting cows, they are prepared to take total responsibility for making the planet a better place. In the end what is more bovine? Sustaining the protection of the perpetrators of unsustainability, or perpetrating sustainability on the unsuspecting?

The paradox here is that business is well aware of its responsibilities and liabilities in designing appropriate end-of-life strategies as well as considering the life cycle environmental, health, and safety impacts of their products. However, increasing the end-of-life value of products decreases the benefits (usually profit) to the company [25]. As such, there appears little or no motivation to address the real perpetrators of unsustainability as design research opts to conceal rather than confess (Figure 7).

The ignorance of design

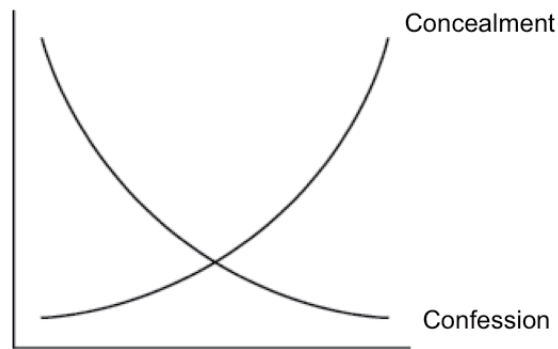


Figure 7: The Paradox of 'Sustainable' Design

9 Rethinking the Reversification of Design Research

John Lanchester revealed that money speaks in reverse meanings and the dependence of design on this money has reversed the meanings once attributed to design. As a way forward for design research, the authors propose a 4 point manifesto for the condition contemporary design finds itself in based on earlier work. That is, a situation where evolving muddles of practice alters conventional disciplinary boundaries and creates new terrains of creative opportunities. The manifesto acknowledges the mess of contemporary thought and action in the multitude of design research manifestations.

9.1 Acknowledge What You Don't Know

The "known" and "understood" are the antithesis of what contemporary design research should be looking for. Kenya Hara in his concept of "Exformation" states that both "known" and "understood" are horrible concepts, which usually lead to work (research) that have nothing new to offer the world [26]. Alternatively, to succeed, Kenya Hara in his concept of "Exformation" suggests one has to look for the unknown consciously and acknowledge how little we really know.

9.2 Take Design Research Seriously

One of the greatest designers of all time, Dieter Rams, has stated that he is "...troubled by the devaluing of the word design" and that he finds himself "...now being somewhat embarrassed to be called a designer." [10]. To combat the devalued meaning of design, we need to take design research seriously, understanding that design "...is not simply an adjective to place in front of a product's name to

somehow artificially enhance its value." As a signatory to the "The Munich Design Charter," published in *Design Issues* in 1991, Rams knows that design must concern itself with "...*economy as well as ecology, with traffic and communication, with products and services, with technology and innovation, with culture and civilization, with sociological, psychological, medical, physical, environmental, and political issues, and with all forms of social organization.*" It is depressing that, now, over 20 years later Rams needs to remind us "...*that design is a serious profession, and for our future welfare we need to take the profession of design (research) seriously...*" [11].

9.3 Be Sure What We Want

A new approach for design research is required that reconnects design with its historic project. That is, to imagine change. Contemporary forms of design research need to re-engage with the unavoidable question for design researchers - what kind of world do we want? And design needs to break from its current fixation with capital that is manufacturing a world no-one wants.

9.4 Design Without Reproach

Design's *raison d'être* is to disrupt, contest, direct, respond, provoke and project. Contemporary forms of design research are typified by work that purposely blurs disciplinary and conceptual edges that has shifted methods from being 'discipline-based' to 'issue- or project-based' [24]. These forms of design research will generate new methods and identify 'other' dimensions of design research, activity and thought that are needed for the complex, interdependent challenges we now face.

10 Conclusions

Contemporary forms of design research have been superseded by a condition where conventionally defined disciplines have been smashed. In this era where design research is typified by fluid, mutating patterns of practice that regularly stretch across, move beyond and transfigure historical disciplinary and conceptual boundaries, we posit that design research is no longer 'amid', cannot be measured 'across', nor encompass a 'whole' system. In short, this

disciplinary turn has generated an ‘other’ dimension — an alternative disciplinarity - an ‘*alterplinary*’ we have described elsewhere [21]. Moreover, design research’s reliance on the ‘exhausted’ historic disciplines as the boundary of our understanding has been superseded by a boundless space/time that we call ‘*alterplinary*’ (Authors, 2013). The fragmentation of distinct disciplines has shifted design research from being ‘discipline-based’ to what we would suggest is more appropriately defined as ‘issue- or project-based’ [24]. Consequently, this paper presents a 4 point manifesto for future design research where the emphasis is on understanding how little we know and recognising that the unknown is a necessary condition for the beginning of any research project. That is, as design researchers we should focus on what we don’t know and move away from current models of design research that largely result in imitation and derivation as the norm, whilst reminding ourselves that design must be taken seriously at all times. This seriousness is inherent in the new strategy we require for design. A strategy that reconnects design with its historic project - to imagine change and to answer the unavoidable question - what kind of world do we really want? Design research desperately needs to find ways of us being together on such a populous planet in such unprecedented proximity staring at many other major crises. Thus, in conclusion, design research now needs to disrupt, contest, invent, direct, coordinate, respond, provoke and project. The complex and interdependent issues we face today need undisciplined and irresponsible design researchers who act in productively irresponsible ways. However, we must design and research with care and remember that, like design, the purpose of care is to affect the way we live. Finally, design researchers need to confront what most of them avoid – the past - and also accept that if design research no longer needs an idea, should design research still participate in the idea of design?

References

- [1] Lanchester, J. (2014). “Money Talks: Learning the language of finance”, *The New Yorker*, Aug, 4th, pp. 32.
- [2] Hauffe, T. (1998). *Design: A Concise History*, Laurence King, London.
- [3] West, D. (2007). A new generation. *Icon*, 43 (January), pp. 56 - 64.
- [4] Flusser, W. (1999). *The Shape of Things – A Philosophy of Design*, Reaktion Books Ltd., London.
- [5] Coles, A. (2012). *The Transdisciplinary Studio*, Sternberg Press, Berlin.
- [6] Seymour, R. (2006). Heads or tails. *Design Week*, 21 (36), pp. 19.
- [7] Gehry, F. (2008, November 22). Financial Times.
- [8] Gershenfeld, N. (2007). *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop - From Personal Computers to Personal Fabrication*, Basic Books, New York.
- [9] Rowan, David. 2012. “Open University: Joi Ito Plans a Radical Reinvention of MIT’s Media Lab.” *Wired UK*. Accessed 7th September, 2015 from: <http://www.wired.co.uk/magazine/archive/2012/11/features/open-university>
- [10] Warman, M., (2011) “Dieter Rams: Apple has Achieved Something I Never Did”, *The Telegraph*, 7 June, 2011. Accessed 11th March, 2014 from: <http://www.telegraph.co.uk/technology/apple/8555503/Dieter-Rams-Applehasachieved-something-I-never-did.html>
- [11] Rams, D. *et al.* (1991). ”The Munich Design Charter”, *Design Issues*, Vol. 8, No. 1, pp. 74 – 77. Authors. (2011). Conference Paper.
- [12] Mason, P. China’s currency gambit and Labour’s debate about quantitative easing: old and new ways to cope with economic crisis, *the guardian*, Accessed 17th August 2015 from: <http://www.theguardian.com/commentisfree/2015/aug/16/china-labour-debate-currency-economic-crisis>
- [13] Groys, B. (2012). “Under the Gaze of Theory”, *e-flux journal*, 35.
- [14] Coldrick, A. (2015). The Design Economy: New Design Council Evidence on the Value of Design, Design Council, 18th September.
- [15] Banham, R. (1960). “The End of Insolence”, *New Statesman*, In N. Whiteley, *Reyner Banham: Historian of the Immediate Future*, MIT Press, Cambridge, 2002, pp. 313.
- [16] Conway, P. (1973). “Industrial Design USA: Human Systems”, *Design Quarterly*, 88, 5.

- [17] Warman, M., (2011) “Dieter Rams: Apple has Achieved Something I Never Did”, *The Telegraph*, 7 June, 2011, Accessed on 11th March 2014 from <http://www.telegraph.co.uk/technology/apple/8555503/Dieter-Rams-Applehasachieved-something-I-never-did.html>
- [18] Žižek, S. (2010). *Living in the End Times*, Verso, London.
- [19] Mitchell, W. J. T. (2009). Art, fate, and the disciplines: Some indicators. *Critical Inquiry*, 35 (4), pp. 1023 - 1031.
- [20] Marshall, J., and Bleecker, J. (2010). Undisciplinarity. In P. Rodgers and M. Smyth (Eds.), *Digital Blur: Creative Practice at the Boundaries of Architecture, Design and Art*, Libri Publishing, Oxon, England, pp. 216 - 223.
- [21] Bremner, C. and Rodgers, P.A. (2013). ”Design without Discipline”, *Design Issues*, Vol. 29, Issue 3, pp.4 – 13.
- [22] Dilnot, C. (2009). ”Some futures for design history?”, *Journal of Design History*, 22 (4), pp. 377 - 394.
- [23] Law, J. and Urry, J. (2004). “Enacting the Social”, *Economy and Society*, 33 (3), pp. 390 – 410.
- [24] Heppell, S. (2006). RSA lectures: Stephen Heppell – learning 2016 [Video file]. Available from: <http://archive.teachfind.com/ttv/www.teachers.tv/videos/stephen-heppelllearning-2016.html>
- [25] Matthews, H.S. and Chambers, G.C. (1997). “Unravelling the Environmental Product Design Paradox”, *Proceedings of the 1997 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 5th – 7th May 1997, San Francisco, CA, pp. 13 – 18.
- [26] Hara, K. (2007). *Designing Design*, Lars Muller Verlag, Zurich.

アジャイル開発技術者育成教育における評価方法と 修士課程カリキュラムへの導入

中 鉢 欣 秀*

Evaluation in Agile Development Engineer Education and Implementation in Master Course Curriculum

Yoshihide Chubachi*

Abstract

Agile development engineer education is required by a software industry in Japan recently. To implement such education in master course curriculum is big challenge for universities since they must update their education contents. We have introduced a novel PBL style education program for master course students in AIIT. We discuss the education method implementation and its evaluation system to estimate the learner's skill improvements.

Keywords: Agile Development, Agile Developer Education, Project Based Learning, enPiT

1 はじめに

本論文では産業技術大学院大学(以下, AIIT)における実践的なアジャイル開発技術者育成について述べる. 特に, 学習者が獲得した能力の評価の方法, 修士課程のカリキュラムとしての実装について述べる. 論点は, 次の2つである.

- 1) ソフトウェア開発手法を学ぶ PBL において, その学習の成果は開発手法を実践できる能力を学習者が獲得できたかどうかである. しかしながら, PBL における学習者の評価の場で, 学習者の能力の向上を根拠に基づき判断することは難しかった. そのため, 評価しやすい開発したプロダクトの評価をもって代替することが行われる. そこで, ここでは学習者が獲得した実践的能力を評価する方法について提案する. 学習者は自ら評価基準を設定して評価者に提示し, 頻繁な振り返りを通じた改善の成果をその評価の根拠とする. AIIT における実践的 Scrum 技術教育の取り組みの一環である実際の事例に基づきこの教授法の有用性について論じる.
- 2) 2013 年度から開始された enPiT において, 産業技術大学院大学ではアジャイル開発人材育成のための教育プログラムを開発した. アジャイル開発で必要となる能力を, マインドセットとスキルセットの観点から学習する体系的な教育パッケージとなっている. 本学では, 2017 年度より修士課程の授業科目にこれを導入し, 継続的に実施している. 本論文ではこの取り組みについて述べる.

なお, 本論文は文献[8][9]を再構成したものである.

2 AIITにおける実践的Scrum技術者教育の取り組み

ソフトウェア開発手法の習得を目的とする学習において, その教育の成果とは, 学習者が自ら学んだ手法を実践できる能力の獲得である. すなわち, 何らかのソフトウェア開発の方法を学んだことで, ソフトウェア開発の現場で遭遇する実際の課題を学習者がより上手に解決できるようになったのかどうか, ということこそが教育の効果だ.

近年, 実践的なソフトウェア開発手法の習得方法として PBL(Project Based Learning)が普及してきた. ところが, 一般に PBL の成果として評価されるものは, 学習者自身の学びよりも, プロジェクトで開発されたプロダクトの質に注目することが多いのではないかと.

確かに, 学習者が上手にソフトウェアが開発できるようになったのならば, 当然ながら開発されたソフトウェアの質も良好であるはずだ, という考えもできる. しかしながら, 仮に開発したソフトウェア自体の魅力は乏しくとも, 学習者が今後に活かすことのできる多くの知恵や知識を身につけたならば, 教育の場としての PBL は学習者にとって価値あるものであったと言える.

換言すれば, 例え機能や見た目の出来具合が素晴らしいプロダクトが開発できたとしても, それが何ら体系的なプロセスに従うことなく, 締め切り間際に徹夜を続け, 体力任せで完成させたものであるならばプロジェクトとしては失敗であると評価されてもよい.

本研究では, PBL は学習者の学びの場であり, その評価

の対象は学生の成長そのものであるという立場に立つ。その上で、PBL においてプロダクトではなくプロジェクトとしての評価をある程度の客観性を持って実施する方法について提案する。

リサーチクエストンとして、学習者が自ら評価基準を作成して評価者に提示し、頻繁な振り返りから得た気づきとそれによる改善の成果を根拠として自己評価を行うことでプロジェクトに対する妥当な評価を行うことが可能かどうかを探る。

この事例として 2016 年度に産業技術大学院大学(以下、AIIT)の修士課程 2 年生を対象として筆者が指導した PBL を取り上げる。本文中の図表の一部は 2016 年 8 月に実施した PBL 前期発表会において学生が作成した資料からの引用である。

3 AIITにおける実践的スクラム技術者教育

本節では、本研究の背景として AIIT で実施している enPiT プログラムについて述べる。AIIT では enPiT プログラムの一環としてアジャイル開発の手法として現在主流となっているスクラムを学ぶコースを実施している[2][3][4][5]。

このコースではアジャイル開発手法の習得を最大の目的としている。これに注力するためにプロダクトの開発に用いる技術的知識は限定している。最終的なプロダクトとして全チーム Web アプリケーションを開発する。そのために用いる言語は Ruby であり、Ruby on Rails をフレームワークとして用い、動作環境は Heroku と決められている。

enPiT 関連科目を図 1 に示す。

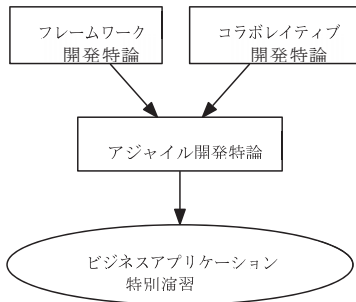


図 1 AIIT で開講する enPiT 科目

フレームワーク開発特論では大規模アプリケーション開発に必要なコンポーネント技術を学ぶ。コラボレイティブ開発特論では、チームでの協同開発に用いる GitHub を中心としたクラウド技術を取り上げる。アジャイル開発特論では、アジャイル開発手法スクラムを学び、ビジネスアプリケーション演習で PBL を実施する。

2016 年度で enPiT も最終年度を迎え、1 年次に enPiT 科目を受講した学生が 2 年次の修士課程 PBL に参加する

ようになった。今回事例として取り上げる PBL は、6 名のメンバーのうち 1 名は enPiT プログラムの修了生からなるプロジェクトである。

4 事例のPBLにおける学習の方法

4.1 PBLでの学習法における 2 本の柱

今回事例として取り上げる PBL は、AIIT の修士課程 6 名からなるチームで実施したものである。スクラムによるソフトウェア開発を実際に行い、実践的なソフトウェア開発手法を学ぶ。

ここではプロダクトよりもプロジェクトの進め方を大事にし、何を作るのかではなく、どう作るかに焦点をあてる。また、教師が教えるのではなく、学習者が自ら学ぶことに重点を置く。

この PBL における学習は図 2 に示す 2 本の柱で構成する。

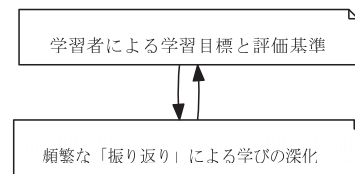


図 2 PBL での学習法の 2 本の柱

第 1 の柱である学習者による学習目標と評価基準は学生自らが設定する。ただし、その内容は評価者が納得するものでなくてはならない。また、第 2 の柱である頻繁な「振り返り」による学びの深化はチーム全員で行う。そこでは解決すべき課題を明らかにし、プロジェクトそのものの改善を継続する。その改善の結果を根拠として、自ら設定した評価基準に対してどの程度の学習成果を得たのか判断する。

4.2 学習者による学習目標と評価基準

本 PBL を実施する目的はアジャイル開発手法としてのスクラムを実践し、そのエッセンスを掴みとることである[6]。このことは、学生が PBL を選択する際に参照するシラバス(2016PBL 説明書)にて全学生に予め提示してある。このため、この PBL に参加した学生の間で学習目的についての合意はできている。しかし、より具体的な学習目標となると学習者個人が期待している内容がチーム内で異なっている可能性が高い。特に、本学の修士課程に在学している学生は社会人の割合が多い。また、出身大学(学部)での専攻も様々である。そのため一言で「ソフトウェア開発手法を学ぶ」と言っても各自の具体的な興味関心は多様だ。

とりわけ、チーム学習である PBL では、参加する学習者が学ぶ内容の方向性をできるだけ揃えておくことが望ましい。このため、本 PBL ではプロジェクトを通して獲得する学習目

的を明確にし、それらの到達度を評価するための基準を学習者自身が設定することとした。

この基準はチームで合意を得たものでなくてはならない。チームではそのための議論を行い、学習目標に対する合意を形成する。このことを通して、チームとしての学習目標をより明確にする。

このように学習目標が定まることで、学習の成果の度合いを測るための評価基準が設定できる。この評価基準は、学習者が自らの達成度を測るために利用する。

加えて、PBL での学びを評価する評価者(主に教員や外部評価者など)ともこの評価基準について合意しておかなくてはならない。学習目的との整合性を含め学習者は自分たちで設定した評価基準の妥当性を示し、評価者が納得できる基準となるようにする。

4.3 頻繁な「振り返り」による学びの深化

ソフトウェア開発手法であるスクラムはスクラムガイド[1]で定義されている。そこにはチームにおける役割分担や、スプリントと呼ばれる開発サイクルを核としたプロセスが記述されている。これらのルールを理解するだけであれば、わずか17ページのガイドブックを頭に入れればことが足りよう。

しかしながら、筆者の見立てではスクラムを行う開発チームにとって真に困難なのはチーム全体の効率と最適化に関することであろう。ガイドによると開発チームは自己組織化され、機能横断的であることが特徴であるとされる。ただし、この状況を実際に達成することは容易ではない。

スクラムマスターは開発チームを自己組織化・機能横断的になるようコーチする。また、スプリントレトロスペクティブを実施し、改善計画を作成するとされる。ところが、スクラムガイドにはその具体的な方法について詳細な言及はない。

これを補完するために、スクラム開発チームでは KPT[7]と呼ばれる振り返り手法を実施する。KPT とは Keep/Problem/Try の3つの単語の頭文字を繋げたものであり、やって良かったこと(Keep)、問題となったこと(Problem)、やってみたいこと(Try)を整理することで、改善のための手がかりを得る。

この手法は簡便であり、実施することもさほど難しい。ただし、KPTを実施することは、その事自体が目的なのではない。あくまでもその結果からチームをより良くする改善が実施されなくてはならない。このことを踏まえ、本 PBL では KPT による振り返りを毎回のミーティングで行うことに加え、前述の評価基準に照らしてどの程度の改善が行われ、評価がどのように上がったのかを常に意識するようにする。

5 学生の気づきに基づく学習の成果

5.1 2本の柱に基づく学習成果の評価

ここでは、本事例のチームがどのような学習目的を設定し

て、どのような評価をしたのかについて記す。これは、前期発表会においてメンバー発表した内容をもとに、筆者が加筆したものである。

以下、2本の柱のそれぞれについて、学習者による学習目標と評価基準の結果では学習者が設定した評価基準と評価の結果について、5.3 では振り返りに基づく評価結果への根拠づけについて述べる。

5.2 学習者による学習目標と評価基準の結果

学習成果の評価基準として学習者は、スクラムガイドを精読したうえで、表1に示す6つの評価基準を設定した。

表1 スクラム理解度の評価基準

項番	評価基準
1	顧客の要望を満たすソフトウェアを提供できること
2	要望を満たすための作業を詳細化できること
3	チームを継続的に改善できること
4	作業を成し遂げるための最善の策を自分たちで選択できること
5	開発ツール、プロセスを使いこなせること
6	未経験の技術に挑戦し知識を身につけること

本節では、表の評価基準1~2について学習者が振り返った結果について述べる。3については次節で述べる内容と関連するため、そこで取り上げる。4~6については機会を改めて述べることにしたい。

5.2.1 評価基準1:顧客の要望を満たすソフトウェアの提供

評価基準1の顧客の要求を満たすソフトウェアを提供できるようになることは、アジャイル開発における一般的な目標である。このことが達成できたかどうかの判断材料として、スクラムではプロダクトバックログの内容に着目することができる。

スクラムガイドによると、プロダクトバックログとは「プロダクトに必要なものがすべて並べられた一覧」である。これらはユーザに対して価値を提供するものであり、ユーザの立場で作成すべきである。

しかしながら、チームが初期に作成したプロダクトバックログにはこの視点が不足していた。図3に、プロジェクトの初期に学習者が作成したプロダクトバックログの一部を示す。

例えば、図に「トップページが表示できるようにする」という項目がある。これは技術的なタスクであり、トップページが表示ができるようになることでユーザに対してどのような価値が提供できるのかが述べられておらず、顧客の観点で作成したプロダクトバックログとは言えない。

PBLではレビューの場でこのような誤りを指摘することで、学習者は次第にユーザの視点を意識することができるようになっていった。図4はこの点を改善したプロダクトバックログ

である。顧客の言葉で分かりやすく書いたプロダクトバックログアイテムに加え、顧客から見た価値が高い順につけられた優先順位とストーリーポイント法による見積もりも記されている。

ただし、特に技術的に難易度の高そうなプロダクトバックログのアイテムについて議論しているときは、どうしても技術者の目線になってしまい、ユーザにとって価値のない機能ができてしまったこともあったと振り返った。

また、ユーザからの価値を意識する際、単に機能として実装するだけではなく、使いやすいユーザ・インタフェースを提供することの必要性についても気づきを得た。

番号	バックログ item	完了の定義	見積
1	トップページが表示できるようにする	タイトルメタデータ、素材入力フォーム、お席の選択 (プルダウン)、検索ボタンが表示されること。	3
2	素材を入力できるようにする	テキスト入力フォームを用意し、入力が可能	2
3	入力した素材で検索できるようにする	検索ボタンを押下できるようにする。押下後、検索リクエストを送信されること	2
4	検索結果画面を表示できるようにする	検索結果が表示されない状態で、テストデータとして5件リスト表示、タイトル、画像、分量、材料、お席アイコンが表示	5

図 3 ユーザ視点ではないプロダクトバックログ



図 4 ユーザの視点を意識したプロダクトバックログ

5.2.2 評価基準 2:要望を満たすための作業の詳細化

次に評価基準 2 の、要望を満たすための作業の詳細化について述べる。

スクラムでは毎スプリントごとに、プロダクトバックログのアイテムのうち優先順位の高いものから実装をすすめる。プロダクトバックログのアイテムを完成させるために必要となるタスクはスプリントバックログとして整理する。

図 5 に、スプリントバックログの例を示す。スプリントバックログの作成方法は、基本的には、優先順位の高いアイテムから順にスプリントで実施可能なものを取りだし、それぞれをタスクに分解する。

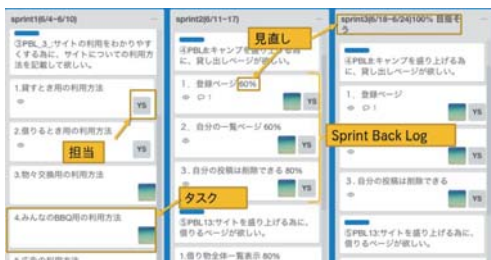


図 5 スプリントバックログ

スプリントの完了時点で、理想的には全てのスプリントバックログの中身が完了する。これにより、選んだプロダクトバックログアイテムが実現され、プロダクトがユーザに提供する価値が高まる。

この一連の作業が、要望を満たすための作業の詳細化である。このことについて、チームメンバーは基本的な管理作業はできるようになったと評価した。この評価が妥当かどうかについては、チームが作成したバックログと実際に動作するプロダクトをもって確認することができる。

また、単に、プロダクトバックログを詳細化すればスプリントにおけるチームのタスクが全て抽出できるわけではない、ということの気づきも得ている。例えば、技術習得や調査の作業が該当し、スクラムではスプリントバックログでこれらのタスクを管理できることを学んだ。

5.3 頻繁な「振り返り」による学びの深化の結果

5.3.1 頻繁な振り返りとチームの改善

ここでは、本 PBL の学習法のもう一つの柱である頻繁な振り返りについて、前節の表 2 で述べた評価基準 3 のチームを継続的に改善できることの結果とあわせて述べる。

5.3.2 評価基準 3:チームを継続的に改善できること

PBL では、開始当初より毎回のミーティングの終わりに KPT による振り返りを実施した。初回のみ教師が KPT のやり方をレクチャーし、その後はメンバーのみで行った。ツールとしてホワイトボードとマーカーを利用した。プロジェクトを通した振り返りの記録のごく一部を図 6 に示す。

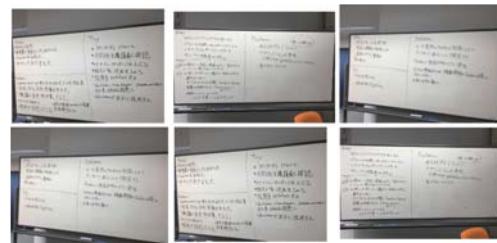


図 6 KPT による振り返りの記録

学習者は KPT を通して自発的に様々な気づきを得た。発見した課題を自ら改善した例として「役割が固定」していたことがあげられる。これはメンバーでディスカッションをする際、ファシリテーターや議事録係などの役割が固定してしまうと議論に参加して発言するメンバーが偏るといった問題が生じる。このため、役割はローテーションさせ、そのような偏りが起きないように工夫した。

6 事例から得られた知見に関する考察

ここまで、本 PBL 事例において実施した学習法と、その結果について述べた。本節では、この事例における PBL 型の学習での学びについて考察する。

はじめに、学生自らが学習目標を設定したことについては、チーム内で何を学習するべきかをより明確にすることができた。もともとソフトウェア開発手法を学ぶことが本 PBL の目的であったが、Ruby on Rails などの Web アプリケーション開発技術の取得に関心が向きがちな面もあった。その状況を、あくまでも開発手法を学ぶのだという方向性で意識合わせすることができたのもこの成果といえよう。

また、成果発表会では、学生が設定した学習目標を評価者に対して明確に示すことができた。このことは評価者に対して、プロダクトではなくプロジェクトを評価してもらいたいというメッセージとなった。評価者にとってもチームが何を学ぼうとし、どこを評価して欲しいかが分かりやすかった。

頻繁な振り返りを KPT で実施したことについても良い効果があった。もともと、本学の修士課程での PBL においては、毎期ごとに個人レポートとして「セルフアセスメント」を実施している。しかしながら、時間に追われがちな社会人にとっては個人作業で深い振り返りを行うことは難しい。KPT であればそれほど時間も手間もかからずに実施でき、チーム全体で行うため基本的に全員が参加することになる。このことも学生の学びを深めることに大いに貢献した。以上見てきたとおり、学生自らが学習目標を設定して明示することと、頻繁な振り返りを行うことで学習した内容をよりじっくりと振り返るこの学習法の効果は明確に現れた。

しかしながら、実際には学習目標の合意形成に時間がかかり、全ての項目が定義できたのは前期の活動の後半になったなど、実施にあたって改善すべき点も残されている。

7 アジャイル人材教育の大学院修士課程への導入

ソフトウェア開発方法論としてのアジャイル開発は、近年産業界への普及が著しく、この新しい方法論をマスターした人材(アジャイル開発人材)が求められている。大学においても、ソフトウェア開発技術者教育の一貫としてアジャイル開発人材の育成が急務である。

2013 年度より開始した「分野・地域を越えた実践的教育協働ネットワーク(通称: enPiT エンピット)」では全国の 15 大学が中心となり、修士課程在籍学生を主たる対象として実践的 IT 人材の育成プログラムを実施した。また、2017 からは主に学部 3~4 年生を対象にしたプログラムとしてこれを継続している(enPiT2)。

産業技術大学院大学(以下、AIIT)では enPiT 開始当初よりアジャイル開発に注目し、大学における PBL 型教育においてアジャイル開発人材育成のための教育手法について検討し、実施してきた。毎年、教育内容の改善を行い、よりよい教育パッケージを目指して開発してきた。

以下、AIIT においてこの 5 年余り開発に取り組んできた、大学におけるアジャイル開発人材育成のための教育パッケ

ージについて紹介し、修士課程の授業科目として継続的に実施していることについて述べる。

8 アジャイル開発人材育成の教育

従来のウォーターフォール型開発では、上流工程から下流工程へ至る定められたプロセスが定義されている。これに対して、アジャイル開発には、そのような定式化されたプロセスはない。アジャイル開発の一手法(フレームワーク)であるスクラムでは、役割やイベントなどの用語についてある程度定義されているものの、実際にどのように実施すればよいかについては言及されていない。

アジャイル開発には、開発チーム自らがより良い手法を考えて振る舞い(自己組織化)、常に課題とその解決策を発見し(継続的な改善)、互いを尊重して協調する(心理的安全)といった概念が組み入れられている。これらを通して、チームとしての生産性の向上を図り、より上手にソフトウェア開発ができるようになることが、アジャイル開発人材には求められている。

これらの能力は、単に教科書を学習しただけで得られるものではない。実際に開発プロジェクトを実施し、その場において学習者が得る経験によって深く身につくものである。

アジャイル開発人材が実践的な能力を獲得するには、このようなアジャイルの概念を学んだ上で、実際にアジャイルに振る舞えるようになる必要がある。そのための教育方法として、従来型の講義や、シナリオのある演習では難しい。

そこで、AIIT はアジャイル開発を実施する PBL(Project Based Learning)と、その準備としての事前学習からなるアジャイル開発人材育成パッケージを開発した。このパッケージでは、アジャイル開発で学ぶべき内容を「マインドセット」と「スキルセット」に大別し、それらを体系的に学ぶことのできる内容となっている。

以下、これらの概要を述べる

8.1 アジャイル開発マインドセットの学習

アジャイル開発では、チームの生産性を向上させるために、常にチーム自体を改善する。改善は一度限りで終わるものではなく、繰り返し継続的に行う。このためには定期的かつ頻繁な振り返りの機会を設け、改善点を発見し、改善策を考えられるようにならない。

そこで、学習者に対しては振り返りの方法と、振り返りの結果から実際にチームの活動を改善する一連の流れを経験させ、改善を実施するためのマインドセットが身に着くようにする。

これを実施するには、短いタイムボックス(5分~1時間)を設け、タイムボックスの間で何らかのチーム作業を行い、タイムボックスが経過したら振り返りを実施して、次のタイムボックスでのチーム作業を行うというワークショップが効果的である。

このようなワークショップの例として、「紙飛行機を作成する」ワークショップがある(2)。これは、課せられた制約(ルール)のもとで、チームメンバーが協力してできるだけ多くの、よく飛ぶ紙飛行機を作成するというものである。

紙飛行機を作成するタイムボックスは任意であるが、例えば 5 分で当初 2~3 機しか成功しなかったチームが、繰り返し(5 回程度)改善を行うことで 20 機以上も成功できるようになる、といったことが発生する。このようなことを実際に体験することで、振り返りの意義や、具体的な改善方法について体得できる。

また、振り返りの具体的なやり方として「KPT (Keep Problem Try)」を紹介し、演習において実際に実施してもらう。これも複数回繰り返すことによって、課題を発見し、解決に導くための能力の向上を図る。

アジャイル開発はソフトウェア開発の方法論ではあるものの、人が構成するチームが協調し、チームとしてより上手にもつくりができるようになることが本質である。これには、単に技術的知識を知るのではなく、ある種の「心構え」を身につけることが重要だ。そのために、ワークショップを中心にアジャイル開発のマインドセットを学ぶ科目として構成している。

8.2 アジャイル開発のスキルセット

アジャイル開発において重要なマインドセットを学ぶと共に、実際にチームで円滑に開発作業が実施できるようになるためのスキルセット(技術)についても学習する必要がある。

ソフトウェア開発のためのプログラミング言語の習得はもちろん必要であるが、一方で、チーム開発を円滑にするためのツールについても学ぶ必要がある。複数人からなるチームがソースコードを共同で編集する場合、編集内容のマージや、同一箇所を変更した場合のコンフリクトの解消などが必要となる。

そこで、近年、ソースコードのバージョン管理システムとしてデファクトスタンダードとなっている Git と、クラウド型 Git サーバである GitHub を用いたコラボレイティブなソフトウェア開発のためのスキルを身につけておくと、チーム開発が円滑になる。

これらを身につけるため、チームで実際に小規模なソフトウェア(簡単な静的 Web ページでよい)を作成する演習を用意した。チーム開発は一人で学習することはできないため、このような場を提供することで、チーム開発におけるスキルセットを身につけることができる。

8.3 アジャイル開発PBL

以上のマインドセット及びスキルセットの学習を踏まえ、PBL を実施する。PBL はチームごとに開発するアプリケーションを企画し、スクラムによって実際に実装する。

この PBL で最も重要なのは、定期的なレビューと振り返りである。レビューでは顧客の視点で、開発したプロダクトについてコメントする。また、振り返りの結果としての課題や改善

策についてクラスルームで共有する。

これを繰り返すことで、チーム自体が改善され、より良い成果物が生まれるようになる。

9 修士課程科目としての導入

ここまで述べた enPiT で開発した教育プログラムを、AIIT では 2017 年度より修士課程の授業科目として設置している。PBL に関しては、本学は開学以来修士課程 2 年生の必修科目として実施しているので、PBL の事前学習科目として以下の 3 科目を用意した。

「アジャイル開発特論」では、アジャイル開発のマインドセットについて取り扱う。講義と演習(ワークショップ)を通して、アジャイル開発のチームメンバーとしてどのように振る舞えばよいかを学ぶ。

「コラボレイティブ開発特論」では、チームによる共同作業を実施するために Git/GitHub の使い方を学び、クラウド環境で実行できる簡単な Web アプリケーションをチームで開発する。

「フレームワーク開発特論」では、本格的な Web アプリケーション開発に利用できるアプリケーションフレームワークについて取り扱う。Ruby on Rails を題材に、実用的なフレームワーク開発について深く学習する。

10 おわりに

本論文では、ソフトウェア開発手法を学ぶ PBL の評価手法について、頻繁な振り返りとそれに基づく改善の蓄積を根拠として、学習者がみずから設定した評価基準により学習成果を評価する方法について提案した。

事例として取り上げた PBL でこの方法を適用したところ、学習者に対する評価手法として機能することが確認できた。それに加えて、学習者の学びを更に深める効果もあるとの感触も得た。

今回は最初の試行でもあり、改善の余地は大いにある。評価基準についてはより詳細化し、細かく点数化できるようにすればより精度の高い評価が行えるようになる。将来的には、開発手法を学ぶ PBL のためのルーブリックとして構成することも検討したい。

事例として紹介した PBL は、2016 年度後半も同じチームで活動を継続する。今後、研究そのものも改善を繰り返し、より良い教授法となるようにしたい。

また、本学において 2013 年度より開発してきた enPiT の教育プログラムは 2017 年度より修士課程の科目として導入し、アジャイル開発技術者育成の取り組みを進めている。

enPiT のような期限のある教育プロジェクトは、予算措置が終了した後に同様の教育を継続することが難しい。本学では、これを修士課程の授業科目として設置し、継続的に実施できるようにした。今後とも、更により教育プログラムとなるよ

う改善をしていく。

参考文献

- [1] Schwaber, K. and Sutherland, J.: スクラムガイド, 2011. <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-JA.pdf> (accessed on 2016-08-21).
- [2] 中鉢欣秀: enPiT プログラムにおける遠隔 PBL とアジャイル教材開発, 産業技術大学院大学紀要, No. 8(2014), pp. 109–113.
- [3] 中鉢欣秀: モダンなソフトウェア開発者育成のための技術教育, 日本ソフトウェア科学会大会論文集, Vol. 31, pp. 121–125, 2014
- [4] 中鉢欣秀: アジャイル開発の本質理解とグローバル人材育成のための PBL 教育, 第 40 回教育システム情報学会全国大会, 徳島, 教育システム情報学会, 2016.
- [5] 酒森潔, 中鉢欣秀, 川田誠一: ビジネスアプリケーション分野における実践型 PBL プログラム, 日本ソフトウェア科学会大会論文集, Vol. 30, pp. 295-300, 2013
- [6] 須澤秀人, 川木富美子, 酒瀬川泰孝, 木崎悟, 土屋陽介, 酒森潔, 中鉢欣秀: 学生を対象とした Scrum 型ソフトウェア開発教育の実践に関する考察, プロジェクトマネジメント学会研究発表大会予稿集, Vol. 2013, pp. 292–297, 2013
- [7] 天野勝: これだけ! KPT, すばる舎, 2013.
- [8] 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
- [9] 中鉢 欣秀, 小山 裕司: アジャイル人材育成プログラムの専門職大学院修士課程への導入, 教育システム情報学会第 43 回全国大会 (JSiSE2018), pp.425-426, 2018

「パートナーロボット」の開発研究 — 人々のコミュニケーションを媒介するロボット —

岡野 恵実*・周元*・小川 太輔*・神田 雅泰*・
平社 和也*・土屋 陽介**・近藤 嘉男*・内山 純*

Design Development of the partner robot coexisting with humans — A robot that mediates people's communication —

Okano Megumi*, Yuan Zhou*, Tasuke Ogawa*, Kanda Masahiro*,
Kazunari Hirakoso*, Yosuke Tsuchiya**, Yoshio Kondo* and Jun Uchiyama*

Abstract

This paper, we will report a part of the research on "Partner robot coexisting with humans". Base concept of "Robot focusing on expression and gesture" announced at AIIT Bulletin 2018, we developed a prototype robot with remote operation by using text chat. This prototype robot was demonstrated at the International Robot Exhibition 2017 and other venues. We focused on its application for childcare environment and received many positive feedbacks.

To further expand this concept, we developed a new partner robot concept focused on the foot movement. This is a new approach in exploring the potential of foot movement as a medium for human communication.

Keywords: partner robot, remote operation using text chat, foot movement

1 はじめに

日本のロボット産業は製造分野において発展してきたが[1], 今後は非製造分野での進展が著しいとされる[2]. 近年, サービス分野でのロボットの発展は著しく, なかでも, 家事支援や介護支援, 店舗での接客サービス等, 人々の日常生活の支援を目的とするロボットは「パートナーロボット」と呼ばれ関心を集めており[3], 最近の「掃除ロボット」, 「無人飛行ロボット:ドローン」などのヒットもその普及の兆しと言えよう.

このような背景の中, 著者らは, 2016 年より「豊かな暮らし」実現のためバックキャスト視点でロボットを捉え直し, 「人との共生を目指すパートナーロボット」のコンセプト提案をしてきた. 人々の日常生活の支援を目的とするパートナーロボットをその役割から

- ・「エネルギー変換」:物の移送支援など, いわゆる「仕事をする」
- ・「情報変換」:対話や見守りなど, いわゆる「仕事をしない」の 2 つの側面で捉え, 後者の「情報変換」としての側面に着目し, ロボットの構成や形態に注力したデザイン開発研究を進めている.

展開の範囲は, 試作による検証が比較的容易な低自由度

の小型ロボットに留めており, その過程に於いて, エンジニアリングデザインスキルを活用したコンセプトの可視化に重点を置いている. これは, 問題を単純化して解決の糸口を見つけやすくすると同時に, 本学創造技術専攻学生にデザインエンジニアリングの基礎を学んでもらう意図もある.

パートナーロボット開発における前述のアプローチは, 著者らも属していた早稲田大学, 井口研究室において 1985 年から既になされておられ[4], 一連のロボットの形態的着想もここから得ている.

2016 年度は「人間とロボットとの関係性」を改めて見直し, 人間の“companion (同胞)”としてのロボット, 人間とロボットとの“trustworthiness (信頼関係)”を基盤コンセプトとして,

- ・構成要素を絞り込む: CRC-01
- ・機能・情報を絞り込む: WCR-01

の 2 つのアプローチでコンセプト構築を行い, 仮説解の視覚化を試みた(図 1) [5-7].

2017 年度は, 構成要素, 機能・情報を絞り込むアプローチから啓発された展開として, 人間とロボットとのインタラクションに注目し, 「表情」と「仕草」に着目したコンセプト構築を試みた[8]. これを第 35 回日本ロボット学会学術講演会

Received on September 14, 2018

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

**東京通信大学, Tokyo Online University

「RSNPコンテスト2017」において、「笑顔溢れる子育て環境を実現するロボット」コンセプトとして発表し、乳児感情と連携する子育て支援ロボットUCR-01(図2)のコンセプト提案、および一部の機能を実装した動作試作提示を行った。マトリクスLEDによるダイナミックな「顔の表情」、空気圧アクチュエータによる柔らかな「腕の動作」は発表会場で注目を集め、第35回日本ロボット学会学術講演会「RSNP コンテスト2017」においてコンセプト部門賞を受賞した[9]。



左奥：WCR-01，手前：CRC-01

図1：CRC-01, WCR-01 イメージ画像[5]改変



泣き：不満 笑い：満足 あくび：眠気

図2：UCR-01 イメージ画像[8]改変

2 概要

本稿では、「表情」と「仕草」に着目した、前述のロボットUCR-01(図2)[8]を「子育て環境」に適応させた2017 AIIT PBLプロジェクト(内山PT)の取り組みについて述べた上で、新たに仕草として「足の動作」に着目したUCR-02の開発について報告する。

第3章では、UCR-01 を子育て環境へ適応したコンセプトの概要について、第4章では、UCR-01 の要求仕様の一部を実装した試作の機能とシステムについて説明し、第5章では、国際ロボット展などで行ったUCR-01 に関する実験・実証の結果について述べる。

第6章では、新たに「足の動作」に着目したUCR-02 につ

いて報告し、第7章では、今後の展開についてまとめる。

3 UCR-01 の「子育て環境」への適応

著者らは、ロボットが人に対して「あなたを認識している」という状態を示すことが重要であると捉えており、その必要な要素として「表情」と「仕草」に着目した。[8]

さらに、人が他者とコミュニケーションをとる時に、自身が普段使っている身体の部位による表現を相手にも求めるのではないかと、との仮説を立て、ロボットとのコミュニケーションも同様とみなし、形態において「表情」と「仕草」に着目したパートナーロボットのコンセプト構築を行い、仮説の視覚化を試みた。

この仮設解の一つがUCR-01(図2)[8]であり、2017 AIIT PBLプロジェクト(内山PT)では、これを「子育て環境」に適応した[10]。

3.1 「子育て環境」の現状

近年、国内において産業形態の変化に伴う核家族化や単独世帯の増加、地域コミュニティの変化により[12]、育児中の親が周囲に頼れずにストレスがかかることが要因となって自殺や幼児虐待が起こるなど、深刻な社会問題になっている。育児中のストレスには様々な要因が考えられるが、なかでも乳児の泣きに対処できないことが、育児不安や自信喪失につながるといわれ、育児中の親は乳児の泣きに対して、共に対処してくれる手助けを求めている[13]。

3.2 「笑顔溢れる子育て環境を実現するロボット」コンセプト

そこで、育児中の親の心理的負担軽減を目的としたロボットのコンセプトを構築した。ダイナミックなLEDによる顔の「表情」と柔らかな腕の「仕草」を持つUCR-01 の特徴を「子育て環境」へ適用させ、「育児をする家族の心理的負担の軽減のために、親がひとりぼっちでないことを気づかせ、家族間のコミュニケーションのきっかけとなる。」という仮説を立てた。

このコンセプトでは、代表的な家庭として、片方の親が自宅で育児をし、もう片方の親は会社で仕事をしていることを想定し、以下のユースケースを考慮して試作機の要求仕様を検討した。

「赤ちゃん」の啼泣を感知し、生後月、時間などから啼泣原因を判定。「自宅で育児中の親」に原因を「表情」で知らせ、「腕」の動作、「表情」の変化、「音」により「赤ちゃん」を「あやす」。同時に「職場で仕事中の親」へも状況伝え、ロボットを通して家族が「赤ちゃん」の状況を共有する。

以上により、「職場で仕事中の親」の育児への共感を生み、「自宅で育児中の親」の心理的負担を軽減させる。

4 UCR-01 のシステム構成・サービス

第3章で述べたUCR-01 の「子育て環境」への適用につ

いて検証するため、試作システムを見直し、要求仕様の一部の機能、サービスを実装した。

4.1 UCR-01 のシステム構成

本体各部の特徴、構成は以下の通りである。

- ① 表情(頭部):LED 表示パネル
顔部分に 127 個のフルカラーチップ LED を正三角形のマトリクス状に配列。色と点灯個所の組み合わせでロボットの表情をダイナミックに表現可能。
- ② 仕草(左右の腕):空気圧駆動アーム
ポリエステルフィルムを使用した蛇腹構造の空気圧アクチュエータ。柔軟で自然な静穏動作を実現。「赤ちゃん」が動くアームに触っても安全で壊れにくい構造。空気圧駆動アームでは空気ポンプと 2 つのサーボモータを利用し、送気、排気をコントロールすることで、左右のアームを別々に動作可能。
- ③ 画像撮影(胸部):ウェブカメラ
周辺状況(静止画)を撮影し、配信。
- ④ 音:スピーカ、「泣き止ませ音」再生を想定(未実装)。

本プロトタイプでは、LED 表示パネルおよび空気圧駆動アームはロボット外部に設置している Arduino で制御しており、制御用 Arduino と胸部に内蔵されたウェブカメラを Raspberry pi と接続することにより、インターネットへの接続を実現している。



図 3: UCR-01 試作システム外観

4.2 UCR-01 サービス

動作実験・実証のため 3.2 で想定した一部の機能、サービスを試作に実装した。

- ① 「赤ちゃん」の泣き声を検知、音声、日時、映像を取得。
(日時、映像の取得のみ実装)
- ② 取得情報をサーバに転送、啼泣原因を推定。(未実装)
- ③ 啼泣分析パターン(空腹、退屈、不快、眠気、ストレス) 対応する対処法を「自宅で育児中の親」に伝える。
(LED による表情発現、アーム動作パターンのみ実装)
- ④ 「職場で仕事中の親」がスマートフォンを通じてロボットから取得した映像を見ながらロボットを操作して「赤ちゃん」とコミュニケーションをとる。(一部実装)

- ⑤ 音と動作、表情により、「赤ちゃん」の注目を集め、一時的にでも泣き止ませる。(③と同様、一部実装)

前述④の「職場で仕事中の親」がスマートフォンを通じてロボットから取得した映像を見ながらロボットを操作して「赤ちゃん」とコミュニケーションをとるサービスについて、サービス実装のために、Raspberry pi を利用し、ロボットをインターネットに接続できる環境を構築した。流れを以下に示す。

- ① 内蔵のウェブカメラで定期的に画像を撮影する。
- ② 撮影された画像をスマートフォンに送信する。
- ③ 必要に応じてスマートフォンからロボットの動作命令を送信する

ここで、②の画像の送信先および③のスマートフォンからの動作命令の送信には、以下の点を考慮して一般的に利用可能なチャットアプリの Slack を利用した。

- ・ 両親ともに画像を簡単に共有可能。
- ・ テキストチャットにて命令を送信可能。

近年スマートスピーカーが普及しており、「音声」による家電、ロボットのコントロールや、コミュニケーションがとれるサービスが増えているが、「職場で仕事中の親」がターゲットユーザーとなっているため、あえて「音声」ではなく「テキストチャット」によりコミュニケーションが取れる仕組みを採用した。

ロボットに予め準備された特定のコマンドを Slack 上から送信することで「表情」と「仕草」の組み合わせによる表現を可能としている。(図 4)

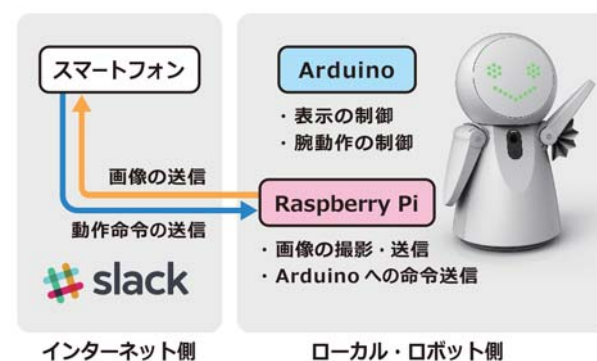


図 4: テキストチャットによる遠隔操作, コミュニケーション

5 UCR-01 の実験・実証

5.1 国際ロボット展 2017 における実験・実証

第 4 章で述べた UCR-01 の試作は、RSNP コンテスト 2017(9 月), おおた研究・開発フェア(10 月), 産技祭ブース展示(11 月), おおた区民大学(11 月)などいくつかのイベントでの来場者インタビューを経て試作実装機能を追加し、2017 年 11 月 29 日から 12 月 2 日で開催された国際ロボット展 2017 ロボットサービスイニシアチブのブースにて、前述のシステムデモを実施した。

このデモでは、スマートフォンとの連携し、ロボットから

Slack に画像を送信，スマートフォン上でその画像表示を可能とした。また，Slack からテキストチャットで動作コマンドを送信することでロボットが表情を変えたり，腕を上下に動かすデモを行い，来場者に UCR-01 の特徴や可能性について理解していただいた上でインタビュー，アンケート調査を行った。

5.2 実験・実証結果

国際ロボット展でのアンケート結果を以下に示す。

- ・ アンケート回答数:49 人
- ・ 会社員:23 人 学生:11 名
- ・ 20代:13 人 40代:12 人 30代:11 人 50代:7 人
- ・ ロボットが育児に加わることに関しては
肯定的:39 人 不明:9 人 否定的:1 人
- ・ ロボットに期待するもの

見守り:31 人 家事:19 人 応援:12 人 その他:1 人

ロボット関連のイベントであることを考慮する必要があるが，デモブースで実施したアンケート結果では，ロボットが育児に加わること，見守り，応援についてに対しても肯定的な意見が多かった。また，子育て用途以外の期待もあり，Slack を用いたテキストチャットによるコミュニケーションは，複数ロボットへの展開，発声指示よりテキスト指示を好む人々に対するロボットへの新たな指示法の可能性を示唆するものとなった。

本ロボットの実現性に対する厳しい指摘もあり，未実装の機能，ポンプの騒音，全てが内部に組み込めなかったことなど今後検討すべき課題も多いが，未完成であっても実際の動作試作によるデモの効果を実感することができた。

6 「足の動作」に着目したコンセプト構築

本研究は未だコンセプトの収束段階ではなく，UCR-01 も「表情」と「仕草」に着目したコンセプトの一例に過ぎない。

感覚野，運動野の人体各部位に対応する脳部位をみると，顔や手の占める割合が大きいとの報告があり[14]，「機能局在論」については議論があるが，人が他者とコミュニケーションをとる時に，自身が普段使っている部位による表現を相手にも求めるのではないかと，この仮説を立て，UCR-01 においては「腕」の「仕草」に着目しコンセプト構築を行った。

一方，「足」については，感覚野が広い部分を占めるのに対し，運動野が占める部分が狭いとの報告があり[14]，生活のなかでも，無意識に音楽を楽しんでいるときにリズムをとったり，ストレスがあるときに貧乏ゆすりをするなど，潜在的な感情を現す部位として興味深い。潜在的に感情を表現する「足」の「仕草」に着目したコンセプト構築を試みる。

6.1 「足」の「仕草」に着目したコンセプト構築と視覚化

上述したように，潜在的に感情を表現する「足」の「仕草」に着目したコンセプト構築を試みた。一連の「構成要素，機能・情報を絞り込む」というコンセプトを維持しながら，「足」の「仕草」が際立つような構成を目指し，視覚化を試みた UCR-02 (図 5)。



図 5 : UCR-02 イメージ画像

6.2 UCR-02 システム構成

本体各部の特徴，構成は以下の通りである。(図 6)

- ① 音(頭部左右):スピーカ 音楽，効果音，音声の再生。
- ② 画像撮影(頭部):カメラ 内蔵 PC (Raspberry pi) 直結。周辺状況(静止画)を撮影，配信。
- ③ 表情(頭部):LCD タッチパネル 内蔵 PC (Raspberry pi) 直結。タッチパネルインターフェースとしても使用。
- ④ 仕草(左右の足):ステッピングモータ 無意識に感情を表現する足動作。内蔵 PC (Raspberry pi) コントロール。

各デバイスは全て Raspberry pi により制御され，インターネットへの接続を実現している。また，内蔵バッテリーによる駆動も検討している。



図 6 : UCR-02 構成図[11]改変

基本構成を UCR-01 と共通化し、Slack を用いたテキストチャットによるコミュニケーションを積極的に活用し、複数ロボットへの展開も考慮し、音声などによる直接指示ではなく個人端末(スマートフォンや、PC)を使ったロボットへの新たな指示法の可能性を探る(図 7)。

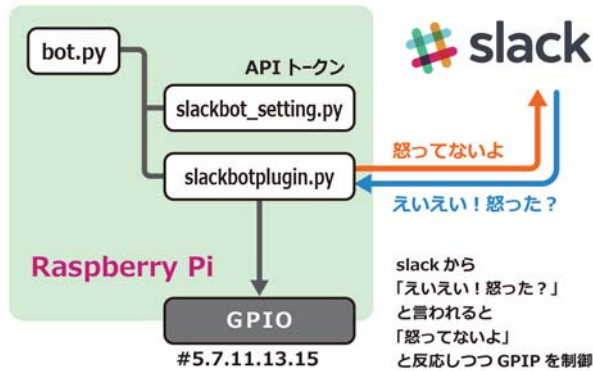


図 7: UCR-02 ブロック図



図 8: UCR-02 試作

7 まとめ及び今後に向けて

本稿では、本学紀要 No.10[7] No.11[8]に続き「人との共生を目指すパートナーロボット」について、一連の研究活動成果、および仮説構築型のコンセプト構築の試みについて、経過を報告した。

7.1 UCR-01 の実験・実証

「表情」と「仕草」に着目した UCR-01 を「子育て環境」に適応させ想定した機能の一部を実装し、おおた研究・開発フェア、国際ロボット展などで実験・実証を行った結果、多くの肯定的な意見を得た。子育て用途以外の期待も多く、Slack を用いたテキストチャットによるコミュニケーションは、複数ロボットへの展開、発声指示よりテキスト指示を好む人々に対するロボットへの新たな指示法の可能性を示唆するものとなった。

7.2 「足の動作」に着目した UCR-02 の提案

UCR-01 は「腕の動作」に着目したが、新たに「足の動作」に着目した UCR-02 のコンセプト構築を試みた。顔表情はタッチパネル LCD を使用し、腕以外の仕草として、無意識に感情を表現する足の動作に着目し、機能の一部を実装したプロトタイプを制作している。今後、このコンセプトについての実験・実証を行っていく。

7.3 今後の展開

今後も、ネットワークに繋がるビッグデータの活用により大切な人との距離を縮め、「人と豊かに共生するパートナーロボットの実現」に向けて開発研究を継続していく。いろいろなタイプのロボットが展開がされるべきであり UCR-01, UCR-02 もその一例に過ぎない。さらなる展開を進めると同時に、空気圧による柔らかな腕動作を実現した UCR-01 など、これまでの提案も継続して研究を行う。

また、2018 AIIT PBL プロジェクト(内山 PT) と連携してコンセプト構築、検証に取り組んでいく。

7.4 デザインエンジニア育成の実践的な取組み

本研究活動は、本学創造技術専攻における感性と機能を融合したデザインエンジニア育成の実践的課題の取組みでもあり、3DCAD を運用したラピッドプロトタイピングなど本学設備を活用したイノベティブなコンセプト構築の実践的活用、検証の場となった。結果をフィードバックして設備、カリキュラムの改善にも役立てていく。

動作試作の開発には、Autodesk 社 Fusion 360, PTC 社 Creo, 視覚化には、Luxion 社 KeyShot, Adobe 社 CCL, CS, アクチュエータやデバイスの制御にはオープンソースハードウェアの Arduino, Raspberry pi を使用し、スマートフォンからの動作命令の送信には、チャットアプリ Slack を使用した。

ラピッドプロトタイピングには、Stratasys 社 Objet350 Connex2, MakerBot Replicator Z18, Universal 社 VLS.3.50 を使用した。開発に使用した支援ツール・設備は、本学のカリキュラムやプロトタイピング指導にも適宜使用されている。

8 おわりに

2016 年 6 月、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、2016 年 3 月からは著者らを含む本学創造技術専攻・内山プロジェクトチームに引き継がれ3年目となる。

研究活動スタート時点から「人との共生を目指すパートナーロボット」の方向性、RSNP コンテスト参加などについて、本学情報アーキテクチャ専攻・成田雅彦先生から多くの励ましや助言をいただいた。また、卒業生を含む内山 PT メンバ

一の竹島大智氏, 張進男氏, 関田理花氏, 高橋睦貴氏に対して改めて感謝の意を表す。

9 参考文献

- [1] 総務省, 平成 27 年版通信情報白書, pp.192, 2015
- [2] 経済産業省, ロボット産業市場動向調査結果, 2013
- [3] 総務省, 平成 27 年版通信情報白書, pp.191-198, 2015
- [4] 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, pp.397-404, 1988
- [5] 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, 人間とロボットの関係性を再デザインするー21 世紀初頭を超えたその先のコンセプト構築の試みー, 産業技術大学院大学紀要, No.10, pp.161-167, 2016
- [6] 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 (ユーザー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学術講演会予稿集, 1R2-02, 2016
- [7] 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学術講演会予稿集, 1R2-06, 2016
- [8] 平社和也, 竹島大智, 近藤嘉男, 内山純, 「パートナーロボット」の開発研究ー表情と仕草に着目したコンセプト構築の試みー, 産業技術大学院大学紀要, No.11, pp.175-180, 2017
- [9] 内山純, 竹島大智, 関田理花, 張進男, 平社和也, 近藤嘉男, 「笑顔溢れる子育て環境を実現するロボット」コンセプト, 第 35 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2B1-03, 2017
- [10] 土屋陽介, 内山 純, 平社和也, 竹島大智, 関田理花, 張進男, 近藤嘉男, 成田雅彦, 子育て環境の心理的負担軽減を目指したパートナーロボットの開発, 2018 年度 人工知能学会全国大会 (第 32 回) 2E3-NFC-1a-05
- [11] 藤原宏樹, 岡野恵実, 周元, 高橋睦貴, 小川太輔, 平社和也, 土屋陽介, 近藤嘉男, 内山 純, 「人々のコミュニケーションを媒介するロボット」コンセプト, 第 36 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1H2-05, 2018
- [12] 厚生労働省, 平成 25 年版労働経済の分析, https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/roudou/13/d/1/13-1-4_02.pdf, (visited on 2018)
- [13] 堀越撰子, 常盤洋子, 國清恭子, 高津三枝子: 生後 1 か月児の泣きに関する母親の認識, 北関東医学

Vol. 66, No. 1, p. 23-30, 2016

- [14] Wilder Penfield, Theodore Rasmussen, The Cerebral Cortex of Man: A Clinical Study of Localization of Function, Macmillan, 1950

郊外都市におけるラストワンマイル・モビリティのデザイン提案

岸本悠希* · 劉鴻翔* · 師帥* · 海老澤伸樹*

Design Proposal of last one mile mobility in suburban cities of Tokyo

Yuki Kishimoto*, Hongxiang Liu*, Shuai Shi*, Nobuki Ebisawa*

Abstract

In the suburban cities of Tokyo such as Kichijoji and Futagotamagawa, where are surrounded by residential districts, and the distance between major traffic terminals is wider than in Tokyo central area. For this reason there are many problems with short distance transportation so-called “last one mile”, for example from one’s home to the terminal. It is expected that this problem will further increase because of future aging society. This mobility design study is hypothesized as a possible solution for 2030. We consider the fully autonomous driving technology, contactless battery charging technology, and the total traffic management by AI and IoT as main technological elements of the study. The study is conducted as a hypothesis design proposal of 2017 AIIT PBL (Project Based Learning).

Keywords: mobility design, Last one mile, autonomous driving, contactless charging, PBL

1 はじめに

これまで個人の移動は、徒歩をはじめとする自転車や自動車など個人の所有する移動手段と、バス、列車、飛行機など公共交通機関と呼ばれる移動手段に依存してきた。後者の公共交通機関は比較的長い距離を、決められた運行時間によって、決められたルートを経由して移動する手段であり、前者の個人的な移動手段は定められた運行時間もなく、より自由な面的な移動を可能とする手段である。また公共交通機関でありながら個人の時間軸に左右されない、面的な移動を可能にするタクシーのような移動形態も存在しているが比較的高い移動コストや利用の確実性などの問題も残る。

人口が集中する首都圏などは公共交通機関への依存度が高まり、首都圏郊外に向けた鉄道の複々線化や「通勤急行」などの様々な長距離移動の高速化でその利便性は高まりつつあるが、一方で線的な公共交通手段の郊外ターミナルと自宅などの最終目的地を結ぶ近距離移動の問題が顕在化しつつある。この近距離の最終移動を、通信業界の用語であった光ケーブルなどの通信インフラとエンドユーザーの機器をどう接続するのかという問題に倣って「ラストワンマイル」または「ラストマイル」の移動と呼び、特に発展し変化する首都圏近郊の中核都市、または公共交通機関網が完備できない地方都市においても関心が高まってきている。

一方、技術的側面から見ると、これまでの近中距離の面的な移動手段の中核でもあった自動車は、その動力源の EV

化や自動運転、IoT の進展によるコネクテッドカーなどこれまでの自動車技術と根本的に異なる技術革新の時代を迎えている。またユーザーの価値観も大きく変化しつつあり、従来の個人所有だけではないシェアカーというような利用形態も一般化しつつある。

このような状況を背景とし、本研究は従来の移動手段と異なる「ラストワンマイルの移動」のための新モビリティデザインを、近い将来を設定した仮説提案型のデザインプロジェクトとして研究したものである。この研究は平成 29 年度の産業技術大学院大学における 2 年次の PBL (Project Based Learning) として実施された。

2 問題の背景とプロジェクトの狙い

2.1 郊外中核都市

本研究は周囲に広大な住宅地域を持ち、地域の中核となるような商業施設を備える郊外中核都市を対象としている。例えば首都圏でいえば JR 中央線吉祥寺駅のような場所である。図 1 に見られるように、これらは駅を中心としたほぼ 500m 圏内と主要道路周辺にある商業地域を除いて、その周囲は広大な住宅専用地区に指定されている[1]。

平成 10 年東京都圏パーセントリッジ調査をもとにした諸田恵士らの自転車利用実態研究[2]によると、自転車による移動は移動距離 500m 程度が最大トリップ頻度を示し、その後移動距離の長さに応じて頻度を落としていく(図 2)。このこ

とから一般的に 500m 程度の距離から移動手段を徒歩から自転車などに移行する傾向が高いと推察できる。図 3 はこのことから鉄道ターミナル半径 500m の円を描いて、首都圏の中心地帯である銀座地域と郊外中核都市の一例として吉祥寺駅(武蔵野市)周辺のターミナル密度を比較したものである。銀座地域では多数の円が重なり 500m 以内に複数のターミナルが存在していることがわかる。吉祥寺などの郊外中核都市ではこの 500m 圏がほぼ商業地域と一致している。このために周囲の住宅地域から中心ターミナルの一点への移動が集中し、かつ自宅からはターミナルまでは 500m 以上の移動が必要となり、徒歩だけでは移動に問題が生じやすいという状況が理解できる。このように一見して明らかなように郊外中核都市においてはラストワンマイルの移動に関して徒歩以外の移動手段が必要とされる可能性が高い。

これらを補うために図 4 に見られるように主要道路ではバスが運行されているが、複数の路線が主要道路で重複し、また空白の部分も目立つ[3]、そのため自転車や自家用車が日常的に利用されるが、休日などは買い物などで駅ターミナルに向かう自家用車で過密な渋滞が発生し、駐車場の不足も目立つ。また自転車や買い物客による混雑も頻繁に発生している。



図 1: 吉祥寺駅周辺の住宅専用地域(緑色の部分)

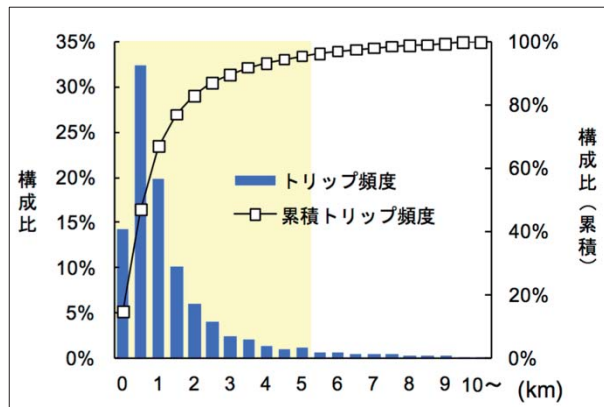


図 2: 自転車の距離別のトリップ頻度

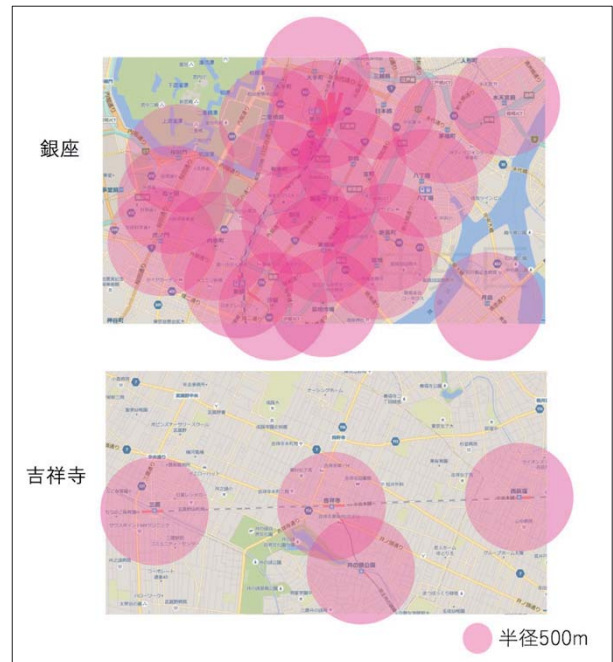


図 3: ターミナル密度の比較

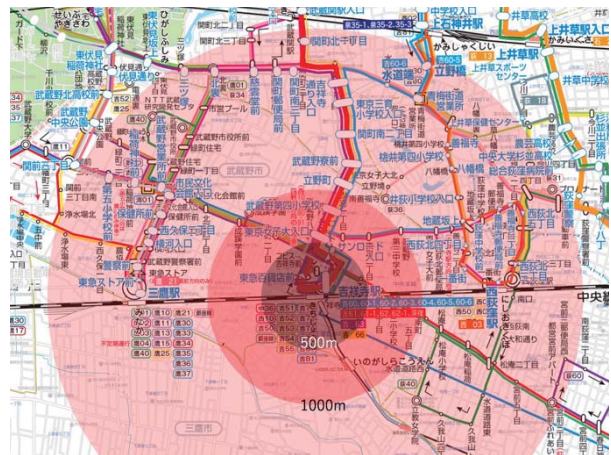


図 4: 吉祥寺駅周辺バス路線図参考例

2.2 人口集中と高齢化

現状、東京への人口集中は依然として継続していて、東京都全体では 2025 年にピークを迎え 1398 万人となると予測されている。この状態は高原状態として継続し、若干減速するものの 2030 年においても 1394 万人、2040 年でも 1346 万人を維持する。一方、区部においては 2030 年に 979 万人でピークとなり 2040 年には 952 万人と予想されている。東京都全体と比較しても遅れてピークを迎え減少率も 1%ほど少ない予想である[4]。

65 歳以上の高齢者の割合も約 1/4 に達してくる。このよう

な状況から、特に住宅地を周囲に控えラストワンマイルの移動手段に乏しい郊外中核都市周辺では、自家用車の過密による交通渋滞や近距離での自由な移動の問題がより顕在化する可能性が高いと考えられる。

2.3 プロジェクトの狙い

このような社会構造の変化と高齢化に伴う歩行能力の低下による移動のストレスの増加も予測され、高齢化による運転免許の返上などにより自動車の運転などを諦めた場合のターミナルまでの自由で便利なラストワンマイルの移動手段の社会的要請はさらに高まると考えられる。

本研究はこのような線的な公共交通機関では補いきれない近距離の面的な移動の自由を担保し、今後の増加が予想される高齢者から健常者までの幅広いラストワンマイル問題を解決することを狙いとしている。近い将来を想定して、人々の移動をより便利で快適なものへとしていくことを目指した新しい移動手段のデザイン提案の研究をおこなうものである。

3 コンセプト構築と1次デザイン提案

3.1 将来モビリティ調査

現在、近距離での自由な移動を可能にするために自動車会社各社は新規格を目指したスモールモビリティと呼ばれる1~2人乗りの軽自動車以下のEVを実証実験レベルで検証している、例えばトヨタの i-Road、日産の New Mobility Concept、ホンダの MC-β などである。またこの他にも自動車の発想とは異なる様々なスモールモビリティの提案もある。これらの一部を実際に体験するために埼玉県にある(株)本田技術研究所の HSHS と呼ばれる実証実験ハウスを調査見学する機会を得た。

HSHS(Honda Smart Home System)実証実験ハウスは埼玉県さいたま市にあり CIGS 薄膜太陽電池やガスエンジンコージェネレーション、ホームバッテリーなどと EV や将来モビリティを組み合わせ「家産家消」によるエネルギー管理の実証実験を行っている。外部からの電力エネルギーに依存せずに自らの生活と移動などに関わる消費電気エネルギーを自宅で生み出し、マネジメントしていくという将来の生活スタイルの実現に向けて実証実験を行っている。

三棟の実証実験住宅が建設され、うち 2 棟には研究所員及びその家族が実際に生活を営みながら家庭単位、また地域単位でのエネルギー管理の実証実験を行っている。残りの一棟が様々な機関へのプレゼンテーションの場として活用され、EV だけでなく様々な将来の実験的なパーソナルモビリティを見学調査することができる施設である。

今回の調査で特にチームメンバーが興味を持ったのは、住宅ガレージに装備された EV の非接触充電装置であった。

EV が自動運転でガレージに駐車するとガレージ床下に埋め込まれた非接触充電装置で自動的に EV のバッテリーへ充電が開始されるシステムであり、これが後のコンセプト構築の基本アイデアにつながった。

3.2 基本コンセプト構築のための技術要素検討

自動車周辺の技術は大きな変革期を迎えていて、特に EV 化と自動運転技術に関する様々な技術ロードマップが公表されている、自動運転に関しては表 1 のように、その走行レベルによって 1~5 段階のレベルが定義されている[5]。本研究においては、高齢者や免許返納者などから運転免許を持たない幅広いユーザーを対象と考え、運転者が走行に関与せず全面的にシステムによって運行されるレベル 4 またはレベル 5 がデザインの前提条件となる。現在、産学官が一体となってこの技術開発のロードマップを作成しているが、それによれば 2020 年には移動サービスにおけるレベル 4 が実現され、2025 年までには自家用車を含めてレベル4の達成が見込まれている。またモビリティのシステムマネジメントに必須である第5世代移動通信システム(5G)の社会実装も2020から開始の予定となっている。これらの条件から本研究においては2030年を仮定した提案とすることとした。

また道路に埋め込まれた非接触充電装置で、走行中に充電していくという技術の実証実験がイギリス、韓国、イスラエル等で始まっているという報道もあり、これらの技術的可能性も2030年であれば実現していると想定した。

表1:自動走行レベルの定義

レベル	概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が全てあるいは一部の運転タスクを実施		
レベル0 運転自動化なし	・運転者が全ての運転タスクを実施	運転者
レベル1 運転支援	・システムが前後・左右のいずれかの車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
SAE レベル2 部分運転自動化	・システムが前後・左右の両方の車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
自動走行システムが全ての運転タスクを実施		
レベル3 条件付運転自動化	・システムが全ての運転タスクを実施(限定領域内 ^{*)} ・作動継続が困難な場合の運転者は、システムの介入要求等に対して、適切に応答することが期待される	システム (作動継続が困難な場合は運転者)
レベル4 高度運転自動化	・システムが全ての運転タスクを実施(限定領域内 ^{*)} ・作動継続が困難な場合、利用者が応答することは期待されない	システム
レベル5 完全運転自動化	・システムが全ての運転タスクを実施(限定領域内 ^{*)} ではない ・作動継続が困難な場合、利用者 ^{?)} が応答することは期待されない	システム

3.3 基本コンセプト構築

調査と並行してアイデア展開をチームで行い、約6週間の期間をかけて基本コンセプトの構築を行ってきた。その結果、基本コンセプトをカーシェアシステムと非接触充電道路及び完全自動運転を組み合わせた新しいパーソナル EV モビリティシステムとした。

このアイデアは、非接触充電装置が埋め込まれた専用道路上を完全自動運転の小型 EV パーソナルモビリティ群が

ある間隔で自律的に動き続けているというカーシェアのシステムである。ユーザーは必要によって、スマートフォンなどでこのモビリティを呼び出す。システムはユーザーの場所を判断し、非接触充電道路上を移動しながら充電走行している最もユーザーに近いモビリティを指定する。指定されたモビリティは非接触充電道路から外れてユーザーのもとに自律走行で移動する。ユーザーが乗車し目的地まで移動終了後、モビリティは自動運転で近くの非接触充電道路に戻り再び充電を行いながら充電道路場をゆっくりと移動しつつ待機するというコンセプトである。

モビリティは設定された非接触充電道路上を動き続けるために、いわば道路が駐車場となり特別な駐車スペースが不要となる。特別な駐車スペースが不要となることは、ターミナル周辺の混雑などがひどく、また商業地域となっているために特別な駐車待機スペースなどを確保しにくい郊外中核都市において都市の空間利用効率上有効である。また広い範囲に設定された充電道路上にモビリティが点在し移動しているため、より広範囲のユーザーにより早くモビリティが到達できる。モビリティは小型でパーソナルなサイズであり、またユーザーの利用時のみ充電道路から外れて自由走行を行うので、EVの構造上で最も重くかつ容積を必要とするバッテリーなどの容量を極限まで小さくすることが可能となる。これにより更なる小型化と軽量化が期待できる。結果、既存の交通の妨げにならない大きさやスペース効率を向上した設計をすることができる(図5)。

上記のような概念で、車両パッケージングを大人1人が乗車でき、また座位、中腰での立位ともに最小限可能なスペース検討を行い、結果的に全長1575、全幅1250、全高2130のサイズで1次デザイン案を展開した(図6)。この提案システムをHuman Box「HUBO」と仮呼し、対象とする郊外中核都市を二子玉川地域として1次提案のデザインをまとめた。

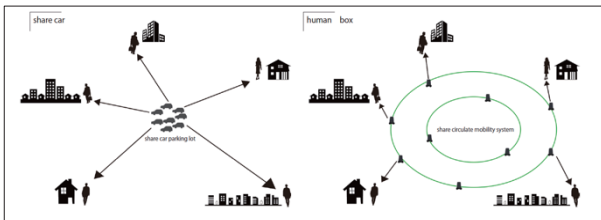


図5: カーシェア(左)と提案コンセプト(右)の概念比較

3.4 1次提案デザイン

基本のパッケージ空間は成人男性が椅子に腰掛ける、または中腰や立位で乗車できる最小限の空間を想定している。全高が高いのは「ラストワンマイル」という近距離短時間の移動に特化しているため、立ち位置での乗車を中心に発想し

ためである。床下にバッテリーと充電機器を配置し、四隅に配されたタイヤ内にインホイールモーターを装備することで、最大限のスペース効率の向上を図る。また前輪にオムニホールを想定することでタイヤハウスなどのスペースも最小限に設定することを想定している(図7)。

1次デザイン提案においては二子玉川周辺を想定した提案としコンセプト概念のスケッチ(図8)や充電道路の想定図なども制作した(図9)。

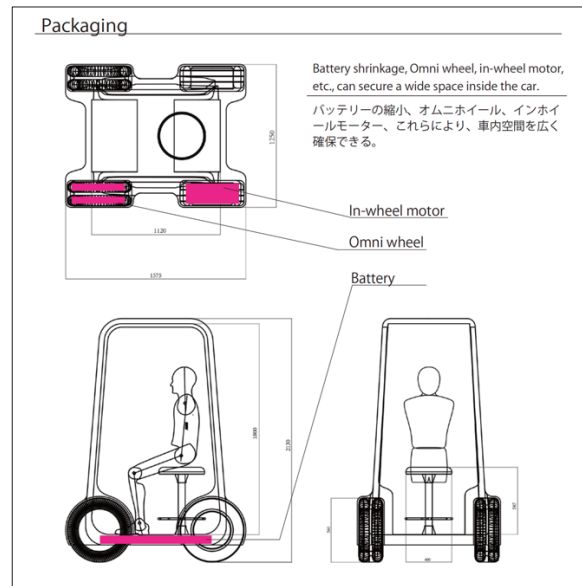


図6:パッケージング

デザインは4隅のタイヤとフラットな床面から2本の逆U字型のフレームが立ち上がることで構成される縦長の台形フォルムを特徴とし、4面を透明樹脂で囲われたシンプルなデザインで構成されている。街中においても風景を透過することで街の風景に溶けこむような効果を狙っている。



図7:1次デザイン提案



図8:コンセプト概念図



図9:1次デザイン提案における二子玉川周辺での充電路

4 2次デザイン提案

4.1 現地適合性調査

デザイン開発での対象地域と設定した東京の郊外中核都市として、吉祥寺(武蔵野市), 二子玉川(世田谷区), 北千住(荒川区)の三ヶ所を選択し, この三ヶ所で一次デザインの適合性を確認するための現地調査を実施した。吉祥寺と二子玉川は周囲を住宅地に囲まれた地域の商業的中核であり, 特に二子玉川は近年ターミナル周辺の大規模開発によりその変化が著しい。また北千住は, 住宅と一体化した商店街や小規模な町工場などがターミナル周辺に広がる下町の要素の大きい地域であるが, こちらも近年大規模な開発で駅周辺の変貌は大きい。

これら三ヶ所において駅周辺から2~3kmの範囲まで徒歩により道幅等の道路状況や交通量, 人の流れなどの空間構造を確認し, 1次デザイン提案の検証と状況の定性的な調査を数回にわたり実施した。その結果, ある程度の道幅が整

備され, かつバスなどの公共交通手段が住宅地地域まで面的に展開されていない吉祥寺と二子玉川をデザイン展開のモデル地と設定することとした。現地を確認することにより, これらの場所においても4車線の一部主要道路を除いて, ほとんどの道幅は通常2車線程度であり, かつ大型のバスなども含めた既存交通で混雑している。このためHUBOのための非接触充電道路は, 主要道路に並行する比較的交通量の少ない裏道を活用する, また駅周辺の混雑の激しい道路には充電道路を設置しないというアイデアが生まれた。住宅地内の4m幅の道路でも全幅1250程度のモビリティであれば十分に利用可能であることなども検証した。

これと比較して, 住宅と一体化した商業地域が広がる北千住では狭い道路幅でかつ道が入り組んだ構成であり, 人やその他の交通量が多く, 充電道路など設定が困難と考えられた。このため2次提案の対象からは除外された。

また吉祥寺及び二子玉川では平日と休日で潜在的な利用者と考えられるユーザーなどの定性的な観察なども行った。その結果, 当初提案の1人乗りでは対応できないベビーカーを利用するユーザーや障害者, 要介護者も介護者とともに利用が可能となる二人乗りバージョンも必要と考え, 検討を進めることとした。

4.2 2次デザイン提案

2次デザイン展開は提案モビリティのパッケージングの再検討からスタートした(図10)。部品共用などの生産性を考慮し2人乗りと1人乗りをホイールベースによる違いとし, それぞれ全長を2100mmと1500mmとしている。2人乗りも1人乗りも全幅と全高に違いはなく全幅1155mmと全高2000mmを想定した。これは現地調査の結果, 他交通による追い越しなどを考え可能な限り幅を狭く設定したこと, 道路状況などから最低地上高の設定をやや少なめに見直し, 安定感の向上を狙いとしたことによる(図11)。



図10:1/1スケールでの2次提案パッケージング検討

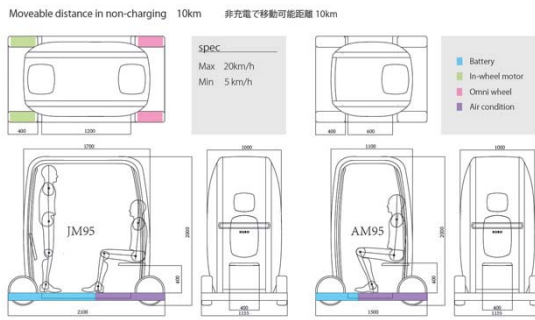


図 11:2 次提案パッケージング

デザインの構成は1次デザインから大きくは変更していないが、造形上の特徴であるサイドの逆U字のピラーを強調し、フロントからルーフ、リヤパネルまでの流れを見せるためにこの部分のパネルも不透明とし、サイドの大型の透明パネルとの違いを見せることとした。また1次デザインよりもサイドビューでの曲面やサイド面の張りを強調したデザインに変更して人への親和性と安全感を高めている(図 11, 図 12)。このサイド面は、通常の間車状態では透明で風景を透過することで HUBO の存在感を緩和するが、ユーザーが乗車後の利用状態ではユーザーのプライバシー保護も兼ね、企業広告などを投影することで不透明化する想定である。この広告収入により利用コストの引き下げを意図している(図 13)。

調査の結果を踏まえて充電道路は駅ターミナルを中心として1kmほど離れた裏道とさらにその外側の駅から2kmのあたりに設定している(図 14)。HUBO の移動速度は時速5~20km/hと仮定した。前述のように最大5km程度の移動距離を考えているので乗車時間は最大でも15分程度である。例えば駅周辺でHUBOを呼び出したとしても5分以内程度で到着可能である。



図 12: 2 次デザイン提案(2 人乗り HUBO デザイン)

またこの HUBO 最大の特徴である充電道路を動き続けることを活かし、夜間などは交通量の少ない住宅地域などでは動く街灯として街のセキュリティの向上などに貢献することができる(図 15)。今回の設定対象とした吉祥寺や二子玉川周辺では駅間隔は約 1.5~2km, また並走する他線の近傍駅までも 4~5km 程度であることから、HUBO の非充

電での移動可能距離を 10km と想定している。また充電道路上に太陽光発電パネルを設置して使用エネルギーの低減を図るというアイデアも導入した(図 16)。



図 13:2 次デザイン提案(1 人乗り HUBO デザイン)



図 13: 乗車状態(サイドドア面に広告投影)

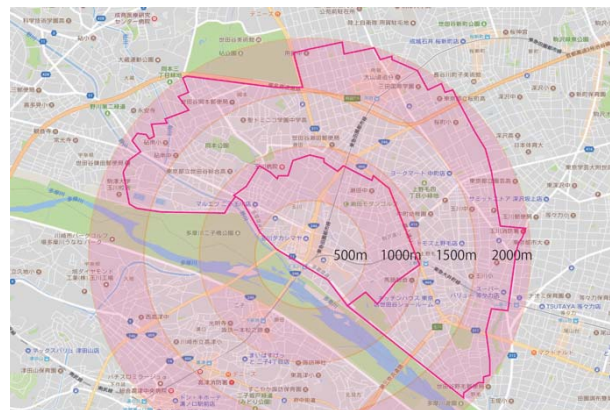


図 14: 二子玉川での充電道路検討



図 15:夜間の状態(街の動く街灯として)



図 16:充電道路上の太陽光発電装置

5 最終デザイン提案

5.1 パッケージングの再検討

2次デザイン提案では1人乗りと2人乗りの2モデルのHUBOデザインの提案であったが、モビリティシステム全体の効率を考慮し2人乗りタイプの1モデルに集約した提案に変更した。また2次提案では最小の専有面積とするために最小限の大きさでのデザイン展開を行ったが、結果的に提案デザインがモビリティとしての安定感にやや欠ける結果となった。このため最終提案デザインにおいては全長を延長し、全幅を少し拡大した。結果的に全長 2230mm、全幅 1220mm、全高 2000mm で最終デザインを展開した。このサイズ変更によりサイド及び前後シルエットに台形感覚が強まり、前後の方向性が強調されて安定感が向上した(図 17)。

ドア開閉時のよりシンプルでスムーズな動きと乗降性のため開口面積の向上を考慮し、サイドドアとボディの合わせ形状も再検討した。2次デザイン提案ではサイドドア面上でボディとの見切りを構成していたが、これを前後をつなぐ逆U字型の基本ボディ面に対してサイドドア面全体がかぶさるような合わせ形状に変更した。開口面積の向上という機能を考慮したデザイン変更であったが、全体のシンプルな構成の中でHUBOのデザインを印象付ける一つの特徴的な形状となった。

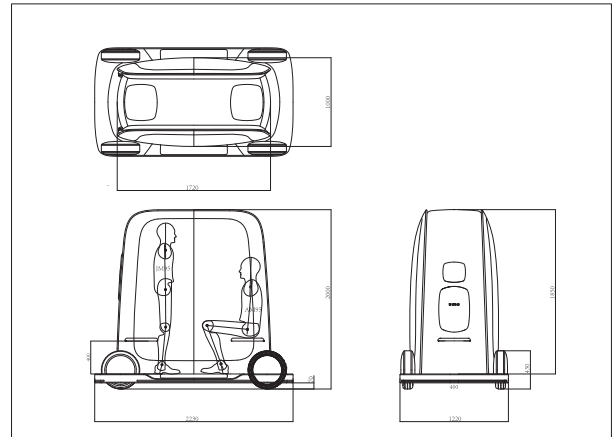


図 17:最終デザイン提案パッケージング

5.2 最終デザイン

大きな狙いである「公共交通らしく特徴的ではあるものの主張性の少ない街に溶け込むデザイン」という狙いは最初から変更していない。このコンセプトに従って全体のデザイン精度を高めた。

パッケージング寸法の見直しに伴いプロポーションはサイドビュー、フロント・リヤビューともに基底部のサイズを広げることで台形シルエットに変更した。この結果、シンプルなフォルムでありながら印象的な形態と、モビリティとしての安定感と前後方向への方向性のあるフォルムによりゆっくりとしたHUBOの動きを表現することができ、コンセプトの狙いを達成することができた。

サイドの大型のドアにはやや強い曲率の張りを設定することで全体の柔らかい視覚的な印象を強めている。この大きなドアは通常状態では透明状態であり、街の風景を透過することで街の風景に溶け込む。ユーザーが乗車後はユーザーのプライバシーの保護と広告収入を確保し利用コストを引き下げることを目的として、企業広告などが全面的に投影される想定である。インホールモーター(前輪はオムニホールを想定)した車輪はボディ床面の4隅に配置され、室内空間の確保と重量パーツの4隅配置による安定感の拡大に寄与するデザインとなっている。

大きなサイドドアは全体が一体化されてボディに被さるようなデザインで、明確な構成とフロントパネルからルーフ、リヤパネルにつながる逆U字型の基本形状をより強調する。このサイドドアエッジ部分には線状の照明が仕込まれて夜間にもHUBOの被視認性を高める。

2次デザインではこの基底部とホイールを囲むバンパー部等の造形が直線で構成されボディに対して未完成な印象もあったが、この部分にもブランヴェューでの設定を曲線設定と変更することとサイドステップ周りの部品構成と造形を練り込むことでデザインの完成度を高めた(図 18)。

インテリアには落ち着きのある木目調のパネルをベースとし、折りたたみ可能な座面を持ったシートと手すり、モニター等を配置した(図 19)。



図 18:最終デザイン



図 19:インテリアデザイン

5.3 インターフェースデザイン

HUBO の利用はシェアモビリティとして想定しているので、利用に関するインターフェースもデザイン提案している。スマートフォンに専用アプリケーションを設定し、月額の基本料金に加えて利用距離に応じた料金をインターネット上で決済するシステムである。このためのアプリケーションの基本画面や予約、呼び出し画面などをデザイン提案として作成した(図 20-22)。

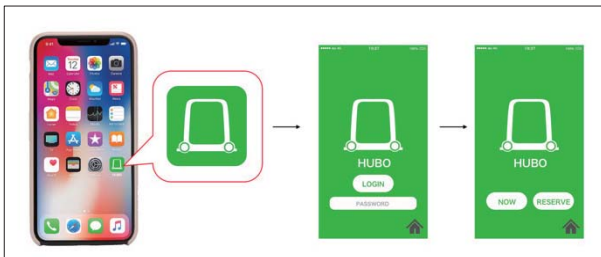


図 20:HUBO アプリケーションの画面デザイン

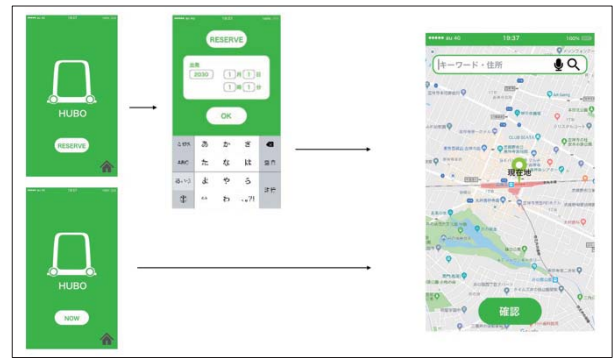


図 21:予約、呼び出し場所等の設定画面デザイン

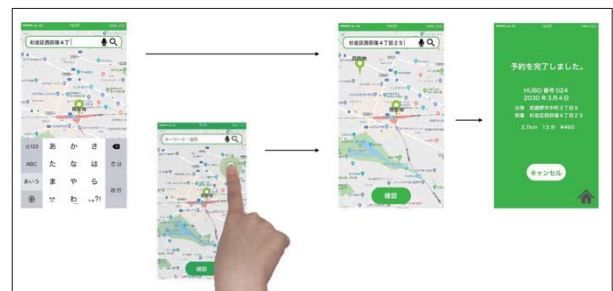


図 22:目的地設定画面デザイン

5.4 モデル化

最終デザインが決定したのちに3Dプリンタによるモデル作成を行った。最初に1/20サイズの一体モデルを数個作成し、3次元での立体形状の確認を行いデーター等の微修正を実施し、その後内外一体の最終モデル製作に移行した。使用予定の3Dプリンタで幾つかのキーとなる部品を試作することで部品の強度や精度を確認した後にモデルのパーツの分割と部品構成を決定した。最終モデルサイズは結果的には1/7というサイズで製作したが、これは使用3Dプリンタでの部品製作サイズの限界と部品構成から決定したものである。特徴的なサイドドアは透明部品であるのでNC切削機でレジノウッドを切削して真空型を製作し、真空成形によって塩化ビニールの板材を成形加工した(図 23-24)。

また展示など場でリアルな大きさや空間イメージを実感してもらうために紙管を利用した簡易パッケージモデルとコンセプトの概念を可視化した概念モデルを作成している(図 25-26)。



図 23: HUBO1/7 内外一体モデル(フロントクォータ)

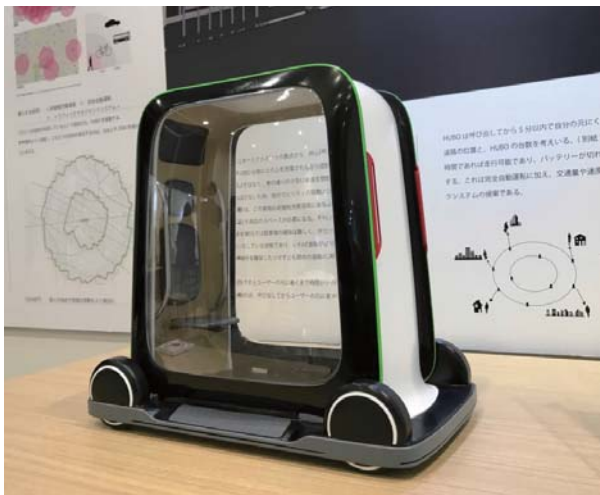


図 24: HUBO1/7 内外一体モデル(リヤクォータ)



図 25: 1/1 簡易パッケージモデルと概念モデル

6 PBLとしての意義

PBL としては調査から問題定義、コンセプト構築等を経てプロトタイピングまでの一連のデザイン開発プロセスを経

験したが、特に 3 回にわたるデザインの提案変更によりデザイン精度を大幅に高めていくという実務上のデザイン開発プロセスに近いデザインプロセスを経験することができたことの意義が大きい。通常のデザイン演習系教育プロセスにおいては、課題をほぼ個人で短い期間(1.5H で 15 回の開講)の中で、アイデア展開から最終解決デザインとプレゼンテーションまで提案することが多い。このためデザインアイデアの複数メンバーのチームによるデザイン展開や最終デザインの決定、デザイン見直しの繰り返しプロセスによる精度アップなどが経験できないことが多い。ほぼ個人による課題解決のために、全く自分と異なる発想やアイデアをどのようにチームとして整合し、かつチームメンバー全員が納得する形でコンセプト及びその実現としてのデザインイメージを共有し、役割を分担して業務を進めていくかという実デザインプロジェクトに近いプロセスを経験しにくい。もちろん通常の授業においてもグループ演習によるプレゼンテーションなどでチームでの議論やまとめ、発表資料製作の分担作業などは経験しているが、細かく形態を操作するデザイン演習におけるグループでのデザイン創作経験は少ない。また自らのデザイン提案物の適合性を再評価し、コンセプトの修正によるデザイン要求仕様の変更により、デザイン提案を何回も見直してデザイン精度の向上を向上させていくというプロセスも演習プログラム上困難であることが多い。本 PBL プロジェクトによってメンバーはこのようなチームデザイン活動による各自のコンピテンシーの強化を実現することができた。

今回の PBL は 3 月からチームビルドや予備調査を行い、4 月からテーマ決定など PBL 活動を本格スタートした。翌年 2 月初旬までの約 11 か月弱の日程の中で本プロジェクトを実行した。本格スタートから約 2 か月間で 1 次デザイン提案までをまとめ、その後数回の現地調査などの実施と並行しながら 3.5 月程度で 2 次提案までにいった。2 次提案後、2 か月ほどかけて最終デザイン提案と外部評価の一環としてのコンペプレゼンテーションを実施した。その後の PBL 最終発表会まではプロトタイピング製作とプロジェクトのビジネス面からの調査提案などを実施した。本稿においてはデザイン仮説提案としての本 PBL の特徴を考慮し、コンセプト構築と形態デザインの提案、およびその変化に関する部分を中心として記述した。特に 1/7 サイズの内外一体の最終モデルの製作に関しては部品構成や部品ごとの形態の特性による製作手法の選択などや塗装を含めたモデルフィニッシュワークにかなり手間と時間がかかり最終的にかなり苦労した部分である。

7 おわりに

今回の提案は東京郊外の中核都市を対象としてデザイン

を展開した。しかし現状では自家用車の普及や人口減などで公共交通機関が衰退しつつある地方都市において、むしろこのような近距離の面的で個人の自由な移動を担保する「ラストワンマイルモビリティ」が必要とされている現実もある。大野秀敏らは従来の鉄道などの公共交通を「大きな交通」、これらの「ラストワンマイルモビリティ」を「小さい交通」と呼び、日本各地における様々な実証実験や社会実装へのトライを紹介し、今後の「小さい交通」の可能性を示唆している[6]。国土交通省は平成17年12月から石川県輪島市において産総研と協力し、自動運転レベル4相当の技術を搭載した車両によるラストワンマイル移動の実証実験を開始した[7]。これはあらかじめ通常の道路に埋設された1kmほどの誘導軌道上を無人走行するもので、既存のゴルフカートシステムをベースとした実験車両であり、もちろん軌道を外れての走行は行うことができない。本提案はこのような現状をベースとしながら、技術的可能性を考慮しつつ、これをさらに進めた将来デザイン提案である。

おそらくこのようなインフラ的なモビリティシステムは、今後急速に発展すると予測されるアジアの新興都市や人工計画都市などにも適用が可能であると考えられる。またエドワード・ヒュームズはその著書の中で、現在課題となりつつある物流を含めた多様な「移動」の問題の将来における重要性と、近距離の移動においても自家用車の利用が前提であったUSA ロサンゼルスでも、近年自動車依存を疑問視し様々な代替手段を試行する動きが起こりつつあることをレポートしている[8]。このような観点からも本研究におけるようなラストワンマイルモビリティシステムのデザイン提案が今後より重要となる可能性を持っていると言えるであろう。

本研究はPBLの外部評価の一環として、2017年の東京モーターショー開催時に一般社団法人電気自動車普及協会により開催された「国際学生EVデザインコンテスト2017」に応募し、全世界からの応募34校96チームの中から、優秀賞(NTN賞)を受賞した。

参考文献

- [1] 東京都都市整備局, 都市計画情報等インターネット提供サービス, 都市計画情報,
https://www2.wagamachiguide.com/tokyo_tokeizu/=212&ntp=2
- [2] 諸田恵士, 大脇鉄也, 上坂克巳,
「我が国の自転車利用の実態把握」土木技術資料
51-4(2009).
http://www.pwrc.or.jp/thesis_shouroku/thesis_pdf/0904-P006-009_morota.pdf
- [3] 関東バス路線図 HP,
https://www.kantobus.co.jp/regular/pdf/all_route.pdf
- [4] 東京都区市町村別人口の予測,
<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/kyosoku/ky17rf0000.pdf>
- [5] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議, 官民ITS構想・ロードマップ2017.
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20170530/roadmap.pdf>
- [6] 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.
- [7] 国土交通省 HP,
http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000262.html
- [8] エドワード・ヒュームズ「DOOR to DOOR「移動」の未来」, 日経BPマーケティング 2016.

サービスデザインの実践： 生鮮食料品スーパーにおけるスマートショッピングの提案

積田 佑介*・小野 敬士*・劉 瀾*・大久保 友幸*・越水 重臣*

Service Design in practice: Proposal of Smart-Shopping in Fresh Food Supermarket

Yusuke Tsumita* , Keiji Ono* , Lan Liu* , Tomoyuki Ohkubo* ,
and Shigeomi Koshimizu*

Abstract

In recent years, while EC (Electric Commerce) has shown rapid growth, when we look at Net Supermarkets that handle fresh produce we see that they are very much under utilized. One reason may be that consumers have a strong desire to physically see fresh produce before purchasing. In this study, we propose a physical supermarket where shoppers can observe produce while shopping, however doing so without a cart, without lining up to pay and without carrying produce home. We built and evaluated a hypothesis of a new shopping service repeatedly using service design methods such as persona, customer journey map and service blueprint. After the implementation of the field survey, the usefulness of the proposed service was verified.

Keywords: Smart-shopping, Service Design, Persona, Customer Journey Map, Service Blueprint

1 はじめに

今般、小売市場における電子商取引 (Electric Commerce : EC) 化は国内外問わず堅調に進んでおり、国内に限って見てみると 2016 年時点で、15 兆円規模の市場にまで成長している。しかし、生鮮食料品などを取り扱うネットスーパーの実態にフォーカスを当てると、食料品を主に購入する場所として利用されている割合が 7.2%とまだまだ低く、多くの課題を抱えている市場であると言える。課題の要因として、生鮮食料品は「実際の商品を見てから購入したい」という、消費者の強い意向がある。これに対して、ネットスーパー事業を展開している企業では様々な工夫を凝らしているものの、現在の所、消費者の要望にあったサービスを提供できていない。

そこで本研究では、実際に商品を見ることができる従来からあるスーパーの実店舗 (以下、リアルスーパー) での買い物手法をベースに、生鮮食料品を購入する消費者にとって最適な買い物スタイルを見出すため、仮説と検証を繰り返して行い、新しいサービスの提案を行うことを目的とする。提案を検討する際、ペルソナ、カスタマージャーニーマップ、サービスブループリントといったサービスデザインの手法を用いた。その上で、模擬店舗を使用したフィールド実験を行い、提案する新しいサービスの検証を行った。

2 食料品小売業の現状と課題の抽出

2.1 食料品小売市場の現状

図 1 は、経済産業省による電子商取引に関する市場調査結果である[1]。2016 年現在、近年、EC 市場は堅調に拡大しており、2016 年には国内市場規模は 15.1 兆円 (前年比 9.9%増) まで成長してきている。しかし、ネットスーパーにフォーカスを当てると、食料品を主に購入する場所として利用されている割合が 7.2%であることが、図 2 の日本政策金融公庫の食料品購買動向調査[2]の結果から読み取れる。

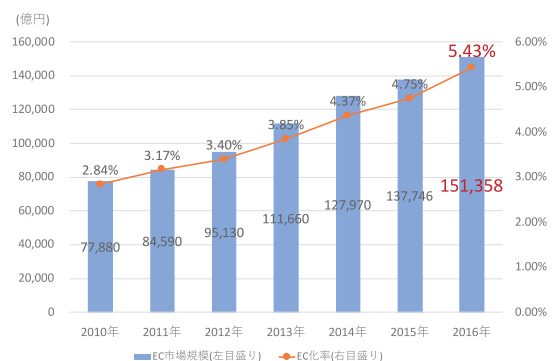


図 1: 電子商取引に関する市場調査

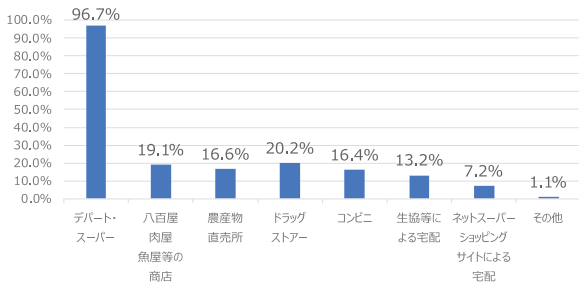


図 2: 食品を主に購入する場所(複数回答可)

さらにソフト・ブレイフィールドが行ったネットスーパーの利用状況[3]を見ると、図 3 に示すように、約 4 人に 1 人の割合でしかネットスーパーの利用経験がないという事実が得られる。このことから、ネットスーパーは、まだ多くの課題を抱えている市場であると言える。また図 4 に示すように、ネットスーパーを利用しない理由として、「商品を実際に見て購入したい」という消費者の要望がある。これは、リアルスーパーの需要が大きいと言うことを示している。

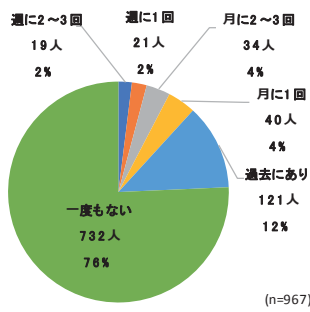


図 3: ネットスーパーの利用状況

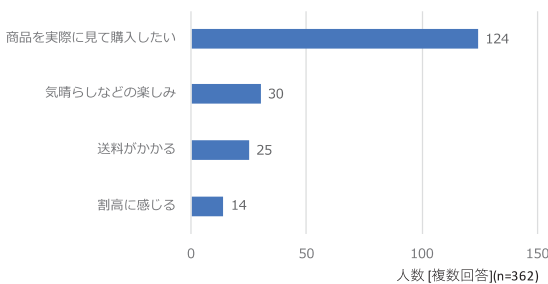


図 4: ネットスーパーを利用しない理由

2.2 リアルスーパーにおける課題

2.1 項において、食品小売市場におけるネットスーパーの利用状況や買い物の課題について概観した。それら調査結果を閲覧することで、食料品小売市場状況の概況は把握できるが、詳細まではわからない。そこで、消費者の利用状況を自ら確認することによる、リアルスーパーでの課題の抽出を目的に Web アンケートを用いた定量調査を実施することにした。なお、提案サービスが与える価値が多くの人に受け入れられるように課題を抽出するため、スーパーにおけるメインの利用者であると想定される主婦層に対して調査を行う。

2.3 Web アンケート調査の概要

調査対象のスクリーニング条件、具体的な調査項目、調査期間など、調査条件を以下に示す。

2.3.1 スクリーニング条件

グループ①

- ・日本に在住する 10 歳以下の子供を持つ主婦
- ・週 3 回以上自炊している
- ・毎月 1 回以上ネットスーパーを利用している

グループ②

- ・日本に在住する 10 歳以下の子供を持つ主婦
- ・週 3 回以上自炊をしている
- ・毎月 1 回以上ネットスーパーを利用していない

2.3.2 調査項目

- ・回答者の属性
 配偶者と同居の有無、子供の人数、子供の年齢、両親との同居状況
- ・ネットスーパーで不満に思うこと(自由回答)
- ・リアルスーパーで不満に思うこと(自由回答)

2.3.3 調査期間

2017 年 6 月 2 日 ~ 2017 年 6 月 4 日

2.4 アンケート調査結果

日本に在住する 20 代~40 代の既婚かつ子持ちの専業主婦、222 名(ネットスーパー利用者 111 名+ネットスーパー未利用者 111 名)からアンケートの回答得た。回答者の居住地、年齢、家族構成などは、図 5、図 6、図 7 に示す。

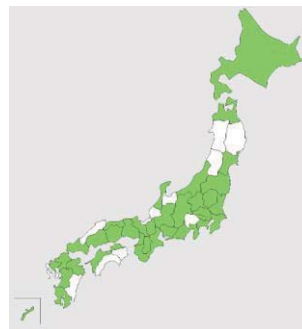


図 5: アンケート回答者の居住地の分布

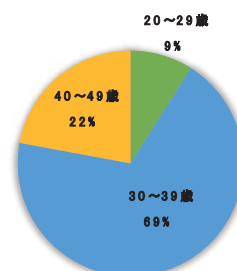


図 6: アンケート回答者の年齢構成

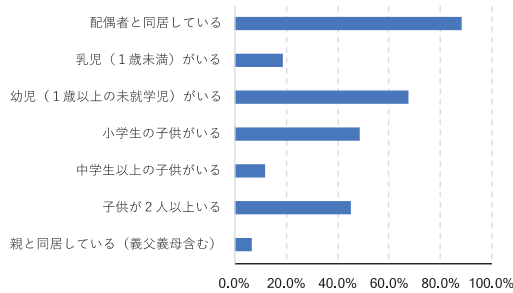


図 7: アンケート回答者の家族構成

a) ネットスーパーに対する不満

ネットスーパーに対する不満を、アンケート回答者 222 名に対して自由回答で調査した結果、図 8 のような結果となった。図 8 からわかるように、「実際の商品を見られないこと」は、ネットスーパー利用者(以下、利用者)で 61.2%，ネットスーパー未利用者(以下、未利用者)で 54.9%と、全回答者の半数以上を占めており、ネットスーパーに対して最も抱かれている不満であることが読み取れる。また「商品到着まで時間がかかること」(利用者:15.3%，未利用者:31.5%)、「欲しい商品が見つけないこと」(利用者:21.6%，未利用者:24.3%)も大きな不満として挙げられた。

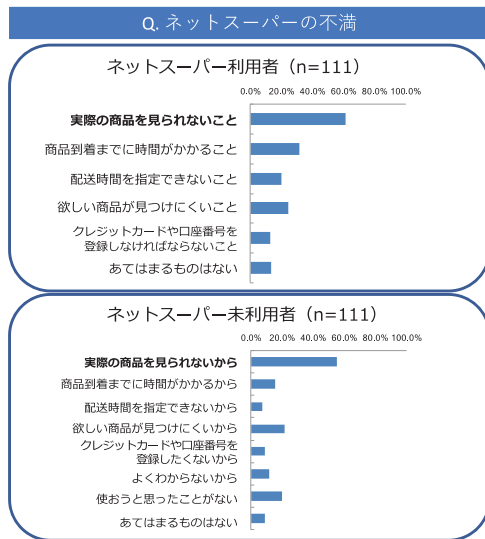


図 8: ネットスーパーに対する不満

b) リアルスーパーに対する不満

一方、リアルスーパーに対する不満は、図 9 のような結果となった。こちらは、ネットスーパー利用者・未利用者ともにリアルスーパーに対し抱いている不満は、「レジで並ぶこと」(利用者:53.1%，未利用者:47.7%)、「商品を持って帰ること」(利用者:50.4%，未利用者:51.3%)の 2 項目が上位となった。次いで「重いカゴを持つこと」(利用者:47.7%，未利用者:27.0%)、「狭い店内でカートを押すこと」(利用者:33.3%，未利用者:28.8%)という回答結果となった。

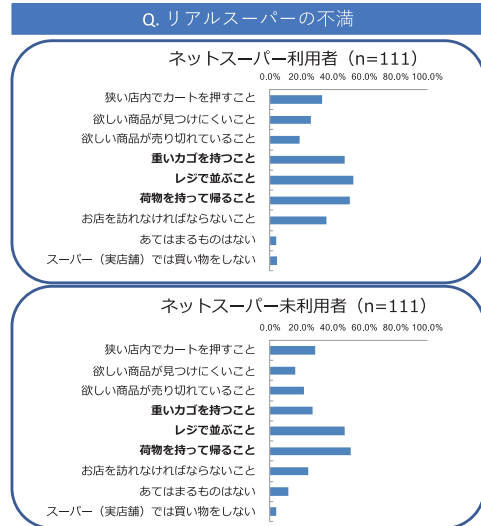


図 9: リアルスーパーに対する不満

c) ショッピングにおけるユーザー要望

アンケート結果により、ネットスーパーにおいては「実際の商品を見られないこと」「欲しい商品が見つけないこと」「商品到着まで時間がかかること」などの不満を得た。したがってインターネットの普及と EC 化などの技術革新により登場したネットスーパーであるが、ネットスーパーユーザーの要求には十分に答え切れていない可能性がある。また、リアルスーパーにおいては「レジで並ぶこと」「商品を持って帰ること」「重いカゴを持つこと」「狭い店内でカートを押すこと」など、既存のスーパー実店舗ならではの不満を調査によって得た。これら、不満の裏返しは消費者の要望と考える。

そこでユーザー視点に立ったサービスをデザインするため、双方のショッピングサービスにおけるメリットの整理・検討が必要であると考えた。

2.5 新サービスにおける提供価値

2.4 項で述べた Web アンケート結果から、「実際の商品が見られないこと」が、ネットスーパーが躍進できていない第一の要因である可能性を得た。

また、その要因をネットスーパーの延長線上で解決するには、ネットスーパーの仕組み自体を根本的に変え、様々な課題をクリアする必要があるため、実現までかなりの時間を要すると判断し、リアルスーパーでの買い物に対し、以下の価値を提供できる新しいサービスの提案ができないか、検討を行った。

- ・実際の商品が見られること
- ・店内でカゴを持たないこと
- ・レジを通らないこと
- ・荷物を持ち帰らないこと

3 新しいスマートショッピングの提案

3.1 新しいスマートショッピングの概要とショッピングフロー

2.4 項で述べたリアルスーパーにおける価値を提供するために構想した新サービスのスマートショッピングを以下に提案し、ショッピングフローを図 10 に示す。

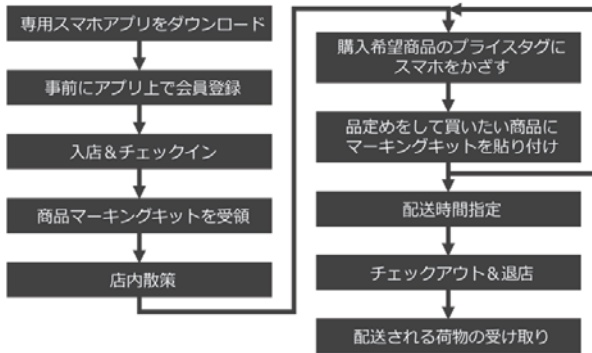


図 10: スマートショッピングのショッピングフロー

構想した新サービスの概要は、以下の通りである。スマートフォン(スマホ)を使用する。ユーザーは、リアルスーパーにおいて、購入したい商品のプライスタグにスマホをかざし、品定めをして買いたい商品にマーキングキットを貼り付ける。商品の購入はスマホ上で決済を行い、商品は宅配され自宅に届くというものである。

具体的な流れは、以下の通りである。このサービスを利用するには、ユーザーは、スマートフォンにこのアプリをダウンロードしておき、このアプリ上で事前に会員登録を済ませておく。リアルスーパーに入店の際に、リアルスーパー入り口に置かれている入店端末にスマホをタッチしチェックインを行い、品定めした商品の識別のためのマーキングキットを受領する。そして、店内を散策し、購入希望の商品のプライスタグにスマホをかざす。その際 NFC を利用し、アプリには商品と値段などの情報が入力される。品定めをして買いたい商品には、マーキングキットを貼り付ける。買い物が終了する際に配送時間を指定し、会計にはクレジットカード等を利用しスマホ上で行う。退店時に入店時と同じく退店端末にタッチしチェックアウトを行う。商品は宅配され、ユーザーは自宅で商品を受け取るという流れである。

提案するスマートショッピングのショッピングフローが、ユーザーにとってメリットとなるか、ユーザーが抱える課題が提案するスマートショッピングのショッピングフローで解消できるのか、提案サービスそのもののシステム要件に抜け漏れが存在しないかを明らかにするため検証を行うこととした。

さらに、このショッピングフローがユーザーにとってメリットとなるかという検証を目的にフィールド調査を実施した上で、それら意見を反映したショッピングフローの最終形を築き上げたことを以下に述べる。

3.2 ペルソナの設定

2.4 項で述べた通り、リアルスーパーの不満として「レジで並ぶこと」「荷物を持って帰ること」「重いカゴを持つこと」「狭い店内でカートを押すこと」が挙げられる。その結果から、スーパーでの買い物において、身体的負担と精神的負担がユーザーの不満に繋がっていると仮定し、今回調査を行った 20 代～40 代の主婦層の中で、その負担を最も軽減もしくは回避したい属性を考慮し、ペルソナとして図 11 の内容を設定した。

ペルソナを定義する上で重要視した点は、「未就学の子供がいること」と「都内近郊に在住であること」という 2 点である。

3.2.1 「未就学の子供がいること」

未就学の子供がいることにより、スーパーまでの往復にかかる身体的負担、買い物中に子供の動向に注意を払う精神的負担が、ペルソナに該当しない主婦よりも余計にかかることが想定される。

ペルソナ



齋藤美香 (34歳)

東京都出身 既婚
e 崎在住
私立四e 卒
元銀行系キャリアウ3 mac

家族構成

- 2 旦那4 36歳)
 - 宮城県出身
 - 妻香とE e 学の先輩o 輩
 - 商社勤務4 年収 1,000万)
 - 海外出張が多い
- 2 娘4 4歳)
 - 幼稚園に通園
 - 週2でピアノ 週6で英会話
- 2 息子4 2歳)
 - 週6で英会話

日常生活

- 趣味E 3N とb L c 4 旅行(旅行年6 回)
- 平日E ママ友と毎週ラc 子4 2,000円)
- L c スタでラc 写真撮るアップ
- ママ友とLINEが3 プ
- ごF めに貯k をしており1 無駄な出費E しない
- 料理E 好きで1 毎日料理してii
- 車未所有
- たF にネットス3 3c を利用
- 若干の育児ストアス

図 11: ペルソナ

3.2.2 「都内近郊に在住であること」

都内近郊に在住であることについては、主な移動手段として公共交通機関が充実していることと、車を所有することで高額の維持費がかかることから車の所有率が低いことが予見される。また、仮に車を所有していても都内近郊のスーパーの場合には駐車施設が充実していない場合が多いことが考えられる。

以上のことから、図 11 のユーザーをペルソナと設定した。

3.3 カスタマージャーニーマップの作成

3.3.1 リアルスーパーのカスタマージャーニーマップの作成

まずは、ペルソナのリアルスーパーでのショッピングにおけるインタラクションを、時間軸で段階的に可視化することで、課題となる箇所を明確にする。この目的のために、カスタマージャーニーマップを作成した結果、図 12 のようになり、課題の抽出を行った。

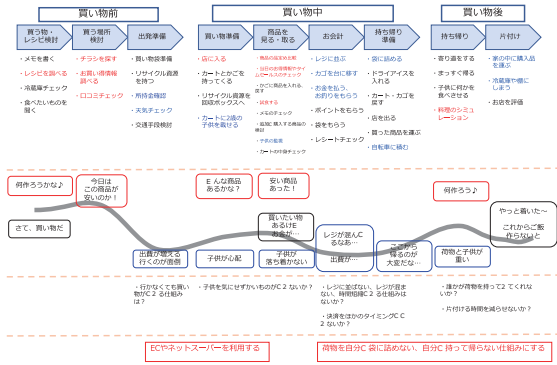


図 12: リアルスーパーのカスタマージャーニーマップ

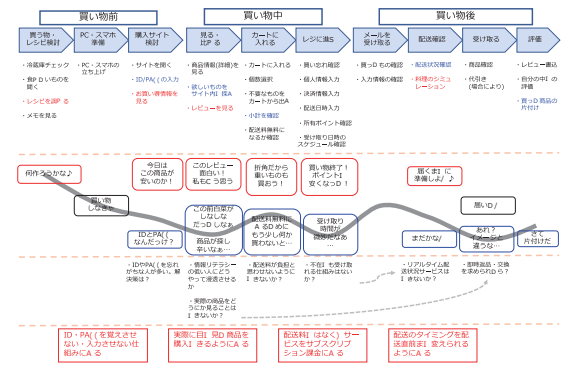


図 13: ネットスーパーのカスタマージャーニーマップ

a) リアルスーパー往復時の身体的負担

前項のペルソナ設定にておおよそ予見していたが、子供を連れて外出すること自体に身体的負担が発生する。特に帰宅の際にはスーパーで購入した荷物も負担要素として追加されるため、未就学の子供を抱える主婦にとってはリアルスーパーにおける課題であると言える。この課題に対しては、既存のネットスーパーを利用することで解消ができ、一部のスーパーに導入しているような店頭配送サービスを利用することで課題解消に貢献することができる。

b) 買い物時の子供の動向に注意を払う精神的負担

未就学の子供がスーパーの店内で落ち着かず、その状況に母親としてあの手この手を用いてなだめながら買い物を行うことは、精神的負担がかかると言える。こちらの課題も最初から外出しないネットスーパーを利用することで解消できる。

c) レジに並ぶこと

レジに並ぶことについても、子供を連れていない主婦と比較し、子供を連れてある場合、レジで待っている間に子供がじっとしないため、精神的負担がかかることや、そもそも何もすることなく待機させられている状況に対しても十分に精神的負担を感じるシーンであると言える。こちらの課題もネットスーパーを利用することで解消できる。

3.3.2 ネットスーパーのカスタマージャーニーマップの作成

続いて同じように、ネットスーパーでのショッピングに対して、カスタマージャーニーマップを図 13 の通り作成し、課題の抽出を行った。

a) システムログインに必要な情報が思い出せない

システムを利用する際には、ログイン時に ID と Password が必要となるが、情報が覚えきれないことが想定される。ログインに必要な情報を記憶しない仕組みを検討する必要があることがわかった。

b) 購入時の想定と異なる商品が配送される

ネットスーパーで商品を購入する際に参考情報として閲覧できる商品画像について、実際に配送される商品の画像ではないため、そこに差異が発生する。第 2 章で述べた通り、ここで「実際の商品が見られないこと」というネットスーパーの最大の課題が発生する。そのため、ネットスーパーの延長として技術革新により、この課題を直接的に解決するのではなく、リアルスーパーという、既にこの最大の課題を解消した環境にて、他の課題の軽減および解消するサービスを検討する。

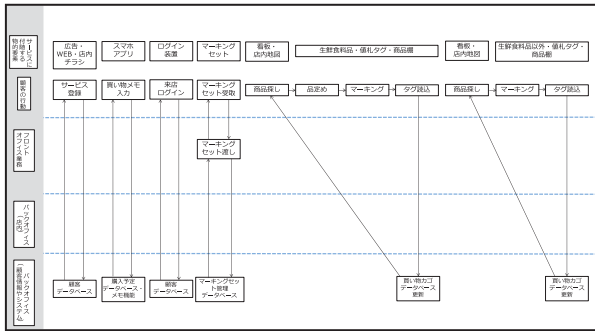
c) 配送時間に在宅する必要がある

ネットスーパーは基本的に宅配便で配送されるため、配送時間に在宅する必要がある。そのためネットスーパーを利用することで、購入した荷物の運搬などの手間や負担が軽減されたものの、別途、配送時間を考慮した行動を計画する必要性が出てくる。また、ユーザーの負担を小さくするためには、配送時間の指定を細かくできるようにする、もしくは配送直前にユーザーへ在宅確認を行う仕組みが必要であることがわかった。

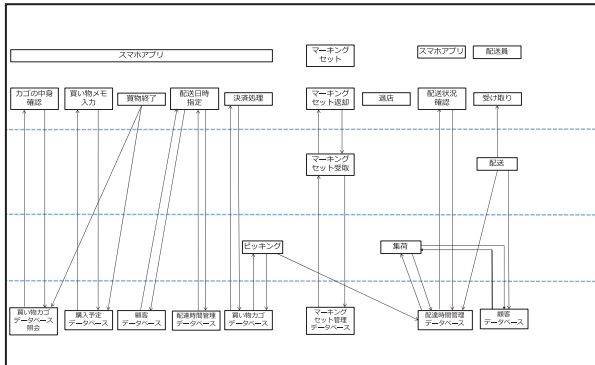
以上のように、リアルスーパーとネットスーパー両方におけるカスタマージャーニーマップを作成し、現状のリアルスーパーでの課題とネットスーパーでの課題を明らかにした。

3.4 サービスブループリントの作成

今回、提案するショッピング方法に対し、ペルソナ、店舗側のフロントサイド、バックサイド、関連システムとの関係性を明らかにするため、図 14 の通りにサービスブループリントを作成した。これにより、サービスそのものや、システム要件に抜け漏れがないか検証を行った。



(a) サービスブループリント(左半分)



(b) サービスブループリント(右半分)

図 14: 新ショッピングのサービスブループリント

3.5 フィールド調査の実施

前述まで検討したショッピングフローに対し、ペルソナのニーズを満たしているか、満たしていない場合には、ニーズを掘り起こし、ショッピングフローをブラッシュアップすることを目的に、以下の要領にてフィールド調査を行った。

3.5.1 実査期間

2017年11月11日～2017年11月13日

3.5.2 実査場所

株式会社 InnoBeta 会議室 (渋谷駅近傍)

3.5.3 スクリーニング条件

グループ①

- ・10歳以下の子供を持つ主婦
- ・週3回以上自炊をしている
- ・スマホ利用者
- ・毎月1回以上ネットスーパーを利用している

グループ②

- ・10歳以下の子供を持つ主婦
- ・週3回以上自炊をしている
- ・スマホ利用者
- ・ネットスーパーを利用したことがない

3.5.4 事前ヒアリング

フィールド調査に入る前に、ユーザー属性を深掘りしておく。これにより得られた調査結果との相関を確認できる。これを目的として事前ヒアリングを行った。ヒアリング内容を図15に示す。

1	ひと月あたり、スーパーに買い物に行く頻度と、1回あたりのおおよその購入金額を教えてください。
2	ひと月あたり、ネットスーパーを利用する頻度と、1回あたりのおおよその購入金額を教えてください。
3	〔ネットスーパーを利用している方〕 普通のスーパーとネットスーパーをどのように使い分けているか教えてください。
4	普段、お父さまとスーパーに買い物に行く場合、どのような交通手段を利用しているか教えてください。 ・自動車 ・バス ・自転車 ・電車 ・タクシー ・徒歩 ・その他[]
5	店内でお父さまをどのように連れていくか次の中からお選びください。 ・ベビーカーに乗せる ・カートに乗せる ・抱っこヒモ/おんぶヒモを使う ・ヒモなどを使用せずに抱っこする ・手をつないで歩く ・自由に歩かせる ・その他[]
6	よく行くスーパーは何軒くらいあるか教えてください。 また、敷料を使い分けている場合、どのように使い分けているか教えてください。

図 15: フィールド調査の事前ヒアリング内容

3.5.5 テストタスク

フィールド調査では、会議室内に模擬スーパーを設置、ユーザーに提案したショッピングフローを体験してもらった。そのテストタスクの内容を図16に示す。テストタスクを実行する際、ユーザーが考えている内容を発話する発話思考法を採用した。本来、ユーザーの行動からインサイトを得ることを目的とするが、今回はその目的に限らずショッピングフローを体験した上で、事後インタビューに回答するための前工程として実施した。

シチュエーション	内容
準備	事前に買い物方法に関する資料をもらったので2分ほど確認をしてください。
タスク① 会員登録	AirBaggageというアプリを起動して、会員登録画面から会員登録を行ってください。
タスク② 入店	AEON品川店に着きましたので、買い物を始めたいと思います。アプリにIDとパスワードを入力してログイン後、買い物準備を進めてください。
タスク③ 商品購入	今日はカレーを作ろうと思います。お店の商品の中から、ジャガイモ3つとカレー粉1つ、豚バラ肉300gを購入してください。
タスク④ 退店	一通りの購入手続きが完了したので、「買い物を終了する」ボタンを押して、配送時間を指定してください。その後、代金のお支払いを済ませてください。
事後説明	帰宅してひと段落したところで、商品が届きました。

図 16: フィールド調査のテストタスク

3.5.6 事後インタビュー

提案する新スマートショッピングのショッピングフローに対する利用意向調査と、設計したショッピングフローを細分化した際の各オペレーションに対するニーズを調査することを目的として、事後インタビューを実施した。事後インタビューの実施内容を図17に示す。

1	全体を通して、ショッピングのフローはわかりやすかったですか？5段階評価でお答えください。理由も教えてください。 わかりにくい ← 1 2 3 4 5 → わかりやすい (理由:)
2	早速にこのサービスを利用してみたいと思いますか？5段階評価でお答えください。理由も教えてください。 利用しない ← 1 2 3 4 5 → 利用したい (理由:)
3	このサービスの利用料は月額980円です。利用してみたいと思いますか？5段階評価でお答えください。 利用しない ← 1 2 3 4 5 → 利用したい
4	このサービスの利用料は1回300円です。利用してみたいと思いますか？5段階評価でお答えください。 利用しない ← 1 2 3 4 5 → 利用したい
5	入店時の買い物準備（アプリ起動・アプリログイン・QRコード読み取り等）を手間と感じますか？
6	買い物中のオペレーション（スマホをかざすこと・他の棚に入れること・袋に入れること・クリップで留めること等）を手間と感じますか？
7	商品種数を入力してまで、買い物中の金額を知りたいですか？
8	肉のグラム数を入力する手間と、アプリからカメラを起動して商品トレーについているバーコードを読み取る手間ならどちらが良いですか？
9	買い物終了後の手続きを手間と感じますか？
10	自宅で商品受け取りを行う際に、気になることや不安に思っていることはありますか？
11	もし、このサービスに対して希望・要望などがあれば教えてください。

図 17: フィールド調査の事後インタビュー内容

3.6 フィールド調査結果

フィールド調査の様子を、図 18 に示す。スクリーニング条件に合致する 20 代～40 代の各世代 1 名ずつ、グループ①のネットスーパー利用者 3 名 + グループ②のネットスーパー未利用者 3 名、計 6 名による調査を実施し、以下の結果を得た。



図 18: フィールド調査の様子

3.6.1 気付き

- ・ 簡素と思われるオペレーションであっても、実際に利用してみると、慣れない買い物方法に戸惑う
- ・ ショッピング時、商品もしくはスマホを置く場所が必要
- ・ 同じ生鮮食料品と言っても、袋に入れる商品と入れない商品が、人により異なる
- ・ スマホ利用者の 20 代～40 代の主婦であれば、スマホの操作は問題ない

3.6.2 事後インタビューでの評価

- ・ フローのわかりやすさ: 3.5 点(5 点満点)
- ・ サービス利用意向: 3.2 点(5 点満点)
- ・ 入店時のログインや QR コードの読み取りなどは手間ではない
- ・ サービス利用料は、月額 900 円と都度 300 円とでは、金額の問題よりも都度課金が好まれる傾向である

4 サービスデザインプロセスから得られた考察

生鮮食料品スーパーにおける新サービスに対し、ペルソナ設定、カスタマージャーニーマップ、サービスブループリントという、3 つのサービスデザイン手法に加え、フィールド調査を用いて検証を行った。成果として、当初想定していたサービスがユーザーの買い物における利便性を向上させることがわかった。一方で、以下の 2 つの課題を抽出することができる。

- 1) 今回提案する新サービスのショッピングフローにおいて欠かせない、スマホを片手に持ちながら買い物をするということが困難であるという課題が浮き彫りになった。リアルスーパーでの買い物で、スマホ 1 つで簡単に買い物ができるという構想で、ショッピングフローをデザインしたが、フィールド調査を行ってみると、スマホを片手に持ちながら商品を手取る際、ユーザーが机にスマホを置きたがる、もしくは手に持つことが不快そうに買い物をしていた、という結果を得た。
- 2) 新サービスで想定していた月額課金があまり好まれなかったという課題が浮き彫りになった。一般的なネットスーパーにおいて、配送料を無料にするためには最低購入金額を超えて注文しなければならない。ネットスーパーのカスタマージャーニーマップを作成した際、この最低購入金額を考慮した買い物をする必要があったことが、ユーザーの不満を増長する恐れがあるのではないかと予測し、月額課金でのサービス提供を検討していた。しかし、フィールド調査において、提案する新サービスのショッピングフローを利用後、事後インタビューにて月額課金と都度課金どちらでの利用を確認したところ、このサービスの利用用途としては日常的に利用するのではなく、重い商品やまとめ買いをする際に利用したいという意向が得られ、一時的に利用するサービスに対して月額課金ではなく都度課金の利用意向が高いという結果が得られた。

以上、2 つの課題を踏まえて、サービスモデル、ショッピングフローの修正が必要ことがわかった。

5 まとめ

本論文では、食料品小売市場における現状の調査を、Web アンケートを用いて行った。さらにサービスデザインの手法を用いて、新サービスのスマートショッピングの提案を行い、サービスの仮説検証を繰り返した。加えてフィールド調査(ユーザーテスト)を実施し、提案したサービスの評価を実施した。

この背景には、近年 EC 市場は堅調に拡大してきているが、生鮮食料品などを取り扱うネットスーパーに着目すると、その利用度はまだまだ低い。その要因として、「実際の製品を見てから購入したい」というユーザーの根強い要望がある。

そこで本論文では、新サービスのスマートショッピングを提案し、実店舗(リアルスーパー)において、子連れの主婦らが商品を見て手に取りながら、ストレスなく買い物ができることを目標に、新しいサービスを提案した。このサービスを構築するにあたり、ペルソナ、カスタマージャーニーマップ、サービスブループリントといったサービスデザインの手法を使い仮説と検証を繰り返した。さらにユーザーテストであるフィールド調査を模擬店舗を用いて行い、提案するサービスの評価を実施した。

その結果、1)サービスを利用する際に、スマホを片手に商品を購入することは困難で、改善の余地があること。2)サービスの課金形態において、当初想定していた月額課金より都度課金の方が好まれると言う事が、ユーザーテスト後の事後インタビューで明らかになった。と言う2点の気づきを得た。

以上のことから、今後の課題として、フィールド調査で得られた2点の気づきを解決する改善策を検討することが上げられる。

謝辞

本稿のアンケート調査およびフィールド調査の実施に際し、株式会社 InnoBeta 様の協力を頂きました。深くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 経済産業省, 電子商取引に関する市場調査,
http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/statistics/outlook/h28report2.pdf, 2017. (visited on 2018)
- [2] 日本政策金融公庫, 食品購買動向調査,
https://www.jfc.go.jp/n/release/pdf/topics_170308a.pdf, 2017. (visited on 2018)
- [3] ソフトブレーション・フィールド, 主婦のネットスーパー利用実態調査,
<https://www.sbfield.co.jp/information/20120521-5944/>, 2012. (visited on 2018)

ものづくり活動におけるサービス論の考察

橋本 洋志*, 陳 俊甫**

A Consideration on Serviceology in Monozukuri Field

Hiroshi Hashimoto* and Junfu Chen**

Abstract

This paper presents a consideration on serviceology in the Monozukuri field in Japan. The definition of serviceology is presented and some features of serviceology in large corporations are described. From the point of this view, some problems that the serviceology is applied to small and medium corporation are explained. Examples for dealing with the problems are introduced and considerations about them are shown.

Keywords: Monozukuri, serviceology, small and medium cooperation, service in production

1 はじめに

本稿は、ものづくり活動におけるサービス論に関して、近年のトピックをまとめ、幾つかの考察を行うものである。ものづくり活動を行う組織は、大企業と中小企業が代表的であり、特に、ものづくり系の大企業ではサービタイゼーションという考え方が提唱されているが、この考え方がそのまま中小企業に適用できるかどうかの考察を示す。この両者の特性を明示することで、それぞれに適するサービス論を展開する。この後に、中小企業に適するサービタイゼーションの在り方を考察する。

2 サービタイゼーション

2.1 ものづくり活動のサービス

現在のサービスの定義は「顧客との価値共創」とされている(橋本, 他(2015))。このため、サービス提供者とサービス需要者(顧客: 個人の場合と企業の場合がある)との間で、サービス行為のフィードバックがある。これには、価値提案, 価値交換, 価値発信, 事前期待, 経験価値, 利用価値などがサービス要素として、サービスの形態に合わせて、マイナーグループを含んだフィードバックを形成する(村上(2014))。いずれのサービス形態にしても、上記のサービス要素を含んだ形でサービス行為が表現されなければならない。このサービスの表現の下でものづくり系のサービスであるサービタイゼーションを次に考える。

2.2 サービタイゼーションの概要

サービタイゼーション(servitization)は「製品の販売から製品・サービスシステムを含む販売への転換を通して、顧客

との互恵的価値を創造するためのイノベーション」であると定義されている(陳(2017))。この定義を、ものづくり活動を行う企業に当てはめて考える。

サービスが製品に付加する「製品志向型」と、製品はサービスに付加する「顧客志向型」に分けられる。一般的にサービタイゼーションは、物的な製品は比較的に重要である側からサービスが重要になる側に向かってビジネスを拡張し、製品中心から顧客・サービス中心へ転換することを指す。この転換に伴い、製造企業の価値提供は、製品そのものから製品とそのアフター・サービスの提供へ、さらには顧客(取引企業)の生産プロセスを代理するという究極な形へ発展する。

2.3 3つの便益

サービタイゼーションの導入する動機に3つの便益があるとされる。これらについて、陳(2017)の論文を引用して紹介する。

2.3.1 経済的便益

財政的便益とも呼ばれ、これには3つの動機があると指摘された(Neely, 2014)。1番目は新たな収益源の追求である。その背景には、世界経済の成長と技術の進化に伴って、市場における製品のコモディティ化が進み、コスト・ベースの競争はますます困難になったことがある(Wise & Baumgartner, 2000)。このような状況のもと、製造企業は収益をあげるためにイノベーティブな取り組みと新たな付加価値の創出に迫られた。そこで従来、製品に付随するサービスを有償で提供することや新たなサービスを開発し導入することは、新たな収益源として期待されたのである。

2番目は、製品ライフサイクルや製品の普及率と新規需要の格差に由来するものである。Wise and Baumgartner

Received on September 14, 2018

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

** 広島大学, Hiroshima University

(2000)によれば、米国の自動車市場の普及率と年間新規販売率の割合はおよそ 13 対 1 であり、一世帯の平均新車購入への支出と自動車関連サービスの支出は約 20% 対 80% である。また鉄道車両、航空機、生産装置のような耐久消費財の製品ライフサイクルは、30 年を越えるケースも少なくない (Neely, 2014)。こうした製品の普及台数の増加と新規需要の頭打ち、および製品のライフサイクルの長期化を背景に、製造企業は製品関連サービスを提供することに経済的な意味を見出したのである。

3 番目は、安定的な収益源の確保である。企業にとって、製品ごとの製造と販売から得られる収益の方が高いものの、その収益性は景気変動の影響を受けやすい。それに対して、サービスはある意味で製品に関する景気安定化の機能を果たせると認識された (Raddats et al, 2017)。つまり、サービスの場合、契約期間内でのサービス利用から得られる回数ごとの収益こそ高くはないが、製品ライフサイクルの期間中であれば、長期にわたってサービスが利用され続けるため、コンスタントに利益を上げることができるということである。このような認識のもと、サービスは企業の安定的な収益源として期待されたのである。

2.3.2 戦略的便益

1 番目は、サービスによる差別化機会の提供である。グローバル経済社会の浸透と技術の進化に伴い、先進国と途上国との間の製造能力と技術レベルの格差が縮小され、製品市場もますます同質化になりつつある。こうした状況のもとで、サービスは従来の生産と販売と異なる差別化の機会を提供し (Robinson et al, 2016)、その固有の特性によって競合からの模倣をかわすことができる (Oliva & Kallenberg, 2003) と期待された。例えば、Frambach et al (1997) は、ヨーロッパの健康医療市場における新医療機器の導入を調査した結果、機器の性能が同質化されているにもかかわらず、関連サービスの提供は顧客にカスタマイズされた印象を与え、顧客の知覚価値を高めることに繋がったとサービスの重要性を強調した。また Mathe and Shapiro (1993) によるドイツ企業 138 社を対象に行われた調査では、各企業のマネジャーに対し、今後長期にわたって効果的に差別化を図るチャンスはどこにあるかと尋ねたところ、76.9% が「サービス」と回答したことも報告された (Desmet, van Dierdonck, & van Looy, 2003)。

2 番目の戦略的便益は、サービスによる競争上の障壁の形成である (Mathieu, 2001b)。これにはロックイン効果とロックアウト効果がある。前者は、製品自体を原価に近い価格で販売し、製品に欠かせないスペアパーツの販売やランニング費用などで顧客を囲い込んで収益を上げることである。後者は、企業の提供する純粋なパーツとサービスの品質が顧客に認められ、結果的に競合相手を市場から閉め出す効果である。例えば、複写機と併せてドキュメント管理サービス

を提供し、同一会社の複写機と関連サービスを利用することで、人件費や文書管理コストの全体が節約になるゼロックスの事例 (Wise & Baumgatner, 2000) や、コマツによる建機とそのサポートシステム KOMTRAX の同時提供によって、顧客のオペレーション効率の向上に寄与している事例はその典型である。但し、このような競争的な障壁は常に機能するとは限らない。その効果は顧客のニーズとサービスの種類、さらに市場の成熟度によって規定されるのである (Samli, et., al., 1992)。

2.3.3 マーケティング便益

1 番目は、製品に併せて関連サービスを提供することは、顧客のニーズに応え、顧客に最大限の便益を提供することである。今日、多くの顧客は製品だけでは満足できなくなり、より多くのサービスを求めている (Baines & Lightfoot, 2014)。例えば、乗用車の購入を考えると、乗用車の購入者は車体を購入するだけで満足できるか、恐らく答えは否であろう。つまり、乗用車本体のほかにも、その乗用車がきちんと走れる保証、修理体制、サポート体制なども求めているのである。一方、顧客の生涯費用に目を転じると、多くの製品、特に耐久消費財について、購入費用はその生涯費用の一部に過ぎないことも分かった (Desmet, van Dierdonck, & van Looy, 2003)。例えば、Wise and Baumgatner (2000) の調査では、法人におけるパソコン関連の支出では、ハードウェアの購入費は全体費用の 20% に過ぎず、残りはテクニカルサポートや運用、メンテナンスに振り向けられていることが明らかになっていた。

2 番目は、製造企業におけるサービスへの拡張は顧客との関係性を強化するメリットである。これには二つの意義がある。ひとつは、サービス授受プロセスにおける製造企業と顧客の接する機会の増加により、企業は顧客のニーズをより深く理解でき、企業におけるイノベーションのためのシーズ・プルの形成が期待できることである。例えば、Chatterji and Fabrizio (2014) は、医療機器企業とイノベティブな医者とのコラボレーションが企業の製品イノベーションを強化し、新技術領域やラディカルなイノベーションから最も大きな収益を企業にもたらすと主張した。また Goh and McMahon (2009) は、製品関連のサービスは製造企業における製品開発の重要な情報資源とサービスのフィットバーク情報になることをも指摘した (Dachs et al., 2014)。もう一つは、顧客ロイヤルティの獲得である (Mathieu, 2001b)。製品間に技術的、性能的な格差が殆どなくなっているなか、価格と性能比で競争優位を維持することは至難の業となった。企業にとって収益を上げるには、高収益顧客との間に強固な信頼関係を築き、製品ライフサイクルの続く限り、優先的にサービスのオーダーを得ることが重要である (Wise & Baumgatner, 2000)。そこで、サービスタイゼーションを通して、企業は継続的に顧客の知覚価値の向上をサポートし、顧客満足に充足すること

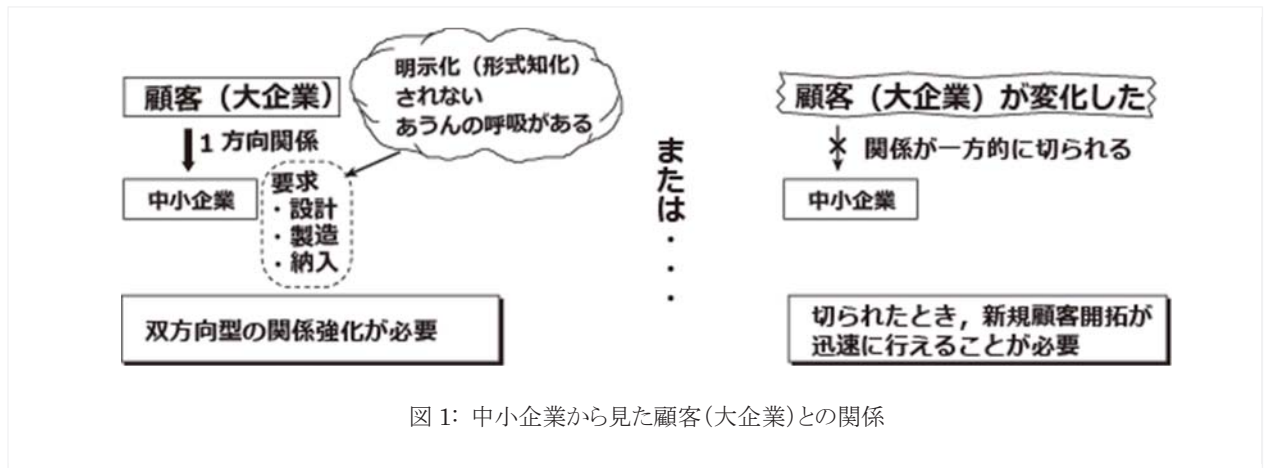


図 1: 中小企業から見た顧客(大企業)との関係

で顧客ロイヤルティを構築することができる。

また、顧客(取引企業)側からサービタイゼーションのメリットとして、例えば、次のことが挙げられる。①オペレーションプロセスにおいて古書による業務中断のリスクを低減できる、②余分の部品在庫、修理人員を準備することが必要なくなり、それに伴う費用等を製造企業にリスク転換できる、③製造企業との契約に保証され、安心・安全なオペレーション環境を確保できる。

2.4 サービタイゼーションの課題

2.4.1 組織構造関連

従来、製造企業において製品部門とサービス部門は別々に活動し、企業の価値創造プロセスは製品中心に行われてきた。サービタイゼーションへの転換に伴い、企業による価値提供は製品、サービスオフリング、およびサービス従事者によって提供されることになる。つまり、製造企業は、製品中心の組織から顧客・サービス中心の組織へ転換し、組織の文化的なマインドセットの転換が求められるのである。しかし、その変革には既存権益の放棄、生き残りの不安などが伴い、長年で慣れ親しんできた慣習を放棄するのが簡単なことではない。

2.4.2 知識・スキル関連

サービタイゼーションに伴い、製造企業と顧客(取引先企業を含む)の関係は、取引ベース(製品を販売する)から関係性ベース(販売・保守・改善などを含む)への転換を意味する。しかし、製造業の従業員は製品コンセプトに精通するものの、統合的なサービス提供物としての製品に関する知識を持たないことが多い。組織内外の顧客との効果的なコミュニケーションやスキル、知識の欠落が大きな課題となる。また、サービタイゼーションは顧客中心の市場を強調するが、多くの製造業者は、製品ベースのマインドセットをもち、柔軟性、多様性、カスタマイゼーションよりも、効率性、規模の経済性、標準化を重要視する。そのため、自らのサービタイゼーションは、顧客のニーズや嗜好に適応するとは限らない。それが失敗のリスクを高めてしまうことになる。

2.4.3 顧客マネジメント関連

顧客マネジメントに関する最初の課題は、顧客(取引先)にとって、「ソリューションを買う」ということは比較的に新しい概念でありなじみが薄い。次に所有権の移転が伴わない「製品(機械)」の使用は、自ら製品(機械)使用プロセスのコントロールを放棄し、結果的に使用に関する自由裁量権限の喪失や常に製造企業の監視下にいるというネガティブな考えに繋がり、最初から拒否する可能性がある。さらに、顧客により良いサービスを提供するために、顧客のオペレーションプロセスそのものにアクセスすることが欠かせないが、オペレーションプロセスの情報は顧客にとって商業上の秘密であり、もともとシェアしたくない情報である可能性が大きい。そのため製造企業との情報共有を拒否することも指摘された。

2.4.4 リスクマネジメント関連

サービタイゼーションに伴う製造業のビジネスの転換には多くの投資が必要とされる。その投資は企業の更なる成長のオプションとして期待されるものの、サービス化されたオフリングは、常に期待通りの利潤を得られるという保証がない。その収益効果が現れるまで時間がかかることや、前述した GE の事例のように会計処理上の問題も抱えていることなどが指摘された。

3 中小企業のサービタイゼーションの現状

3.1 大企業との比較

中小企業の特徴は、日本のモノづくりの活力(アイデア、技術)の源泉であり、我が国モノづくりの基盤を担っている。しかし、

- 組織力が小さく新付加価値提案力が弱い
- 下請け気質があり逆提案力が弱い
- 顧客(大企業)との関係性が弱い
- 労働生産性が低い(中小企業白書(2016)によると中小企業の中でも下位ランクに属する)

などの弱点があげられる。

中小企業から見た顧客(大企業)との関係(図 1)を見ると、顧客からの 1 方向関係(下請け気質、逆提案が行えないな

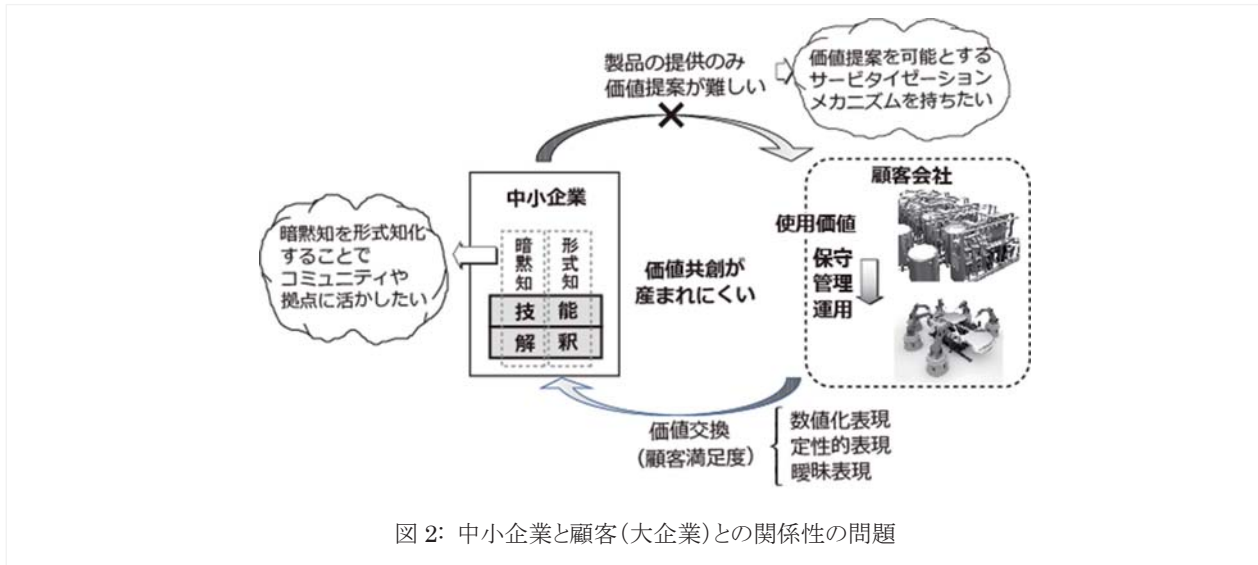


図 2: 中小企業と顧客(大企業)との関係性の問題

ど)があり、単に部品を供給するだけである。また、1 方向要求には明示化(または形式知化)されないあうんの呼吸があり、これを中小企業が暗黙知として解釈することがある。また、大企業が変化したとき(業績、生産場所などにより)、関係を一方的に切られることもある。この 2 つの問題への対処も必要と考える。

さらに、図 2 に示すように、顧客との関係で次の問題が指摘できる。

- 1 番目は、1 方向関係であるためこの価値提案を行える仕組みがないことである。
- 2 番目は、中小企業自身が、サービスに基づく付加価値を与えることの重要性に気付いておらず、また、気付いたとしても、企業規模が小さいことから、この実践が困難である。
- 3 番目は、大企業からの価値交換(通常は、製品や部品の使用価値の情報)には数値化表現の他に定性的表現や曖昧表現もあり、これを中小企業が付度して対処(暗黙知で処理)していることが挙げられる。

この両者の関係で、サービス学でいうところの価値共創が生じさせるような仕組みを提供すれば、中小企業のみならず大企業にも新たな競争力が生じると考える。このためには、上記の 3 つの問題を解決しなければならない。しかし、これらの問題は、中小企業単独で解決することは困難であり、何らかの対処法が必要となる。

3.2 対処法の事例

中小企業単体では、組織力、発想力に不十分であることから、外部と繋がることで、この弱点を克服すると考えることは自然であろう。この考え方を導入した事例を 2 つ紹介する。

京都施策ネット: 京都府にある中小企業群で、当初、立ち上げたが、価値提案を行うためには、顧客の幅広いニーズに答えるために業態を幅広く含むこと、顧客へのレスポンス

性をよくすることなど顧客視点を取り入れた。このため、このメンバー企業は、中小企業のみならず大企業も加入し、全国的に「試作は京都」というブランドを確立した。試作では、顧客も仕様や設計が固まっていることは少ないので、価値提案をもらえれば、それが顧客満足の上につながる。ただし、試作で留めるならば、メンバー間への利益循環が望めないため、どのように生産ラインに結びつけるかが課題と思われる。

大田区仲間まわし: 大田区の中小企業の業種は全国有数である。このため、ものづくり分野において多様な注文を受け付けられることに特徴がある。利益を安定的に出すためには、製造過程を担うことが必要である。この担う条件の一部として、リードタイムの削減、納期厳守または短縮、エコシステムの導入によるコスト低減などが挙げられる。このため、IoT (Internet Of Things) を活用して、これらの問題に対処しており、顧客満足度の維持および価値提案を行えるようにしている。

4 おわりに

本稿では、ものづくり活動を行うものとして、企業に焦点を当てた。この理由は、組織論や生産ラインと顧客価値共創が同時に存在するためである。その中でも、ものづくり活動を行う企業のサービタイゼーションを紹介し、その性質や事例を基に、中小企業のサービタイゼーションの特徴と問題点を示した。この問題点に適合する事例を紹介し、さらに、その限界や長所について説明した。本稿で示した中小企業サービタイゼーションの特徴や問題点は現実的に解決できるものが多いため、サービタイゼーションの改善に繋がることが期待される。

参考文献

- [1] 京都施策ネット, <https://kyoto-shisaku.com/>

- [2] 大田区仲間まわし,
https://www.pio-ota.jp/tokusyuu/14_iot.html
- [3] 陳俊甫(2017), “サービタイゼーションの理論的考察”, 東北大学経済学会, No.25, 2017,
<http://www.econ.tohoku.ac.jp/gakukai/articles/No25-20171220.pdf>
- [4] 中小企業白書(2016),
<http://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyoo/>
- [5] 橋本洋志, 川田誠一, 慎祥揆, 三橋郁, 横田祥 (2016), ”身体運動教育サービスの品質と価値共生生産性の考察“, サービス学会第4回国内大会, 25-31
- [6] 村上輝康 (2014), “サービス価値共創の概念的フレームワーク”, サービス学会サービソロジー, 1(2), pp.6-13, doi.org:10.24464/serviceology.1.2_6
- [7] Baines, T., & Lightfoot, H. W. (2014), "Servitization of the manufacturing firm Exploring the operations practices and technologies that deliver advanced services", *International Journal of Operations & Production Management*, 34(1), 2-35
- [8] Baines, T. S., Lightfoot, H. W., Benedettini, O., & Key, J. M. (2009), "The servitization of manufacturing: a review of literature and reflection on future challenges", *Journal of Manufacturing Technology, Management*, 20(5), 547-567
- [9] Chatterji, A. K., & Fabrizio, K. R. (2014), "Using users: When does external knowledge enhance corporate product innovation?", *Strategic Management Journal*, 35(10), 1427-1445
- [10] Dachs, B., Biege, S., Borowiecki, M., Lay, G., Jäger, A., & Scharinger, D. (2014). Servitisation of European manufacturing: evidence from a large scale database. *The Service Industries Journal*, 34(1), 5-23
- [11] Desmet, S., van Dierdonck, R., & van Looy, B. (2003), "Servitization: or why services management is relevant for manufacturing environments", In B. van Looy, P. Gemmel, & R. van Dierdonck (Eds.), *Services Management, An Integrated Approach*, Harlow: Pearson Education, 40-51
- [12] Frambach, R. T., Wels-Lips, I., & Guendlach, A. (1997), "Proactive product service strategies: an application in the European health market", *Industrial Marketing Management*, 26(4), 341-352
- [13] Goh, Y. M., & McMahon, C. (2009). Improving reuse of in-service information capture and feedback, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(5), 626-639.
- [14] Mathe, H., & Shapiro, R. D. (1993), "Integrating service strategy in the manufacturing company", Chapman & Hall
- [15] Mathieu, V. (2001a). Product services: from a service supporting the product to a service supporting the client, *Journal of Business & Industrial Marketing*, 16(1), 39-61.
- [16] Mathieu, V. (2001b). Service strategies within the manufacturing sector: benefits, costs and partnership, *International Journal of Service Industry Management*, 12(5), 451-475.
- [17] Neely, A. (2014), "Society's grand challenges: what role for services?", In K. Haynes & I. Grugulis (Eds.) "Managing services: challenges and innovation", Oxford University Press, 105-121
- [18] Oliva, R., & Kallenberg, R. (2003), "Managing the transition from products to services", *International Journal of Service Industry Management*, 14(2), 160-172
- [19] Raddats, C., et.al.(2017), "Interactively developed capabilities: evidence from dyadic servitization relationships", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 37, Issue: 3, 382-400
- [20] Samli, A. C., Jacobs, L. W., & Wills, J. (1992), "What presale and postsale services do you need to be competitive", *Industrial Marketing Management*, 21(1), 33-41
- [21] Wise, R. & Baumgartner, R. (2000), "Go downstream: The new profit imperative in manufacturing", *Harvard business review* 28(1), 89-96

Society 5.0 時代における

中小企業群の生産性改善に向けた今後の課題と展望

小峰 賢太*・齋藤 美紀*・中藤 愛子*
佐々木 一晋*・林 久志*

Improving productivity of SMEs in the era of Society 5.0

Kenta Komine*, Miki Saito*, Aiko Nakato*

Isshin Sasaki*, Hisashi Hayashi*

Abstract

Small and medium sized enterprises (SMEs) are the source of Japanese economic growth, which account for 99.7% of the number of companies and 69.4% of the number of employees. However, low labor productivity of SMEs is causing low growth in Japanese economy. Based on literature review and the policy vision "Society 5.0" promoted by the Japanese government, this paper shows two research directions (autonomous distributed manufacturing system / P2P platform for human-resource sharing) for improving productivity of SMEs. In these research directions, automated negotiation is the key technology for connecting independent companies. Therefore, we will develop automated negotiation algorithms and confirm their effectiveness by means of multi-agent simulation.

Keywords: Society 5.0, Autonomous decentralized system, Multi-agent simulation, Cloud manufacturing, Human-resource sharing platform

1 はじめに

本稿は、第5期科学技術基本計画[1]において提起された Society 5.0 についての見解をまとめ、来たる Society 5.0 時代を迎えるために必要な、経済成長の源泉である中小企業群の生産性改善という課題に対して、生産システム・企業間人材シェアの視点から自律分散システムとその自動交渉アルゴリズムによる課題解決のための提案を行い、その結論をもって今後の課題と展望を記す。

同計画[1]によると、現在は Society 4.0 時代と言われる情報社会であり、人が能動的に情報を取り出し交渉を行う。しかしながら、現在の著しく変化し複雑多様化する顧客ニーズの下では、企業は迅速に適切な取引相手を決め、取引を行う必要があるといえ、人による交渉では限界がある。一方、Society 5.0 時代では人だけでなく、AI やモノ(IoT: Internet of Things)がインターネットに接続され、自動・半自動的に交渉することが可能となる。これはエージェントと呼ばれるこれまで人が行ってきた意図や戦略のルールに基づいて行動するプログラムが、人の代理となり、ネットワーク上で相互にインタラクションを繰り返すことで、適切な取引相手の選択と取引を実現させる仕組みである[2][3]。このように自

律しており、地理的・概念的にも分散したエージェント同士によって交渉などが図られるシステムを自律分散システムといい、以下で説明する。

1.1 自律分散システムと自動交渉

自律分散システムとは集中管理システムのように全体を支配的に管理せず、自律性を有する複数の構成要素が相互に協調することによって、全体として機能を維持するシステムである[8]。自動交渉の場合、エージェントが構成要素の一つとなって、企業や人などといった意思決定主体の代理人として機能し、他のエージェントと交渉を図る。このときエージェントは自身が内包するルールである効用を高めるような競争的取引行動をとる。しかしながら、2-3 章で説明する労働生産性改善課題のような状況では、群として全体の効用も高める必要が出てくる。このようなときに個々のエージェント間に生じる競争をうまく解消し、全体として望ましいバランス調整を図ると、集団内の一部のエージェントの効用を多少犠牲にしながらも、全体の効用を高めることが出来る。このように我々は全体の効用を高めるようなオペレーションを考え、自動交渉アルゴリズムとして Multi-Agent Simulation (MAS) 上に実装し、検証する。

MAS は自律分散システムのシミュレーション環境として供

されることが多く、これまで実社会を反映させた仮想環境での人流の実験や政策効果の検証など様々な用途や手法が提案されて来ている。本稿ではこのシミュレーション環境を基にした2つの分野(自律分散型生産システム, 人材シェアリング)での改善を目指した自動交渉アルゴリズムを示す。

本稿の残りは以下のように構成される。2章の国内における労働生産性改善課題では、わが国の労働生産性の問題を明らかにする。3章の課題抽出では、2章で明らかにされた労働生産性の問題に基づいて、課題抽出と改善方法について検討する。4章の自律分散型生産システムでは、災害に強く生産効率のよい、工場間の仮想市場取引モデルを提示する。5章の企業間の人材シェアリング・プラットフォームでは、労働者一人当たりの稼働時間が上がることを目指す。6章の結論では、各章で得られた知見をまとめ結論とする。

2 国内における労働生産性改善課題

2.1 失われた20年と労働生産性の国際比較

日本経済が1991年から約20年間にわたり経験した「失われた20年」は、実質GDP成長率1975-90年平均の年率4.0%から0.9%へと3.1%も下落させた。2011-16年平均は1.1%と低いながらも成長しているが、これまでの勢いを取り戻せたとは言い難い(図1)。

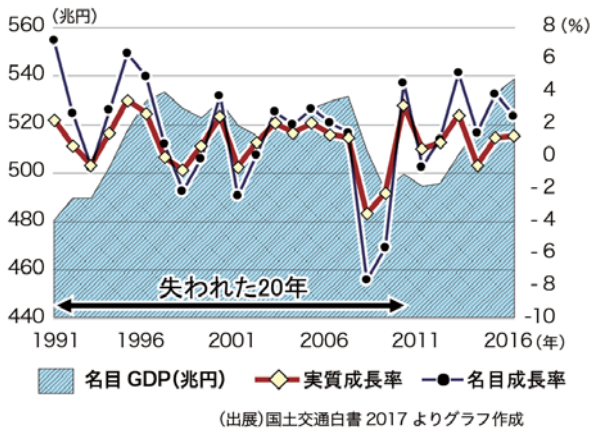


図1 : 日本のGDPと経済成長率推移(1991-2016)

また、労働者当たりのGDPは労働生産性と人口当たりの労働力率の積として表すことが出来る。従って、一人当たりのGDPの改善は、労働生産性の伸びに依存していると言え、労働生産性改善に意義がある[4]。図2のG7における労働生産性の比較を見ると、イギリスを100%とした場合、日本は2015-16年平均を取ると91.6%とG7の中では最下位にあたり、低い労働生産性を指摘することができる。直近の日米産業別労働生産性水準比較[5]では、製造業でアメリカの69.7%、サービス産業で49.9%と大きく差をつけられており、産業ごとに労働生産性向上となるような対策を取ることが急務である。

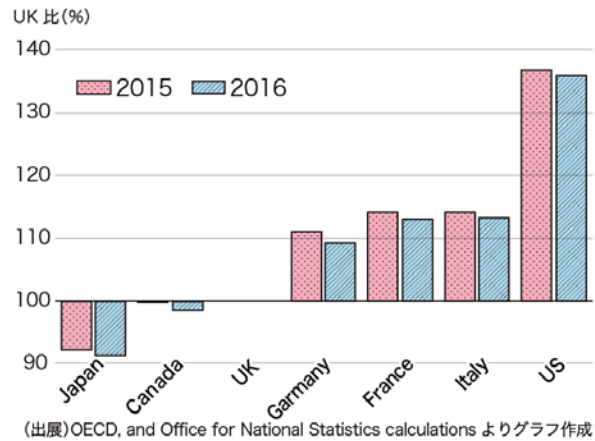


図2 : G7における労働生産性比較(2015-16)

2.2 日本の中小企業における労働生産性比較

一方、我が国の企業数の99.7%、就業者数の69.4%を占める中小企業における労働生産性を見ると、大企業に対して大きく開きがある。中小企業庁が2015年にまとめた産業別大企業と中小企業の労働生産性比較の資料[6]を基に、大企業と中小企業の労働生産性の差を取ったものを順に並べると不動産・物品賃貸業、製造業、情報通信業の差が顕著である(図3)。

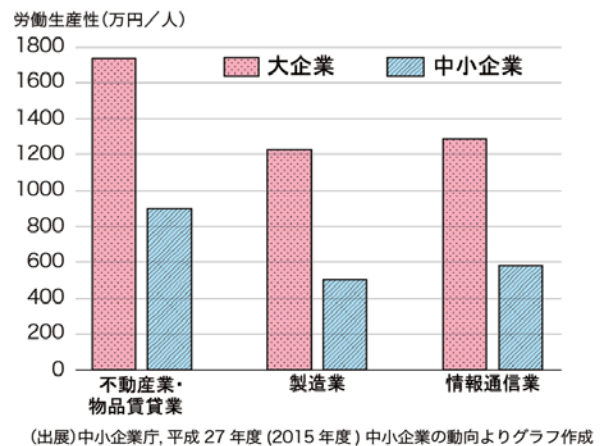


図3 : 日本における業種別労働生産性比較(上位3位抜粋)

労働生産性の上昇幅を、付加価値額が増加したことによる要因と従業員数が減少したことによる要因の二つに分解すると、中小企業の労働生産性要因はいずれの業種でも従業員数減による影響が強い(図4)。こうした状況をみるに生産性改善課題の焦点は、中小企業でいかに少ない従業員によって業務効率化を図るか、或いは、いかに新しい付加価値を創出するかが本質となる。

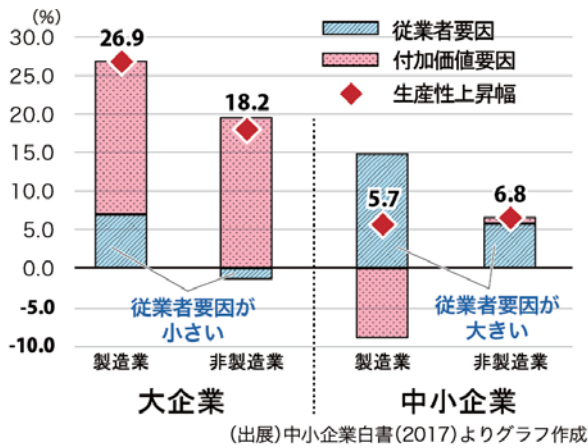


図 4 : 労働生産性上昇率の要因分解(2009-2015)

3 課題抽出

中小企業を取り巻くこのような状況下で、まずは図 4 で明らかとなった製造業・非製造業での従業員減について対策を取る必要がある。我々は群として協調による資源活用手法に着目し、以下について検討した。

製造業についてはサプライヤーへの安定的な仕事の供給と機械や従業員の稼働率の適正化が急激な従業員減に対する対策となるため、生産能力に応じたタスク分配のための自動交渉可能な自律分散型の生産システムが期待される。また、製造業・非製造業共に繁忙期の人材を確保する手段として、企業間の繁忙期格差に着目した正社員のシェアリング・プラットフォームも同様に期待される。

上記これら方策については以降の 2 つの章にわたって詳しく説明する。

4 自律分散型生産システム

4.1 背景

これまで日本の製造業の多くは、信頼に基づいた継続的長期取引による安定的な垂直型の供給連鎖の形成と、供給ネットワークの適正化(SCM: Supply Chain Management)を行い、国際競争力を築いてきた。しかしながら、東日本震災では一部のサプライヤーの工場が生産能力を失ったことにより、ネットワークの全体に影響を及ぼし全体の進捗が遅れるなど、部分的打撃に対して脆弱であることがわかった。さらに、震災を機とする人材不足から、中小企業ではより労働節約的な生産方法を導入し、労働者一人当たりの生産性を上げる方法が求められている[7]。

このような背景から、供給ネットワークについては災害に対してロバストなネットワークが求められているといえ、垂直型の SCM に対しフレキシブルな水平連携によって問題解決を図るネットワークを導入することに意義が見出される。だが、本研究が対象とするネットワークである自律分散システムは、水平連携によって信頼性や耐故障性で優れている一方、ロジスティクスの問題や標準化の問題が挙げられ、生産シ

テムに導入されにくい。

次に、人材不足については、将来的により省力的な工場の自動化技術(FA: Factory Automation)の実現が有効な方策といえ、この技術を推進する上で自動交渉技術の導入が必要不可欠である。しかしながら、本研究が対象とする自動交渉では、この分野での全体の効用を高めることが出来るようなオペレーションに検証の余地がある。

本研究ではこれらの問題を考えながら、想定ドメインである中小企業において、より災害に対してロバストネスでありながらも生産効率のよい、自律分散型生産システムと自動交渉の考察と提案を以って本研究の今後の展望と課題を述べる。

4.2 関連研究と課題

本研究の対象である自律分散型生産システムは、自律性を有する構成要素(本研究では工場とする)が複数集まり、相互に協調することによって全体として機能を維持する[8]。つまり代替生産拠点を設定することなく、供給ネットワークが部分的な被害を受けても、被害を受けていない対等な関係を持つ工場が、フレキシブルに供給ネットワークを再構築することで機能を維持することが出来る。しかしながら、この生産システムを供給ネットワークのロバストネスを目的として導入するためには、対等な関係を持つ複数の企業間連携が不可欠となる。奥田はこのような関係性を持つといえるハブレス・カンパニー(注 1)において、ダイナミック・ゲーム理論を導入した多段階生産システムの多期間生産計画問題の最適化を行ったモデルの解析をしている[9]。しかしながら、震災時においては各段階での協調的な問題解決が必要であり、藤本はこの問題をバーチャル・デュアルソーシングとして二重の供給網による解決を提唱している[10]。これは設計情報を電子化し、生産拠点が生産活動を停止した場合、遠方の代替生産拠点が設計情報を取得し生産する仕組みである。このような生産情報の電子化は同業他社の迅速な対応を可能とさせるが、これまで連携のなかった企業間では標準化などといった部分で本研究と課題を共有していると言える。この課題に対して本研究は、①自動交渉が行われるクラウドベースの仮想市場(VM: Virtual Market)と②グループ・テクノロジー(GT: Group Technology)の導入が有効ではないかと考察する。

4.2.1 ①自動交渉が行われるクラウドベース仮想市場

クラウドコンピューティングの技術を用いて発注者と受注者(工場)のマッチングや、スケジューリングを行うサービスモデルを Cloud manufacturing (CMfg)という[11]。これは仮想市場導入のための、システムを通じた発注者と受注者の相互のインタラクションによって適切な取引相手を決める環境がある。このような環境下で、不特定多数との取引を行うと仕上がり品質のばらつきや、どの工場でも処理可能なタスク設定などの標準化の問題が考えられる。しかしながらこのよう

な複数の要求仕様の違いに応じてきた業態がある。例えば貸与図方式(注 2)によって取引がなされている工場や、ハブレス・カンパニーなどで構成される中小企業群である。これら企業は製造のみを行うため、貸与図さえあれば基本的な加工依頼は引き受けられる素養があると考えられる。したがって、CMfg の導入容易性では、これら中小企業群が種々の業態に対して優位と考えられる。よって本研究は貸与図方式での取引を対象とし、以降はこの貸与図による受注から製造までの流れをタスク処理と表現する。

このような発注者と受注者が直接的につながる仕組みは顧客企業(発注者)の生産性を改善させる。Matous らによると自動車産業において 2006 年から 2011 年にかけて、2 次サプライヤーの数を減らすようにネットワーク構造が変化し、1 次サプライヤーを通さず 2 次サプライヤーと直接取引するような変化が起きた結果、顧客企業の生産性を改善させたという[12]。しかしながら、1 次サプライヤーの 1 人当たり売上高が多いほど顧客企業の生産性を下げるとしているので、1 次サプライヤーにおいては生産効率の改善が根本的な課題であるということを示唆している。大塚らは、この変化によってネットワークの複雑化や集約化が起き、震災時のサプライチェーンの脆弱性が露呈した[13]としているので、CMfg のネットワーク形成においては、よりフラットでフレキシブルな関係性を構築する必要があると言えよう。

4.2.2 ②グループ・テクノロジー

次に部品設計の標準化を考える。部品設計の標準化は生産効率の向上に寄与する。しかし日本はすり合わせ型の(注 3)ものづくりを国際競争力の強みとしているので、標準化の推進はかえってその強みを失うとも考えられる。しかしながら、すり合わせ型のタスクであっても市場全体を見ると、ある程度の類似性を帯びたものがあるのではないかと考えることも出来る。本研究では仮想市場で貸与図方式によって取引が行われるため、複数の発注者間を跨いだタスクのソートが可能となり、類似タスクをまとめることが出来る。これにより、これまで複数の企業が同じようなタスクをバラバラにこなしていたが、1 社でまとめてタスク処理が可能となる。その結果様々な発注者による、製造上の合理性のあるタスクもないタスクも 1 つの製造現場に集められ、そこで標準化に関する知見が生まれる可能性があると考えられるためである。そこで本研究はグループ・テクノロジーの考え方を取り入れる。

グループ・テクノロジーとは、設計とプロダクトの類似点に基づいて識別される工作物を集めてグループ分けし、加工を行う方法である[14]。グループ・テクノロジーは多品種少量生産において生産効率を高める方法として有効な製造方法であり、1930 年代のソ連で考案された手法であるが、最近ではセル生産方式への導入を目的とした研究として見直されて始めている[15][16]。Shahdi-Pashaki らはクラウドコンピューティングにおける、仮想マシンへのリソースの割り当て問

題として、このグループ・テクノロジーとカックウ探索アルゴリズム(GSA)を使った手法を考案している[17]。しかしながら、本研究と違い、仮想市場でグルーピングしたタスクの割り当て問題を目的としたものではない。

4.3 本研究の目的

本研究では、地理的にも概念的にも分散した工場群によって構成される自律分散型生産システムに対し、クラウド上の仮想市場で取引されるタスク処理のための効果的な分配方法について、全体の効用を高めることを目的として、モデル提案を行う。

4.4 研究方法

まず本研究のサプライチェーン上の仮想市場の構造を説明する。図 5 の SC1 と SC2 は同種の完成品を製造するサプライチェーンのグループとする。これをある複数のレイヤに分割するとタスクがうまくグルーピングできるようなメンバーが集まると仮定し、レイヤごとに仮想市場を導入する。今回 MAS 上では Manufacturing layer に絞ってモデリングを行う。このときエージェントは、タスクのグルーピングを担うグルーピングエージェント、タスクの分配方法を管理するオークションエージェント、最後にタスク処理を行う工場エージェントを設ける。

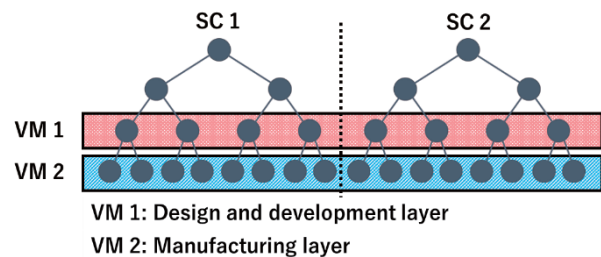


図 5 : サプライチェーンと仮想市場レイヤ

次に MAS 上でのタスクを説明する。このような製造業でのタスクは次のパラメータを有すると考えられる(図 6)。

- ・属性(type): グルーピングできるタスクを制約
- ・掲載期間(life): タスクが市場に掲載できる期間を制約
- ・製造期間(weight): タスクの処理にかかる時間(注 4)
- ・利益(profit): タスクを処理したとき工場が得る利益

例えば前掲したロジスティクスコストの問題はこれらのパラメータで説明できる。輸送時間は weight に反映され、輸送コストは profit に反映される。また、製造コストと報酬の差である利益があまりにも少ないタスクは life が 0 になると市場から排除される。納期の問題は優先度の問題と考えられ、発注者は早めに処理したいタスクがある場合、工場エージェントにとって魅力的に映えるように profit の重み付けを図る必要がある。

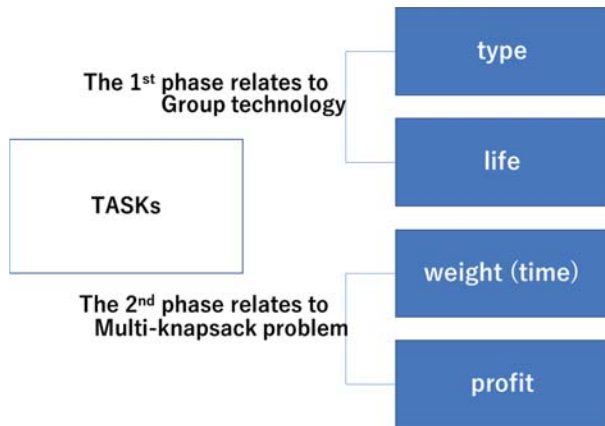


図 6 :タスクのパラメータ

次に各エージェントの行動について説明する。

・グルーピングエージェント

グルーピングエージェントはタスクの type を見て、見つかる限りでグルーピングを行う。グルーピングを行ったときタスクのパラメータは合計されるが、数% weight が短縮される。これはグループ・テクノロジーの効果である段取り換え時間の減少などを反映させたものである。

・オークションエージェント

オークションエージェントは工場エージェントが出したリクエストを判定し、どの工場にタスクを割り当てるか決める。例えば決められた順に割り当てることも出来るが、全体の効用を高めるとなると、所持する profit が少ない工場から順に割り当てる方法も考えられる。

・工場エージェント

工場エージェントは効用最大化原理に従えば、weight と profit のパラメータを利用し、ナップサック問題の発展形である Multiple knapsack 問題[18]を解いてリクエストを出す方法も考えられる。しかしながら今回はオークションエージェントを設けている関係から、あまり工場エージェント側での戦略的な意思決定は重要でなく、貪欲法によりリクエストを行

う。

4.5 期待される成果

図 7は本提案手法をまとめた図である。本研究では、地理的にも概念的にも分散した工場群によって構成される自律分散型生産システムに対し、クラウド上の仮想市場で取引されるタスク処理のための効果的な分配方法について、全体の効用を高めることを目的としたモデル提案を行った。今後、本手法によって有用な成果を得て、それが社会実装されれば、災害に対してロバストネスでありながら、生産効率もよい生産システムが実現でき、日本の中小企業の国際競争力を高めることが出来ると考えられる。

5 企業間人材シェアリング・プラットフォーム

5.1 背景

長期雇用制度が主流であった日本において、政府主導の働き方改革[19]が提唱され、課題として「非正規雇用の処遇改善」「賃金引上げと労働生産性向上」「長時間労働の是正」「柔軟な働き方がしやすい環境整備」などが挙げられている。これによって、正規雇用労働者(以下、正社員)以外の雇用人材には朗報につながるかもしれないが、無駄を取り除いた余裕のない人事によって、骨太であるべき中小企業の働き手の中核である正社員の待遇や雇用者数が手薄になり、そして、多くの企業は、ますます溢れた業務を外注することになりうる。

その一方で、次代の潮流と思われていた Uber, Airbnb などのシェアリングエコノミーによるビジネス展開が、日本にも想像以上に早く訪れた。モノ(車)や場所(民泊)のシェアリング以外に、人材においても新しい価値観をもたらしている。閣議決定された未来投資戦略 2018[20]でも、働き方改革(生産性を最大限活用に発揮できる働き方の実現)とともに、シェアリングエコノミーも Society 5.0 を実現するための具体的な施策(経済構造革新への基盤作り)の中に引き続き盛り込まれ、今後の新しい展開への後押しも期待できる。

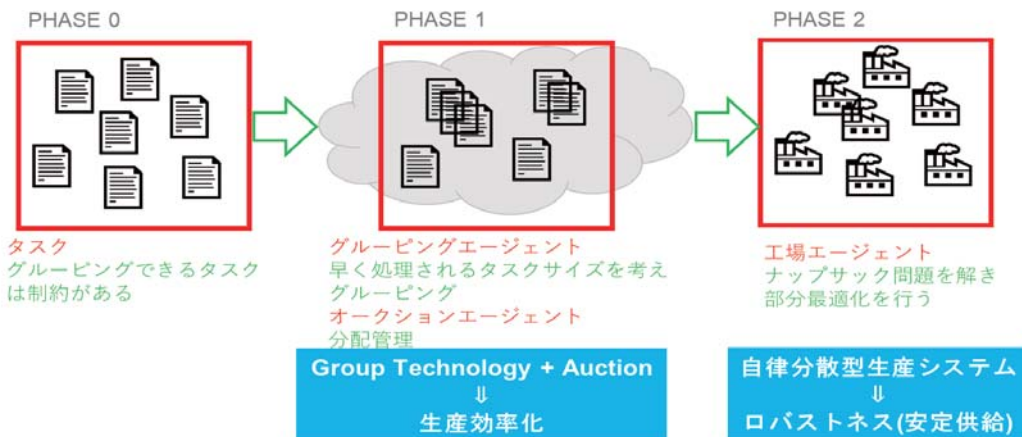


図 7 :提案手法(自律分散型生産システム)

本研究では、このような背景から中小企業の働き手の中核である正社員数の維持をシェアリングエコノミーのプラットフォームを用いて実現する方法を提案する。

5.2 関連研究

5.2.1 ①シェアリングエコノミー

シェアリングエコノミーと呼ばれる共有型経済が急速な勢いで広がっている[21]。2017年5月時点で世界の乗車サービス累計が50億回を突破しているカーシェアリングのUberは2009年に設立[22]。2020年に東京オリンピックを開催する日本において、住宅宿泊事業法(民泊新法)の施行に至った大きな要因の一つといっても過言ではないAirbnbも2008年に設立[23]。どちらのサービスも設立からいまだ10年程度しか経っていない。

これらシェアリングエコノミーによるビジネスの社会問題にもなりうるほどの発展への背景に、インターネットとSNSの発展が深く関わっている。サービスの利用者と提供者がともに個人間でつながるこの分散型モデルは、P2P型システムとの類似性からP2P型シェアリングと呼ばれており[21]、モノ、スペース(場)、サービス、お金、労働力など、さまざまな遊休資産の貸し借りの仲介をしている。この労働力は、クラウドによるアウトソーシング化という雇用に前提としない新しい働き方を掲示していることから、P2P型シェアリングをこれからの新しい労働力需給の調整方法として考えられる。

レンタル型のシェアリングと、P2P型シェアリングをいずれもシェアリングエコノミーとして分類する[24]。ケースや、最近の傾向としてP2P型シェアリングのみをシェアリングエコノミーによるビジネスとして考えることが多いとする[21]等、文献や関連研究によって分類はまちまちではあるが、この2つの型のシェアリングの間には、サービスの運用者自身による車などサービス対象における所有の有無に違いがあると関連研究で述べられている[21]。

本研究のスコープとしては、運用者による需給対象を所有(雇用)していない人材のP2P型シェアリングエコノミーによるビジネスとしている(表1)。

シェアリングのタイプ	サービスの運用者・形態	サービス内容	サービス対象の所有・所属
レンタル型	各種レンタルサービス	様々なモノのレンタル(シェア)	サービスの運用者
	人材派遣サービス	人材の派遣(シェア)	
P2P型	UberやAirbnb	車や施設のシェアの仲介	運転手やホスト(ユーザ)
	企業間人材シェアリング	人材のシェアの仲介	企業同士(ユーザ)

表1: 企業間人材シェアリング・プラットフォームのスコープ

5.2.2 ②タイムバンキングによる労働時間の交換

2018年現在の日本であまり話題になってはいないが、主に欧米でタイムバンキングという時間を流通単位にしたシステムがある[25][26]。元々は相互扶助の目的であり、19世紀の欧米で社会情勢や事情により通貨が行き渡らない労働者などを救済する手段として発展した。自らの労働時間を提供し、その見返りとして労働紙幣を受け取る。その紙幣によって、他者の労働を提供しているサービスを自分が利用することができる自律分散型の循環システムである。現在ではウェブサイトTimebank.ccがオランダにてアーティストたちが中心に運営、彼ら自身も労働を提供しながら時間を稼いでいる[25]。

ここで本研究が着目しているのは、タイムバンキングのユーザが労働で時間を稼ぐという行為が、企業においても閑散期の遊休社員を効率よく労働させ、繁忙期のために日数(時間)を稼ぐ事に転用が可能と考えられる点である。

5.3 研究の目的

本研究は、企業間人材P2P型シェアリング・プラットフォームを用いて労働力の平準化、中小企業における正社員数の維持・向上に繋げる事を目的とし、モデルを提示する。

5.4 研究課題

従来の日本的雇用システムである「長期雇用(正規雇用)」の持続的な維持に向けて、効率的に人材を活用する方法を提案する。日本的雇用システムの特徴(終身雇用/年功序列/企業別組合)は、他国の雇用制度からすれば否定されがちであるが、例えば終身雇用は結果的に失業率を低くするなどの側面もあり[27]、これら日本的雇用システムをポジティブに捉え直す必要性が感じられる。

特に時期や期間によって仕事量の変動が激しい業種では、いくら繁忙期が忙しくとも、閑散期の人材の無駄を考え、採用増加には消極的になりやすい。

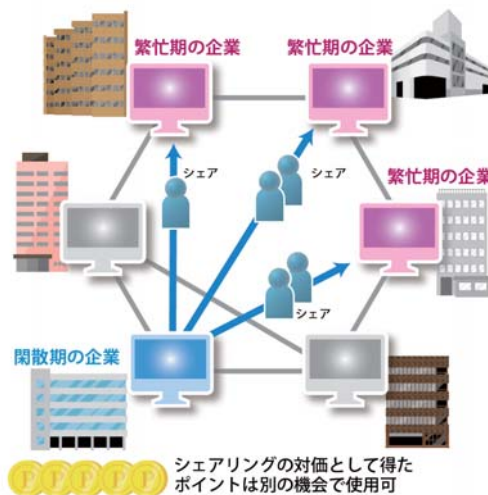


図8: 企業間人材P2P型

シェアリング・プラットフォーム概念図

加えて売り手市場の現在において、雇用条件の悪い非正規社員の求人では、なおさら雇うことが難しいと言わざるを得ない。長期的な視点から考えても、チームワークの強さ、モチベーションの高さなど、生産能力に関わる重要な要素が、短期雇用には比べ長期雇用には多いと思われる[27]。

5.5 研究方法

本研究では、マルチエージェント・シミュレーションを用い、ここで提案している企業間人材シェアリングをシミュレートする。複数の企業エージェントを P2P 型シェアリングとしてネットワーク空間に配置(図 8)。企業間のやりとりは自動交渉によって行い、社員の労働日数を価値化する(図 9)。

5.6 期待される成果

ここでのメリットとして、企業側と労働者側の Win・Win をめざす。人材シェアリングによって、人材稼働率を平準化できるようになるため、終身雇用をする人材数を増加させることができる。企業側にとっては、労働者一人当たりの稼働時間が上がり、労働者側にとっては、ピーク時の長時間労働と失業者数が下がる。

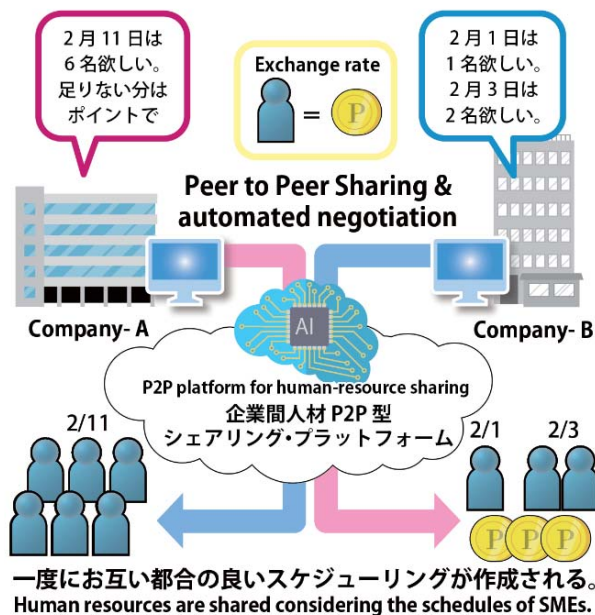


図 9 : 自動交渉を適用した企業間人材 P2P 型
シェアリング・プラットフォームによる交渉イメージ

6 まとめ

本稿は第 5 期科学技術基本計画において提起された Society 5.0 についての見解をまとめ、来たる Society 5.0 時代を迎えるために必要な、経済成長の源泉である中小企業群の生産性改善という課題に対して、生産システム・企業間人材シェアの視点から課題解決のための提案を行った。自律分散型生産システムでは地理的にも概念的にも分散した

工場群によって構成される自律分散型生産システムに対し、クラウド上の仮想市場で取引されるタスク処理のための効果的な分配方法について、全体の効用を高めることを目的としたモデル提案を行った。今後本手法によって有用な成果得て、それが社会実装されれば、災害に対してロバストネスでありながら、生産効率もよい生産システムが実現でき、日本の中小企業の国際競争力を高めることが出来ると考えられる。企業間人材シェアでは企業側と労働者側の Win・Win となるモデルを提示した。企業側にとっては、労働者一人当たりの稼働時間が上がり、労働者側にとっては、ピーク時の長時間労働と失業者数が下がるのが期待できるであろう。

今後は、本稿で提案した各課題解決手法を詳細化し、その有効性をマルチエージェント・シミュレーションにより評価しつつ、より洗練化していく予定である。

(注)

- 注1 : 奥田によるとハブレス・カンパニーとは、産業集積地に見られる核となる企業が存在しない企業間連携としている[9].
- 注2 : 貸与図方式とは、主に自動車メーカーにおいてメーカーが設計・開発を担当し、部品メーカーに設計図を与えて製造させる取引方式である。なお本研究では自動車メーカーに限らずこの語句を用いる。
- 注3 : すり合わせ型のものづくりとは、藤本の製品アーキテクチャ論における、製品ごとに部品を相互調整してカスタム設計(最適設計)されるものづくりの形態を指す。
- 注4 : 説明でナップサック問題を用いる都合上 weight とした。

参考文献

- [1] 内閣府, “第 5 期科学技術基本計画,” <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>, 2016. (visited on 2018)
- [2] 伊藤孝行. “マルチエージェントの自動交渉モデルとその応用,” 知能と情報 22(3), pp.295-302, 2010.
- [3] 貝原俊也. “サプライチェーンにおける企業間交渉戦略へのマルチエージェント技術の適用,” 人工知能学会誌, 19(5), 2004.
- [4] 独立行政法人経済産業研究所, “生産性 Q&A,” https://www.rieti.go.jp/jp/database/d05_ans.html, 2014. (visited on 2018)
- [5] 公益財団法人日本生産性本部, “日米産業別労働生産性水準比較,” <https://www.ipc-net.jp/study/sd2.pdf>, 2016. (visited on 2018)
- [6] 経済産業省中小企業庁, “中小企業白書,” 2015.

- [7] 浜口伸明. “東日本大震災被災地域製造業企業の復興過程の分析,” RIETI Discussion Paper Series 15-J-044, 2015.
- [8] 上田完次. “生産システムの新しい概念,” 精密工学会誌, 75(1), 2009.
- [9] 奥田和重. “ダイナミック・ゲーム理論による企業間モデルの解析,” 商學討究 66(1), pp.11-45, 2015.
- [10] 藤本隆宏. “サプライチェーンの「バーチャル・デュアル化」—頑健性と競争力の両立に向けて—,” 組織科学, Vol.45, pp.25-35, 2011.
- [11] F Tao, L Zhang, V C Venkatesh, Y Luo, and Y Cheng. “Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model,” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture, Vol.225, pp.1969-1976, 2011.
- [12] Petr Matous, Todo Yasuyuki. ““Dissolve the Keiretsu, or Die”: A longitudinal study of disintermediation in the Japanese automobile manufacturing supply networks,” RIETI Discussion Paper Series, 15-E-039, 2015.
- [13] 大塚哲洋, 市川雄介. “日本型サプライチェーンをどう評価すべきか,” みずほ総研論集, Vol.3, 2011.
- [14] Nancy L. Hyer and Urban Wemmerlov. “Group Technology and Productivity,” Harvard Business Review, The July Issue, 1984.
- [15] Muhammad Imran, Changwook Kang, Young Hae Lee, Mirza Jahanzaib and Haris Aziz. “Cell formation in a cellular manufacturing system using simulation integrated hybrid genetic algorithm,” Computers & Industrial Engineering, Vol.105, pp.123-135, 2017.
- [16] Adinarayanan Arunagiri, Uthayakumar Marimuthu, Prabhakaran Gopalakrishnan, Adam Slota, Jerzy Zajac and Maheendera Prabu Paulraj. “Sustainability Formation of Machine Cells in Group Technology Systems Using Modified Artificial Bee Colony Algorithm,” Sustainability, 42(1), 2018.
- [17] S. Shahdi Pashaki, Ehsan Teymourian, Vahid Kayvanfar, GH. M. Komaki and A. Sajadi. “Group technology-based model and cuckoo optimization algorithm for resource allocation in cloud computing,” IFAC-PapersOnLine, 48(3), pp. 1140-1145, 2015.
- [18] Hans Kellerer, Ulrich Pferschy and David Pisinger. “Multiple Knapsack Problems,” Knapsack Problems, pp. 285-316, 2004.
- [19] 首相官邸, “働き方改革の実現,” http://www.kantei.go.jp/jp/headline/ichiokusoukat_suyaku/hatarakikata.html, 2016. (visited on 2018)
- [20] 首相官邸, “アベノミクス 成長戦略で明るい日本に!,” https://www.kantei.go.jp/jp/headline/seicho_senryaku2013.html, 2018. (visited on 2018)
- [21] 奥和田久美, 牧野司. “シェアリングエコノミーの本質と社会受容性に関する考察,” 研究・イノベーション学会年次大会講演要旨集, vol.30, pp.533-538, 2015.
- [22] Uber Technologies Inc., “世界で広がるライドシェア,” <https://www.uber.com/ja-JP/newsroom/5billion/> (visited on 2018)
- [23] Airbnb Inc., “Airbnb について,” <https://press.airbnb.com/ja/about-us/> (visited on 2018)
- [24] 宮崎康二. “シェアリング・エコノミー —Uber, Airbnb が変えた世界,” pp.161, 日本経済新聞出版社, 東京, 2015.
- [25] TechRepublicJapan. ““時間”を売り買いする経済システム「タイムバンキング」,” <https://japan.cnet.com/article/35098092/> (visited on 2018)
- [26] Victoria Bellotti, Sara Cambridge, Karen Hoy, Patrick C. Shih, Lisa Handalian, Kyungsik Han and John M. Carroll. “Towards Community-Centered Support for Peer-to-Peer. Service Exchange: Rethinking the Timebanking Metaphor,” in Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.2975-2984, 2014.
- [27] BizHint, “日本型雇用システム,” <https://bizhint.jp/keyword/49814> (visited on 2018)

深層学習による人体姿勢推定公開ソフトを用いた応用分野開発 — 2017年度 村越 PT の活動およびその先の展開 —

角田 善彦*・中井 真人*・孫 財東*・網代 剛*・林 久志*・村越 英樹*

Application Development with Open-to-Research-Use Deep Learning
featured Human Posture Detection Software

— MURAKOSHI Project Team 2017 activities and beyond —

TSUNODA Yoshihiko*, NAKAI Masato*, SUN Caidong*, AZIRO Tsuyoshi*,
HAYASHI Hisashi* and MURAKOSHI Hideki*

Abstract

We aim for application developments in several fields such as healthcare and robot control. When considering to achieve high quality performance in such applications, it is often necessary to have large amount of accurate and various human posture data. OpenPose of Carnegie Mellon University (CMU) can realize simultaneous posture recognition of multiple people in real time by using simple Web camera. We developed two application systems utilizing OpenPose. The first one is a basketball free throw prediction model with human posture data recognized by OpenPose. The second one is a healthcare application which aims to detect brain stroke tendency. In this article, we focus on what we achieved through our above-mentioned two application developments. We accomplished to build a high quality motion prediction model with OpenPose data through our first research. Then we built prototyping system to detect brain stroke tendency utilizing OpenPose features and also the knowledge acquired through our first research which we consider remarkable to present one form of OpenPose application in the healthcare and medical-related field.

Keywords: Deep Learning, OpenPose, Human Body Detection, Sports Motion Analysis, Logistic Regression, Brain Stroke Rescuing

1 はじめに

本学がカリキュラム上の特徴とする PBL (Project Based Learning) プログラムは、1名の主担当教員の下に複数の学生が集い、これを1つの Project Team (以下 PT と表記) として1年(実質的には4月から翌年2月上旬までの10カ月と10日程度)を掛け特定の研究テーマを掲げて一定の成果創出を目指して研究活動に取り組む[1–2]。

2017年度 村越 PT では、中井、孫、角田の3名の学生が主担当教員の村越の下に集い PBL 活動を進めた。

取り組む研究テーマの設定に関しては、年度当初に村越が方向性として示したものが『IoT を利用した価値あるシステムの開発・研究』であった。このテーマ設定を起点とし、先述の3名の PT メンバーが、それぞれの関心分野などを持ち寄り、より具体的なものへの落とし込みが検討された。

最終的に、我々は、PBL 活動期間の初期に1つの素材として挙げた OpenPose と呼ばれる米国カーネギーメロン大

学による深層学習を用いて画像(動画および静止画)から複数人の人体骨格を推定検出できる独自アルゴリズムにより実現されたソフトウェア[3–4]の応用分野の開発に取り組むこととなった。



図 1: OpenPose による複数人の骨格識別例

Received on September 14, 2018

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

E-mail: b1613yt@aait.ac.jp, b1617mn@aait.ac.jp, hm@aait.ac.jp

応用分野開発としては、以下の2つの分野を取り上げ、実施した。

- (1) スポーツ動作解析分野： バasketボールフリースロー 命中予測モデルの構築と精度検証
- (2) ヘルスケア(健康管理)関連分野： 脳梗塞”FAST”判定を行うシステムの構築
 (“FAST”は脳梗塞の兆候を一般人が判断する指針 [6])

以降の章では、本 PT が上記テーマに取り組むことになった経緯や実施プロセスについての話を交えながら、上記の研究テーマへの取り組み詳細について解き起こす。

また、中井と角田の2名については、PBL 期間の翌年度(2018 年度)も本学にて客員研究員として継続的な研究に取り組んでいるため、その動向についても触れる。

2 PT取り組み研究テーマ検討の流れ

2.1 PBLでの研究テーマ設定の要諦

前章で触れた通り、本学 PBL 活動では、1名の主担当教員の下に複数の学生が集い PT が組成され、おおよそ1年という期間にチームとして研究に取り組む。

基本的に、本学の各主担当教員が大卒の研究テーマや方向性を事前に提示し、それに基づき学生が呼応し各 PT が選抜・組成されるため、参集メンバーの関心分野は大卒では重なる部分が多いと言える。

しかしながら、各メンバーの関心分野等の詳細を個別に掘り下げていくと、活動当初から完全に各メンバーの関心や方向性が合致することは寧ろ稀であると言える。本 PT も、チームとしての1つの大きな軸を通した研究構成を構築することには、PBL 期間の中盤期(2017 年 10 月下旬ごろ)まで苦戦した方である。

そのため、特に、PBL 活動をその1年という期間を終える重要な時期にチームがまとまらない事態を回避するために、我々は、我々の経験も踏まえて次のようなプロセスが大切と感じており、ここに記しておく。

表 1: PT として一貫した軸を据えた研究テーマ設定のポイントとなるプロセス

プロセス・ステップ	説明
ステップ 1 : 各チームメンバーの意向の摺り合わせ	各メンバーとも大卒の方向性としての主担当教員による提示テーマに関心を示して参集しているはずだが、各メンバーの個別・具体的な関心や方向性を今

	一度 初期の段階で確認、共有しておく。
ステップ 2 : 大卒の PT 研究テーマと個別メンバー取り組み分担の共有と確認	ステップ1を経ても尚、個別的な関心によって活動を進めたいという思いは各メンバーとも残るもので、それは自然なことであるとも言える。 そうした思いが中々拭い去れない場合は、個別に進行しても良いと考えるが、特に PT 内でリーダー的な役割を担う人員は、個別活動がチームとして最終的にまとまるよう繰り返しミーティングなどを通して各メンバーでの共有を試みるべき。
ステップ 3 : PT 研究テーマ最終成果として協調して統合していく	ステップ2 で活動が個別に別れがちであっても、全体的な統一性に気を配るリーダー的な役割を担う人員を軸として1つの協調・統合されたテーマへ半ば強引にでも落とし込んでまとめる。

2.2 本PTでの研究テーマ検討

2.2.1 各メンバーの個別関心分野およびスキルセット確認

前項 表1 中に「ステップ1」として記したプロセスに当たるが、PBL 期間の当初に、村越が既に大卒の方向性として示した『IoTを利用した価値あるシステムの開発・研究』という研究テーマを起点に、各メンバーが具体的に抱えている関心分野について確認した。

また、チームとしてプロジェクトを進行させるに当たって、各メンバーがどのような経験やスキルセットを持ち合わせているかを確認することも、どのように設定した研究テーマを深化させることができるかに大きく関わり重要である。この点についても同様に確認した。

これら確認、共有された点について下表にまとめておく。

表 2: 本 PT メンバー個別の関心テーマ、経験およびスキルセット

メンバー	関心テーマ、経験およびスキルセット
中井	関心テーマ :

	<p>自動運転技術やシンギュラリティ[7]の話など人工知能技術が人間の能力を凌駕していく動向を自分なりに追い掛け、見極めたい。</p> <p>経験およびスキルセット：</p> <p>コンサルタントとして 統計・データ分析および そのためのソフトウェアツール開発等に 30 年超 従事。</p>
角田	<p>関心テーマ：</p> <p>本学 PBL に際しては、ヘルスケア × テクノロジーのような領域に敢えて何かしらの形で取り組みたい意向あり。</p> <p>(特に今までキャリア等では関わって来なかったが、今後自分が年を重ねて関心が強くなるテーマに敢えて取り組みたい)</p> <p>経験およびスキルセット：</p> <p>社会人として情報システム構築経験 (ソフトウェア開発およびサーバ設営・管理技術[特に Unix 系 OS サーバに習熟])</p>
孫	<p>関心テーマ：</p> <p>ハードウェアを用いたソリューション構築など</p> <p>経験およびスキルセット：</p> <p>中国からの留学生。 社会人経験はなく、ハードウェア、ソフトウェア、複数メンバーでのプロジェクト進行などを全般的に吸収したい。</p> <p>後述のスポーツ動作解析関連の研究テーマのバスケットボール フリースロー動作解析に於いて、自身もプレーするため、各種調整や考察など</p>

	で主体的役割を担う。
--	------------

2.2.2 本 PT で取り組む具体的な研究テーマの方向性検討

前項のように、各メンバーの個別かつ具体的な関心領域を共有する中、1つの線として、中井が PBL 活動に入る前の準備期間と捉えることができる、学科履修が主体の本学修士課程1年目から精力的に追いかけていた人工知能分野に焦点が当たった。

そこへ呼応するように、角田が米国カーネギーメロン大学 (Carnegie Mellon University. 以下 CMU と記述。) コンピュータサイエンス学部長の講演内で知ることとなった OpenPose と呼ばれる CMU による研究と論文[3]が PT 内で共有された。OpenPose は深層学習を用い画像(動画および静止画)から複数人の人体骨格を推定検出できる独自アルゴリズムと、それにより実現されたソフトウェアである[4]。

また、このソフトウェアはオンライン上に公開されており[4]、任意の研究主体による非営利かつ内部的な研究目的に於いての利用が許諾されている[5]。

この OpenPose は、PBL 活動が始まった当初すぐ 2017 年 4 月下旬ごろには PT 内で共有され、まずは身近な環境で稼働させてみようということになった。

本学カリキュラムは、1学年度が4分割されたクォータ制を敷いており、PBL 活動に於いても各クォータの終わりに中間発表を行う機会が設定されている。まずは第1クォータ(1Q)の中間発表(2017年6月中旬)内で学内環境にて稼働させた OpenPose 環境をデモとして披露することをマイルストーンとして設定し、予定どおりの実施まで漕ぎ着けた。(以降、第1クォータから第4クォータまでを「1Q」「2Q」「3Q」「4Q」のように記述する)

尚、この際には、1か月程度という期間で PT 用に必要な機器調達などまで行うのは困難であったため、本学 情報アーキテクチャ専攻で人工知能関連の講義などを受け持たれている柴田淳司助教の学内サーバ環境をお借りした。

OpenPose が実際に動く環境を学内で構築し触れるようにすることで(ある種の可視化、「見える化」)、PT 各メンバーの PBL 期間を通して取り組みたい具体的な研究テーマのアイデア創出が促進された。

この1Q 中間発表を終えた段階では、基本的に、OpenPose を用いて何かしら有用な取り組みテーマを設定する方向性となった。

2.2.3 本 PT 研究テーマの決定

OpenPose を用いた取り組みという方向性が見えた後、最終的には表3のような役割分担と狙いを設定した2つのテーマに取り組むこととした。

表 3: 本 PT として設定した研究テーマ
OpenPose 応用開発

<p>OpenPose 応用開発 1</p> <p>バスケットボール フリースロー命中予測モデル</p>
<p>研究主導: 中井, 孫</p> <p>(a) 予測モデル構築およびデータ分析: 中井 (b) バスケットボール動作解析と仮説構築: 孫</p> <p>この研究での狙い:</p> <p>i. OpenPose の人体姿勢推定精度の検証 ii. OpenPose のスポーツ動作解析分野への応用検討</p>
<p>OpenPose 応用開発 2</p> <p>ヘルスケア分野 脳梗塞“FAST”判定 (OpenPose-FAST)</p>
<p>研究主導: 角田</p> <p>この研究での狙い:</p> <p>i. OpenPose のヘルスケア分野への応用の1形態を提示する</p> <p>(OpenPose 応用開発1での人体姿勢推定精度検証などの知見も活かす)</p>

3 本PTで着目したOpenPoseの特長

本稿「2.2.2」でも少々触れた CMU により非営利の研究用途向けに公開されている人体姿勢推定ソフトウェア OpenPose であるが、本章では我々が着目したその特長について挙げておく。

CMU「OpenPose 論文[3]」を読み解き、本学内のサーバ環境にて実際に稼働させてみて(「2.2.2」参照)我々が感じた特長は大きく次の4点である。

表 4: 本 PT で着目した OpenPose の特長 4点

特 長	
(1)	入力: 安価に入手可能な単眼 Web カメラ
(2)	深層学習 活用技術

(3)	リアルタイムでの姿勢検出
(4)	集団検出

表4 (4)の集団(複数人)検出については、深層学習を使ったトップダウンの位置認識や PAF(Part Affinity Fields) [3] による部位の所属認識を採用した独特の工夫をしている点を特筆しておく。

4 PBL期間中のプロジェクト進行 詳細

4.1 PBL期間 クォータ単位プロジェクト進行 概観

2017年度PBL期間(2017年4月～2018年2月中旬)までのクォータ区切りでの主な実施項目を表5の通り記す。

尚、各クォータ毎の期間は、以下の通りである。

- 第1クォータ(1Q): 4月～6月中旬
- 第2クォータ(2Q): 6月中旬～8月中旬
- 夏季休業期間: 8月中旬～10月初旬
- 第3クォータ(3Q): 10月初旬～12月初旬
- 第4クォータ(4Q): 12月初旬～2月中旬

表 5: PBL 期間 クォータ単位の主な実施項目

1Q	<p>✓ IoT 関連各種技術調査 (ロボット操作ミドルウェア, 音声合成技術, OpenPose など)</p> <p>✓ OpenPose 稼働環境の構築 (情報アーキテクチャ専攻 柴田助教のご支援)</p>
2Q	<p>✓ OpenPose を活用した「価値あるシステム」アイデア出し</p> <p>この時点で、スポーツ動作解析領域でバスケットボール フリースロー解析についてのアイデアは挙がっていた。</p> <p>ヘルスケア領域アイデアでは脳梗塞関連ではなく、この時点では歯磨き動作への応用がアイデアとして挙がっていた。</p>
夏季休業	<p>✓ 村越 PT としての OpenPose 稼働環境の構築に着手</p>
3Q	<p>✓ OpenPose 応用開発1: バスケットボール フリースロー命中予測モデル構築, 検証, 考察まで完了</p> <p>✓ OpenPose 応用開発2: ヘルスケア分野 脳梗塞“FAST”判定 (OpenPose-FAST) システム構想の</p>

	検討着手
4Q	✓ OpenPose 応用開発2: ヘルスケア分野 脳梗塞“FAST”判定 (OpenPose-FAST) デモシステム制作 ✓ 本学 2017 年度 PBL 発表会向け準備

4.2 OpenPose 応用開発の前段階プロセス

4.2.1 OpenPose による人体姿勢推定の精度検証スタンス

OpenPose の特長は本稿3章で挙げた通りであるが、これら特長により、OpenPose の表示する動画では様々な人物や環境を問わず人物像に重なって骨格(人体姿勢)が推定表示され(図1参照)、我々が実際に稼働させた環境での印象からも認識精度は非常に高いと思われた。

しかし機械学習やパターン認識では、一般に認識精度(認識の正確性)と頑健性(認識の一般性)は相反しているとされている[8]。即ち精度を優先すれば、学習した物体と異なる物体の認識精度が低下し頑健性は損なわれる。一方頑健性に拘れば、微妙な物体の相違が無視され精度が低下してしまう。OpenPose の応用を考える場合、精度と頑健性が実際にどの程度あるか調べる必要がある。

この精度検証を本章後述の「OpenPose 応用開発1: バスケットボール フリースロー命中予測」の目的に含め、実施することとした。

4.2.2 必要機材の調達とセッティング

本稿「2.2.2」に先述のように、本 PT にて1Q 時に OpenPose を稼働させた時には、本学 情報アーキテクチャ専攻 柴田助教が管理されている稼働環境のご協力を頂いた。

OpenPose の応用開発を研究テーマとして定める方向が具体的に固まってきた2Q 後半以降に、本 PT 独自に OpenPose を稼働させる環境(PCサーバ)を調達しようということになった。

我々が研究に取り組んだ PBL 期間に於いては、深層学習や機械学習などの所謂 人工知能研究分野では PC / PCサーバの GPU(Graphical Processing Unit)スペックが重要と考えられていた。従って我々もこの点を重視した。

また、OpenPose としても必要な稼働要件を示している[4]。そのため、これら CPU コア数、メモリ容量、必要なソフトウェアとそのバージョンなどハードウェアおよびソフトウェア要件を確認しつつ、最終的に表6に示した構成の PC サーバを用意した。

表 6: 本 PT OpenPose 稼働環境(PCサーバ)仕様

ハードウェア
<ul style="list-style-type: none"> ● CPU: AMD Ryzen 7 1800X (コア数 8) ● メインメモリ: 16GB ● GPU: NVidia GeForce GTX 1080ti (GPUメモリ 11GB)
ソフトウェア
<ul style="list-style-type: none"> ● OS: Ubuntu Linux 14.04LTS ● CUDA バージョン: 8.0 ● cuDNN バージョン: 5.1 for CUDA8.0

4.3 OpenPose 応用開発1:

バスケットボール フリースロー命中予測モデル構築

4.3.1 OpenPose 応用開発1の目的

表3でも示したように大きく2つの目的設定をした。こちらでも改めて記す。

- i. OpenPose の人体姿勢推定精度の検証
- ii. OpenPose のスポーツ動作解析分野への応用

前者については本稿「4.2.1」で触れた検証スタンスを踏まえた上で、OpenPose は計算機の能力にもよるが、我々が準備した稼働環境(表 6 参照)では一秒間に 10~20 フレーム毎に骨格認識座標をファイル出力することで、これを使って人体の位置と骨格座標を比較可能となる。しかし様々な人物や環境で調べる必要があり相当な時間と労力を要する。そこで OpenPose の出力座標データを使った統計モデルを作成し、その精度で OpenPose の認識精度を推定することにした。統計モデルは 51人のバスケットボールのフリースロー動画を本PTにて撮影し、それを使って OpenPose の認識した骨格の動作から命中を予測するモデルとした。



図 2: OpenPose 処理を経たバスケットボール動画表示

4.3.2 予測モデル構築の方法

4.3.2.1. OpenPose の出力データ

今回採用した OpenPose のバージョンは 2 次元 (2D) の骨格認識で、図 3 に示す 18 点の骨格座標を毎秒 10~20 フレーム程度でファイルに出力されたものを図 4 の様に繋いで時系列データとした。

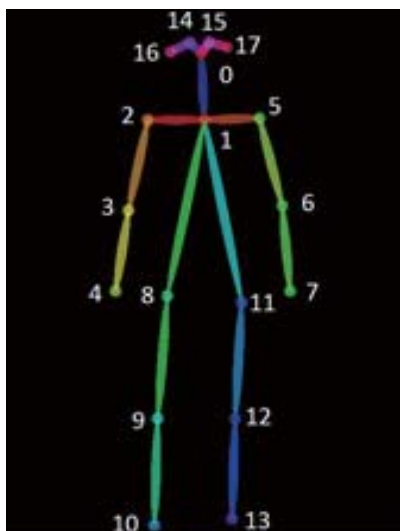


図 3: Skelton Points (抽出骨格点) 引用元[4]



図 4: フレームの繋ぎイメージ

4.3.2.2. 採用した統計モデル

命中予測モデルはバスケットボール籠に入るか入らないかの 2 値予測である。主な 2 値予測モデルにはロジット回帰 [8], SVM [9], Xgboost [10] がある。カーネル法を用いた SVM は非線形なモデルで精度は高いが命中予測率を計算できないので不採用とした。確率勾配法を用いた Xgboost は精度と頑健性は定評あるがモデルを説明する変数の重要度合いを示せないので診断モデルとしては不適切とした。最も使用実績が多いロジット回帰モデルを採用した。

4.3.2.3. ロジット回帰の採用した変数

ロジット回帰モデルの説明変数は時系列データから骨格点の位置や移動速度、加速度等に加工した特徴量とした。目的変数は籠に入ったか外したかの事実とした。時系列データを見ると図 5 の様に全員が膝を曲げて投入姿勢に入り、

ボール投擲時に最も高く手を上げて投入終了している事が判明し、この間を投入動作の開始と終了とした。座標位置は全て首からの相対位置とした。

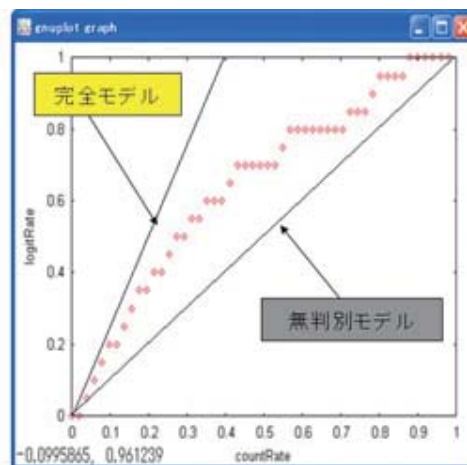


図 5: ボール投入開始と終了時点

4.3.3 OpenPose 応用開発 1 の成果

4.3.3.1. 成果 1: ロジット回帰モデルの精度

一般的にロジット回帰モデルでの精度は図 6 のパレート図で表現される。図 6 に示す様に 51 人の投入確率を高い順に横に並べて、縦軸にその人が命中したかの実績を累計したものを点で示している。今回は 51 人中 20 人が命中しており、モデルが正確なら命中確率が高い順では完全モデルの線で表され、モデルの命中確率が実績と無相関なら無判別モデルの線となる。モデルの精度は図 7 に示す累計曲線の面積 A の割合で示され AR=41% と高い精度が得られた。



予測率が高い順

図 6: パレート図

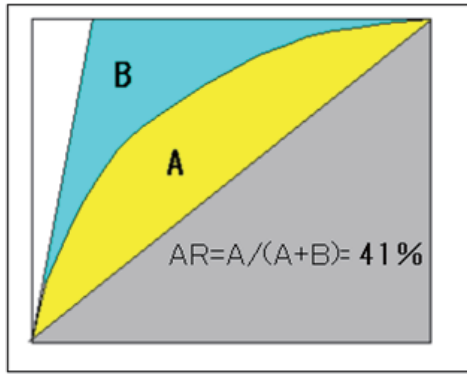


図 7: 精度指標 AR の定義

4.3.3.2. 成果2: ロジット回帰での有意な特徴量の解釈

ロジット回帰の結果から命中確率を高める有意な特徴量は図8であった。青色が大きい程命中確率が高くなり、赤色が小さくなる程命中確率が高まる特徴量である。この結果から以下のことが判明した。膝の屈伸を大きくして、膝をすばやく引くと同時に前方にあるボールを引き付け、膝の伸長する力と腕のオーバースローによる遠心力で投擲すれば命中確率が高まる事を示している。

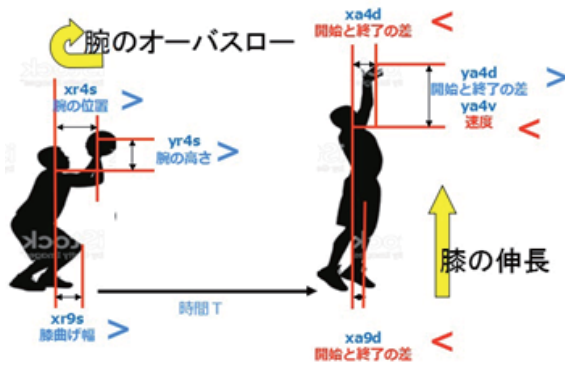


図 8: 特徴量と命中確率の関係

4.3.3.3. 成果3: 姿勢診断

初心者(命中確率が低い人)と熟練者(命中確率が高い人)との特徴量の比較をすれば、初心者の姿勢矯正量が診断できる。図9の例では初心者と熟練者の顕著な相違のひとつは開始時の腕の位置で、初心者はボールを胸に当て押し出す動作をしており、熟練者はボールを頭の前方に置いてオーバースローしている事が判明した。この初心者にはオーバースローを指導する必要がある。

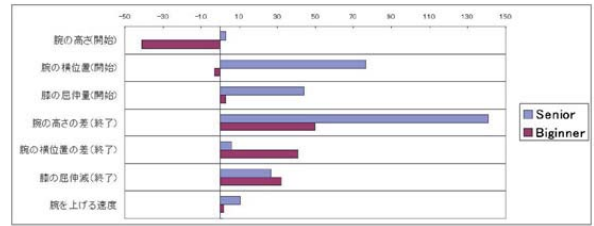


図 9: 初心者と熟練者の特徴量の比較

4.3.4 OpenPose 応用開発1:

バスケットボール フリースロー命中予測まとめ

ロジット回帰モデルで有意な精度が得られたことより、以下3つのことが判明した。



図 10: OpenPose リアルタイム診断システム

- i. OpenPose の認識する骨格(人体姿勢)は精度も高く十分に応用できる。
- ii. OpenPose を使った診断システムは図10の様にリアルタイムで命中確率を表示することができ、リアルタイムで姿勢の矯正結果を評価できる。
- iii. 従来の姿勢診断では、動画を写真に分解した写真にマーク[11] を付ける方法や人体にモーション・キャプチャを設置してセンサーでデータを集めて分析[12] していた。これらの方法はデータを多量に収集できないので統計的なモデルが導入できなかった。OpenPose は簡易な単眼 Web カメラにより撮影するだけでデータを容易に収集できるので、データが増えるに従って精度の高い姿勢診断モデルが構築できる様になった。

4.4 OpenPose応用開発2:

ヘルスケア分野 脳梗塞“FAST”判定 (OpenPose-FAST)

中井が主導した先述 OpenPose 応用開発1で蓄積された OpenPose が排出する人体姿勢データの解析ノウハウも動員する、という点に於いて応用開発1から段階を踏む形で取り組んだのが応用開発2の研究である。

研究の目的として次項のようなものを企図した。

尚、本 PT OpenPose 応用開発2として研究・開発した試

作システムは以降 OpenPose-FAST システムと記述する。

4.4.1 OpenPose 応用開発2の目的

- i. (未来の)社会課題を念頭に取上げ、本PTの研究を通して1つの、可能性が感じられる解決策の形として提示したい。
- ii. 上記について、PBL 期 最終盤に予定されている本学発表会までに、目にすることが出来る、触ることが出来る形式での提示までを目指す。
(デモシステムの提示)

4.4.2 OpenPose-FAST 開発 PT メンバ役割分担

表 7: OpenPose-FAST 開発 役割分担

メンバー	役割
中井	OpenPose 人体姿勢推定データを用いた脳梗塞“FAST”判定 解析処理プログラム開発。
孫	ハードウェア関連の構築・調整 (図 11 ロボットデバイス[25]を用いたユーザへの動作指示部分 など)
角田	中井, 孫 開発部分を統合したユーザインタラクション部分の開発



図 11: ユーザへ動作指示を行うロボットデバイス
構築担当: 孫
(自ら両腕を挙げ、ユーザに両腕を上げるよう促す。)

4.4.3 焦点を当てた社会課題

4.4.3.1. ヘルスケア領域 社会課題 取り上げの経緯

本研究は、角田が主導したが、社会課題としては、本稿「2.2.1」中の表2で示したように、敢えて今までのキャリア上などで関わりがなかったヘルスケア領域のものを取り上げるよう拘った。

PBL 期間前半(1Q および2Q 期間)までは、ヘルスケア

領域の中でも歯磨き動作への OpenPose 応用という観点で検討していた。

前半期と後半期を挟んだ夏季休業期間に、ベテラン医師が遭遇した対応ケースをケーススタディとして複数の研修医が視聴者と共になぞって学びを得るというテレビ番組に遭遇。その中で脳梗塞発症時の対応について、t-PA と呼ばれる梗塞の血栓を溶かす特效薬が存在するが[6]、それは発症後から 4.5 時間以内に処方する必要がある、等の時間経過と対応処置の厳しい関係が指摘されていた。

4.4.3.2. 脳梗塞を巡る課題への OpenPose 応用の想起

前項で触れた脳梗塞を巡る課題についての情報源に接し、OpenPose を用いて1つの解決策が提示できるのではないかと想起された。

OpenPose 応用策として貢献できそうに思われた点が、この時点では大きく次の2つである。

- i. 高齢独居者の増加が見込まれ、発症からの時間と対処の関係が死活問題となる脳梗塞では、そうした独居者の問題が今後大きくなる可能性がある。
- ii. 本プロジェクトでは OpenPose を含む計算機(コンピュータ)を利用した解決策(システム)提示を想定しており、発症などの正確な時間記録はコンピュータシステムの得意分野といえる

これらの発想を起点に、この社会課題への OpenPose 応用システム構築の具体的検討に着手することとした。

4.4.3.3. 脳梗塞を巡る社会背景の確認

前項の段階では仮説レベルであるため、脳梗塞を巡る社会背景を具体的に押さえておくこととする。大きく4点ある。

尚、以下(4)に関しては、本学が東京都所管学術機関であるため、東京都にまつわる情報として確認を行った。

(1) 高齢世帯の増加および高齢者の独居率上昇[14]

2015~2040 年 全世帯に占める 65 歳以上世帯割合:
36.0% → 44.2%
65 歳以上 男性独居率 14.0% → 20.8%
65 歳以上 女性独居率 21.8% → 24.5%

(2) 「人生100年時代」到来の予想[15-16]

→ 「超長寿+健康」社会へどう導くかが課題

(3) 日本人の主な死因別死亡別割合(2015 年 情報)で脳梗塞を含む脳血管疾患は4位 [17]

(1位 悪性新生物(がん), 2位 心疾患, 3位 肺炎)

(4) 東京都 2025 年 推計患者数では、
脳血管疾患 入院数増が突出 [18]

(詳細は参考文献[18]中の「図表 13-6」参照。
参考のため図12 に抜粋)

図表 13-6 東京都の推計患者数 (5 疾病)

	2011年		2025年		増減率(2011年比)		全国	
	入院	外来	入院	外来	入院	外来	入院	外来
悪性新生物	12,313	15,235	15,396	18,412	25%	21%	18%	13%
産後性心疾患	1,423	5,485	1,947	7,265	37%	32%	29%	20%
脳血管疾患	14,792	9,941	22,559	13,313	53%	34%	44%	28%
糖尿病	2,129	19,337	2,565	23,189	39%	20%	31%	12%
精神及び行動の障害	27,066	23,236	32,106	24,333	19%	5%	10%	-2%

図 12: 東京都の推計患者数 (5 疾病)
(参考文献[18]「図表 13-6」より抜粋)

4.4.4 OpenPose を活用した開発テーマ決め:

脳梗塞“FAST”判定

脳梗塞を巡る社会背景などを確認しつつ、OpenPoseを活用したこの領域に有用な開発テーマの検討を行い、脳梗塞“FAST”判定を取り上げることとした。

脳梗塞“FAST”判定とは、脳梗塞の兆候を一般人が判断する指針である。以下の表8に示したように、“FAST”は、チェックすべき項目の頭文字を取っている。

表 8: 脳梗塞“FAST”判定

Face 顔の麻痺	「イー」を言いながら 笑顔を作れるか
Arm 腕の麻痺	両腕を肩の高さまで上げ、 維持できるか
Speech 話し方	言語障害がないか 「らりるれろ」 「ばびぶべぼ」 の発話など
Time 発症時間	発症した時間の記録

脳梗塞“FAST”判定に着目したのには、大きく3つほど理由がある。

1つは、脳梗塞“FAST”判定は、現段階では同居人など脳梗塞発症者の周囲の人間が判定するための枠組みであるが、以下の動向を踏まえると OpenPose のような人工知能技術を活用して解法に導くのが好ましいと思えたからである。

この点をもう少し掘り下げる。前項で見たように、今後、高齢者の独居率が高まることを考えると周囲の人による判定を期待できる状況が益々失われることになる。昨今は、人工知能の発達が人々から仕事を奪うといった点の指摘がなされ [19], マスメディアなどでも取り上げられる。しかしながら今回

取り上げたテーマのように、自然の流れに任せておくと人が減ってしまい、そのことにより困難が生じる可能性が高いエリアには人工知能技術は積極的に用いられるべきであると我々は考えた。

2つ目の理由は、脳梗塞“FAST”判定が一般人に向けた枠組みであることである。医療関係者だけでなく、多くの方により身近な問題、「自分ごと」として、この将来生じうる社会課題とその解法の1案について投げ掛けられると考えた。

3つ目は、スマートスピーカーと呼ばれる人工知能技術を活用した製品やソニー社が家庭向け犬型ロボット aibo を復活させるなどの昨今の動向を鑑み、家庭の中にこうしたロボットが入り込み、使われる状況がより多くの人にとって身近になってきたことである。我々が試作した OpenPose-FAST もこのような技術動向に重なるようにして家庭に普及し得る姿であることが想像できた。

4.4.5 本 PT 開発 OpenPose-FAST システムの

社会的な位置づけの想定 (実現レベルマップの設定)

この研究で構築を目指すシステムにつき、社会的な位置づけを明確化する試みを行った。参考にしたのは自動車の完全自動運転を目指す中でのテクノロジーによる実現レベル度の定義 [22] である。この定義づけに倣い、表 9 のような「医療系領域へのテクノロジーによる貢献 難易度別 実現レベルマップ」を設定した。

表 9: 「医療系領域へのテクノロジーによる貢献 難易度別 実現レベルマップ」

レベル	内容
4	<p>実現目標: ユーザの自覚前検出</p> <p>説明: ナノマシンを利用した『体内病院』の実現など</p>
3	<p>実現目標: ユーザのあらゆる外部要因の収集</p> <p>説明: ライフログ Big Data (生活習慣に関わる、あらゆる情報を収集。病気の兆候や可能性の割り出しに結びつける)</p>

2	<p>実現目標： ユーザ動作の常時見守り</p> <p>説明： ユーザ動作の異常をデバイスが能動検出</p>
1	<p>実現目標： ユーザの能動的な利用</p> <p>説明： 家庭用血圧計や AED 装置の利用と同等レベル</p>

レベルを1~4の4段階で設定し、数字が上になるほどテクノロジーの要求レベルが高度になる。

本 PBL 期間内での取り組みは、上記のように設定したレベルの 1 と 2 を組み合わせた領域で、今後の社会に必要な方向性の提示を目標とすることにした。

4.4.6 本 PT 開発 OpenPose-FAST システム稼働イメージ

OpenPose-FAST システムが使われるイメージを図13 に示す。



図 13: OpenPose-FAST システム稼働イメージ (引用画像・イラスト [26-35])

親近感の湧くロボットデバイス上に積載され、家庭(高齢独居者などを想定)もしくは養護老人ホームや病院などの施設に設置される。

このロボットデバイスが能動的にユーザの脳梗塞発症の可能性を検知し、救急・医療関係者や親族・知己の近隣住民などに通知し SOS を発する。

こうした利用イメージを描いた。

4.4.7 PBL 期間での試作システム開発範囲の決定

PBL 期間での OpenPose-FAST の開発範囲は図14 に示したように、脳梗塞“FAST”判定の内、発話解析や音声処理が必要な「S」(Speech 話し方判定. 表8 参照)以外に絞つ

た。

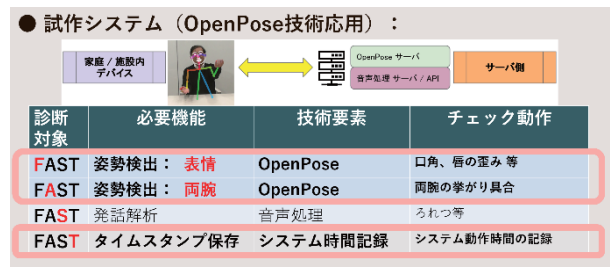


図 14: PBL 期間での OpenPose-FAST 開発範囲 (引用イラスト [36-37])

4.4.8 OpenPose-FAST 試作システム評価:

ユーザを交えた動作検証

本 PT にて開発した OpenPose-FAST 試作システムについてユーザを交え、図16 のような実装項目の動作検証を行った。

次項より、その各項目の検証詳細について記す。



図 15: OpenPose-FAST 動作イメージ

診断対象	機能	実装技術の動作検証
FAST	姿勢検出：表情	OpenPose実装 ... 口角、唇の歪み等の検出・判定 → FASTキャンペーン動画の素材を利用 異常検知 OK
FAST	姿勢検出：両腕	OpenPose実装 ... 両腕の拳がり具合 正常姿勢 検知OK / 異常姿勢 検知OK
FAST	発話解析	音声処理 ... 今回実装なし
FAST	タイムスタンプ保存	システム時間を利用したログ 過去データの参照 有用性を確認

図 16: OpenPose-FAST ユーザを交えた検証内容

4.4.8.1. OpenPose-FAST 動作検証：“F”(Face 表情)

脳梗塞“FAST”判定の“F”(Face 表情)に関する部分を本 PT で開発した OpenPose-FAST 試作システムの OpenPose 実装部分により異常検知できるかを確認した。

脳梗塞発症者を念頭に、口角や唇の歪み等を OpenPose にて異常が起きていると検知できるかの確認である。

尚、厳密には脳梗塞発症者の臨床現場での検証を重ねるのが好ましいと考えられる。しかしながら、限られた PBL 期

間で検証を行うため、今回はオンライン動画サイト上に上がっている脳梗塞“FAST”判定の啓蒙動画中の脳梗塞発症者が再現された画像データを用いて検証を行った。

その画像データによる検証結果は、意図した通り、「異常」（脳梗塞発症の可能性あり）と検出することが出来た。

4.4.8.2. OpenPose-FAST 動作検証：“A”（Arm 両腕）

脳梗塞“FAST”判定の“A”（Arm 両腕）に関する部分を OpenPose-FAST 試作システムの OpenPose 実装部分により「正常（脳梗塞発症の可能性なし）」、「異常（脳梗塞発症の可能性あり）」を検知できるかの検証を行った。

“A”（Arm 両腕）に関する判定は、表8の通り「両腕を肩の高さまで上げ、維持できるか」の確認により行われる。

検証では、図17（左）のように「両腕を肩の高さまで上げ、維持できている」人物については OpenPose 実装により、「正常（脳梗塞発症の可能性なし）」と検知し、図17（右）のように「両腕を肩の高さまで上げ、維持できていない」人物については「異常（脳梗塞発症の可能性あり）」と検知されることを確認した。

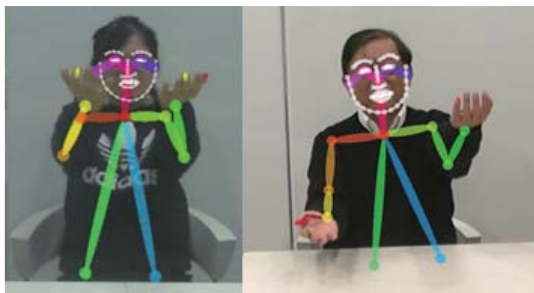


図 17: OpenPose-FAST “A”（Arm 両腕）動作検証
（左）「正常（脳梗塞発症の可能性なし）」検知用の動作
（右）「異常（脳梗塞発症の可能性あり）」検知用の動作

4.4.8.3. OpenPose-FAST 動作検証：“T”（Time 発症時間）

OpenPose-FAST 試作システム実装にて、脳梗塞“FAST”判定処理動作時の画像記録等にタイムスタンプ（時間記録）を付与することで保存し、後追いでいつの記録かを追跡・確認できることを検証した。

4.4.9 OpenPose-FAST 試作システム評価：

医療従事者フィードバック

本研究テーマはヘルスケア領域に関するものであるため、医療従事者からのレビューやフィードバックが得られることが好ましいと我々は考えた。しかしながら、PT メンバーに医療従事者がいる訳ではないため、フィードバックを頂ける医療従事者ルートの開拓を試みた。

結果として、PBL 期間中に3つの医療関係組織へコンタク

トし、その中から、PBL 期間中に1カ所、PBL 期間後（2018年3月上旬）にも1カ所から有用なフィードバックを頂いた。

本稿では前者を医療組織 A、後者を医療組織 B として頂いた内容につき記載する。

4.4.9.1. PBL 期間中 医療組織 A 関係者フィードバック

- 医師は異常値を探す習性があるが、日常的に家庭などで正常値も蓄積されるのは有用と思われる
- 多くの人が、自分自身の動作をつぶさに見る機会が増えることは有用と思われる

また、以下のように、ヘルスケアにまつわるサービスを色々と考える際のヒントとなりそうなコメントも頂いた。

- 高齢になると筋力が弱り、動作に影響するので、自身の肉体操作レベルを自分の動作を記録した画像や動画などを確認するなどして日常的にチェックできれば有用ではないか
- TVを見ている時など、なにげない行動時に計測されているような仕組みがあると良い

4.4.9.2. PBL 期間後 医療組織 B 関係者フィードバック

- 基本的に医療領域で新規なソリューションを創出しようとする時には、生命に関わる責任の重大さから、検証に多大なる時間や資金を要するがその覚悟が備わっているか
- 医師が脳梗塞の診断を下す際には、明らかな違いがあれば良いが、人の微妙な動作の違いを捉えて下す。今回試作されたような人工知能技術を用いた機械による判断が医師判断のレベルと比肩し得るかについては慎重な検証が必要

4.4.10 OpenPose-FAST の学外への発信活動

4.4.10.1. 大田区ビジネスプランコンテストへの挑戦

OpenPose-FAST のビジネスの種としての可能性について第三者による客観的な評価を得るために、第9回 大田区ビジネスプランコンテスト[20]へエントリーした。

第一次審査（2017年10月）：書類

第二次審査（2017年11月）：代表者面接

とあり、第一次審査は通過したが、第二次審査は通過できなかった。

第二次審査(代表者面接)には角田が出席した。その際に審査員たちから受けた質問を振り返ると、先述の医療機関 B からのフィードバックにも繋がるが、医療に関わる題材であるため、有用性検証が長期に掛かる可能性がある点が審査のポイントとなった印象を受けた。

4.4.11 OpenPose 応用開発2: OpenPose-FAST

その他の工夫点

4.4.11.1. OpenPose-FAST システムの多言語対応

本 PT で取り上げたヘルスケアにまつわる社会課題は、日本だけに止まらないことを意識し、システムが出す音声合成による指示なども多言語で発することが出来る仕組みを工夫点として盛り込んだ。

この点は、提案内容のレビューを受ける際に、日本国内に留まらない多様な観点を交えるということに役立つと考えた。実際、後述の継続活動で触れるように、海外の医療従事者のレビューを受けようとする際に効力を発した。

この工夫点の盛り込みには、先述の PBL 期間内でレビューを頂いた医療機関 A の医師の方から、医療系の取り組みというものは基本的に保守的であり、提案内容が役に立つのかの検証に非常に多くの労力(人的・経済的な資源や時間)が掛けられる世界であるとのコメントを頂いていたことも作用している。実は同様なコメントは、PBL 期間後にレビューを頂いた医療機関 B の医師からも頂いた。

このような医療領域に強く存在するという保守性指摘に関して理解をしつつ、一方で、国ごとの社会制度など環境の違いによる反応の違いなども起こるのではないかと筆者たちは考えた。

結果として、継続活動までを含んで振り返ると、この多言語対応という工夫点は、国を超えた多様なレビューを頂くために非常に有用なものとなった。

4.4.12 OpenPose 応用開発2: OpenPose-FAST まとめ

- i. 脳梗塞を一般人が異常検知するための手段の一端を OpenPose で検出させることに成功した
- ii. 診断モデルとして、今後は医療関係者との連携の道を探し、精度を高める必要がある
(この点は後述の継続活動に繋がる)
- iii. 提案システムに多言語対応を組み込んだことにより、国を超えた多様なレビューを加えることに道を拓いた

上記の「ii」に関しては、先述の医療組織 B 関係者からのフィードバックも鑑みるに、可能であればプロジェクトチーム内のメンバーに医療従事者が名を連ねる態勢が取れることが望ましい。これは上記「iii」の工夫点も交え、国の枠を超えて、より多角的な視点を取り込む態勢に繋がれば、研究の更なる質の向上や発展可能性を広げることが期待できる。

5 PBL期活動以後の展開について

村越 PT メンバーのうち、中井および角田は本学にて村越による指導の下、継続して 2018 年度客員研究員として在籍することとなった。

ここでは、この2名のその後の継続活動について記す。

5.1 中井 継続活動について: テーマと狙い

中井は、PBL 期の研究成果を踏まえ、2018 年 9 月現在、本項に後述する2つのテーマに着目し、取り組んでいる。

また、PBL 期の研究成果については、積極的に学外への発信を行っているので、本章の冒頭では、まずその点について触れる。

5.1.1 学外への発信活動

5.1.1.1. 2018 年度 人工知能学会全国大会

「OpenPose 応用開発 1: バasketボール フリースロー 命中予測」につき、2018 年度 人工知能学会全国大会に於いて、ブース展示および論文(日本語)提出を行った[23]。

5.1.1.2. 人工知能学会 International Symposia on AI 2018

英語での成果発表の機会として、人工知能学会により 2018 年 11 月に開催される国際シンポジウム中の身体知科学(Skill Science)ワークショップ[24]への英語論文提出を行った。本稿執筆時点の情報となるが、シンポジウム期間中には、英語にて提出論文の内容を基とした登壇発表も行う予定である。

5.1.2 PBL 期後の取り組みテーマ1:

自動運転への OpenPose 応用

自動運転の最大の障害は、様々な環境でレアな事象が重なった場合でも安全な制御が求められるが、レア事象の重なりは無限に存在して全て想定できないことである。この様な無限の想定には高速の計算機によるシミュレーション技術に頼るしかない。その様なシミュレーションで図 18 の様に OpenPose を使えば大量に人体だけ検出したデータが得られ、データも抽象化されているので動作予測モデルの構築が容易になると考えられる。



図 18: 一般道路での OpenPose による認識 引用元[3]

5.1.3 PBL 期後の取り組みテーマ2:

敵対学習モデルでの攻撃防除モデルの開発

前項で述べた様にリア事象の全てを想定することは困難であるが、シミュレーション上で状況の悪化とその対策の学習とを繰返させる敵対学習モデルはリア事象の重なりでの学習に効果的と考えられる。OpenPose の人物の抽出と抽象化によって敵対学習モデルをより効果的にすることが考えられる。現在は対戦型ゲーム[13]で OpenPose による効果を検証するモデルを構築中である。

5.2 角田 継続活動について: テーマと狙い

角田の取り組みは、PBL 期の応用開発2ヘルスケア分野脳梗塞“FAST”判定 (OpenPose-FAST) の深化に焦点を当てている。

5.2.1 OpenPose-FAST 深化への取り組み1:

“FAST”の「S」(Speech 発話)への取り組み

取り組みテーマの1つに、脳梗塞“FAST”判定の中で、PBL 期間に取り組みなかつた「S」(Speech 発話)部分への対応を掲げた。

そのためには音声認識処理についての知識を深める必要があり、これはパターン認識と機械学習が応用された1つの大きな分野であるため[21]、まずはこの分野への習熟に着手している。

5.2.2 OpenPose-FAST 深化への取り組み2:

更なる医療従事者レビューや意見交換の積み上げ

PBL 期間中の取り組みでは、医療従事者の観点も交えた有用性の検討・深堀りの必要性という点を課題として挙げた(本稿第4章末のまとめを参照)。

この点に関しては、より多角的かつ多様な観点からレビューを加えるべく、本稿第4章中で述べた OpenPose-FAST システムの多言語対応という工夫点を活かし、英語による動作デモを携えつつ、日本の医療関係者以外にもレビューを頂くなどのアプローチにも取り組んでいる。(本稿執筆時点では、米国の看護師2名からレビューを頂いた。また、カナダの救急隊員の方から、レビューはまだではあるが現時点での

研究成果に関心を示して頂いているので、今後、動作デモを披露し、レビューを頂く予定としている)

6 むすび

本稿では、2017年度 本学 PBL 活動として村越 PT で取り組まれた活動について整理・概観し、またその時期の研究活動から継続・発展して取り組まれている研究の取り組みについて報告した。

PBL 期の活動を振り返るに、担当教員が示す大枠の研究テーマ方向性に呼応して複数のメンバーが集うものの、各メンバーともその先の細部に亘る関心分野は異なるということは常であり、1つの PT として一貫した形で取り組めるように統合させるということは意外に難しいと感じる。本 PT では、OpenPose への着目が、PT として1つの統合的な研究としてまとまる言わば接着剤のような役割を果たした。

OpenPose への着目に関しては、2Q 終了時の中間報告会への本 PT に対するフィードバック中に発表の聴衆の中から、『シーズからニーズを逆引きして進めると、開発はやりやすいが、最終製品が「すごいかもしれないがパツとしない」ものになりやすい』というコメントを頂いていた。

また、それ以降にも医療系のテーマに取り組むには、本学では医療機関との強い接点がある訳ではないので中々進行させるに難しいテーマを取り上げてしまったのではないかと、いう反応も頂いたことがあった。

これらのご指摘に対しては、本 PT の PBL 活動の経験を踏まえ次にお答えしたい。本 PT も属した本学 創造技術専攻の英語表記は “Master Program of Innovation for Design and Engineering” と “Innovation” が含まれている。イノベーション創出ためには、結果として死屍累々と活動や研究の失敗が積み上げられるような状況になろうとも、あらゆる多様な取り組みを行うことが必要だと考える。本学 PBL 活動も、1年度の間多くの PT が組成され多様な取り組みが成されるため、各指導教員の経験や知見も交え、PBL 期の終わりには PT としての1つ軸が通った形態として外部に示すことは視野に入れつつ、PT メンバーの関心があるところを思う存分取り組めるような土壌があることがまず大事である。

本学で、医療に関わるテーマに取り組む難しさへのご指摘も同様で、今後、本学所管の東京都や、日本一国に限っても、超高齢社会への突入に伴い、今後もこの領域では多くのイノベーション創出が必要とされて来ると我々は考える。従って、本学で今後もこの領域への挑戦が次々と起こって来るのに備え、本学教員陣また運営スタッフはそうした状況へも応え得る態勢整備が求められよう。

このようなことを進言しつつ、本稿のむすびとしたい。

7 謝辞

最後に本 PT の取り組みを様々な方向からご支援頂いた方々へ謝意を表したい。特に、以下の方々には格別にご支援を賜った。

本学 情報アーキテクチャ専攻 柴田淳司助教には、PBL 活動初期に OpenPose を稼働させるための本学内環境につきご協力頂き、このことが本 PT の活動を推進させていく大きな後押しとなった。

東京大学および米国 University of Wisconsin Bioinformatics 分野研究員 Dr. Tiago Lopes には、人工知能技術を用いた統計・データ分析などについて折に触れ意見交換や助言を頂いた。

村越 PT 修了生で本 PT メンバーの先達に当たる村井貴氏、滝克彦氏、笹尾英樹氏、また地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター プロジェクト事業推進部ロボット開発セクター 武田有志氏、佐々木智典氏の各氏には、本 PBL 活動の外部評価者としてプロジェクト進行や研究テーマの掘り下げ等について助言頂いた。

東京国際交流館 留学生バスケットボールサークルおよび東京都立産業技術高等専門学校バスケットボール部には、「OpenPose 応用開発1: バスケットボール フリースロー命中予測モデル構築」の研究でのバスケットボール フリースロー動作の動画データ収集などで多大なるご協力を頂いた。

「OpenPose 応用開発2: ヘルスケア分野 脳梗塞“FAST”判定 (OpenPose-FAST)」に際しては、本稿にて名前を明示することは避けるが、本稿中で「医療機関 A」, 「医療機関 B」として記載した医療従事者の皆さまへ本 PT メンバー態勢では医療的見地から活動を進めることが難しい中で大変有益な数々のフィードバックを頂いた。また、2017 年度 國澤 PT メンバー 三沢一浩氏には「医療機関 A」をお繋ぎ頂いた。同じく 2017 年度 國澤 PT メンバー 楊琬琳氏には OpenPose-FAST 日本語版デモの撮影被写体としてご協力頂いた。PBL 活動後の OpenPose-FAST 英語版デモでは 2018 年度 林 PT メンバー 中藤愛子氏に撮影被写体としてご協力を仰いだ。

最後になるが、米国 Carnegie Mellon University の Computer Science 学部長 Dr. Andrew W. Moore 氏にも謝意を表したい。本 PT メンバーが氏の講演に接し、OpenPose について知ることになるが、講演後に丁度氏の学部下の研究者や学生が OpenPose 論文[3]の取りまとめに取り組んでいるという段階で、快くその取り組みについての情報を開示頂いた。このことが、正に「巨人の肩に乗る」ようにして本 PT の研究推進に役立つこととなった。

参考文献

- [1] 産業技術大学院大学, PBL (Project Based Learning) 型教育, <https://aiit.ac.jp/education/> (visited on 2018)
- [2] 滝克彦, 笹尾英樹, 村越英樹, “「成果」志向の AIIT PBL の運営戦術 ~2015 年度 村越 PT の活動から~”, 産業技術大学院大学研究紀要 第 10 号, pp.119-125, 2016.
- [3] Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, “Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, CVPR2017, 2017.
- [4] CMU-Perceptual-Computing-Lab, OpenPose: Real-time multi-person keypoint detection library for body, face, and hands estimation, <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose> (visited on 2018)
- [5] CMU-Perceptual-Computing-Lab, OpenPose: Real-time multi-person keypoint detection library for body, face, and hands estimation LICENSE, <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose/blob/master/LICENSE> (visited on 2018)
- [6] 国立循環器病研究センター 循環器病情報サービス, [103] 脳梗塞が起こったら, <http://www.ncvc.go.jp/cvinfo/pamphlet/brain/pamph103.html> (visited on 2018)
- [7] レイ・カーツワイル, ポスト・ヒューマン誕生 コンピュータが人類の知性を超えるとき, NHK 出版, 2007
Ray Kurzweil, *The Singularity is Near*, Viking USA, 2005 (原著)
- [8] Christopher M. Bishop, “Pattern Recognition and Machine Learning”, Springer, 2006.
- [9] John C. Platt, “Fast Training of Support Vector Machines using Sequential Minimal Optimization”, 1999.
- [10] Tianqi Chen, Carlos Guestrin, “XGBoost: A Scalable Tree Boosting System”, arXiv, 2016.
- [11] 奥山秀雄, “コンピューター動作分析システム (APAS) を用いたバスケットボールのシュート分析”, 日本体育学会第41 回大会, 1990.
- [12] 安松谷亮宏, 曾我真人, 瀧寛和, “バスケットボールにおけるシュートフォームの学習支援環境の構築”, 情報処理学会シンポジウム論文集, 2012.
- [13] David Ha, Jürgen Schmidhuber, “World Model”, arXiv, 2018.

- [14] 国立社会保障・人口問題研究所, “日本の世帯数の将来推計(全国推計) — 2015(平成27)～2040(平成52)年—”, 2018.
- [15] リンダ・グラットン, アンドリュー・スコット, *LIFE SHIFT*(ライフ・シフト) 100年時代の人生戦略, 東洋経済新報社, 2016.
Lynda Gratton, Andrew Scott, *THE 100-YEAR LIFE Living and Working in an Age of Longevity*, Bloomsbury Publishing, 2016. (原著)
- [16] 首相官邸ホームページ, 人生100年時代構想, <https://www.kantei.go.jp/jp/headline/ichiokusouka-tsuyaku/jinsei100.html> (visited on 2018)
- [17] 厚生労働省, “平成27年 人口動態統計月報年計(概数)の概況”, p.10, 2016.
- [18] 高橋泰, 江口成美, “地域の医療提供体制の現状と将来 — 都道府県別・二次医療圏別データ集 — (2014年度版) 県別一覧 13. 東京都”, no.323, 日本医師会 総合政策研究機構, 2014.
- [19] Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne, “THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTABLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?”, Oxford Martin School, University of Oxford, 2013.
- [20] 公益財団法人 大田区産業振興協会, ビジネスプランコンテスト, <https://www.pio-ota.jp/newfield-challenge/start-business/business-plan-contest.html> (visited on 2018)
- [21] 荒木雅弘, フリーソフトでつくる音声認識システム パターン認識・機械学習の初歩から対話システムまで 第2版, 森北出版, 2017.
- [22] SAE (Society of Automotive Engineers) International, “Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems”, 2014
- [23] 一般社団法人 日本人工知能学会, 2018年度人工知能学会全国大会(第32回) プログラム冊子, https://www.ai-gakkai.or.jp/jsai2018/wp-content/uploads/2018/05/jsai2017_programbooklet.pdf (visited on 2018)
- [24] 一般社団法人 日本人工知能学会, JSAI International Symposia on AI – workshops 2018 Workshop 3: Skill Sciences 2018, <http://www.ai-gakkai.or.jp/isai/ws2018#SKL> (visited on 2018)
- [25] 株式会社プレンプロジェクト, PLEN2, <https://plen.jp/wp/plen2/> (visited on 2018)
- [26] ACワークス株式会社, 写真AC 利用規約, <https://www.photo-ac.com/main/terms> (visited on 2018)
- [27] ACワークス株式会社 FineGraphics, リビング, <https://www.photo-ac.com/main/detail/1100633> (visited on 2018)
- [28] イラストポップ, イラストポップ利用規約, https://illpop.com/p_site03.htm (visited on 2018)
- [29] イラストポップ, 消防22-AED, https://illpop.com/png_jobhtm/fire_a22.htm (visited on 2018)
- [30] イラストわんパグ, ご利用規定, <http://www.wanpug.com/kitei.html> (visited on 2018)
- [31] イラストわんパグ, 医療関係・医療従事者のイラスト, <http://kids.wanpug.com/illustr76.html> (visited on 2018)
- [32] かわいいフリー素材集いらすとや, ご利用について, <https://www.irasutoya.com/p/terms.html> (visited on 2018)
- [33] かわいいフリー素材集いらすとや, 老々介護のイラスト, https://www.irasutoya.com/2016/08/blog-post_248.html (visited on 2018)
- [34] かわいいフリー素材集いらすとや, 麻痺のイラスト(女性), https://www.irasutoya.com/2017/08/blog-post_159.html (visited on 2018)
- [35] かわいいフリー素材集いらすとや, 麻痺のイラスト(男性), https://www.irasutoya.com/2017/08/blog-post_17.html (visited on 2018)
- [36] ACワークス株式会社, シルエットAC 利用規約, <https://www.silhouette-ac.com/terms.html> (visited on 2018)
- [37] ACワークス株式会社 シルエットAC, サーバー, <https://www.silhouette-ac.com/detail.html?id=129563> (visited on 2018)

紀要編集委員会

編集委員長	中野 美由紀	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
	海老澤 伸 樹	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 教授
	飛田 博 章	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 准教授
	林 久 志	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

2018年度 産業技術大学院大学紀要

2019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/>
