

# 産業技術大学院大学

## 紀 要

Bulletin of  
Advanced Institute of Industrial Technology

第 8 号

2014 年 12 月

産業技術大学院大学

## 目 次

## 論 文

グローバル生産ネットワーク史観と発展戦略 — 産業コミュニティの ネットワークとしてのグローバリゼーション 2.0 —……………	石 島 辰太郎 前 田 充 浩	1
一斉授業における学習者間の進捗の差を吸収する教授法 — 専門職大学院における CAD ソフト操作実習の事例 —……………	網 代 剛 村 田 桂 太	19
Java コードからのクラス図の半自動生成と自動保全……………	秋 口 忠 三	25
超高温焼成による木質廃材の再資源化とコジェネレーションシステム…	佐 藤 玄 小 浜 貴 士 吉 開 紀 男 落 合 光 男 管 野 善 則	33
シェルに代わりうるデータ処理のためのグルー言語開発……………	上 田 隆 一	39
脳波による映像記録と再利用のシステム “bwTrackr” ……………	小 杉 晋 央 上 田 豊 湯 通 堂 悠 生 田 島 元 貴 奥 田 純 一 越 水 重 臣	47
高度専門職教育支援ソフトウェアの開発……………	小 山 裕 司	59
日本の自動車業界におけるデザイン意思決定の最前線 — デザインの評価の問題を中心として —……………	小 山 登 山 下 幹 生	65
AIIT における博士課程教育のあり方の考 — サバティカル期間に 滞在した社会情報学研究室での研修から得た知見 —……………	嶋 田 茂	71
債券補償型アジア中小企業ファイナンス……………	江 川 潔 前 田 充 浩	79
テスト問題の自動組み立てシステムの非構造データベース設計……………	慎 祥 揆	87

高齢者の見守りを目的とするウェアラブルセンサのバッテリーレス化

— 2013 年度イノベーションデザイン特別演習報告 —	村越英樹 網代剛 上野佑太 郭華威 小泉幹夫 田村真統	91
------------------------------	--	----

個人情報影響評価の有効性評価	瀬戸洋一 坂本誠哉 岡崎吾哉 岡本直子 川口晴之 永野学	95
----------------	---	----

アーキテクチャから見る製品デザインに関する一考察 — デザインの構成要素間相互依存性による理論的分析手法の開発 —	吉田敏	103
--	-----	-----

enPiT プログラムにおける遠隔 PBL とアジャイル教材開発	中鉢欣秀	109
----------------------------------	------	-----

3 か国の大学による国際共同開発 PBL	土屋陽介 中鉢欣秀 成田雅彦	115
----------------------	----------------------	-----

On the development of a retrieval tool of preprints for sharing scholarly papers	Take-Yuki Nagao	119
---	-----------------	-----

ソフトウェア再利用開発にむけて — 2014 年度 —	亀井邦裕 成田雅彦	123
-----------------------------	--------------	-----

デュアルキューブにおける耐故障経路選択手法の改善	雪田英見 Antoine Bossard 金子敬一	131
--------------------------	---------------------------------	-----

Preliminary Comparative Study of Satisfaction of Convention Attendees	Tokuro Matsuo Hidekazu Iwamoto Toshikazu Fukushima	141
--	--	-----

ボツワナ政府における改善の取り組み — JICA シニアボランティアとして —	伊藤 衡	147
--	------	-----

Optimal Control of Adaptive Structures using Genetic Programming	Sourav Kundu	153
--	--------------	-----

## 総 説

## 指示と確認による実時間交通誘導サービスに関する提案と設計

—平成 25 年度 PBL 型学修によるサービス設計プロジェクト—	川 田 誠 一 木 村 睦 奥 村 治 黄 克 強 宮 瀬 阿 妻 陳 俊 甫	159
プロジェクトマネジメント育成ロードマップの提案	酒 森 潔	167
情報アーキテクチャ専攻カリキュラム設計の考え方	戸 沢 義 夫 酒 森 潔 小 山 裕 司	171
都市居住空間の自生的なマネジメントに関する基礎的考察 —既存共同住宅ストックの展開事例から—	佐々木 一 晋	191
Web-based CAD のモデリングフレームワーク — テンプレートを用いた方法 —	館 野 寿 丈	197
<b>研究速報</b>		
学修到達度の視覚的表現方法に関する一考察		
— 分かりやすいディプロマサプリメントの開発を目指して —	井ノ上 寛 人 佐々木 一 晋 越 水 重 臣 國 澤 好 衛 川 田 誠 一	203
デザイン力を活用した港区芝商店会の変身への取り組み	鈴 木 一 彰 遠 藤 伸 坂 本 章 太 山 里 尚 史 國 澤 好 衛	211
中国人理工系学生の学習習慣と教育志向性に関する調査	陳 俊 甫 村 越 英 樹 橋 本 洋 志 余 錦 華	219
屋内空間の照明の色温度と照射位置が人の印象に与える影響	中 島 瑞 季 横 井 聖 宏	227
AIIT 型ブレンディッドラーニング法の考察と開発 — 第 1 報 —	橋 本 洋 志 井ノ上 寛 人 慎 祥 揆	233

Wearable-Avatar: Computational Assimilation for Advanced Communication and Collaboration	Hiroaki Tobita	239
---	----------------	-----

異なるフレームワーク間のプロセス間通信 — RSNP を中心としたシステム間連携の手法 —	成 田 雅 彦	245
--	---------	-----

## CONTENTS

**Regular Papers**

The Global Production Network Analysis of Developmental Strategies —A New Concept of the Globalization (Globalization 2.0) based on the Network of Industrial Communities —·····	Shintaro Ishijima Mitsuhiro Maeda	1
A Teaching Method of Absorbing the Variance of Progress of Students — In CAD Operation Practice At Professional School —·····	Tsuyoshi Aziro Murata Keita	19
Semi-Automated Class Diagram Generation from Java Source Codes and Automatic Maintenance ·····	Chuzo Akiguchi	25
Recycling of Waste Wood by Ultra-High-Temperature-Firing and Cogeneration System ·····	Gen Sato Takashi Kohama Norio Yoshikai Mituo Ochiai Kanno Yoshinori	33
An Alternative Glue Language for Shell Scripting ·····	Ryuichi Ueda	39
Emotional Media Recording and Discovery “bwTrackr” ·····	Akihiro Kosugi Yutaka Ueda Yuki Yutsudo Genki Tazima Junichi Okuda Shigeomi Koshimizu	47
Customized Software for Advanced Professional Education ·····	Hiroshi Koyama	59
Research for the Latest Design Decision-making in Automotive Industry — Focusing on Design Evaluation Problem —·····	Noboru Koyama Mikio Yamashita	65
Consideration of a Nature of Doctorial Education in AIIT — Knowledge obtained from the training in the Social Informatics Laboratory during Sabbatical Period —·····	Shigeru Shimada	71
A Proposal of the Bond-backed Asian SMEs Finance ·····	Kiyoshi Egawa Mitsuhiro Maeda	79
A No-SQL Database Architecture for the Automatic Assembly System of Test Questions ·····	Sanggyu Shin	87

Proposal of Battery-less Wearable Sensors for Watching Elderly Person — A Report on Murakoshi-PT 2013 (Advanced Exercises: Innovation for Design and Engineering) — .....	Hideki Murakoshi Tsuyoshi Aziro Yuta Ueno Huawei Guo Mikio Koizumi Masatsugu Tamura	91
The evaluation of the effectiveness of Personal information Impact Assessment .....	Yoichi Seto Makoto Sakamoto Michiya Okazaki Naoko Okamoto Haruyuki Kawaguchi Satoru Nagano	95
A Study of Product Aesthetic Design with Architectural Analysis — Logical Analysis for Design with Architecture Concept — .....	Satoshi Yoshida	103
Project-based Distance Learning in enPiT Program and Agile Teaching Material Development .....	Yoshihide Chubachi	109
International Collaboration Development PBL with the University of Three Countries .....	Yosuke Tsuchiya Yoshihide Chubachi Masahiko Narita	115
On the development of a retrieval tool of preprints for sharing scholarly papers .....	Take-Yuki Nagao	119
A Study in the Reusable Software Development — 2014 — .....	Kunihiro Kamei Masahiko Narita	123
Improvement of Fault-tolerant Routing Algorithms in Dual-cube Networks .....	Hidemi Yukita Antoine Bossard Keiichi Kaneko	131
Preliminary Comparative Study of Satisfaction of Convention Attendees .....	Tokuro Matsuo Hidekazu Iwamoto Toshikazu Fukushima	141
KAIZEN in Botswana Government — Report from JICA Senior Volunteer — .....	Ko Ito	147
Optimal Control of Adaptive Structures using Genetic Programming ..	Sourav Kundu	153

**Review Papers**

A proposal and design of command-based real-time navigation system supported by AR —Service design project by project based learning method on 2013— · ·	Seiichi Kawata Atsushi Kimura Osamu Okumura Keqiang Huang Azusa Miyase Junfu Chen	159
Proposal of a Project Management Learning Roadmap ·····	Kiyoshi Sakamori	167
An Approach to Design the Curriculum of Master Program of Information Systems Architecture ·····	Yoshio Tozawa Kiyoshi Sakamori Hiroshi Koyama	171
Fundamental Study on Habitable Space Management for Spontaneous Development — A Case Study of Enabling an Effective Urban Housing Stock — ··· ·	Isshin Sasaki	191
Modeling Framework for Web-based CAD — An Approach by using Template — ·····	Toshitake Tateno	197
<b>Short Notes</b>		
A Visualization Method of Academic Achievement — Toward the Development of an Easy-to-Understand Diploma Supplement — ·····	Hiroto Inoue Isshin Sasaki Shigeomi Koshimizu Yoshie Kunisawa Seiichi Kawata	203
Application of design engineering initiatives to transform The Minato City Shiba Shop Association ·····	Kazuaki Suzuki Shin Endo Shouta Sakamoto Naohumi Yamasato Yoshie Kunisawa	211
A Survey on Learning Styles and Educational Intention of Science and Engineering Students in China ·····	Junfu Chen Hideki Murakoshi Hiroshi Hashimoto Jinhua She	219



Color Temperature and Irradiation Position of The Lighting in Indoor Space Influences Impression of Human ·····	Mizuki Nakajima Takahiro Yokoi	227
Development of Blended Learning Method in AIIT Style — First Version — ·····	Hiroshi Hashimoto Hiroto Inoue Sanggyu Shin	233
Wearable-Avatar: Computational Assimilation for Advanced Communication and Collaboration ·····	Hiroaki Tobita	239
Interprocess communication between heterogeneous frameworks — System cooperation methods with a focus on RSNP — ·····	Masahiko Narita	245

## グローバル生産ネットワーク史観と発展戦略

### — 産業コミュニティのネットワークとしてのグローバリゼーション 2.0 —

石島辰太郎<sup>1)</sup> 前田充浩<sup>1)</sup>

## The Global Production Network Analysis of Developmental Strategies —A New Concept of the Globalization (Globalization 2.0) based on the Network of Industrial Communities —

Shintaro Ishijima<sup>1)</sup> Mitsuhiro Maeda<sup>1)</sup>

### Abstract

In socio-economic development, governments of developing economies rely on 'developmental strategies' as a base model of the nexus of economic policies. The Global Production Network Analysis shows that the state of phases of a global production network in manufacturing substantially affect effectiveness of each developmental strategy. Inviting multinational enterprises is effective in the First Unbundling, regional connectivity strategy, combined with the legal creativity, is effective in the Second Unbundling, and ICBM (Industrial Community Building Measures) is effective in the GIN (Global Industrial Network). Industrial human resource development and SMEs connectivity are the most important ICBM. The network of industrial communities in developing economies forms a new model of the globalization, which will cover industrial clusters in developing economies in near future.

**Keywords:** developmental strategies, the Global Production Network, GIN (Global Industrial Network), industrial communities, legal creativity, SMEs, industrial human resources

### 1 発展戦略の潮流

21 世紀の現下、殆ど全ての発展途上国が、程度の差はあれ政府のイニシアティブによって、急速な経済社会開発に取り組んでおり、かつその相当数が大きな成功を収めている。

政府が自国の経済社会開発を推進する場合、立法措置を含む、数多くの政策を展開することとなる。この場合、政府は、経済社会開発に関するある特定のモデル、すなわち政府の政策によって経済成長が実現するメカニズムに関する考え方に依拠することとなり、数多くの政策は、そのいずれもが、そのモデルに整合的なものとなることが求められる。

政府が依拠する経済社会開発のモデル、すなわち政府が実施する政策の束全体を貫く基本的な考え方のことを、発展戦略と呼ぶことができる。

政府は、内容において矛盾のある複数の発展戦略を採用す

ることは有りえず、基本的に1つの発展戦略を採用することになる。政府が実施する膨大な政策は、この発展戦略とそれぞれが内容上統一性 (coherent) を持ち、相互に関連のある政策のシステムをなすことになる。

一方、発展途上国にとって、発展戦略の採用は簡単な課題ではない。

問題の第 1 は、経済社会開発に取り組む決意をした発展途上国政府が採用を考慮することのできる発展戦略にはいろいろなものがあり、政府はそれらの中から1つを選択しなければならないことである。

地球上に多くの発展途上国が誕生し、それらが自覚的に発展戦略を採用することになったのは 20 世紀後半以降のことである。それ以降の半世紀超の歴史を見ても、実に数多くの発展戦略が採用されてきた。かつ、少なからぬ発展途上国は、「採用した発展戦略が結果として適切ではなかったために」、企図した経済社会開発が実現できず、場合によっては大きな社会的混乱が引き起こされることとなった。

さらに問題を複雑にする要因は、発展途上国の発展戦略の

Received on 2014-10-03

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

選択に関するいわゆる「政治化」である。

大国にとって、ある発展途上国が自国の推奨する発展戦略を採用することはその発展途上国に対する外交上の影響力の拡大をもたらすことから、多くの大国は、政治力を行使して発展途上国に特定の発展戦略を採用させようとする。このことは、特に東西冷戦期において顕著であったものの、東西冷戦終結後も、その動きが集結したわけではない。「政治化」まではいかなくとも、通常、発展途上国政府が経済社会開発に取り組む決意を表明した際には、その政府に、それぞれ独自の発展戦略を有する外国政府、国際機関、研究者等が自らの主張する発展戦略を採用するよう説得する。いずれの場合も、発展途上国が自らの主張する発展戦略を採用することは、当該主体のその発展途上国に対する影響力を拡大させることになるためである。

発展途上国政府は、それらの説明を聞き、それらの中から1つの発展戦略を選択しなくてはならない。適切な選択を行うことは、爾後の当該発展途上国の国民の運命を左右する重要事項となる。政府が適切ではない発展戦略を選択した場合、爾後、当該発展途上国の国民がどのように涙ぐましい努力を重ねようとも経済成長に失敗することになる。

問題の第2は、ある時期に高い経済成長の効果をもたらした、すなわち適切な発展戦略も、時間の経過とともに、その効果を大きく落とす事例が少なくはないことである。

20世紀以降の世界の歴史を俯瞰するならば、万能、すなわち世界中のどの発展途上国がいつ採用しても経済成長の効果が高く、かつその効果が永遠に続く発展戦略は存在しないと考える。むしろ、ある発展途上国がある発展戦略を採用し、ある時期に高い経済成長を実現したとしても、その後、経済成長が大きく鈍化することは一般的に見られる現象であると言える。かつ、そのような事態に直面しても、当該発展途上国がその発展戦略に固執し続けることで、経済上深刻な状態に陥ることもまた、多く見られる現象であると言える。

ある時期に幾つかの発展途上国が特定の発展戦略を採用し、高い経済成長を成功させた場合、それを見る他の発展途上国の多くもまた、その発展戦略を採用する強いインセンティブを有することになる。その結果、その時期には当該発展戦略が世界の「潮流」となる。一方時間の経過とともにその発展戦略の有効性が大きく減じる一方で、別の発展途上国が別の発展戦略を採用し、高い経済成長を成功させるようになれば、それを見る他の発展途上国の多くがかつての発展戦略を放棄し、当該新しい発展戦略を採用するようになることがある。発展戦略の「潮流」の変化である。

以上のことから、発展途上国政府が、現時点において採用すべき発展戦略を適切に選択するための理論的な枠組みを提供することは、発展途上国の開発問題に携わる研究者に課せられた重要な課題であると考えられる。

本研究の目的は、第1に、今後新たに経済社会開発に取り

組む発展途上国政府が採用すべき発展戦略の適否を判断するための評価の枠組みを構築すること、及び第2に、その枠組みに立脚して、ASEAN内の後発展途上国であるCLMV（カンボジア、ラオス、ミャンマー及びベトナム）における現下で最適な発展戦略を検討することにある。

## 2 発展戦略のモデル

### 2.1 先行研究

20世紀半ば以降、数多くの発展戦略のモデルが、発展途上国が採用すべきであるとして提示されてきた。

東西冷戦の時期には、新たに政治的独立を果たした発展途上国政府にとっては、新古典派経済成長モデルと計画経済モデルの2つの選択肢があり、それぞれをいわゆる西側陣営と東側陣営が強力に推奨していた。

このうち計画経済モデルについては、言わば「絶滅した進化系統」と見なして、本研究では無視することとする。

第2次世界大戦における敗戦後、日本が採用し、大きな成果を収めた発展戦略についてのモデル化を試みる動きは、1980年代初頭より本格化した。この時期には、日本の発展戦略が、部分的にまたは全面的に多くの東アジア諸国によって採用され、それらの諸国の中にアジアNIEs（韓国、台湾、香港及びシンガポール）を代表とする成功例が出てきたことから、そのモデル化に対する需要が増大したと見ることができるとする。

ジョンソン（Johnson, Chalmers Ashby）は、日本が最初に採用し、アジアNIEs等東アジアの諸国で幅広く採用されることになった発展戦略のモデルを、発展指向型国家（Developmental States）としてまとめた[1]。これは、日本等経済成長の実現に高い優先度を置く国家は、中央政府の強いリーダーシップ、特に法律に基づかない行政指導の手法を多用しており、その行政のあり方は、規制指向型国家と呼ばれる他の先進諸国におけるそれとは大きく異なることを指摘したものであった。

村上泰亮は、日本及びアジアNIEs諸国を念頭に、開発主義（Developmentalism）というモデルをまとめた。

製造業では一般的に費用削減局面が広く見られることから、市場メカニズムに委ねた場合には、全ての企業がコスト削減のために市場規模を無視して生産量を拡大させようとすることから、過当競争が発生し、その結果、大半の企業の倒産、失業が発生する。すなわち、ある種の市場の失敗が起きる。過当競争の結果は、倒産、失業のみにとどまらず、各企業が長期的な視野に立って研究開発、投資等を行うことが期待できないことから、当該国家の産業全体が国際競争力を獲得することが困難になるという意味で、国民経済全体にとっての不利益をも生む。このような過当競争の弊害を回避し、長期的に国際競争力を有する国内産業を育成していくためには、中央政府が市場に広範に介入し、過当競争を排して適正競争

を推進させることが正当化される。

このような観点から、法律に基づかない行政指導という手法を活用して市場に介入し、適正競争を実現しようとする中央政府の強力なリーダーシップを容認する国家の体制が、開発主義と呼ばれる発展戦略である[2]。

公文俊平は、開発主義のモデルを踏まえ、いわゆる情報社会化の動きをも包含し、21世紀において多くの発展途上国によって採られている発展戦略を、共発主義（Co-evolutionism）としてモデル化している。経済政策、産業政策の決定、実施において中央官庁が強力なリーダーシップを採る発展戦略が開発主義として捉えられたのに対し、開発援助を担当する国際機関及び開発援助を供与する他の先進国（いわゆる、ドナー・コミュニティ）のリーダーシップが強いものが共発主義である。代表的なドナー・コミュニティの成員としては、世界銀行、IMF（International Monetary Fund）、アジア開発銀行等の国際開発金融機関（MDBs：Multilateral Development Banks）、及び米国、英国、フランス、ドイツ、日本等の主要ドナー国が挙げられる。

開発主義も、共発主義も、いずれも発展途上国の経済社会開発を推進するためには政府による強力なリーダーシップが必要であるとする点は共通する。一方、開発主義では、そのリーダーシップを発揮する主体としては自国の官僚機構のみを想定しているため、自国の経済運営を細部にわたるまで適切に運営できる能力を備えた自国の官僚機構を育成することが必要であり、その人材育成に長期間と大きなコストがかかる。それに対して共発主義では、ドナー・コミュニティの大きな貢献を期待することになるため、自国の官僚機構育成のコストは相対的に低く抑えることができる。

なお、開発主義においては中央官庁によるリーダーシップの発揮は、多くの場合、行政指導による市場への介入という形で発揮されたのに対して、共発主義においては、市場への介入が正当性は原理的には決定しておらず、ドナー・コミュニティが推奨する個別の政策内容に依ることとなる。因みに1989年の東西冷戦終結後から今日に至る時期においては、1989年に発表されたワシントン・コンセンサスが世界の開発援助の潮流に強い影響を発揮したこともあり、政府による市場への介入には否定的な内容の政策が提言される傾向が強いと言える。

以上、先行研究において示された発展戦略のモデルを整理すると、①先発国（規制主導型国家）型、②開発主義、③共発主義、の3つの類型にまとめることができる。

## 2.2 共発主義 2.1

筆者らは、共発主義をさらに共発主義 1.0、共発主義 2.1、共発主義 2.2 の3つの類型に細分化することを提案する。この結果、発展戦略のモデルの類型は、①先発国型、②開発主義、③共発主義 1.0、④共発主義 2.1、⑤共発主義 2.2 の5類型になる。

前田は、先行論文[4]において、共発主義に2つの類型が存在することを指摘し、それぞれのモデル化を行った。第1類型は、地域機構が介在せず、ドナー・コミュニティが直接発展途上国の経済政策を企画立案し、提案するものである。第2類型は、地域全体を対象とする経済政策の企画立案能力の高い地域機構が介在する場合である。後者の類型の場合には、各発展途上国にとっては、個別の国内の経済政策の内容の決定においては、地域機構が推進している政策の内容が重要な影響を及ぼすこととなる。この第1類型を共発主義 1.0、第2類型を共発主義 2.1 と呼ぶことにする。両者の違いは、

共発主義 2.1 においても、引き続きドナー・コミュニティによる政策提言を受け、その少なからぬ部分を採用しているものの、それらの政策提言よりも地域機構が推進している政策、例えば域内のコネクティビティ政策を優先して考えることである。

なお、ドナー・コミュニティは個別の発展途上国のみならずさまざまな地域機構に対しても政策提言を行うことから、これら2つの類型の実質的な違いは、域内全域を対象とする経済政策、産業政策の企画立案における地域機構の自主性如何によることとなる。本研究で取り上げる地域機構である ASEAN（Association of South-East Asian Nations：東南アジア諸国連合）は、自主性が極めて強いものであると捉えることができる。

筆者らは、第2類型の共発主義に基づいて企画立案された政策の典型として、ASEAN 域内で進められるコネクティビティ政策を考える。コネクティビティ政策とは、物理的側面（インフラ）、制度的側面及び人的側面の3つの側面において域内の連結性を高めようとする政策であり、これは確かに第1類型の共発主義では企画立案できない政策であると言える。ASEAN のコネクティビティ政策は、以下のように進展した。

1967年に設立された ASEAN は、1990年代初頭にインドシナ和平が成立するまでは、主要な機能は東西冷戦下における反共、すなわち安全保障面にあった。インドシナ和平成立後、経済面の機能が次第に重要視されるようになり、1990年代後半にはカンボジア、ラオス、ミャンマー及びベトナムの移行経済圏諸国を新たにメンバーに迎え、2015年の AEC（ASEAN Economic Community）2015 の開始によって、コネクティビティ政策の当面の完成を迎えることになる。

ASEAN が、本格的に域内経済政策に取り組むことになったのは、1984年に定期会合である AEM（ASEAN 経済閣僚会合：ASEAN Economic Ministers' Meeting）を設置してからのことである。1992年に ASEAN 自由貿易協定（AFTA：ASEAN Free Trade Area）を締結し、これによって本格的なコネクティビティ政策が開始された。以降、1997年に ASEAN ビジョン 2020、1998年に HPA

(Hanoi Plan for Action), 2003年にバリ・コンコードII, 2004年にVAP (Vientiane Action Programme), 2007年にASEAN 経済共同体ブループリント, 2008年にASEAN 憲章 (ASEAN Charter), 2009年にロードマップ(2009-2015) (Roadmap for an ASEAN Community (2009-2015)), 2010年にマスタープラン (Master Plan on ASEAN Connectivity), 2011年にフレームワーク (ASEAN Framework on Equitable Economic Development), 2012年にプノンペン・アジェンダと続き, 2015年に遂にASEAN 経済共同体 (ASEAN Economic Community)を開始する。

なお, ASEANに限らず, 今日の世界の発展途上国は, 近隣の複数の発展途上国との間で何かしらの地域機構を構築していることが一般的である。全く何の地域機構にも属していない例の方が少ない。かつ所属する地域機構が1つであることの方が例外的であり, 通常は, 重畳する複数の地域機構に所属する。例えばアフリカ南部の諸国は, アフリカ統一機構 (AU: African Union) に所属し, かつ南部アフリカ開発コミュニティ (SADC: Southern African Development Community) にも所属する。

現在世界各地で膨大な数の地域機構が設立され, 発展途上国の大半がそのどれかに所属しているにもかかわらず, ASEANの例に見られるような実質的な意味でのコネクティビティ政策を展開している地域機構はあまり見られない。したがって, 共発主義 2.1, すなわち自国が所属する地域機構を活用してコネクティビティ政策を展開するという発展戦略は, 現在のところ, 少数の発展途上国のみが採択している新たな発展戦略であると見ることができる。

殊に ASEAN 諸国は, 地域機構 ASEAN 自体がその出自は安全保障機構であり, したがってコネクティビティ政策のように高度に洗練された地域的な経済政策の実施は地域機構発足時には真剣に考えられていなかったことを勘案すると, 発展途上国自身が独自に生み出した発展戦略として, 極めて創造性の高いものであると評価することができる。

### 2.3 共発主義 2.2

筆者らの今回の新たな提案は, コネクティビティ政策を進める地域機構に所属する発展途上国が採る発展戦略にも2つの類型があるということである。一般的には, (地域機構内の) 先発国型と後発国型と呼ぶことができ, ASEAN の場合にはその特殊事情を踏まえて元加盟国型と移行経済圏諸国 (新規加盟国) 型, と呼ぶことができる。

両者の違いは, 元加盟国は ASEAN のコネクティビティ政策の企画立案に最初から参画し, それぞれ相応のイニシアティブを発揮したのに対して, 移行経済圏諸国は, ASEAN に加盟した時点ですでに ASEAN のコネクティビティ政策が動いており, 言わば受動的にそれに同調 (align) することが最大の課題となっていたことである。

ASEAN の 1967 年の設立時の加盟国は, インドネシア, マレーシア, シンガポール, フィリピン, タイの 5 か国であり, これに 1984 年にブルネイが加わり, これら 6 か国が元加盟国と呼ばれる。本研究では, これらのうち, 天然資源に経済の多くを依拠するブルネイ, 及びすでに経済発展を高度に達成し, 先進国[注 1]の「援助受け取り可能国 (recipient eligible economies)」から外れた国々。すなわち, 援助を供与する側.) となっているシンガポールを除く, インドネシア, マレーシア, フィリピン及びタイの 4 か国を, ASEAN 内先発国と呼ぶことにする。

東西冷戦終結後の 1994 年の AMM (ASEAN 外相会合: ASEAN Ministerial Meeting) において, ASEAN はかつて東側陣営の一員として計画経済制度を採用していた移行経済圏諸国である CLMV 諸国を随時 ASEAN に加盟させるという歴史的な決定を行った。1994 年の AMM 以前に加盟が決定していたベトナムは 1995 年に加盟, その他の 3 か国は, その決定に基づき, 1997 年にミャンマーとラオス, 1999 年にカンボジアが加盟した。

CLMV 諸国は, ASEAN 加盟以来, いずれも順調に高い経済成長を維持し続けている。これら諸国の経済成長が着目される理由は, 1980 年代半ば以降, 独自の経済改革戦略であるドイモイを推進したベトナム, 及び政治的な紛争が少なかったラオスの両国はともかく, カンボジアは 1990 年代初頭まで国内の和平が成立しておらず, またミャンマーも軍事政権に対する国際社会の制裁が長らく続いていたにも関わらず, 4 か国全体 (ミャンマーについてはここ数年のことではあるものの) が外資主導型発展戦略, すなわち外国企業の誘致に大きく成功してきていることである。

外国企業の誘致は, 新たに経済発展に取り組む多くの発展途上国が高い優先度をもって取り組む課題ではあるものの, それを成功させることは容易なことではない。インフラ建設, 法制度の整備, 低廉かつ優秀な労働力の供給等, いわゆる投資環境整備を進めなくてはならないためである。CLMV 諸国の近年の経済成長は, これら諸国が投資環境整備を急速に進めたことを示唆する。

それでは, 投資環境整備における成功を見せている CLMV 諸国が依拠した発展戦略は, どのようなものであったのだろうか。

それが開発主義ではないことは明らかである。開発主義による経済成長を成功させるためには, 村上泰亮が力説している通り[5], 長期的な経済成長の観点から適切に市場への介入を実施することのできる, 高度な官僚機構を整備することが必要となるためである。CLMV 諸国において官僚機構は存在するものの, その官僚機構は, 長らく計画経済を運用し

[注 1] OECD-DAC (開発援助委員会)。

てきたものであり、自力でドイモイ政策を推進したベトナムを除けば、東西冷戦終結後、1990年代初頭からの短期間で適切に市場への介入を実施できる官僚機構が整備されたことを期待することは難しい。

また、CLMV 諸国に対しては、1990年代以降、ドナー・コミュニティによる経済政策に関するコンサルティングが大規模に行われたことは事実である。一方それら諸国は1990年代後半にASEANに加盟し、爾後は国内の経済政策の内容の決定においてはASEANの推進するコネクティビティ政策が大きな影響を及ぼしたことから、それら諸国が立脚した発展戦略を共発主義1.0として捉えることも適切ではない。

一方で、ASEAN内先発国と同様に、共発主義2.1として捉えることもまた問題を孕む。上記のように、ASEANのコネクティビティ政策は、1984年のASEAN経済閣僚会合の設置以降に進められ、1992年のAFTA合意以降本格化したものである。一方、CLMV諸国のASEANへの加盟は1995年以降のことである。すなわち、CLMV諸国にとっては、ASEANに加盟した時点でASEANのコネクティビティ政策の大枠は決定していたのであり、CLMV諸国はASEANのコネクティビティ政策の構築に実質的かつ大きな貢献をしたとは言えない。

ASEAN加盟後、CLMV諸国にとって最重要の経済政策は、ASEAN内先発国によって決定されたASEANのコネクティビティ政策への国内政策の同調（align）であった。すなわち、自国の経済政策、産業政策の内容の決定において、他国が企画立案した内容が大きな影響を及ぼすという意味では、その他国が地域機構の先発国かドナー・コミュニティかの違いはあれ、構造自体は共発主義1.0の場合と変わらなくなる可能性があるためである。

共発主義1.0と共発主義2.1を峻別した趣旨は、共発主義1.0は、国内の経済政策、産業政策の企画立案においてドナー・コミュニティの意見に対して受動的な面が強調されるのに対して、共発主義2.1では、地域機構を活用し、地域全体のコネクティビティ政策を自発的に企画立案する能動性、主体性が評価されるためであった。CLMV諸国については、ASEANにおけるコネクティビティ政策そのものの企画立案については、能動性、主体性を大きく認めることは困難である。このため、それら諸国が依拠する発展戦略のモデルをASEAN内の先発国型の発展戦略である共発主義2.1と区別して共発主義2.2として捉えるものである。

すなわち、共発主義2.2とは、強力なコネクティビティ政策を実施している地域機構に参画している一方、当該地域機構に加盟した時期が遅い場合、かつて計画経済制度を採用していた移行経済圏諸国のように、経済制度の発展程度が著しく遅れている場合等のハンディキャップを負っており、当該地域機構のコネクティビティ政策の構築には大きな貢献を果たすことができない発展途上国によって採用される、決定さ

れたコネクティビティ政策への国内政策の同調を最優先の課題とする発展戦略である。

これだけの内容であれば、共発主義2.2については、後発国の受動性が強調されることになる。しかしながら、近年のCLMV諸国の外資主導型経済成長の成功を勘案するならば、単なる受動性のみでこの成功がもたらされたとは考え難い。

このような観点から、CLMV諸国の発展戦略を分析するために筆者らは、過去数年間にそれら諸国を頻りに訪問し、首脳級<sup>[注 2]</sup>を含めて政府関係者に多くのインタビューを行った。その結果、CLMV諸国はASEAN加盟後、自らが考案した極めて創造的な発展戦略を展開していると考える。

結論は、CLMV諸国の現下の成功をもたらした大きな要因の1つは、それら諸国が、情報社会学で言う、法的創造性（Legal Creativity）の手法を大きく活用していることであると考える。

法的創造性とは、政府が、社会の実態にある変化を意図的に発生させるために、新しい法律上の仕組みを企画立案し、実施することである。経済面に関していえば（本研究では、特に断らない限り、法的創造性とは経済面における法的創造性を意味する。）、ある種の市場均衡により成立している状態を政府が望ましくない状態であると判断した場合、市場に関するさまざまな条件を変更し、均衡状態を別の状態に移動させるために新しい法律上の仕組みを企画立案し、実施することである。

例えば、ある分野において国内に国営企業のみが存在していることによって、高コスト、劣悪なサービス提供される状態が市場均衡として成立している場合、そのような状態を望ましくないと判断した政府が、当該分野における民間企業の参入を促し、複数の企業による競争が行われ、結果として低コスト、良質のサービスが提供される状態が新たな市場均衡として成立するとする。この場合に政府が民間企業を参入させるための法的な仕組み造りにおいて、従来にはなかった画期的な方法を編み出した場合、そのような方法の創出が法的創造性である。すでに存在する法的な仕組み造りの手法を踏襲するのではなく、新しい方法を編み出す場合が法的創造性である。

日本の例では、1970年代以降の、特に中小企業政策における「高度化」を目的とした新規立法が典型である。すなわち、それ以前には、新規立法とは社会の中に政府が対応しなくてはならない何らかの問題があり、それに対応するために行われるものとされていた。一方、中央官庁が、現状では特に問題がなくとも、現状よりもさらに素晴らしい状態を実現したいと考えた場合、その状態を実現する、すなわち「高度

[注 2] 首脳級では、2011年7月及び12月にベトナムのチュオン・タン・サン大統領、2013年1月にカンボジアのフンセン首相、及び2014年3月にラオスのトンシン首相との会談を行った。

化」のために新規立法を行うことが一般化した。この場合に、内閣法制局審査を通り、国会で可決させることのできる新規立法の案を作成するために特別の法律事項を整備することが行われた。このような法律事項の整備がこの場合の法的創造性である。

法的創造性とは、画期的な法律上の新たな仕組みの創出のことである。言うまでもなく、ある国民国家内で施行される法律は、相互に整合的であることが絶対の必要条件である。全ての法律は憲法に適合的であり、また全ての法律は、互いに齟齬があってはならないのが法治国家の大原則である。

このことから、法的創造性については、ある種の「収穫逡減（費用逡増）」が見られる。すなわち、ある国民国家において洗練された法制度が高度に整備された状況下では、大きな法的創造性を展開することは困難になる。逆に、国内における法制度の整備が不十分で、施行されている法律の数が少ない場合には、比較的低いコストで大きな効果を持つ法的創造性を展開することができる。先の日本の中小企業法制の例では、法律事項の整備という法的創造性を生み出したにもかかわらず、国内法制度が極めて高度に整備された 1990 年代の日本において、この手法を用いて行われた新規立法では、法律上の助成措置を受ける中小企業の数、多くて 2 桁前半、少ない場合には 1 桁という例が見られた。

CLMV 諸国が 1990 年代後半に ASEAN に加盟して以降、順調に ASEAN のコネクティビティ政策への同調を進め、かつ投資環境整備を急速に進めて経済社会開発に成功しつつある重要な要因としては、この法的創造性の効果を存分に活用していることが大きいと考えられる。

CLMV 諸国においては、少なくとも経済関係法制については、東西冷戦下、計画経済時代のものは基本的に無効化され、東西冷戦終了後に市場経済システムを導入して以降のものが現在有効な経済関係法制として機能しているため、施行されている法律の数が極めて少ない。例えばラオスでは、数十の桁である。

法的創造性自体は、定義上、全ての国民国家が採用し得る手法であり、決して 1990 年代以降の CLMV 諸国だけに許された手法ではない。しかしながら、他の諸国、例えば ASEAN 内の先発国においては国内法制の整備が高度に進んでいることと比較するならば、この時期の CLMV 諸国は法的創造性の大きな効果を発揮するためには極めて恵まれた状況にあったことは間違いない。

以上をまとめると、共発主義 2.2 とは、強力なコネクティビティ政策を実施している地域機構に参画し、すでに他国によって決定されたコネクティビティ政策への国内政策の同調を最優先の課題とし、かつその同調の過程において、法的創造性の手法を活用することを中心とする独自の創造性を発揮し、それにより投資環境整備等を急速に推進する発展戦略、ということになる。

CLMV 諸国によって採られた法的創造性の典型は、カンボジア政府が ASEAN 加盟に 5 年間先立つ 1994 年に行った、CDC（カンボジア開発評議会：Council for Development of Cambodia）及び CIB（カンボジア投資委員会：Cambodian Investment Board）の設置である。

外資が投資先の決定に当たって考慮する重要事項の 1 つは、手続きの簡素化である。一般的に、外資の投資に当たっては、数多くの許認可を得ることが必要である。この許認可の獲得の手続きが、国によっては大変に煩雑であり、かつ下級公務員の賄賂、及び各種のコンサルタントの利権の温床ともなっている。この面での悪評が立つと、いかに巨費を投じてインフラを整備しようとも、外資は投資に二の足を踏むこととなる。

インドシナ和平成立直後のカンボジアは、急速な経済成長を成功させなければならない必要性に迫られていた。かつ、その経済成長を牽引するのは外資であるとの正しい認識に立っていた。

一方、外資導入は、経済社会開発に着手した殆ど全ての発展途上国にとっての最大の課題であり、ライバルは多い。しかも当時のカンボジアは、インフラの整備状況は著しく悪かった。しかも法制度においては問題が深刻であった。それまでの長期間に及ぶ政治的混乱の結果、外資導入に当たっての許認可の制度については大きく混乱していた。すなわち、投資環境としては、著しく魅力が欠く状態にあった。

この状況を一気に解決し、カンボジアを、少なくとも法制度の面では魅力ある投資環境とするために、カンボジア政府が自らの創造性を発揮して実施した政策が、上記 CDC 及び CIB の設置であった。

その内容は、外資の投資に関する一切の許認可を CDC 及び CIB が一元的に担当するということである。このため、投資を考える外資は、CDC 及び CIB とだけ交渉すれば投資が実施できる。しかも、CDC 及び CIB による許認可の決定は、極めて短期間に行われる。この結果、許認可に関する限り、カンボジアは世界最高水準の利便性を外資に提供することができる。筆者らが 2013 年 1 月にプノンペンにおいて CDC 議長たる Sok Chenda 大臣と会談した際にも、大臣は、その意義を強調した。

CDC 及び CIB の許認可が極めて短期間に行われるため、CDC 及び CIB によって許可された営業開始日に、労働規制、環境規制等他省庁管轄の規制の許認可が間に合わない可能性があり、実際に、そのような事例も出ている。しかしながらその場合においても、CDC 及び CIB の決定が優先されるため、外資は予定した営業開始日に営業を開始することができ、間に合わなかった他省庁管轄の規制の許認可は、営業開始後に逐次取得することになる。これは他国では類例を殆ど見ることのできない制度であり、カンボジアの投資環境の魅力を一層向上させている。

このように法的創造性を発揮することにより、歴史的経緯等によって経済制度の整備状況が著しく遅れた発展途上国が世界最高級の魅力を有する投資環境を提供できることになる。現時点での経済発展が大きく遅れていても、悲観することはなく、「Leap Frog」により、他国に追いつくことが可能になるのである。

なお、以上の発展戦略の潮流の遷移をまとめると、図1のようになる。

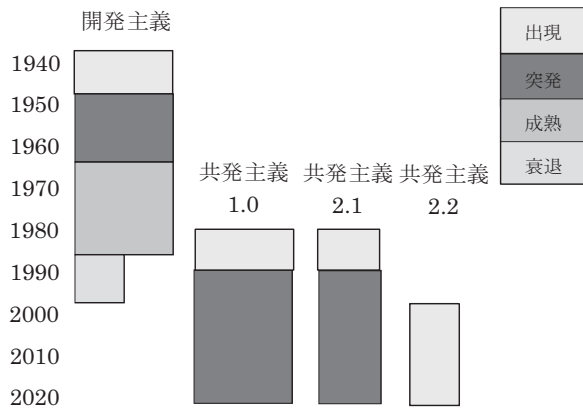


図1 発展戦略の潮流の遷移 (概念)

### 3 分析の枠組み

#### 3.1 統一的な枠組みの必要性

20世紀後半以降、数多くの発展戦略が登場し、少なからぬ発展途上国によって採用され、一定の期間、大きな効果を発揮したものの、後に淘汰されていった。そのような「絶滅」発展戦略の抱えていた原理的問題については、個別にはそれぞれ研究が進んでいる。

例えば、20世紀後半において大流行を見せた計画経済制度（マルクス・レーニン主義）については、1990年代、ゲーム論を中心的な方法論に置く経済学によって、経済成長に「失敗」した理由が詳細に説明された。

ミルグロムとロバーツによれば[6]、重要な要因は、計画経済制度が経済成長のために必要なインセンティブ・メカニズムを適切に生むことができなかつたためとする。ノルマを果たすことだけに国民（労働者）が専念すると、品質、技術、生産効率等の向上に対するインセンティブが全く生まれない。また、ノルマを超過達成するとラチェット効果によって爾後のノルマが高く設定されることになるため、能力に余裕があってもノルマをぎりぎり達成するだけになる、等の説明である。

別の例では、輸入代替政策がある。1960年代から1970年代にブラジル、メキシコ及びアルゼンティンの3か国が好調な経済成長を続け、NIEs[注3]は、当初はラテン・アメリカ3国を指す用語として作られたため、アジアの4か国（韓国、台湾、香港及びシンガポール）はアジアNIEs、と、

区別のためにアジアの名を付して用いられた。）と呼ばれていた時期、これら諸国が採用していた発展戦略は、輸入代替政策と呼ばれたものであった。1970年代までは好調であったこれら諸国の経済成長は、1983年のメキシコ債務危機に端を発し、不振に陥ることになった。この理由については、国内市場の飽和、海外企業との競争が欠如したことによる品質・生産効率向上、技術革新等に対するインセンティブの欠如等によって説明されている。

このように、「絶滅」発展戦略が原理的に抱えていた問題を個別に明らかにする研究については、それぞれについて、相当の蓄積があると言える。一方、筆者らが求めるのは、個別ではなく、統一的に説明する枠組みである。

世界の発展戦略の潮流については、大まかに以下のようにまとめることができる。第1の潮流は、19世紀から20世紀前半にかけて、自国の資本と自国の人材を用いて産業革命を成功させた先発国型である。第2の潮流は、20世紀後半の日本に代表されるように、短期間に急速な経済社会開発を推進するために、中央政府の強力なリーダーシップによる市場への介入を広範に認めた開発主義である。第3の潮流は、東西冷戦終結後に多くの発展途上国において採用されることになった共発主義1.0である。第4の潮流は、発展途上国の中でも適切な地域機構の創出に成功した諸国によって採用された共発主義2.1である。第5の潮流は、その中でも後発国、特に移行経済圏諸国において採られた共発主義2.2である。

先に見たように、これらの発展戦略のいずれもが、オールマイティ、すなわち全ての発展途上国において全ての時期に有効なものではなく、有効性を発揮するのは、特定の発展途上国の特定の時期に限られる。この場合、それぞれの発展戦略の有効性を決定する要因を統一的に説明する枠組みが求められるのである。すなわち図1に示すように、第1に先発国型を採らずに開発主義を採用したことが功を奏した理由、第2に開発主義を採らずに共発主義1.0を採用したことが功を奏した理由、第3に共発主義1.0を採らずに共発主義2.1を採用したことが功を奏した理由、第4に共発主義2.1を採らずに共発主義2.2を採用したことが功を奏した理由の4つを、同じ枠組みで説明することである。

筆者らは以下の理由から、それを、製造業におけるグローバル生産ネットワークの態様であると捉える。

第1に、筆者らは、国民国家、発展途上国の経済社会開発における製造業の役割を重視する。

開発経済学では、経済成長を、一人当たり所得の増大と捉える。発展途上国政府が新たに経済社会開発に取り組む場合、20世紀以降の事例を前提にするならば、一人当たりの所得の増大には製造業の振興が決定的な役割を果たしたことを確

[注3] NIEs (Newly Industrialized Economies)



認することは困難なことではない。しばしば経済成長（Economic Development）が産業化（Industrialization）と同一視され、この場合の産業化とは他の産業に優先して工業の振興が念頭に置かれているものであることは否定できない。

村落の伝統的な手工芸産業の枠を超えて、国民国家全体の経済社会開発に実質的に貢献する規模での製造業の中でも特に重要なものを主導産業（Leading Industries）と呼ぶことができる。少なくとも20世紀以降に登場した主導産業について言えば、主導産業は、一般的に、生産規模がある程度より大きくなった時点で、国民国家の範囲を超えたグローバル生産ネットワークを構築していくと言える。

20世紀後半の代表的な主導産業としては、幾つかの組み立て加工型の製造業、例えば自動車、家電を挙げることができる。自動車にしろ、家電にしろ、当初はある特定の国民国家の中で全ての部品、組み立てが行われ、いわゆるフル・セットの生産が行われていたところ、生産規模の拡大とともに、世界中のさまざまな国との間での国際分業が進み、グローバル生産ネットワークが発展してきた。経済上の大事件（例えば、1997年のアジア通貨危機.）、国家間の政治的問題（例えば近年における中国における反日行動.）、大規模自然災害（例えば2011年の東日本大震災.）等にもかかわらず、時間の経過とともにグローバル生産ネットワークは発展していく一方であると言える。

発展戦略の目的は端的に経済成長、すなわち一人当たり所得の向上であり、経済成長のためには主導産業の振興が重要であり、主導産業のあり方はグローバル生産ネットワークの状態に依存するとすれば、グローバル生産ネットワークの態様が発展戦略の適切性を決定する重要な要因になる、と考える次第である。すなわち、先発国型が成功したのは、その時期に成立していたある特定の態様のグローバルな生産ネットワークに適合的であったためであり、開発主義が成功したのは、その時期に成立していたある特定の態様のグローバルな生産ネットワークに適合的であったためであり、共発主義1.0、共発主義2.1、共発主義2.2についても同様である。

このような視点から、筆者らは、主として今日の東及び東南アジアの地域（以下、特に断らない限り、東アジア.）において成立しているグローバル生産ネットワークの態様に、特別大きな関心を持っている。

グローバル生産ネットワークの態様については、経済学において優れた先行研究が存在し、筆者らは、その先行研究に則って、態様に関する新たなモデルとして、GIN（Global Industrial Network）の考え方を構築した[7].

### 3.2 先行研究としての情報社会学局面論

発展戦略の潮流の変化を統一的な枠組みで説明しようとする事自体についても、先行研究がある。公文俊平による情報社会学の局面論である。その骨子は、近代における社会の

態様の全般的な変遷を、基本的に出現、突破及び成熟の3局面[注4]で構成されるシグモイド曲線として捉え、それがフラクタルに、幾つかの時間フレーム[注5]上に現れる、とするものである[注6].

最長の時間フレームは、広義の近代化であり、各500年間の出現、突破及び成熟の3局面で捉えられる。すなわち出現は11世紀以降の封建化局面であり、突破は16世紀以降の産業化（資本主義化）局面であり、成熟は21世紀以降の情報化（ソーシャル・ネットワーク化）局面である。狭義の近代化は、各局面が200年間であり、出現は16世紀後半以降の軍事化（主権国家・国際社会化）局面であり、突破は18世紀後半以降の産業化（産業企業・世界市場化）局面であり、成熟は20世紀後半以降の情報化（情報習業・地球習場化）局面である。

本研究に関係するのは、その次の時間フレーム[注7]以降である。

狭義の近代化の突破局面である産業化局面は、各局面が100年間の第1次産業化局面、第2次産業化局面及び第3次産業化局面に分けて捉えることができる。なお、この場合の第1次、第2次、第3次の呼称は、第1次産業（農業）、第2次産業（工業）及び第3次産業（サービス業）の産業分類とは無関係である。18世紀後半以降の第1次産業化局面は、生産者用機械の生産を中心とするものであり、19世紀後半以降の第2次産業化局面は、消費者用機械の生産を中心とするものであり、20世紀後半以降の第3次産業化局面は、生活者用機械の生産を中心とするものである。

更に「レンズの倍率を上げる」と、それぞれの産業化局面もまたそれぞれ50年間の3つの局面に分けて捉えることができる。時代が本研究の対象から外れる第1次産業化局面は捨象するとして、第2次産業化局面は、19世紀後半以降の第1局面、20世紀初頭以降の第2局面及び20世紀後半以降の第3局面により構成されることとなる。第1局面では重化学工業が、第2局面では消費者用機械が、第3局面ではサービス産業が中心となる。

また、第3次産業化局面は、20世紀後半以降の第1局面、21世紀初頭以降の第2局面及び将来のこととはなるものの21世紀後半以降の第3局面により構成されることとなる。第1局面の中心をなしたのはコンピューティングであり、第2局面の中心となっているのがマニュファクチャリングであるとする。さらに第3局面ではサービシングが中心となると予想される。

本研究にこのような情報社会学局面論の考え方を応用すれ

[注4] 成熟後の維持または衰退局面をも含めれば4局面。

[注5] 公文俊平の言葉では、レンズ。

[注6] 本節の記述は、公文俊平[2004]を筆者らが要約したものである。

[注7] 公文俊平の言葉では、倍率を上げたレンズ。

ば、仮説として、以下のような枠組みを考えることができる。すなわち、それぞれの時期においては、その時期の局面の産業化の態様に適した発展戦略が高い経済成長を達成できる。一方、ある時期に功を奏した発展戦略も、局面推移後には、その有効性を失うことになる。すなわち、産業化の局面の推移という統一的な枠組みで発展戦略の有効性を説明することが考えられる。

この枠組みによる研究成果には大きな期待を寄せることができるものの、本研究の射程を超えるため、ここでは、統一的な枠組みによって発展戦略の有効性の変遷を捉えることができる可能性のある先行研究として紹介するに留めることとする。

## 4 グローバル生産ネットワーク史観

### 4.1 GINとグローバリゼーション 2.0

東アジアを対象とするグローバル生産ネットワークの研究については、ボールドウィン (Baldwin, Richard) の優れた先行研究がある[8]。ボールドウィンは、この地域で 21 世紀に進展しているグローバル生産ネットワークの態様をセカンド・アンバンドリングと呼び、モデル化した。筆者らは、この研究に則り、現下発達しつつあるグローバル生産ネットワークは、ボールドウィンがセカンド・アンバンドリングと呼んだ内容を超越したものになっていると考え、それを GIN というモデルで捉えた。

セカンド・アンバンドリング及び GIN のモデルについては先行研究[7]で整理したところであるので、ここでは要約を述べるに留める。

ボールドウィンは、1960 年代から 1970 年代にかけて先進国の大企業が主として発展途上国に大規模に直接投資を展開し、多国籍企業化が進んだ現象を、出自の国家と企業との分離 (アンバンドリング) であるという意味で、ファースト・アンバンドリングと呼んだ。さらに、現下の東アジアでは、企業の中のそれぞれの生産ユニットがそれぞれクロス・ボーダーに立地し、それらがサービス・リンクによって結合されており、個々の生産ユニットと企業との分離が進んでいるとして、これをセカンド・アンバンドリングと呼んだ。

筆者らは、現下の東アジアでは、このセカンド・アンバンドリングを契機に、さらに次の段階のグローバル生産ネットワークが構築されつつあると見る。

セカンド・アンバンドリングによって東アジア各地に立地した生産ユニットは、同様の経緯で立地した別の生産ユニット及び現地に元々存在した生産ユニット (中小企業) との連携を強め、その地における新たな産業コミュニティ創出の重要な役割を担うようになっている。

産業コミュニティとは、産業に関するある種のエコ・システム、と見ることができる。ある一定の物理的な範囲内において、生産活動に必要な諸要素、具体的には、生産活動を行

う企業 (中小企業) の存在は当然として、それを支える独自のファイナンス (中小企業ファイナンス) 及び独自の「高度」産業人材育成システムが整備され、外部からの支援がなくとも自律的に、サステナブルに産業が発展していく社会的なシステムのことである。

ファースト・アンバンドリングによって先進国の大企業が発展途上国のある地域に立地した場合、それは自律的でもサステナブルでもない、生産活動は、地元産業とは隔離された多国籍企業が行い、ファイナンスは当該先進国の巨大金融機関の現地法人が行い、現地の労働者は、低賃金の単純労働者として雇用されるだけで、技術革新、新製品開発等を担う人材は、多国籍企業の本国から派遣される。やがて賃金上昇等により、多国籍企業が当該工場を閉鎖し、別の発展途上国に移転した場合、当該地域の産業は、事実上壊滅することになる。

セカンド・アンバンドリングによって多国籍企業が生産ユニットが発展途上国のある地域に立地した場合、やはりそれは自律的でもサステナブルでもない、生産活動は、地元産業とは隔離された多国籍企業出自の生産ユニットが行い、ファイナンスは当該先進国の巨大金融機関の現地法人が行い、現地の労働者は、基本的に低賃金の単純労働者として雇用されるだけで、現地における技術革新、新製品開発等を担う人材育成は、多少は見られるものの、十分には行われぬ。この場合も、生産ユニットが当該工場を閉鎖し、別の発展途上国に移転した場合、当該地域の産業は、大きな影響を受けることになる。

これに対して GIN においては、多国籍企業出自の生産ユニットは、現地の中小企業とともに、現地における産業振興を重要な目的として活動するようになり、ファイナンスは現地のコミュニティ形態のファイナンスが供給し、また現地に設立された高度産業人材育成システムで教育を受けた労働者が、技術革新、新製品開発等の主力を担うことになる。当該地域の産業は、自律的でサステナブルなものとなる。

さらに、この GIN の考え方は、グローバリゼーションに関する新たな地平をも開く。グローバリゼーションとは、世界の中のある特定の地域で構築された社会システムや制度等が、世界の広い地域において採用されていくこと (採用する地域にとっては、従来の独自の社会システム、制度等が、変更されていくこと) と捉える。

ファースト・アンバンドリングは、先進国出自の多国籍企業が発展途上国に広く投資していくことにより、当該発展途上国の経済制度が多国籍企業の活動に適合的なものに変更されていく、という意味でのグローバリゼーションをもたらす。セカンド・アンバンドリングも、多国籍企業出自の生産ユニットが発展途上国に広く投資していくことにより、当該発展途上国の経済制度が多国籍企業出自の生産ユニットの活動に適合的なものに変更されていく、という意味でのグローバ

リゼーションをもたらす。いずれも、先進国の社会システム、制度等が発展途上国において採用されていき、発展途上国の社会システム、制度等が先進国のものと同様なものに変更されていく、という意味でのグローバリゼーションである。これを、グローバリゼーション 1.0 と呼ぶことができる。

一方 GIN が進むと、発展途上国の各地域で醸成された産業コミュニティ相互の連結（産業コミュニティ・コネクティビティ）が進む。製造業の中小企業は相互に関係を強め、多国籍企業出自のものとは異なるグローバル生産ネットワークを構築し、コミュニティ形態の中小企業ファイナンスも、クロス・ファイナンス等によって連結を強め、またある地域に設立された高度産業人材育成システムの卒業生は、さまざまな地域で活躍し、それら地域における産業コミュニティの発展に貢献していく。

このような、発展途上国の産業コミュニティ出自のグローバリゼーションを、グローバリゼーション 2.0 と呼ぶことができる。

グローバル生産ネットワークに関する以上のモデルに依拠すると、20 世紀後半以降の歴史を、以下の局面区分で捉えることができる。

第 1 局面は、ファースト・アンバンドリング進展前、企業が出自の国の中でのみ生産活動を行っていた時期である。

この時期には、先進国の大企業が必要とする部品を適切に生産できる企業が発展途上国において自発的に生まれることは困難であるため、グローバル生産ネットワークの発展は限定的であったと言える。

第 2 局面は、ファースト・アンバンドリング進展後、セカンド・アンバンドリング進展前の時期である。

この時期には、多国籍企業によるグローバル生産ネットワークが大規模に発展した。このグローバル生産ネットワークにおいては、世界システム論で言うところの、中心（先進国）的生産様式と周辺（発展途上国）的生産様式の対比が明確であった。技術レベルが高く、収益率の高い部門は先進国で、技術レベルが低く、収益率の低い部門は発展途上国で行われた。

第 3 局面は、セカンド・アンバンドリング進展後、GIN 進展前の時期である。

この時期には、多国籍企業出自の生産ユニットによるグローバル生産ネットワークが大規模に進展する。また第 2 期とは異なり、中心的生産様式と周辺の生産様式の対比が不明確になる。すなわち、それぞれの生産ユニットにとっての立地条件如何により、後発発展途上国においても技術レベルが高く、収益率の高い部門が立地する可能性が大きく開ける。

第 4 局面は、GIN 進展後の時期である。

この時期には、多国籍企業出自の生産ユニットによるグローバル生産ネットワークのみならず、産業コミュニティ・コネクティビティによるグローバル生産ネットワークが発展

する。

筆者らの仮説、グローバル生産ネットワーク史観によれば、これらの局面の遷移により、発展戦略の潮流が変化することになる。

#### 4.2 第 1 局面と開発主義

グローバル生産ネットワーク史観に則り、発展戦略の潮流の変遷について見ていく。

第 1 に、開発主義である。

開発主義は、概ね 1950 年代から 1980 年代前半までの日本において高い効果を発揮した発展戦略である。1950 年代から 1980 年代前半の時期、日本では、主要な製造業の各部門において、いずれも 5~10 社のみが存在し、新規加入は極めて稀であり、また大企業の倒産も極めて稀であるという状態が続いていた。政府による護送船団方式である。この状態は、当時の通商産業省による行政指導の成果として、世界中の研究者の研究対象になった。

開発主義が機能するための最重要の要因は、政府の行政指導により民間企業の設備投資が実質的にコントロールされることである。

費用逓減局面においては、短期的には設備投資を拡大し、生産量を拡大することで 1 単位当たりの生産コストが下がり、利益が拡大する。このため民間企業は設備投資を拡大し、生産量を拡大しようとする。しかしながら多くの民間企業が設備投資を拡大させる結果、過当競争が発生し、大半の企業の倒産、その結果としての独占または寡占状態が発生することになり、それは国民国家全体としては望ましくない状態なので、政府は民間企業に設備投資を止めさせようとする。そのために用いる手法が、法律上根拠のない行政指導という手法である。

すなわち、開発主義が機能するためには、民間企業は、政府が行政指導により設備投資を止めると言ってきた場合にはその行政指導に従い、設備投資を止めなくてはならない。このメカニズムが機能するためには、政府と民間企業との間に、特別な長期的な信頼関係が存在しなくてはならない。

この信頼関係の根拠についても多くの研究があり、民間企業の政府に対する信頼、尊敬もあれば、行政指導に逆らった場合には、別の許認可において政府に意地悪をされる、という威嚇もある。後者については、「江戸の敵を長崎で討つ」メカニズムと呼ばれる。

このような信頼関係が成立するためには、国内において、極めて質の高い官僚機構が整備されることが必要である。一般的に、このような官僚機構の整備には、長期間を必要とする。さらに、政府と民間企業との間に、ともに手を携えて自国の経済発展に尽くすような良い国造りを進める、という協働の意識が共有されていることも必要になる。

第 1 局面では、製造業の主要な大企業は、当該国民国家の国民によって設立され、当該国民国家内で、当該国民国家の

国民を労働者として雇用して生産を行っていた。法人税も、全額当該国民国家に支払われた。この状態であれば、政府による「長期的には国の発展に繋がるから」という行政指導の正統性が機能することになる。それゆえに、開発主義の発展戦略そのものも相当の有効性を持っていたものと考えられることができる。

ファースト・アンバンドリングによる大企業の多国籍企業化は、その前提を大きく揺らがせることになる。

大企業にとっての最大の関心は、世界における当該多国籍企業グループの事業の拡大である。出自の国民国家への貢献は、相当程度は重要視されるとしても、世界における当該多国籍企業グループの事業の拡大に比べれば劣後する目的となる。一方で、世界中に事業所を構える多国籍企業グループにとっては、出自の国民国家のみならず、大きな事業所を構える国民国家に対してそれぞれ貢献しなくてはならなくなる。

このような状況下では、「長期的には国の発展に繋がるから」という理由で法律上根拠のない行政指導によって設備投資を断念させられることは、世界における当該多国籍企業グループの運営上、あまり正統性を持たない。仮に、出自の国民国家であれ他の国民国家であれ、現地の政府がそのような行政指導を行って来るとすれば、当該多国籍企業グループとしては、そのような国民国家からは撤退し、事業所を、場合によっては本社を他の国民国家へ移せばよいことになる。

したがって、主要先進国におけるファースト・アンバンドリングが相当程度進んだ時期、すなわち 1960 年代後半以降に新たに経済社会開発に取り組んだ発展途上国にとっては、官僚機構の整備のために多大なコストと長期間を投じることが現実的ではなかった上に、仮にそのような官僚機構の整備に成功したとしても、そもそも自国における生産活動の主力を担うのは、出自を先進国に置く多国籍企業であったため、行政指導によりコントロールすることが極めて困難であったことになる。

この結果、ファースト・アンバンドリングの進展とともに、開発主義は、それが有効性を発揮できる範囲を縮小していったと見るることができる。

最大の例外は日本であり、日本については、主要な製造業の大企業は 1960 年代から多国籍企業化を進めていったにもかかわらず、20 世紀中、開発主義を基本的に堅持した。このことは、20 世紀末まで、産業構造審議会の各産業部会によって当該産業の需給見通しを策定していたことにより示される。「東アジアの奇跡」と銘打ち、開発主義を分析した世界銀行 [1991] が示しているように、官民のコンセンサスによって需給見通しを策定することは、行政指導によって新規の設備投資を断念させる際の根拠となるものであるためである。

この日本の例外については、筆者らは、政府が、多国籍企業化した大企業の日本国内における生産活動のみならず、世

界全域における生産活動をも行政指導によりコントロールしようとした、言わば「グローバル開発主義」として捉えている。一方、「グローバル開発主義」の例は、1980~1990 年代の日本の例しか見当たらないため、本研究ではこれ以上立ち入らない。

#### 4.3 第 2 局面と共発主義 1.0

1950~1960 年代、日本が開発主義を大規模に展開した時代、すなわちファースト・アンバンドリング前においては、主導産業を国内で振興するためには、基本的に、自国資本の優れた企業を育成することが想定されていた。この場合には、開発主義は有効性を発揮した。ファースト・アンバンドリング前には、基本的に製造業の大企業は出自の国民国家内においてのみ生産活動を行っていたためである。

一方、ファースト・アンバンドリングの進展により、発展途上国が経済社会開発に取り組む場合には、自国資本の企業を育成するよりも、先進国出自の多国籍企業を誘致する方が、簡便で、短期間に大きな成果を生む戦略であることになった。このため、発展戦略についても、多国籍企業の誘致に効果があるものが求められることになったと言える。この場合には、ドナー・コミュニティが投資環境整備として有効であると推奨する政策を採用することが合理的である。この場合の投資環境とは、基本的に多国籍企業にとっての投資環境であるためである。

1960 年代から 1970 年代にかけて、ファースト・アンバンドリングが進展しつつあった状況下でも、引き続き、先進国出自の多国籍企業の誘致には消極的で、自国資本の企業の育成に注力した発展途上国の数は少なくはなかった。東西冷戦下、マルクス・レーニン主義が流行していた当時においては、先進国出自の多国籍企業の誘致は自国民の「搾取」をもたらすため、政治的な独立を達成したにもかかわらず、経済的な従属関係を強いられることになると考えられたことも一因である。

一方、時間の経過とともに、自国資本を優遇する発展途上国と、外資優遇を進める発展途上国との経済成長の実績の差が明白になってきた。後者が高い経済成長を示す一方、前者は停滞した。多くの発展途上国政府はこのような状況を正確に理解したため、発展戦略の潮流においては、開発主義は次第に下火になり、外資優遇を政策の中核に置く発展戦略が主流になってきた。

外資優遇を重視する発展戦略の典型として、共発主義 1.0 を捉えることができる。これは、ドナー・コミュニティによる投資環境整備の提案を、できる限り全面的に採用しようとするものである。

東西冷戦終結後、1990 年代には、以下の動きが、発展途上国による共発主義 1.0 の採用に拍車を掛けたと見ることができる。

第 1 は、計画経済制度を採用していた旧社会主義諸国が移

行経済圏諸国として新たに市場経済制度に基づく経済社会開発に着手したことである。主要先進国は、これら移行経済圏諸国を自国出自の多国籍企業の新たな投資市場として整備する、強い動機を持った。このため、主要先進国は、移行経済圏諸国に対して様々な政策提言を行うとともに、開発援助資金の供与、経済政策アドバイザーの派遣等を通じて、それら諸国の投資環境整備を進めた。移行経済圏諸国にとっても、投資環境整備による多国籍企業の受け入れは、短期間にかつ比較的簡便に経済社会開発の成功をもたらすため、積極的に推進されることになった。このため、共発主義 1.0 は、移行経済圏諸国において幅広く採用されることになった。

第2は、従前は先進国による開発援助に大きく依存していたサブ・サハラ諸国の動向である。これら諸国は、東西冷戦終結後、従前の主要ドナーであった欧州諸国からの開発援助が激減する一方で、2001年7月のアフリカ連合首脳会議における NEPAD (New Partnership for Africa's Development) の採用に見られるように、産業振興を中核とする自発的な経済社会開発への強い意志をこの時期に構築していった。

これら諸国の産業振興においては、移行経済圏諸国の場合と同様に、多国籍企業の誘致が最重要の政策として捉えられ、発展戦略についても、多国籍企業にとっての投資環境整備を効果的にもたらすものが求められ、結局共発主義 1.0 が幅広く採用されることになった。

これらの動きの結果、20世紀末においては、多国籍企業の誘致により経済社会開発を進めようとする発展途上国の数が、発展途上国への投資を進めようとする多国籍企業の数に比べて過大になったと見ることができる。この結果、発展途上国間では、投資環境整備に関してドナー・コミュニティの推奨する政策を忠実に実施する競争、言わば「優等生競争」が展開されてきたと見ることができる。

1989年に発表されたワシントン・コンセンサスは、まさに東西冷戦終結時に共発主義 1.0 を採用して多国籍企業の誘致競争に参入しようとする発展途上国に対して示されたような投資環境整備のマニュアルであると見ることができる。この場合、「優等生競争」は、ワシントン・コンセンサスの実施状況で採点されることになる。

#### 4.4 第3局面と共発主義 2.1

以上のように、ファースト・アンバンドリング後は、発展途上国が新たに経済社会開発に着手する場合には、自国資本の企業を育成するよりも、多国籍企業の誘致を進めることが効率的であることになる。多国籍企業の誘致を進めるためには、多国籍企業にとって魅力的な投資環境整備を進める必要がある。共発主義 1.0 に基づき、ドナー・コミュニティの政策提言を「忠実に」採用していくことが合理的であることになる。

20世紀末以降の状況では、多国籍企業の誘致を進める発

展途上国の数は多く、投資に関しては多国籍企業の売り手市場になっているため、発展途上国は、投資環境整備に関して他の発展途上国との競争に晒されている。この競争においては、仮に発展途上国がドナー・コミュニティの政策提言をどれだけ従順に採用したとしても克服できない壁が存在する。国民経済の規模の問題である。

多国籍企業が投資先を決定する際に勘案する重要な要件の1つが、国民経済の規模、すなわち商品市場及び生産ネットワークの規模の問題である。人口が多く、所得も一定水準以上で商品市場としての規模が大きければ、多国籍企業は、投資先での製品の現地販売を進めることができるため、投資環境としての魅力が大きい。

商品市場としての規模が小さい場合には、輸出基地として検討することになる。輸出基地としての投資を行う場合には、極めて高い水準の投資環境整備を必要とすることになる。

国民経済の規模が大きく、国内に多くの部品産業の集積があることは、多国籍企業にとって、大きな魅力となる。それを欠く場合には、部品を他国から輸入しなくてはならず、部品輸入に関税がかかり、かつ輸入手続きが煩雑な場合には、生産コストが高くなる。

以上のように、発展途上国の商品市場及び生産ネットワークの規模は、投資先としての魅力を決定する重要な要因となる。人口・所得水準・生産ネットワークの整備状況は、短期的に政策的に変化させられるものではない。したがって、これらの初期条件に恵まれない発展途上国は、共発主義 1.0 を発展戦略として採用するのみでは多国籍企業の誘致について強いアピールを発することは困難であり、効率的な経済社会開発の推進を行うことは困難であることになる。

ある発展途上国の国民経済の規模が狭隘、または他の発展途上国と比べて著しく有利とは言えない場合に、それを論理的に一気に解決する方法が、複数の発展途上国が集まって市場統合することである。1カ国では商品市場の規模が狭隘で、部品産業の集積も不十分であるとしても、市場統合が実現できれば、統合した市場全体ではそれらの問題は解決できることになる。

勿論、複数の発展途上国間での市場統合の実現のためには、多くの困難な問題を解決しなくてはならない。具体的には、制度的コネクティビティと呼ばれる、関税の撤廃、通関手続きの簡素化等の実務的な作業を膨大に進めていかなくてはならない。

このように、困難な課題の多い市場統合を適切に進めるために既存の地域機構を活用することを中心に据える発展戦略が、共発主義 2.1 である。

本研究では、共発主義 2.1 による経済社会開発が進められた典型的な例として、1992年の AFTA 合意以降本格的に着手され、2015年の ASEAN 経済共同体 (AEC2015) で一定の完成を見る ASEAN の市場統合を捉えている。なお、

AEC2015 に向けての具体的な作業が開始されたのは、1997 年の ASEAN Vision2020 以降のことであると見られるため、共発主義 2.1 が発展戦略の潮流として相応の地位を占めるようになったのは、21 世紀に入ってからのことであると言える。

何らかの市場統合を目的として掲げる地域機構は、程度や内容の差はあれ、20 世紀中においても少なからず設立されていた。ASEAN の設立は 1967 年であり、SAARC (南アジア地域協力連合: South Asia Association for Regional Cooperation) の設立は 1985 年、SADC (南部アフリカ開発共同体: South African Development Community) の設立は 1992 年であるものの、その前身たる南部アフリカ開発調整会議の設立は 1980 年である[注 8]。

すなわち、国内経済の狭隘性を克服する方法として、地域機構を活用した市場統合を進めるという方法は論理的には直ちに思い付くものであり、また地域機構も古くから存在していたにも関わらず、共発主義 2.1 が実際に機能を始めたのは 21 世紀に入ってからのことであり、タイム・ラグが存在することになる。

共発主義 2.1 が実際に機能を始める時期が 21 世紀に入ってからのこととなった要因として、筆者らは、セカンド・アンバンドリングの進展を考える。すなわち、共発主義 2.1 は、セカンド・アンバンドリングの進展によって初めて可能になった発展戦略であると考えている。

仮に、セカンド・アンバンドリングの進展前に地域機構を活用した市場統合を進めた場合を考えてみる。その市場統合により、個別の発展途上国の国民経済の規模の狭隘性の問題を解決した相応の規模の商品市場を有し、相応の部品産業の集積を持つ投資市場が出現することとなり、多国籍企業にとっては大きな魅力を持つことになる。

一方で、その統合された市場の中では、地域機構に参加する発展途上国間での多国籍企業の誘致競争に関する政治的問題が解決されない。セカンド・アンバンドリング前の状況では、多国籍企業は、その統合された市場の中で、最も魅力のある投資環境を選定し、そこに生産の拠点を置くことになる。したがって、市場統合によって多国籍企業にとって魅力度の高い投資市場が実現され、多国籍企業の投資が進むとしても、市場統合に参加したある特定の発展途上国内には投資が進まない場合には、当該発展途上国は外資主導の経済社会開発を進めることができない。市場統合に参加する発展途上国は、いずれも自国内に、雇用、法人税、波及効果等の面においてプラスの効果が大きい多国籍企業の誘致を進めようとするため、各国間の調整が重要な課題となる。

この調整に失敗すると、地域機構に参加する発展途上国の

[注 8] さらにその前身である、南アフリカのアパルトヘイト政策に対抗するフロント・ライン諸国の協議体設立は 1974 年。

中で多国籍企業の誘致に失敗した発展途上国にとっては、単に自国の市場や産業集積を、地域機構に参加する他の発展途上国が多国籍企業の誘致に成功するための材料として搾取されただけという結論になる。

セカンド・アンバンドリングが進展し、かつ域内のサービス・リンクが発達すると、この調整はある程度市場メカニズムによって解決され、深刻な政治問題化する蓋然性が低くなることになる。セカンド・アンバンドリング前では、多国籍企業の生産拠点はごく少数に限定されるため、地域機構に参加する発展途上国間でのその誘致競争が深刻化する。一方、セカンド・アンバンドリングの進展により、企業からアンバンドルされた数多くの生産ユニットが、それぞれに最適な立地点に立地するため、地域機構に参加する全ての発展途上国が幾つかの生産ユニットの誘致に成功する可能性が高まる。

さらに、セカンド・アンバンドリングが進展した状況では、先に見たように、生産ユニットに関する先進国型、発展途上国型の峻別が意味を持たなくなる。したがって、地域機構に参加する後発の発展途上国であっても、技術レベルの高い生産ユニットの誘致に成功することが可能になる。

以上のように、セカンド・アンバンドリングの進展により、多国籍企業にとって魅力ある投資環境整備を地域機構に基づいた市場統合によって進めるという共発主義 2.1 が可能になったと考える。セカンド・アンバンドリングの進展が本格的に見られるのは、現下のところ、ASEAN を中心とする東アジアのみである。このため、現在では共発主義 2.1 に基づく経済社会開発が本格化しているのは ASEAN 諸国だけであり、したがって共発主義 2.1 は、発展戦略の潮流において世界の主流になっているとは言えない。世界の主流になるかどうかは、今後、他の地域でもセカンド・アンバンドリングが進展するかどうかによることになる。

#### 4.5 第 4 局面と共発主義 2.2

生産ネットワーク史観によると、開発主義に替わって共発主義 1.0 の台頭をもたらした要因はファースト・アンバンドリングであり、共発主義 1.0 に替わって共発主義 2.1 の台頭をもたらした要因はセカンド・アンバンドリングであった。それでは、共発主義 2.2 が生まれつつある要因は、生産ネットワーク史観からどのように説明されるだろうか。

その要因は、東アジアで進展している生産ネットワークの態様が、すでにセカンド・アンバンドリングとして捉えられる内容を超えて、GIN として捉えられるべき水準に達していることであると考えている。すなわち GIN の進展は、共発主義 2.2 の台頭をもたらす可能性があると考えている。

セカンド・アンバンドリングによって後発の発展途上国を含む域内の各地に、相互にサービス・リンクによって結合した多くの生産ユニットが設立されることになる。この状態を捉えた概念が、セカンド・アンバンドリングである。GIN とは、更に進んで、各地で設立された生産ユニットが独立性

を高め、それぞれの地域における生産活動の核として機能することにより、各地で産業コミュニティが形成され、さらにそれら多くの産業コミュニティがグローバルに連結されるという状態を捉えた概念である。

GIN における産業コミュニティとは、各地における土着の、伝統的な、世界市場と連結していない産業集積を指すのではない。産業コミュニティとはあくまでグローバル生産ネットワークにサービス・リンクによって連結している産業集積であり、20 世紀後半以降、製造業のグローバル生産ネットワークがファースト・アンバンドリング、セカンド・アンバンドリングと順を踏んで発展してきた系譜の上に乗るものである。

後発発展途上国を含めた発展途上国においてこのような意味での産業コミュニティが発展する可能性を生んだのは、まさしくファースト・アンバンドリング及びセカンド・アンバンドリングの進展である。セカンド・アンバンドリングの進展により、グローバル生産ネットワークの一部を担う生産ユニットが大企業からアンバンドルされて後発発展途上国を含めた発展途上国に立地するようになった。この生産ユニットが、立地した地域において独立性を高め、現地の企業と様々な交流を進めることにより、その地域において新たに高い技術を有する中小企業が生み出され、発展していくことにより、そこにグローバル生産ネットワークと連結した産業コミュニティが構築されていく。この産業コミュニティのグローバルなネットワークが GIN である。

したがって、GIN が進展する状況下で最重要の課題は、それぞれの地域における産業コミュニティ構築である。産業コミュニティ構築のために必要な措置が ICBM（産業コミュニティ構築措置：Industrial Community Building Measures）である。

すなわち、グローバル生産ネットワークが GIN の水準にまで発展しつつある状況下では、発展途上国の経済社会開発にとって最重要の課題は ICBM の推進による産業コミュニティの構築であり、発展戦略としては、ICBM の推進において最も適切な手法が求められることになる。

先に見たように、一般的に、法的創造性が大きな効果を発揮しやすいのは、国内法制度の整備状況が遅れており、施行されている法律の数が少ない状態である。先には投資環境整備に関する法的創造性についてのカンボジアの例を見たところ、以下に見るように、ICBM の推進においても法的創造性は大きな効果を発揮する。したがって、GIN が発達している状況下では、法的創造性によって、ICBM を急速に推進することにより、産業コミュニティを適切に発展させる、という手法が効果的な発展戦略として成立することになる。これが、共発主義 2.2 である。

先に見たカンボジアの CDC の例のように、法的創造性によって投資環境整備を進める場合、誘致するのがフル・セッ

トの多国籍企業である場合には法的創造性によるファースト・アンバンドリング対応、多国籍企業が生産ユニットである場合には法的創造性によるセカンド・アンバンドリング対応、ICBM の推進である場合には法的創造性による GIN 対応、と呼ぶことができる。

世界全体を見渡すならば、現時点では、共発主義 2.2 が発展戦略の潮流においてどの程度の地位を占めることになるのかは判然としない。世界の中でセカンド・アンバンドリングが進展している地域が限定されており、かつその地域においても、セカンド・アンバンドリングが本格的に GIN に発展していくかどうか、予断を許さないためである。

以上の生産ネットワーク史観をまとめると、図 2 のようになる。

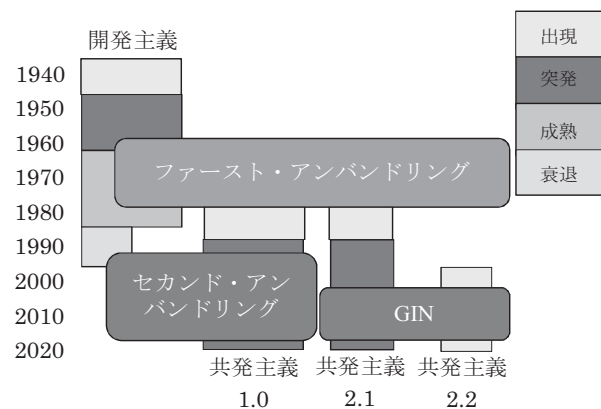


図 2 世界の戦略発展の潮流

## 5 グローバリゼーション 2.0 とグローバル螺旋成長モデル

### 5.1 ICBM

以上、グローバル生産ネットワークの態様によってさまざまな発展戦略の効果を判断する枠組みとして、グローバル生産ネットワーク史観を示した。

ファースト・アンバンドリングの進展はすでに大規模に展開された歴史的事実であり、セカンド・アンバンドリングの進展も、Baldwin, ERIA (Economic Research Institute for ASEAN and East Asia) 等の研究によって実証されているところである一方、GIN については、今後本格的に発展するかどうかについては予断を許さないところである。

ICBM, すなわち産業コミュニティの発展のために寄与する政策については、アジアにおける産業コミュニティ構築、発展を目的として 2011 年 6 月に設立された、アジア 14 か国の大学のネットワークである APEN (Asia Professional Education Network) が以下のようにまとめている [9].

ICBM の第 1 の柱は、高度産業人材育成及びその域内におけるコネクティビティの推進である。

製造業において、生産活動における最重要の要因は、高度

産業人材である。GIN が想定する産業コミュニティは、その立地点に関わらず、後発発展途上国に立地する場合においても、グローバル生産ネットワークの一翼を担う生産活動を行うものであるため、グローバル・スタンダードの生産技術を有することが求められる。そのためには、生産技術を有する高度産業人材が当該産業コミュニティ内に存在していることが最低限必要となる。かつ、持続可能な産業コミュニティとして成立するためには、高度産業人材が、外国から派遣されて駐留する技術者ではなく、当該地域に存在する教育システムによって供給されることが必要である。

APEN では、アジアにおける高度産業人材育成及びそのコネクティビティの促進のため、幾つかの政策（すなわち、ICBM）を展開している。

第 1 は、第 2 次世界大戦後の日本において構築してきた幾つかの高度産業人材育成専門の教育システムや教育手法をアジアにおいて設立することである。APEN は、そのような教育システムを、大学の **UNIversity** をもじって、**MULTIversity** と呼んでいる。教育手法としては、**PBL (Project Based Learning)** の効果が高いことが判明しているため、APEN は、教育手法として **PBL** を中核に据える、**MULTIversity** という教育システムをアジア各地に構築しようとしている。

第 2 は、高等教育によって育成された高度産業人材の域内における流動性を高めるため、高度産業人材の質を可視化することである。端的には、実務系の大学院における卒業証書に当該学生が獲得した能力を標準化された様式で記述する、ディプロマ・サプリメントの推進である。

仮に、**CLMV** 諸国をはじめとする後発発展途上国がこれらの **ICBM** に取り組む場合には、特に **MULTIversity** の設立において、法的創造性が重要な役割を果たすことが考えられる。**MULTIversity** は、高度産業人材育成という目的のために第 2 次世界大戦後の日本において構築された独自の制度を組み合わせたものである。その中には、日本独自の制度である高等専門学校（高専）が含まれている。これは、1950 年代に、産業界の強い要請を受けて、数度に亘る国会審議の廃案の経緯を経て、1961 年に設置が決定したものである。

これを **MULTIversity** の一部としてアジアに展開する際の最大の問題として、高専は 15 歳から 20 歳までの 5 年間、すなわち高等学校及び短期大学の年齢の学生を対象とした一貫教育を行うものであるため、世界で普及している **6+3+3+4** 制には当て嵌まらないことである。したがって日本と同様の仕組みの高専を導入しようとするれば、日本が高専法を 1961 年に成立させたのと同様に、新規立法が必要となり、既存の教育システムとの調整が必要になる。法的創造性は、この新規立法、既存の教育関係法制との調整を一気に解決する可能性を持った手法であると言える。

第 2 は、中小企業コネクティビティ政策である。GIN は、連結し、相互に刺激し合いながら発展していく産業コミュニティのネットワークである。GIN においては、中小企業のコネクティビティが極めて重要になる。

中小企業は、所属する産業コミュニティの中核を担う存在である一方、個別の中小企業が有する物理的、知的、人的資本には限度がある。このため、優れた中小企業が、出自の産業コミュニティを超えて、様々な産業コミュニティにおいて、投資や現地における中小企業との合弁企業の設立、及び共同事業の推進等を進めることは、各産業コミュニティの発展を促す不可欠の要因となる。

問題は、中小企業が能力上の制約により、大企業に比べてクロス・ボーダーな事業展開の能力が大きく劣ることである。したがって、何らかの政策的措置を講じて、中小企業のクロス・ボーダーな事業展開を支援することが必要になる。これが、中小企業のコネクティビティ政策である。

APEN は、中小企業のコネクティビティ政策として、以下のような政策を推進している。

第 1 の政策は、中小企業の格付け制度の創設である。APEN では、アジア全域の中小企業を対象とする、**CIS (Credibility Index for SMEs)** という新たな格付け制度を構築し、現在 **ASEAN** 各国との調整を進めている。

中小企業がクロス・ボーダーな事業展開を行う場合、進出先における金融の調達や適切なパートナーの獲得等において、自らの信用力を証明する必要がある。またビジネス・パートナーの選択のためには、相手の中小企業の信用力を適切に判断する必要がある。これらのためには、中小企業の格付け制度が重要な役割を果たす。

現時点においても、**S&P**、**ムーディーズ**等に代表される格付け会社による格付けは存在し、またアジア各国においても政府または政府関係機関が様々な格付け制度を構築している。前者は社債の格付けであり、主として財務面に関する評価が中心となる。

一方、中小企業の格付けにおいて重要な要因は、中小企業の技術力及び人材力を正確に評価することである。それらに優れる中小企業は短期間に急成長が見込まれる一方、それらに劣る中小企業は、たとえ財務面が良好であっても、大きな発展は望めない。ただし、中小企業の技術力及び人材力を厳密に審査することは、技術的に困難を極める。この技術的困難性ゆえに、これまでこの面に関する適切な格付け制度は存在しなかった。

この技術的困難性を独自の方法で克服して、洗練された手法を構築してきたのが、20 世紀後半における日本の、特に製造業の中小企業の発展において決定的に重要な役割を果たしてきた中小企業専門のコミュニティ・ファイナンス機関であり、その代表が、日本独自の制度である信用金庫である。信用金庫の職員は、担当する中小企業にほぼ連日通い、日常



的な結びつきを強める中で、中小企業の技術力及び人材力を正確に判断するためのノウハウを構築してきた。

問題は、そのノウハウは言語化されておらず、担当者の頭の中で、勘として保存されてきたに過ぎなかったことであった。後述するように、APEN は中小企業専門のコミュニティ・ファイナンス機関とともに、APEN の委員会であるACFi (Asian Community Finance Initiative) を 2012 年 11 月に設立し、そのノウハウの形式知化、モデル化に取り組んできた。その成果が CIS である。

第 2 の政策は、新たな中小企業ファイナンス制度である。

中小企業ファイナンスは、情報の探索コストが高い一方でファイナンスの額が少額であるため、いわゆる市場の失敗が発生する典型的な分野である。市場の失敗を回避するための論理的な帰結は、第 1 に中小企業ファイナンス専門の政府系金融機関を創設することであり、第 2 に中小企業ファイナンスに特化した特別の商業ファイナンス制度を振興することである。政府系金融機関の創設、運営のためには政府の財政資金の投入が不可避になり、国民国家として相応のコストを支払うことが必要になる。特別の商業ファイナンス制度の振興のためには、ノウハウに関して様々な優れた知見が必要となるため、技術上の困難性に直面することになる。

このように、中小企業ファイナンスは国内においても市場の失敗に直面する上に、中小企業のクロス・ボーダーな事業展開を支援する場合には、更に以下の 3 点が問題になる。

第 1 の問題は、信用力の証明である。ある中小企業が他国に投資または事業展開を行う場合、進出先の金融機関でファイナンスを得ようとしても、その金融機関は当該中小企業の情報を殆ど持たないため、ファイナンスの提供には極めて慎重にならざるを得ない。中小企業は、ファイナンスを得るためには、進出先の金融機関に対して自らの信用力の証明を行わなくてはならない。

第 2 の問題は、為替リスクである。例えば、親子ローン等、日本国内で政府系金融機関からのファイナンスを得て進出先に移送する場合、日本国内では円建てで安い金利のファイナンスを得たとしても、進出先では、為替如何によって極めて金利の高いファイナンスとなる事態が発生する。

第 3 の問題点は、現地の金融機関から融資形態（間接金融）でファイナンスを得る場合の高金利である。アジアの発展途上国では、ほぼ例外なく中小企業ファイナンスのみならず商業ファイナンスでは極めて高い金利が常態化している。

APEN はこれらの問題に取り組むために、WCFi (World Cross-Financing Initiative) という組織を構築し、出出国、特に日本とアジア諸国の金融機関のネットワークに基づくクロス・ファイナンスの仕組みを提案している。

第 3 の政策は、中小企業の発展のためのコンサルティング業務のシステム化である。

中小企業が発展する過程において直面する課題の相当割合

は多くの企業に共通するものであり、その解決策もまた共通のものが功を奏する。このため、中小企業の発展のためのコンサルティング業務については、その相当割合がモデル化が可能であり、日本で実施されている中小企業診断士制度のように、モデル化された手法によるコンサルティング業務のシステムも幾つか整備されている。

APEN では、先に述べた CIS に基づく独自のシステムに基づくコンサルティング業務を推進している。すなわち、CIS による評価の結果、「弱い」とされた部分の強化のために、標準化された手法によるコンサルティング業務を実施するものである。

## 5.2 発展途上国と先進国の螺旋型発展モデル

今一度グローバル生産ネットワーク史観を整理すると、第 1 局面は、ファースト・アンバンドリング進展前、グローバル生産ネットワークが実質的には発展していなかった状態であり、第 2 局面は、ファースト・アンバンドリング進展後、セカンド・アンバンドリング進展前、先進国の多国籍企業が発展途上国に投資することによるグローバル生産ネットワークが発展した状態であり、第 3 局面は、セカンド・アンバンドリング進展後、GIN 進展前、先進国の多国籍企業出自の生産ユニットが発展途上国に広く立地し、それらがサービス・リンクによって連結されることによるグローバル生産ネットワークが発展した状態であり、第 4 局面は、GIN 進展後、発展途上国に立地した先進国の多国籍企業出自の生産ユニットを核として産業コミュニティが発展し、それらが連結することによるグローバル生産ネットワークが発展した状態である。本研究では、多国籍企業及び生産ユニットではなく、産業コミュニティがグローバルに連結することによって発生する地球規模での社会の変化のことをグローバリゼーション 2.0 と呼んで、先進国の多国籍企業が世界各地に投資してグローバルに連結することによって発生する地球規模での社会の変化のことを指すグローバリゼーション 1.0 と区別している。

一方、産業コミュニティのネットワークである GIN がさらに発展すると、その連結の範囲は発展途上国を超えて、多国籍企業の出自の先進国における産業コミュニティにも及ぶことが考えられる。この、産業コミュニティのネットワークの範囲が先進国にも及び、文字通り「グローバル」なものとなった状態を、グローバル生産ネットワーク史観の第 5 局面として捉えることができる。産業コミュニティのネットワークが発展途上国間に限定されている状態が第 4 局面であり、発展途上国において誕生した産業コミュニティのネットワークが拡大し、先進国の産業コミュニティをも取り込むようになった状態が第 5 局面である。

先進国、例えば日本は、多くの優れた多国籍企業を輩出することにより、グローバリゼーション 1.0 の主役の一人としての役割を担ってきた。日本で卵編まれた大企業は第 2 局

面において多国籍企業となり、数多くの発展途上国において大規模な投資を行い、それら発展途上国の多くにおいては、国内の経済社会制度が日系の多国籍企業の活動に整合的になるように変更されてきた。

一方、それら「後の」多国籍企業たる大企業は、第 1 局面においては、日本国内においてグローバリゼーション 1.0 と同様の動きを展開してきた。すなわち、当初は大都市圏に集中していた工場は、次第に日本の各地に分散して立地されてきた。その過程において、それら地方の社会上のさまざまな仕組みはそれら大企業の工場の生産活動に整合的なものとなるように変更されると同時に、それら地方における産業コミュニティの構築が順調に進んだ例が多い。

それら地方において産業コミュニティの構築が順調に進んだ理由は、大企業の投資と並行して、ICBM の推進が進んだためであると考えられる。ICBM の柱の 1 つである中小企業ファイナンスについては、信用金庫等日本独自の制度が構築され、日本の各地の中小企業ファイナンスを担当した。また高度産業人材育成システムについては、高等専門学校等日本独自の制度が構築され、日本各地で第一級の高度産業人材が輩出されていった。その結果、日本の各地では、地域産業集積と呼ばれる産業コミュニティが構築されていった。

一方で、それら日本の地域産業集積がここ数十年間に迎った歴史は、決して明るいものではなかった。日本の大企業が地方に進出する最大の動機は、低コスト、すなわち賃金や土地代等が低廉であったことであつたところ、それらは急速に高騰していった。ファースト・アンバンドリング進展により大企業が多国籍企業化するに至って、それら大企業は日本国内の工場を閉鎖し、発展途上国への投資を拡大した。企業城下町と呼ばれた多くの日本の地域産業集積が、大企業の工場閉鎖によって、事実上壊滅していった。

ファースト・アンバンドリング進展は止められないため、日本の大企業が日本国内の工場を閉鎖し、発展途上国への投資を拡大することは甘受しなければならない。一方グローバル生産ネットワーク史観で見ると、問題は、大企業の工場が去った後、多くの日本の地域産業集積は、大企業の工場が存在していた時期に構築した産業コミュニティを活用することができなかつたことである。筆者らは、その大きな要因の 1 つが、それら産業コミュニティがグローバルなネットワークを発展させることに失敗したためであると考えられる。

グローバリゼーション 2.0 の考え方は、各地域で発展した産業コミュニティは、それらがグローバルに連結し、ネットワークを構築していくことにより、多国籍企業という先進国出自の大企業の活動に依存せず、独自に、かつサステナブルに発展していく可能性を示す。図 3 にその状況を示す。

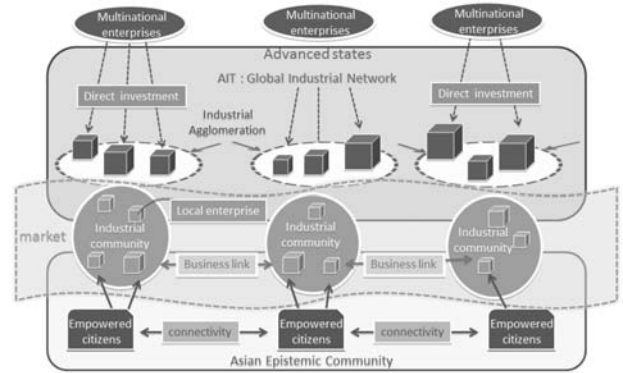


図 3 2つのグローバリゼーションの重畳  
(出典 ACFi パンフレット記載の図を筆者が修正)

一方で日本の地域産業集積の失敗例では、それら産業コミュニティは、大企業の企業城下町として、大企業がイニシアティブを採る発展モデルしか思い浮かべることができなかったと総括できる。このため、ある大企業の工場が去った後は、総力を挙げて別の大企業の工場を誘致しようとし、それに失敗すると、地域産業集積自体が壊滅したのである。

世界システム論の用語を用いれば、技術レベルが高く、人材も優秀であり、日本という先進国の大企業の工場という中心的生産様式の一翼を担っていた産業コミュニティであつたにもかかわらず、発展モデルとしては、周辺の生産様式の立場に固執したことが敗因であつたと言える。周辺の生産様式の立場に固執する以上、ライバルは発展途上国であり、発展途上国との投資環境整備競争に自らを置かねばならなかつた。

グローバル生産ネットワーク史観の用語を用いれば、以下のようなになる。当該地域産業集積が発展したきっかけは、時期が第 1 局面であり、日本の大企業が多国籍企業化していなかつたために低コストを求めて当該地域に工場を立地したことであつた。しかしながらやがて第 2 局面到来とともに、その大企業は多国籍企業化して発展途上国に投資し、当該地域の工場を閉鎖した。

一方で当該地域の間人は優秀で、その工場が立地してる間に ICBM を展開し、地域産業集積という産業コミュニティの構築に成功していた。したがって、仮に大企業が当該地域の工場を閉鎖したのが第 4 局面で GIN が進展している状況であれば、当該地域産業集積はグローバリゼーション 2.0 の動きに乗り、他国の産業コミュニティとのネットワークを構築していくことにより発展していくことが可能であつた。しかしながら当時は第 2 局面であり、セカンド・アンバンドリングすら進展していなかつた。このため、日本という先進国に所在する地域産業集積であるにも関わらず、当時の発展戦略の潮流に則って、共発主義 1.0 を採用し、投資環境整備を進め、日本という先進国の多国籍企業の誘致競争を展開し、結果として、コスト面の要因により、アジアの発展途上国に敗北した。

第2局面において共発主義1.0を採用し、多国籍企業の誘致競争を展開すること自体は、時宜に即したものであったと言える。コスト面の要因により、アジアの発展途上国に敗北したこともまたやむを得ない。一方、日本の地域産業集積は、ICBMを推進して産業コミュニティを構築していた、という時代を先取りした動きを展開していたという事実を見逃してはならない。大企業の工場が閉鎖されて困難に直面してから数十年後の今日、グローバル生産ネットワークの態様がようやくGINの段階に突入することにより、日本の地域産業集積には新たな発展の可能性が開けてきた。発展途上国の産業コミュニティとの連結である。

APENが各種のICBMによって現在試みているように、発展途上国内での産業コミュニティの発展、さらにはそのネットワーク化は今後大きく進む可能性がある。そこで、日本を含む先進国の、多分大部分が大きな困難に直面している産業コミュニティ（地域産業集積）をこの産業コミュニティのネットワークに取り込むことができれば、それら地域の画期的な再活性が得られる可能性があることになる。

発展途上国、例えばASEANは、かつては、また現在も、日本にとっては、開発援助の主たる対象である。開発援助を重要な手段の1つとしてグローバリゼーション1.0を推進し、経済社会制度を変更させ、日本出自の多国籍企業の活動の円滑化を推進することは、開発援助政策の重要な目的の1つであったことは間違いない[注9]。日本がASEAN諸国に莫大な開発援助を供与することによりASEAN諸国は投資環境整備を進め、それにより日本出自の多国籍企業の投資が進んだ。その結果、セカンド・アンバンドリングという世界の他の地域で類例を見ない高度なグローバル生産ネットワークが発展し、その系譜上に、今日GINが進展しつつある。さらにこのGINにおける産業コミュニティのネットワークに日本の地域産業集積が参画していくことにより、日本の地域産業集積の新たな発展の可能性が大きく開けることになる。

産業コミュニティのネットワークにおいて、ASEANと日本の螺旋状の発展のメカニズムが生まれるのである。

喩えるならば、格言にもあるように、「情けは人の為ならず」ということになる。

日本とASEANとの間では、すでに歴史上類例を見ない、進化したグローバル生産ネットワークが発達している。螺旋状の発展のメカニズムが適切に生み出されれば、ASEANの産業コミュニティ構築を支援することは、日本の産業コミュニティ支援に直結する。産業コミュニティ構築措置に関して、日本とASEANとを峻別する合理性はない。

現在APENが推進している各種の政策をもとに、今後、日本とASEAN双方で同時に一貫性のある(coherent)産業コミュニティ構築措置を実施することを提言する。

## 参考文献

- [1] Johnson 'MITI and the Japanese Miracle: the Growth of Industrial Policy, 1925-1975', Stanford University Press, 1982.
- [2] 村上泰亮「システムとしての開発主義」（『反古典の政治経済学』下巻（以下、村上泰亮[1992]）第8章、p87-p156）、中央公論新社、1992年。
- [3] 公文俊平「情報社会学序説」、NTT出版、2004年。
- [4] 前田充浩「ラストモダンにおける近代化の「圧縮」戦略（発展戦略）—開発主義と二つの共発主義—」、産業技術大学院大学紀要 No.6、pp75-85、産業技術大学院大学、2012年。
- [5] 村上泰亮[1992]下巻第7章「システムとしての開発主義」。
- [6] ミルグロム+ロバーツ「組織の経済学」、NTT出版、1997年。
- [7] 石島辰太郎、前田充浩「産業コミュニティ構築措置（ICBM）-グローバル産業ネットワーク（GIN）下におけるアジアの発展戦略—」、産業技術大学院大学紀要第7号、pp67-79、産業技術大学院大学、2013年。
- [8] Baldwin, Richard E. "Multilateralizing Regionalism : Spaghetti Bowls as Building Blocs on the Path to Global Free Trade", *The World Economy*, 29, No. 11 pp1451-1518, 2006.
- [9] 前田充浩ベトナム計画投資省主催ハノイ経営工科大学中小企業セミナー発表資料、2014年8月5日。

[注9] 経済産業省が1980～2000年の時期に行った開発援助を用いた投資環境整備、すなわちグローバリゼーション1.0の推進の内容については、前田充浩「経済協力政策」（通商産業政策史編纂委員会編「通商産業政策史2第5章」）、財団法人経済産業調査会、2013年を参照のこと。

# 一斉授業における学習者間の進捗の差を吸収する教授法 — 専門職大学院における CAD ソフト操作実習の事例 —

網代 剛<sup>1)</sup> 村田 桂太<sup>1)</sup>

## A Teaching Method of Absorbing the Variance of Progress of Students — In CAD Operation Practice At Professional School —

Tsuyoshi Aziro<sup>1)</sup> Keita Murata<sup>1)</sup>

### Abstract

On today's innovation of digital fabrications, the importance of instructing the introduction of the students who touch the CAD for the first time. This paper reports that the effect of modifying the material and process of basic practice of CAD operation in professional school. First overviewing the purpose, method, and practice of instruction, the authors define them in details. Then practice to modify the material and process of class. Finally test the performance of modifying.

**Keywords:** basic practice, professional school, CAD, diversity of students, interface

### 1 背景

今日のデジタル・ファブリケーション [1] は、異分野の融合を促しつつ、産業界にイノベーションをもたらしはじめている。こうした流れを受けて、ものづくりを主たる領域とする専門職大学院である産業技術大学院大学においても、学生の異分野への挑戦を積極的に支援してゆくべきである。ただし、その授業のあり方については、次のような解決すべき問題がある。

- ・学習目標に関する問題
- ・教授法に関する問題
- ・授業実践に関する問題

これらの問題は、ことさらに新しい問題ではない。デジタル・ファブリケーションの普及による、異分野の融合と、動的な知識の生成は、伝統的なプロフェッショナル・スクールの流れに合致している。たとえば、アージリス [2] は、教授者と学習者との相互作用による動的な知識の生成を学習目標としている。現在、法科大学院、経営大学院にみられるケースメソッド [3]、医療、ものづくり分野における PBL [4] など教授の実践例を見ることができる。また、このような学習目標および教授法は、プロフェッショナル・スクールに限定されたものではなく、古くは、ディユイ [5] による古典的経験学習、コルブ [6] による循環的学習モデル、坂元

[7] による、三方向相互作用モデルなどによって、概念が提示されてきたものであり、今日では、OECD[8]によるキーコンピテンシー、文部科学省による知識基盤社会における生きる力 [9] などにも、その例をみることができる。

#### 1.1 学習目標に関する問題

本稿では、学習目標を、次のように類型化する。これらは、いずれも問題解決に必要な知識である。

- ・抽象的かつ領域横断的な知識の獲得
- ・具体的かつ領域依存的な知識の獲得

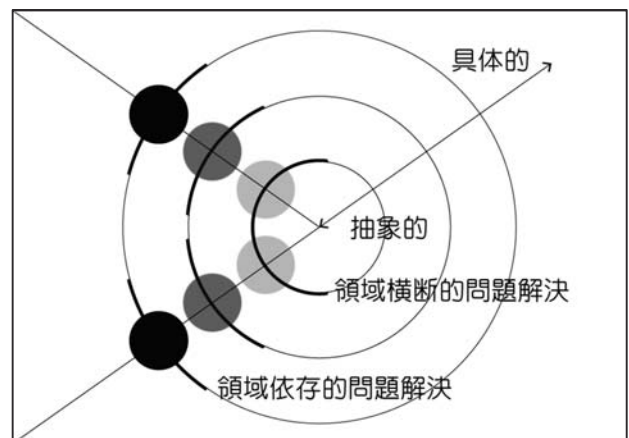


図 1：学習目標の概念図

図 1 は、学習目標の概念図である。図中の同心円の中心に近づくほど、他の領域への転移が容易であることを、距離

Received on 2014-10-30

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology

で模式的に表現している。「抽象的かつ領域横断的な知識」とは、他の領域への転移が容易な知識であり、問題解決の方法論などがこれに相当する。「具体的かつ領域依存的な知識」とは、領域に強く依存した知識であり、機材の操作方法などがこれに相当する。

## 1.2 教授法に関する問題

本稿では、教授法を、次のように類型化する。これらは、多くの場合に学習目標と関連しつつ、メリットおよびデメリットをそれぞれにもつものである。

- ・ 教示的教授法
- ・ 構成的教授法

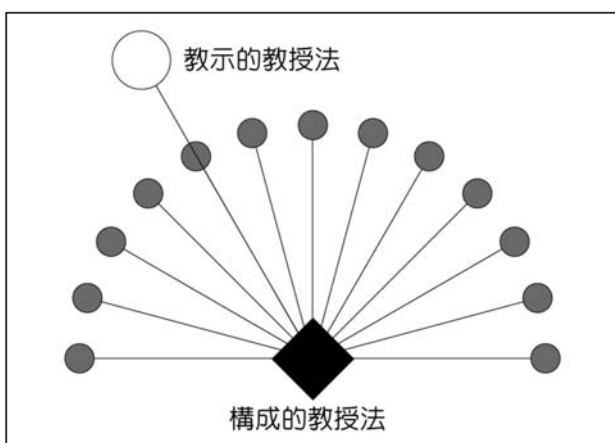


図 2：教授法概念図

図 2 は、教授法概念図である。図中◆は、課題や教材など、学習の対象を表し、○は、学習で獲得されるべき知識を表す。「教示的教授法」とは、予め、学習者が獲得すべき知識を定めたものであり、伝統的な学校教育がこれに相当する。「構成的教授法」とは、学習者に対象(◆)を提示し、対象からの、知識の獲得は、学習者の自主学習に委ねるものであり、ケースメソッド、PBLなどがこれに相当する。両者は、次のようなメリット/デメリットをもつ。

- ・ 教示的教授法のメリット：伝達すべき情報が明確であるため、確実な知識の獲得が期待できる。
- ・ 教示的教授法のデメリット：知識は静的な情報として伝達されるため、情報の動的変更、たとえば知識の他領域への転移に失敗するリスクをもつ。
- ・ 構成的教授法のメリット：知識の獲得は学習者の自主学習に委ねられているため、学習者による動的な知識の生成が期待できる。
- ・ 構成的教授法のデメリット：獲得されるべき知識としての学習目標の設定が困難なため、学習が発散してしまうリスクをもつ。

## 1.3 授業実践に関する問題

本稿では、授業実践に関する問題を、次のように類型化する。

これらは、多くの場合に学習目標と関連しつつ、メリットおよびデメリットをそれぞれにもつものである。

- ・ 一斉授業
- ・ 個別学習

「一斉授業」とは、学習のカリキュラムが一定の速度で進行するもので、集合教室における教授者による講義などがこれに相当する。「個別学習」とは、学習の速度は、学習者に委ねられているもので、課題、eラーニングなどがこれに相当する。学習のカリキュラムは、学習者の課題の達成状況等で進行する場合が一般的である。両者は、次のようなメリット/デメリットをもつ。

- ・ 一斉授業のメリット：授業が一定の速度で進行するため、学習カリキュラムの管理が容易であり、特に学習者の状態が比較的均一な場合は効率的な学習が期待できる。
- ・ 一斉授業のデメリット：授業の進行への適応が、ときに学習者の負担を増加させることがあり、特に学習者の状態が均一でない場合、授業の進捗管理が困難になるリスクをもつ。
- ・ 個別学習のメリット：学習の進行が学習者に委ねられているため、個別の学習者に最適な学習の進行速度の実現が期待できる。
- ・ 構成的教授法のデメリット：学習の進行が学習者に委ねられているため、学習者の学習の進捗管理能力が求められることになり、かえって学習の効率が低下するリスクがある。

さらに、今日では、両者の 2 者択一的な選択ではなく、反転学習[10] など、両者の適切な組み合わせによる授業実践の試みもみられる。

## 2 課題

本稿では、前節および 2013 年度の実践[11]を踏まえて、次のように授業の基本設計を定める。

- ・ 学習目標：領域依存的な知識 (CAD 操作技法)
- ・ 教授法：教示的教授法 (伝えるべき情報を明示する)
- ・ 実践法：一斉授業を原則としつつ、授業時間内に個別学習の時間を設ける。

上の基本設計において、授業において、設計と実際とが乖離してしまうリスクが最も懸念されたのは、実践法における、一斉授業を原則としつつ、授業時間内での個別学習の時間の確保である。

### 2.1 2013 年度実践からの知見

筆者らによる 2013 年度の実践では、学習目標において、学習者の想定する学習目標と、教授者の想定する学習目標との間にかい離があることが、自由記述形式の調査により明らかになった。また、授業設計の観点からも、領域固有の知識 (CAD の操作技法) が十分に獲得できていない状態で、領域横断的な知識の議論をしようとしても、随時、領域固有の知

識 (CAD 操作技法) に立ち戻らねばならず、結果として、学習目標が曖昧なままになってしまう。

教授法については、授業時間内における操作の失敗から、自律的に、解へ到達できるような、学習者による自主学習を期待していたが、限られた授業時間内で確実にそうした自主学習が起こるとは期待できず、また、自主学習を促す仕組みの整備も不十分なままであった。

授業実践については、一斉授業を原則としていたが、学習者の理解に要する時間が、大きくばらついており、結果として、その都度、教授者が口頭で補足的な説明を実施することとなり、授業全体での進捗管理は、きわめて困難なものとなってしまった。

### 2.2 2014 年度の課題

前節の実践をふまえ、学習目標が明確であることを最優先の課題とし、2014 年度では、学習目標を明確に、CAD の操作技法とした。教授法については、自主学習への期待も捨てがたく、議論を重ねたが、現状では、限られた時間内での確実な効果が見込める支援策が準備できなかったため、伝えるべき情報を詳細かつ正確に伝える教示的教授法をとることとした。残る課題は、一斉授業の中に個別学習の時間の確保である。これは、一斉授業の中に個別学習を適切に配置することで、学習者間の理解の速度の差の吸収を期待するものである (図 3 参照)。

- ・課題 (1) : 一斉授業の中に個別学習を適切に配置することで、学習者間の理解の速度の差の吸収する
- ・課題 (2) : 動的に進行する授業の中での参照に適した情報提供の形態の実現
- ・課題 (3) : 授業の理解の早い学生に対応した作業の提供
- ・課題 (4) : 作業一部未完の場合でも、爾後の作業を遂行できる環境の整備

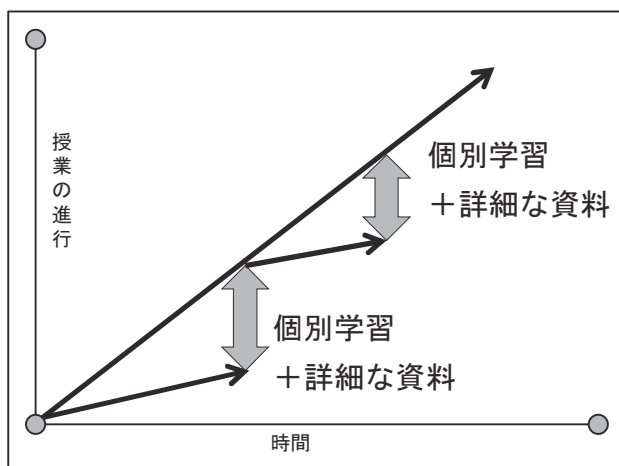


図 3 : 個別学習による差の吸収 (1)

図 3 は、一斉授業の中に個別学習を適切に配置すること

で、学習者間の理解の速度の差を吸収しようとするモデルの概念図である。図中、縦軸は授業の進行、横軸は時間を表す。個別学習によって、授業の一定速度での進行を期待したものである。

## 3 実践

2.2 節にもとづき、授業を実施した。授業および配布資料の設計の要件は、次のとおりである (図 4 参照)。

- ・学習者に学習目標 (領域固有 : CAD 操作技法) を明示
- ・詳細かつ正確な操作技法を記述した資料の提供 (教示的教授法の実践)
- ・作業の完成見本ファイルの提供
- ・操作スクリーンショット (1 ステップごと) の提供
- ・作業の要件 (座標位置) の明記

しかし、実践では、操作を完了できる十分な情報 (スクリーンショットおよび完成見本ファイル) が提供されているにも関わらず、学習者からの質問が相次ぎ、教授者は、個別かつ口頭での対応をくりかえすことになってしまった。学習者が、スクリーンショット、完成ファイル等を参照していなかったことを表している。原因としては、動的に進行する一斉授業という環境下において、同じ画面を切り替えて、自分の作業ファイル、スクリーンショットのスライド、完成見本ファイルを切り替えつつの作業は、ユーザビリティの視点から、学習者にとって、少なからぬ負荷になってしまったようである。

あわせて、設計段階での誤りも発見された。図 3 では、比較的授業の理解に時間を要する学習者が、授業の進行に追い付くために、個別学習を設けているが、比較的短時間で授業を理解できる学習者は、個別学習の時間を持て余すこととなり、結果として、授業理解の速度の差を吸収し、授業進度を一定に保つ機能は果たされていない。結局授業は、理解に時間を要する学習者の進行に合わせて進むこととなってしまった。

さらに、CAD による作業は、ひとつのコマンドで完結するものは、皆無であり、複数のコマンドの積み上げで、特定の形状が完成する。ただし、それぞれのコマンド間に、作業場の関係性はあっても、コマンドの意味や操作法の理解に関係性が認められる場合は限られている (コマンド自体の学習は、それぞれに独立している) にも関わらず、授業の途中で、何らかの要因でつまづいてしまった場合、そのつまづきを解決しなければ、以降の授業に参加できなくなってしまうのは、学習者にとっても、授業にとっても、大きな損失である。

## 4 改善

3 節での実践を踏まえて、次のように改善を施した。授業および配布資料の改善の要件は、次のとおりである (図 5 参照)。

**Step1 球体から**



  
球体 中心、半径指定

  
サーフェスをリビルド

  
制御点表示 ON

**作業**

3Dオブジェクトを作成する

Frontビューで作成 中心…0.0 半径…24mm

Frontビューで作成 中心…24.24 半径…18mm

サーフェスをリビルドする

サーフェスツールから 制御点数 u=8, v=8 次数 u=3, v=3

制御点を表示する。

Y¥AZ¥デジタルデザイン実習¥02\_Duck¥01\_球体¥作業¥スライド

**観察**

方向(オブジェクトには向きがある,作成するビューに注意)

Y¥AZ¥デジタルデザイン実習¥02\_Duck¥01\_球体¥観察¥スライド¥方向

制御点(曲線を制御する点)

Y¥AZ¥デジタルデザイン実習¥02\_Duck¥01\_球体¥観察¥スライド¥制御点

次数(なめらかな面とは…?)

Y¥AZ¥デジタルデザイン実習¥02\_Duck¥01\_球体¥観察¥スライド¥次数

使用コマンドの表示

指定する要件

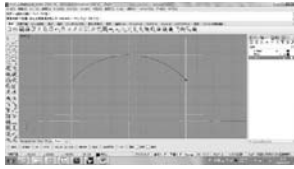
完成ファイル URL


スクリーンショット URL

図 4：設計段階の配布資料

**111 本作業 外形線でおそろいだ**

(ファイルを確認しよう) File 111 本作業 / MYファイル



  
円弧で延長(半径維持)

全員で!

作業目標 : 側面図の断面線を外形線まで延長

Rightビュー, 直交モード ON, Osnap-交点

- ・外形線に近い かつ なめらか かつ 左右対称になる 曲線を選ぶ。
- ・操作が細かいので慎重に
- ・結果を予想しながら作業を組み立てる。

コマンド: .Extend

延長する曲線を選択 (タイプ(T)=円弧) **もとになる曲線を選択(Click)**

延長の終了位置,または延長長さを入力 (S.260) (中心点(C) 点まで(T)) **外形線との交点(Click)**

延長する曲線を選択.操作を完了するには Enter を押します (タイプ(T)=円弧 元に戻す(U)):(Enter)

反対側にも挑戦してね。

(余力ある人+MYファイルの人は…)…次々ページさんしよう

- ・上面図の断面線 外形線まで**延長**(前/後端) : 112  
特に後部は細かいから良く見てね。
- ・正面図のレール 上面図中心線まで**延長**(前/後端) : 113  
★成功したらレールを**結合**(一本の曲線に)してね。  
線が入り組んでいるから注意してね。
- ・上面図の断面線 正面図の分割線まで移動 : 114  
線が入り組んでいるから注意してね。
- ・側面図の断面線 正面図の四半円点(頂点)まで移動 : 115  
線が入り組んでいるから注意してね。

使用コマンドの表示

必須作業目標提示

操作ログ表示

段階的目標複数提示

図 5：改善後の配布資料

- ・操作ログ（テキスト情報）の紙媒体資料への記載
- ・段階別作業目標の設定
- ・積み上げ作業の各段階における、作業開始状態ファイルの提供（による学習機会損失の回避）

操作ログについては、スクリーンショット（図形情報）ではなく、テキスト情報とした。これは、動的に進行する授業環境の下で、できる限り短時間での情報の検索および取得を期待するものである。授業で使用した CAD ソフトである Rhinoceros には「コマンドライン」の名称で、操作ログをテキスト表示する機能が装備されており、大いに参考になった。また、各作業において、全員が達成すべき作業、余力があれば挑戦すべき作業というように、段階別の作業目標を設定し、理解の早い学習者の学習機会を確保し、あわせて開始状態の作業ファイルを提供することで、積み上げ作業における学習機会の損失を回避した（図 6 参照）。

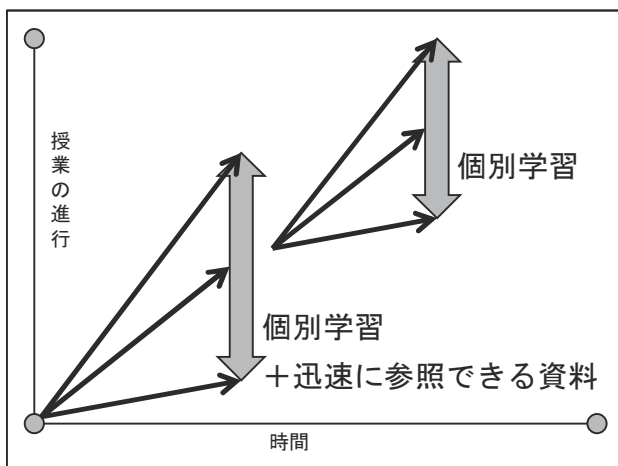


図 6：個別学習による差の吸収（2）

## 5 検証

### 5.1 条件

設計段階（3 節，図 4）と改善後（4 節，図 5，図 6）とを、産業技術大学院大学による授業録画によって検証した。条件は次のとおりである。

- ・授業名「デジタルデザイン実習」（2014 年度）
- ・受講者：34 名
- ・設計段階での実践の概要
  - ・日時：2014 年 4 月 26 日（Apr）
  - ・内容：「あひる」の製図
  - ・作業数：11（標本数）
- ・改善後の実践の概要
  - ・日時：2014 年 5 月 24 日（May）
  - ・内容：「PC マウス」の製図
  - ・作業数：7（標本数）
- ・検証項目

- ・全体の概要の教示に要した時間（概要）
- ・一斉授業の教示に要した時間（教示 1）
- ・一斉授業の教示に要した時間（教示 2）
- ・個別学習に要した時間（個別）
- ・質問等により再再度の教示に要した時間（教示 3）

一斉授業は、原則、操作の概要説明、作業の確認と同じ作業を 2 度教示し、その後、個別学習というパターンでの実施を試みた。

### 5.2 結果

設計段階と改善後を比較した検証結果は次のとおりである（表 1 参照）。

- ・全体での時間配分のパターンには、有意差は認められなかった（ $\chi^2$  検定）。
- ・項目ごとの検証では、個別学習の時間に有意差が認められた（t 検定）。

表 1：検証の結果（単位：秒）

		概要	教示 1	教示 2	個別	教示 3	標本数
Apr	平均	149	305	207	168	125	11
	標準偏差	318	173	148	145	148	
May	平均	272	396	225	384	17	7
	標準偏差	140	178	212	222	41	
t 値		-	-	-	-	+	
		0.91	1.01	2.00	2.36	1.78	
χ <sup>2</sup> 値		0.22					

表 1 は、検証結果を記述したものである。単位は秒である。表中の項目は 5.1 節に準ずる。t 値は、Apr と May を比較したもので、両側 95%水準は、±2.12 であり、「個別」について、有意差が認められた。χ<sup>2</sup> 値は、片側 95%水準、上限 9.49 で、全体の時間配分については、有意差が認められなかった。

## 6 解釈

検証の結果をみると、全体の時間配分では、有意差は認められなかったものの、個別学習の確保について有意差が認められており、改善はある程度の成果をあげたと判断できる。しかし、改善後であっても、確保できた作業時間は、全体の 30%程度であり、教示に要する時間のさらなる短縮が望まれる。



## 7 展望

本稿では、一斉授業における学習者間の理解の速度の差を、授業時間内に個別学習の時間を設けることで、吸収し、適切な授業進捗の確保を目指した。学習者の状態に大きなばらつきのある環境での一斉授業は、粗雑な議論では、授業の進捗を、できる学生に合わせる、できない学生に合わせる、平均的な進捗を見極めるなどが見られがちである。しかし「ばらつきを吸収する」技法についても、研究の余地はある。本稿および産業技術大学院大学での実践をとおして、当初は、筆者らも粗雑に、個別作業の時間さえ設定すれば、問題は解決すると考えていたが、これを実現する「仕掛け」についても、詳細な検討が必要ながわかった。今後は、動的に進行する授業環境の下で、より迅速かつ適切に情報を参照できるインターフェイスの開発にも取り組んでゆきたい。

新しい技術の修得には、当該技術を用いた高度な問題解決、特にその成功事例ばかりが注目されがちであるが、当該技術への基礎的な理解なくしては、有為なイノベーションは期待できない。本稿では、一番の基礎段階として、ソフトウェアの操作技能の習得を学習目標としたが、今後は、CAD や 3D の技術的特性、さらには、プロダクトデザインの領域に異分野から参入してくる学習者にむけた、よりイノベーションに寄与ある学習目標および教授法についても、研究をすすめてゆきたい。

## 参考文献

- [1] C.アンダーソン. メイカーズ. NHK 出版. 2012.
- [2] Chris Argyris, Donald A. Schon, "Organization Learning II", 1996, Addison-Wesley Publishing.
- [3] Barns, L.B, Christensen, C.R, Hansen , A.J. (高木晴夫訳), ケースメソッド実践原理, 1997, ダイアモンド社.
- [4] D. R. ウッズ (新道幸恵 訳), PBL(Problem - based Learning), 2001, 医学書院.
- [5] デューイ (宮原誠一訳), 学校と社会, 1957, 岩波書店.
- [6] Kolb, D.A. ," The Experiential Learning", 1984, Prentice Hall.
- [7] 坂元昂, 教育工学の原理と方法, 1984, 明治図書
- [8] ドミニク. S. ライチェン・ローラ. H. サルガニク (立田慶裕 訳), キー・コンピテンシー, 2006, 明石書店.
- [9] 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説・総則編, 2009, 東山書房.
- [10] J.バーグマン, A.サムズ, (山内祐平 訳), 反転授業, 2014, オデッセイコミュニケーションズ
- [11] 網代剛・村田桂太, 専門職大学院における 3D CAD 教育の試みの評価, 2013, 産業技術大学院大学紀要

# Java コードからのクラス図の半自動生成と自動保全

秋口 忠三<sup>1)</sup>

## Semi-Automated Class Diagram Generation from Java Source Codes and Automatic Maintenance

Chuzo Akiguchi<sup>1)</sup>

### Abstract

We proposed the Evolutional Software Process (ESP for short) which is an application software development methodology intended to evolve both the software architecture and the software process synchronously. In order to support ESP, we are developing tools for semi-automated class diagram generation from Java source codes and automatic maintenance. Our tools parse Java source codes and generate UML package diagrams and class diagrams, which are followed by the diagram editor to improve readability. Maintenance of diagrams is automated because the improved diagrams are used for generating the next version diagrams after the original source codes are changed. Tools are coordinated to help users in the ESP support environment. In this paper, we describe the tool architecture followed by showing typical examples how to use our tools in our software development.

**Keywords:** UML, Class Diagram, Package Diagram, Reverse Engineering, Software Process,

### 1 はじめに

筆者は、Java によるソフトウェア開発の教育を行うためのプログラミング環境 Ash の開発を行ってきた。図 1 に Ash の全体構成を示す。

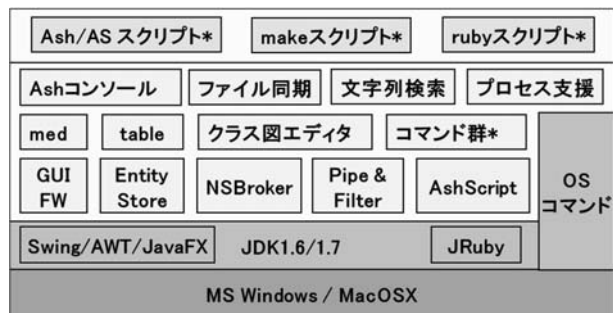


図 1 Ash のアーキテクチャ

Ash では、オブジェクト指向技術に基づくソフトウェア開発の様々な技法を実践するための言語や、ツール、再利用方法論を含むソフトウェア開発プロセスの支援環境を実現す

ることを目指しており、これまでにパイプ&フィルタに基づくコマンド拡張機構を含む基盤アーキテクチャの開発[1] やソフトウェアプロセス支援環境の開発[2], GUI ライブラリ開発[3], 永続的オブジェクト管理の基盤ライブラリ EntityStore[4], インターネット上で複数人の参加者による双方向通信を実現するための基盤ライブラリ NSBroker [5], これらの基盤ライブラリを統合するための言語 AshScript[6]の開発を進めてきた。

Ash の開発を進める中で、開発対象のソフトウェア製品とそれを実現するためのライブラリや DSL(ドメイン特化言語)[7], テスト環境を一体として進化させるプロセスが重要であるとの認識に至り、AshScript の報告の中で進化型ソフトウェアプロセス ESP を提案した。本論文では ESP によるソフトウェア開発を支援するツールについて報告する。このツールは Java ソースコードからパッケージ図やクラス図等の UML 図を半自動生成し、ソースコードの変更の際に必要な保守を自動化することをねらったものである。

ソフトウェア開発の中でドキュメンテーションは多くの労力を必要とする。特に作成したドキュメントを、ソースコードの内容と矛盾のない最新の状態を維持し続けることは開発者に多くの負担を強いるものである。そのために変化への迅速な対応を重視するアジャイル開発[8]ではドキュメンター

Received on 2014-10-03

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

ションのコストを最小化するために、ソースコード以外の設計ドキュメントを作成し維持することにそれほど価値を置いていない。

しかしながらある程度の規模のソフトウェアを継続的に開発するためには、ソースコードだけではソフトウェアのアーキテクチャである全体構造を把握することが困難になる。アーキテクチャを理解するために必要に応じてクラス図等の全体を俯瞰できる図式文書を作成することが必要になる。

モデリングツールとして様々な UML 図のエディタが市販されている[9-12]。これらの製品はソースコードから UML 図を自動生成するリバース機能をもつものもある。これらの製品のリバース機能を利用することによってクラス図作成のコストはかなり削減できるが、適度な抽象度できれいにレイアウトされたクラス図を作成するためには自動生成されたものに編集を加えることが必要である。ソースコードの変更に伴いクラス図を更新し矛盾のないドキュメンテーションを維持するためにはやはり多くのコストがかかることを受け入れなければならない。本稿で提案するクラス図の半自動生成と自動保全の機能は、ツールによる自動生成と開発者による編集と確認をソフトウェアプロセスの中に組み込み、適切なツールの支援によって開発者の負担を最小限にとどめることをねらったものである。

本稿では、まずクラス図の作成と保守の問題を分析し ESP における解法について考察する。次にこの解法を実現した支援ツールについて述べる。ESP における支援ツールはいくつかのコマンドが ESP 開発環境の中に組み込まれている。これらのコマンドの仕様と全体構成を示す。続いて、本ツールを Ash の開発の中で活用している事例を紹介する。最後に今後の課題をまとめる。

## 2 ESP におけるクラス図の作成と保守

ソフトウェア開発においてプログラムのソースコードは最も重要な成果物である。開発の最も初期の段階のプロトタイプコードからインクリメンタル開発によって成長を繰り返し最終的な製品コードに至るまで最も信頼のおける成果物はソースコード以外に存在しない場合が多い。ソースコードは適切な版管理によって成長の過程を記録できる。インクリメンタル開発の機能項目の簡潔な記述とそれに対応したソースコードの追加・修正・削除の差分情報の管理は進化し得るソフトウェアの必須要件である。

ソースコードはソフトウェアの最も詳細な記述である。開発の進展とともにその記述量は増大し、ある時点からアーキテクチャをソースコードだけから把握することは困難になる。そのために開発の進展の中でソフトウェアのアーキテクチャを把握するためには、クラス図等の図式による表現が必須となる。一般にクラス図はアーキテクチャ設計の段階で作成され、詳細設計から実装のフェーズでクラス図に基づいて詳細

情報の記述が加えられソースコードが作成されていく。その結果ソフトウェア構造に関する同一内容の情報が異なる抽象レベルで重複して存在することになる。これらの成果物の価値を持続させるためには、両者を同期をとって更新し続けることが重要であるが、これは開発者にとって大きな負担になる。

筆者は持続的な成長を支援する進化的ソフトウェアプロセス ESP を提案しこのソフトウェアプロセスを支援するための開発環境を構築しているところである。ESP では進化するソフトウェア開発を支援することを目的としている。この目的のために、本研究ではソースコードを中心に何段階かの抽象レベルでソフトウェア構造の記述の一貫性維持を支援するツール群の開発を目指した。

本研究で開発したツール群は Java 言語で記述されたコードを対象とし、アーキテクチャの図式表現としては UML のパッケージ図とクラス図を採用した。ツールの構成は、Java ソースコードからパッケージ図やクラス図に相当する情報を生成するリバースツール、生成した図式をアーキテクチャの理解を助ける図式に編集するダイアグラムエディタ、図式情報を論理的な差分を抽出しやすいうように正規形に変換し、異なる版の差分をマージするツールがある。これらの成果物を ESP 支援環境の中で一貫性をもって管理できるようにツール間を連係させる仕組みを構築した。

## 3 クラス図の作成と保守の支援ツール

### 3.1 全体構成

本システムの開発に当たっては、まず Java ソースコードからクラス図を作成し Java コードの変更に追従してクラス図を最新の状態に維持管理する作業をどのようなツールの支援によって実現するかを検討した。図 2 はその検討に基づいて設計したシステムの全体構成である。

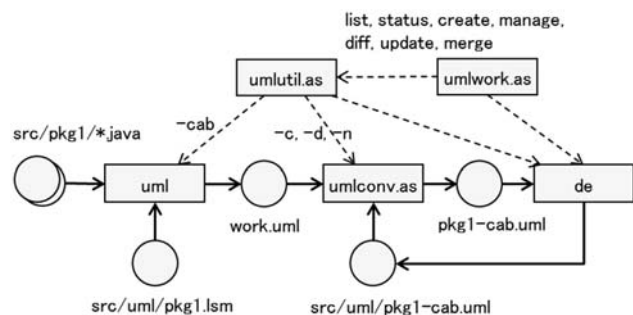


図 2 UML 図の生成・編集と差分管理のアーキテクチャ

ツールの機能は大きく 3 つに分けられる。すなわち① Java コードからクラス図情報を抽出するリバース機能(uml), ②レイアウトマージツール(umlconv.as), それに③ビジュアルにダイアグラムのレイアウト編集を行うクラス図エディタ

(de)である。レイアウトマージツールは最新の Java コードから生成された未編集のクラス図を以前の Java コードから生成されレイアウト済みのクラス図とマージし、最新の Java コードに対応したほぼレイアウトされたクラス図を生成する。

これらの基本機能を開発プロセスの中で利用しやすいようにするために、コマンドラインから利用するためのツール (umlutil.as) と GUI 環境で利用するためのツール (umlwork.as) を提供した。各ツールは連携して利用される。ツール間の連携は図 2 に従って制御される。

クラス図の情報はタブで区切られた項目の並びとなるテキスト書式を採用した。①と②はこの書式のテキストファイルを扱うプログラムである。①のリバースツールは複数の Java ソースファイルをパースしパッケージ図やクラス図の情報をテキスト形式にして出力する。UML のパッケージ図・クラス図は様々な詳細化レベルの表記を可能にしている。リバースツールは UML のこの表記規則に則り生成するダイアグラムの詳細レベルを指定できるようにした。②のレイアウトマージツールは、2つの UML 図の一方から論理構造情報を、他方からレイアウト情報 (図形要素の位置と配色の情報) をマージする。このツールを利用することによって、異なる版の Java コードからの UML 図の保守コストを大幅に低減できる。それに加えて、詳細度の低い UML 図の作成から詳細度を高めた UML 図の作成へと段階的に適切な詳細度の UML 図を作成することを可能にする。

### 3.2 ソースコードからのクラス図情報の抽出

本節ではまずリバース機能の設計戦略について述べ、リバースツールのコマンド仕様を示す。UML[13]と Java の言語仕様はほぼ同じ時期に策定されたこともあり、オブジェクト指向の概念を表現できるほぼ同じ言語仕様をもっている。パッケージとクラスの諸概念は両者で明確な対応が付けられる。JDK1.5 で導入された総称型によりクラス間の関連を明示的に記述できるようになった[14]。

パッケージは論理的に密な関係をもつ複数のクラスの集まりをひとつのモジュールとして定義する仕組みである。Java 言語では名前空間を管理する仕組みとであり package 文で定義し、import 文で参照する。Java コードに含まれるこれらの文を解析し、対象とするソースファイルに含まれるクラス記述からパッケージ図の情報を抽出できる。パッケージ図の生成に必要な情報は、パッケージとパッケージ間の依存関係であり、詳細度の指定によって、各パッケージに含まれるクラスやインタフェース、さらに解析対象のソースコードから参照される外部のパッケージとの依存関係を抽出することができる。

クラス図の生成に必要な情報は、クラス情報とクラス間の関係情報がある。クラス情報には、クラス名・属性仕様・操作仕様が含まれる。関係情報には、継承・関連・依存関係が

ある。継承関係は Java 言語では extends のキーワードで明確に定義される。

Java のクラス記述の中で定義されたフィールドは UML 図のプロパティに相当し、図式としては属性または関連として表現される。Java コードの中で定義されたクラスを参照するフィールドは関連となる。型情報をもつリストやマップ (List<T>, Map<K,V>) は、関連の多重度で 1 対多の関連の多重度を実装する手段となる。本リバースツールでは、List または Map で実装されたクラス間の関係は参照先に対する多重度が多 (記号表現で"\*) の関連として UML 図で表現した。

可視性は定義したフィールドやメソッドがどの範囲から参照可能であるかを限定する働きをする。Java と UML はどちらも 4 段階のレベルの可視性を定義でき、ほぼ同一の意味をもつ。Java 言語では public, protected, private のキーワードで可視性を定義する。UML では、+, #, ~, - の記号で可視性を表す。アーキテクチャレベルの理解を助ける UML 図としては、クラスのメンバー要素を含まないものから、それぞれ public, protected, 未指定, private で定義されたメンバー要素を含むものまで、段階的に詳細化のレベルを設定できるとよい。本リバース・ツールでは、可視性のレベルをメンバーを含まないものから全メンバーを含むものまで段階に分けており、必要に応じて詳細度を指定できる。

継承関係と関連はクラス図の骨格を形成するクラス間関係である。それ以外にメソッドの引数として渡される型やメソッドの実装の中でローカルに生成され参照されるクラスは UML 図では依存関係として表現される。依存関係の情報はクラスの独立性を判断する情報になり、アーキテクチャレベルの設計品質を測る上で重要な情報を提供してくれる。しかし多くのクラスを含むクラス図ですべての依存関係を図式化すると図があまりに煩雑になり、重要な関係を読み取ることが困難になる。そこでクラス間関係の抽出に関しては、継承と関連を基本とし、メソッドの引数からの参照とメソッド本体からの参照を選択的に抽出できるようにした。

以上の検討から設計した UML クラス図・パッケージ図生成ツール uml のコマンド仕様を図 3 に示す。

```
uml -c1234ab -prd -v(1.0|1.1) -f<font-spec> -t <java-file>...
-c UMLクラス図を生成する
-1 publicメンバまで出力する
-2 protectedメンバまで出力する
-3 packageメンバまで出力する
-4 privateメンバまで出力する
-a 引数の型参照依存関係を出力する
-b メソッド本体の型参照依存関係を出力する
-p UMLパッケージ図を生成する
-r 参照しているパッケージ情報を出力する
-d パッケージが包含する型名を出力する
-v 生成するファイルフォーマットの版本号(1.0/1.1)を指定する
-f レイアウト計算で使用するフォントを指定する
-t パッケージレポートを生成する
```

図 3 uml コマンド

### 3.3 クラス図情報の差分管理とマージ

ソースコードの管理において差分情報の管理は最も基本的な機能であり、版管理システムの心臓部である。版管理システムの利用者にとっても、リポジトリに変更内容をコミットする際に全体の差分を確認することは常に実践すべきベストプラクティスといえる。アーキテクチャに影響を及ぼす大規模な修正を行う際にはアーキテクチャレベルの差分を確認すべきである。

レイアウトマージツール(umlutil.as)は、UML 図の生成、差分検出、正規化の機能を提供する。レイアウトマージツールの仕様を図 4 に示す。結果はいずれも標準出力に出力される。

```
umlconv.as -c <current-uml> <previout-uml>>
umlconv.as -d <current-uml> <previout-uml>>
umlconv.as -n <current-uml>
```

図 4 UML 図生成・差分検出・正規化ツール

レイアウトマージツールにはアーキテクチャレベルの差分管理のために UML 図を構成するクラス（インタフェースや列挙型を含む）とクラス間関係（継承、関連、依存関係）の差分を検出する機能がある。この差分管理機能を使って論理構造の差分を検出するとともに、論理構造は同じであるが UML 図のノードのレイアウト属性（位置情報と配色情報）が異なる場合のマージ機能を実現している。論理構造の差分をとるために、内部的に論理構造の正規化表現を作り、この正規表現の上でクラスと関係情報の差分をクラス・メンバプロパティ・関係のそれぞれに対して追加と削除の要素をリストアップするようにした。

### 3.4 クラス図の編集

オブジェクト指向技術を使ってソフトウェア開発を行う場合、要求分析やアーキテクチャレベルの設計の結果を表現する手段として UML のクラス図はもっとも重要な図式言語である[13]。クラス図を用いた分析や設計はモデリングと呼ばれる。開発すべきソフトウェアの機能と静的な構造を高い抽象レベルで表現するのに適した UML クラス図の表記法によって、問題の本質を表現することに注力しなければならぬモデリングの作業を効率化することができる。

UML のクラス図はモデリングで使用されるだけでなくプログラムのソースコードのドキュメンテーションのためにも利用される[15]。作成したコードの全体構造を把握するために、コードから全体構造を表す情報を読み取り、それをクラス図で描き表わすことは、既存のコードに新しい機能を追加する際に、あるいは不具合の改修の際に、開発の中でしばしば行われる。

ソフトウェア開発の種々のフェーズで多様な利用がされるクラス図を作成するために有償または無償で様々なクラス図

エディタが利用できる。本システムの開発においてはクラス図の編集機能の中で特にレイアウト編集機能が重要である。また版の異なるクラス図の差分の検出やマージ機能を実現するためにはそれに適したファイルフォーマットを設計する必要がある。このような要求に応えるために、産業技術大学院大学における PBL 活動の成果物である UMEditor[12]をベースに、ファイルフォーマットを一部修正して、本システム用のクラス図編集ツール(de)を開発した。

本システムのなかでの de の利用は、他のツールから呼び出されて uml コマンドで生成した UML クラス図を読み取りレイアウト編集を行いその結果を UML リポジトリに保存する操作が最も多い。それ以外に de を単独で起動し de のリバース機能を利用してパッケージ単位のクラス図作成するために利用することもできる。

### 3.5 ツールの統合（コマンドライン UI）

以上述べてきた 3 つの基本機能を、コマンドラインと GUI の 2 種類のユーザインタフェースで利用できるように編成した。まずコマンドラインツール umlutil.as を開発し、これを使って GUI ツール umlwork.as を開発した。図 5 は、UML 図の生成・更新・レイアウトマージの管理を行うコマンド umlutil.as の仕様である。

```
umlutil.as (list|status) [<store>]
umlutil.as create -<option> <pkg-directory> [<store>]
umlutil.as manage <pkg-directory> [<store>]
umlutil.as update -<option> <directory>|<lsmfile>
umlutil.as (diff|merge) -<option> <directory>|<lsmfile> [<prevuml>]
<option> := -c[1|2|3|4][a][b] | -p[r][d]
```

図 5 UML 図生成・更新・レイアウトマージ管理コマンド

umlutil.as は、list, status, create, manage, diff, update のコマンドから成る。UML 図を最初に生成する場合は、create コマンドで、パッケージディレクトリとダイアグラム種別を表すオプション(option)を指定する。生成された UML 図は UML 図エディタでオープンされる。UML 図エディタでレイアウトを編集しその結果を UML リポジトリ(store)に保存する。manage コマンドはパッケージディレクトリを記録したファイルを UML 図定義ファイル(lsm ファイル\*)として UML リポジトリに登録する。lsm ファイルを UML リポジトリに登録すると、この定義ファイルから生成された UML 図は管理された状態になる。

lsm ファイルは UML 図作成の元データとなる Java ソースファイル群を規定するテキストファイルであり、ディレクトリパス名、Java ソースファイルのパス名、または他の lsm ファイル名のいずれかを複数個定義できる。Java ソースファイルのパス名の指定はワイルドカード文字を指定できる。

\* UML 図作成の対象となる Java ソースファイルは Ash の `ls -m` コマンドを使用して作成することが多かったので UML 図定義ファイルを lsm ファイルと呼ぶようにした。

現在の UML リポジトリの内容は `list` コマンドで見ることができる。UML 図が作成された元になる Java コードが修正されると UML 図にも影響がでる。 `status` コマンドで現在の Java コードと UML 図の不整合の状態は知ることができる。 `status` コマンドは、管理された UML 図のパッケージ、クラス、クラスメンバ、クラス間関係の変化の状態を追加と削除の情報を付けて表示する。

`update` コマンドは、 `lsm` ファイルで定義された Java ファイル群に対して指定オプションの UML 図を作成し、UML リポジトリに保管されてある前の版の UML 図と突き合わせ、レイアウトや配色の情報を引き継いだ新しい版の UML 図を生成する。生成した最新版の UML 図は UML 図エディタでオープンされる。UML 図エディタでレイアウトを編集しその結果を UML リポジトリに保存する。

`diff` コマンドは、現在の Java コードの内容と特定の UML 図との間の論理構造の差分を表示する。 `merge` コマンドは現在の Java コードの内容から得られた論理構造に、指定した UML 図のレイアウト属性をマージした UML 図を生成する。

### 3.6 ツールの統合 (GUI)

クラス図生成・保守ツール `umlwork.as` は、 `umlutil.as` コマンドを GUI から利用できるようにした対話型のツールであり、ESP 支援環境の中のツールとして利用することができる。 `umlwork.as` では、UML 図のファイル名を `lsm` ファイル名と `uml` オプションの情報から命名することによってユーザ操作の簡略化を図っている。図 6 に UML 図生成・保守ツールを使用している ESP 支援環境の画面を示す。

図 7 と図 8 は、それぞれ AshScript の開発環境で UML 図生成・保守ツールの `list` コマンドと `status` コマンドを実行した結果である。 `lsm` ファイルに対応した UML 図と、各 UML 図の更新状況が読み取れる。



図 6 UML 図生成・保守ツールを使用中の ESP 支援環境

```
*** UML Specification Map
[afx.lsm, [cab]]
[afxcore.lsm, [cab]]
[asast.lsm, [cab]]
[ascore.lsm, [cab]]
[ash.lsm, [p, pd, pr]]
[asmacro.lsm, [clab, cab]]
[asnatives.lsm, [cab]]
[asnativex.lsm, [cab]]
[asparser.lsm, [cab]]
[ast.lsm, [cab]]
[aswork.lsm, [cab]]
[lang.lsm, [c4ab, prd]]
[natives.lsm, [cab]]
[node.lsm, [cab]]
[pane.lsm, [cab]]
[parser.lsm, [cab]]
```

図 7 `list` コマンドの出力結果

```
*** UML Repository Status: src/uml/
src/uml/afx-cab.uml: diff: not changed
src/uml/afxcore-cab.uml: diff: not changed
src/uml/asast-cab.uml: diff: not changed
src/uml/ascore-cab.uml: diff: not changed
src/uml/ash-p.uml: diff: not changed
src/uml/ash-pd.uml: diff: not changed
src/uml/ash-pr.uml: diff: not changed
src/uml/asmacro-clab.uml: diff: not changed
src/uml/asmacro-cab.uml: diff: not changed
src/uml/asnatives-cab.uml: diff: not changed
src/uml/asnativex-cab.uml: diff: not changed
src/uml/asparser-cab.uml: diff: not changed
src/uml/ast-cab.uml: diff: not changed
src/uml/aswork-cab.uml: diff: not changed
src/uml/lang-c4ab.uml: diff: not changed
src/uml/lang-prd.uml: diff: not changed
src/uml/natives-cab.uml: diff: not changed
src/uml/node-cab.uml: diff: PKG:0-0 CLASS:2-1 MEMB:0-0 REL:5-2
src/uml/pane-cab.uml: diff: PKG:0-0 CLASS:2-1 MEMB:0-0 REL:4-2
src/uml/parser-cab.uml: diff: not changed
```

図 8 `status` コマンドの出力結果

## 4 活用事例

### 4.1 Ash 開発における UML 図の作成と管理

図 1 に示す Ash の実装である Java コードの全体規模は、53 パッケージ、467 ファイル、45.6KLOC になる。これに加えてクラス図エディタ `de` を実装したコードは、8 パッケージ、48 ファイル、5.24KLOC の規模である。これらの Java コードのアーキテクチャを把握するために、本クラス図生成・保守システムを活用している。図 9 は、Ash の全体アーキテクチャを表すパッケージ図 `ash-p.uml` である。このパッケージ図はパッケージ間の依存関係の複雑さを把握するのに役立っている。理解を超える複雑さの臭いを感じたらパッケージレベルのリファクタリングのシグナルとなる。

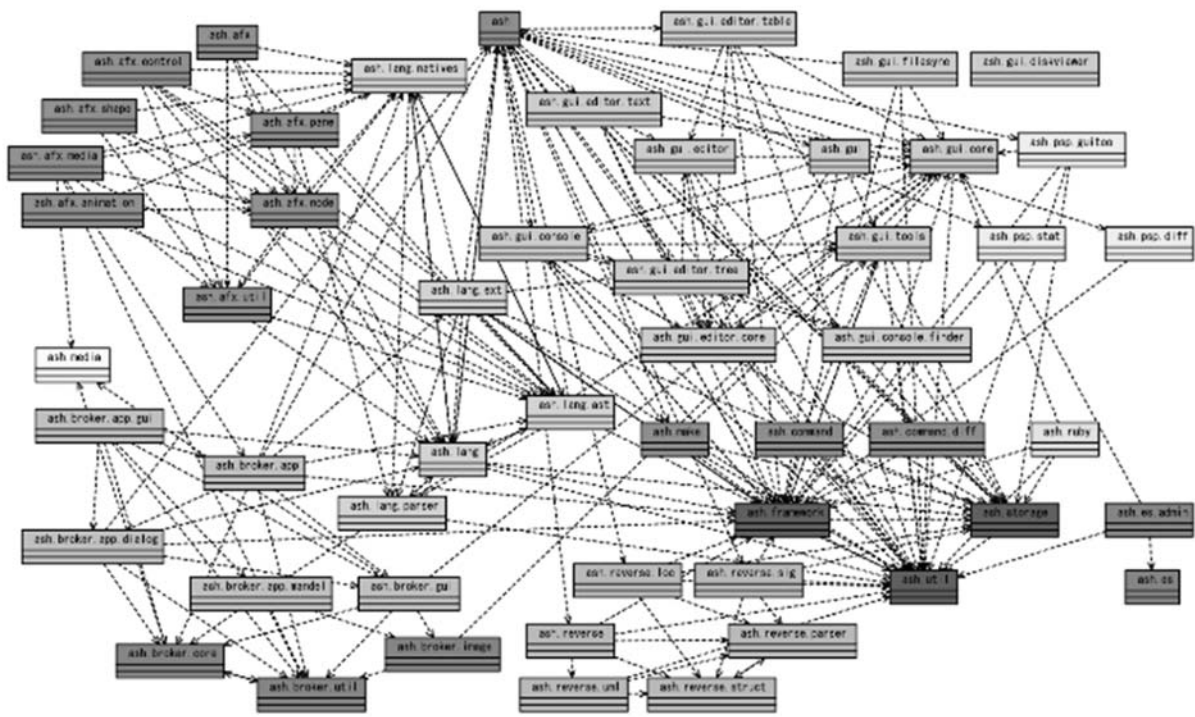


図 9 Ash 全体アーキテクチャを表すパッケージ図

Java コード以外に, AshScript プログラムのコードが 25 パッケージ, 249 ファイル, 16.9KLOC になる. これらのプログラムに関しても, 早期に本システムの管理下に置きたいと考えている.

#### 4.2 AshScript 言語開発における UML 図の作成と管理

AscScript 言語の開発でもパッケージ図とクラス図を活用している. 図 10 は, AshScript 中の JavaFX クラスのラップクラスを構成するパッケージ群のクラス図の一部を抽出するためのクラス定義ファイル(afxcore.lsm)を示す. JavaFX クラスのラップクラスの全体から animation と control の 2つのパッケージを除いたクラス図を定義している.

```
src/ash/afx/*.java
#src/ash/afx/animation/
#src/ash/afx/control/
src/ash/afx/media/
src/ash/afx/node/
src/ash/afx/pane/
src/ash/afx/shape/
src/ash/afx/util/
```

図 10 クラス定義ファイルの例(afxcore.lsm)

図 11 はこのクラス定義ファイルに cab オプションを適用して merge コマンドで作成したクラス図である. クラス定

義ファイルで定義された Java ソースファイルから cab オプションで格子状にレイアウトしたクラス図を生成し, これに UML 図エディタできれいにレイアウト済みの全体のクラス図のレイアウト情報を当てはめて生成された結果を示す. この使用例は, 全体の中からある設計の観点で重要な部分を抽出し, その部分に集中して検討を深めるためのドキュメンテーションに役に立つ.

図 11 の例は依存関係を含めてもそれほど複雑にならず依存関係もクラス間関係の有益な情報を提供してくれている. しかし依存関係を含めたクラス図は一般に極めて複雑になる場合が多い. そのようなクラス図では, クラス間関係として依存関係を含まず継承関係と関連だけからなるアーキテクチャの骨格を示すクラス図をまず作成し, その後で依存関係を加えたクラス図を作成してみると良い. merge コマンドを利用することで容易にそのようなクラス図の作成ができる.

#### 5 今後の課題

クラス図の半自動生成と自動保全を支援するツールは, 現在の ESP 支援環境の開発プロセスの中に組み込まれ定着している. ツール機能をさらに改善するために, 今後他言語への対応と自動レイアウト機能の改善の課題が考えられる. 課題に取り組む指針を以下に示す.

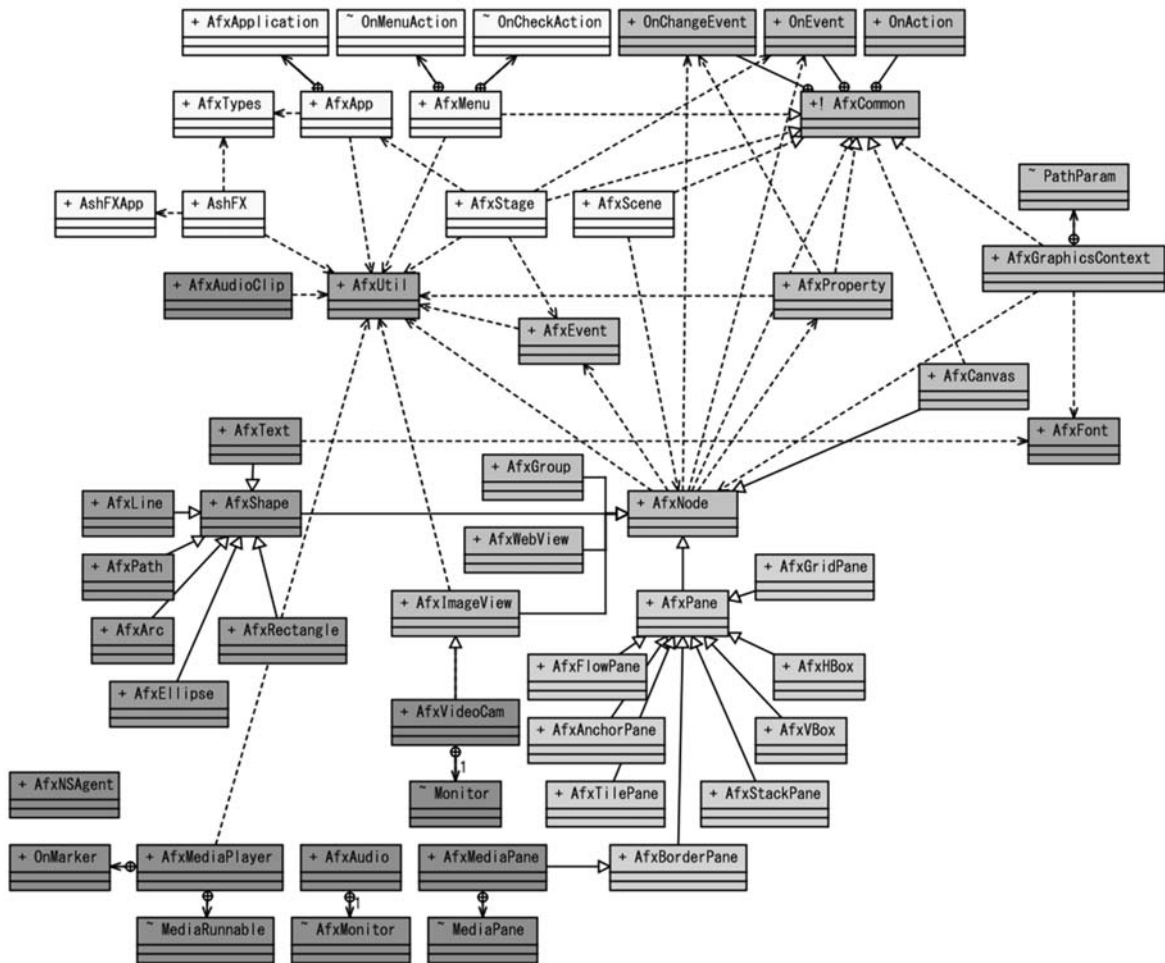


図 11 merge コマンドを使って afxcore.lsm から生成されたクラス図(afxcore-cab.uml)

## 1) Java 以外の言語への対応

Java と UML はオブジェクト指向における重要概念の整合性がよく、双方の対応付けが明確である。同様のオブジェクト指向の概念をサポートする言語であれば Java と同様のリバース機能を提供できるだろう。Ruby や Python 等の強く型付けされていない言語では Java の総称型が提供する型情報を利用できないために、関連と関連の多重度の解析が困難になるだろう。

AshScript では、プログラムコードの可読性を向上させるために、変数や関数の引数、戻り値に対して選択的に型宣言を認める仕様にした。プログラムコードに適切に型情報を補うことによって、可読性が向上するとともにアーキテクチャを表すクラス図の関連の表現を適切に設定できるようになる。ドキュメンテーションの質を徐々に高めるようなリバース機能の提供が可能である。

## 2) UML 図の自動レイアウト

uml コマンドで自動レイアウトされた UML 図は、クラスボックスを格子状のマス目に順番に配置するだけの単純なアルゴリズムでダイアグラムのレイアウトを決めている。ダイ

アグラムエディタのレイアウト編集機能が使いやすければ、この単純なレイアウトアルゴリズムでも手動で手早くレイアウトを決めることができ、大きな不便を感じることはなかった。それでも数十個のクラスノードをもつクラス図では、見やすくレイアウトするのに数十分の時間を要することもあった。既存のツールの中には、自動レイアウト機能を持つものもあるが、ある程度複雑なクラス図になると、満足いく結果は得られなかった。何種類かのクラス図のレイアウト編集を経験する中で、以下の方針で自動レイアウトのアルゴリズムを開発すれば、実用性が向上するものと考えている。

- 継承関係に基づいて木構造ベースでクラス図の骨格を決める。
- 関連でつながったクラスをこの骨格になるクラス群の中に配置する。配置の際に、平均距離や関係を表す線の交叉数の最小化を図る。
- 上記で配置されないクラスに関しては、依存関係に基づいて配置する。配置の際に、b)と同様に平均距離や依存関係を表す線の交叉数の最小化を図る。



## 6 おわりに

ESP を展開するためにはツールによるプロセス支援が不可欠である。本稿で報告したクラス図の半自動生成と自動保全を支援するツールは数 KLOC のレベルの探索的なソフトウェア開発を継続的に進める上での必要性から生まれたものである。特にアジャイル文化で育ったプログラマでも受け入れられる使い勝手を目指した。

ESP 支援環境の開発はこれまで Java 言語を中心に進めてきたが、本ツールの開発では、Java で開発したツール（リバースツールとクラス図エディタ）を AshScript からコマンドレベルで呼び出して全体システムを構築した。AshScript は、OS レベルで提供されたコマンドや Java で記述されたライブラリやツールを含む様々な種類のコンポーネントを統合するための記述言語として快適なプログラミング環境を提供してくれた。ESP 支援環境の開発ではこのような形態のソフトウェア開発が主流になるだろう。

現在の ESP 支援環境としては、UML 図の作成・保守ツールの他に、版管理機能として Subversion を GUI から利用するためのツール、正規表現による文字列検索を GUI で行うツール、作図や描画のためのライブラリ、メタ情報の管理ツール等を AshScript で開発してきた。さらに充実を図り、実用性を高めていきたい。

## 参考文献

- [1] 秋口忠三, “教育用ソフトウェア開発環境基盤の試作,” 産業技術大学院大学紀要, Vol. 1, pp.111-119, 2007.
- [2] 秋口忠三, “ソフトウェアプロセス支援環境の試作と評価,” 産業技術大学院大学紀要, Vol.3, pp. 1-12, 2010.
- [3] 秋口忠三, “Ash プログラミング環境における GUI ライブラリの設計と評価,” 産業技術大学院大学紀要, Vol.4, pp.1-12, 2010.
- [4] 秋口忠三, “EntityStore: 永続的なオブジェクト管理のためのフレームワーク,” 産業技術大学院大学紀要, Vol.5, pp.1-14, 2011.
- [5] 秋口忠三, “NSBroker: インターネット上での対話型通信基盤,” 産業技術大学院大学紀要, Vol. 6, pp.21-35, 2012.
- [6] 秋口忠三, “発展的ソフトウェアプロセスとそれを支援するプロセスプログラミング言語 AshScript,” 産業技術大学院大学紀要, Vol. 7, pp.1-10, 2013.
- [7] Debasish Ghosh, 「実践プログラミング DSL ドメイン特化言語の設計と実装のノウハウ」, (株) 翔泳社, 2012.
- [8] アジャイルソフトウェア開発宣言,  
<http://agilemanifesto.org/iso/ja/>
- [9] astah, <http://astah.change-vision.com/ja/>
- [10] AmaterasUML, <http://amateras.sourceforge.jp/cgi-bin/fswiki/wiki.cgi?page=AmaterasUML>
- [11] EclipseUML,  
[http://music.geocities.jp/kreisler\\_liebesleid/java/UML/EclipseUML4.html](http://music.geocities.jp/kreisler_liebesleid/java/UML/EclipseUML4.html)
- [12] UMEditor, <http://sourceforge.jp/projects/umeditor/>
- [13] Object Management Group, “UML2.0 仕様書 2.1 対応,” オーム社, 2006.
- [14] Java 新機能,  
<http://www.ne.jp/asahi/hishidama/home/tech/java/uptodate.html>
- [15] Martin Fowler, “UML モデリングのエッセンス 第3版,” 羽生田 栄一 (監訳), 翔泳社, 2005 年.

# 超高温焼成による木質廃材の再資源化とコジェネレーションシステム

佐藤玄<sup>1)</sup> 小浜貴士<sup>2)</sup> 吉開紀男<sup>2)</sup> 落合光男<sup>2)</sup> 管野善則<sup>3),\*</sup>

## Recycling of Waste Wood by Ultra-High-Temperature-Firing and Cogeneration System

Gen Sato<sup>1)</sup> Takashi Kohama<sup>2)</sup> Norio Yoshikai<sup>2)</sup> Mituo Ochiai<sup>2)</sup> Kanno Yoshinori<sup>3),\*</sup>

### Abstract

We investigated into the recycling method of waste wood by ultra-high-temperature-firing and cogeneration system. The feature of our apparatus is free from the electric energy and thermal one, and is composed of low cost system. The resultant activated carbon was characterized by X-ray diffraction, SEM observation, and specific surface area measurement by nitrogen adsorption method. Our activated carbon was composed of homogeneous pore size being 10~20 $\mu$ m, and well-developed honey-comb-like microstructure.

**Keywords:** Activated Carbon, Waste Wood, Cogeneration System, Specific Surface Area, Honey-comb type structure, X-ray diffraction, microstructure

### 1 はじめに

日本では地方において森林荒廃が騒がれている。この森林荒廃の元になっているのは木質材料であり、高温多湿のわが国における数少ない有望な資源の一つである。さらに近年地球温暖化の影響で、大気を構成している分子の運動エネルギーの著しい増加により流体の運動が攪乱されエネルギー分布が不均一化している。その結果、異常気象と呼ばれる激しい気候変動が発生し、風水害による甚大な被害が世界的に発生している。その際、排出されてくる廃材などの処理に困惑している場面が多く見られる。我々は興廃した地方山間部の生き残り策として木質資源の高性能化を試みた。さらに将来的にはコジェネレーション化によるエネルギー供給のシステムを確立したいという希望を持っている。本報告では、第一ステップとして全ての木質資源を低コストで優れた特性を有する活性炭に変化させる手法について検討した。活性炭あるいは木炭とは木材などの植物組織を半ば密閉した状態で加熱し、炭化させて得られた炭である。主成分は炭素であり極微量のアルカリ塩を含む。

活性炭、木炭は炭化させる素材はもとより雰囲気、炭化温度や焼成時間などの諸々の因子によって生産される活性炭の性状が様々に変化する。

### 2 実験

図1に使用した実験装置の概要[1]を示す。

装置の特徴としては、以下の項目があげられる。

- ① 1200~1400 $^{\circ}$ Cの高温炭化で製炭。
- ② 全ての木材を優秀な活性炭に加工可能。
- ③ 省資源、省エネ(電力不要、化石燃料常時不要)のため、経済的であり環境にやさしい。
- ④ 活性炭製造機でありながら無煙式であり、ダイオキシンなどの発生も法定排出基準値を大幅に下回っている。立ち上がり時の煙発生およびダイオキシンを発生させないため、煙感知器による消炎やエアブローを完備している。
- ⑤ 取り扱いも容易で安全性にも優れ、高温部は水壁、耐久性に富みメンテナンス費用も低額。冷却水槽は運転中、給湯システムとして有効利用することが可能。
- ⑥ 熱エネルギーのコジェネレーション化が容易である。

### 3 実験結果および考察

#### 3.1 電子顕微鏡観察

図2~図5に製造した活性炭の電子顕微鏡観察による微細構造を示す。図2は廃材の合板、図3は生木、図4は竹由来、図5は参考のために紀州産の備長炭の微細構造を示

Received on 2014-10-14

1) (株)ムジカ企画

Musica Project Co.

2) オネストアーク(株)

Honest Arch Co.

3) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

す。SEM 像観察から推察されるのは、本実験により製造された活性炭はポラス度が均一であり、ハニカム状の構造を成しており、可燃性ガスの脱離の機構と焼成による焼結機構が徐々にバランス良く進行し、ハニカム状の良い多孔体が製造されていると推察される。おおよそ孔径が 10~20 $\mu\text{m}$  の領域にある構造体である。竹炭と備長炭の場合はマイクロポアとマクロポアからなる二種類の微細構造をなす活性炭であることが分かる。これは原材料の木質構造そのものに由来する

と推察され、竹炭の場合、原材料の内部構造が疎の部分と密の部分に分かれており、可燃性ガスの脱離と焼成による焼結の進行度のバランスの制御が難しいものと思われる。同様に備長炭はナナカマドなどの硬い高強度のデンスな木質構造体から製造されたものであり、竹炭同様、焼成による可燃性ガスの脱離機構と焼結機構速度の進行の調整が難しくマイクロポア、マクロポアからなる微細構造活性炭として製造されるのであろう。

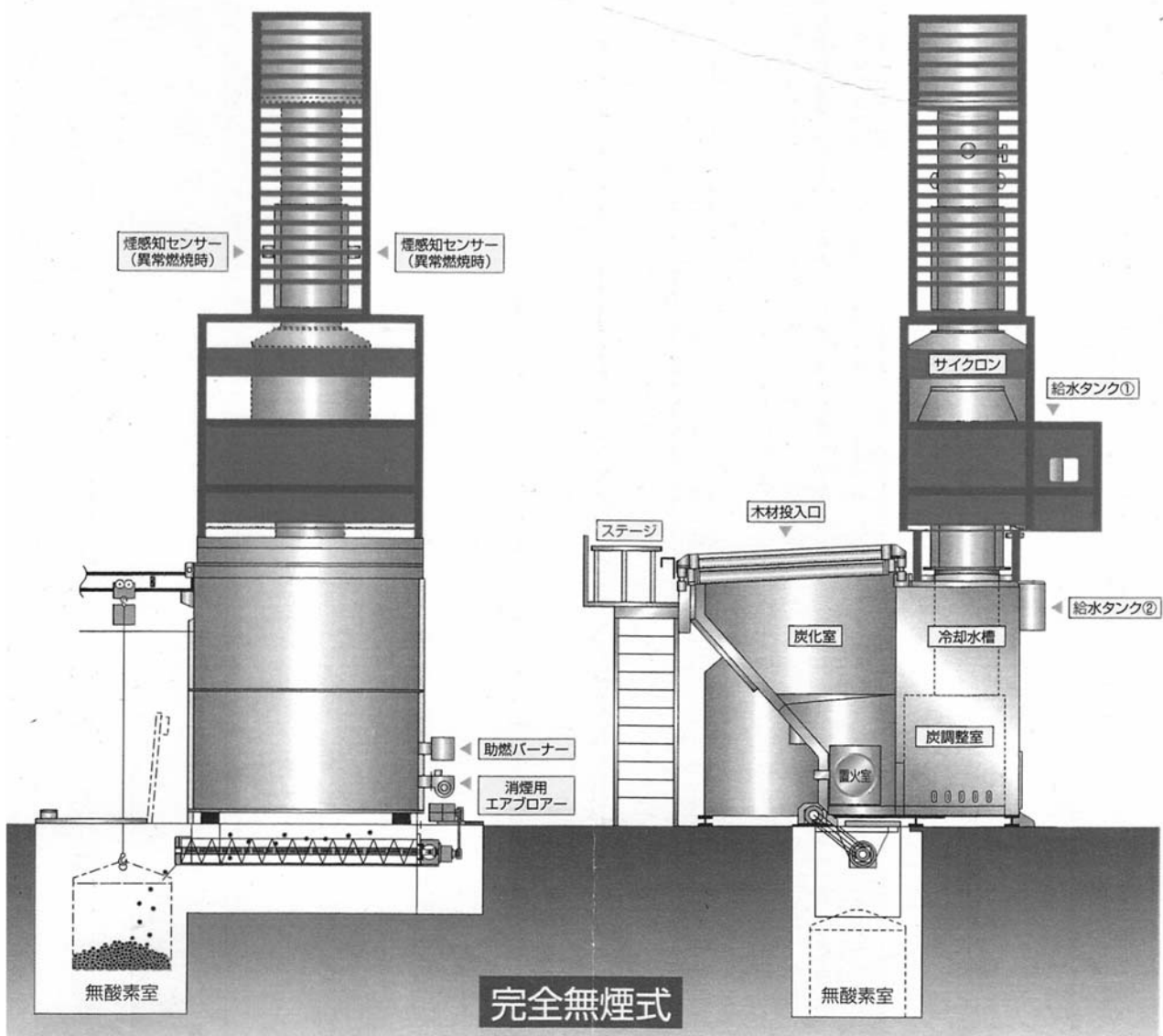
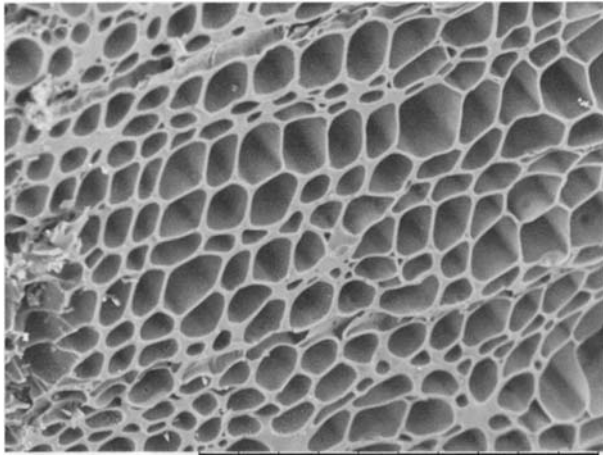
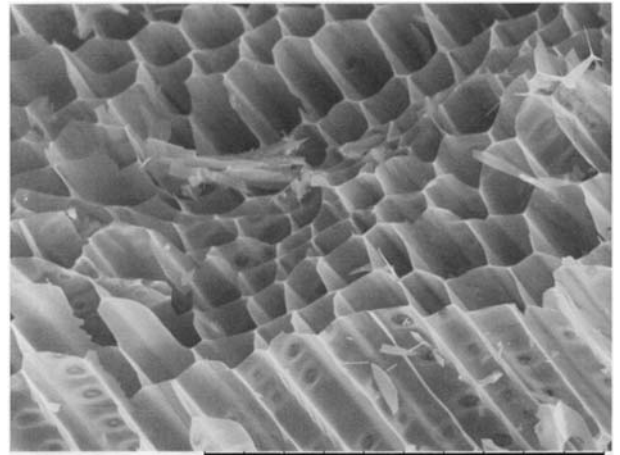


図1 実験装置



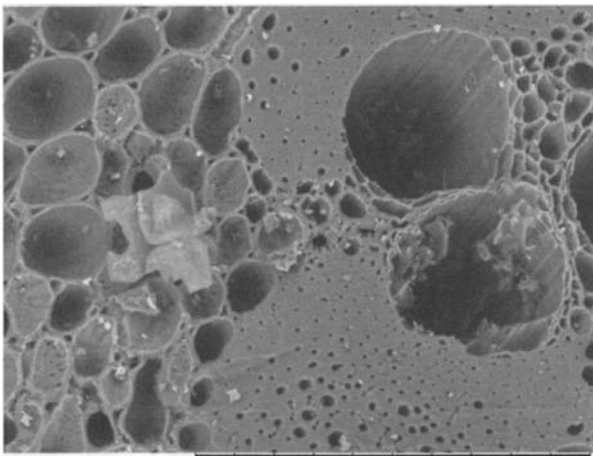
D3.7 x500 200 um

図2 SEM像(廃合板由来の活性炭)



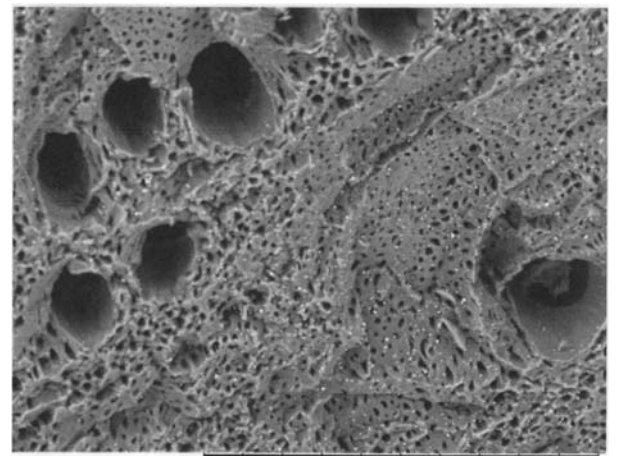
D2.7 x500 200 um

図3 SEM像(生木由来の活性炭)



D4.4 x500 200 um

図4 SEM像(竹由来の活性炭)



D3.6 x500 200 um

図5 SEM像(紀州産備長炭)

### 3.2 粉末X線回折による結晶構造解析

図6~図9まで図2~図5で用いた活性炭のXRD測定の結果を示す。XRDの測定結果は、いずれの資料もカーボンのピークと一致している。図6の廃合板から製造された活性炭は合板製造時に加えられた微量成分の痕跡が見られる。図7の生木由来の活性炭は微量成分の含有率も低く、結晶化度も若干向上している。図8の竹由来の活性炭は微量不純物が少なく、若干結晶化度が悪く、アモルファス構造体の領域

がかなりの部分存在しており、結晶体とアモルファス体の複合活性炭であると思われる。図9の備長炭由来の活性炭は不純物の含有量も少なく、比較的良好に発達した結晶体からなり、高強度と呼ばれる所以が推察される。

これらのXRD結果とSEM観察像から導き出されるのは、ハニカム状のポーラス活性炭の方がより結晶成長がしやすいのであろう。

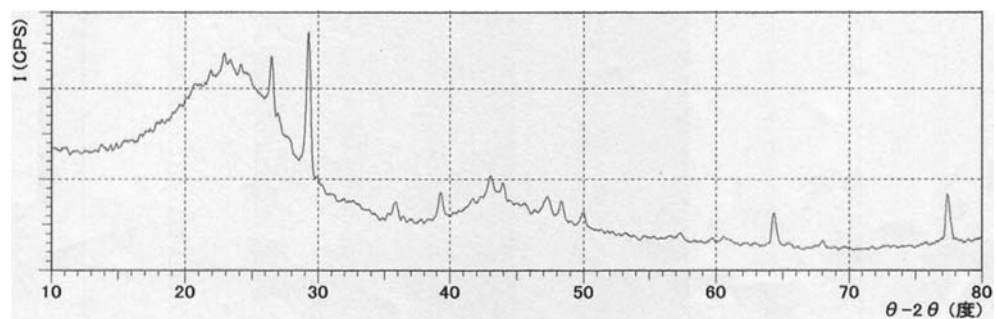


図6 XRD(廃合板由来の活性炭)

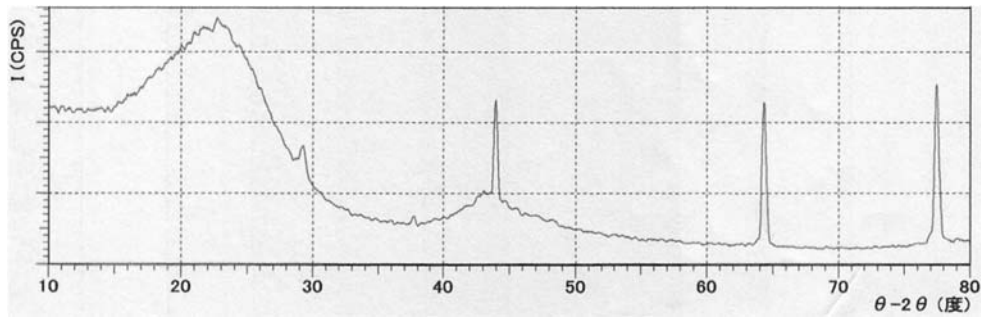


図 7 XRD(生木由来の活性炭)

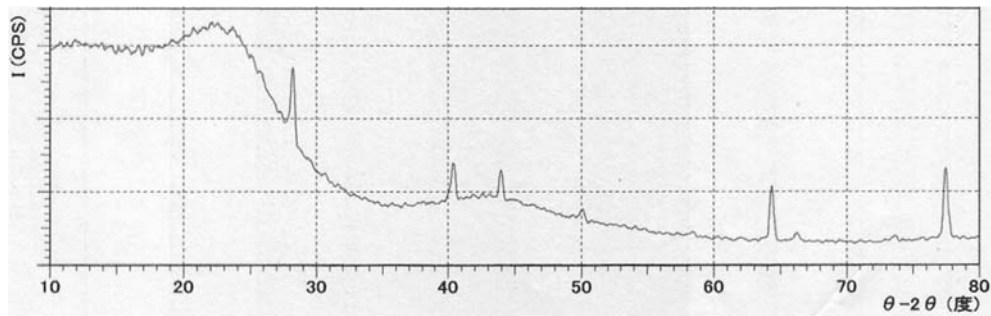


図 8 XRD(竹由来の活性炭)

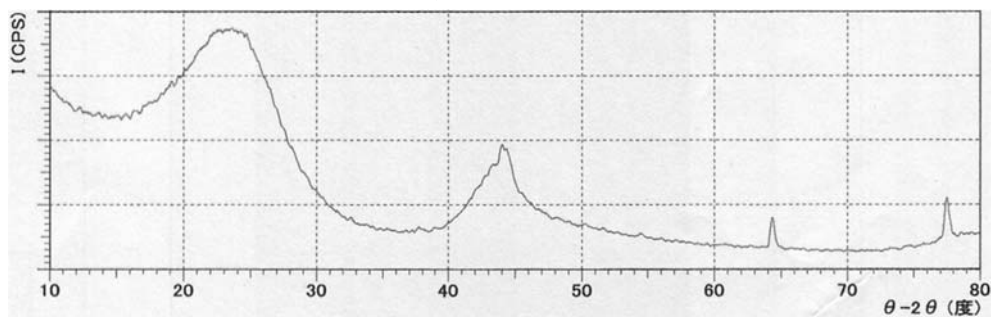


図 9 XRD(紀州産備長炭)

### 3.3 窒素吸着法による比表面積の測定

図 10～図 13 に BET plot を示す。いずれの活性炭の BET plot も直線性は良好であり、満足いく前処理工程が成されていたと推察される。次に、表 1 に各々の活性炭の比表面積の値を示す。比表面積の値が最も大きいのは、生木由来の活性炭であり、次に大きいのは廃合板由来の活性炭、第三番目は竹由来の活性炭、一番比表面積の小さい活性炭は備長炭であった。この序列が生じた理由として、やはりマクロポアの存在が大きい。一般に、マクロポアは著しく比表面積を低減させてしまうものである。この結果の意味するもの

は、長時間使用する燃料としての木質炭(活性炭)としては比表面積の小さい、すなわち燃焼速度の遅い備長炭が適しており、長時間調理加熱するような飲食店において、例えば高級料亭において備長炭が重宝がられている所以でもある。大気汚染や大気中臭気、ガス、有害ガスなどの用途には生木由来の活性炭が適しており、流木や干ばつ材などは本報による焼成により環境汚染物質などの吸着剤として有効であると推察される。このように活性炭(木質資源)は用途用途によって適宜最適製の炭を使用すべきであると考えられる。

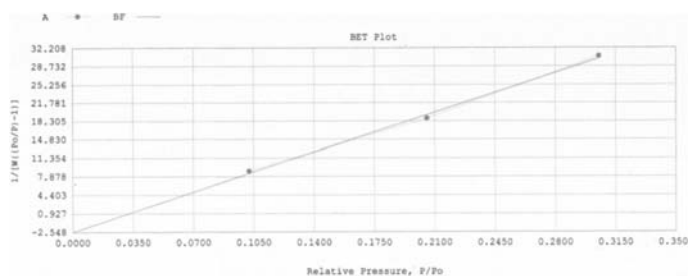


図 10 BET plot(廃合板由来の活性炭)

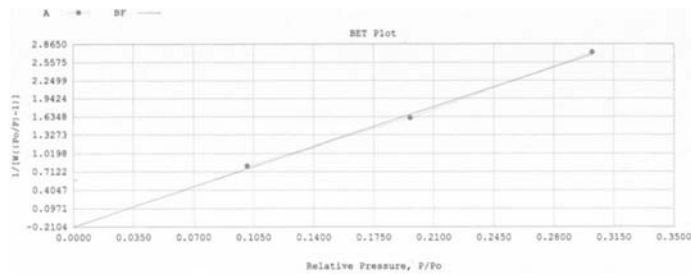


図 11 BET plot(生木由来の活性炭)

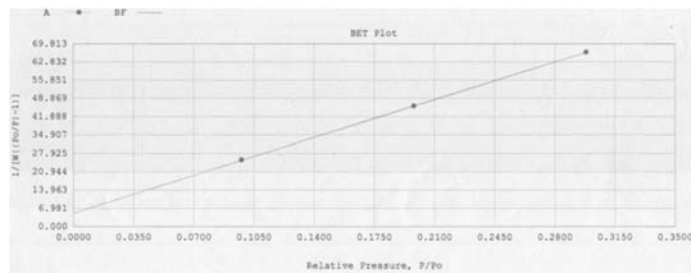


図 12 BET plot(竹由来の活性炭)

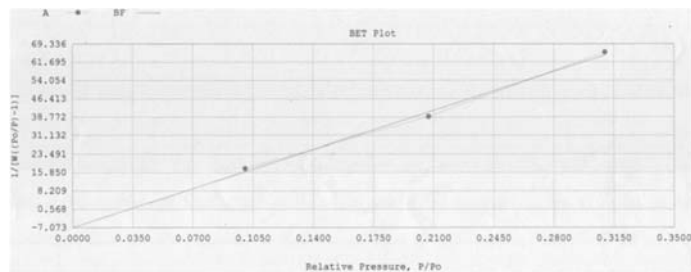


図 13 BET plot(紀州産備長炭)

表 1 各々の活性炭の比表面積

No.	活性炭の種類	Specific surface area(m <sup>2</sup> /g)
(a)	廃合板由来の活性炭	33.30
(b)	生木由来の活性炭	371.73
(c)	竹由来の活性炭	16.54
(d)	紀州産備長炭	15.53

#### 4 まとめ

地方山間部における森林荒廃への対策として木質資源の高性能化を試みた。木質資源を低コストで優れた特性を有する活性炭に変化させる手法について検討した。

SEM 像観察から、本実験により製造された活性炭はポーラス度が均一であり、ハニカム状の構造を成していた。可燃性ガスの脱離の機構と焼成による焼結機構が徐々に進行し、バランスの良い多孔体が製造されていると推察される。竹炭と備長炭の場合はマイクロポアとマクロポアからなる 2 種類の微細構造をなす多孔体が生成しやすいことが判明した。

XRD の結果から、竹由来の活性炭は微量不純物が少なく、若干結晶化度が低いことが明らかになった。XRD 結果と SEM 観察像からハニカム状の構造壁の薄いポーラス活性炭の方がより結晶成長がしやすいのであろう。

また窒素吸着法による BET 測定から比表面積の値が最も大きいのは生木由来の活性炭であった。大気汚染や大気中臭気、ガス、有害ガスなどの用途には生木由来の活性炭が適しており、流木や干ばつ材などは本報による焼成により環境汚染物質などの吸着剤として有効であると推察される。10～20 $\mu$ m 孔径のポアを有するハニカム状構造体の多孔体の場合、特に分子量の大きい分子、例えばダイオキシン等の有機塩素系有毒ガスの処理剤として有望であると思われる。

#### 参考文献

- [1] 特許公報(B2) 第 4008414 号,2007.



# シェルに代わりうるデータ処理のためのグルー言語開発

上田 隆一<sup>1)</sup>

## An Alternative Glue Language for Shell Scripting

Ryuichi Ueda<sup>1)</sup>

### Abstract

We propose a novel programming language that supersedes current shell languages for Unix-like systems. The language, GlueLang, has the following features: separation of pipelines from procedures, simplification of procedures for using temporary files, and automatic error checking. We have discussed the usability of GlueLang in these features.

**Keywords:** Unix, Shell, Glue Language, Shell Script

### 1 はじめに

シェルスクリプトはUNIX系OS, UNIX互換OS等のシステムの設定やソフトウェアのインストール, 簡単なデータ処理に使われて来た。また, 近年は大規模なシステム開発にも用いられている [1]。シェルスクリプトを用いると, システムが準備しているコマンドの利用, ファイルへの入出力やパイプライン処理が容易に利用できるなど, 一般的な言語とは異なる利点がある。

一方でシェルスクリプトにおいては現在主流のプログラミング言語にはない特徴があり, これが癖ととらえられることがある。これはシェルが, 「ファイルやコマンドを利用するためのユーザとの対話的インタフェース」と, 「スクリプティングのためのプログラミング言語」の二つの役割を担っていることが原因の一つと考えられる。例えばシェルが主にファイル入出力を扱うことから, ファイルを一時変数のように用いる技法が多用される。また, 変数に文字列しか記憶できないことや, 不等号記号が数値の比較ではなくファイル入出力の表現に利用される等は, シェルの主な特徴である。

シェルスクリプトが他の言語と比較して異なる点は, 上記のようにシェルスクリプトの担う役割に特化していることが理由である。しかし, シェルスクリプトは, 記述者が行おうとすればコマンドやファイルを利用せずに算術演算や条件分岐などを駆使してプログラミングすることも可能である。ただし大半のシェルには変数に文字列しかないため, 他の言語と比較してコードが煩雑になる。また, このようなコードとコマンドを使用するコードが混在すると, さらに煩雑さが増す。

また, 別の問題点として, 最近, 最も多く使われているシェルの一つである bash に重大な脆弱性が発見された [2]。この脆弱性はすぐに修正できるものであったが, 現在利用されている bash のソースコードは Kernighan らによる「プログラミング言語 C」に見られる, いわゆる「K&R スタイル」で記述されている古いものであり, メンテナンス性に僅かながら影響を与えている [3]。また, 他のよく用いられているシェルについても goto 文が多用されている等, 実装が古いものが大半で, メンテナンスやバグの指摘を行える技術者の数は今後減ることが考えられる。

そこで本研究では, 特にスクリプティング用のシェル言語について, 新たな仕様を考え, 実装を行うこととする。本稿では, リダイレクトやパイプ等, UNIX系OSの機能を容易に使えるというシェルの特長を保ちつつ, 読み書きしやすい文法を提案し, 実装で検証を行う。2章で関連研究について述べ, 3章では本稿で着目する改善点を挙げる。4章で提案する言語を説明し, 5章で評価を行う。6章で本稿をまとめる。

### 2 関連研究

Weber は, Haskell においてシェルスクリプティングを行うためのモジュール Shelly を開発している [4]。この事例では, 型安全なシェルスクリプティングを行うことが目的とされている。朝倉らは, OCaml 上でシェルスクリプティングを行うために OCommand という領域特化言語 (domain-specific language, DSL) を提案している [5]。この研究でも, 型安全がテーマとなっている。

また, Unix が開発されて以来, 様々なシェルが提案されている。特に利用されてきたものとして, 「B シェル系」のシェルと「C シェル系」のシェルがある。前者については一般的なコマンド名で sh, ash, ksh, bash, dash, fish, zsh 等が挙

Received on 2014-10-03.

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology



げられ、後者については `csh`, `tcsh` が挙げられる。B シェル系、C シェル系共に、いずれもコマンドラインで用いることが想定されている。特記すべき事として、`csh[6]` では本稿と同様、書き方についての改善が試みられ、B シェル系に比べて制御構文の表記が C 言語に近くなっている。しかし、シェルにはコマンドをユーザに手軽に利用させる役割があり、この役割を C 言語の文法で素直に表現するのは難しい課題である。B シェル系のシェルについては、いずれのものも 1 章で述べたように、コマンドラインでの利用とシェルスクリプトでの利用の利便性のバランスが考えられている。

### 3 改善すべき事項

本稿では、シェルスクリプトの役割はファイル入出力処理とプロセス操作を簡潔に記述することが中心であるという立場から、型安全や C 言語風の表記にはこだわらず、役割を素直に表現した言語を提案する。型に関する改善については、ファイル内やパイプラインを通るデータを検査するコマンド等、外部の仕組みを利用する。

この方針に基づいて考え、現在の B シェル系のシェルの文法や処理系で改善すべき点として、以下の点に注目する。

- 中間ファイルの問題
- 可搬性の問題
- コードの読みやすさ、書きやすさに対する改善の余地

本章ではこれらについて説明する。

#### 3.1 中間ファイルの問題

シェルスクリプトにおける中間ファイルは、一般的な言語において変数の役割を果たすが、注意してシェルスクリプトを書かないと、シェルスクリプトの終了後にファイルが消去されずに残ってしまう等、取り扱いが煩雑である。

例として、一つの間接ファイルを利用する `bash` のスクリプト（以後、シェルスクリプトと表記）を図 1 に示す。これは、図 2 のような出力を得るシェルスクリプトで、12 行目で中間ファイルを生成している。

このシェルスクリプト中には、この中間ファイルに関連する処理が次のように複数存在する。

- 3 行目: 中間ファイルの変数名を指定
- 6, 15 行目: 中間ファイルを消す処理

実際に行いたい処理は 12, 13 行目であるが、これよりも多くの行数を中間ファイルの取り扱いに割いており、この冗長性は排除できる可能性がある。また、中間ファイルではなく変数を利用すれば、処理が中断された場合にファイルが残る等の問題は起こらないが、コマンドの出力をそのまま変数に代入すると改行が空白に変換されるなど、取り扱いが難しい。

```
01 #!/bin/bash
02
03 tmp=/tmp/$$
04
05 ERROR(){
06     rm $tmp-*
07     exit 1
08 }
09
10 trap ERROR 1 2 3 15
11
12 echo {1..3} | tr ' ' '\n' > $tmp-num
13 echo {a..c} | tr ' ' '\n' | paste $tmp-num -
14
15 rm $tmp-*
```

図 1 中間ファイル tmp を使うシェルスクリプト (example1.bash)

```
$ ./example1.bash
1      a
2      b
3      c
```

図 2 example1.bash の実行結果

#### 3.2 可搬性の問題

同一のシェルスクリプトを異なる環境で動作させる場合には、使用するコマンドの挙動が環境によって異なることがしばしば問題となる。これは、各 OS や Linux ディストリビューションが便利さを競って起こることなので、コマンドを統一して問題を防げばよいというものではない。

本稿で問題とするのは、可搬性を考慮したシェルスクリプトと、そうでないシェルスクリプトの区別がつきにくいことである。シェルスクリプトの大半は行いたい作業を即興で書いたもので、この場合は可搬性を考慮しなくてよい。ただ、そのようなシェルスクリプトを公開したときに、それがどの範囲で可搬性のあるものなのか識別する仕組みがあると便利であるが、シェルにはその機能が無い。

#### 3.3 コードの読みやすさ、書きやすさに対する改善の余地

シェルスクリプトを使うと、コマンドをパイプで連結して書くことで、コマンドを関数に見立てた関数型プログラミングを行うことができる。シェルでのパイプライン処理は

- マルチプロセスで CPU を有効利用できること
- 中間ファイルを減らせること

など、特に数 GB レベルのデータを処理するときに利点大きい。

ただし、一般的にシェルスクリプトは手続きを書くもので、パイプライン処理が全面に押し出されているわけではない。例えば、`bash` においてはパイプライン処理中のコマンドの

終了ステータスを確認するには、PIPESTATUS という配列変数を確認しなければならず、この確認処理やエラー処理はプログラマ自身で実装しなければならない。sh や bash には -e という、コマンドの終了ステータスが 0 以外となると停止するというオプションがあるが、パイプライン中のコマンドに対しては適用外である。

これがシェルスクリプトの読み書きの煩雑さに与える影響は大きい。PIPESTATUS を用いたエラー処理を図 1 のコードに加えた例を図 3 に示す。17 行目の echo を ech と故意に間違えてあり、このシェルスクリプトは 18 行目の ERROR\_CHECK でエラーが検知され、12 行目で ERROR 関数が呼び出されてシェルスクリプトが停止する。このシェルスクリプトも図 1 のものと同様、行いたい処理は 2 行しかないが、エラー処理を書くときのようにコードが膨れ上がる。

```
01 #!/bin/bash -vx
02
03 tmp=/tmp/$$
04
05 ERROR(){
06     rm -f $tmp-*
07     exit 1
08 }
09
10 ERROR_CHECK(){
11     [ "$(tr -d '0' <<< ${PIPESTATUS[@]})" \
12     = "" ] || ERROR
13 }
14
15 trap ERROR 1 2 3 15
16
17 ech {1..3} | tr ' ' '\n' > $tmp-num
18 ERROR_CHECK
19 echo {a..c} | tr ' ' '\n' | paste $tmp-num -
20 ERROR_CHECK
21
22 rm $tmp-*
```

図 3 パイプラインに対するエラー処理

さらに、シェルスクリプトに書いた while 等の制御構文は、サブシェルと言われる本体とは別のプロセスで実行さ、これがエラー処理のバグをよく生じさせる。エラーを検知してシェルスクリプトの実行を止めるコードを書いたつもりが、サブシェルしか止まらない記述になっているということが熟達者にも起こる。

また、エラー処理とは別の問題として、初心者にありがちであるが、シェルスクリプトを書くときには、コマンドをあまり使わずに処理が書いてしまうことも問題として挙げておく。コマンドの比率が少なく、変数や制御構文を多用したシェルスクリプトには、次のような問題がある。

- 変数が文字列だけであり数字の処理が煩雑になる。

- 特に for や while で繰り返してコマンドを立ち上げたときに処理が遅い。
- コマンドやパイプラインなど他の言語にないものが混在して雑然とする。

これはそのままシェルスクリプトの欠点とされることが多いが、程度が酷い場合にはシェルスクリプトの誤用とも言える。

## 4 新言語の文法と実装

前章の問題を受けて、次のような機能を実現するスクリプティング用のシェル言語を考える。

- 中間ファイルの利用を簡単にする。
- エラー処理を暗黙のものにする。
- シェルスクリプトの様々な使い方が混在しないようにする。

本稿ではこのような言語を提案し、実装する。実装では、この言語を bash へ変換するトランスレータを書き、このトランスレータの出力を bash で実行するものを作成する。本来は C 言語でシェル実装することが望ましいが、本稿では文法上の利便性を確認するにとどめる。トランスレータの実装は、言語として Haskell を使い、Leijen らによるパーサコンビネータ Parsec[7] を用いて実装する。

実装したトランスレータは、

<https://github.com/ryuichiueda/GlueLang/tree/kiyou2014>

で公開している。リポジトリの名前は GlueLang、コマンド名は glue としてある。本稿ではこの言語を GlueLang と表記する。

### 4.1 GlueLang の文法

図 4 に、解析した GlueLang スクリプトを読み込むためのデータ構造を記した Haskell のコードを示す。エラーを格納するデータ型や表示用のコードに関する定義は省略した。左辺の data の右側の単語がデータ型の名前であり、右辺がそのデータを作る際のデータコンストラクタを示す。データコンストラクタは一つのデータ型に対して複数定義することができ、その場合は | 記号で連結する。一つのデータコンストラクタは、一番左の名前と、それに続いて左辺のデータ型の構成要素である他のデータ型が並ぶ。

以下、この図で示されるデータ型と、GlueLang のコードを示しながらコードの書き方を示す。

#### 4.1.1 サブコマンド

まず、シェルスクリプトの関数に相当するものを「サブコマンド」と呼ぶ。シェルスクリプトの関数は、シェルスクリプト中でコマンドのように扱うことができるが、GlueLang でもそれを踏襲する。

```

01 data Script = Script [Import] [SubCmd]
02
03 data Import = Import Path Alias
04
05 data SubCmd = Func Name [Arg] [CmdLine]
06             | Proc Name [Arg] [SubSubCmd]
07             | Test Name [Arg] [SubSubCmd]
08
09 data SubSubCmd = IfSubCmd CmdLine [CmdLine]
10                | SubSubCmd [CmdLine]
11
12 data CmdLine = CmdLine [Io] [String]

```

図 4 パーサで用いたデータ構造  
(<https://github.com/ryuichiueda/GlueLang/blob/kiyou2014/PROTOTYPE/LangStructure.hs>  
より抜粋)

サブコマンドには、次の 3 種類の区別を設けており、図 4 の 5-7 行目に以下の 3 つのサブコマンドのデータ型が定義されている。

- `proc`: 手続き的なサブコマンド
- `func`: 関数的なサブコマンド
- `test`: 場合分けで用いるサブコマンド

`proc` は手続きを記述するために、`func` はパイプライン処理を書くために用いる。また、`test` は後述するガードで用いるものである。

```

$ cat proc.glue
proc main:
  echo "abc" > /tmp/out
  rev "/tmp/out"
  rm "/tmp/out"
$ glue proc.glue
abc

```

図 5 `proc` の例 (`proc.glue`) と実行

```

$ cat func.glue
func main:
  echo "abc"
  rev
$ glue func.glue
cba

```

図 6 `func` の例 (`func.glue`) と実行

図 5, 6 に、同じ処理を `proc`, `func` で書いたものと実行結果を示す。いずれも `abc` という文字列を反転させる処理である。スクリプトは `main` というサブコマンドから実行さ

れる。いずれの図でもサブコマンドの宣言の行以外は通常のシェルやシェルスクリプトで記述されるコマンドと引数となる。本稿ではコマンドと、それに対応する引数、リダイレクトの組を「コマンドライン」と呼ぶ。コマンドラインは図 4 では 12 行目で定義されているデータ型 `CmdLine` に格納され、`GlueLang` のコードを実行したときにそのまま実行されるため、`GlueLang` のコードを 1 行だけで見ると、`bash` と同じ挙動を示す。

コマンドラインの挙動が変わるのは `func` を用いたときである。図 5 のように `proc` で処理を書いて実行した場合、シェルスクリプトと同じようにコマンドラインが上から実行される。一方、`func` でコマンドを上から順に書くと、これらはパイプで連結される。つまり、上下のコマンドラインは全てパイプで連結され、互いにデータを入出力することが強制される。

このように同じ言語内で二つの書き方でかき分けなければならないのは言語としては欠点となるが、`GlueLang` の利用者を増やす際に `proc` よりも `func` を利用することを推奨するという狙いがある。`func` のようにデータがパイプラインを一方通行するコードには、

- データ加工の過程を追いやすい
- コマンドの並列動作

等が期待できる。一方 `proc` で書かなければならない処理はファイル入出力等が発生し、どのファイルに何が書かれているかをコードを読み書きする際に考えなければならない。熟達者はなるべく中間ファイルを利用せずにパイプラインを多段につなげてプログラミングできる。`func` の多い書き方を推奨することで、無駄の無いコマンドの使い方を広めることができる。

一般的に利用されているコマンドの中には標準入出力以外から暗黙裏にファイルへの入出力を行うものがあるため、現状では `func` を使えば必ずデータの流れが一方通行になるわけではない。これについては、例えば次に説明する `import` の機能を使ってファイルに入出力を行わないコマンドだけを使って `func` で利用するなどの方法で徹底することは可能である。

#### 4.1.2 コマンドのパスの指定

シェルスクリプトでコマンドを使いたいとき、また、非標準的なコマンドを使いたいときは、通常、環境変数 `PATH` でコマンドが存在するディレクトリを指定される。この場合、可搬性という観点では次のような問題がある。

- コマンドを使うとき、そのコマンドがどのディレクトリにあるものが明示されない。
- 環境によってコマンドの存在するディレクトリが異なる。

- 同じディレクトリにあるコマンドの挙動が環境によって異なる。

これらを根本的に解決することは困難であるが、GlueLang では「import」という仕組みを用意して、可搬性のよいスクリプティングができるようにする。図 4 の 1 行目のように、現在の実装においては、スクリプトは複数の import と複数のサブコマンドから構成される。

```
import /bin/ as b
import /usr/bin/ as ub

func main:
  b.echo "abc"
  ub.rev
```

図 7 import の使用例

import の使用例を図 7 に示す。このコードは、図 6 を加筆したものである。この使用例では、/bin/, /usr/bin/にあるコマンドを、それぞれコマンド名の頭に b., ub. と付けることでディレクトリを指定して利用している。

import の使用は任意とする。使い捨てのスクリプトを書くときに使用を強制すると利便性が悪くなると考えたからである。

使用が任意であるため、可搬性の問題はこの記述方法だけでは解決できない。しかし、例えば GlueLang 用に POSIX 準拠のコマンド集を作ってそれだけを使うなど、コマンド側で可搬性を担保することで、スクリプトに可搬性を持たせることが可能となる。また、GlueLang のヘッダ部を見て、そのようなコマンド集に対する import の有無は、可搬性を目的としたスクリプトなのか、そうではないのかを判断する情報の一つとなる。また、コマンド集は POSIX 準拠のコマンド集である必要はなく、どのようなものを作っても複数の環境で動作すればスクリプトの側の可搬性は高くなる。

コマンドごとスクリプトを移植するという考えは、スクリプトだけを移植する方法と比較すると全ファイルの容量という点で不利である。しかし、現在の計算機の環境においては問題となることは少ない。

#### 4.1.3 中間ファイルの一時変数的な利用

中間ファイルの使用の手間を軽減するため、図 8 のように、中間ファイルを変数のように利用できるようにした。このコードは、GlueLang によってシェルスクリプトに変換される。変換されたコードについて、冗長な部分を削ったものを図 9 に示す。

2, 17 行目の削除処理が省かれている。また、中間ファイルにプロセス番号をつけてファイル名を作る作業が、変数名をつける作業に簡略化されている。また、13 行目のよう

に、変換で出力されるコードは中間ファイルを作るときに mktemp(1) を用いている。これは他のユーザから中間ファイルを覗かれないようにする措置である。このような処理も GlueLang を用いると自動で行う事ができる。

```
1 proc main:
2   file f = echo "abc"
3   rev $f
```

図 8 中間ファイルの変数的な利用

```
01 ERROR_EXIT() {
02   rm -f /tmp/$$-*
03   exit 1
04 }
05
06 ERROR_CHECK() {
07   [ "$(tr -d '0' <<< ${PIPESTATUS[@]})" \
08     = "" ] && return
09   ERROR_EXIT
10 }
11 trap ERROR_EXIT 1 2 3 15
12
13 f=$(mktemp /tmp/$$-f) ; ERROR_CHECK
14 echo "abc" > $f ; ERROR_CHECK
15 rev $f ; ERROR_CHECK
16
17 rm -f /tmp/$$-*
```

図 9 file.glue と同等な bash のコード

## 4.2 その他

### 4.2.1 場合分け

場合分けは、図 10 のように proc の中でガードを用いて行う仕様とした。Haskell におけるガードの書式を参考にしている。このスクリプト (if.glue) は、引数にファイル名と数字をとって、ファイルの行数が引数の数字と一致すれば OK、一致しなければ NG を出力するものである。

```
1 test checkLineNum file num:
2   str c = wc -l < $file
3   test "$c" -eq "$num"
4
5 proc main file num:
6 | checkLineNum $file $num:
7   echo "OK"
8 | othwise:
9   echo "NG"
```

図 10 条件分岐の書き方

6 行目では、test サブコマンドである checklinenum が呼び出されており、このサブコマンドの終了ステータスが

0 であれば、7 行目が実行される。0 でなければ 9 行目が実行される。otherwise は Haskell にも見られ、上にあるガードの条件がどれも不成立であれば、otherwise の次の行からのコマンドが実行される。

#### 4.2.2 繰り返し

繰り返しについては、返還後のシェルスクリプトに、foreach という関数を書き出し、利用することで実装した。図 11 に foreach を利用した GlueLang のコード、図 12 に foreach 関数を示す。foreach では、ファイルの毎行が読み込まれ、図 12 内の \$1 に指定された GlueLang のサブコマンド (bash では関数) が代入され、実行される。図 11 の例では、1 行目で実装されている plus が入る。

```
01 func plus n m;
02   echo $n $m
03   awk '{print $1+$2+1}'
04
05 proc main:
06   file f = foreach plus < /dev/stdin
07   cat $f
```

図 11 foreach の使い方

```
foreach(){
  while read line ; do
    "$1" $line
    ERROR_CHECK
  done
}
```

図 12 変換後のシェルスクリプトに書き出された foreach 関数

## 5 GlueLang の利用と評価

最後に、現在の実装が実用可能であることを示す。シェルスクリプトの大きな二つの利用方法であるデータ処理、環境設定に GlueLang を利用する例を示す。

### 5.1 CGI スクリプトの実装

GlueLang で実際に動いているプログラムと等価なものを記述する。実際に動いているプログラムとして、<http://test.usptomoto.com> のトップページの CGI スクリプトを選ぶ。このサイトは [8] のためにデモで公開しているものである。

元の CGI スクリプト、GlueLang で記述した CGI スクリプトは、次の URI に示す。

- 元の CGI スクリプト (bash 版) :

<https://github.com/ryuichiueda/bashcms/blob/master/remote/var/www/bashcms/index.cgi>

- GlueLang で記述した CGI スクリプト (GlueLang 版) :

[https://github.com/ryuichiueda/GlueLang/blob/kiyou2014/PROTOTYPE/SAMPLE\\_KIYOU2014/index.glue](https://github.com/ryuichiueda/GlueLang/blob/kiyou2014/PROTOTYPE/SAMPLE_KIYOU2014/index.glue)

また、GlueLang 版の main サブコマンドを図 13 に示す。

GlueLang 版については現在のところ Web サーバから直接起動できないため、シェルスクリプト (起動シェルスクリプトと呼ぶ) を書いて呼び出した。このシェルスクリプトの分量は 6 行、270 バイトである。

#### 5.1.1 コードの分量の比較

GlueLang 版と bash 版の分量を比較すると、字数 (バイト数で比較する) は GlueLang 版が 2488 バイト、bash 版が 2430 バイトで、差は 58 バイトであった。どちらもコマンドとその引数の記述が大半であり、その部分の書式は共通しているため、字数の点では差はつかなかった。ただし、この例の場合、bash 版ではエラー処理が省略されており、中間ファイルを mktemp(1) で生成する処理も実装されていない。GlueLang 版ではこれらの機能が暗黙裏に付加されているので、もし bash 版でこれらの機能を記述すると、字数は GlueLang 版の方が少なくなる。

行数はコメントを除いた bash 版が 72 行、GlueLang 版が 97 行となり、GlueLang 版が 25 行増えた。行数の増加は、bash 版では関数に分けずに書いている一方、GlueLang 版では 11 個のサブコマンドに分けて書いていること、bash 版では一行で書いている場合分け処理を改行して書いたことが理由となっている。

#### 5.1.2 中間ファイルについて

図 13 を見ると分かるように、中間ファイルの利用の宣言はすべて同じ縦位置に並ぶので、シェルスクリプトのようにコマンドの後にリダイレクトで作る方法と比較して、把握しやすいと言える。

#### 5.1.3 proc, func, test サブコマンドの割合

図 14 に、GlueLang 版のスクリプトからサブコマンドの宣言部分を検索したものを示す。このスクリプトでは、proc が 3、func が 8 個であった。また proc の宣言部分を含んだ行数は 36 行、func の行数は 47 行であった。func では標準入出力を通さずにファイルを作るコマンドは利用しなかったため、ファイル入出力が起こりうるのは 3 つの proc の 36 行ということになる。

#### 5.1.4 改善点

一方、次のことがまだ課題と考えられる。まず、図 13 の 2 行目や 16 行目のように文字列を変数に代入するときには echo(1) を使用しなければならない。イコールの右辺の標準出力を文字列に代入しているのは間違いではないが、煩雑と受け取られかねない。

また、中間ファイルについては整理して記述できるようにしたが、それ以外のファイルへの入出力がまだ整理されてい

```

01 proc main:
02     str dir = echo /var/www/bashcms
03     exec 2> $dir/../www-data/${basename $0}.${date +%Y%m%d%H%M%S}.$$
04
05     str raw_page = tr -dc 'a-zA-Z0-9_' <<< "${QUERY_STRING:2}"
06     file diarylist = diaryList $dir
07     str pagename = fixPage $dir $raw_page < $diarylist
08
09     file navi = mkHeader $pagename $diarylist
10     str day = getDay $pagename
11     file category = getCategory $dir $pagename
12
13     file tmp = trackBack "$pagename" < "$dir/trackback/accept"
14     file trackback = foreach trackBackSub < $tmp
15
16     str host = echo $HTTP_HOST
17
18     echo "Content-Type: text/html"
19     echo ""
20     outHTTP $pagename $navi $category $trackback $upload $host < "$dir/pages/$pagename/html"
21
22     file tcache = titleCache $pagename < "$dir/pages/$pagename/html"
23     mv $tcache "$dir/cache/$pagename.title"
24     echo -n 1 >> "$dir/cache/$pagename.counter"

```

図 13 GlueLang 版の main サブコマンド

```

$ grep "[fpt]" index.glue
func mkNavi page:
proc fixPage dir page:
func diaryList dir:
proc mkHeader page list:
func getDay page:
func getCategory dir page:
func trackBack page :
func trackBackSub id p ok :
func outHTTP page navi category trackback (中略):
func titleCache page:
proc main:

```

図 14 GlueLang 版のサブコマンド一覧

ない。ファイルへの入出力部分は言語と外部との接点であり、視認性の改善が必要である。

そして、コマンドの中には `grep(1)` や `diff(1)` 等、コマンドの動作としては正常であっても 0 以外の終了ステータスを返すものがあり、これが現在の実装であると利用できない場合がある。例えば `grep` ではどの行も検索条件にマッチしないと、終了ステータス 1 を返すが、現在の GlueLang の実装ではこの場合、スクリプトが停止する。このため、CGI スクリプトでは `bash` 版で 7 個存在する `grep` のうち 2 個を GlueLang 版では `awk(1)` で置き換えた。この問題への対策としては、`grep(1)` 等のラッパーコマンドを作り、終了ステータスを元のコマンドが返したものと別のを返すようにする等、コマンド側での対応が考えられる。

## 6 おわりに

本稿ではシェルプログラミングのための新言語 GlueLang を提案した。bash スクリプトへのトランスレータとして GlueLang の処理系を実装した。今回の実装での提案事項、確認事項を次に示す。

- 中間ファイルの操作について、変数のように中間ファイルの使用を宣言する方法を実装した。中間ファイルを 6 個使用する CGI スクリプトの例でこの表記法を用い、同じ縦位置に中間ファイルの名前が並ぶという利点を確認した。
- スクリプトのうち、ファイル入出力等を伴う手続き的な部分とパイプライン処理の部分とを分離した。
- 可搬性の問題に対して、`import` を導入し、環境で定義された暗黙裏なコマンドパスに頼らないプログラミングを奨励することを提案した。

今後は、GlueLang を C 言語あるいは C++ で実装し、他の機能を追加する。機能追加の際は、言語として機能を実装するのが、コマンドとして実装するのかを慎重に判断しなければならない。考え次第では、通常の言語では必須である機能をコマンドに依存し、例えば算術演算等もコマンドに依存することもあり得る。また、多段のネストが GlueLang にはまだ実装されていないが、シェルスクリプトではコマンドを上手く組み合わせるとネストが不要となる場合があり、その方が可読性が良い事があるため、今後も実装しないという

方針も考えられる。コミュニティー等の意見を聞きながら適切な仕様を見定めなければならない。

## 参考文献

- [1] 松岡泰史, 當仲寛哲. ユニケージ手法: 高生産性で安価な顧客重視の開発手法 (シェルプログラミング・web アプリケーション). 情報処理学会研究報告. ソフトウェア工学研究会報告, Vol. 2008, No. 112, pp. 55–62, nov 2008.
- [2] the office of Cybersecurity and Communications. CVE-2014-6271. <https://cve.mitre.org/cgi-bin/cvename.cgi?name=CVE-2014-6271>, 2014. (visited on 2014-10-01).
- [3] B. W. Kernighan and D. M. Ritchie. *The C Programming Language*. Englewood Cliffs, NJ, 1978.
- [4] G. Weber. Shell scripting with type-safety using Haskell. <http://www.linux-magazin.de/Online-Artikel/Shell-scripting-with-type-safety-using-Haskell>, 2012. (visited on 2014-09-19).
- [5] 朝倉泉, 増原英彦, 青谷知幸. OCommand: OCaml 上の型安全なシェルプログラミングのための領域特化言語の提案. 第 99 回情報処理学会プログラミング研究会, 旭川, 2014.
- [6] William Joy. An Introduction to the C Shell. <http://docs.freebsd.org/44doc/usd/04.csh/paper.pdf>, 1978. (visited on 2014-09-30).
- [7] Daan Leijen and Erik Meijer. Parsec: A practical parser library. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, Vol. 41, No. 1, 2001.
- [8] 上田隆一, 後藤大地. フルスクラッチから 1 日で CMS を作る シェルスクリプト高速開発手法入門. KADOKAWA / アスキー・メディアワークス, 2014.

# 脳波による映像記録と再利用のシステム “bwTracker”

小杉 晋央<sup>1)</sup> 上田 豊<sup>1)</sup> 湯通堂 悠生<sup>1)</sup> 田島 元貴<sup>1)</sup> 奥田 純一<sup>1)</sup> 越水 重臣<sup>1)</sup>

## Emotional Media Recording and Discovery “bwTracker”

Akihiro Kosugi<sup>1)</sup> Yutaka Ueda<sup>1)</sup> Yuki Yutsudo<sup>1)</sup> Genki Tazima<sup>1)</sup>

Junichi Okuda<sup>1)</sup> Shigeomi Koshimizu<sup>1)</sup>

### Abstract

The enhancement of digital cameras and the expansion of the size of recording media allowed people to take snapshots of their lives more easily. However on the other hand, this situation results in a flood of data, in which people cannot find the things that they took with those devices. Also, we still miss some scenes that we come across as it takes some (but short, though) time for us to pick up the camera and push the button. What if those scenes are recorded automatically, and can be picked up at the time when we want as we look back on it in our mind? We propose Emotional Media Recording and Discovery System “bwTracker”. It assists pulling the scene out of the recorded media according to the emotion that the user is calling it to their mind. The idea is to pick up the relevant time from the media by comparing the brainwaves recorded simultaneously on the media (e.g. video) with the one that is being monitored when the user is looking back on a scene in their mind. We also discuss about some applications that could be considered when leveraging brainwave data as it becomes more popular among the community in the future.

**Keywords:** Brain Computer Interface, Wearable Camera, Rapid Prototyping, EEG, Event Related Potentials, Summarization, Visualization

## 1 はじめに

本学は研究型の大学院とは異なり、2年次におけるPBL (Project Based Learning) 型演習科目にて、チーム毎に1年間の課題解決型プロジェクトを行うことが教育上の特色となっている。特に創造技術専攻では、アイデアをカタチにして具現化し、顧客価値を提案できるプロデューサー的人材を育成することを目指しており、PBL型演習科目では、コンピテンシーと呼ぶ実務遂行能力を育成することをねらいとしている。

本稿は、平成25年度に産業技術大学院大学産業技術研究科創造技術専攻のPBL型演習科目において実施されたプロジェクトの一例を紹介するものである。

まず、プロジェクトチームの編成は次の通りである。

主担当教員: 越水重臣

副担当教員: 國澤好衛, 佐々木一晋

学生: 上田豊, 奥田純一, 小杉晋央, 田島元貴, 湯通堂悠生

本プロジェクトでは、イノベーションとなりうる価値創造を目指して、脳波センサとウェアラブルカメラを組み合わせたデバイスとアプリ、そしてSNSを利用したサービスを提案する。そしてこれらによりユーザーに新しい映像体験を提供しようとするものである。以下、2章では脳波により映像を記録し再利用するシステムである「bwTracker」を提案するに至った背景とそのコンセプトを紹介する。3章ではシステム構成を説明し、4章では考察、5章では展望を述べる。そして、6章はまとめである。

## 2 背景とコンセプト

近年、スマートフォン、ドライブレコーダー、ライフログカメラ、アクションカメラなど、生活や行動に密着しながら、周囲映像を記録する機器が普及してきている。そのため、個人が扱う映像メディアの量が急増しており、それに比例して記録した膨大な映像を後から見返す際の手間も増えてしまっている。さらに撮りためた映像を検索する際に、数年前の出来事の前後関係を間違えることや、その日付が曖昧になるといったことはよく経験する。すなわち、その人が見返したい映像を正確に探し出すことが容易ではなくなってきた

Received on 2014-10-3

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology



る。

また、同じタグがついた多量のファイルができるなど、映像を保存・整理する際に簡潔かつ正確な言葉をタグ付することは案外と難しい。最近では、映像メディアの要約、速覧を目的とした研究[1][2]が増えてきているが、これも個人が扱うメディア情報の量が増加し、効率よく検索することが必要となってきたことの現れといえよう。

一般的なカメラによる映像記録は、撮影者が撮ろうと意識し、撮影することにより記録されるが、突発的な出来事が起こったり、その場での行動に夢中になっていたりすると撮影チャンスを逸してしまうことが多い。

これらの問題を解決するために、本プロジェクトでは、ウェアラブルカメラがとらえた映像情報とともに、脳波センサが検出したデータを重畳して記録するシステムを開発した。このシステムによれば、ウェアラブルカメラで映像を常時記録すると同時に、何らかの外的刺激により脳が反応する瞬間を脳波センサにより捉えることができるので、脳波データを解析することでその人が反応した瞬間の映像を後から探し出すことが可能になると考えた。さらにそのようにして抽出された映像の再利用を促すために SNS を基盤にしたサービスも実装した。

### 3 システムの構成

#### 3.1 全体構成

本プロジェクトでは、ウェアラブルカメラの映像と脳波センサで得られたデータとを Android 端末に記録し解析を行うシステムを開発し提案する。本システムは情報を取得する記録部であるウェアラブルなヘッドセットデバイスと、情報を記録して振り返りの際にその中から適当なものを推薦する再生部分である Android アプリケーションからなる。システム構成を図 1 に示す。

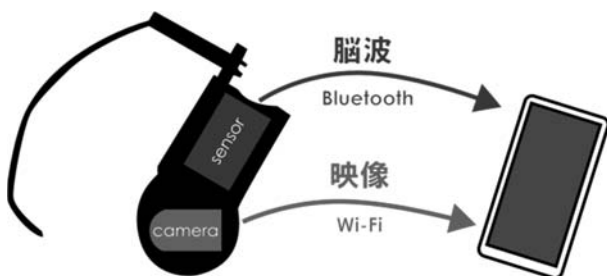


図 1 システム構成図

図の左側に示す記録部は脳波センサ、小型カメラを一体化したヘッドセットデバイスであり、多くの機器を身につけなくても良いようになっている。脳波センサには Neurosky 社の Think Gear AM(TGAM) [3]を採用している。本センサは乾式電極に対応しており、ユーザーに比較的負荷をかけずに

生活行動をしながら、脳波データの取得が可能である。脳波センサで取得された信号は、Bluetooth モジュールを用いて図の右側に示す Android デバイスに送信される。映像を記録するビデオカメラは Motion JPEG を使用した無線カメラまたは Android デバイス付属のカメラが選択可能である。

#### 3.2 ハードウェア

##### 3.2.1 ハードウェア概要

本プロジェクトで開発したハードウェアは、脳波センサモジュール、無線カメラ、およびそれらを搭載して頭部に装着するヘッドセットから構成される。ハードウェアの外観を図 2 および図 3 に示す。



図 2 ヘッドセットデバイス（カメラ側）



図 3 ヘッドセットデバイス（センサモジュール側）

ヘッドセットを正面から見て左側面に無線カメラ（TREK 2000 INTERNATIONAL LTD, Ai-Ball）が、右側面に脳波センサモジュールおよび電源（電池）が取り付けられている。

ヘッドセットのひたい部分には EEG（脳波）電極が取り付けられ、耳部には GND（基準）電極および REF（参照）電極が収納されている。使用時には GND 電極、REF 電極を耳に取り付ける。

ヘッドセットデバイスを装着した状態を図 4 に示す。



図 4 ヘッドセットデバイスの装着状態



図 6 脳波センサモジュール内部

### 3.2.2 脳波センサモジュール

本プロジェクトでは市販の脳波センサおよび Bluetooth モジュールを組みこんだ独自の脳波センサモジュールを開発した。

脳波センサモジュールの外観を図 5 に示す。筐体の外形サイズは 61mm×35mm×12mm である。モジュールの筐体は 3D-CAD で設計し、3D プリンタで作成した。主要機能を最低限搭載しながら小型かつ単純な矩形形状とすることで、多様なヘッドセットへの取り付けが可能ないように設計を行った。

筐体左側面からは 5 本のケーブルが飛び出している。左上のケーブル 3 本がセンシング用の EEG 電極ケーブル、GND 電極ケーブルおよび REF 電極ケーブルである。EEG 電極ケーブルおよび REF 電極ケーブルには同軸ケーブルを用いている。左下の 2 本のケーブルは外部電源との接続に用いる電源ケーブルである。外部電源についてはサイズ、重量、電力量、入手性を総合的に考慮してニッケル水素充電電池（単四型、1.2V、750mAh）を採用した。



図 5 脳波センサモジュール外観

次に脳波センサモジュールの内部写真を図 6 に示す。

図 6 のモジュール内部左上に脳波センサ TGAM が、右側に Bluetooth モジュール（マイクロテック RBT-001）が、左下には電源回路基板が格納されている。電源回路についてはステップアップコンバータなどの電子部品を購入してユニバーサル基板上に半田付けして作成した。各基板はピンソケット、ジャンパ線によって相互に接続されている。この構造により、各主要部品を容易に取替え、変更することが可能になっている。

モジュールの機能ブロック図を図 7 に示す。

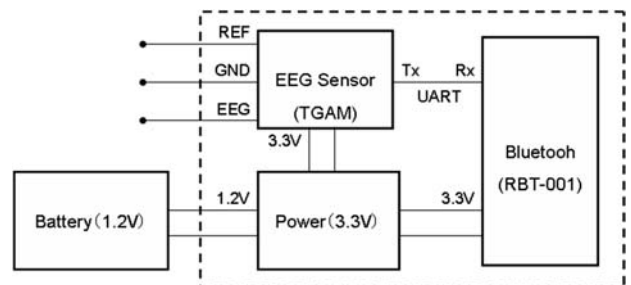


図 7 脳波センサモジュールの機能ブロック図

図 7 中の点線はモジュールの筐体を示している。モジュール外部の電池から 1.2V の電圧供給を受けた電源回路は 3.3V 電圧を生成し脳波センサ TGAM および Bluetooth モジュール RBT-001 に供給する。TGAM はセンサ電極（EEG, GND, REF）からの入力電圧を内部処理し、Raw Data などのデジタルデータをシリアル通信（UART）で RBT-001 に送信する。RBT-001 は TGAM から受信したデータを Android 端末に無線送信する。

### 3.2.3 ヘッドセット

本プロジェクトでは、ヘッドセットデバイスに既製品を流用するのではなく、オリジナリティーの溢れる「カタチ」にしたいと考え、独自にヘッドセットを設計、製作した。

ヘッドセットをデザインするにあたり、使用者に負担をかけないこと、装着後にははずれることなく使用できること、カ

メラホルダを目線の位置に合わせることをコンセプトにしてデザインした。

本プロジェクトのヘッドセット製作では、コンセプトを元に3D-CAD(Solid Works)で設計し、3Dモデルの製作を行った。図8から図11にCADで設計した3Dモデルを示す。



図8 ヘッドセットデバイスのCADモデル1



図9 ヘッドセットデバイスのCADモデル2



図10 ヘッドセットデバイスのCADモデル3



図11 ヘッドセットデバイスの最終CADモデル



図12 3Dプリンタ (Stratasys, Connex350)

まず、CADモデル1(図8)を3D-CADで設計し、使用上の問題点をチームで議論し、改良設計を行った。その後にデザインされたのがCADモデル2(図9)である。それを、本学のデザイナーズラボに設備された3Dプリンタ(図12)で出力し、塗装を行った。完成品を実際に装着し、その際の問題点、改良点を列挙し、さらに改善を行い、CADモデル3(図10)を製作した。上記と同様の改良を繰り返し行い、最終CADモデル(図11)を完成させた。このモデルを3Dプリンタで出力し塗装を施し、前述の脳波センサモジュールを実装して、ヘッドセットデバイスを完成させた。

### 3.3 アプリケーション

アプリケーションは、映像、脳波センサを含むウェアラブルデバイスやAndroidセンサのデータを記録する録画部、一連の録画情報(セッション)に関して、ユーザーに選択、解析操作を行わせる管理部と解析部、各セッションのデータを位置情報や脳波センサから送信された信号(脳波データ)に基づいて表示する視覚化部のコンポーネントから成立する。以下に各コンポーネントについて説明する。

#### 3.3.1 録画部

ユーザーは活動中に録画を行うため、録画操作と、状況確

認はなるべく単純かつわかりやすく、また、オペレーションミスを防ぎやすいようなデザインを行い、ユーザー実験を繰り返すことによりその UI を改善していった (図 13)。最終的に完成した録画面面の UI を図 14 に示す。

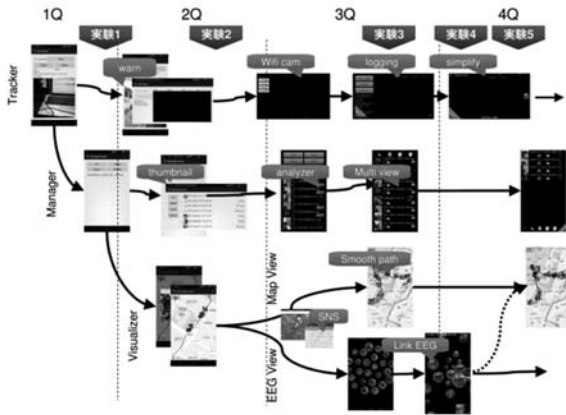


図 13 アプリケーション UI の変遷



図 14 録画面面

アプリケーションは録画 UI に移行すると、指定したカメラ、脳波センサ、GPS センサに接続を試みる。このうち脳波センサへの接続が確保できない場合は、ユーザーに警告を出し、再接続準備のためのダイアログを表示する。これにより、脳波センサとカメラの接続が完了するまでは、ユーザーは録画を開始することはできない。

GPS センサについてはセッションを記録するに当たっての必須データではないため、接続が確認出来ない場合、録画面面内のインジケータの背景を赤くするが (図 15)、録画は開始可能となる。



(a) 脳波センサの未接続 (b) GPS センサの未接続

図 15 未接続警告状態

録画は右側面中央のボタンにより開始される。ユーザーがボタンを押すと、ボタンの内側が透明の青色に変化し、アプリケーションが録画状態であることがわかるようになっていく。この状態で再度録画ボタンを押すと、録画が停止し、一つのセッションデータが作成される。録画中にはユーザーの誤操作を防ぐため、録画ボタン以外のコントロールは全て無効にされる。

ユーザーが、記録後の管理のために、セッションの開始時刻が覚えやすいよう、録画開始前は下部中央に現在時刻が表示される。この部分は録画開始後に、録画開始からの経過時間が表示される。

左上のピンク色のアイコン (脳波シグナルインジケータ) は、ウェアラブルデバイスから送信される脳波データの信頼性を表す。中心の脳マークが灯っていれば、脳波センサとのデータリンク確立済み、外側の波状のマークが一つ灯ると、最大秒間 512 回取得できる脳波の Raw Data が秒間 480 回以上取得できていること、さらに外側の波状のマークが灯ると 0-200 の間で取得できる (0 が最良) ノイズ混入率が 100 未満であることを示す。

脳波シグナルインジケータの右の水色のアイコンは、Android 端末で現在得られる GPS センサ信号の信頼性を表す。Listener に信号が取得できている状態で中心の衛星アイコンが明るい水色に変わり、タイマーを用いてデータがある一定間隔以内に更新されていれば、その一つ外側の波状のマークが灯る。取得できた GPS 情報には、Accuracy という、実際の位置が得られたデータから 60%以上の確率で収まる半径(メートル)を示す値が得られるが、それが 20m 以内であれば、さらに外側の波状のマークが灯る。

アプリケーションは、以下の情報を記録する。

- 無線カメラまたは Android 端末に付属するカメラによる動画
- TGAM から送信される Raw Data
- TGAM から送信される Mental State
- TGAM から送信される瞬き情報
- Android センサによる位置情報
- Android センサによる速度情報

無線カメラによる動画記録は、http を使用した Motion JPEG ストリームによる配信機能を持つカメラをサポートする。

これらのデータは、SQLite データベース上のおのおの独立したテーブルに格納される。

各テーブルの行は、セッション ID と、記録時間をカラムに持ち、その二つをキーにすることで、時系列での各要素データを特定する。記録時間は、UTC 変換した epoch time の long 値として保持される。

各セッションの動画は、[セッション ID]\_[開始時間の epoch time]のフォーマットの名前で、.h264 エンコードさ

れた MP4 ファイルに変換され記録される。よって、あるセッションの特定時点のセンサ情報に対応した動画 offset を導く場合には、以下の式を持って値を求める。

Offset = [SQLite テーブルに記録された epoch time] - [対応セッションの動画ファイルの記録開始時間] (3.1)

脳波の Raw Data は、サンプリング周波数 512Hz で取得され、同時に、電極が正しく接続されているかを表すシグナルレベル、精神状態を示す Mental State の指標として、Neurosky 社が定義する Attention (集中度) と Meditation (リラクセス度) が取得可能である。取得された信号は、Neurosky Software Development Kit を用いて、Handler のメソッドに渡され、テーブルに保存される。

### 3.3.2 管理部

管理部では、録画されたセッションの一覧を表示する。管理画面を図 16 に示す。ユーザーはそこからセッションの解析、データのインポート、エクスポート、共有、視覚化等の操作を行うことができる。



図 16 記録されたセッション一覧

個々のセッションを示す行では、録画された動画の最初のフレームをサムネイルとして表示し、セッションの開始時刻、記録された時間の長さを表示する。また、同時に解析、地図上の視覚化、脳波データによる視覚化、共有へのメニューがアイコンの形で提供される。(図 17)



図 17 セッションの表示と操作 UI

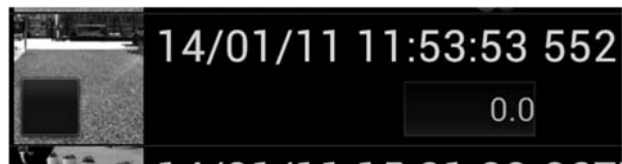
セッションの共有メニューを使用すると、匿名化されたセッション全体の Mental State が時系列で後述の SNS に

アップロードされる。

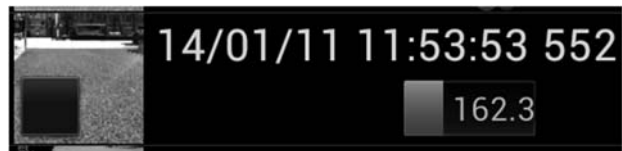
また、ユーザーは各セッションの列を選択し、管理 UI 上部のメニューから、セッションデータの削除、解析キャッシュデータのクリアを行うことができる。

### 3.3.3 解析部

解析中の様子を図 18 に示す。管理 UI 上各セッションの解析が完了していない場合、進捗度 0 のプログレスバーが表示される。ユーザーはそれをタップすることで解析を始めることができる。



(a) 未解析状態の表示



(b) 解析状態の表示

図 18 解析 UI

解析の目的は、動画と同期して記録した脳波の Raw Data を用いて、“何かに気づいたポイント”を抽出する事である。このポイントを視覚化の際に思い出に残った時点の候補とし、その中から Mental State の特徴などにより、ユーザーが思い描いている場所を特定する足がかりとする。

“何かに気づいたポイント”として抽出すべき時点を確定する指標には、次節で述べる事前の実験で事象関連電位[4]として判断された区間の波形との近似度を用いた。

事象関連電位は外部刺激に対する思考や認知の結果として計測される電位変化であり、虚偽検出[5]に用いられ、それを用いたサイドチャネル攻撃の可能性も指摘されるようになってきている[6]。

近年は商用センサによる検出方法も報告されており[7]、我々はこれを、人が何か変わった物や興味を引かれた物を見つけた時点を抽出するための指標として使うことを試みた。

基準の値を得るために、事前に被験者五名に対し、一人あたり 500 回程度の画像を見せる Odd-ball 実験を行った。実験の様子を図 19 に示す。



図 19 Odd-ball 実験の様子

Odd-ball 実験は、被験者に、二つに区分される画像を短い間隔で表示し、片方の区分の画像の出現回数を数えることを行った。表示する画像区分の割合は 1:9 に設定し、被験者には少ない区分の画像（ターゲット刺激）の出現回数を数える設問を与えた。区分例は以下の通りである。

- ① 赤い丸と青い四角
- ② 女性と食べ物
- ③ 食べ物と風景
- ④ 解放感のある景色と閉塞感のある景色

画像の表示間隔は間に 400 ミリ秒の空白期間を含み、800 ミリ秒で書き換わるようにした。このアプリケーションは HTML と JavaScript で開発したが、画像のロード遅延を防ぐために、事前に DOM に画像エレメントを読み込み、スタイルの切り替えで表示／非表示を行うようにした。

脳波データの記録には Neurosky 提供のリサーチツールを用いた。この実験は、使用可能な要素技術を評価する段階で行われ、まだアプリケーション録画部の開発が始まっていなかったからである。

取得した脳波データは CSV ファイルとして Windows PC に保存される。そこで、CSV データを読み込み、ローパスフィルタをかけたデータを REST API として提供するサーバーと、そのデータをターゲット刺激とそうでないものに区分し、Dojo Charting により視覚化し、また、加算平均後の統計情報を表示するクライアント UI を持つウェブアプリケーションを開発した。

このアプリケーションを使用し、実験で得られたデータから、刺激が与えられてからどの程度の時間が経った区間がターゲット刺激とそうでない刺激の電位に有意な差があったのか、またその前後の電位変化の特徴を探った。刺激からの時系列電位にローパスフィルタをかけ、ターゲットと非ターゲットで分類し、加算平均をとったグラフを図 20 に示す。

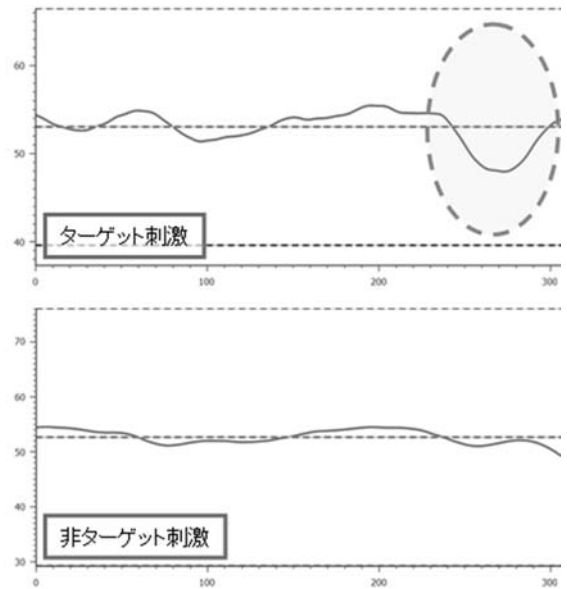


図 20 刺激種別によるローパスフィルタ後の電位変化

解析部は、動画と同期して記録した脳波の Raw Data に対し、ローパスフィルタをかけ、変曲点毎に区分した区間データと、この実験で得られた有意差のあった区間データの特徴量を比較し、その多次元距離が近い区間データの始まりを“何かに気づいたポイント”の候補として抽出する。

### 3.3.4 視覚化部

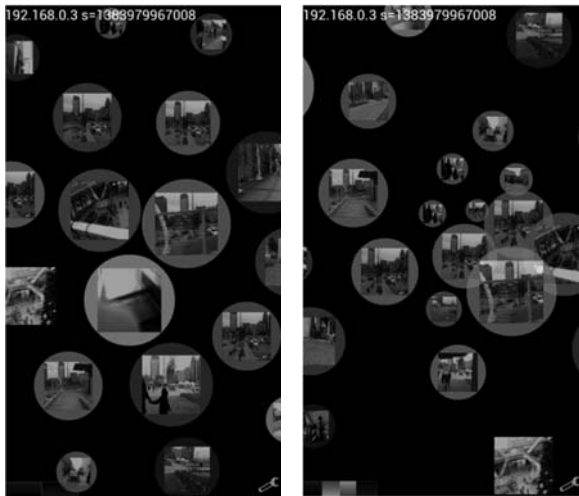
このアプリケーションは EEG ビューと地図ビューの、二つの視覚化機能を提供する。

EEG ビューでは、解析部で得られた結果に基づいた視覚化を行い、地図ビューは、セッションで位置情報が取得できていることを前提に、ユーザーがどのような経路をたどったかの振り返りを行う。

両ビューとも各々の観点で抽出した動画フレームのサムネイルを表示し、ユーザーはそこから動画の再生をすることができる。

### 3.3.5 EEG ビュー

EEG ビューを図 21 に示す。EEG ビューでは、解析で得られた、セッション内の“何かに気づいたポイント”の動画フレーム画像のサムネイルを、その周辺の Mental State を表す色づけを行った円で囲み表示する。後述の地図ビューと異なり、この視覚化に位置情報は用いないため、室内など、GPS センサが働かない環境で使用できる唯一のビューである。



(a) 初期状態 (b) 脳波センサ装着時  
図 21 記録された映像のサムネイル表示.

サムネイルは、解析時に抽出した“何かに気づいたポイント”のある区間データの値が、Odd-ball 実験により得られた基準値から近いほど大きく表示され、センサから記録した、Attention と Meditation の値により色付けされる。具体的には、候補区間を要素とした母集団としたときの Mental State の Attention と Meditation の値を、それぞれ標準化し、その比率を HSL 色空間における色相の、 $360^\circ$  (赤:Attention) から  $240^\circ$  (青:Meditation)の間の値にマップする。明度は双方の値の和を取り得る最大値(200)で割った比率を適用し、彩度は 1 を固定で用いる。

表示されたサムネイルは、初期状態では、すべての要素に対して均等に斥力と重力が配分された力学モデルで表示される。Android 端末で重力センサまたは加速度センサが利用できる場合には、デバイスの傾き情報に連動してサムネイル全体が重力とは逆方向に移動する。すなわち、浮上する泡をモチーフとしたエフェクトである。

ここでさらに、ユーザーが脳波センサを装着し作動させると、サムネイルに対して、その時点で検出された Attention と Meditation の値と、サムネイルの時点での値の差の、二次元距離に応じた中心への張力が生じる。その結果、ユーザーの現在の Mental State データに近いと判断されたサムネイルが中心に移動することになる。Mental State データは秒間 1 回更新され、その値を元に張力が変更され、再描画を行う。

また、ユーザーはサムネイルを選択すると、サムネイルが生成された時点から、記録された映像を再生する。

この視覚化 UI は、Android の埋め込み Browser 内で実行されている。サムネイルの円描画、力学モデルによる視覚化は d3.js ライブラリを使用して、JavaScript で実装されている。セッション内解析データと、動画ファイルからサムネイル画像を取得する部分は、restlet を用いた web service

実装を android activity 内で実装し、REST API として提供される。視覚化 UI の JavaScript 実装は、この REST API を使用して、セッションの脳波データを取得して描画し、それに応じたサムネイル画像を同様に REST API 経由で取得する。

ユーザーが脳波センサを装着、動作させた際の Mental State との同期は、Android activity 内でセンサデータを listen した実装が、JavaScript injection を用いて、埋め込みブラウザ内の視覚化 UI に情報を伝える。重力、加速度センサ情報との同期も、同様の仕組みを用いる。

### 3.3.6 地図ビュー

地図ビューを図 22 に示す。地図ビューでは、セッション記録中に GPS センサが安定稼働していたことを前提に、ユーザーがたどった行程を地図上にプロットする。取得された GPS データの各点を結び、その間の区間の Mental State を、EEG ビューでのサムネイルを囲む円と同じ方法で彩色する。

行程上には、セッション中の動画フレームのサムネイルが配置され、ユーザーはそのサムネイルをタップすることで、EEG ビュー同様、その時点からの動画を再生することができる。



図 22 地図ビュー表示 (EEG モード)

サムネイルを描画する時点の決定方法には二つあり、初期状態では、取得できた GPS センサ情報レコードから、一定以上の信頼度を満たしたものを平均して間引いた 25 時点 (Flat モード)で配置され、左上部のスライダを“EEG”に移動させることで、解析済みデータを使用し、EEG ビューと同様に“何かに気づいたポイント”の上位 25 時点を配置する。ただし、後者のモードは、位置情報データの変化や信頼度を加味しないため、サムネイルの重なりも発生する。

### 3.3.7 共有機能

視覚化部で動画を再生している際に、右上のアイコンからその時点のデータを、後述する SNS にアップロードすることができる。アップロードされるデータは、ユーザーID、サムネイルが生成された時点の動画フレーム画像、その時点近傍の Mental State である。

### 3.4 SNS を基盤にしたサービス

クライアントアプリケーションにより記録されたユーザーの行動データ、および脳波データの、人間社会の中での活用方法を検証するため、SNS を基盤にしたサービスを実装した。

ユーザーがクライアントアプリケーションからアップロード可能なデータは二種類である。

- ①セッション内の特定の時点の画像、位置情報と Mental State
- ②匿名化された、セッション全体の位置情報と Mental State

双方とも位置情報と脳波データを用いるため、SNS にアップロード可能なセッションデータには GPS センサが稼働した状態で記録されていたことが求められる。

SNS にはクライアントアプリケーションで収集した生活上の画像データ、ユーザー情報、脳波などのデータが含まれるため、クローズドな形での運用が求められた。また、そのような従来の SNS では扱わないデータのためのスキーマを構築することが求められるため、独自実装を導入しつつメンテナンスができる OpenPNE(3.8.8 - 構築当時)を選択した。

その上で、アップロードを可能にする REST API、アップロードされたデータの視覚化を行うために、OpenPNE プラグインを開発した。

#### 3.4.1 自分の身の回りに起こった出来事の共有、再利用

ユーザーは、クライアントアプリケーションのセッションを視覚化時に、サムネイル化された特定の時点から動画を再生することができる。その時点がちょうどユーザーにとって思い出に残る場面である場合、ユーザーはコメントをつけて、その場所、画像、Mental State を SNS にアップロードし、SNS 上のフレンド関係にあるユーザーに公開できる。その SNS の画面を図 23 に示す。

アップロードされた画像とコメントは、SNS 内のつぶやき(要 opTimelinePlugin)として追加される。

位置情報と Mental State は、作成されたコメントの ID をキーにして、プラグイン実装が独自に作成した MongoDB のコレクションに保存される。ここで、MongoDB を選択した主な理由は、OpenPNE で DB スキーマ構築に使用する Doctrine フレームワークにおいて位置情報カラムの追加、検索が不得手であったことによる。

アップロードされたデータは、つぶやき一覧に表示されるとともに、このプラグインで実装した地図 UI を持つガジェットとしても視覚化される。



図 23 SNS ビュー表示

アップロードされたデータの位置情報に基づき、円形のマーカーが表示される。円は同時にアップロードされた Mental State に基づき HSL 色空間にマップされ彩色される。

マーカーはアップロードしたユーザーとフレンド関係にあるユーザーのみが見ることができ、マーカーをタップすると、コメントとともにアップロードされた画像がフキダシの形で図 24 に示すように表示される。



図 24 アップロードされた画像の表示

#### 3.4.2 匿名化された Mental State の共有、利用

コミュニティ内の人々が、場所にひも付いた Mental State をコミュニティ内で共有することにより、コミュニティに属する人全体で、どの場所でのどのような心理的状況におかれているかを、統計情報として視覚化する事ができる。

その視覚化情報により、コミュニティ内の人が危険な場所、リラックスできる場所などを察知し、対応する事が可能になる。

この機能で利用されるデータは、クライアントアプリケーションの管理部からセッションを選択して共有を行うことによりアップロード可能である。

ユーザーがこの機能を利用してアップロードを行うと、保存された位置情報の移動毎に位置情報と Mental State データがアップロードされる。アップロードされるデータは、



ユーザー情報が削除され、サーバーに保存される。このデータは SNS 内のつぶやきとは連動しないが、身の回りの出来事の共有とは別の、MongoDB の Collection に保存される。

保存されたデータは地図上にヒートマップ形式で視覚化され、SNS にログインした全てのユーザーが確認可能である。

ヒートマップは、Attention の値、Meditation の値を切り替えて、記録された地点毎に集計された以下の統計値による表示が可能である。

- ① 観測された値の平均値
- ② 観測された値の総和
- ③ 観測された値の平均を、Attention, Meditation 双方の平均の和で割った割合
- ④ 観測された平均値を標準化し、Attention, Meditation のどちらか高い方を採用した値(採用されない場合は 0)

例えば図 25 に示す画面は日比谷公園から皇居を經由し、有楽町駅へ至る実験をしたときの 6 名のデータを上記④番の計算により視覚化したものである。その表示において赤色はその数値が大きいことを、緑色はその数値が小さいことを示している。日比谷公園内は Meditation の値が比較的高く、皇居の中では Attention の値が高いことが解る。



(a) Attention 表示 (b) Meditation 表示

図 25 Mental State の視覚化

#### 4 考察

アプリケーションのユーザビリティ調査の目的で、2014 年の 1 月に 3 回、外部ユーザー実験を行い、アンケートを行った。有効回答数は 8 であった。集計結果を図 26 に示す。図の縦軸は 7 段階評価での評点を示しており、横軸の A~J のアンケート項目は以下に示す通りである。

- A: 録画状態表示による安心感
- B: 切り替えボタンのわかりやすさ
- C: Manager View アイコンのわかりやすさ
- D: 地図ビュー 経路のわかりやすさ
- E: 地図ビュー 色とイメージの合致
- F: EEG View 精度
- G: EEG View 探しやすさ
- H: EEG View と新たな発見の結び付き

I: 共有コメントのしやすさ

J: 共有マーカ認識しやすさ

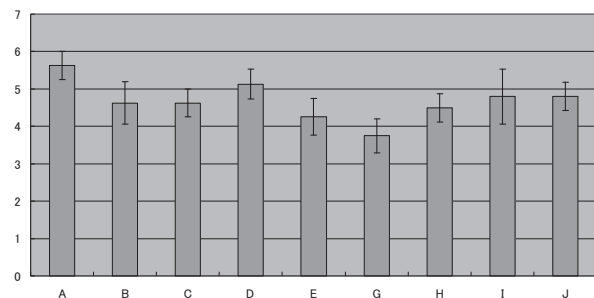


図 26 ユーザビリティに関するアンケート結果

この段階では本稿で示した最終実装の形ではなかったが、おおむね好意的な回答が得られた。

初期段階から実装され、改善を重ねてきた録画の UI については良い結果が得られた。しかし一方で、EEG ビューの探しやすさについては課題が残る結果となった。この理由の一つには、サムネイルが小さな画面に収まりきらず、Android 端末を傾ける必要があり、一覧性が悪かったこと、また、地図ビューと比較して結果が悪かったことは、やはり外での記憶においては、位置情報が、思い出しにかなりの割合で有用であることが示されたものと考えられる。このため、その後 Android 端末の解像度により、全てのサムネイルが表示しきれない場合には、スクロールをすることにより、より簡単にサムネイルにアクセスできるよう改善を行った。

また、地図ビューに、EEG ビューと同じ方法でのサムネイルの配置を行うモードを追加した。これはその後の本学の PBL 成果発表会、およびその後の情報処理学会のインタラクション 2014 の発表[8]において、来場者から指摘を受けたためである。

2014 年 1 月の外部ユーザー実験では、ユーザーによる評価を行わなかったが、脳波センサ着用時の EEG ビューのリンク実装には、思い出しているイメージを同一視するには Attention, Meditation の二要素だけでは情報が足りないこと、ビューを注視している時点で、思い出しを行っているほかに、何らかの Mental State (おそらく Attention) に脳の活動が行われている可能性があること等の不確定要素があった。インタラクション 2014 の発表時に、EEG ビューと脳波センサをリンクさせたデモを行ったが、その際にも同様のコメントを頂いた。

現在、手軽に利用できる Neurosky の脳波センサ TGAM は電極の数が限られ、利用できる Mental State のデータ種類が Attention, Meditation の 2 種類のため、人が思っているイメージと同じ場面を検出するための要素として少ない可能性がある。ただし 2014 年中には、複数の乾式電極を持つ市販の BCI デバイスが発売予定など、脳波センサも、より

精度のよい物が広く普及していくことが予想できる。

今後，“同じイメージを想起している状態”を検定するために、利用するセンサの選択や、ロジックを更新してより精度を上げて行くことが必要と考える。

また、今回“何かに気づいたポイント”として利用している Odd-ball 実験による事象関連電位 ERP と推測される波形を見つけ出す指標も、統計データであるために、個々のセッションデータをローパスフィルタで変換後、それに近い波形が出ているところが必ずしも本当に“何かに気づいたポイント”ではないため、候補の中に“何かに気づいたポイント”が入っていることは多いが、全ての候補が“何かに気づいたポイント”ではなく、順位付けにもノイズが入る場合がある。この確率を定量的に測る事は必要で、例えば順位付けに使用している、我々が指標に使用している距離での順位付けと、ランダムな順位付けでどちらがユーザーに納得のいく候補が提供できているかを実験する必要があるだろう。

また、匿名化されたセッション全体の情報のアップロードは、UI としてそれをわざわざ起動するモチベーションをユーザーが持ち得ないので、ユーザーに了解を取った後、自動化されてもよいだろう。

## 5 展望

人が過去に記録した物を、要約、タグ付けなどの事前準備なしに、思い浮かべただけで、引き出せるようになることは、せっかく記録した物を、形や情景は思い浮かんでいるのに伝えられないもどかしい思いを解消し、コンピュータのサポートのもと、人が劣化しない記憶を手に入れ、生活の中で使いこなすための一つの要素であるだろう。

そしてそれが人の生活で無理なく継続して使用できるようになった時に、初めて人は、自分の生活の記憶の代行を行う、すぐれたパートナーとして、広く、身近にコンピュータを受け入れることができるのではないかと考える。

そのようなシステムが広く普及し、従来その場で消えていった人の生活上の情報が、感情などのその人が認知した情報とともに再利用可能な形で広く利用できるようになると、(無論、個人的な情報の取り扱いには最新の注意を払う必要があるが) 観光情報やマーケティング調査に利用したりできると考える。例えば、何となく皆が危険を感じている場所を割り出し、環境、設備の故障による事故を未然に防いだり、高齢者、障害者などの社会的弱者が困難を感じている場所を探り出すなど、人間社会に多大な利益をもたらすのではないかと考えている。

## 6 まとめ

本プロジェクトは録画デバイスの発達と普及による映像データの埋没や既存のカメラの突発的な撮影の難しさを解消することを目指し、ウェアラブルカメラと脳波センサを組み

合わせ、映像と脳波データを同時に記録するヘッドセットデバイス、ならびに解析アプリケーション、SNS サービスを開発した。

映像と同期して記録された脳波データからの、“何かに気づいたポイント”の抽出には一定の可能性を示したが、実用化に向けては、考察で述べたように、脳波による操作インターフェースとしての工夫や、解析技術の更新が必要と考える。

ウェアラブルデバイスの形や電装構造も、生活をしながら装着する上で、精神的、肉体的障壁を低くするためのデザイン更新が必要であろう。

Google Glass のようなメガネ型スマートデバイスが製品化されてきたが、これに対するアドオンデバイスのような形での実装を考えた場合にも、脳波を測定するための電極の最適位置が額であることは、ユーザーが生活しながら装着するというコンテキストにおいては、かなりの精神的障壁となる。こういった問題への取り組みも必要と考える。

## 7 謝辞

本プロジェクトを進めるにあたりご指導を頂きました本学の國澤好衛教授、佐々木一晋助教に心より感謝致します。

また実験の際に被験者を快く引き受けてくださり、そして多くのご指摘を下さいました創造技術専攻の学生の皆様に御礼を申し上げます。

## 参考文献

- [1] 日高浩太, 佐藤隆, 映像の速覧技術, 映像情報メディア学会誌, 2009.
- [2] 青木秀憲, 宮下芳明, ニコニコ動画における映像要約とサビ検出の試み, 情報研報, Vol.2008, No.50
- [3] NeuroSky, Inc., TGAM1 Spec Sheet, June 25, 2013.
- [4] 入野野宏, 心理学のための事象関連電位ガイドブック. 北大路書房, 2005.
- [5] 平仲二, 事象関連脳電位による虚偽検出, 日本鑑識科学技術学会誌 3.2 (1998)
- [6] Martinovic, I., Davies, D., Frank, M., Perito, D., Ros, T., & Song, D. (2012, August). On the feasibility of side-channel attacks with brain-computer interfaces. In 21st USENIX Security Symp.
- [7] Grierson, M., Kiefer, C. (2011, May). Better brain interfacing for the masses: progress in event-related potential detection using commercial brain computer interfaces. In CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 1681-1686). ACM.
- [8] 小杉晋央, 湯通堂悠生, 越水重臣, bwTrackr: 脳波による映像記憶と再利用, インタラクシオン 2014.



# 高度専門職教育支援ソフトウェアの開発

小山 裕司<sup>1)</sup>

## Customized Software for Advanced Professional Education

Hiroshi Koyama<sup>1)</sup>

### Abstract

The Advanced Institute of Industrial Technology, AIIT is a graduate school for advanced professional education. Various information systems are developed and operated in order to support its unique educational system. This paper introduces two customized software: one is a downloaded video player with authorization on iOS devices, and the other is a visualization viewer in the body of knowledge for IT engineers.

**Keywords:** Video Player, Authorization, Visualization Viewer, Body of Knowledge, AIIT, Advanced Professional Education

## 1 はじめに

産業技術大学院大学（以下、本学）では、2006年の開学以来、高度専門職養成を実現する教育システムを支援するための数々のIT環境（情報システム、ソフトウェア等）を整備している[1, 2, 5]。この環境では、費用対効果、教育支援効果等を考慮し、できるだけ既存の汎用製品を導入している。しかし、本学の高度専門職養成を実現する教育システムは特微的であり、既存の汎用製品だけではこれを効果的に支援することができないため、本学の教育システムを反映した、独自のいくつかのソフトウェアを開発し、導入している。

2013年度には、以下のソフトウェア開発を行った。本稿の第2章、第3章は、これらの各ソフトウェアの設計及び開発を示し、

- 権限認証付きのダウンロード型動画視聴（第2章）
- 修得知識体系の可視表示（第3章）

第4章は、現状の課題及び今後の改善を列挙し、本稿をまとめる。

## 2 権限認証付きのダウンロード型動画視聴

本学では、2006年の開学以来、演習等の一部を除く、すべての講義を録画し、在学生、修了生及び教職員がインターネット経由で学外から視聴できる環境を提供している[3]。授業動画の視聴は、授業内容の復習をするための活用が第1

であり、理解が不足する箇所の確認をしたり、試験、課題のための勉強をしたりするのに使われることが多いが、以下に挙げる目的でも使われている。

- 欠席時の補習
- 未履修科目の聴講
- 履修登録前の参考
- 修了生の継続学修
- 教員間の相互参観

授業の録画には教室常設のPower Rec MV[8]、授業動画の配信にはPower Contents Server[9]、動画の再生はWindowsあるいはMacOS上のIE、Firefox、Safariを使う。配信手段はストリーミング型であり、動画視聴中は常にインターネット接続が必要である。

### 2.1 従来の仕組みの問題

従来の動画配信の仕組みのうち、今回解決しようとした問題を以下に挙げる[3]。

《スマートデバイス対応》

最近はいPad、iPhone等のスマートデバイスが急速に普及してきた。これらのデバイスに対応すればわざわざPCの前に座る必要が無いため、手軽に視聴できる。

《ダウンロード型》

ストリーミング型の場合は、飛行機、地下鉄等のインターネット接続が無い環境では視聴できない。ダウンロード型であればどこでも視聴できる。

これらの問題を解決することで、通勤、通学、出張等の時

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology

間を有効に活用することができる。多くの社会人学生は仕事と修学の両立に苦勞し、修学に使うことができる時間が限定されているので、今回はこれらを優先した。

## 2.2 設計及び実装上の特徴

今回開発したソフトウェアの設計及び実装上の特徴を以下に示す[6]。

### 《権限認証》

授業の動画、教材等を一般に公開する取り組みとしては、OpenCourseWare、YouTube EDU、iTunes U 等が有名である。しかし今回、対象にしている授業の視聴は在学生等に限定しているため、視聴権限を認証する仕組みが必要である。

視聴権限の確認は、本学の内部 LAN 上に存在する正規の認証機能を利用することもできるが、学外からの利用は制限があるため、今回は本学の AIIT アカウント関連付けられた Facebook アカウントを使って権限認証を行っている[4]。本学の学生の多数は既に Facebook アカウントを所有しているため、この仕組みを使うことで、新規にアカウントを発行する等の手間を省略でき、また利用者も認証手続きの手間を軽減できるという利点がある。

### 《動画ファイルの取り扱い》

今回の仕組みでは、授業動画のファイルをダウンロードして、スマートデバイスのストレージ上に保持する必要がある。視聴権限を維持するために、このファイルを YouTube 等の動画公開サイトに容易に転載できないようにする必要がある。

これを実現するには、DRM、独自のコーデック等がありうる。従来のストリーミング型であっても専用ソフトウェアを利用すれば動画ファイルを保存したり、動画公開サイトに転載したりすることができる。今回は、実装及び実行の効率を考慮し、通常の m4v (H.264 | MPEG-4 AVC) ファイルを使うが、ファイルを取り出すには相当の手間が生じるように工夫することで、従来程度の難易度を実現した。

## 2.3 動作例

今回開発した iOS 版のソフトウェアは Apple 社の App Store からダウンロードできる。以下に動作例を示す。

アプリケーションを起動し、Facebook アカウントでログインするとマイクラス画面が表示される(図 1)。画面下部の「授業の追加」からダウンロードする動画を選択する。動画の一覧が専攻・学期・科目ごとに表示されるので「Download」を押して選択する。最近、選択したことがある科目は画面下部の「以前見た講義」に列挙されるので、次からは簡単に選択できる。

選択後、マイクラスから再度「Download」を押すことで実際のダウンロードが開始され、無線 LAN 環境下であれば

90 分の講義動画で 10 秒程度かかる(スライド資料等の映像が綺麗に表示される工夫をし、映像及び音声のレートを思い切って下げているため、WMV では 800M バイト程度であるが、m4v では 80M バイト程度)。



図 1 ログイン後のマイクラス画面 (iPhone)

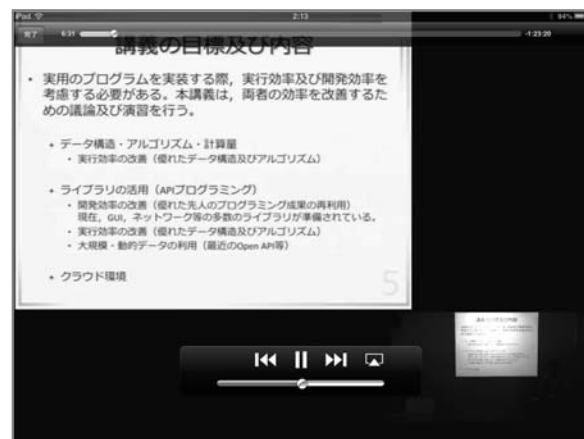


図 2 再生画面 (iPad mini)

選択した動画の管理を簡単にするための工夫として、マイクラスには同時に 5 個の動画のみを選択及びダウンロード

できる。6 個目を選択しようとする、一番古い動画が自動的に削除される。削除する授業の選択、実際の削除の実行、ストレージ容量の管理を明示的に指示する必要はない。

また、動画には視聴有効期限が設定されているので、期限を過ぎたものは延長手続きを行う必要がある。

次に、授業の「Play」を押すことで、授業動画の再生が始まる（図 2）。再生自体は、iOS 標準の再生機能を使っているため、再生位置の指定、音量調整、画面回転等の操作ができる。また、動画の画質は、iPhone の画面でも資料の文字が読める程度である。

### 3 修得知識体系の可視表示

本学情報アーキテクチャ専攻（以下、当専攻）では、情報アーキテクトに必要とされる知識・スキル・業務遂行能力の知識体系を 5 段階に分類・定義している[7]。

#### 3.1 情報アーキテクチャ専攻の知識体系

知識体系は知識単位（BOK, Body of Knowledge）の集まりで構成される。知識単位（大分類 10 項目、中分類 24 項目、小分類 約 120 項目）の分類には、当専攻の対象領域での現段階の標準指標に相当する、（独）情報処理推進機構（IPA）の共通キャリア・スキルフレームワーク（以下、IPA CCSF）[10]を使っている。従来は学生が修得した知識・スキルを修了要件の 40 単位及び単位取得科目名・成績でしか確認・表現ができなかったが、新規に定義した知識体系では、当専攻の対象領域の標準指標で IPA CCSF の知識体系に関連付けて詳細に客観的に確認・表現できる。

#### 《知識単位・レベル》

知識単位は授業科目の履修によって修得できる。授業科目ごとに単位取得によって修得できる知識単位（小分類）及びレベルを設定し、シラバスの「目的・狙い」の項目に修得できる知識単位及びレベルが書かれている（以下、抜粋）。

修得できる知識単位: <ul style="list-style-type: none"> <li>• (A1) K-01-01-03 情報に関する理論（レベル 3） 計算法</li> <li>• (A1) K-01-02-01 データ構造（レベル 4） スタックとキュー、リスト、配列、木構造、2分木</li> <li>• (A1) K-01-02-02 アルゴリズム（レベル 4） 整列、併合、探索、再帰、文字列処理、アルゴリズム設計</li> <li>• (A1) K-01-02-03 プログラミング（レベル 4） プログラミング作法、プログラム構造、データ型、文法</li> </ul>
--

ここに示されるレベルは表 1 のように設定されている。各科目のシラバスに示されたレベルは成績評価 4（80 点）以上に相当し、成績評価 4 未満のときは表 2 に従って換算される。

複数の科目から同じ知識単位（小分類）が修得できるが、集計時には知識単位（小分類）の最高値を使い、中分類の知識単位の値は下位の知識単位（小分類）の値の平均値を使う。

表 1 知識単位のレベル

レベル	内容
4	対象分野での知識・スキルを確立し、対象業務を行うことができる。下位レベルの育成を担当することができ、今後、対象分野の牽引に寄与する準備を行うことが期待される。 ITSS 4 以上
3	対象分野の知識・スキルを確立し、対象業務を行うことができる。 ITSS 3 相当
2	対象分野の知識・スキルをある程度確立している。上位レベルの指導下で対象業務を行うことができる。 ITSS 2 相当

表 2 修得したレベルへの換算

各科目のシラバスで設定されたレベル	科目履修による成績					
	0	1	2	3	4	5
4	0.0	0.0	2.0	3.0	4.0	4.0
3	0.0	0.0	2.0	2.5	3.0	3.0
2	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0

#### 《人材像》

当専攻で養成する「情報アーキテクト」とは、IPA CCSF の「ストラテジスト」、「システムアーキテクト」、「プロジェクトマネージャ」、「テクニカルスペシャリスト」、「サービスマネージャ」及び、本学が独自に設定した「セキュリティスペシャリスト」、「グローバルスペシャリスト」に渡る範囲の人材像の総称として定義されている。知識単位（中分類）は 24 項目あるが、すべての人材像で修得すべき知識単位は同じでは無い。当専攻では、人材像ごとに修得すべき知識単位（中分類）を 5 項目設定している。また、人材像ごとに推奨授業科目を 15 科目前後設定し、これらの授業科目の履修により、修得すべき知識単位が概ね修得できるように設計されている。

#### 3.2 可視表示のソフトウェアの狙い

当専攻の知識体系、人材像、授業科目等の教育システムの設計及び整理を行った結果、当専攻の学生は将来のキャリアプラン（人材像）から修得する必要がある知識単位が決定し、これを参考にして履修計画を作成することができる。また、実際の修得単位及び成績評価から実際に修得できた知識単位を確認できる。

新規に定義した知識体系では、人材像・知識単位・科目の関連は単純で直交性が高いが、知識単位が約 150 項目、人材像が 7 種類、授業数が約 50 科目と要素数が多いため、計算が煩雑である。

今回、履修計画及び科目履修を支援するため、履修計画か

ら修得できる知識単位,あるいは修得単位から修得できた知識単位を算出し,可視表示することで,狙い通りの知識体系が修得できているか(いわゆる達成度)を常時簡単に確認することができる仕組みを開発した。

### 3.3 動作例

今回の修得知識体系の可視表示ソフトウェアは, Google App Engine (Google 社 Cloud Platform の PaaS 環境) 上に構築し, 公開済みである (<http://03gekka.appspot.com/>)。最初の集計対象科目の指定画面(図 3)で, 履修科目あるいは単位取得科目及び成績を指定する。履修計画段階で, 成績が無い場合は評価 4 以上で計算が行われる。

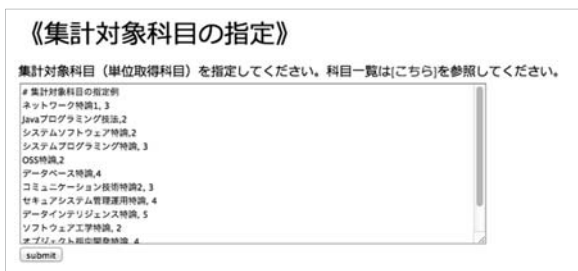


図 3 集計対象科目の指定

科目指定及び成績後, 「submit」 ボタンをクリックすると, 修得知識から上位 6 種類の人材像ごとの修得すべき知識単位(中分類)の 5 項目に対する達成度が可視表示される(図 4)。

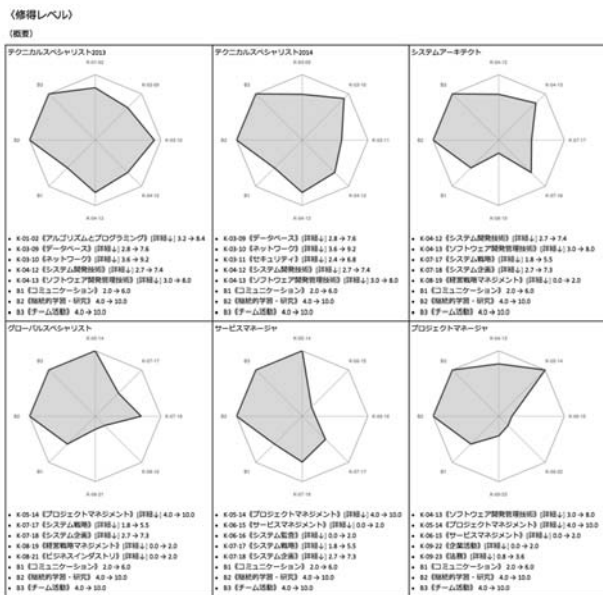


図 4 上位 6 種類の人材像

履修計画の作成段階であれば, 履修候補の授業科目で, 各

自の目標の人材像に対して修得すべき知識単位が修得できるかどうか, 不足している知識単位を補う授業科目が何であるかを視覚的に確認できる。修学段階では, 修得単位の授業科目及び成績から, 現状修得できている知識体系, 不足している知識単位を補う授業科目が何であるか, 適した人材像は何であるかを視覚的に確認できる。

各知識単位(中分類)のレベル値は, 最高値 4, 最低値 0 であるが, 描画グラフではこれらを最高値 10, 最低値 2 に変換して描画している。各人材像の可視表示を拡大したものを図 5 に示す。

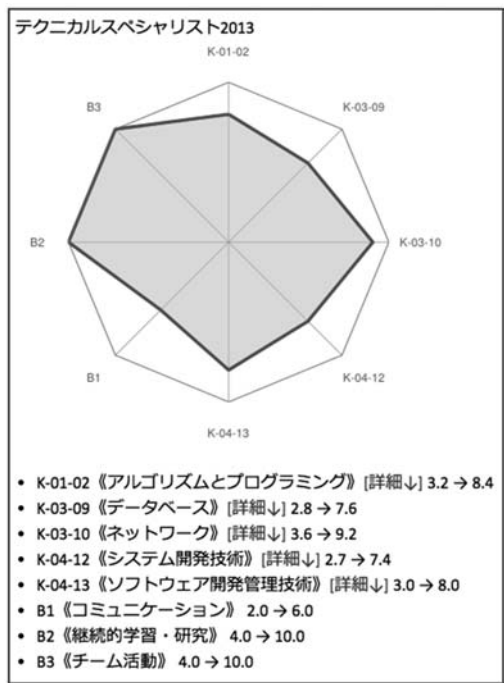


図 5 人材像ごとの達成度の可視表示

## 4 おわりに

本校では, 本学の高度専門職養成のための教育システムを支援するためのソフトウェア開発の事例として, 本学の授業動画視聴の仕組みを iPad, iPhone 等の iOS デバイス上で実現するためのソフトウェアと, 学生の修得知識を可視表示するソフトウェアの開発を示した。

前者の動画視聴は, 従来の仕組みでは, インターネット接続及び PC の環境が必須であったが, 新しい仕組みでは通勤, 通学, 出張あるいは就寝前等の比較的何時でも何処でも授業動画を視聴することができる。特に本学の学生の多数を占める社会人学生は仕事と修学の両立に苦勞し, 修学に使うことができる時間が限定されているので, これにより, 時間の有効活用及び授業内容の理解度向上が期待でき, 今年度から本学が開始した, 新しい仕組み(ブレンデッドラーニング, 授業の一部を録画動画の視聴で行う)でも実際に活用されてい

る。

今後の課題としては、視聴時間の短縮（無音時間の短縮、倍速再生等）、学生相互の情報交換支援（一緒に学修することの効果等）、動画登録の煩雑さ（XML 編集）の改善等があげられる。

後者の知識体系の可視表示は、従来は修了要件の 40 単位及び単位取得科目名でしか、知識・スキルの修得を確認することができなかったが、当専攻が新規に定義した知識体系では、当専攻の対象領域の標準指標で CCSF の知識体系に関連付けて詳細に客観的に確認できる。しかし、人材像・知識単位・科目の関連は単純で直交性が高いが、知識単位が約 150 項目、人材像が 7 種類、授業数が約 50 科目と要素数が多いため、計算が煩雑である。

今回の知識体系の可視表示ソフトウェアによって、学生の履修計画あるいは修得単位から、情報アーキテクチャ専攻の知識体系の達成度（狙い通りの知識体系が修得できているか）を常時簡単に視覚的に確認することができ、履修計画の修正に反映することができる。また、この仕組みは、本学が平成 25 年度から運用を開始したディプロマサブリメント（学生が取得した学位・資格の学修内容の証明書）の第 5 項目（資格保有者の能力）でも利用されている。

今後の課題としては、履修登録・成績管理の教務・事務サポートシステム等との連動、エキスパート（絶対評価による成績優秀者の称号）制度での条件に対するガイダンスの組み込み等があげられる。

## 参考文献

- [1] Shintaro Ishijima, Hiroshi Koyama, Yoshihide Chubachi, Fumio Harashima: ICT based Learning System of AITT for Professional Education in Japan, IEEE ITHET 2010, 2010
- [2] 中鉢欣秀・小山裕司・石島辰太郎, ICT を基盤とした高度専門職教育, 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 情報教育シンポジウム (SSS 2010), 2010
- [3] 土屋陽介・小山裕司・中鉢欣秀, 授業配信システムの設計と開発, 情報処理学会 第 112 回コンピュータと教育研究会 (CE112), 2011
- [4] 小山裕司・中鉢欣秀, 「外部アカウント認証を使った本人確認付き利用者認証の試み」, 産業技術大学院大学 紀要 第 3 号, 2012
- [5] 中鉢欣秀・小山裕司・石島辰太郎, 「産業技術大学院大学の ICT 環境の運用と課題」, 情報処理学会 インターネットと運用技術 (IOT16), 2012
- [6] 小山裕司・中鉢欣秀, 「権限認証付きのダウンロード型動画視聴アプリケーションの開発」, PC カンファレンス北海道 2013, 2013
- [7] 戸沢義夫・酒森潔・小山裕司, 「高度 IT 専門職大学院の教育目標を保証するカリキュラムの設計」, 情報処理学会 情報教育シンポジウム (SSS 2014), 2014
- [8] Power Rec MV, <http://www.photron.co.jp/products/e-solution/recmv/index.html>
- [9] Power Contents Server, <http://www.photron.co.jp/products/e-solution/pcs/spec.html>
- [10] 共通キャリア・スキルフレームワーク (第一版・追補版) <https://www.ipa.go.jp/files/000027170.zip>





## 日本の自動車業界におけるデザイン意思決定の最前線

## — デザインの評価の問題を中心として —

小山 登<sup>1)</sup> 山下 幹生<sup>2)</sup>

## Research for the Latest Design Decision-making in Automotive Industry

## — Focusing on Design Evaluation Problem —

Noboru Koyama<sup>1)</sup> Mikio Yamashita<sup>2)</sup>

## Abstract

Prior research has looked at the relationship between decision-making style and design strategy in the automotive industry. Table 1 shows the features derived from the prior research of automobile manufacturer's decision-making styles in Japan, Europe, and the U.S. The decision-making style of Japanese companies differs from that of European and American companies, in that (1) the frequency of decision-making is higher, (2) there is a greater diversity of members in the decision-making process, (3) the number of members involved in decision-making is larger, and (4) group consensus and guidelines are used as decision-making criteria. Also, this paper contains the results of analysis comparing these to Korean manufacturers, which have been creating an increased presence in global markets in recent years. However, there have been changes in recent years in so called 'panel evaluation' methodology, with moves to include the best features of the Japanese and European/US models.

**Keywords:** Design management, design decision-making, panel evaluation, design screening

## 1 研究の背景

はじめに、先行研究と直近の研究について、その概要を紹介する。先行研究 (Reference 1) では、自動車産業におけるデザインの意思決定スタイルに着目し、デザインの意思決定において、日欧米の間でどのような違いが見られるのかを考察した。特に、①「意思決定の回数」、②「意思決定メンバーの多様性」、③「意思決定メンバーの数」、④「意思決定の基準」という共通指標を用いて、各地域間にどのような差異があるかを明らかにした。その概要は以下の通りである。(表1参照)

第1番目の「意思決定の回数」については、欧州→米国→日本の順に多い。なお、日本の自動車メーカーでは、公式的な場での意思決定の回数は少ないものの、非公式な場での意思決定の回数が多いのが特徴である。一方、欧州の自動車メーカーで公式の意思決定の回数が最も多い理由は、他の二

つの地域に比べて開発期間が長いためである。

第2番目の「メンバーの多様性」についても、欧州→米国→日本の順に多様性の程度が大きくなる。日本の自動車メーカーでは、技術、企画、営業、経理などの多くの部署が意思決定の場に参加する。しかも、参加するのは必ずしも各部門の責任者だけではない。それに対して、米国の自動車メーカーでは、デザイン担当役員と経営トップ数名、それに営業部門などの代表者が加わる。意思決定メンバーの所属組織の幅は比較的広いものの、階級の幅が狭い点に特徴がある。会議に参加するのは責任者に限定されている。日米に対して欧州では、主にデザイン担当役員と開発関係トップで意思決定され、営業サイドからはあまり会議に参加しない。

第3番目の「メンバーの数」についても、欧州→米国→日本の順に多くなる。日本の自動車メーカーでは、多数のメンバーが会議に参加する。(例えば、トヨタの場合は40名以上が参加)それに対して、米国の自動車メーカーでは、中程度(10名程度)であり、欧州の自動車メーカーでは、少数(数名)である。

第4番目の「意思決定の基準」については、日本の自動車メーカーが合議制(ガイドラインの使用も含む)をとるのに対

---

Received on 2014-10-03

- 1) 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology  
2) 京都精華大学  
Kyoto Seika University

して、米国の自動車メーカーでは、事前に行われたクリニック(ターゲットユーザーを招待して開発途上のデザイン案に対する印象や意見を聞く)の結果を重視してデザインを選んでいく。米国では移民が多く、人種や価値観、文化の多様性から、マニュアルなどを整備して、デザインの決定システムを透明化し、属人的にならない仕組みを作り上げていった。つまり、デザインを決定する際には、事前調査を行い、その結果に選択をゆだねることで、意思決定の透明化を図ったと言える。日米に対して、欧州の自動車メーカーでは、まずブランドの一貫性や継続性が重視されるため、それらを担保するためのガイドラインに基づいてデザインの良し悪しがデザイン担当者やデザイン担当役員主導で審議され、決定されて

いく傾向が強い。

上記の研究成果のまとめの後、急速に台頭しつつある韓国自動車メーカーのデザインの意思決定に関する追加の調査をインタビューも含め実施した。(表1参照)

この調査の結果から、韓国自動車メーカーにおける、デザインの意思決定は、欧米と日本の中間的な意思決定スタイルと行うことができ、それぞれの良さを取り入れた意思決定方法の新しい試みと見られる。その背景には、産業の発展途上で日系メーカーや欧米メーカーから技術やノウハウを積極的に導入してきた経緯があり、両者の長所を取り入れるスタイルが定着したものと考えられることでもある。

表1 自動車における各国企業の意思決定スタイルの特徴

	日本	欧州	米国	韓国
1. 意思決定(会議・クリニック)の回数	公式的には2-3回(ただし、非公式な検討会や事前検討が10回前後は存在する)。また、クリニックは社内と社外に分けられるが、審査ごとに実施される(サンプル数は100名程度)。	意思決定回数は3-4回くらい(開発期間が長い)。また、クリニックはルーチンとして実施し、回数は2回程度。	3-4回のトップ審査で決定する。また、クリニックは4-5回必ず実施され、サンプル数も多い(1000名以上)。	欧米と同じように3-4回位で、年間のデザイン審査数は10回程度
2. 意思決定のメンバーの多様性	技術/企画/営業/経理などの多くの関係者が参加する(必ずしも部門トップばかりでない)。	デザイン担当役員と経営・開発関係トップに限られ、営業サイドからは殆ど参加しない。	デザイン担当役員と経営トップ数名に営業なども加わる。	デザインセンターでの絞り込みが十分されていて欧米出身のデザイン担当役員を中心としたメンバーによる決定
3. 意思決定の人数	多数(数十名)	少数(数名)	中人数程度(10名程度)	少数~中人数程度
4. 意思決定の基準	経営トップ及び関係役員多数による合議制(ガイドラインも使用する)。	最終段階でトップの確認をとる(企画・デザイン・ブランド担当役員の声が大きいの)。	クリニックの結果で選択される。意思決定はデザイン担当役員の権限が大きく、トップは最終の確認程度。	デザイン担当役員の基準をベースに、最終的には社長の権限で決定

## 2 デザインの意思決定に関する最近の動き

### 2.1 デザイン界を取り巻く動き

経済的な大打撃を与えたリーマンショック以降、日本をはじめ世界の多くの企業は、その回復の為、組織のスリム化や再編などを強いられることとなったが、メーカーにおいては、より个性的でオリジナリティのある商品開発が急務となった。特に、デザインにおける競争優位性は、コスト削減による競争力強化の一方で、商品価値を上げるための重要な鍵となってきた。

世界各社の生き残りを賭けた動きの中で、日本の自動車産業の代表格であるトヨタは、2012年に発足した新体制下で、トヨタのデザインをもっと変えたい、世界をリードするオリジナリティのあるデザインに変えたいという思いから、デザイン担当役員や組織の一新や若手のデザイナーの積極的登用とともに、新しい意思決定スタイルの採用、すなわち、少数でのデザインの意思決定へとシフトする方向へ動き出した。このことは、上述の調査結果の表からも分かる通り、欧米企業や韓国企業の一つの特徴である意思決定の迅速さなどの良さを目指した改革とすることができる。

### 2.2 従来のパネル評価に対する新たな試み

パネル評価制度は、制度としての改善を重ねながらトヨタの意思決定に不可欠なものとなってきた反面、その弊害も見えてきた。例えば、いわゆる平均点的なものづくりの選択に傾きがちになってきたことが挙げられる。事実、パネル評価の評価点の承認のための合格点は何点以上といった暗黙の数値ができていて、デザインの意思決定の審議メンバーである委員(役員)は、その点数に左右されてしまうということが指摘されていた。そのようなやり方を何とか変えたいと考え、その最初のプロジェクトとして、新社長の思い入れの強かったハチロク(86)の開発において、パネル評価を従来と違うやり方で実施することがきめられた。

### 2.3 プロジェクト「86(ハチロク)」の例

トヨタにとって久しぶりのスポーツカーの開発となったモデル86の開発時の新しい意思決定の方法を検証してみた。まず、チーフエンジニア(開発の統括責任者)の思いや開発の背景は以下の通りであった。

日本の自動車産業が成熟し多様化する中、スポーツカーが次々と生産中止となってしまっている。トヨタも然りで、MR-Sやスープラが販売の不振で採算性が悪く、不況下で生産終了となり一時的にスポーツカーが途絶えてしまった。しかし根強いファンは多く、レアなスポーツタイプの中古車や外国車等人気は変わらず根強かった。トヨタは、若者のクルマ離れが指摘される今、夢や憧れを再びクルマに回帰させるためには、クルマ本来の魅力である「Fun to drive」を極限まで追求するとともに、環境や時代のニーズにも応えた新しいスタイルを提案することが重要と考えた。更には、ユー

ザーならではの楽しみも広げていく環境づくりや仕掛けなど、新たな付加価値を持たせることがスポーツカーの成否を握るカギだと考えた。一方で、トヨタのFRスポーツの歴史には、S800や2000GT、(旧)86といった今でも圧倒的な人気のある名車があり、復活させて欲しいとのエールも耳にしていた。(図1参照)

特に、(旧)86は発売以来、ユーザーやさまざまなチューナーがチューニングパーツを開発しながら、彼らの手によって名車となったクルマで、まさにユーザーが主役の数少ないスポーツカーである。そこで、チーフエンジニアは、この新型スポーツカーにあえて86の名を冠して、スポーツカーとしてのソフトを継承することにしたという。(図2参照)

チーフエンジニアは、古き良き時代の心を受け継ぎ、最新の技術を駆使してそのニーズにこたえるスポーツカーをつくるため、原点に立返りクルマづくりのプロセスから変えようと考え、次の二つのことを考えた。「数値ではなく、人が感じる楽しさを極限まで追求したクルマづくり」と「社内の合意を前提にする車両企画ではなく、むしろ好き嫌いが出る程の個性化」である。



図1 旧86のデザイン



図2 新86のデザイン

### 2.4 デザイン部門の新たな動き

これを受け、デザイン部門でもデザインを決定するプロセスを大きく変えようと、チーフエンジニアの意向を受け動き出した。開発するスポーツカーに対する作り手の理想を追求したり、低重心で見るものを「ハッ」とさせたりするデザイ

ンをつくりあげるには、多くの人意見や好みを取り入れての合議制的な通常の意思決定では、個性的なデザインは生まれないという信念のもと、社内パネル評価（社員ではあるが開発には従事しない立場の者から顧客特性にマッチする者を選んで開発途上のデザイン評価をさせる制度）においては「スポーツカーパネラー」を選定し、お客様に近い感覚のコメントを直接聞きながら、少人数でデザインを決定するスタイルを採用した。実際、社内にいるスポーツカーユーザーをリストアップし、彼らに、スケッチやモデルを評価させ意見やコメントを収集するなどして、通常のパネラーの評価結果報告に加えて、デザイン審査会に報告した。その結果、通常のパネラー評価と全く違うモデルが高い評価を得、評価点の傾向が分かれたとのことであった。最終的には、スポーツカーパネラーがよい評価をつけたモデル（デザイン）を選択し、生産モデルとしたようで、狙い通りの話題性のある個性的なデザインとなったと見られている。

### 3 新パネル評価制度の誕生

リーマンショックからの回復と生き残りを賭けた業界の激しい動きの中で、トヨタはデザインの課題にも直面していた。レクサスを立ち上げた頃には、世界に大きな影響を与えていたデザインも、最近では、欧州や韓国のメーカーのデザインに追い上げられていて、その優位性も不安定なものになりつつあった。これは、デザインだけでなく技術陣もまた同ような悩みを抱えていたという。特に、レクサスブランドでは、立ち上げた頃の新規性やオリジナリティも弱くなりかけていた。そこで、経営トップは、レクサスブランドの社内分社化を実施し、トヨタブランドと明確に区分してその優位性を確保することや世界をリードするデザインや技術の開発に取り組むことにした。

これまでのトヨタを代表とする日本の自動車メーカーのデザインの意思決定では、7段階評価のパネル評価結果を審査会などで役員に提示し参考意見として意思決定の指標にしていた。トヨタへのインタビュー結果でも、あくまでも参考と言いながら、評価点が車種やタイプによって何点以上が承認の合格点といった基準が存在しているとのことだった。すなわち、「参考」としていたはずのパネル評価結果もある種暗黙の合議の基準として機能している実態があったのである。

ごく最近のインタビューによると、数年前から（特にデザインのトップが代わってから）デザインの審査会での点数報告の実施をやめたとのことである。ただし、パネル評価そのものは実施していて、関係部署がそのパネル評価を分析し、データとして参考に行っているようで、各部署の意見のまとめには活用されている。しかし、以前のように、公式にデザイン審査会の中で、パネル評価結果を点数で報告することはせず、意見やコメントを紹介する程度にしたとのことである。また、同時にレクサスの社内分社化（Lexus International）

の関係で、審査を別々に実施して、かつ、役員の出席人数も10名以下と少数で意思決定するよう変えていったとのことである。以前には50名近くの関係役員が出席する中、担当者も含めるとそれ以上の大人数での合議がなされていたことを考えると、前述の日本型から欧米型へと移行したことがわかる。このやり方が妥当なものであったかどうかは、この方式で開発されたクルマがまだ世に出ていないため確認できないが、最近の自動車ショウなどで見られるトヨタのデザインの思い切ったテイストなどを見る限り、大きな変化は実感できる。

### 4 結論

2009年から実施している「デザインの意思決定」に関する研究の知見から、変わってきたことは、①日本のデザイン開発における意思決定が、多くの関係部署が集まって行われる合議制で実施されてきたものから、欧米のように少数のトップマネジメントで意思決定するよう変化してきている。②パネル評価制度については、その有効性から継続実施され、活用されているが、点数化の意思決定への反映は、弊害がみられるとして採用されなくなりつつある、ということである。点数化という手法は一見客観的なデータを提供するように見えるが、点数の持つ意味や点数の操作に厳密さを欠く面もあり、点数化された結果に対する信頼性への疑念が払拭できていないことを示している。

トヨタにおける新しい手法の下で開発されたモデルはまだ市場に出ていないので、その有効性については検証できないが、今後、新しいデザインの意思決定スタイルで製品化されたモデルが市場に出て、評価が確認できるようになった時に、この新方式の評価を含め、その時点での日欧米韓の意思決定スタイルを再度比較・検証してみたい。

### 参考文献

- [1] Keiichiro Kawarabayashi, Mikio Fujito, Kazuko Sakamoto, Yoji Kitani, Mikio Yamashita, Noboru Koyama and Yasufumi Morinaga. Strategic Design Management Methods in Major Japanese Electronics Companies. *International Journal of Affective Engineering*, 12(2), pp. 325-335, 2013.
- [2] Noboru Koyama, Mikio Yamashita and Satoshi Yoshida. A Practical Case Study of Panel Evaluations for Vehicle Design Development. *International Journal of Affective Engineering*, 12(2), pp. 349-354, 2013.
- [3] Noboru Koyama, Mikio Yamashita, Keiichiro Kawarabayashi, Satoshi Yoshida, Mikio Fujito, Yasufumi Morinaga and Junfu Chen. A Comparison Study on the Use of Review Panel Evaluations for

- Decision-Making in Vehicle Design by Japanese, European and U.S. The Proceedings of the International Conference of Kansei Engineering and Emotion Research, KEER2010, pp. 1798-1809, 2010.
- [4] Keiichiro Kawarabayashi, Mikio Yamashita, Mikio Fujito, Kazuko Sakamoto, Yoji Kitani, Noboru Koyama and Yasufumi Morinaga. Study on User Involvement in Hardware, Software and Service Integrated Type Design Development. The Proceedings of the International Conference of Kansei Engineering and Emotion Research, KEER2010, pp. 2394-2404, 2010.
- [5] Noboru Koyama, Mikio Yamashita, Mikio Fujito, Keiichiro Kawarabayashi, Yasufumi Morinaga, Yoji Kitani. Differences of Design Decision on Product Design Development through Comparative Research on Japanese, European and American Automobile Industries. The Journal of Kansei Engineering International, 18(2), pp. 160-174, 2009.



## AIITにおける博士課程教育のあり方の考

— サバティカル期間に滞在した社会情報学研究室での研修から得た知見 —

嶋田 茂<sup>1)</sup>

### Consideration of a Nature of Doctorial Education in AIIT

— Knowledge obtained from the training in the Social Informatics

Laboratory during Sabbatical Period —

Shigeru Shimada<sup>1)</sup>

#### Abstract

Need in the students belonging to my PBL, those who seek a degree corresponding to Ph.D. Increases, providing education which corresponds to the doctoral program came out. To cope with this, I was training at domestic university with a doctoral course. As a result, not that I have any special teaching methods as a doctoral program, and to understand better the intentions of students, and to allow precisely the suggestion based on experience and knowledge of state-of-the-art research on the intention, and each student I got the knowledge of good and to carry out the education with an emphasis on qualities.

**Keywords:** PBL, Education, Doctorial Course, Ph.D., Teaching Method,

#### 1 はじめに

##### 1.1 本学における外資系企業就業中の学生の状況

日本の就業人口に占める外資系企業の割合は、毎年減少傾向にある。例えば、東京都内における外資企業の進出度は、2006年から2010年までの5年間に、87%まで減少していることが東京都産業労働局による就業人口の調査で報告されている[1]。ところが、このような外資系企業の進出度の割合が年々減少傾向にあることに対比して、本学では外資系企業に就業している学生の割合は逆に増加傾向にある。即ち、私の担当するPBLに所属する学生の中で外資系会社に就業している者の割合は、2010年0%、2011年17%、2012年33%、2013年25%、2014年60%といったように、年々増加している。

このような、外資系の企業に就業している社会人学生の中に、博士の学位を得て国際的に発言力を高めて行きたいといった要求を持つ者が多くなっており、博士課程への進学を求める傾向にある。これは、従来の日本国内大学における博

士課程への進学率が、2003年をピークに飽和又は低迷の状況にあるのと[2][3]、対比した状況にある。又国内の諸大学での博士課程への進学が人気のない状況[4][5][6]とは異なるものである。

特に私の担当するPBLの学生の中には、外資系企業の技術開発部門へ就職はできたものの、その部門での技術開発への発言力が弱く、同じ職位でも博士の学位を有する技術者の発言力が強いと、その開発への関与や達成感が感じられないといった不満を打ち明ける者がいる。このような状況から、国際的に通用する博士の学位(Ph.D.相当)を取得して、就業先の外資系技術開発部門での関与を大きくすることを求める学生に対しても、適切な教育を施すことができるような必要性を感じるようになった。

##### 1.2 博士課程教育方法に関する研修の目的

学位を求める学生に対しては、博士課程(博士後期課程)の教育コースが必要になるのであるが、本学には修士課程に相当するPBL教育コースだけであり、まだ博士課程のコースが設定されておらず、その博士課程で行うべき教育方針も設定されていない。このような状況下にも関わらず、博士の学位を求める学生の要求に答えるため、私が過去に所属していた企業の研究所で行っていた研究開発の方法を取り入れた独自の教育方法を現在行っているが、その正統性は必ずしも

Received on 2014-10-03

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology



保証されたものではない。私の就業していた研究所は、他の多くの企業の研究所の中でも基礎研究が比較的重視されており、学会等で発表した研究内容を比較しても、一般の大学における研究内容と遜色のない内容を扱っていたことをたびたび確認していた。しかし、日本国における博士課程は大学にあり、その教育コースを受講して研究成果を上げた学生に対して学位が授与されるものであるため、単なる研究内容の比較からだけでは、その教育方針の妥当性が判断できるものではないと考えられる。このようなことから、大学における博士課程で行うべき教育のあり方を調査することが今回の研修を行うきっかけとなった。

## 2 研修環境

### 2.1 研修場所の検討

サバティカルの研修場所として企業か大学かの選択に迷うところであるが、学位が大学から授与されることを前提にした比較と検討を行った。まず企業での研修を考える場合、私は過去に企業の研究所に勤務していたので、その関係から研修の受け入れ要求交渉を行う方法やそこでの活動方針も大方分かっているため、その手続きは容易と考えられた。又その候補となる企業の基礎研究部門は、最先端の技術とそれを使った新しいビジネスを切り開く能力を養うには最適な場所と考えられた。具体的には、私が以前に在籍していた企業研究所では、複数の研究員によるプロジェクト体制のグループ研究開発を行うことが多く、研究リーダーや組織上の上位研究員が新人のメンバーの課題設定の指導や進行状況のフォローを行う体制をとっていた。

この体制は、大学院における教授と博士課程学生との間で行われる教育方法とほぼ同じであると考えており、私が大学へ転職した後も、この会社での教育方法が大学においても有効であると考えられた。しかし、このような企業の研究所では、大学における純粋の研究とは異なり、製品を意識したある程度研究開発のターゲットがしばられた状況での試作や調査が主体となることが多いため、大学で行われている学生による自発的な課題の設定と研究方法には必ずしもなっていないのではないかと感じられた。又得られる研究成果の取り扱い、かなり厳しい守秘義務やライセンス管理が課せられることが危惧され、自由度が少なくなる恐れもあった。

次に大学での研修を考える場合、本学卒業の学生の多くが学位を取得するのは日本の大学であると考えられることから、国内の大学を選択する必要がある。それでも、その候補となる大学の研究室は多いため、私の専門とする分野（データベース・ビッグデータ・データマイニング関係）を専攻とする研究室に限定して、その特性を比較することにした。代表的な候補となったのが、A 研究室、B 研究室、C 研究室、D 研究室である。これらの研究室で私が研修を行う場合の条件について比較した。まず、A 研究室について調査すると、研究

室を構成する人員は教師が 14 名、博士課程学生が 5 名、修士課程学生が 11 名と大所帯であるが、肝心の A 教授が H13 年度から N 研究所の所長職との兼任で、研究室の活動運営は下位の 7 名の准教授に任されている状況であった。このような状況から、研究テーマも細分化され、それぞれ専門の博士課程の学生指導がなされるので、今回の研修の参考にはならないと判断した。残る 3 つの研究室の特性に関する調査を行い、その結果、教師数や学生数及び研究成果等の諸特性は（2010 年～2012 年 3 年間の平均）次の表のようになった。

表 1 各研究室の活動状況

	B 研究室	C 研究室	D 研究室
教員数	6	4	4
博士課程学生数	9	2	5
修士課程学生数	14	16	23
学術論文数	10 (0.34)	4 (0.18)	7 (0.22)
国際学会発表数	16 (0.55)	9 (0.41)	13 (0.41)
国内学会発表数	17 (0.59)	10 (0.45)	30 (0.93)
学術賞の受賞数	10	2	3

研究成果として重視されるのが学術論文の数と国際会議での発表数であり、これを関与人数（教員＋学生総数）で割った率としてカウントすると、B 研究室の成果が最も高く、研究室の活動が効率よく行われていることが推測される。この B 研究室に注目すると、更に次のような特徴がある。研究室が所属する組織は理学部・工学部・経済学部等といった旧来の学部体系ではなく、「情報学研究科」といった文理を超えた比較的新しい研究科であること、研究グループ構成員に外国人の准教授を招聘し、博士課程の学生として留学生からの人気が高いこと、及び研究員として企業からの派遣者を受け入れ、産学連携に熱心なことなどが挙げられる。

以上の比較から、今回のサバティカルの研修先として、B 教授が組織する研究室を選択した。又、この B 研究室と隣接する C 研究室との交流も許される範囲で行うことにした。

### 2.2 B 研究室の研究活動の概要

B 研究室に所属する学生への教育の中核は、週 2 回（火曜と金曜）の定例研究会であり、これにはほぼ全員の参加が要請される。研究会は、それまで進めてきた研究開発の状況と今後の方針に関するプレゼンテーションと、それに対するディスカッションで、教員からの質問や評価以外に学生同士の意見交換も行われる。プレゼンテーションの種類は、教師からの研究計画の説明から、博士課程の学生による継続的なテーマに基づく研究開発の状況報告、及び学部学生による新規の研究開発テーマの提案に至るまで、広い範囲の内容が扱われる。ディスカッション内容も、学期の最初の研究テーマ

の選定に関するものから、中期の研究開発の進捗状況の報告から、後半の卒業研究の纏め方に至るまでかなり異なる他、途中で投稿中の学会論文の準備や参加国際会議の状況報告に関する議論も、特別な話題として取り上げられるなど、時期と共に変化する。これらの議論は、博士課程、修士課程、学部と分け隔てなく平等に行われるため、学部学生にとっては、いきなり最先端の研究を行っている研究者と対等のディスカッションを行わなくてはならないプレッシャーが加わる。これは一見乱暴な方法とも思われるが、学部生への研究の糸口を教育する上で非常に効果があると考えられる。

私は、B 研究室の一部の部屋に滞り場所を確保頂き、大学での研修を長時間継続できる環境を提供頂くとともに、この定例の研究会への参加を行い、今までの私の研究経験の見地から各種の議論の意見交換を行う形式により参画を深め、博士課程の学生に対する教育方法に関する研修を行った。

### 2.3 B 研究室の主な研究課題

従来、B 研究室では、データベース技術を中心とした研究が行われており、1990 年代のオブジェクト指向 DBMS からハイパーメディア DBS、履歴 DB モデルなど、先進的なデータベース管理方式に関する研究で DB 学会をリードされてきた。この頃私は、企業の研究所において、時空間 DBMS とその地図・図面情報システムへの適用方式に関する研究を行っていたので研究内容が近く、学会や産学プロジェクトなどにおいて親交を深めていた。その頃、H 大学の A 教授をリーダーとする情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤技術への研究」と題する国家プロジェクトが 2005 年から開始され、これに B 研究室から参画され、「新しい検索エンジンの開発」を担当された。その後、B 研究室の研究テーマの中心は Web 検索関係となり、現在の B 研究室における主な研究テーマは、次の通りとなっている。

◇Web コンテンツの信憑性検証 (テキスト, 画像, 映像, 音声)

インターネット上での虚偽情報の発生・拡大の発見手法

◇サーチとインタラクション

あいまいなエピソードからのオブジェクト検索とクエリの対話的修正

タスク主導検索におけるリスク情報の QA コーパスからの発見

Rerank-by-Example (Rerank.jp)

Rerank Everything

CowSearch: 信憑性指向のウェブ検索

社会情報学のためのインタラクションデザイン

◇Web 検索エンジンからの知識獲得

情報検索, Web 技術と e-ラーニング

典型性と多様性に基づくオブジェクト集合検索

◇オブジェクトヒストリサーチ

価値の時間依存性に基づくマイクロブログ記事の分類

ニュース記事の抽象化・構造化による時間を超えた類似イベント検索

◇Web アーカイブのブラウジングとサーチ

Web ページ中の論理的構造の抽出

隠語発見

◇デスクトップ検索とモバイル Web アクセス

検索エンジンのインタフェース改善

これらのテーマは、現在私が専門とする時空間 DBMS やプライバシー侵害検知のためのデータ解析の研究分野とはかなり異なる方向となっている。これにより、B 研究室で議論される内容に関して、私にとってはテキスト解析や画像処理及びデータ管理といった基礎的な分野での共通の話題はあるものの、Web 検索における信憑性や多様性などの話題に関する知識は少なく、必ずしも正確に把握できるわけではなかった。従って、定例の研究会で私が参画できるディスカッションは、私の専門外の内容が多く、理解できる分野が限定される状況であった。

研究会で議論される内容は、包括的にはデータ解析の分野には属するものであるため、基本的な概念レベルでは理解はでき、又は理解すべきであると考えられるが、分野が先端的になればなるほどその内容は特殊になり細分化されるため、非常に限られた分野の人々しか理解できないことが多くなる。特に B 研究室で重点的に取り上げている Web コンテンツの信憑性に関する分野は、表層的なテキスト表現や写真の不自然さを検出するだけでなく、その時期に起こっている時事に関する知識との矛盾性を検知する必要があるなど、世界的にみてもこの分野の研究はまだ少なく、B 研究室による研究のイニシアティブを主張している分野でもあった。

### 2.4 B 研究室の構成メンバー

助教以上の教員数は 7 名で、B 教授を筆頭に、B2 准教授、B3 (ポーランド出身) 特定准教授、B4 特定准教授、B5 特定助教、B6 特定助教、B7 教授 (特定客員教授) である。この中で、B7 教授は M 企業の事業部の部長職経験者で、研究会でのディスカッションにおいて、企業的な見地からのコメントやサジェッションを得るために、特別に採用されている。博士後期課程学生は 9 名、修士課程学生は 1 年 2 年合わせて 14 名、学部生は 7 名で、全体 37 名であった。特に博士後期課程に在籍している学生には、外国からの留学生が多く、中華人民共和国や中華民国の他に、スペインとオランダの出身者も在籍するなど国際的であった。なお、これらの外国人が出席している状況下でのディスカッションの共通言語は英語であったが、日本人学生や日本語の堪能な外国人学生の場合には日本語で行われていた。

### 3 研修内容

#### 3.1 ディスカッション参画状況

私が B 研究室での定例の研究会に参加する形態としては、単にプレゼンテーションを行う学生に対する意見表明を行うといった受動的な参画だけでなく、本学の PBL の学生の立場からの研究内容のプレゼンテーションを行い、それに対する意見を請うといった積極的な参画も試みた。その形式としては、本学嶋田 PBL 所属の学生が B 研究室に留学すると想定して、その最初に行われるその学生がそれまで行って来た研究内容を紹介して、今後の研究の方針についてディスカッションを行い、今後の研究方針に関するコメントを請うような参画を試みた。具体的には、私が、第 6 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2013)で本学嶋田 PBL の学生が研究発表した資料[6]を使って、B 研究室の全てのメンバーに向けて研究内容の説明を行い、その内容についてディスカッションとコメントを請う形式で行った。

その研究発表内容に関するディスカッションとしては、B 教授の外に、B 研究室で研究の中核を担う複数の助教等から、プライバシー侵害の定義やその正当性に関する質問が多く出され、研究の意義やその内容の中核を理解されることにながりの時間を裂くことになった。このような研究内容の把握は、新入の学部生や博士課程への転入生が新たな研究テーマを提案する場合と同等な形式となったが、特に私の提示した研究内容では、従来からの B 研究室で取り組まれている研究内容とはかなり距離があったために、その内容把握にはより長い時間を要したと考えられる。又、プライバシー侵害に関する捉え方も、今回嶋田研究室で取り扱われている写真やビデオの SNS への投稿時に多く発生するといった見解はとられずに、その SNS へ投稿する記事自体の真贋性の判定問題の方が大きいと捉えられ、写真やビデオに加えられるメディア処理の方法等が議論になり、プライバシー侵害の検知方法に関する議論の深まりはなかった。

その時に、B 教授から提示されたコメント（メール形式で議事録風に提示される）と指示内容は以下の通りであった。但し、以下の B 教授のコメントの途中の「⇒」以下の記述は、私が学生の立場からのコメントに対する応答例で、実際に私が B 教授に発言した内容とは多少異なっている。

#### ■SNS 画像投稿におけるプライバシー侵害予知サービスの提案

##### - DEIM2013 にて発表

90%のユーザが自身の写真の勝手な投稿に不快感（トレンドマイクロアンケート調査）

##### - プライバシー権

##### - 古典的プライバシー権 [Wikipedia]

古典的プライバシー権は、前述のサミュエル・D・ウォーレンとルイス・ブランドイスによって、「そっとしておい

てもらふ権利」(The right to be let alone) [4]と定義づけられたのが始まりである。アメリカ合衆国では、始めに不法行為の一部として認められ、のちに憲法上の権利としても認められるようになった。

日本では、「宴のあと」事件の判例に代表されるように、個人の私生活に関する事柄やそれが他から隠されており干渉されない状態を要求する権利をいう。より具体的に言えば、「私生活上の事実または私生活上の事実らしく受け取られるおそれのあること」「一般人の感受性を基準にして当該私人の立場に立つた場合公開を欲しないであろうと認められること」、「一般の人々に未だ知られていないことがらであることを必要とし、このような公開によつて、当該私人が実際に不快、不安の念を覚えたこと」をプライバシー権に関わることとしてあげている。ただし、公人・公的存在に関しては、幾分ゆるく判断されることがある。これらにあてはまるのは、例えば、私信（手紙）の無断掲載などがあげられる。

##### - 積極的プライバシー権 [Wikipedia]

積極的プライバシー権は、他者が管理している自己の情報について訂正・削除を求めることができる権利をいう。プライバシー権は、情報化社会の進展を背景として、国家などの保有する自己に関する情報の訂正、削除などを求めることもできる積極的権利とするという見方に変わっている（自己情報コントロール権、積極的プライバシー権という）。

OECD 理事会は、1980 年に「プライバシー 8 原則」（収集制限の原則、データ内容の原則、目的明確化の原則、利用制限の原則、安全保護の原則、公開の原則、個人参加の原則、責任の原則の 8 つ）を勧告した。これは、世界各国の個人情報保護制度に大きな影響を与えた。

⇒この「積極的プライバシー権」の概念は気がついていなかった。このようなプライバシーに関する主張は、現在の SNS の場合には、その権利の主張をクレーム前に行うオプトインプロセスと、クレーム後に行うオプトアウトプロセスとの影響を比較することの方が重要と考えられている。

##### - 個人情報保護法 [Wikipedia]

個人情報保護法はより積極的プライバシー権を保障するものとして、2003 年 5 月 23 日に成立し、2005 年 4 月 1 日から全面施行された。

⇒個人情報保護法における「プライバシー」の概念は、未知の人々から收拾した多量の個人情報を所有し管理する立場からの情報保護や漏洩防止の考え方であり、ここで我々が研究対象としているような、自分の所有している情報を公開する場合や、知人の持つデータを特定の人々に紹介する場合等、状況はかなり異なっている。これらのプライバシー侵害のシチュエーションを体系化して明快にすること自体が研究と

なっており、従来の個人情報保護法におけるプライバシー侵害は、その中の特殊な場合に過ぎない位置付けである。

#### - 肖像権 [Wikipedia]

日本においては、日本国憲法第 21 条に表現の自由が明記されており、肖像権に関することを法律で明文化したものは存在せず、刑法などにより刑事上の責任が問われることはない。しかし、民事上では、人格権、財産権の侵害が民法の一般原則に基づいて判断され、差止請求や損害賠償請求が認められた例がある。財産権に関しては立法化の流れも生まれているが、公共の場所で不特定多数の人物を撮影する場合は、肖像権の侵害は基本的に認められない。

米国においては、被写体の肖像権よりも、写真などの撮影者や、それらを加工した編集者の権利が最優先されるといえる考え方が一般的である。これは米国憲法修正第 1 条に定められている「表現の自由・言論の自由」は民主主義の絶対条件であり、「何ごとよりも優先される」という考え方によるものである。

⇒指摘された肖像権とプライバシーの侵害の考え方はかなり類似しているが、必ずしも 1 対 1 に対応しないし、国によって解釈が異なる面がある。今回の研究対象としている SNS への写真投稿時に発生するプライバシー侵害は、肖像権侵害に近い状況にあることは認められるが、日本の刑法での規制よりもよりセンシティブに主張される面もあり、本研究ではこれらのシチュエーションを SNS の意見（世論？）から決めていくような方針を考えている。

#### - SNS データ：属性データ+テキストデータ+画像データ

##### ■プライバシー侵害モデル

- 類型：他者侵害、自己漏洩、侵害反論、侵害指南、間接侵害：50:7:4:25:11（比率）

- 顔認識：オムロンの OkaoVision を利用

- テキストデータとプライバシー情報

テキストデータは、必ずしも、写真画像の内容記述にはなっていない。

性別、年齢、室内・屋外、・・・などは画像認識 (OkaoVision) で分かる。

(1) 誤ったテキストが画像にひもづけられ投稿された場合は、どうなるのか？プライバシー侵害なのか？

⇒投稿しようとする記事自体の信憑性は 100% であるといった前提条件の基に論理を展開しており、このような誤ったデータ投稿される場合の検討は行っていない。ご指摘のようなデータの信憑性の検出の問題は、プライバシー侵害とは別の研究課題として扱うべきと思う。

(2) 画像の捏造・加工

顔画像が加工されて投稿された場合とかは、どうなるのか？

検知システムがどうなるのか、プライバシー侵害になるのかどうか？

⇒これも、前項の投稿記事の信憑性の問題と同等と考えており、投稿画像やビデオにプライバシーに関連する意識的な編集は加えられていないオリジナルのオブジェクトが投稿されると仮定している。

#### (3) Google 画像一致検索

これ使えないか？

⇒従来の Google 画像検索では、ひも付けられたキーワードからのテキスト検索に置き換えて画像が検索されており、我々の方式と同様に、テキスト解析からそれにひも付けられた画像を検索する方式では同等と考えている。一方、Google には画像を提示して、それに関連する画像を直接検索する方式も提案されているが、我々の研究では、画像だけを一見しただけでは（人間の判断による）プライバシー侵害とは分からない場合でも、テキストや属性等の解析からその画像と合わせたコンテキストや潜在的なシチュエーションからプライバシー侵害と判定されるシーンを抽出することを目的としており、概念的にかなり異なる。但し、人の認識（顔認識を含む）に関しては、画像そのものからの個人同定性を検出するので、この場合には画像検索そのものとなる。

#### (4) テキストからの PS ワード抽出(Privacy Sensitive Word)

興味深いですが、どのように定義されているのか？

⇒PSW は、「プライバシー」に関連して頻出するワードとして定義しており、必ずしも「プライバシー侵害」を表現しているワードである必要は無いとしている。その PSW の抽出方法として、多量のツイート記事のアーカイブを対象に、キーワード「プライバシー」を含む文書と含まない文書間で、出現単語頻度の適合率を求め、その比率の高い準にソートした上位から一定の率のワードを抽出して求めている。他の方法としては、心理状況をカテゴライズする POMS 辞書とのマッチング性から感情の高揚率を求め、その高い値のソート順に上位ワードを抽出する方法も開発している。

更に、プライバシー侵害表現を持つ記事の抽出は、これらの PSW を含む記事を対象に、人間によるプライバシー侵害パターンの教示からの機械学習により求めた基準を用いた SVM (Scalable Vector Machine) の判定器により抽出する方式を開発している。

#### (5) 侵害パターンのグラフモデル

表現能力？

1 つのパターンは、いくつの投稿に対応するのか？

⇒1 つのパターンに対して均等な数の記事の分類にはなっていない。各パターンの割合は、PSW が含まれるツイート記事 830 件に対して、他者侵害型：50%、自己漏洩型：7%、侵害反

論型:4%, 侵害指摘型 25%, 間接侵害型:14% と偏りがある。今回の表に提示した侵害パターンの設定は、典型的なプライバシー侵害のケースに対して人間の判断により決定したもので、全てのファクターの組合せを確認したものにはなっていない。しかしこの表の5パターンが覆う範囲としては、測定対象としたツイート記事のアーカイブにある PSW を含む記事の中で、80%以上であることを確認している。

#### ■ 景観ビデオへの個人撮影画像の重ね合わせ

個人の撮影した Twitvideo 画像と、Google Street View 画像の重ね合わせサービス

個人撮影画像に写っている人物のプライバシー情報保護のために、仮想的に、あるエリアの画像を見えないように保護シールドを定義できるようにした。

このように、SNS への写真やビデオ投稿時に発生するプライバシー侵害の保護に関する研究内容は、B 研究室では今まで扱われていない内容であり、B 教授自体もあまり注目されていない分野のものであった。従って、B 教授により本研究の中心的な課題である SNS への写真投稿時に発生するプライバシー侵害を検知する方式に関する指導を直接行うまでには至らなかった。しかし、B 教授からのコメントでも示されているように、自身の専門外の分野に対しても偏ったコメントにならないように、Wikipedia 等の公開情報の参照により、その分野の知識を出来るだけ取り込み、少しでも正当なコメントとなるように努力をされていることがよく分かった。

更に又、B 教授からの意見では、テーマ自体に持つ研究の難航性を指摘された。「プライバシー」の概念は定量化や機械的な把握の難しい人間の心理を扱う内容となるため、期間内（博士課程の3年間）での確実な成果が期待できるテーマ設定ができるかどうかを指摘された。又、既に B 研究室の中にも、我々と同類の「プライバシー侵害」に関する研究を手がけていた学生がおり、永年の研究にもかかわらず、その研究の成果が出せずに学位がとれていない状況にあることを指摘された。このような研究進行上の難航性の捉え方に関するサジェッションも博士課程の学生にとっては極めて重要なことであり、単純に学生の研究興味の展開指導を行うだけではなく、期間内に学位授与の可能性を意識した研究テーマの設定指導も必要であると感じられた。このような研究進行上の難航性の指摘を行う教育が重要であることを私が失念していた理由として、私が過去に所属していた企業における研究所の研究開発では、プロジェクトの期間と予算がある程度決定された環境下で行っていたため、その制約を意識した研究計画を立てる様式を身に付いていたことが考えられる。大学では、研究開発に伴う制約を無視した期間と資源が無限に使える状況下での研究計画を立てがちであり、その研究目標が極

めて難解な場合には、成果をほとんど挙げられないまま時間が経過するため、教師側で中間成果が達成出来るような課題の具体化と計画修正の指導が極めて重要であることに気がつかされた。

#### 3.2 B 研究室の研究体制

既に述べたように、B 研究室に所属するメンバーは、全体で 40 名近く在籍しており、国立大学の研究室としては大所帯と言える。これに応じて、博士課程の学生数も多くなり、その教育方法が全体の研究効率に大きく影響すると考えられる。一般に、博士課程の学生数に対応して、その教育方法も変化させなければならない。理想としては、担当教授が各学生の研究課題に深く密着した的確な指示を行えることであろうが、そのためには、各学生へのフォロー時間をかなりの長時間を裂かなくてはならず、研究室全体の学生への教育を行う観点からは、極めて効率が悪くなると言わざるを得ない。教授の立場から、微妙に異なる博士課程の学生の研究内容を把握するためには、その研究分野の背後に存在する各種の知識を理解していなければならない。Web 検索といった比較的明快な研究分野の研究でも、曖昧性や真贋判定など少し観点が異なるだけで知識体系が大きく変化するため、その内容の理解度は大きく異なり、教授の新たな知識獲得に対する負荷も大きくなる。

このような状況に対応するために、講座制の学科の研究室でよく行われているのは、教授>準教授>講師>助教>博士課程の学生>修士課程の学生>学部生 といった階層的な研究体制の下に、各細目の研究テーマ別に教育を施す方針である。これによって、その階層下の担当可能な教員が専門の分野の研究指導を分散して行うことができるので、教授が全ての研究テーマを直接指導する必要はなくなり、専門の研究分野に集中することができる。この教育方針は、一見非常に効率的なように考えられるが、教育を担当する教員の資質に任されるため、教授がその教員の施した教育内容と教育を受けた学生との間をフォローするといった間接的な教育が発生し、かえって効率を落とす場合もある。

B 研究室では、この階層的な研究体制を踏襲されているが、その弊害を避けるための各種の工夫が行われている。博士課程の学生が多量に所属する B 研究室における教授方針としては、直接関係の無いテーマにある他の学生の研究内容を全員に公開する形式のプレゼンテーション会合を開き、そのプレゼンテーション内容に対して各自の意見を述べ合い、相互に研究の課題や問題点を指摘し合うような方法がとられていた。この学生相互のディスカッション方式は、学生同士の経験の差に基づく相互教育効果があるため、一見効率が悪そうに見えても、担当教員だけでは気がつかない教育内容を補うことができるため、全体の教育の効率としては結構よいように感じられた。

一方、このような博士課程の学生への教育の外に、修士課

程の学生や学部生の教育も並行して行われており、博士課程に進学するための準備期間として、非常に重要であることを再確認した。例えば、修士課程の学生や学部学生による研究テーマの設定は、自由に積極的に行われることが求められているが、何でも良いと言うわけではなく、既に過去の又は現在進行中の研究テーマの説明とその内容の例示を詳細に行うことにより、その研究分野の最先端の状況を把握して、より深い研究テーマの選定が求められる。これによって、学部の段階から、テーマの設定に関する意識が強くなり、その結果、よりよい研究テーマの設定がしやすくなることに配慮したものとと言える。又、このような研究テーマのもとに、教師や博士課程の学生が既に研究を進めていることから、その内容の特徴をより詳細に知ることができ、その学生により適したテーマ設定が可能となる。

## 4 おわりに

### 4.1 得られた教授方法に関する知見

博士課程の学生向けとして特別な教育方法があるのではなく、学生の意向を良く把握し、その意向に関する研究分野の最先端の知識と経験とに基づく意見を伝え、それに基づく議論をよく行うことにより、各学生の資質を重視した教育を行うことが良いと分かった。またその教育の形式としては、単に教員側の教育に関する努力だけでなく、学生による研究能力の向上に関する努力が協調しあうような体制にする必要がある。即ち、教員側としては、専門分野を中心にした知識や技術を広くかつ深く獲得する努力を日頃から行い、学生が主張する研究項目に対して、評価を含めた適切な意見が述べられるようにすること、一方学生側としては、教師側と対等に意見交換できるように、自分の意向をよく伝えることが出来る表現力と纏める能力を養うことの2つが相互に協調的できるような体制が望ましい。

### 4.2 教育形式に関する展望

教育を行う形式の1つとして、直接関係の無いテーマにある他の学生の研究内容を全員に公開する形式のプレゼンテーション会合を開き、そのプレゼンテーション内容に対して各自の意見を述べ合い、相互に研究の課題や問題点を指摘し合うような方法がよい。この学生相互のディスカッション方式は、学生同士の経験の差に基づく相互教育効果があるため、一見効率が悪そうに見えても、担当教員だけでは気がつかない教育内容を補うことができる。またこの形式により、過去又は現在進行中の研究テーマの説明とその内容の例示を詳細に行われるので、その研究分野の最先端の状況を把握して、より深い研究テーマの選定を行うことができる。またこれによって、よりよいテーマ設定に関する意識が強くなり、自律的な研究課題の探求に関する教育効果がある。

研究進行上の難航性の捉え方に関するサジェッションも博士課程の学生にとっては極めて重要なことであり、単純に学

生の研究興味を展開指導を行うだけではなく、期間内に学位授与の可能性を意識した研究テーマの設定指導も必要である。

## 参考文献

- [1] 東京都産業労働局, 東京の社会経済基盤と特色, [http://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.jp/monthly/sangyo/sangyo-industry-and-employment/2011/2011\\_1\\_2.pdf](http://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.jp/monthly/sangyo/sangyo-industry-and-employment/2011/2011_1_2.pdf), 2011. (visited on 2014)
- [2] 経済産業省, 我が国の大学・大学院の現状, [http://www.meti.go.jp/policy/economy/jinzai/san\\_gaku\\_kyodo/sanko4.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/economy/jinzai/san_gaku_kyodo/sanko4.pdf), 2010. (visited on 2014)
- [3] 文部科学省, 大学院の現状について, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/004/gijiroku/\\_icsFiles/afiedfile/2010/08/03/1295700\\_1\\_2.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/004/gijiroku/_icsFiles/afiedfile/2010/08/03/1295700_1_2.pdf), 2011. (visited on 2014)
- [4] 名取研二, 工学系の博士課程教育を考える, 筑波フォーラム代 72 号, 筑波大学, 2006. [4] 名取研二. 工学系の博士課程教育を考える, 筑波フォーラム代 72 号, 筑波大学, 2006.
- [5] 福留東士, 大学院教育と研究者養成, 名古屋高等教育研究, 第 12 号, 名古屋大学, 2012.
- [6] 中山実, 工学系分野学生の就職状況と教育改善に関する一検討, 広島大学 高等教育研究センター 大学論集 第 43 号, 広島大学, 2011.
- [7] 大本茂史, 岸本拓也, 高田美樹, 高田さとみ, 奈良育英, 周子胤, 嶋田茂, 越前功, ウェアラブルカメラによる SNS 記事投稿時に発生するプライバシー侵害の特徴分析, 第 6 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2013), 2014.



## 債券補償型アジア中小企業ファイナンス

江川 潔<sup>1)</sup> 前田 充浩<sup>1)</sup>

### A Proposal of the Bond-backed Asian SMEs Finance

Kiyoshi Egawa<sup>1)</sup> Mitsuhiro Maeda<sup>2)</sup>

#### Abstract

The Japanese small and medium enterprises (SMEs) have started expanding investment in developing economies independently in the 21st century. They need to get finance in invested economies. Finance conditions should be local currency basis (avoiding exchange risks) and relatively low interest rate. Financial schemes offered by the Japanese financial institutions, such as 'Parent Loans', will face exchange cost problems, and local finance will face high interest rate problems. This study proposes a new financial scheme to provide SMEs finance avoiding the above problems. Our proposal is based on Asia Bond Fund (ABF) and cross-border repo transaction. ABF will provide us local currency finance at low interest rate in Japan, and that low interest rate finance will be transferred to developing economies by cross-border repo transaction. We made a case study on finance provided to Japanese SMEs' investment in Vietnam.

**Keywords:** SMEs finance, Asian Bond Fund (ABF), Asian Bond Market Initiative (ABMI), Cross-border Repo Transaction, the "market failure", exchange cost

#### 1 Background

The Japanese major manufacturing industries which had boosted their sales by expanding export since the 1980s have expanded their businesses overseas, in order to avoid trade frictions and cost increases by a strong Yen[1]. Many of small and medium enterprises (SMEs) have also expanded their businesses overseas, following the domestic major manufacturing industries under the close relationship with them [2].

In the 21st century, the Japanese SMEs have started expanding investment abroad, in order to feed their way into the overseas market by overcoming various arduousness and risks. According to the Small and Medium Enterprise Agency, 18.9% of the SMEs manufactures, and also 13.4% of the all of the Japanese SMEs have overseas subsidiaries in 2012 [3]. We expect that more and more SMEs, especially manufacturers, will expand investment abroad in near future.

Providing proper finance shall be one of the most important tasks in investment abroad by the Japanese

SMEs.

Theoretically SMEs finance will face with the market failure, due to high information (investigation) costs and small business amount. Moreover, we need to solve the following tasks in overseas investment of the Japanese SMEs. First, we need to mitigate effects of exchange risks. The best way is providing local currency basis finance. Second, we need to provide finance with low interest rate.

The Japanese governmental financial institutions have started to provide finances for overseas investments by the Japanese SMEs.

The Japan Finance Corporation (JFC) has started the financial arrangements: the equity funds and long term operation funds for the business overseas to the SMEs since its establishment. The JFC financed up to 720 million Yen with long term (up to 15 years) and low interest (1.6 % -) to the SMEs. The JFC has also launched the standby letter of credit (SLOC) to the overseas financial institutions since 2012, in order that the SMEs easily get local currency basis loans from them. The JFC has provided the equipment funds amount to 28.4 billion Yen to 400 SMEs, and also released the SLOC for 46 companies to 7 overseas financial institutions in 2013 [4]. The Japan Bank for International Cooperation (JBIC) has

---

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology



also directly provided the financial arrangements with low and fixed interests to the SMEs' overseas businesses in collaboration with the Japanese private financial institutions. In the joint finances between the JBIC and the Japanese private financial institutions, the SMEs can get loans on local currency basis from the JBIC, and also get loans on Japanese Yen basis via their domestic parents companies from the Japanese private financial institutions. The JBIC provided the financial arrangement amount to 18 billion Yen to 54 Japanese SMEs which held the overseas affiliated companies of automotive components in Thailand in 2013 [5]. In addition, the JBIC has also provided "two-step loan" [6] and launched the "equity facility for their overseas businesses" in February 2013 [7].

Many of those financial schemes, however, are facing with some systemic problems. For example, parent-subsidary loan could not solve the exchange cost problems.

In this paper, we propose a new scheme on the financial arrangement to solve the above mentioned issues, namely providing local currency basis (avoiding exchange rate problems), and low interest rate finance to the Japanese SMEs investing abroad, especially in developing economies.

## 2 Problems of current financial arrangements for SMEs investment abroad

### 2.1 The "market failure" of SMEs finance

Two kinds of financial arrangements could be possible in starting up or expanding their businesses of SMEs, the direct finance: "equity" or "bond", and the indirect finance: "loan". In such as Silicon Valley in the United States, the equity by investors is the common solution. Another way is that the SMEs float their corporate bonds. In Asian developing economies, however, it is substantially impossible for SMEs to do them, since the infrastructures for the SMEs' equity have not yet been developed. The practical solution is applying loans to the financial institutions.

Financial institutions will relatively easily examine big companies since they get necessary information by documents which companies are legally forced to compile, but cost to do the SMEs who have their little IR information, and they face a kind of "asymmetric information" problems. In addition, business amount of

loans with SMEs are relatively small in general, and information (investigation) costs will not be covered by profits of loans. This situation, the "market failure" in SMEs finance, will result in a higher interest rate in SMEs finance.

### 2.2 Problems of financial arrangements by the local financial institutions

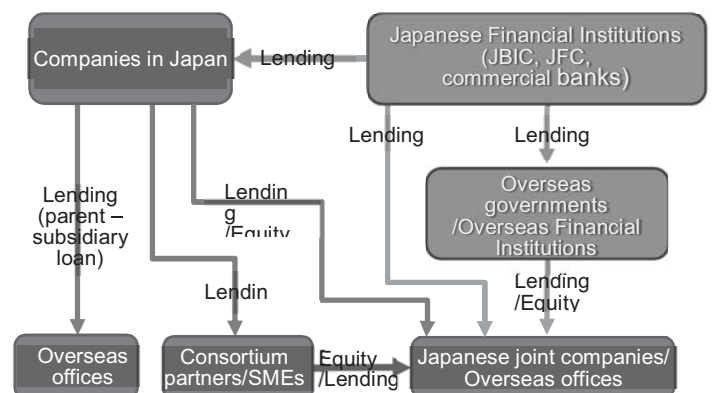
When the Japanese SMEs invest in Asian developing economies, it is practical way for them to get loans from the local financial institutions on local currency basis, and avoid exchange cost problems. The problem still remains as the Japanese SMEs still face with the high interest rates compared with the Yen basis finance provided by the Japanese financial institutions in Japan.

Taking a Vietnamese case for example, most Vietnamese businesses have to take out bank loans at an annual interest rate of 10-13 percent [8].

### 2.3 Problems of Overseas Business Loans by the Japanese financial institutions

As mention above, the Japanese financial institutions (private banks and government-affiliated financial institutions, etc.) have launched the financial arrangements for overseas investment by the Japanese SMEs.

Fig 1 shows the current schemes of the financial arrangements. The "parent-subsidary loan" and the capital injections from their domestic parent companies are the typical financial arrangements (Case 1 and Case 2). Both financial arrangements are relending programs based on loans which are provided to the domestic parent companies by the financial institutions. Substantially, the financial institutions are providing finance to the domestic parent companies.



\* Ref: JBIC

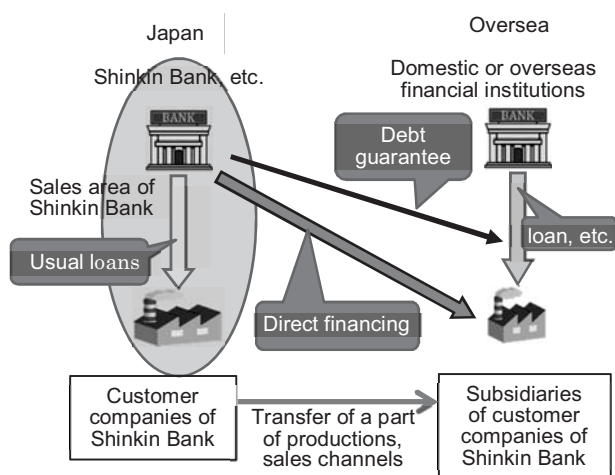
Fig.1 Current schemes of the financial arrangements

As other financial arrangements, the Japanese governmental financial institutions have established relending programs (Case 3). The Japanese SMEs investing abroad can get loans by the local financial institutions funded by the Japanese governmental financial institutions.

Recently, the Japanese governmental institutions have started the new financial arrangements, directly providing finances to SMEs stationing abroad invested by the Japanese SMEs (Case 4).

The Japanese government also updated the Cabinet Office Ordinance on Business of Credit Cooperatives and Federation of Credit Cooperatives provided in the Small and Medium-sized Enterprise Cooperatives Act in February 2013. According to the Ministry of Finance [9], the Japanese financial institutions can directly provide loans to the SMEs as overseas subsidiaries of the Japanese major manufactures, and also the Japanese credit unions / associations guarantee debts for the SMEs investments abroad in case that the domestic parent companies hold the voting power of 50% or more in SMEs abroad invested by Japanese SMEs, shown in Fig 2.

In addition, the JBIC has signed the agreements to provide the financial arrangements for SMEs overseas businesses in collaboration with the Japanese credit unions and Shinkin Banks, starting in April, 2013 as the opportunity of the revision of Order for Enforcement of the Shinkin Bank Act in March 2013.



Ref: Mof

Fig.2 Revised financial arrangements scheme by Shinkin Bank

Those financial arrangements provide low interest loans to parent companies in Japan and subsidiaries

abroad on Yen basis. However, the systemic problem still remains. Those loans cannot solve the exchange cost problem and thus result in high interest rate loan in economies where Japanese origin SMEs station, even though interest rate on Yen basis is remarkably low.

Table 1 shows the annual differences of currency loss between Japanese yen and local currencies of AMS (ASEAN Member States). The average currency loss is about 23.1%.

Table.1 Annual differences of currency risk between Japanese Yen and each currency (as of August 6, 2014)

Currency	Max	Min	Deff. (%)
IDR	0.0106	0.00839	26.0
SPD	82.7	68.8	20.2
THB	3.48	2.74	27.0
PHP	2.50	2.04	22.5
MYR	34.2	27.4	24.8
BND	82.7	68.9	19.8
VND	0.00495	0.00404	22.8
MMK	0.104	0.0982	15.8
LAK	0.0134	0.0105	27.6
KHR	0.263	0.0241	24.7

#### 2.4 Solutions of the Cross-border financial issues by Asia Bond Fund (ABF)

In order to solve the above mentioned problems, we propose a new financial scheme based on ABF and cross-border repo transaction.

The Asia Bond Fund (ABF) is a policy arrangement under the Asian Bond Market Initiative (ABMI), originally proposed by H.E. Taksin, the Prime Minister of Thailand at that time in 2000.

In 1997, many Asian economies suffered from the Asian Financial Crisis. Researchers concluded that the main background of the Asian Financial Crisis was so-called the "Double Mismatches", mismatches in currency and maturity. In many of the Asian economies before the Asian Financial Crisis, huge amount infrastructure building is financed by short-term and US dollar basis loans, since it should be long-term and local currency basis.

ABMI was advocated as a fundamental solution of the "double-mismatches", since Asian bond finance would provide local currency basis and long-term finance. ABF is a practical policy arrangement under ABMI, supposed as

a method of expanding the bond markets in Asian economies [10].

The idea of the ABF framework was firstly presented by HKMA (Hong Kong Monetary Authority) at the Executives' Meeting of East Asia and Pacific Central Banks (EMEAP) Working Group on Financial Markets Meeting in June 2002. EMEAP economies' foreign reserves in Asian bonds were to be invested in forming ABF. EMEAP Deputies at their meeting in November 2002 supported the Working Group's proposal to establish a fund to invest in US dollar basis sovereign and quasi-sovereign bonds issued in Asia (ABF1). In order to accelerate floating local currency denominated bonds, the Credit Guarantee and Investment Facility (CGIF) was established in 2008. The main functions of CGIF are to provide credit guarantees for local currency denominated bonds issued by investment grade companies in ASEAN+3 countries [11]. In order to promote regulatory reform to conduct cross-border bond trading in the region and to improve the infrastructure related to bond market, ASEAN+3 Bond Market Forum (ABMF) and Regional Settlement Intermediary (RSI) were established [12].

The objectives of ABF are to enhance the visibility of investors to the Asian Bond and to promote regulatory reform of bond market through the composition works of ABF [13].

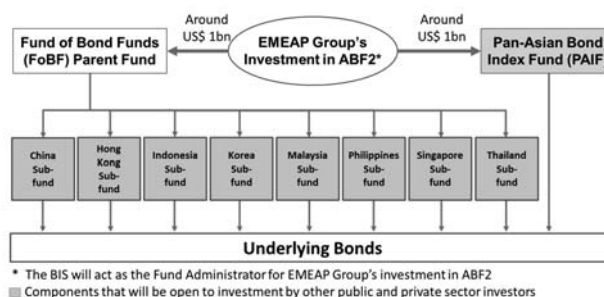
Theoretically four categories of ABF are proposed; ABF1 composed of US dollar-dominated government bonds, ABF2 composed of local-currency-dominated government agencies bonds, ABF3 composed of corporate bonds, and ABF4 composed of project bonds. As shown in Table.2, actually two kinds of investment trusts on ABF has developed, ABF1 and ABF2 since July 2003 and May 2005. The investors of ABF1 and ABF2 were originally central banks of EMEAP member economies, investors of ABF2 were expanded to general investors.

Fig.3 shows the current composition of ABF2. The targets of speculations in ABF1 and ABF2 are sovereign bonds and quasi-sovereign bonds of 8 Asian emerging countries in 10 countries and 1 region of EMEAP members. The bonds of Japan, Australia and New Zealand are not included.

Among 4 categories of ABF, we focus on the application of ABF2, since we believe it is stable, and it provides loans with low interest and local currency basis.

Table.2 Current activities of ABF

	ABF1	ABF2
Timing of operation	July, 2003	May, 2005
Investment outlet	US dollar dominated bonds which are floated by the governments and government agents of Asian countries	Government bond and government agent securities of Asian countries
Investors	EMEAP and Central banks of each country	1 <sup>st</sup> phase: EMEAP and Central banks only 2 <sup>nd</sup> phase: EMEAP central banks and other public and private sector investors
Benchmark index	Closed	Pan-Asia Index of the iBoxx Asian Bond Indices to be provided by International Index Company (formerly known as iBoxx)
Fund manager	Bank for International Settlements (BIS)	Private fund manager (one company per fund)



\* The BIS will act as the Fund Administrator for EMEAP Group's investment in ABF2  
 ■ Components that will be open to investment by other public and private sector investors

Ref: Review of Asian Bond Fund2 Initiative, June2006

Fig.3 Composition of ABF2

### 2.5 Financial arrangement using securities

A repo transaction stands for the “repurchase transaction”, and it is one of the finance arrangements or fund management solutions for short-term funds.

There are several types of the repo transaction, due bill/hold in-custody repo, tri-party repo, whole loan repo, equity repo, sell/buy backs and buy/sell backs, or security lending and reverse repo [14, 15].

The repo transaction of Japan generally means the bond borrowing with cash collateral. The repo transaction is offered on loan using bonds or stocks as security.

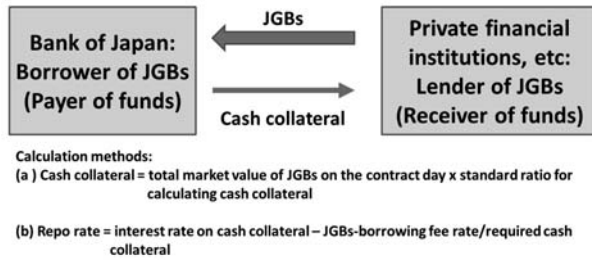
Fig.4 shows the basic scheme of repo transaction. The borrowers of bonds pay a loan fee to lenders of bonds for borrowing securities. On the other hand, lenders of bonds also pay the interest on cash collateral.

The difference between the securities lending and the cash collateral interest is the benefit or expense of the transaction.

At the end of the transaction, the borrowers of bonds pay back bonds with the bonds-borrowing fee to lenders of bonds, and also lenders of bonds pay back cash collateral

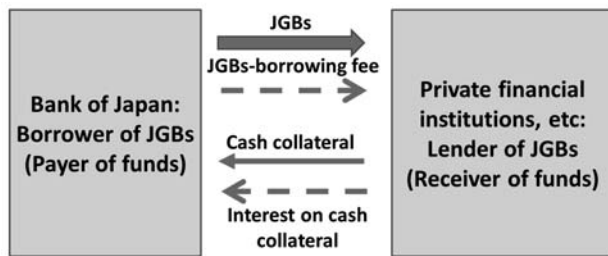
and the interest of cash collateral to borrowers of bonds as shown in Fig.5.

The borrowers and lenders of bonds can collect the short-term funds by promoting more effective use of the bonds held as the collateral and by the short selling and its monetary benefit [16].



\* Ref: Japan Bank

Fig.4 Basic scheme of repo transaction



\* Ref: Japan Bank

Fig.5 Scheme at end of repo transaction

The Softbank Correlation has recently got good results in the financial arrangements for the corporate buyouts by the repo-transactions using the stock certification of Yahoo Japan Corporation under Softbank [17]. Fig 6 shows the financial scheme of this case.

Advantage of the repo transaction lies in that its funding cost is lower than no-collateral markets, and also lenders can receive collaterals for minimizing the credit risk exposure.

In the Softbank’s case, the equity repo transaction provides benefits to both sides, financial institutions as lenders and Softbank as a borrower. The financial institutions (lenders) can divide credit capabilities from

Softbank (borrowers), and also the borrower (Softbank) can get loans with lower interest rate than in the usual lending process.

Our proposal is that this repo transaction scheme could be applied in cross-border financial transactions. We call repo transaction used in cross-border financial

transaction as “cross-border repo transaction”.

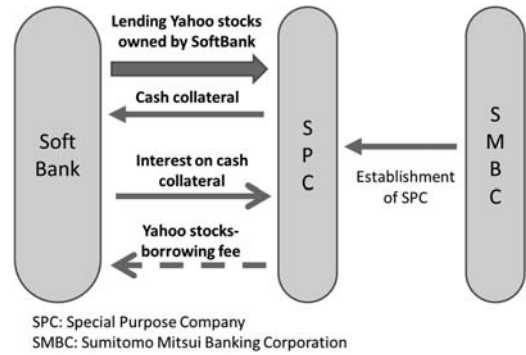


Fig.6 An example of repo transaction for financial arrangements

### 3 The Bond-backed Asian SMEs Finance

#### 3.1 The structure of a new financial scheme

Based on the above two arrangements, ABF and cross-border repo transaction, we propose a new financial scheme for SMEs investment abroad, especially Japanese SMEs investments in Asian developing economies. We call the proposed financial scheme as the “Bond-backed Asian SMEs Finance”.

We take a case study of the Japanese SMEs investment in Vietnam.

#### 3.2 Realization of low interest loan using the government agency securities in Asian countries

As shown in Table.2 and Fig.3, some of the Asian developing economies have floated their government bonds and government agency bonds, forming the ABF-1 and ABF-2.

Table 3 shows a comparison of yields of the 10 years local-currency-dominated government bonds floated by the AMS (ASEAN member states), Japan, China, Korea and the USA as of August 6, 2014 [18].

Table.3 shows the yields of Indonesian and Vietnamese government bonds (ID and VN) are much higher than those of the other ASEAN+3 economies and USA.

Among AMS, Vietnam, Cambodia, Lao PDR and Myanmar are not participating ABF2. Lao PDR has floated the Thai baht dominated government bonds (1.5 billion baht) in 2013. Myanmar has also floated the local currency dominated bonds since 1993, approximately 95% of the floated bonds is purchased by banks since its yield is higher than the deposit interest rate in Myanmar. Cambodia has been developing the legal system for floating the government bonds under supports by the

government of Japan [19].

Table.3 Comparison of yields of the 10 years local-currency-dominated governance bonds [20]

LCY 10 Year Government Bonds	Latest Yield	YTD Change (BP)	MTD Change (BP)
CN	4.280	▼ 34.0	▼ 4.0
HK	1.991	▼ 31.4	▼ 3.3
ID	8.187	▼ 26.5	▲ 17.0
JP	0.523	▼ 21.8	▼ 1.5
KR	3.065	▼ 52.0	▲ 1.1
MY	3.882	▼ 24.6	0.0
PH	3.975	▲ 37.5	▼ 5.0
SG	2.430	▼ 13.0	▼ 3.0
TH	3.708	▼ 18.9	0.0
US	2.484	▼ 54.4	▼ 7.3
<b>VN</b>	<b>8.550</b>	<b>▼ 50.0</b>	<b>0.0</b>

Our target is to get the Vietnamese government agency bonds at a lower yield than in the market independently. This could be possible in case that the bond index institution would obtain the Vietnamese government agency bonds in optimum mix, portfolio, with government agency bonds of other economies.

We estimate the actual yield by using the portfolios of each government bonds, as shown in Fig.7. The short transaction is not considered in the portfolios. If the bond index fund purchases the various Asian government bonds based on the portfolios, they can actually get the Vietnamese government bonds at the lower yield (3.5 - 5.0%) than in the market independently (8.55%).

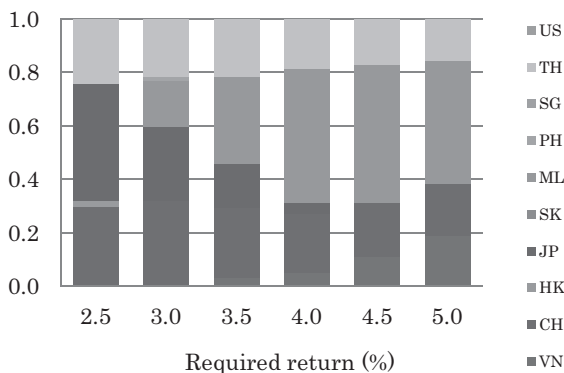


Fig.7 Estimated actual yield by using portfolios of each governmental bond (w.o. short)

In addition, shorting several kinds of bonds with higher volatility of the yield (ex. Hong Kong, Japan, Singapore, U.S., etc.) as shown in Fig.8, the bond index fund could construct the more efficient portfolio to the Vietnamese government bond.

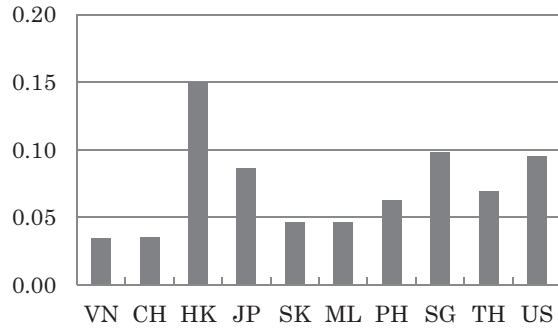


Fig.8 Volatilities of yields of each country's bond

### 3.3 Cross-border Repo Transaction

The bond index fund can obtain the low interest financial arrangements by purchasing the Asian government bonds. However, we have to exchange the local currency basis bond into the local currency (ex. Vietnam Dong) to provide the local currency basis loans to the SMEs. We focus on the cross-border repo transaction between the bond index fund in Japan and the financial institutions in each Asian developing economy.

In a case in Vietnam, the Japanese bond index fund conduct the cross-border repo transaction to the Vietnamese financial institution to exchange the Vietnam Dong basis bonds into the cash.

### 3.4 The Scheme of the Bond-backed Asian SMEs Finance

Fig.9 shows the scheme of the Bond-backed Asian SMEs Finance.

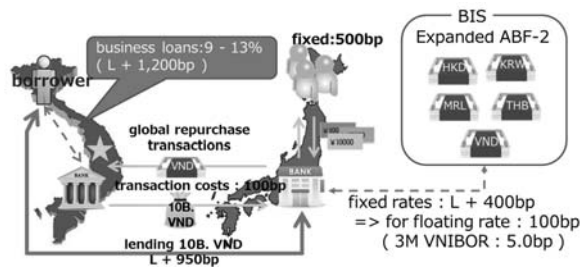


Fig.9 Scheme of Bond-backed SMEs finance (in the case of Vietnam)

The Japanese bond index fund recruits investors of the Yen basis investment to purchase the government agency

bonds of Asian economies from the Bank for International Settlements (BIS) in Japan. Suppose the total amount of investment is 1 billion Japanese Yen, the bond index fund can obtain the Vietnamese government bonds at 10 billion - 20 billion VND, combining various government agency bonds of Asian economies based on the portfolio shown in Fig.7. The yield of the 10 years Vietnamese government bond was 9% on December 31, 2013. The bond index fund can actually obtain the Vietnamese government bonds with the yield at 3.5 - 5.0% in total. This means that the bond index fund can actually obtain the Vietnam Dong at 4% lower interest than the usual cases.

The yield of the Vietnamese government bonds which the bond index fund obtains is fixed. In order to reduce the heavy decline of each government bonds, the bond index fund conducts is to swap them into floating ones. Based on the range of the total return shown in Fig.7, the floated interest is estimated in the range of LIBOR+350 - 500bp (basis point). We assume the swap cost of the 5-year Vietnamese government bonds is 100bp, since the Vietnam Interbank Offered Rate (VNIBOR) of 3 months bonds is 5.0bp.

When the bond index fund provides the financial arrangements to the Japanese SMEs in Vietnam, the fund needs to conduct the cross-border repo transaction with the Vietnamese financial institutions. The transaction cost for the cross-border repo transaction would be estimated at 100bp.

Even in the case that the bond index fund sets the interest rate at LIBOR+950bp for the loans, the bond index fund can provide the loans with the interest of 20 - 30bp lower than ordinary loans by the Vietnamese financial institutions. The interest rate of loans in Vietnam is 10 - 13% as described above. Receiving 10 billion VND cash by the loan, the Japanese SMEs could expand their business in Vietnam. The repayment of the loans to the bond index fund is conducted on VND basis by the Japanese SMEs, and when the Japanese SMEs pay off the loan, the reverse repo transaction is conducted between Vietnamese financial institutions and the bond index fund.

We believe that all the players in this new scheme would get financial benefits. The Japanese SMEs investing in Vietnam can get local currency basis loans in Vietnam, with relatively low interest rate estimated at 950bp, the Vietnamese financial institutions can increase their sales by the repo transaction fee, the Japanese

investors can receive much higher interest than the current interest rate of the Japanese financial institutions, by adding 1% as a premium to the yield based on the portfolio, the BIS and governments of the Asian economies can sell more government bonds, and the bond index fund can receive the profit at 500 - 650bp.

Table.4 Balance calculation of proposed scheme (bp)

Total gain	Swap	Repo	Bad dead reserve	Profit of bond index funds	To Japanese investors
950	-100	-100	-100	550	450 - 500 (premium: 100bp)
Libor (As of Dec. 13, 2013, 20:49 JST), 1YR: 0.8753% (STRING)					

## 4 Future Steps: application to other regions

### 4.1 Infrastructure finance in African economies

The economies in Sub-Saharan Africa region have rapidly been developing. The real GDP growth of sub-Saharan Africa was 4.9% in 2013 [21]. According to the World Bank, the lending interest rate in sub-Saharan region is quite higher than those in ASEAN as shown in Table.5 [22]. The average interest rate (except DR Congo, Madagascar, Zimbabwe and Seychelles) is 13.61%.

We strongly believe that the same financial scheme could be applicable in some economies in Southern Africa. We regard Mozambique as one of the candidates.

Table.5 Lending interest in Sub-Saharan countries

Country name	Lending interest	Special Instruction
DR Congo	4.00	Benchmark rate
Namibia	8.65	
Mauritius	8.67	
South Africa	8.75	
Swaziland	8.75	
Madagascar	9.5	Benchmark rate
Lesotho	10.12	
Botswana	11.00	
Zambia	12.15	
Zimbabwe	13.98	Benchmark rate
VN	8.550	
Tanzania	15.46	
Angola	16.70	
<b>Mozambique</b>	<b>16.81</b>	
Malawi	32.33	
Seychelles	-	

Currently, the interest rate of business loans in

Mozambique is about 15% or more. The average yield of treasury bills of Mozambique is about 12.5% (Mozambique does not float any treasury bonds).

Using our scheme, we believe that we could provide the commercial loans with the interest rates at 2 - 10% lower than the current cases as shown in Fig.10 [23].

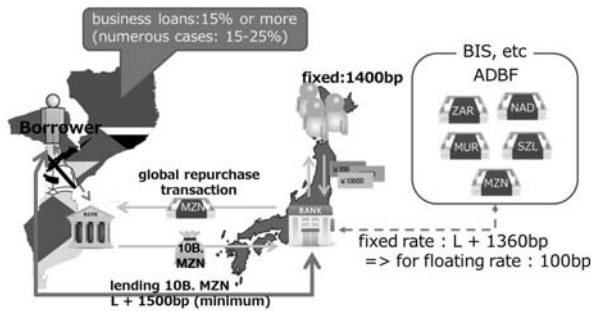


Fig.10 Scheme of Bond-backed SMEs finance  
(in the case of Mozambique)

## 5 Conclusion

We have studied problems in cross-border financial arrangements for the Japanese SMEs investing abroad. In order to provide low interest rate loans, avoiding exchange cost problems, we propose the Bond-backed Asian SMEs Finance using the local currency basis bonds and cross-border repo transaction.

We have studied a case study of Vietnam, and we confirmed that all the players engaged in this new scheme could enjoy financial benefits.

We strongly believe that this scheme could be applicable in other areas in the world where regional associations have been established and practically workable.

## Reference

- [1] A research and case study on SMEs business overseas, Aichi branch of Japan Small and Medium Enterprise Management Consultants Association, April 2014. (in Japanese)
- [2] Propositions and required provisions for SMEs business overseas in Asian regions, Japan Economic Federation, May 2013. (in Japanese)
- [3] White paper on small and medium-sized businesses, Small and Medium Enterprise Agency, July, 2014. (in Japanese)
- [4] [www.jfc.go.jp/](http://www.jfc.go.jp/)
- [5] [www.jbic.go.jp](http://www.jbic.go.jp)
- [6] Management information, Japan Finance Corporation, December, 2012.
- [7] Tetsuya Takei, "Required roles of JBIC and necessities of their functional enhancement", Draft revision of Japan Finance Corporation law,

Lawmaking & study, House of Councillors, The National Diet of Japan, No.308, September, 2010. (in Japanese)

- [8] Central bank urged to lower interest rates on business loans, Business Times, June 6<sup>th</sup>, 2014.
- [9] [www.mof.go.jp](http://www.mof.go.jp)
- [10] Review of Asian Bond Fund2 Initiative, June2006.
- [11] [www.emeap.org/](http://www.emeap.org/)
- [12] Nurture of the Asian bond markets and Asian Bond Fund, Bank of Japan, Bank of Japan, October, 2010. (in Japanese)
- [13] Kashiwabara, et al., "Rethink of Asia regional monetary cooperation: Progress and proposition", Research paper of IDE-JETRO, March, 2012. (in Japanese)
- [14] Ryuichi Shina, "Market of Public and Corporate bond: History and Foresight", Japan Securities Research Institute, 81<sup>st</sup>, March, 2013. (in Japanese)
- [15] Monthly report of Postal Services Research Institute, December, 1998. (in Japanese)
- [16] Wikipedia, "Repurchase agreement"
- [17] Eric Fandrich, "Heart-scrching of Global Financial Crisis – Infrastructure Revolution of Tri-party Repo", Financial Information Technology Focus, June 2010. (in Japanese)
- [18] Repo Transaction – Financial Arrangement using own assets, PRESIDENT online, January, 2014. (in Japanese)
- [19] Ogawa, Sato, "Trip report in Vietnam and Laos", 5<sup>th</sup> meeting of the Special committee on monetary cooperation to Asian developing countires, council on custom and foreign currency exchange, June, 2014. (in Japanese)
- [20] <http://asianbondsonline.adb.org/>
- [21] World Economic and Financial Surveys, Regional Economic Outlook: Sub-Saharan Africa, Fostering Durable and Inclusive Growth, International Monetary Fund, April, 2014.
- [22] <http://data.worldbank.org/indicator/FR.INR.LEND>
- [23] Egawa, Maeda, "Bond-backed Infrastructure Finance for SADC (Southern African Development Community) - Following a case of ABMI (Asian Bond Market Initiative)", APEN Seminar on the Development of Southern Africa (Dialogue between APEN and DBSA (Development Bank of South Africa) + SADC (Southern African Development Community), June, 2014. (Presentation)

# テスト問題の自動組み立てシステムの非構造データベース設計

慎 祥揆<sup>1)</sup>

## A No-SQL Database Architecture for the Automatic Assembly System of Test Questions

Sanggyu Shin<sup>1)</sup>

### Abstract

We describe the No-SQL database architecture for a system that automatically assembles test questions from a set of examples. Our system can create test questions appropriate for each user's level at low cost. In particular, when a user review their lesson, our system provides new test questions which are assembled based on their previous test results and past mistakes, rather than a completely random selection. By providing test question of the appropriate level, we hope to enhance the user's learning.

**Keywords:** No-SQL, e-Learning, automatic assembly, database

### 1 はじめに

本稿では、テスト問題の自動的組み立てシステムを開発する際、テスト問題を自動的に組み立てる為のデータベース設計手法に関して議論する。同じクラスで集まった学生であっても各学生の実力は学習レベルや、興味度、授業に取り組む積極性など様々な要因によって異なってくる。通常、大学の外国語の授業のように学生のレベルによって、初級、中級、高級に分けられた授業であっても授業が進めば進むほど各学生の実力の差は出てくる。1人の教員がこのように普通に一つのクラスで一緒に学習してもレベル差が出る学生に対し、それぞれのレベルに合わせたコンテンツやテスト問題を一人一人向けに作成する事は、不可能である[1, 2, 3]。

本提案では、そのような学生一人一人に合わせたコンテンツを作成するためのシステムを提案する際、最も重要なデータ処理に関して議論している。様々なデータを扱う場合、今まで利用した関係データベースのベースではなく、もっとドキュメント指向で柔軟性を持つ非構造データベースを提案する事で、学生一人一人に対するデータを効率的に管理する手法を提案している。

本稿で議論しているデータベースの設計手法を利用する事で、我々のシステムによって各ユーザーに合わせたレベルの問題が個人向けに低コストで作成できることが期待される。

特に復習の際、前の学習で間違った問題を再構成し、新たな問題を提供することによって学習効果を高めると期待する。新たな問題の提供によってユーザーの学習効果を高めて、より効果的な授業ができることを期待する。

### 2 研究目的

#### 2.1 研究背景

本研究では大学の講座のような組織内で小規模で行うコンテンツの作成、特に授業の内容の一貫性を維持しながら学習者それぞれの実力に合わせてコンテンツの作成を支援するシステムを提案する。

本研究で言う「内容の一貫性」とは、本システムの支援対象は、大学講座のようなクラス単位での学習を対象にしているため、そのクラスで利用する共通のコンテンツの内容、すなわち、同じ授業内容をベースにした異なるレベル（各学生に合わせたレベル）のテスト問題の作成を意味する。

コンテンツの個人化を可能にするために、まず各学習者の学習データを分析する必要がある。本研究では、従来のeラーニングシステムがコンテンツの管理、提供、ユーザー分析の観点から情報を扱ったこと（データベースの観点）に比べて、実データ、すなわち情報を利用するユーザー側の観点から考えた効率で有効な情報獲得手法を重心に議論する。その上、伝統的なデータ抽出と分析、データの再加工手法による提供するデータの獲得に加え、スマートフォンのような制約の厳しい限定された資源（画面サイズが小さいことやPCに比べての操作性が不便であること）の授業内での柔軟な利用手法、情報の直観的な表示のために認知科学的なアプロー

Received on 2014-10-3

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology



チを用いて情報融合的な情報要求に対するシステムを利用する学修者データ分析とその分析に基づく学修支援システムの開発に関する研究を行っているため、データベースもこれに従って柔軟に対応しなければならない。

一般的な大学の講義支援システムにみられるように、様々な講義をビデオ撮影し、ビデオ教材として配信を行っている。教材が多数蓄積された環境において、学習者が効率良く学ぶためには、自分は何の教材から勉強を始めれば良いかが判断しやすく、ある教材を学修した後にどの教材を学ぶべきかが提示される仕組みが求められる。また、スマートフォン等の各種携帯端末が普及し、通勤時間などの限られた時間の有効活用のためにビデオ教材が使われる場面も増えている。このように、蓄積されているコンテンツを活用する手法は多様化されているが、このコンテンツ自体を個人向けに作成したり、提供させたりすることはまだ難しいのが現実である。それと、コンテンツの蓄積の観点から見ると、自分の授業に対するデータの蓄積はあるが、そのデータの共有する方法などはまだ考えられていない。

同じ授業内で同じ内容をベースに学習者別に合わせた複数の例文や問題を作成するのはコストが高くなる問題から、大規模な作業で多くの人的資源を必要とすることになり、一つの学科や個人の教員が対応することは不可能である。しかし、学習環境のモバイル化やコンテンツの電子化と共に、学習内容も学習者に合わせることによって、より効率的な学習が可能になることは明らかなことである。このような状況下において、個々の学習者に最適化された内容を提示する仕組みでありながら、一つの学科や個人の教員で使われるシステムの開発が求められている。こうした課題に対して、内容の依存関係や学習者の学習可能時間、問題文の回答からの分析による復習状態及び理解度、反復して学習した内容の範囲とその内容やレベル、回数の分析による学習者のレベルを分析した結果を基に、閲覧する教材の内容を学習者のレベルにあわせて適切に提供するシステムを、教材内容候補を決定するための数理モデルと最適化アルゴリズムを検討することを最終目標として研究を進めている。しかし、今回は、全体的なシステムの中から、データベース設計を中心に議論する。

## 2.2 具体的な研究の進み方

まず、提案する学習支援システムを構築する為に解決すべきである5つの問題を取り上げる。

- 1) ユーザーインターフェースの単純化（データの作成コスト）：普通の講師はデータベース専門家でもないし、むしろデータベースについては全く素人であるので、講師に対して作成するコンテンツをデータの構造に合わせるように要求するのはあり得ないことである。元々講師が慣れているワード等のコンテンツ作成ツールに近いインターフェースを提供しなければならない。

- 2) 断片化するデータのモデリング手法及び格納手法：固定されたデータベース構造に入力されるデータではないので、様々な形で提供されたデータをデータベースの構造に合わせて変更する手法が必要になる。
- 3) システムとユーザー相互間のコミュニケーションによってフィードバックされるデータの有効な使用：電子コンテンツの提供なので、その場で学生の学習成果の結果を分析する事ができるので、それを見やすい形で講師や、学生に提供する手法を提供すべきである。
- 4) 断片化されたデータを用いて個人化を行うためのデータ分析手法：蓄積されたデータや学生個人のデータから役に立つデータを分析し、講師や学生に対して効果的に提供する手法を考えなければならない。
- 5) コンテンツの効率的な共有手法：得られたデータの効率的に多様な方法で利用する方法を考えなければならない。

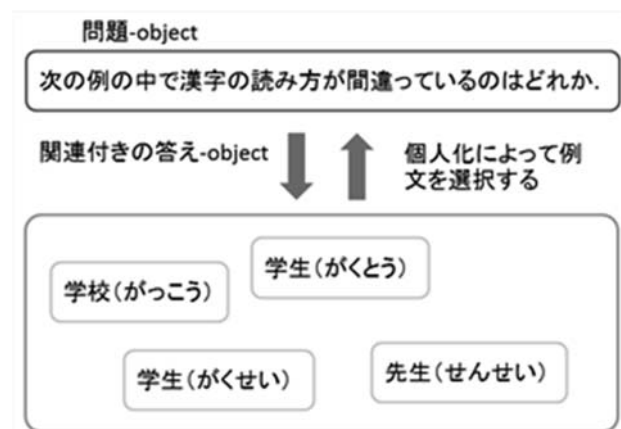


図 1 断片化されたデータ

提案する学習支援システムで言う「コンテンツの断片化」などは、例えば図1のようなデータベースから

問) 次の例の中で漢字の読み方が間違っているのはどれか。

1. 学校 (がっこう)
2. 学生 (がくとう)
3. 先生 (せんせい)

のような問題が作成できる。例になっている3つの例文がそれぞれ一つの独立されたデータとして扱うことを意味する。

このように各例文も独立したデータとなることにより、例文を多様に組み立てることが可能になり、単純に一つの問題全体を一つのデータとして扱った場合より多様な問題を作成することになる。それによってコンテンツ生成コストを削減することが可能とする。この設問の選択肢2の間違っている例もデータベース(図1)では「学生(がくせい)」のように正しい答えのデータも格納しているにより、ある内容を学

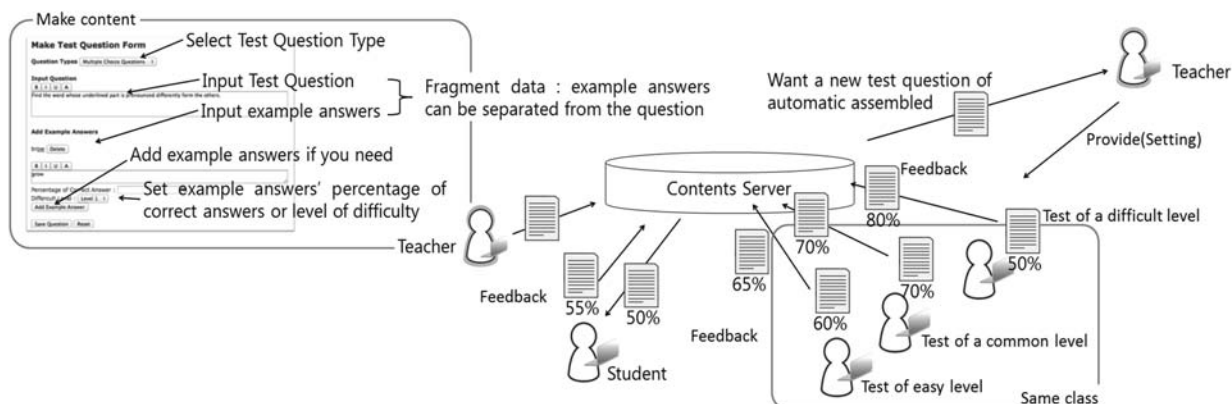


図 2 システム

習したユーザーの答えを分析して、学習者が弱い部分や学習レベルをチェックすることが可能となうようなデータ設計手法を考える。ここでは単純な一つの問題を例にしたが、学習内容の組み立てや問題全般の生成もこのデータの断片化によって多様化することが可能になる手法を考える。

提案する学習支援システムは、大学の講座を担当する講師が自分の授業の内容をベースに作成するコンテンツを、

- 1) 授業内で使用する基本的な問題あるいは例文から学修者からの学習データを取得する。
- 2) 授業内で使用される内容に従って作成したコンテンツ(例文)を種類別の複数作成し、そのコンテンツを学修者から得られたデータを元に組み立てる。
- 3) 個人向けに提供されるデータは学修者それぞれの環境(ノートパソコン, 携帯など)に最適化された形で提供する。

のような形態で効率的に低コストで作成したコンテンツの利用を拡大する手法を提案するため、まず、コンテンツのデータベースを利用することによってデータベースに関する知識がない一般の教師も普通のワードを使ってコンテンツの作成や管理が可能となるようにする手法を必要とする。

### 3 システム設計

多くの場合、すべてではないが、テストの質問は選択肢が質問から分離することができる。

図1のような質問文には様々な選択肢が作成可能であり、そのそれぞれの選択肢の難しさは異なる。その選択肢の組立てに依存して、問題の難易度のレベルも変わってくる。

ここで、それぞれの例の回答または質問を「断片データ」と定義し、問題と選択肢を分離して管理するデータベース設計を提案する。問題と選択肢がペアで固定されるとクラス全体に一つの問題として提供されるが、それを分離し、各学生

のレベルに合わせた選択肢を自動的に組立てて各学生に提供すると、同じ問題であっても選択肢のレベルによって学生の学習能力に個人化された新たな問題が作成できる。

従って、問題とその選択肢を関連付け、分離し、効率的にデータベース格納する手法を提案している。

全体的なシステムは、各要素(問題と選択肢)が断片化された例文は例文それぞれ異なる正答率(難易度)を持つ(図2)。この正答率は、最初コンテンツを作成する側から決定するが、ユーザーからのフィードバックを受けて、本研究の提案モデルによって再計算される。

各例文はそれぞれが提案数理モデルによる正答率を持っているため、その組立によるコンテンツ(問題)はどの例文による組立かによって異なる正答率の問題が作成できるのでユーザーのレベルに合わせた問題を提供できるようになる。ある内容を学習したユーザーの答えを分析して、学習者が弱い部分や学習レベルをチェックすることが可能となり、ユーザー個人向けの復習コンテンツの自動生成を目指す。このようなコンテンツの作成は、一つの大学内に留まらず、他の大学と連結することによって作成コストの削減とコンテンツ利用の拡大化を高める。

また、他の大学にある同じ授業のコンテンツを共有することにより、学習者の実力評価がより広い範囲で可能となる。

学習者のコンテンツの利用はスマートフォンのようなeラーニングの特徴を生かせる端末からのアクセスを想定している。そのため、本提案システムにより、授業のコンテンツの利用が授業内に限らずいつでも個人化されたコンテンツを利用できる。

### 4 データベース設計

提案する学習支援システムのデータベースとして、MongoDB[4]を使用し、より自由に質問を構造化する手法を考える。

設計するデータベースは

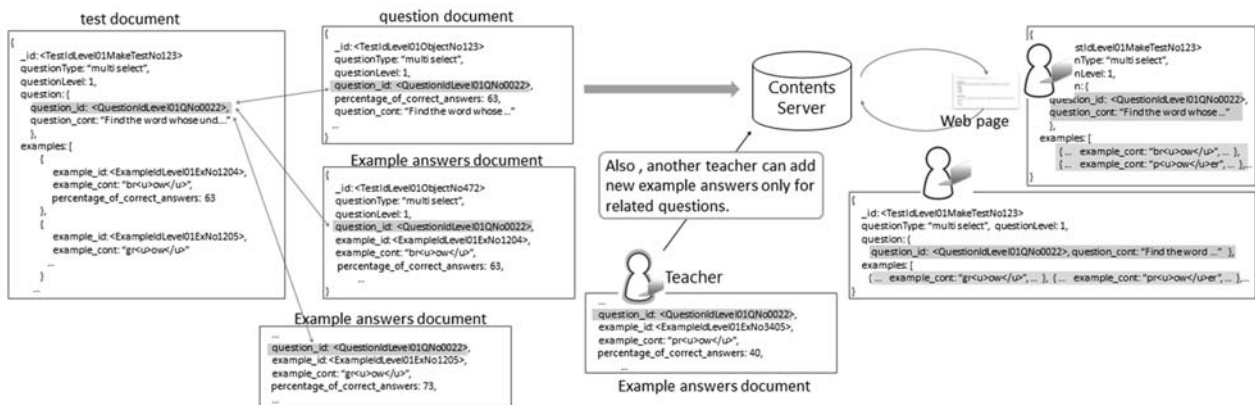


図 3 データベース構造

- 1) インターネットを利用することで各学生の学習結果をリアルタイムで集計できる。
- 2) 集計した結果の比較は、その時点で可能にする。
- 3) 結果の比較によって学習者の到達成果が他の学生と比較できる。その学生の全体に比較したレベルが推定できるように視覚化する。

これらの機能提供できるようになれば、各学生向けに異なる試験を低コストで提供できるシステムも不可能ではない。

次に、各学生に提供するテスト問題を個人化する為のデータベース設計を中心に議論する。

図3は、非常に単純なMongoDBで設計したサンプルデータベースの構造を示す。図3を見ると、提供されるテストの質問（図3の学生のレベルに合わせたデータ）が格納されている選択肢（図3の選択肢）から構成されている。それぞれの選択肢の正答率は最初は講師によって設定されるが、学生のフィードバックによって再計算される。選択肢の正答率は各学生の答えによる正答率とクラス全体の正答率をそれぞれ管理できるようにして、各学生が復習する際、新たにテスト問題を作成するための参考とされる。各学生とクラスの正答率をそれぞれ管理する事により、再学習した際の自分とのデータとクラス全体とのデータとを比べ、とれぐらい成長したかが分析できるようにした。

各学生の前のテスト結果に基づいて再計算されるデータを基に、各学生のための適切なレベルの質問の生成が可能になる。また、一つのテストの質問と選択肢は、各ドキュメントに追加された各種のデータを、JSON形式の文書として保存している。

JSON形式を利用する事により、固定スキーマを設計する必要がなくなり、様々な種類のコンテンツに柔軟に対応できる。

## 5 おわりに

本研究によって期待される効果は次のように挙げられる。今回の研究成果を基に、まず、小規模の組織であってもその組織に適応したコンテンツの作成と個人化されたコンテンツが提供できると考えられる。特に大学の語学講座に応用することにより、低コストで、データベースの知識や統計的な知識がない講師であっても使いやすいシステムを提供できる事になり、学生の全般的な実力向上が得られると考えられる。更に、他の大学の協力が行われれば、クラウドを利用して、全国の大学の語学クラスの成績を分析する事も可能になると考えられる。特にクラウドに各大学で生成された問題や例文が共有されることによって、より完成度が高いコンテンツや多様なコンテンツの作成が可能になると考えられる。

## 参考文献

- [1] Kanade, A., Gopal, A., Kanade, S., "A study of normalization and embedding in MongoDB," Advance Computing Conference (IACC), 2014 IEEE International, pp.416 – 421.
- [2] Hongxia Xia, Sheng Zhou, Youngjian Liu, "Application and evaluation of NoSQL in course group system," WIT Transactions on Information and Communication Technologies, Vol. 51, pp.197-203.
- [3] Dennis Kundisch, Philipp Herrmann, Michael Whittaker, Jürgen Neumann, Johannes Magenheim, Wolfgang Reinhardt, Marc Beutner, Andrea Zoyke, "Designing a Web-Based Classroom Response System," 8th International Conference, DESRIST 2013, pp.425-431.
- [4] MongoDB, <http://www.mongodb.org/>

# 高齢者の見守りを目的とするウェアラブルセンサのバッテリーレス化

## — 2013年度イノベーションデザイン特別演習報告 —

村越 英樹<sup>1)</sup> 網代 剛<sup>1)</sup> 上野 佑太<sup>1)</sup> 郭 華威<sup>1)</sup> 小泉 幹夫<sup>1)</sup> 田村 真統<sup>1)</sup>

### Proposal of Battery-less Wearable Sensors for Watching Elderly Person — A Report on Murakoshi-PT 2013 (Advanced Exercises: Innovation for Design and Engineering) —

Hideki Murakoshi<sup>1)</sup> Tsuyoshi Aziro<sup>1)</sup> Yuta Ueno<sup>1)</sup> Huawei Guo<sup>1)</sup> Mikio Koizumi<sup>1)</sup> Masatsugu Tamura<sup>1)</sup>

#### Abstract

Two Types of battery-less wearable sensor for watching elderly person are proposed. One is slippers type sensor for measuring activities of the elderly person. The other is a watch type sensor for measuring body temperature and cardiac beats rate. This paper reports the development of these sensors. This study is performed by 2013 Murakoshi-PT(Project Team) in Advanced Exercises: Innovation for Design and Engineering.

**Keywords:** battery-less, wearable sensor, elderly person

#### 1 はじめに

近年、我が国では少子高齢化が進展している[1]。これに伴い、一人暮らしの高齢者世帯も増加しており、孤独死が社会問題となっている。独居高齢者の見守りサービスとしては、見守りほっとライン i-poT、みまもーる、ネットミルなどある[2: 神奈川県ホームページにこれらサービスの一覧表が掲載されている]。これらの多くのサービスは、電気、ガスといったライフラインの使用状況を把握して、ネットワークを介して情報を提供するものである。これでは高齢者の安否情報はわかるが、健康状態などの詳細情報は把握できない。健康状態や運動量を把握するものとして、人感センサやペンダント型デバイスを用いたサービスも存在するが、これら機器の動作には、電源が必要である。バッテリーを搭載したペンダント型デバイスでは、定期的なバッテリー交換が必要であり、高齢者にとっては、このバッテリー交換が困難な場合も多い。

そこで本研究では、環境発電技術を用いて、バッテリー交換を不要とした、高齢者が身に付けて、運動量や体温といった様々なデータを収集し、ネットワークに送信するセンサデバイスの開発を試みた。本稿では、運動量を測定するスリッパ型

センサ、および、体温や心拍数等のバイタルデータを測定する腕時計型センサデバイスの開発について報告する。

以下、第2章では、環境発電を利用したセンサデバイスの基本的概念について述べる。第3章ではスリッパ型センサ、第4章では腕時計型センサの設計および試作実験について報告する。第5章は本稿のまとめである。

なお、本研究は、2013年度イノベーションデザイン特別演習 村越 PT(Project Team)で取り組んだものである。

#### 2 基本的な設計概念

環境発電(Energy Harvesting)技術とは、身の回りにある光や熱、振動などの微小なエネルギーを利用して発電し、利用する技術である。本章では、環境発電技術を利用した装置の基本構成と、スリッパ型センサと腕時計型センサに共通する設計について述べる。

##### 2.1 基本構成

提案する高齢者見守りシステムは、高齢者が身に付けるセンサデバイスと高齢者宅に設置された受信装置から構成される。センサデバイスは、高齢者の運動量や体温といった情報を収集し、無線通信により受信装置にデータを送信する。受信装置は、これらのデータを受信、集積して、情報提供を行う。本研究では、センサデバイスを研究対象としている。

センサデバイスは、環境発電によって得られた電力を利用して、高齢者の情報を取得し、送信するが、閑居発電によっ

Received on 2014-10-03

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

て発電される電力は非常に小さいために、常時動作することは難しい。そこで、環境発電により十分な電力が蓄えられたときに動作するデバイスを設計することとした。その動作イメージは、日本庭園等に設置してある「ししおどし」を思い浮かべると理解しやすい。図 1 では、圧電素子等の環境発電素子によって得られる電力が十分に蓄えられたときに、接続されている MPU や通信装置に電力が提供される様子を、「ししおどし」に見立てて表現している。

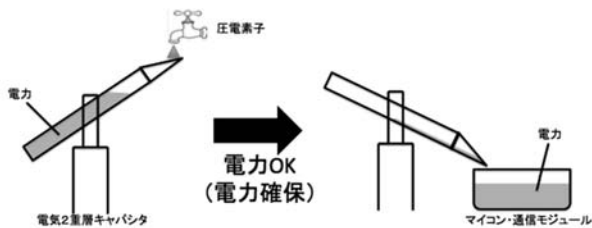


図 1 センサデバイスの動作イメージ

## 2.2 基本モジュールの選定

本節では、スリッパ型センサと腕時計型センサで共通に用いられる MPU モジュールと通信モジュールの選定について述べる。モジュール選択の指標としては、省電力型のモジュールであり、かつ、開発が容易なもの、というのを採用した。

### ・ MPU モジュール

MPU モジュールとしては、PICAXE(PIC18F25K22)[5], Arduino Uno(MEGA328)[6], mbed(LPC1768FBD100)[7], MSP430 Launch Pad(MPS430)[8]を検討した。消費電力の比較を表 1 に示す。消費電力が最も少ないのは、MSP430 であるが、開発の容易さを配慮して、開発環境が充実した Arduino Uno(MEGA328)を採用することとした。

表 1 MPU モジュールの比較

	PIC18F25K22	MEGA328	LPC1768	MSP430
	@3.3V 8MHz	8 @3.3V 8MHz	@3.3V 96MHz	@3.3V 1MHz
通常	3.83mA	4.2mA	160mA	379 $\mu$ A
スリープ	0.1nA	0.1 $\mu$ A	n/a	0.1 $\mu$ A

### ・ 通信モジュール

無線通信モジュールとしては、低消費電力の無線通信規格である ZigBee を採用した。ZigBee は、ワイヤレスセンサネットワークの構築に適しており、容易に低価格で通信モ

ジュールを入手できる。これらのことから、ディジインターナショナル社の XBee モジュール(XB24-Z7PIT-004)を採用することとした。このモジュールの消費電力を実験により調査した結果は、3.3V で動作し、送信時 32mA、受信時 38mA、スリープ時 1  $\mu$  A であった。

## 3 スリッパ型センサ

本章では、高齢者の運動量を測定するスリッパ型センサについて述べる。スリッパ型センサは、図 2 に示すように、スリッパのソール部分に埋め込み、歩行によって発生した振動を圧電素子でとらえて発電する。その電力を利用して通信して、受信装置側で通信回数を測定することで、運動量を推定する。

### 3.1 設計

前章で記載したように、MPU モジュールおよび通信モジュールが動作するためには、3.3V の電圧が必要である。予備実験の結果より、これらのモジュールが正常に動作できる最低の電圧は、3.0V であることがわかっている。また、通信終了までには、0.5 秒程度の時間が必要であることも測定した。

一方、発電装置となる環境発電モジュールとしては、株式会社スライプ社の圧電素子 K2512BP1 を検討した。K2512BP1 に 2mm の振動を与えてテストしたところ、4.2V の発電量があることを確認した。これを利用して、コンデンサ(蓄電器)に電力を蓄える実験をしたところ、220mF のコンデンサで 3.3V の電圧を得るためには、圧電素子 8 枚で、約 20 秒必要であった。

この発電装置を電源として用いた場合の MPU モジュール、通信モジュールの動作が保証できるかを確認すると、次のようになった。

まず、MPU モジュール、通信モジュールの動作電圧は、3.0V 以上が必要である。コンデンサは、3.3V で放電を始めて、3.0V になるまでの時間を試算すると、

$$\text{コンデンサの電圧降下限度は： } 3.3\text{V} - 3.0\text{V} = 0.3\text{V,}$$

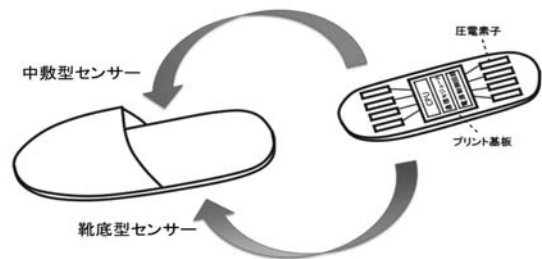


図 2 スリッパ型センサ基本設計

放電量は： $0.3V \times 0.22F = 0.66C$ ，なので， $660mAs$ ，  
 MPU モジュール，通信モジュールの電力消費量は：  
 $4.2mA + 38mA = 42.2mA$ ，  
 よって， $3.3V$  から  $3.0V$  になるまでの時間は： $66mAs / 42.2mA = 1.57s$ ，  
 となる．一方，通信終了までの処理時間は， $0.5$  秒程度なので，十分な電源容量であることを確認した．

これらのことから，図 2 に示すように，スリッパ型センサの構成としては，圧電素子 8 枚を 4 枚ごとにグループ化して，スリッパソールの前後に装着し，土踏まず部分に MPU モジュールと通信モジュールを配置することとした．

### 3.2 試作実験

前節で述べた設計を基に，試作実験を行った．スリッパは，市販のものを利用し，中敷きタイプの試作機を作成し，実験を行った．

筐体は 3D プリンタを利用して，圧電素子，MPU モジュールおよび通信モジュールを内包して，スリッパの中敷きとなるものを制作した．図 3 に試作したスリッパ型セン



図 3 スリッパ型センサ全景

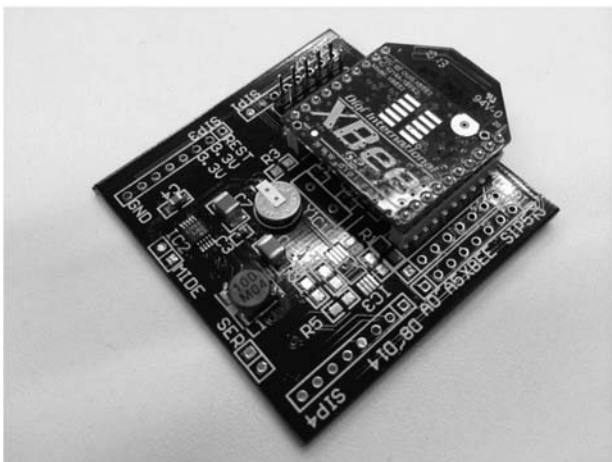


図 4 スリッパ型センサ用 MPU モジュール，通信モジュール

サを掲載する．前後に配置された白い部分が，圧電素子であり，中央部分に MPU モジュールと通信モジュールが設置されている．

MPU モジュールは，MEGA328 を利用した  $5mm \times 5mm$  のプリント基板を制作し，通信モジュールとして市販の XBee を搭載している(図 4 参照)．

試作したスリッパ型センサは，人間の体重に耐えられるものではないので，手で持って振動を与えることで，実験を行った．その結果，振動によって想定していた電力が逐電できることを確認した．ところが，通信モジュールによる通信は行うことができなかった．その原因は，通信モジュールのセットアップ時間に 4 秒程度かかり，想定していた  $1.57s$  以内に処理できないためであった．これは，明らかに我々のミスであり，事前に予備実験等で確認しておかなければならなかった．

## 4 腕時計型センサ

本章では，高齢者の体温や心拍数などのバイタルデータを取得し，送信する腕時計型センサについて述べる．図 5 に腕時計型センサのイメージを示す．

### 4.1 設計

気温が低くなる冬の期間には，居間などの温かい部屋からトイレや浴室などの気温が低い場所に移動したときに，体調の急変が起きることがある．腕時計型センサは，温度差を検出して発電するペルチェ素子を用いて，このような急変をとらえることを目的として，当初は開発を試みた．しかしながら，腕時計型センサに埋め込むことができるペルチェ素子では，十分な発電量が得られないことが，予備実験により判明したため，太陽光発電素子を併用して，周期的にバイタルデータを送信するものとした．高齢者が室内にいることを想定し，蛍光灯を用いて太陽光パネルで発電実験を行った．この結果から， $220$  秒(5 分 40 秒)で  $220mF$  の充電を完了することがわった．約 6 分に 1 回バイタルデータを送信可能である．また，当初の目的で掲げた，気温の急激な変化による急変に少しでも対応するために，ペルチェ素子による発電も残した．

MPU モジュールと通信モジュールの動作時間は，スリッパ型センサと同様に予備実験により見積り，十分な電力量を確保できると想定した．実際には，通信モジュールのセットアップ時間により，この見積りは正しくないのだが，スリッパ型センサと同時に設計を進めていたので，この時点で

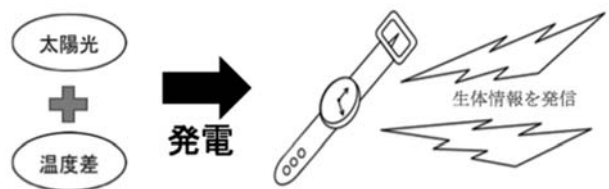


図 5 腕時計型センサ イメージ

は、このようになった。

#### 4.2 試作実験

試作した腕時計型センサの全体像を図 6 に示す。時計のバンドには市販品を利用し、筐体を 3D プリンタで制作し、MPU モジュールを 3mm×3mm のプリント基板に実装した(図 7)。

この実験結果もスリッパ型センサと同様に、電力の充電を確認したが、通信モジュールのセットアップ時間により、信号を発することを確認できなかった。

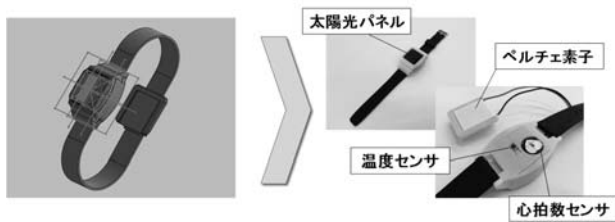


図 6 腕時計型センサ

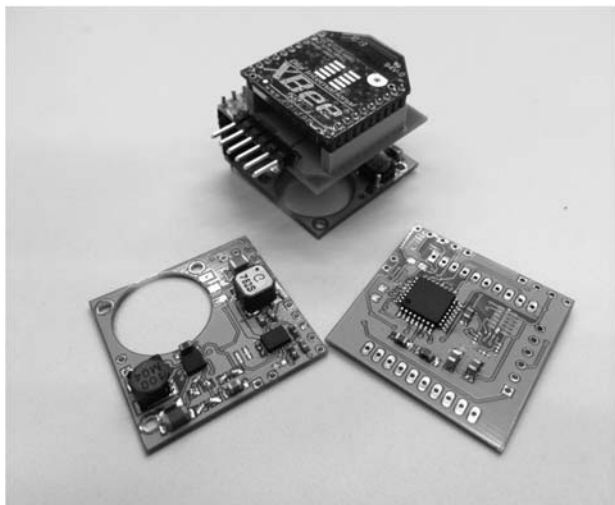


図 7 腕時計型センサ用 MPU モジュール, 通信モジュール

## 5 おわりに

2013 年度イノベーションデザイン特別演習村越 PT では、高齢者の見守りを目的とするバッテリーレスセンサの開発に取り組んだ。高齢者の運動量を計測するスリッパ型センサ、体温、心拍数などのバイタルデータを計測する腕時計センサを提案し、試作実験を行った。その結果、どちらのセンサでも電力を確保できることを確認したが、取得したデータの送信はできなかった。この原因は、明らかにされており、次回の設計では、通信モジュールのセットアップ時間を考慮する、または、セットアップ時間の短い通信モジュールを設計することが不可欠である。

今回の結果は、残念なことになったが、1 年間という短い期間で実施しているイノベーション特別演習の活動のなかで、

たとえ失敗に終わったとしても、新製品の提案から、設計、試作実験までこぎ着けたことは、評価できる。

## 参考文献

- [1] <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/index-w.html>. (visited on 2014-10-03).
- [2] <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f470004/>. (visited on 2014-10-03).
- [3] <http://home.tokyo-gas.co.jp/mima/>. (visited on 2014-10-03).
- [4] <http://www.netmil.jp/>. (visited on 2014-10-03).
- [5] <http://www.picaxe.com/>. (visited on 2014-10-03).
- [6] <http://www.arduino.cc/>. (visited on 2014-10-03).
- [7] <http://developer.mbed.org/platforms/mbed-LPC1768/>. (visited on 2014-10-03).
- [8] <http://www.tij.co.jp/tool/jp/msp-exp430g2>. (visited on 2014-10-03).

## 個人情報影響評価の有効性評価

瀬戸 洋一<sup>1)</sup> 坂本 誠<sup>1)</sup> 岡崎 吾哉<sup>1)</sup> 岡本 直子<sup>1)</sup> 川口 晴之<sup>1)</sup> 永野 学<sup>1)</sup>

# The evaluation of the effectiveness of Personal information Impact Assessment

Yoichi Seto<sup>1)</sup> Makoto Sakamoto<sup>1)</sup> Michiya Okazaki<sup>1)</sup>

Naoko Okamoto<sup>1)</sup> Haruyuki Kawaguchi<sup>1)</sup> Satoru Nagano<sup>1)</sup>

### Abstract

The introduction of information systems with the collection of personal information, Personal information Impact Assessment (PIA) is a risk management technique at the time of development the system, to evaluate the risk of personal information for the purpose of reducing identity leakage problem. The implementation of PIA, it is the overseas usually, but no cases were objectively evaluated its effectiveness. In order to make widen in Japan, verification of any evaluation of effectiveness is required. We obtained the results of the evaluation, such as improved by about 10% personal information protection awareness.

**Keywords:** Privacy Impact Assessment, Personal information Impact Assessment, ISO22307, Risk analysis, Effectiveness evaluation

### 1 はじめに

情報技術の進歩により、電子化された個人情報の蓄積・利用が進み、市民生活や企業活動に利便性を提供する一方、個人情報漏えい・プライバシー侵害の問題を引き起こすリスクが増えた。ネットワーク上に一度漏洩した個人情報を取り戻すことは事実上不可能である。従来、P マーク (JISQ15001) など、運用面から個人情報保護を行う内部統制的な対策は実施されていたが、システムが適正に構築されていなければ、運用面での対策はコストがかかるうえ、本質的な問題解決にならない。

個人情報を扱うシステムを構築する際、企画設計段階から個人情報の保護を考慮するプライバシー影響評価の実施が北米、豪州を中心に広がり、2008 年には国際規格 ISO22307 が発行された [1]。なお、欧米では、プライバシー影響評価 (Privacy Impact Assessment) と呼ばれるが、機微な個人情報だけでなく、個人情報全般を保護の対象にするため、本論文では個人情報影響評価 (Personal information Impact Assessment, 以下 PIA) と呼ぶ。

日本では民間分野が先行して自主的に PIA を試行してきたが、2016 年 1 月から施行される番号法にて PIA に相当する特定個人情報保護評価の行政システムへの実施が義務化された [2] [4] [5]。

日本において PIA を普及するためには、PIA の有効性を明らかにする必要がある。従来の PIA の有効性評価はそれぞれの事例における PIA 実施の手順等に関する有効性を評価したものであり、PIA 自身の有効性の評価は報告されていない [6] [7]。

PIA 自身の有効性は、PIA 実施の目的から、対象となる情報システムに関するリスクの可視化、リスクに関するステークホルダー間の合意形成の観点から評価することができる。

PIA の有効性を評価するために、個人情報保護に関する組織の成熟度を計測するツールである、米国公認会計士協会・カナダ勅許会計士協会の Privacy Risk Assessment Tool を参考に有効性評価ツールを開発し、PIA の有効性評価を実施した [8]。

Received on October 3, 2014

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology



本論文は、2章で個人情報影響評価の概要、3章で個人情報影響評価の有効性評価の課題、4章で個人情報影響評価の有効性評価の概要、5章で有効性評価の実施について述べる。

## 2. 個人情報影響評価の概要

### 2.1 個人情報影響評価の概要

PIAは、「個人情報の収集を伴う情報システムの導入あるいは改修にあたり、個人情報に関するリスクを明確にし、個人情報に関する問題によるステークホルダーへの影響を事前に評価する。個人情報に関する影響を評価するだけでなく、回避または緩和のための技術的な変更、運用・法制度の整備を促すことを目的とするリスク管理手法」である[2]。

PIAを実施する目的は、情報システムの個人情報に関する問題を明確にし、効果的な事前対策を実施することによる個人情報に関する事故の抑制、対策コストの低減とステークホルダー間の合意形成にある。

PIAを実施した結果、必要に応じて構築システムに対して仕様の変更を促す。システム稼働前に変更を行うことにより、稼働後の個人情報に関する問題の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損害、システム改修コストを軽減することができる。

また、図1に示すように、PIAでは、システム企画書・システム設計書と実際に検出されたリスクとのギャップ、法令・ガイドライン・社内規定・運用規則などの要求事項と実際に検出されたリスクとのギャップを双方向に分析する。双方向のギャップ分析の結果を踏まえ、運用規則や社内規則、法令、ガイドライン等の整備を促す[9][10]。

システムを構築運用する組織（以下PIA実施依頼組織）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PIA実施依頼組織、個人情報の提供者である個人、マスメディアの三者で議論するための共通の認識を有することができる。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は個人情報に関するリスク評価およびコミュニケーション手段である。

カナダやオーストラリアの政府機関・州政府では、個人情報を取り扱う情報システムを構築する際に、プライバシーコミッショナー（Privacy Commissioner）の下、PIAを実施して個人情報の安全性を事前評価することが予算許認可の条件となっている。

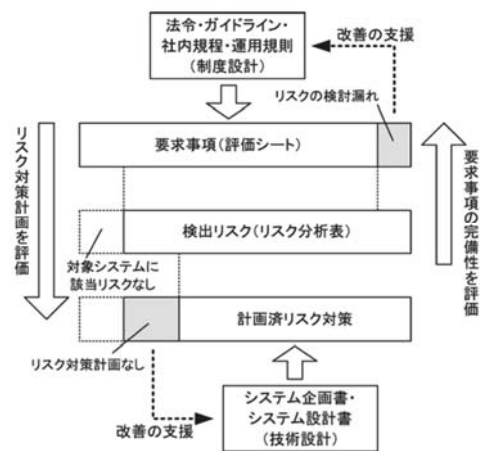


図1 双方向ギャップ分析

米国では、個人情報を扱う行政システムの構築において、電子政府法第208条によりPIAの実施が義務づけられている[1]。

日本では、「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」第15条において、PIAに相当する「特定個人情報保護評価」が定められている。内閣総理大臣の下に、「個人番号情報保護委員会」を設置し「特定個人情報保護評価」を実施することを定めているが、同法で規定する「個人付与の番号に関する特定個人情報」の保護が対象であり、現時点でPIAに関する包括的な法的根拠は存在しない[4][5]。

民間対応で試行しているPIAは、ISO22307適合で対応されている。ISO 22307 Financial services - Privacy Impact Assessmentは、国際標準化委員会ISO TC68/SC7（金融サービス）により2008年4月に発行された個人情報影響評価に関する国際標準規格である。

ISO 22307は、プライバシー保護の目的では金融業界に限定していないため、他の業種にも適用可能である。ISO 22307は、①PIA計画、②PIA評価、③PIA報告、④十分な専門知識、⑤独立性と公共性の程度、⑥対象システムの意思決定時の利用の6項目をPIA実施における要求事項としている[11][12]。

## 3. 個人情報影響評価の有効性評価の課題

PIAの有効性評価として、以下に示す2つの事例がある。

### (1) 個々のPIAの事例に関する有効性評価

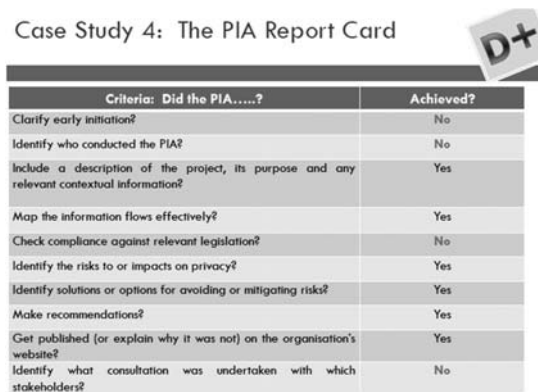
図2に示すように、PIAの4つの事例に対して、実施手順、結果の有効性を評価している[6]。

例えば、Google 社のストリートビューに関する PIA に対して、個人情報のフローを効果的に特定できたか否か、コンプライアンスのチェックを実施、および PIA の結果が公開されたか否かなどを評価している。

PIA の責任者が明確であったか、個人情報に対するリスク・影響を特定することが出来たかなどの評価項目に照らし合わせて、当該 PIA の実施手順の有効性評価を A-D などのランク付けで行っている。

PIA は有効であるという前提で PIA の事例に対し手法の十分性を評価したものであり、手法自身の有効性については言及していない。

Case Study 4: The PIA Report Card



Criteria: Did the PIA.....?	Achieved?
Clarify early initiation?	No
Identify who conducted the PIA?	No
Include a description of the project, its purpose and any relevant contextual information?	Yes
Map the information flows effectively?	Yes
Check compliance against relevant legislation?	No
Identify the risks to or impacts on privacy?	Yes
Identify solutions or options for avoiding or mitigating risks?	Yes
Make recommendations?	Yes
Get published (or explain why it was not) on the organisation's website?	Yes
Identify what consultation was undertaken with which stakeholders?	No

図 2 PIA 手法の有効性評価結果の例

(2) ISMS の有効性評価

JIS Q 27001:2006 では、当該組織において定期的に ISMS の有効性測定についてレビューをすることを要求している。この場合の有効性とは、管理策の有効性だけでなく、当該組織における ISMS 基本方針と管理目的の達成の度合いを含むが、JIS Q 27001:2006 に規定された内部統制の手順の有効性評価ではない [13]。

(1) (2) とともに事例に対する手順の有効性を評価するものであり、PIA や ISMS 自身の有効性を実証するものではない。

PIA の実施手順に関する有効性は、各国でガイドラインを整備して、評価の質の確保を行っている [10]。

厳密に PIA 自身の有効性を評価するには、PIA を実施したケースと実施しないケースでシステムを構築し、PIA の目的であるプライバシー問題発生回避の可能性を測定する必要がある。しかし、全く同一のシステムを複数の手段で構築することは現実的ではなく、この評価を実施することは困難である。

そこで、PIA の目的である「個人情報の収集を伴うシ

ステムの導入や改修の際に、個人情報漏洩あるいは個人情報漏洩問題の回避または緩和のために、利害関係者の個人情報漏洩への影響を「事前」に評価するリスク管理手法」に着目して、下記の2点を評価軸とした [7]。

① 個人情報に対するリスク（プライバシーリスク）の可視化

PIA を実施することで明らかになった、評価基準（評価シート）に対する適合・不適合の状況の評価。つまり、PIA を実施することで個人情報漏洩リスクを可視化ができたかを評価する。

② 個人情報保護意識の改善

PIA 実施依頼組織の個人情報保護意識の改善度合いの評価。PIA の目的の一つにリスクに関するステークホルダー間の合意形成がある。この目的達成に必要な PIA 実施依頼組織の個人情報保護意識を改善ができたかを評価する。

4. 有効性評価方法の提案

3 章で述べたように PIA 有効性評価のために、個人情報に対するリスクの可視化、ステークホルダー間の個人情報保護意識の改善の度合いを評価した。以下に詳述する。

4.1 個人情報漏洩リスク（プライバシーリスク）の可視化の測定

PIA を実施することにより、対象システムにおける個人情報のライフサイクルの局面毎に個人情報に対するリスク分析を行うことができる。

PIA の実施にあたり、対象システムに関連する法令、規格、組織内規定などの要求事項を基に評価基準である評価シートを作成し、当該システムの法令等の要求事項に対する適合性を評価する。表 1 に健診総合システムにおける評価項目と指摘事項の例を示す [14]。

表 1 評価項目と指摘事項の例

評価項目	評価結果・指摘事項
評価対象システムにて、取得しようとする個人情報について、個人情報か否か特定する手続き、手順が定められているか。また、評価対象組織における個人情報の範囲について、定期的に現実と乖離が発生していないかを確認、改訂する手続き、手順が定められているか。	個人情報の特定に関しては、基本設計段階から明記されておくべきであり、それが基本設計書に含まれないのは問題である。 指摘事項：個人情報の定義や定義改訂の手続きや手順を定めること。

また、システムの対象とする業務における個人情報のデータフロー、システムの機能・構成・運用等の観点からリスク分析を行いシステムの不備を検出する。検出された不備と評価シートの差分は、法令・規格・組織内規定などの要求事項の不足を表す。

PIA は対象システムにおけるリスクの識別分析のみならず、要求事項の不足を識別することができる。要求事項の不足の例として、医療機関向けに実施した PIA において、厚生労働省の医療情報システムの安全管理ガイドライン第 4.2 版では医療情報の暗号化を要求しているが、その暗号化の方式・強度などについては具体的な基準が定めていないことなどの指摘がある。

上記例では、評価対象システムは、設計者の観点で個人情報保護の対策が考慮されていたが、情報を提供する個人の立場、およびコンプライアンスなどの観点での検討が不十分であり、いくつかの不適合が見つかった。これらは PIA 実施依頼組織で見落されていたリスクである。

評価対象システムは、以下のとおり、病院など公共性の高い民間分野のシステムとした [14] [15]。

#### ① ウェブベース監視サービス

自動車に搭載したカメラによって、映像情報を収集し、仮想空間を構築するシステム。個人の顔や生活風景も含まれる。

#### ② バイオメトリック認証システム

指紋、顔、静脈等のバイオメトリック情報を使ったユーザ認証を必要とするアプリケーションに対し、バイオメトリック情報の管理・照合機能を提供するシステムである。

#### ③ ウェブベース求人サイト

就職目的の学生の登録データおよび求人参加企業のデータを管理し学生情報および企業情報の検索照合機能を提供することを目的としている Web サイトであり、クラウドコンピューティングを活用している。

#### ④ クラウド対応健診総合システム

健診事業者における、健康診断にかかる、受診者情報、健診結果情報、請求情報を一元的に管理するシステムであり、プライベートクラウド上に構築される。

#### ⑤ 総合病院情報システム

350 床規模の総合病院における電子カルテ、医事システムであり、既存システムの更新事案である。

## 4.2 個人情報保護意識の改善の測定

個人情報保護意識の改善を測定するために、PIA 実施依頼組織に対し、PIA 開始時および終了時に個人情報保護意識を測定した。

### (a) 個人情報保護意識調査の検討

ステークホルダーの個人情報保護意識を、以下に対する理解度について着目し測定した。

- ① 評価対象組織における個人情報保護に関する取り組みの重要度
- ② 評価対象組織における個人情報保護に関する取り組みの達成度

前者は個人情報保護に関する取り組みの重要度に対する認識を測ることで、意識を直接的に測定するものである。後者はこれまで知り得なかった評価対象組織の個人情報保護に関する取り組み状況を深く認識する、もしくは、組織の構成員の意識が改善した結果組織の個人情報保護に関する取り組みの達成度が改善するという点で、間接的に「意識」を測定するものである。

日本における PIA は各組織の任意の取り組みである。PIA の結果は公開されないことも考えられるため、ステークホルダーは PIA 実施依頼組織の役職員とした。

個人情報保護意識の調査の手法として、米国公認会計士協会・カナダ勅許会計士協会（以下 AICPA/CICA）の Privacy Risk Assessment Tool（以下 PRA Tool）を参考にした [8] [16]。

PRA Tool は、AICPA/CICA が策定し米国およびカナダで利用されている「一般に公正妥当と認められたプライバシー原則」（Generally Accepted Privacy Principles、以下 GAPP）に基づいたアンケート形式で自組織の個人情報保護に対する取り組みの成熟度を評価するツールである。

このツールは、GAPP の 10 原則に基づく 73 の評価項目を設定し、「Likelihood of a Control Failure（統制失敗の可能性）」「Business Impact（ビジネスへの影響）」「Effort/Cost to Mitigate（軽減に要する労力/コスト）」の 3 つの評価軸で評価する。評価の基準には、情報システムコントロール協会（ISACA）が策定した IT 管理のベストプラクティスである COBIT Version 4.1 で定義された成熟度モデルが使用され、表 2 に示すとおり、3 段階の尺度が用いられている [7]。

我が国の PIA では、個人情報保護法に加え OECD Guidelines（以下 OECD8 原則）、業界毎のガイドラインや

評価対象組織の社内規定などを考慮して評価項目を決定する。GAPPの10原則、OECD8原則、個人情報保護法の枠組みは整合している。以下に、提案した方式を説明する。

表 2 PRA Tool における評価尺度の例

スコア	特性
2 = 低リスク	成熟度レベル4 - 管理され計測可能 成熟度レベル5 - 最適化されている ・実効性のある内部統制とリスク管理環境が実施されている
5 = 中リスク	成熟度レベル3 - 手続きが確立されている ・プライバシー管理が実行され、十分に文書化されている
8 = 高リスク	成熟度レベル2 - 反復可能だが直観にたよる成熟度レベル1 - 初期的・場当たりの 成熟度レベル0 - 管理不在 ・プライバシー管理は行われているが、文書化されていない

(b) PIA 有効性評価ツールの提案

PRA Tool は個人情報保護に関する組織の成熟度を計測するものである。PRA Tool をステークホルダー個々人の意識の計測に利用するためには、質問のわかりやすさ向上と評価軸の変更が必要である。

質問は個人情報保護に関する専門知識がなくとも回答できるように平易な表現とした。また、回答者の職種や担当業務を制限しない質問項目とした。

PIA はシステムに対する評価を行うため、技術的な質問項目を追加した。表3にPRA Toolの質問項目と作成した質問項目の対比を示す。

意識を測る評価軸と尺度への対応は、表4に示す「重要度」「達成度」という2つの評価軸で5段階の尺度を用いた。リスクの軽減に要するコストに関しては、回答者が限定されることから、PRA Tool で用いられているコストに関する評価軸は採用しなかった。

「重要度」に関して、各質問項目は、個人情報保護に寄与する取り組みを示している。重要度の認識が高まれば、個人情報保護意識が改善したと考えることができる。

「達成度」は、PIAの過程で組織が個人情報保護の取り組みを強化したことにより値が改善した場合、ステー

クホルダー個々人の意識が改善した結果達成度が改善したと考えることができる。PIA実施の結果、これまで認識の少なかった取り組み状況を深く認識したという場合、達成度が改善する場合、低下する場合のいずれも生じ得る。達成度の値に変化が生じたことにより個人情報保護意識が改善したものと考えられる。

以上のように、様々な業務担当者に対して個人情報保護に関する意識の調査が可能なPIA有効性評価ツールを開発した。

表 3 2つの有効性評価ツールの質問項目対比例

PRA Tool	PIA 有効性評価ツール
Resources are provided by the entity to implement and support its privacy policies. (プライバシーポリシーを実施、支援するためのリソースは、事業体から提供されている。)	プライバシーポリシーの遵守にあたり、業務量が増加する場合は要員を補強する等、必要な要員が確保されているか？ システム開発やシステムテストにおいて個人情報の利用を禁じているか？(ただし、当該情報が匿名化その他の手法で保護されている場合は除く。)

表 4 評価軸と尺度

回答項目	尺度		
	5-4	3	2-1
重要度	PIA 実施依頼組織および事業に対し重要度が大きい	中	小
達成度	体制やプロセスを確立し管理されている	ある程度実現できる	実現できない

5. 有効性評価

5.1 評価の実施と結果

表5は、過去に実施したPIAの事例である[14][15]。評価シートの項目数、評価基準に対する不適合を表す指摘事項の数を示す。

表 5 PIA の実施結果

システム	評価項目数	指摘事項数
ウェブベース 監視サービス	29	22
バイOMETリック 認証システム	36	25
ウェブベース 求人サイト	43	6
クラウド対応 健診総合システム	37	6
総合病院 病院情報システム	41	1

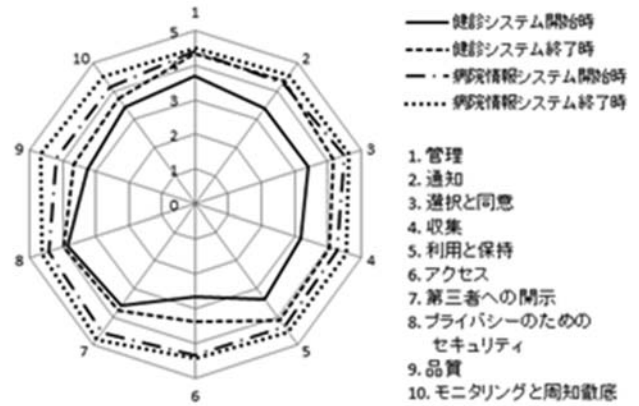


図 3 重要度

表 6 本部と支部の乖離幅 (健診システム)

評価項目	達成度			重要度		
	4月	9月	比較	4月	9月	比較
1. 管理	0.51	0.42	0.09	0.14	0.28	-0.14
2. 通知	0.88	0.83	0.05	0.30	0.53	-0.23
3. 選択と同意	0.79	0.24	0.55	0.48	0.03	0.45
4. 収集	0.18	0.58	-0.40	0.09	0.09	0.00
5. 利用と保持	0.61	0.49	0.12	0.70	0.48	0.22
6. アクセス	0.92	0.73	0.19	0.45	0.22	0.23
7. 第三者への開示	0.24	0.28	-0.04	0.74	0.07	0.67
8. プライバシーのためのセキュリティ	0.17	0.04	0.13	0.08	0.39	-0.31
9. 品質	0.19	0.14	0.05	0.57	0.10	0.47
10. モニタリングと周知徹底	0.38	0.30	0.08	0.05	0.34	-0.29
総計	0.49	0.27	0.22	0.24	0.08	0.16

5.1.2 個人情報保護意識の改善の測定

4 章に記載した健診総合システムの PIA 事例に対して、提案した PIA 有効性評価ツールを用い、PIA 実施依頼組織の本部、支部を対象に、PIA 開始時と終了時の 2 回、個人情報保護意識を調査した。調査対象者は 9 名である。同様に、病院情報システムに関する PIA 事例に対して、PIA 実施依頼組織の個人情報保護意識を調査した。調査対象者は 6 名である。

(1) 個人情報保護意識の改善

図 3 に「重要度」の測定結果を示す。PIA 実施の開始時と終了時を比較すると、健診総合システムの PIA、病院情報システムの PIA とも評価ツールの全領域について「重要度」の認識が高くなっている。改善幅は平均で 10.4%である。

また、表 6 に示すように、健診総合システムの PIA では、PIA 終了時の本部と支部の差が縮小していることより、PIA を実施することで PIA 実施依頼組織内での意識の乖離が縮小したことも判明した。

PIA を実施することで、PIA 実施依頼組織内での個人情報保護意識が改善していることが判明した。

(2) プライバシー対応の達成度向上

図 4 に「達成度」の測定結果を示す。PIA 実施の開始時と終了時を比較すると、評価ツールの全領域について「達成度」の認識が高くなっている。改善幅の平均は 20.3%である。特に、重要度が高いと評価された項目(健診総合システムにおいては、1. 管理、8. プライバシーのためのセキュリティ、病院情報システムにおいては 7. 第三者への開示、9. 品質)についての改善幅が大きい

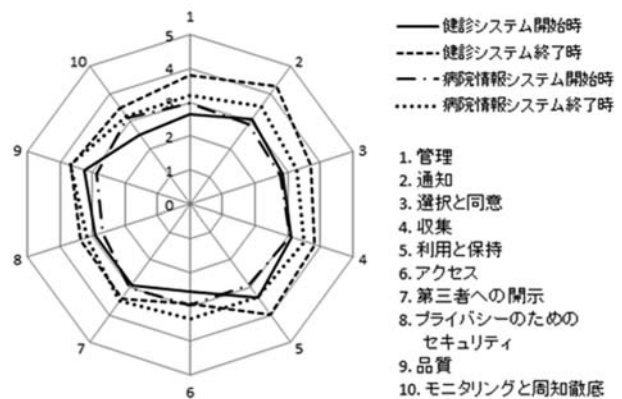


図 4 達成度

## 5.2 考察

### (1) 個人情報に対するリスクの可視化の測定

1章で述べたとおり、PIAは、個人情報の収集を伴う情報システムの導入あるいは改修にあたり、個人情報に関するリスクを明確にし、ステークホルダーへの影響を「事前」に評価し、回避または緩和の為の技術的な変更、運用・法制度の整備を促すリスク管理手法である。

PIAを実施することによって、実施依頼組織において見落とされていたリスクを明らかにすることができれば、PIAの目的の一部を達成することができる。評価対象システムに関するリスクの可視化有無を測定することでPIAの有効性を確認することができる。

表5に示すように、過去に実施したPIAの事例では、それぞれ指摘事項が検出されている。指摘事項数が最小1件から最大25件と差が大きい。それぞれの事例の評価対象システムの規模・種類、構築対象組織等はまちまちである。指摘事項数の差は、評価対象システムの規模・種類、評価対象組織におけるシステムの企画・設計能力の違いによって生じたものと考えられる。リスクの可視化の観点ではPIAは有効であるといえることができる。

### (2) 個人情報保護意識の改善の測定

提案したPIA有効性評価ツールの評価結果とPIA評価結果の乖離の有無を確認した。

PIAの評価項目は、PIA実施の過程において、評価対象システムの特徴、各種法令、ガイドラインを考慮して評価対象システム毎に作成される。一方本PIA有効性評価ツールによる評価は、PIAの開始時点で調査を行うための網羅的、汎用的な項目から構成される簡易的な評価である。PIAの主たる評価対象項目について、PIAとツールの評価結果に大きな乖離がなければ、ツールそれ自体の精度や有効性に問題がないことを確認することができる。

健診総合システムの事例において重点的に評価を行った「安全保護の原則（システムの安全管理措置等）」とツールの「8. プライバシーのためのセキュリティ」を比較した。病院情報システムの事例においても、重点的に評価を行った「データ内容の原則」とツールの「9. 品質」を比較した。

ツールの達成度評価と比較を行うため、不備・推奨事項の指摘件数について簡易スコアリングを行う。簡易スコアリングの方法は、軽微な不備が1件でもあれば当該項目の評価を「2」とする、推奨事項が1件でもあれば

当該項目の評価を「3」とする、軽微な不備と推奨事項の両方があればその件数に応じた「2」と「3」の加重平均をとるなどによる。

図5に上記を踏まえた健診総合システムの比較結果を示す。本事例において本ツールによる調査結果とPIA評価結果について、評価結果に大きな乖離はない。病院情報システムの事例においても同様の結果を得られた。当該評価項目について、ツールの精度に問題はないといえることができる。

前項で述べたとおり、「重要度」の値は平均で10.4%、「達成度」の値は平均で20.3%改善している。個人情報保護意識の観点でもPIAは有効であるといえることができる。

なお、本ツールにおける「達成度」の評価は、PIA開始前後で評価対象組織における個人情報保護に関する取り組みの達成度が改善した場合と、評価対象組織の達成度は変化せず、アンケート回答者の達成度に関する認識が変化した場合の区別をすることができない。今後改善が必要である。

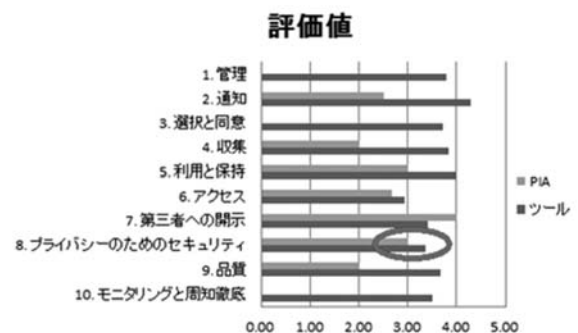


図5 PIAとツールの評価結果の比較  
(健診システム)

## 6. おわりに

海外において、個人情報影響評価の実施例は多いが、その有効性に関し客観的な評価は実施されていない。本論文ではPIAの有効性に関し、個人情報に関するリスクの可視化とステークホルダーの個人情報保護意識の改善の2つの観点から評価を行った。

その結果、個人情報に関するリスクの可視化については、PIAを実施することによりPIA実施依頼組織で見落とされていたリスクを明らかにすることを立証できた。また、ステークホルダーの個人情報保護意識の改善については、PIA実施の開始時と終了時で「重要度」「達成度」

のいずれの評価軸においても個人情報保護意識の約 10% の改善を確認できた。

## 参考文献

- [1] 瀬戸洋一, 六川浩明, 新保史生, 村上康二郎, 伊瀬洋昭: プライバシー影響評価 PIA と個人情報保護, 中央経済社, 2010 年.
- [2] 瀬戸洋一: 実践的プライバシーリスク評価技法, 近代科学社, 2014 年.
- [3] 瀬戸洋一ほか監訳: 情報化社会の個人情報保護と影響評価, 頸草書房, 2014 年.
- [4] 行政手続きにおける個人を識別するための利用等に関する法律, 平成 25 年 5 月 31 日公布
- [5] 特定個人情報保護委員会: 特定個人情報保護評価指針, 平成 26 年 4 月 20 日
- [6] Kush Wadhwa: SAPIENT project: Supporting fundamental rights, privacy and ethics in smart surveillance technologies, Biometrics 2011, 2011 年.
- [7] 鶴田亜由美, 瀬戸洋一ほか: プライバシー影響評価の有効性評価に関する一考察, SCIS2013, 2013 年.
- [8] 米国公認会計士協会・カナダ勅許会計士協会: AICPA CICA Privacy Assessment Tool, <http://www.cica.ca/resources-and-member-benefits/privacy-resources-for-firms-and-organizations/gen-accepted-privacy-principles/item10727.zip>
- [9] 前島肇, 瀬戸洋一ほか: プライバシー影響評価におけるリスクアセスメントの検討: 情報処理学会第 75 回全国大会講演論文集, Vol.2013, No.1, pp.603-605, 2013 年.
- [10] 高坂定, 石田茂, 横山完, 瀬戸洋一: 各国におけるプライバシー影響評価とハンドブックの整備に関する分析, 日本セキュリティ・マネジメント学会誌, Vol.27, No.1, pp.17-26, 2013 年.
- [11] 大類優子, 瀬戸洋一: プライバシー影響評価 ISO22307 の要求事項の分析, SCIS2010, 2010 年.
- [12] ISO22307 Financial services – Privacy impact assessment, 2008 年.
- [13] 日本工業規格: 「JIS Q 27001 : 2006 – 情報セキュリティ・マネジメントシステム-要求事項-」, 2006 年.
- [14] 渡辺慎太郎, 瀬戸洋一ほか: プライバシー影響評価の健康診断総合システムへの適用, CSS2012, 2012 年.
- [15] 岡本直子, 瀬戸洋一ほか: An Implementation Status of Personal information Impact Assessment in Japan, The 41th Conference of the KIPS(Korea Information Processing Society), Vol.20, No.2, 2013 年.
- [16] 情報システムコントロール協会: COBIT Version 4.1, 情報システムコントロール協会, 2007 年.

## アーキテクチャから見る製品デザインに関する一考察

### — デザインの構成要素間相互依存性による理論的分析手法の開発 —

吉田 敏<sup>1)</sup>

## A Study of Product Aesthetic Design with Architectural Analysis

### — Logical Analysis for Design with Architecture Concept —

Satoshi Yoshida<sup>1)</sup>

#### Abstract

It is difficult to find logical discussion of aesthetic design, so this research paper explores the architecture characterizing the aesthetic surface of product design. Architecture analysis is based on the relationship among elements of artifacts, and it is possible to discuss the tendency of designer's creation process with this concept. This research focus is selected because it represents a typical scenario; Japanese design firms tend to be competitive when based on integral architecture. The research was conducted using a case study of stationary industrial area, one of the major fields of industrial design.

**Keywords:** Architecture, Aesthetic design, Element structure, Integration, Module

#### 1 はじめに

一般的に有形、無形の製品の設計において、ユーザーの感性に訴える感覚的な側面と、性能や仕様に代表される機能的な側面との主に二つの側面に対して、つくり込みが行われる。これら二つの側面に対する認識は、設計者によって明確に意識されることなく統合的に対応されている場合が少なくない可能性を否定しきれない面があるといえる。また、ユーザー側も、それらを分類することなく無意識の中、対象の製品を取捨選択している面があると考えられる、ということは否定できない。この中で、性能や仕様については、工学をはじめ経営学や経済学の複数の分野で議論がなされてきた[1,4,5,6,9]。しかし、感性に訴える感覚的な側面については、学術的に理論に基づいた議論が極めて薄めであったと考えられる。

本稿では、製品設計における感覚的側面を対象としながら、それらの構成要素の相互依存性に着目することによって、論理的に理解する手法を考えていきたい。以下、構成要素相互依存性に関する理論については、先行研究を参照しながら準用するものである[3,4,5,6,15]。特に、参考文献[15]を主に引用しながら主要概念について説明していく。

#### 2 設計プロセスにおけるデザインの理解

##### 2.1 製品を含む人工物の特性

人間は様々な活動のために、直接的に、または間接的に役立つものを人工物として創造する[1]。人工物は、大きく分けて、有形のものとは無形のもの二種類が存在する。有形なものとは、製品や道具など物理的な構造を持つ人工物を指す。一方、無形な人工物とは非物的ながら何かの活動のために人的に創られたものであり、サービス、組織、制度、論理、知識、情報などが考えられる。本稿においては、基本的に有形の製品を取り上げ、それらを創り出すプロセスを主要な対象として考えていくものとする。ただし、サービスやソリューション、理論などの無形の人工物も、有形の人工物と表裏一体の関係が構成されている可能性は十分に検討される必要があることは否定できないため、議論の必要性は高いものの、内容は他稿に譲るものである。

基本的に、人工物はさまざまな点で自然界に存在する自然物と区別しながら扱っていく必要がある。自然物は、観察者である人間が存在することが前提ではなく、自然界が創り出した既成の存在である。要するに、現状において自然界の中で持続的に存在しているものであり、それゆえに合理性に基づいていることが基本である。もし、合理性に基づかないもの、非合理的なものが自然界に存在すれば、継時的に考えると、自然の環境の中で存在し続けることが困難である可能性

Received on 2014-10-03

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology



が高いと考えられる。このように、自然物の多くは成立するための自然科学に基づく法則に準じ、それを理解するためには、対象の特性や機能を注意深く分析することとなる。そのため、実験、観察、データ収集などで様々な因果関係を理解し、自然科学で立証される合理性に基づいた理論展開の中で対象に関する理解を得ることになる。例えば、「移動する」自然物を考えると、その対象は観察する時点で「移動する」のに合理的な構造やシステムを持つことが前提となり、既知の解析手法をもって「移動する」という機能を見出し、どのように合理性を保ちながら対象が成立しているかを分析していくことになる。要するに、自然物が対象となる分析では、その中に合理的な解答が存在し、それを自然科学等の手法によって理解しようとするようになる。

逆に、人が創り出す人工物は、求められる要望や目的を実現させるためにシステムや構造を決定づけたものである。これを前述の例に当てはめると、「移動する」という要求機能が与えられた場合、それを実現する目的に必要な構造を人間の手で構築していくことになる。このような場合、目的である「移動する」という機能の実現のため、どのような構造が有効であるかという知識が、当初は与えられていない。つまり、創り上げる人工物の構成やメカニズムに関する知識が十分に蓄積されていない状況からスタートし、手探りの状態で人工物の構造を探り始めることになる。ここでは、自然科学で用いられる手法の多くは、直接使用することが困難な場合が多い。なぜなら、自然科学の分析手法は自然物を対象とした時の合理性に基づいた手法であって、対象が非合理性を内包する場合には基本的に自然科学的手法の前提条件が整っていない傾向があることになるからである。これは、自然科学が使用している分析手法は、対象の構成が非合理性を伴う場合、論理的展開の中に矛盾を含み、分析手法や論理構成が正しくても、得られる結果が想定されているものと異なる内容になる可能性があることに基づいている。

一方、人工物が非合理性・不確定性を内包する可能性が高いことを考えると、安定した形で存在し続けたい傾向があることが理解できる。この点について考えると、人間が創り出す製品は、年々仕様が変化し、バージョンが上がっていき、場合によっては機能すら変化していく。例えば、テレビは最初の頃には、モノクロの映像を、ブラウン管を使用しプログラムを一方的に配信する製品だったが、やがて映像がカラー化し、液晶などの技術が使われるようになり、情報の流れの双方向化が考案され、単なる受信機ではなくなりつつある。製品開発のための組織というものを考えても、開発する対象や目標によってかなり異なることとなる。開発規模が比較的小規模なソフトウェアなどの開発は、IT 技術を媒介とした分業化を明確にすることが可能になると考えられるが、大規模な建築や飛行機を対象とするプロジェクトは部品点数の多さから考えても極めて複雑であると考えられ、かつ継時的な

変化が起こることが予測され、つくられる生産物が複雑性に応じて変化の度合いが上がるのが考えられる。そして、その中に、文化性、地域性、組織文化などが影響を及ぼし、理論によって合理性を証明することが困難な場合が多いのは、容易に想像つくことになる。

## 2.2 人工物の複雑性

次に、人工物の特性を考察していきたい。前項の内容を参照すると、人工物の創造は未知の構造の模索という側面があることを認識することができる。このとき、対象の人工物の特性を考えるならば、つくりあげる対象の解が容易に得られるのかどうかという点に着目することが一つの視点になることは否定しきれないと考えられる。つまり、対象の人工物が複雑であるのかどうかのポイントになりえるということである。

H.Simon は、複雑な人工物とは非単純化された方法で相互の関連性を持つ複数の部分によって構成されたものであって、それぞれの部分の特性は全体の特性に必ずしも影響を与えないものであるとしている[1]。

例えば、建築物はこのような複雑なシステムの一つと考えられる可能性がありそうであるため、取り上げて考えてみる。特に、建築の発展を考えてみると、ここでの考え方が明確に見えてくる面がある。生産物としての建築の一つ一つの部分における技術的進化を、それまでの技術の単純な置き換えによって理解するだけでは、今日の建築の全体像を把握することは難しいと考えられることである。なぜなら、例えば一つの部品が変化した場合、周囲の部品との関係も変化することが予想できるからである。つまり、一つの部品や素材が変化したとき、周囲の部位も影響を受け、少しずつ変化していく可能性があると考えられるということである。セキュリティシステムが変われば、建具や鍵を刷新していくことになるし、サッシュがカーテンウォールとなって表層面の凹凸が消えれば、周辺部位の凹凸も無くそうとする方向性が考えられることになる。

要するに、人工物を考えていくときに、このような複雑性という側面をとらえることにより、つくり手の視点から対象の主要な特性を見ることになる面があることになる。

## 2.3 つくり手によって創出される設計情報

一般的に有形、無形の製品をつくるには、目標とする望ましい機能を実現させるために、複数の部位を連結させてシステムとしての製品の構成をつくり上げることになる。これは、まず製品に要求される最も基本的な機能を達成するために、複数のサブ機能の束へ展開し、それらの機能群を生産物の構成要素に対応させていくことになる。

しかし、製品をつくるということは、この調整作業だけでは実現しない。製品の設計作業は、主に使い手の求める生産物機能を達成させるために、プロジェクト固有の制約条件を総合的に検討し、より良い解を創出していくことになる。こ

のとき、直接的な目的は生産物としての製品を構築することであるが、そのためには生産物構成だけでなく、生産を可能とする生産プロセス、生産技術、その生産活動を担う生産組織についても調整しておかなければ生産活動に問題が生じることになる。例えば、国内では使用されていない材料を国内プロジェクトで用いた場合、生産物構成についての内容を調整しておくだけでなく購入ルート、搬入時期を含む生産プロセスおよび誰が実際に生産できるかという生産組織についての調整を事前に行っておく必要がある。

つまり、製品を設計する行為は、生産物に関する情報だけでなく、生産行為全般に関して最適化した情報をつくり出そうとするものであると考えられる。言い換えれば、つくり出される設計情報は、生産物機能や生産物構成を生み出し、どのように生産していくかという生産プロセスや、どのような組織で生産していくかという生産組織についての情報も含まれることになる。

ここで注目すべき点は、つくり出される設計情報が、どのように生み出され、どのように生産物である製品を完成させるのか、その経過を理解していくことによって、つくり手の持っている設計思想の傾向を知り得ると考えられる点である。これは、設計情報が、つくり手の組織やシステムの持つ独自の知識・慣行・規範を含める経営的資源に基づいたものであるためである。そのために、この独自性を変更することは難しい可能性が高く、他者の独自性を単純にコピーすることも困難であると考えられる。

## 2.4 設計情報の媒介への落とし込み

製品的设计・生産活動を、情報の伝達という視点で考えていくと、最終的な生産物である製品は、図1のように素材や部品に設計情報が落とし込まれているものであると考えることが出来る。つまり、図1のように、設計情報は設計行為を通して生み出され、生産工程に分配され、様々な組織によって素材や部品に落とし込まれ、最終的に生産物がつくられていくことになる。この視点から考えることによって、生産物としての製品と生産活動の傾向とは表裏一体の関係であり、建築生産物、施工組織の構成、施工プロセスなどに、設計情報の傾向が影響を及ぼすと考えられる。

各対象が持つ組織的な能力は、図2のように観察や評価が直接可能な能力と、外部からは観察や評価が困難な能力とに分類できる。ここでは、前者を「表出した能力」、そして後者を「潜在する能力」とする。例えば、建築プロジェクトにおいては、「表出した能力」の要素として請負価格や請負工期に対する能力を構成するものであり、「潜在する能力」としては生産物の品質レベルや生産効率などにたいするものが該当する。この中で、「設計情報」は、「潜在する能力」によって扱われる内容を含んでいると考えられる。ある物件を企画・設計をするということは、関連する「設計情報」の創造行為を進めていくことになるが、詳細には個々の企画・設

計作業は、課題解決のための恣意の束であると思えることができる。要するに、実際のプロジェクトの中では、コンセプト作成・基本設計・詳細設計・設計変更など、一つ一つ課題を解決していくことの繰り返しによって「設計情報」が出来上がっていくことになる。このとき、課題を解決するのにある恣意性が込められ、この恣意性こそが対象となるプロジェクトを担う組織がもつ独自性をつくりあげていると考えられる。また、設計の品質とは、このような課題解決案の質的側面を表すと考えられる。そのため、発注者の要求する目標を基本として、コンセプト、デザイン、仕様、技術的選択などについての課題を、総括的にどの位のレベルで解決しているかという度合いを示している。このようなプロセスを経てつくり出されていく情報によって、生産活動の方向性が示されていくことになる。

## 3 設計情報のアーキテクチャによる分析

### 3.1 アーキテクチャ概念と類型化

元来、アーキテクチャという語は建築を意味する言葉であり、建築が多くの要素の組合せで出来ている面を含みながら発展していったものであると思われる。その後、IT産業を中心に、人工物の構成に関する基本思想・設計概念を広範囲に表すようになった用語である。その中で、ここで使っているアーキテクチャという概念は、システムの構成要素間の相互依存パターンに着目した概念であり、現在では多くの産業において現状の産業構造の把握、産業構造における問題点の発見、ビジネスの展開に関する戦略の立案などを目的として、人工物システムの分析に使用されている概念を指すものである。この考え方は、1990年代前半に、米国の経営学分野で提唱され、その後、産業構造論と経営戦略論に応用され、いくつもの分野での用語として定着するまでにいたったものである[3,4]。

一般的に、「ものづくり」には様々な人工的なシステムが係わることになる。主なものとしては、生産物の機能システム、生産物の構成システム、生産プロセスのシステム、生産

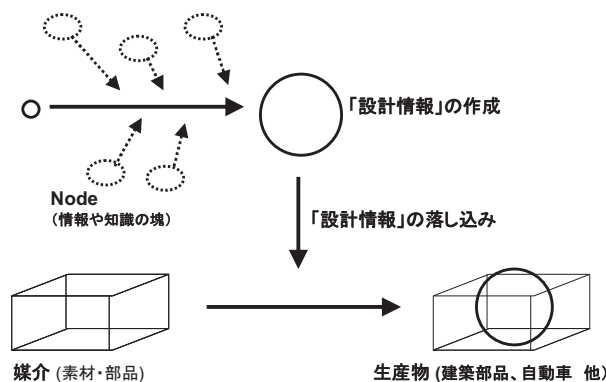


図1 設計情報の作製と設計情報の落とし込みの概念図

(参考文献6、P121, 図9に加筆)

組織のシステムなどが考えられるが、アーキテクチャはこのような多様なシステムの設計やマネジメントを考えるときに、有効性の高い考え方であると考えられる。なぜなら、ある程度複雑性の高いシステムを、限られた時間や人員や費用などの経済的資源で実現させるためには、各要素の役割分担とそれらの要素の相互調整を、どのように工夫するかという点が重要な問題となる。これは、製品などのプライスを抑えるためには、当然検討すべき方向性である。それに対してアーキテクチャは、システム内の要素間相互依存関係に着目し、どこでどのような調整をどの程度必要とされているかというシステムの特性を決定づける要点の一つを明確化させることができ、重要な情報を提供することになる。つまり、この考え方は、製品、工程、組織及び情報内容などを検討する際、それらの要素を分割し、各要素間のインターフェイスをどのように設計・調整するかということに関する基本的な設計構想のことを表している。つまり、構成要素間の相互依存関係のパターンで記述されるシステムの性質を指すものである。この概念を用いて建築物の機能システム・構成システム・生産プロセスシステム・生産組織システムなどをモデル化し、設計・生産の全体システムに対し、設計情報がどのような働きをしているかを分析していくことができる。つまり、設計情報の特徴を、生産物機能、生産物構成、生産プロセス、生産組織を対象に記述し、最終的にシステム全体の特性を理解することになる。これは、表出した能力に着目することにより、潜在した能力を理解していくための重要な要素を提供する可能性を持つことになる。

また、この概念は、人工物をつくる過程において行われる思考を描写した内容と考えることができる。これは、人工物システムが、そもそも相互依存関係のある複数の構成要素から成り立ち、全体としてある機能を発揮するものと考えられることができるためである。要するに、製品などの人工物をつくる時、意識的か無意識化にかかわらず、対象システムのアーキテクチャを考えることになる。特に、ここでは要素間のインターフェイスをルール化し、要素間相互依存性を抑える傾向があるモジュラー型と、要素間相互依存性を高める傾向があるインテグラル型型の視点から見ていくものである。

人工物において、モジュラー型と摺り合せ型について、比較したものが図3である。必要なパフォーマンスが事前に図中のP1と認識できていれば、モジュラー型は投入する経済資源を抑えながら必要パフォーマンスを達成することができ、摺り合せ型に対して優位性を発揮する。逆に、要求パフォーマンスを事前に認識できない場合、モジュラー型はインターフェイスがルール化されている制約から、投入する資源の絶対量に係わらず実現することが困難な状況に陥る可能性が出てくる。つまり、モジュラー型はシステムの進化のスピードを高めるが、要求パフォーマンスがある水準を超えると、根本的なシステムの見直しを迫られることになる。

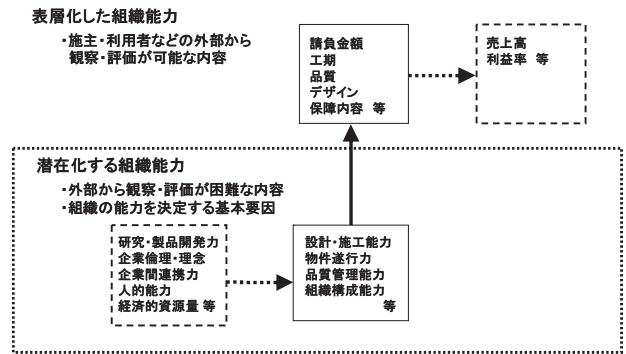


図2 建築生産活動における表出した能力と潜在した能力 (参考文献11、図2に加筆、修正)

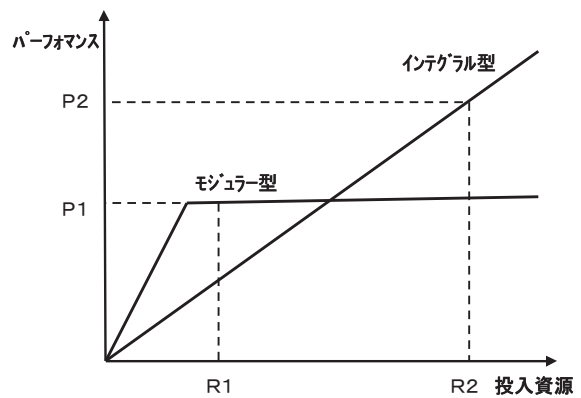


図3 モジュラー型とインテグラル型の基本的概念 (参考文献[11]に加筆)

表1 生産物と組織の「アーキテクチャ」の関係性 (参考文献[11]に加筆、修正)

	モジュラー型生産物	インテグラル型生産物
モジュラー型組織	-モジュール単位の生産物価値創造が可能 -非効率・過剰な相互調整の排除 ⇒メリットの表出	-組織を跨ぐ生産物相互調整の困難化 -必要な情報の摺り合せが無い状況での生産物開発の困難化 ⇒デメリットの表出
インテグラル型組織	-不必要な組織間摺り合せの発生 -不必要な技術情報の共有による非省力化 ⇒デメリットの表出	-摺り合せによる生産物価値創造の可能性 -情報の集中化による効率的生産方法の確立 ⇒メリットの表出

### 3.2 生産組織アーキテクチャと生産物アーキテクチャ

本項では、分析の対象様相として、システム全体から表出し、比較的容易に観察ができる可能性が高いと考えられる様相である生産物と、生産組織を取り上げていく。国内の建築生産物と生産組織の「アーキテクチャ」の傾向については、様々な仮説をたてることができる。ここでは、他産業での国内の生産システムの傾向[2,6,7]と、著者らが分析した国内建築生産システムの傾向[8]に大きな矛盾が無いと考えられるために、国内建築生産物および国内建築生産組織が共に概ねインテグラル型の傾向があると仮定し、その上で議論を進める。

インテグラル組織の特性は、要素間相互依存性に関する知識の蓄積と集約により、生産に関する技術や知識を体系化した情報を蓄積していくことが可能となる。このとき、各組織は推察・実験・試行などを経て、徐々にそのような情報を蓄積していくことになり、この経緯において諸要素間の相互依存性を理解していくことになる。この構成要素相互依存性の理解を通して、実験・試作・シミュレーションなどが行われ、結果として要素間の技術的な相互依存性を小さくしていくことができ、インターフェイスを計画していくことができる可能性がある。このような考え方から、生産物のインテグラル型からモジュラー型への移行は、一つの流れとして認められると考えられる。

しかし、このように変化した生産物の「アーキテクチャ」は、当初、問題の無かった生産技術と生産組織の関係性に、不適合をおこす可能性がある。要素技術のインターフェイスが明確になるにつれて、生産物「アーキテクチャ」がモジュラー化し、統合型組織戦略を基本とするインテグラル型組織は、情報の統合により構築する生産価値を産み出すことが難しくなっていく。組織を跨ぐ調整を、市場を使い効率的に行うことが可能となったとしても、内部調整に頼ることにより限界が顕在化してしまうことになる可能性がある。また、組織文化を形成した構成員が持続的に存在し、多かれ少なかれ一貫した共通理念を持ち続ける以上、組織の「アーキテクチャ」を変化させることは困難である場合が多いことが考えられる。

### 3.3 デザイン面の構成要素間相互依存性

ここまでの議論の通り、人間が何らかの人工物をつくるときに、与えられた要素をできるだけ高いレベルで目的に適合するように組み上げていく面があることを確認し、その組み上げられる構成につくり手の考え方が表出する可能性を探ることが重要であるとするのが否定しきれないことについて認識した。その上で、それらの与えられた要素の関係性に着目することが、つくり手の設計思想を見るのに有効であると認められるという仮説を得るに至った。要するに、対象の構成要素間の相互依存性に着目して、対象の人工物の特性やつくり手の設計思想の一部を理解していこうという考え方であ

る。この考え方は、前述の通り多くの分野で議論されてきた。しかし、人間の感性に基づく感覚的な面についての議論は皆無である。そのために、本稿において、以下このような内容について試考していくものである。

ここでは、最も代表的な人工物として、有形の製品を例に挙げて考えていきたい。

まず、通常の社会生活の中で誰もが使用する有形の製品を取り上げて議論していくため、ユーザーの年齢、性別、環境にかかわらず購入および使用がなされる文房具を取り上げるものとする。文房具も、もちろん仕様や機能が重要であり、コストとプライスも主要な課題となる。そして、形、質感、色、光沢、素材などの感性的な側面も極めて重要な要素であることは否定できない。

一つの事例として、本年度に発売された筆記具を中心とした文房具を対象に、10名の文房具販売、開発、批評の専門家が、ユニークさ、使い心地、デザイン性、コストパフォーマンスの4項目を各30点満点で評価した内容を見てみたい。この中で、国内企業と海外企業の製品を分け、その評価された傾向を見てみる。国内企業の製品は26、海外企業の製品は10が本年度の優良製品として高い評価を得ているが、これらの上記4項目についての傾向は大きく異なる点がある。平均値を見ると、ユニークさ、使い心地、デザイン性、コストパフォーマンスについて、国内企業製品は24.0、25.7、25.0、21.3であり、海外企業製品は21.5、22.0、26.0、19.0となっている。この数値を見ると、海外企業製品のデザイン面についての評価が突出して高いことがうかがわれる。また、国内企業製品は、対象の4項目について、総じてバランスが取れている傾向があると考えられそうである。分散は、国内企業製品は8.0、6.2、9.7、15.2、海外企業製品は5.9、11.2、4.6、32.3となっている。ここでは、国内企業製品の分散が比較的小さく、海外企業製品の分散が項目ごとに大きく異なることが認められる。その中で、海外企業製品のデザイン性に関する評価の分散が小さいことが理解できる。また各項目の平均値と全ての項目の平均値の差は、国内企業製品は0.0、1.7、1.0、-2.7、海外企業製品は、-0.6、-0.1、3.8、-3.1となっている。国内企業製品は、コストパフォーマンスを除いて各項目に対する評価の差が小さいことを表し、海外企業製品に関してはデザイン性に関する評価がかなり高くなっていることが、比較の上、認識できる。要するに、国内企業製品は、製品の特長に関する全体のバランスを取る傾向があり、海外企業製品は、デザイン性を重視しながらコストパフォーマンスは軽視している傾向があると考えられる可能性があるということである。もちろん、サンプル数や審査者の主観の問題もある。それらを敢えて否定しないなら、前章までに展開した国内組織の構成要素を擦り合せしがちであるという仮説に、矛盾しないこととなる。

このような文房具の結果とともに、携帯音楽端末のデザイ

ン面の構成要素相互依存性に考察を加えていきたい。代表的な製品である Apple 社の iPod を見てみる。iPod は、表出したボタン類が少ない傾向があった。ユーザーの操作に関する理解度を優先するなら、当然それまでの製品分野で標準化した操作ボタンの種類や位置が重要となる面がある。一方、デザインを重視することによって均一の表層を創ることが必要であるとした場合、当然操作ボタンが少ないことが有効となる面は否定できない。これに対して、Sony 社の Walkman は、現在のような IC チップによる小型化、電子化ができた時点以降でも、つまり、iPod が販売されだした以降でも、操作用のボタン類がそれ以前と変わらない内容となっている傾向がある。ユーザーから見ると、初めて購入して箱を開けた段階から、捜査上とまどうことなく、違和感なく使用することができると考えられる。この傾向は、このような IC チップを中心とした製品が中心となって数年たった現在でも、同じように継続されている面があることは否定しきることではないのだろうか。

#### 4 まとめ

本稿は、これまで展開されてきたアーキテクチャ理論を再考し、その考え方を感性で理解するデザイン面の考察に使用する可能性を探った。基本的には、デザイン面の設計思想についても、他の機能面を中心とした議論を準用できる可能性を得るに至った。これは、設計者が感性的な構成要素についても、機能面と同様に、相互依存性に基づいた設計情報の創造を行っていることが想定できることを意味している。また、デザインなど感性面に関する対象に関し、理論的議論を行っていくことができる可能性を得たと考えている。

今後は、本論の仮説を実証するための検証を充実させる必要がある。そのために、複数の製品分野で、できるだけ論理的、客観的に論の検証を行っていくことが必要である。

#### 参考文献

- [1] Herbert A. Simon、The Sciences of the Artificial, The MIT, Press、1996.
- [2] Tidd, J., Bessant, J. and Pavitt, K. Managing Innovation: Integrating Technological Market and Organizational Change, 2nd edition, Chichester, John Wiley & Sons. 2001.
- [3] Ulrich, K., "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm," Research Policy, 24, pp.419-440, 1995.
- [4] 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編、ビジネス・アーキテクチャ、有斐閣、2001.
- [5] 藤本隆宏、能力構築競争、中公新書、2003.
- [6] 藤本隆宏、日本のもの造り哲学、日本経済新聞社、2004.
- [7] 内田祥哉、建築生産のオープンシステム、彰国社、1977.
- [8] 馬場靖憲、デジタル価値創造—未来からのモノづくり原論、NTT 出版、1998.
- [9] 奥野正寛、瀧澤弘和、渡邊泰典、人工物の複雑化と製品アーキテクチャ、CIRJE-J-158、東京大学大学院経済学研究科附属日本経済国際共同研究センター、2006.
- [10] 吉田敏、野城智也、「アーキテクチャ」概念による建築生産のモデル化に関する研究 —その1 生産物としての建築と生産組織の相関関係の記述方法について、第20回建築生産シンポジウム、pp.141-146、2004.
- [11] 吉田敏、野城智也、「アーキテクチャ」概念による建築の設計・生産システムの記述に関する考察、日本建築学会計画系論文集 第589号、pp169-176、2005.
- [12] 吉田敏、野城智也、「アーキテクチャ」概念による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、2005.
- [13] 吉田敏、野城智也、構成要素の特性の変化に伴う建築生産技術と生産組織の動的な適合関係、日本建築学会計画系論文集 第598号、pp189-196、2005.
- [14] S. Yoshida and T. Yashiro, 'Architecture' to analyze the structure of organization system, PICMET2006.
- [15] 吉田敏、野城智也、建築ものづくりにおける「設計情報」に関する一考察、日本建築学会総合論文誌、No.5 pp84-89、2007.

# enPiT プログラムにおける遠隔 PBL とアジャイル教材開発

中鉢 欣秀<sup>1)</sup>

## Project-based Distance Learning in enPiT Program and Agile Teaching Material Development

Yoshihide Chubachi<sup>1)</sup>

### Abstract

Project-based distance learning is to develop software engineers who can work with project members at distant places. We have provided such educational environment in AIIT PBL. In this paper, we will discuss two points of views as following. 1) Cloud base software development tools for this kind of learning. 2) Agile teaching material development with novel video studio. The combination of these concepts improves the efficiency of PBL for the students who want to learn pragmatism software engineer skills.

**Keywords:** Project-based distance learning, PBL, Agile studio

## 1 はじめに

産業技術大学院大学(以下, AIIT)では, 従来よりベトナム国家大学 UET との遠隔 PBL を実施してきた [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. 2013 年度から始まった enPiT プログラム [8, 9, 10] では, 琉球大学の学生との協働 PBL や社会人が自宅から PBL に参加することを想定した遠隔 PBL が行われている.

本論文では, ソフトウェア開発を行う PBL を遠隔からも円滑に参加できるようにするための, 各種のクラウド型のツールについて考察する. また, PBL に参加している学習者が事前学習のための教材として利用する動画教材を迅速に開発することを木テクとして現在構築中の「アジャイル教材開発スタジオ」について紹介する.

なお, 本論文は 2014 PC カンファレンスの発表論文をもとに発展させたものである.

## 2 enPiT における遠隔 PBL

### 2.1 プログラムの全体像

従来のソフトウェア開発型 PBL (Project Based Learning) は教室等で実施し, face to face によるグループワークの形態で行うことが多かった. しかしながら, 実務におけるソフトウェア開発では, 遠隔地にいるプロジェクトメンバーと協働で開発プロセスを遂行する例も多く見られる. 特に,

近年ではオフショア開発ということで, 海外のメンバーと英語等でコミュニケーションしながらソフトウェアを共同開発する場合も多い.

AIIT では, このようなソフトウェア開発体制の多様化を踏まえ, 海外の大学(ベトナム国家大学)や, 国内遠隔地(琉球大学)の学生と共に, 分散型でのソフトウェア開発を経験できる PBL を行っている.

遠隔地との分散 PBL を実施すると, 開発プロセスやコミュニケーションにおいて発生する課題が, 従来の PBL よりも更に強調されることになる. このことは, 学生に対して PBL で解決すべき課題の難易度を高めることにつながり, 開発の経験者にとっても挑戦がいのある, 実りの多い PBL となる.

本発表では, これまでに遠隔地との PBL を実施して得た知見のうち, クラウド型のソフトウェア開発環境の活用について焦点を当てて論じたい. これらのツールを活用して実施している本学での分散 PBL について述べ, 今後の地方教育への展開についても考察する.

### 2.2 遠隔 PBL のための事前学習

遠隔地とのソフトウェア開発プロジェクトを, PBL 教育の一環として実施するには, 参加する学生に, 共同開発のために利用する開発ツールについての事前学習をしておくことを推奨する.

PBL のために何らかの事前学習を行うということには, 議論がある. ある知識を学習する必要性は, 学習者がプロジェクト実施中に直面する実課題を経験することで認識す

Received on 2014-10-03.

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

る。従って、プロジェクトの実施中に、学習者が知識取得の必要性を認識した後、勉強をすることが効果的である、という考え方もある。

しかしながら、遠隔地とのソフトウェア開発においては、これらのツールの使用方法について事前に学んで置かないと、そもそもの開発プロジェクトのスタートラインに立てない。

また、優れたツールには先人が問題解決のために実装した多くの知恵が詰まっている。教員は予め学習者にツールについて事前学習を行い、一定の理解をさせておく。そして、プロジェクトで実際に使用することでより、ツールの機能についてその本質的意義を更に深く認識できるとう効果が期待できる。

### 2.3 遠隔地との PBL で利用するツール

本研究では、ソフトウェア開発環境として、言語処理系や OS の基本操作は既に知っているものと仮定する。その上で、特に遠隔地とのプロジェクトのために押さえておきたい、分散開発環境について事前に学習すべき事柄について論じる。

分散型の開発では、複数のソースコードファイルから構成されるソフトウェアを、様々な場所にいる開発者が同時並行で実装していくことになる。これを実現するためには、分散型のバージョン管理システムを利用することが一般的だ。

近年、ソフトウェア開発者が特に注目しているのが「Git」と呼ばれるバージョン管理システムであり、そのリポジトリを一定の制限のもと無料で利用できる「GitHub」と呼ばれるクラウド型のシステムである。

分散型のバージョン管理システムには、他にも古くから利用されている CVS (Concurrent Versions System) や SVN (Subversion) は有名だ。PBL においてこれらを利用しているケースも多い。

### 2.4 Git の特徴

ここで、他のシステムではなく、Git 及び GitHub を PBL のために事前学習させることの狙いについて述べる。Git は、Linux の開発者である Linus Torvalds が開発した。

Linux と言えば、オープンソース型のソフトウェア開発として最も巨大なものの一つである。このプロジェクトのバージョン管理のために、比較的最近である 2005 年になって Linus 自ら Git というツールを改めて開発したことは興味深い。

他の類似するシステムが既に存在するにも関わらず、Linus が新たなツールを開発しなくてはならなかったのは、既存の他のツールでは満足できなかったからだという。

そこに新たに開発された Git には、大量のソースコードのバージョンを長年管理し、世界的なオープンソース開発を行ってきた Linus 及び開発コミュニティの豊富な知見が含まれていると見るべきである。

実際に、Git に触れてみると、このことがよく分かる。一例として、Git において、ソースコードを変更したときの差分を管理するための「コミット」という概念について述べる。

Git では、この「コミット」に基づき、ブランチやマージと行った各種の機能を実現している。つまり、コミットという概念を 1 つ理解すれば、その概念を自然に演繹することにより、ブランチやマージという別の機能を理解することができるようになっている。

他にも、リモートにあるソースコードの差分の管理など、全てコミットを単位として操作することができる。このように、Git はツールとして非常に筋の良い設計になっている。反面、この事自体が、初心者にとっては Git を理解しづらくしている原因の一つにもなっている。

初心者にとって、別なものとして理解している機能が、実は、同一の概念に基づいて実装されているということは、設計の本質的理解をしなければ Git を使いこなすことが難しいということに繋がる。

そこで、Git の実装に含まれる設計概念については、指導者が事前にポイントを踏まえて説明しておくことが求められる。この際、単にコマンドの操作方法を教えるのではなく、その実装の背景にある概念について、しっかり理解させなくてはならない。

学習者がこれらの知識の本質を理解できるのは、PBL での開発プロジェクトにおいて、実際にツールを利用して各種の課題解決を自らが行った時であろう。このことは念頭に置きながらも、概念体系の全体像は予め指導しておいたほうが良い。

### 2.5 Git/GitHub の学習項目

Git に関連する学習項目として、コミットメッセージの書き方のガイドラインも説明しておく。特に、遠隔地との PBL では、コミットメッセージに作業内容を適切に記述し、他のメンバーにとって理解をしやすいようにすることが求められる。このためには、作業内容を端的に表現するための文章を構成して表現することが必要だ。

また、Git の遠隔リポジトリを無料で提供する「GitHub」も、遠隔地とのソフトウェア開発 PBL では是非活用したいツールである。GitHub は、Git が提供する様々な機能に加えて、「GitHub Flow」という開発プロセスを提案している [11]。これも、事前の学習項目に加えるべきであろう。

そして、GitHub が提供する課題管理機能の使い方についても、前述のコミットメッセージの書き方と同様、文章の表現法も含めて指導しておくことよい。Wiki を使った文書の管理も、遠隔 PBL で有効に活用できる。

### 2.6 enPiT における遠隔 PBL の取り組み

本学では、ベトナムのハノイ市にある、ベトナム国家大学の学生と協働でソフトウェアを開発する PBL を実施してきた。



図1 映像スイッチャー及び音声ミキサー

2013年度からは、本学の enPiT プログラム [9] の一環となり、2014年度はベトナムの他、ブルネイ、ニュージーランドの学生と共に分散 PBL を実施する。また、国内の遠隔地として、琉球大学の学生ともアジャイル型ソフトウェア開発をテーマとして遠隔 PBL を実施する。

これらの PBL の事前学習科目として、「ビジネスアプリケーション演習」を開講している。この授業は発表者（中鉢）が担当し、Git 及び GitHub を PBL で活用するための事前学習を行う。

この科目は、enPiT プログラムの選択科目として提供している。しかしながら、昨年度は、この科目を受講した学生とそうでない学生とで、PBL におけるツールの利用スキルが大きく異なった。そこで、本年は、講義の内容をビデオ教材にすることで、誰でも事前学習できるようにする予定である。

## 2.7 enPiT プログラムについての考察

以上述べてきたとおり、遠隔地との PBL は従来の PBL よりも高度で実践的なスキルを習得するための場として今後とも広く活用できる。

特に、クラウド型のツールの本質理解を行うことができれば、実務でも利用できる実践的なスキルの習得に貢献する。今後は、琉球大学との分散 PBL と同様に、enPiT の参加校や連携校を足がかりとし、東京以外の地方教育への展開も進めていきたい。

## 3 アジャイル教材開発スタジオ

### 3.1 基本コンセプト

enPiT プログラムでは、遠隔地との PBL を実施するための基本的なツールとして、クラウド型の各種のツールを利用した。このようなツールは PBL の学習を始める前に、事前学習の一部として予め学習しておくが良い。

本研究者は、PBL での学習に必要な教材を迅速に開発するための手法について研究している。特に、近年、動画を用いた教材を作成する機会が増えてきている。そこで、本プログラムで取り扱う、アジャイルなソフトウェア開発方法を学習するための動画教材そのものをアジャイルに開発することを狙う、「アジャイル教材開発スタジオ」を構築している [12]。

このスタジオの考え方は、特に、ビデオを収録後に通常必要となるポストプロダクションの工程を短縮することで迅速に教材を開発できるようにすることを目指している。

### 3.2 アジャイル教材開発の構築

ポストプロダクションの工程を少なくするために、近年、Ustream 等の生中継でよく利用されているライブエディティングの方式を、教材のレコーディングに応用する。図1は、現在開発中のアジャイル教材開発スタジオの中核となる映像用スイッチャーと、音声用のミキサーである。

また、このような教材を収録するために大掛かりな撮影用スタジオを用意することは困難である。従って、画像の背景



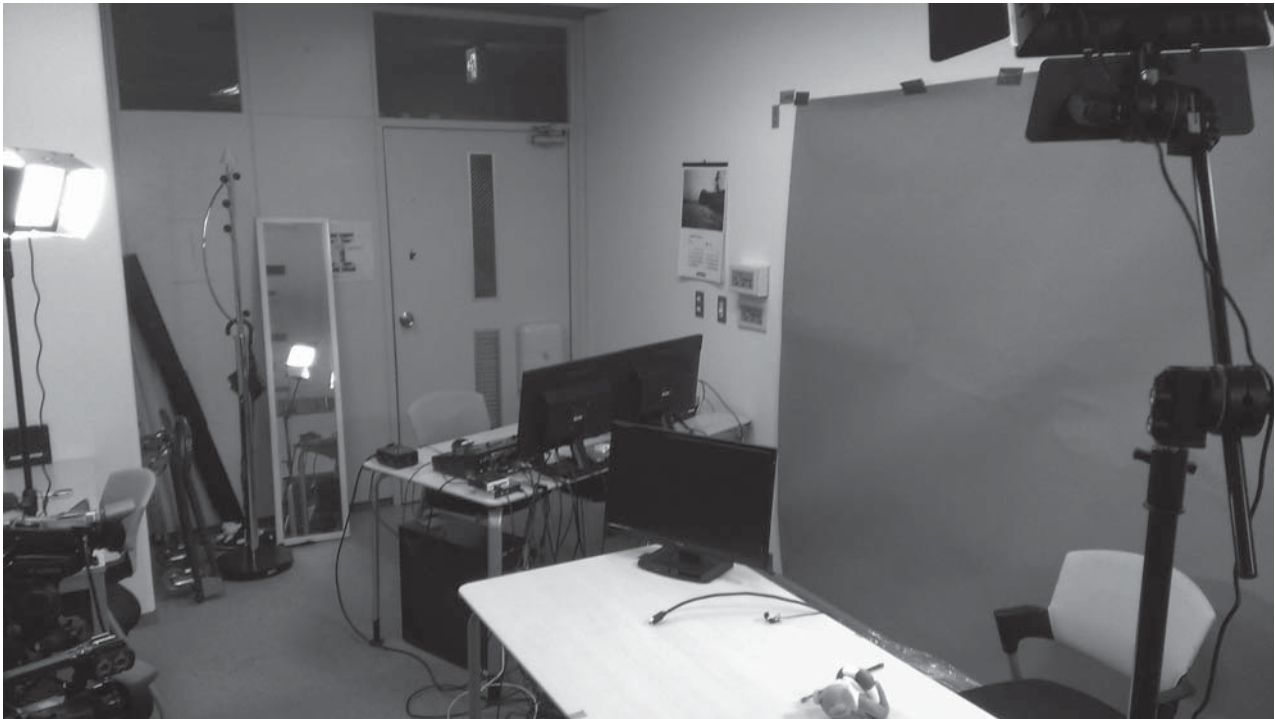


図2 クロマキー合成のための背景紙および照明機材

としてセットを用意するようなことはできない。このため、本研究ではクロマキー合成を利用して背景の画像を任意に合成できるようにした。この処理は、前述のスイッチャーを利用して行うことができる。クロマキー合成を行うために、緑色の背景紙を用いている。また、合成に際しては照明を適切に設置しなくてはならない。この様子を図2に示す。

#### 4 おわりに

本稿では、本学 enPiT プログラムにおける遠隔 PBL の実施とそのためのツールについて論じた。クラウド型開発環境を利用することで、遠隔地のメンバーとの協働によるソフトウェア開発を円滑に実施することができた。

このような技術を用いた PBL を実施するためには、利用するツールについて事前に学習しておくといよい。これ以外にも、PBL に必要となる様々な教材の開発が求められる。特に、動画教材作成作業を容易にするためのアジャイル教材開発スタジオを構築した。

今後も、これらの知見を発展させ、より効果的な PBL 型学習を実施するための教材・教授法の研究開発を行う。

#### 5 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 25330411 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] 酒瀬川泰孝, 木崎悟, 川木富美子, 他. ロボットサービスの国際開発プロジェクトモデルにおけるアジャイル型ソフトウェア開発プロセス scrum の適用. 産業技術大学院大学紀要, No. 7, pp. 59–66, 2013.
- [2] 木崎悟, 中鉢欣秀. 国際 PBL 実施によるプロジェクトマネージャ育成環境の構築 (<特集>プロジェクトマネジメント教育). プロジェクトマネジメント学会誌, Vol. 14, No. 2, pp. 15–20, 2012.
- [3] 木崎悟, 成田亮, 丸山英通, 土屋陽介, 成田雅彦, 中鉢欣秀. 国際 pbl における的確な仕様の伝達とチケット駆動による開発作業の効率化. ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2011 論文集, 第 2011 巻, pp. 1–6, sep 2011.
- [4] 木崎悟, 成田亮, 丸山英通, 中鉢欣秀. グローバルなソフトウェア開発におけるマネジメント手法. 情報処理学会研究報告. ソフトウェア工学研究会報告, Vol. 2011, No. 1, pp. 1–8, may 2011.
- [5] R. Nishino, M. Kojima, O. Oka, T. Okino, T. Sugita, Y. Tsuchiya, H. Koyama, Y. Tozawa, and Y.Chubachi. Experience gained through international PBL in software development. *1st Asia-Pacific Joint PBL Conference 2010*, 2010-10-23.

- [6] 戸沢義夫, 成田雅彦, 中鉢欣秀, 土屋陽介. **Global pbl feasibility study** の実践と得られた知見. 情報処理学会 情報教育シンポジウム論文集, pp. 167–174, 08 2009.
- [7] 大類優子, 成田雅彦, 中鉢欣秀, 土屋陽介, 戸沢義夫. **Global PBL feasibility study** の実践検証. 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 8, No. 4, pp. 515–516, 2009.
- [8] Wired. 受講料無料! 誰でも web 開発者になれる、注目の大学教育プログラム「**enpit**」. <http://wired.jp/2014/03/20/enpit/> (accessed on 2014-07-22).
- [9] 産業技術大学院大学. **enPiT BizApp** 産業技術大学院大学. <http://aiit.ac.jp/enpit/> (accessed on 2013-07-18).
- [10] 井上克郎. **enpit | about | ごあいさつ**. <http://www.enpit.jp/about/index.html> (accessed on 2014-07-22).
- [11] Scott Chacon. **Github flow**. <http://scottchacon.com/2011/08/31/github-flow.html> (accessed on 2014-10-03).
- [12] 中鉢欣秀. **PBL** における協創型ソフトウェア開発モデルへのアプローチ. 産業技術大学院大学紀要, No. 6, pp. 189–192, 2012.



## 3 か国の大学による国際共同開発 PBL

土屋 陽介<sup>1)</sup> 中鉢 欣秀<sup>1)</sup> 成田 雅彦<sup>1)</sup>

# International Collaboration Development PBL with the University of Three Countries

Yosuke Tsuchiyai<sup>1)</sup> Yoshihide Chubachi<sup>1)</sup> Masahiko Narita<sup>1)</sup>

### Abstract

In Advanced Institute of Industrial Technology, we have been carrying out the global PBL for developing software in collaboration with foreign universities from 2008. Vietnam National University, Hanoi and Universiti Brunei Darussalam participated in this global PBL last year. And this year, Unitec Institute of Technology also participates in this global PBL. Then, we carried out a collaborative project by the university of three countries as a new trial this year. In this paper, we report about the summary of the global PBL of this year, and results.

**Keywords:** Global PBL, enPiT, RSNP, Robot service

## 1 はじめに

産業技術大学院大学（以下、本学）では 2008 年度からグローバル PBL の取り組みを実施している[1][2]。昨年度は、Vietnam National University, Hanoi（以下、VNU）と、Universiti Brunei Darussalam（以下、UBD）との 2 か国との大学とロボットサービスアプリケーションを共同で開発するグローバル PBL を実施した[3]。昨年度の PBL では新たな試みとして、海外の拠点から開発を受注し日本側で開発するスタイルを導入した。これは、これまで日本の企業が海外展開する際、低コストな生産拠点の確保のための海外展開がメインであったが、近年の日本および世界の情勢の変化により、日本の製品・サービスの新しい受注先の確保のための展開へと変化したため、このようなスタイルに変更した。これにより、獲得する主なコンピテンシーも、海外拠点の開発をマネージメントする能力から、海外拠点から要求を引き出す能力に変わった。

このように昨年度のグローバル PBL では開発のスタイルを変更して実施してきたが、そのグローバル PBL 終了後に海外の協力大学の参加学生から意見を聞いた結果、海外の学生も開発にもっと参加したいという意見が特に多かった。そこで、今年度は開発のスタイルを修正し、基本的には昨年度と同様に、海外側から要求を引き出してそのサービスを開発していくが、この開発には日本側だけでなく、海外側とも共同で携わっていく形にした。これにより、獲得する主なコンピテンシーも海外拠点から要求を引き出す能力だけでなく、

一昨年度までのコンピテンシーにあった海外拠点の開発をマネージメントする能力も含まれる形となる。

またさらに、今年度は新たにニュージーランドの Unitec Institute of Technology（以下、Unitec）が協力大学として加わった。そこで今年度の新たな試みとして、日本、ブルネイ、ニュージーランドの 3 か国の大学による共同開発 PBL を実施することにした。昨年度は、日本とベトナム、日本とブルネイという 1 対 1 のプロジェクトを 2 組が並列で同じテーマの PBL を実施していたが、今年度は、これまでの日本とベトナムという組に加え、日本-ブルネイ-ニュージーランドの組の計 2 組で別々のテーマで PBL を実施する。本論文では、この 3 か国の共同開発 PBL について述べる。

昨年度に引き続き、このグローバル PBL は enPiT（分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク）[4]におけるグローバルサービスアプリケーション開発コースとして実施する。そのため、enPiT のカリキュラムに合わせ、2 週間のミニ PBL（短期集中合宿）と 3 ヶ月間の分散 PBL に実施期間を分けて実施することになる。

本論文執筆時点ではミニ PBL が終了した段階であるため、本論文では、3 か国の共同開発 PBL の概要およびミニ PBL の実施結果について報告する。

## 2 本学でのグローバル PBL の取り組み

### 2.1 グローバル PBL の目的

日本企業において海外展開はさらなる成長のための 1 つの大きなポイントであるが、その課題としてグローバル化を推進する人材の確保・育成が課題となっている。そこで我々

Received on 2014-10-3

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

表1 これまでのグローバル PBL のテーマ

年度	期間	テーマ
2008	2週間	Web アプリケーション "Synchronized Web Whiteboard" の評価および改善提案 【グローバルPBLの実証実験】開発なし
2009	8週間 (1Q)	Web ブラウザによるネットワーク・タスク管理アプリケーションの開発 【RUPベースの反復型開発】共同開発
2010	8週間 (1Q)	GTDをベースとした個人のタスク管理アプリケーション"Task Concierge"の開発 【チケット駆動型 反復開発】共同開発
2011	8週間 (1Q)	少人数・短納期開発プロジェクト向けマネジメント手法の作成および実用性の検証 (3つのプロジェクトを同時並行で実施) 【チケット駆動型 反復開発】オフショア開発
2012	4週間	スクラム型ソフトウェア開発のマネジメント方法論と教育 ～LEGO MINDSTORMSの遠隔操作アプリケーションの開発～ 【スクラム型 反復開発】オフショア開発
2013	2週間 + 3ヶ月間	RSNPを利用した新しいロボットサービスの開発 (同じテーマで2つのプロジェクトを同時並行で実施) 【スクラム型 反復開発】受注開発

は、日本の企業に求められるグローバル人材の育成を目的とし、海外に出て活躍する人材の育成ではなく、日本において海外の人や企業と仕事ができるスキルを身につけることを目標とした。具体的には以下の経験・スキルを身につける。

- ・ 英語によるオンラインコミュニケーションスキル
- ・ 海外拠点との共同開発の経験
- ・ 海外拠点のマネジメントスキル
- ・ 海外の文化・特徴の理解

## 2.2 これまでの取り組み

表1にこれまでのグローバル PBL のテーマの概要を示す。2012年度までのグローバル PBL は初年度の実証実験を除き、主に海外拠点が開発を行うオフショア開発型で実施してきた。開発の体制としては、2009年度および2010年度は主にVNUが開発をする共同開発型、2011年度および2012年度は複数チームを同時にマネジメントするオフショア開発型で実施した。2013年度は海外から要求を引き出し日本側で開発する受注型で実施した。

## 3 今年度のグローバル PBL

### 3.1 グローバル PBL の概要

今年度のグローバル PBL では昨年度のグローバル PBL に参加したVNUとUBDに加えニュージーランドにあるUnitecがあらたに協力大学として加わった。これは昨年度の参加大学であるUBDの紹介により今年度からUnitecが参加することになったのである。そこで、今年度は昨年度からの引き続き日本-ベトナムのチームに加え、新たな試みとして、日本-ブルネイ-ニュージーランドの3か国の大学によるプロジェクトチームを結成し、3か国による共同開発PBLを実施することにした。3か国によるグローバル PBLはこれまで本学では実施しておらず、これが初めての試みとなる。本論文では、今年度用意した2チームのうち、3か国による共同開発プロジェクトチームの詳細について述べる。

なお、グローバル PBL の実施にあたっては、昨年度に引

き続き enPiT のグローバルサービスアプリケーション開発コースとして実施した。3か国が参加するグローバル PBL となると、2か国で実施していたままでの PBL 以上にプロジェクトのマネジメントが困難になることが想定される。そこでこの3か国による共同開発プロジェクトが円滑に進むようにテーマや実施体制を工夫した。以下でその詳細を述べる。

### 3.2 グローバル PBL のテーマ

3か国の大学による共同開発 PBL のテーマとして、昨年度に引き続き、「RSNP を利用した新しいロボットサービスの開発」を設定した。これは、3か国による共同 PBL になるべく円滑に進むように、昨年度から参加しているUBDにとって実施経験のあるテーマに設定したためである。

新しく本学のグローバル PBL に参加するにあたり、本グローバル PBL の進め方および、学生への指導方法などを、これまで毎回日本の教員が現地の教員に対し、実際にグローバル PBL を経験してもらいながら説明するなどのサポートをしてきた。これは今後も継続的にグローバル PBL を実施していくために必要なことだと考えている。

今回、昨年度と同じテーマで実施することで、昨年度に実施経験のあるUBD側が、日本の教員のサポートを必要とせず、現地の教員だけで現地学生のサポートができるようになる。そして、今年度から新しく参加したUnitecに対し、日本からだけでなくUBDからも様々なサポートや提案ができるようになるため、日本側だけでなくUBD側にとっても教育効果の向上につながると考え、昨年度と同じテーマに設定することにした。

テーマの詳細としては、近年新しいロボットが続々と発表される中、そのロボットを利用したサービスアプリケーション開発は急務となっている。一般のユーザーにとっては、ハードの性能向上だけではそのロボットを購入してもらえず、ソフトウェアが充実してようやく購入の意欲がわいてくるものである。よって、ロボットのソフトウェアの面に注目し、

ロボットのサービスアプリケーションの開発をテーマとした。

ロボットサービスの開発にあたっては、インターネットとロボットを接続する標準プロトコルである RSNP を利用する。これにより、Web サービスとしてのロボットアプリケーションを提供できるようになり、サービスの範囲が拡大するとともに、海外拠点とつながりを持ちながら開発ができるようになる。

開発対象のロボットには、LEGO MINDSTORMS EV3 を利用することにした。これは世界中で比較的容易に手に入ることができ、様々なセンサーやモーターも用意されている点と、考案したサービスに合わせて自由に組み立てられる点、またインターネットへの接続性が高いという点によりこれを選定した。

以上により、今年度の PBL テーマではこの LEGO MINDSTORMS EV3 を、RSNP を用いてインターネットに接続して提供できる新しいサービスアプリケーションを開発する。

### 3.3 今年度のグローバル PBL の狙い

今年度のグローバル PBL では新しい取り組みとして 3 か国の大学によるプロジェクトチームを結成した。これまでの本学のグローバル PBL では日本と海外大学との 1 対 1 の関係でチームを組んでいたが、今年度は日本と海外 2 拠点による連携チームを初めて結成した。これにより文化や環境違うメンバーをまとめなければならない、1 対 1 のプロジェクトよりさらにレベルの高いマネジメント能力が要求されることになる。特に、図 1 に示すようにそれぞれの国で時差がある中、同時に遠隔で TV 会議をするにはより難しい調整が必要となる。

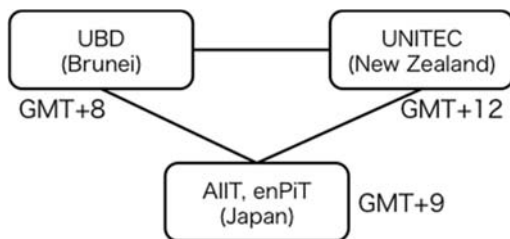


図 1 プロジェクトのチーム体制および時差

しかし、同時に複数の国とプロジェクトを実施することで得られるメリットも存在する。1 つ目のメリットとしては、複数の国とプロジェクトを実施していくことで、より多様性のあるアイデアが生まれるということである。文化や環境がまったく違う場所で生活しているメンバーが議論し合うことで国内だけの活動では得られない新たな気付きや学びが期待できる。2 つ目のメリットとしては、成果物の質が向上するという点である。複数の国の大学が共同でプロジェクトを実施することで、その大学が得意とする分野でタスクを割り振ることができるようになるためである。今年度の例をあげると、マネジメントの勉強をしてきている日本側が全体の

マネジメントを行い、デザインや機械工学を勉強してきているブルネイ側がハードウェア周りの設計・開発を行う。またロボットコンテストなどに出場経験がありロボットのソフトウェア開発に慣れているニュージーランド側がソフトウェア周りの開発を行うという体制にした。これにより成果物の質の向上が期待できる。

### 3.4 開発体制

今年度の開発の役割分担について図 2 に示す。役割分担については日本側が全体のマネジメントおよび、要求の決定、システムの詳細設計、メインシステムの開発を主に担当する。UBD はアイデア出し、ロボットの組み立てを主に担当する。Unitec は市場調査、アイデア出し、サブシステムの開発、製品評価を主に担当する。

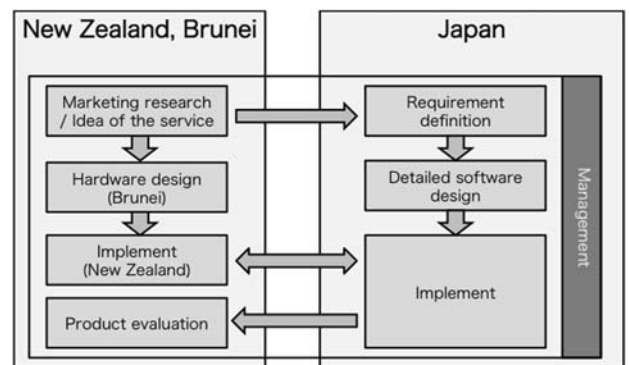


図 2 開発の役割分担

### 3.5 スケジュールおよび活動内容

今年度のグローバル PBL は昨年度と同様に 2 つの Phase に分けて実施する。これは enPiT のカリキュラムに合わせたためである。図 4 に今年度の全体スケジュールを示す。8 月中旬に 2 週間かけて Phase1 を実施し、その成果を 9 月 4 日の RSNP コンテスト[5]に応募する。10 月からは 3 か月間かけて Phase2 を実施し、翌年の 1 月に成果発表会を行う。

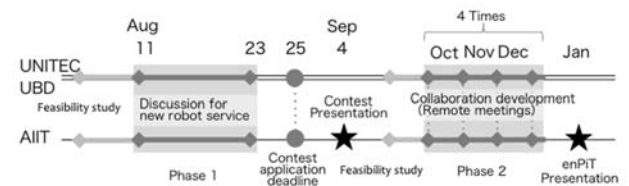


図 3 全体スケジュール

Phase1 の詳細スケジュールを図 5 に示す。Phase1 の主な目的は、作成するロボットサービスの要求仕様書を作成することであり、主な活動としては作成するロボットサービスのアイデアについて議論することである。要求仕様書の作成までには計 5 回の遠隔 TV 会議を実施する。図 5 にはそれぞれの回で想定している成果物についても示している。この Phase1 の期間中に今年度初参加である Unitec の学生と教員をサポートするために、AIIT の教員が Unitec 側から PBL に参加した。

Phase2 の詳細スケジュールは図 6 に示す。Phase2 での

主な目的は、Phase1 で作成した要求仕様書を元に実際にサービスを完成させることであり、主な活動としてはロボットおよびサービスアプリケーションの開発をすることである。Phase2 の期間中計 4 回の遠隔 TV 会議を実施し、開発状況の進捗確認や、作成したものの評価を実施する。図 6 には想定している活動内容についても示している。なお、Phase2 の遠隔 TV 会議の日程は進捗状況を見極めて開催するため、現時点では日程は決まっていない。

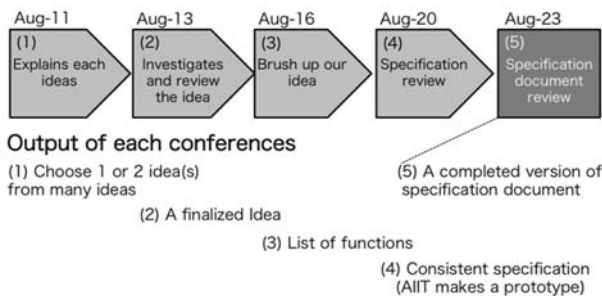


図 4 Phase1 の詳細スケジュール

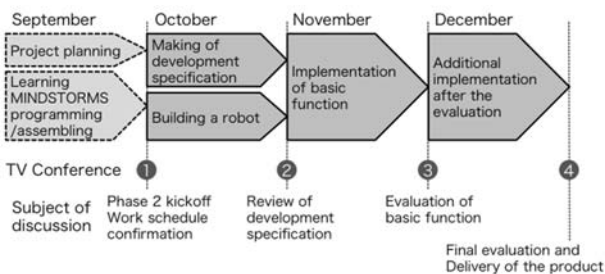


図 5 Phase2 の詳細スケジュール

### 3.6 成果物

本グローバル PBL での成果物を以下にまとめる。Phase1 の成果物は RSNP コンテストに応募する作品となる。

- ・ Phase1 の成果物
  - ・ 要求仕様書 (IEEE Std. 830-1998 準拠)
  - ・ サービスの概要書
- ・ Phase2 の成果物
  - ・ 作成したサービス/API
  - ・ ソースコード
- ・ 途中成果物
  - ・ プロジェクト計画書
  - ・ ミーティングのアジェンダ, 議事録
  - ・ 各種作成したドキュメント

## 4 Phase1 の実施結果

本論文執筆時点では今年度のグローバル PBL を実施途中であり、まだ Phase1 だけが完了した段階である。よって Phase1 の実施結果のみについて報告する。

### 4.1 参加学生

日本側の参加学生は enPiT グローバルサービスアプリケーション開発コースの参加者である。その内訳としては産

技大の学生が 3 名、参加大学である拓殖大学の学生が 1 名、一般の enPiT 参加者が 4 名の計 8 名が日本側のチームとして参加した。UBD からは 10 人が参加し、その内訳は学部生が 9 人、博士課程の学生 1 人である。また Unitech からは学部生 2 人が参加し、プロジェクトチーム全体としては合計 20 人で構成される。

### 4.2 活動実績

Phase1 の期間中、計 5 回の遠隔 TV 会議を実施した。会議の開始時間はそれぞれの国の時差を考慮し、平日は日本時間の 18:30 (ブルネイ時間 17:30, ニューゼaland時間 21:30) から開始し、土曜日は日本時間の 13:00 (ブルネイ時間 12:00, ニューゼaland時間 16:00) から開始した。会議時間はそれぞれ 1 時間半である。

遠隔 TV 会議開催日以外にも各国のメンバーがローカルで活動を行い、最終的に今年度作成するロボットサービスアプリケーションの要求仕様書とサービス概要書を完成させた。成果物の分量としては、要求仕様書が 25 ページ、サービス概要書が 4 ページであった。これらの成果物を RSNP コンテストに応募した結果、奨励賞である APEN 賞を受賞した。

## 5 おわりに

今年度のグローバル PBL には新たにニュージーランドの Unitech が参加した。それに伴い、今年度の新たな試みとして、日本-ブルネイ-ニュージーランドの 3 か国の大学の共同チームによる国際共同開発 PBL を実施した。3 か国の連携となるとこれまでの 1 対 1 のグローバル PBL より難易度が高くなってしまいが、その分獲得できるコンピテンシーもレベルの高いものが獲得できると期待している。本論文執筆時点ではまだ Phase1 が終了したところであるが、今後 Phase2 において Phase1 に作成した要求仕様書を元に 3 か国の共同でサービスを実装していく予定である。

### 参考文献

- [1] 戸沢義夫, 成田雅彦, 中鉢欣秀, 土屋陽介: Global PBL Feasibility Study の実践と得られた知見, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, pp.167-174, 2009/8/20
- [2] 中鉢欣秀, 成田 雅彦, 戸沢 義夫: 加藤由花, 戸沢義夫: ベトナム国家大学とのグローバル PBL から得た知見, 産業技術大学院大学紀要, pp.1-4, 2010
- [3] 土屋陽介, 加藤由花, 成田雅彦: ベトナム国家大学とブルネイ大学とのグローバル PBL, 産業技術大学院大学紀要, pp. 161-164, 2013
- [4] enPiT: 分野・地域を越えた実践の情報教育協働ネットワーク, <http://www.enpit.jp> (visited on 2014-10-1)
- [5] RSNP コンテスト: <http://robotsservices.org/contest/2014/> (visited on 2014-10-1)

# On the development of a retrieval tool of preprints for sharing scholarly papers

Take-Yuki Nagao<sup>1)</sup>

## Abstract

Preprints are important means to share research results among scientists. This note describes an on-going project to develop the ‘arcs’ tool to retrieve the source code of preprints. The tool automates operations related to downloading of preprint archive from arXiv.org, enabling the user to mirror the preprint repository. It has a simple query tool to search the downloaded source code tree for keywords. Features and usage of arcs are explained. The reusable components of arcs are described concisely.

**Keywords:** e-print, preprint, retrieval tool

## 1 Introduction

Preprints are important means to share research results among scientists. After the submission of a preprint to a preprint server such as arXiv.org [1], the manuscript, commonly written in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, is processed into a human readable format like PDF (the portable document format), and are made available for other researchers together with metadata such as title, list of authors, abstract etc. The preprint is then indexed by search engines like Google Scholar, so that it can be found and recognized by the scientists of the same or a different field.

It is quite important to share and preserve the (L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X or T<sub>E</sub>X) source code of preprints, because the markups with macros facilitate the analysis of document structure by machines, which would lead to invention of new technology regarding scholarly papers in terms of visualization, indexing algorithms, and other aspects. Also, the source code will help future migration from one visualization technology to another (to the web-based one with MathJax [2] for instance). Activities of software developers intending such migration would be accelerated if the software developers and the organizations operating the preprint services would have a simple tool to synchronize the

source code repository. This is the motivation of the development of the arcs tool described in this note.

## 2 Description of arcs

arcs [3] is a command line tool to retrieve the source code of preprints. It is a free software distributed under the MIT License. arcs retrieves the preprint archive from arXiv.org via the arXiv Bulk Data Access [4], and extract the source code to local filesystem.

Initialization is required before running arcs, which can be done by invoking

```
> arcs init
```

from the shell. Tools and libraries required by arcs are configured. A notice is displayed at this point regarding the settings of Amazon S3 and the file synchronization tool s3cmd [5]. One should note that arcs relies on Amazon Requester Pays Buckets (which is required by arXiv Bulk Data Access) and the user is charged for data transfer.

Downloading of preprints for year 2013, for example, can be achieved by the following command.

```
> arcs syncsrc 2013
```

The retrieved archive files are stored in the workspace in local filesystem and all of them are uncompressed so that L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X and EPS (Encapsulated PostScript) files are available locally. The list of downloaded preprints is stored in the index file and can be displayed by in-

---

Received on 2014-10-03.

<sup>1)</sup> Advanced Institute of Industrial Technology



voking the `walk` subcommand:

```
> arcs walk
```

The above command shows the list of preprints in CSV (Comma-Separated Values) style data. Similarly,  $\text{\TeX}$  and  $\text{\LaTeX}$  files in the locally mirrored preprints can be listed by the `walk-tex` subcommand.

Results of these “walk” subcommands can be combined with other subcommands and/or external commands. For example, the lines of  $\text{\TeX}$  or  $\text{\LaTeX}$  files matching the keyword ‘CC-BY’ (meaning Creative Commons Attribution License) can be obtained by pipelining subcommands (see the command below).

```
> arcs walk-tex | arcs grep CC-BY
```

The `grep` subcommand in the right hand side of the pipe, iterates the external command `grep` for each file listed by the `walk-tex` subcommand.

### 2.1 Automation of retrieval and deployment

`arcs` minimizes the laborious shell operations about file retrieval and metadata manipulation that are required when mirroring and exploring the preprints. The summary of the processes automated by `arcs` is given below.

- Downloading the manifest files that contain lists of chunks — a chunk is an archive file of multiple preprints [4].
- Retrieving the chunks for the specified year (the average size of a chunk is about 430MB for the year 2013) — the same chunk is not retrieved twice in order to limit data transfer.
- Scanning the chunks, building the list of preprints, and detecting the archive type of each preprint — the result is stored for later use.
- Extracting the source code of preprints from archives and storing in local filesystem — it enables processing of preprints by existing tools.

### 2.2 Components

The main components of `arcs` are listed below.

- **(Launcher Framework)** An extensible scripting framework for creating a command containing multiple subcommands written in various programming languages.
- **(CSV Streaming Library)** A stream processing and manipulation library for CSV data.

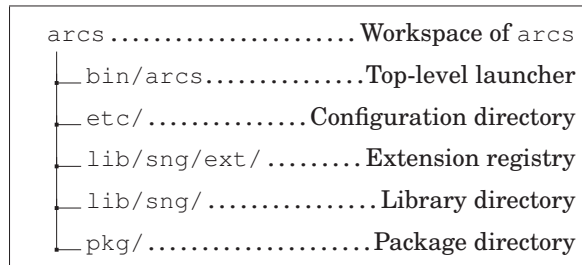


Fig. 1 File layout of `arcs`

- **(Preprint Downloader)** A collection of subcommands to download the source code of preprints from arXiv.org by using `s3cmd`, Launcher Framework and CSV Streaming Library.

The first two items are the key components of `arcs` designed for general purpose. These components are detailed below.

## 3 Launcher Framework

As is shown in the above examples, `arcs` is a launcher command or a toolbox containing several subcommands. It adopts the following command-line syntax, which is commonly used by many softwares.

```
> arcs <subcommand> [options]
```

When invoked, the launcher looks for the implementation of the subcommand in the package directory (named `pkg`, see Fig. 1), and runs the implementation with the specified options. More than 80 subcommands are defined currently and the user can define new commands in the package directory to extend the framework.

Launcher Framework supports various programming languages for writing subcommands. It is also fairly easy to support new languages. Currently supported languages include Bourne Shell, Bash, Perl, Python, sed, AWK, C, C++, C# and Node.js. For example, the `init` subcommand is implemented using Bourne Shell and located at `pkg/arcs/init.sh`.

Compilation languages can seamlessly be adopted for implementation of subcommands as well as scripting languages. The launcher framework is in charge of compilation and the executable is cached for later use. When recompilation is needed (e.g. in case of modification of the code), the user has to reset the cache by running `reset` subcommand.

### 3.1 Encapsulation of implementation language

Launcher Framework hides the implementation language so that the end user does not have to care about it. This is done by using suffix rules. When the launcher searches the specified *subcommand*, it looks for files in the package directory recursively and locate the one that matches *subcommand* except file extension. For example `parse-manifest`, which is for parsing of the arXiv manifest files, is located on `pkg/arxiv/parse-manifest.node.js`. The file extension (or suffix) is `node.js` in this case and the prefix is `parse-manifest`. The prefix is recognized as the subcommand name.

The extension registry of Launcher Framework is a configuration directory to map a file extension to its implementation language. The extension registry is located at `lib/sng/ext`. Any supported file extension has a corresponding invocation script named `run.sh` under a sub-directory of the extension registry. The name of the sub-directory is identical to the file extension. For example, the invocation script of `parse-manifest` is `lib/sng/ext/node.js/run.sh`. The launcher framework invokes the implementation of the subcommand by running it through the invocation script. The rules described above enable Launcher Framework to encapsulate implementation languages.

## 4 CSV Streaming Library

CSV Streaming Library of `arcs` is designed to facilitate the manipulation of metadata regarding recursively archived data. Recursively archived data here means data which are archives of multiple items that are also archives themselves. The preprint repository can be regarded as recursively archived data and it is not the only example. Such data are commonly observed for sharing large amounts of data.

### 4.1 Adopting CSV

CSV is a well-known data format for encoding a list of records [6]. A CSV file is a concatenation of records by the newline (commonly CR (Carriage Return) followed by LF (Line Feed)). A record or a row is the concatenation of cells by the delimiter (commonly comma (,)). A cell is a data element basically in text and must be enclosed by double quotes (") if it contains non-text characters such as the delimiter or the newline. The quotes are not required if no cells contain the delimit-

er or the newline— let us call the condition *the cell condition* in this note.

CSV is chosen as an intermediate data format of `arcs` because most of the attributes needed by preprint metadata is alpha numeric (except for several special characters). Also CSV data can easily interoperate with existing text processing tools such as `sed`, `AWK` and `grep` — an XML file needs parsing of the whole content and data transformation. The cell condition is required for this interoperation to work, however. `arcs` currently uses the vertical bar (|) as the delimiter and LF as the newline. The vertical bar is needed to satisfy the cell condition, because some authors use the comma (,) in the filename.

### 4.2 Hierarchy

The preprint repository provided by arXiv.org via arXiv Bulk Data Access has the following hierarchical structure (see [4] for details).

1. Manifest file containing the list of chunks
2. Chunk (a compressed archive of preprints)
3. Compressed preprints in a chunk (each preprint corresponding to a single entry in the chunk)
4. File items of the source code (TeX, LaTeX and other auxiliary files) in a compressed preprint

The first three levels are managed by arXiv.org and so filenames and file layouts have rules. The last level is due to the author(s) of each preprint and so the data are unstructured and may arbitrarily be complicated — the depth of sub-directories is unlimited.

Each of the above levels has its own “metadata” to describe level-specific information. The metadata and related subcommands of `arcs` are summarized below. The heading number refers to the corresponding level in the above hierarchy.

1. The top-level metadata are stored in the manifest file, which contains a list of chunk information. Filename, filesize, timestamp, sequence number within month, and the MD5 (Message Digest Algorithm 5 [7]) checksum of the chunk are included in the metadata. The manifest file also contains the first and the last preprint identifier and the number of preprints in the chunk. The `walkm` subcommand shows the metadata at this level.
2. A chunk has a list of archive items (i.e. preprints) as metadata. The item information includes file-

```

1 arcs walk-items \
2 | arcs having date_ymd '^2013-01' \
3 | arcs tex-deriv \
4 | arcs select tex_file \
5 | arcs body \
6 | xargs -I{} file -b --mime-type "data/var/{"

```

Fig. 2 A script to list mimetypes of files for January 2013 (lines 1–5 are the query to enumerate file items)

name, filesize and timestamp. The `walk` subcommand is designed to list the metadata at this level.

3. A preprint is either a PDF file (possibly compressed) or a compressed archive of  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  or  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  code [8]. In the former case, the hierarchy ends at this level and the metadata is the path of the PDF file. In the latter case, the compressed archive contains a list of file items of the preprint as metadata. A file item is either a source code, an image file for figure or other auxiliary data. Filename, filesize and timestamp are included in the item information. A program is needed to detect the type of preprint regarding whether a preprint is a PDF file or an compressed archive of source code (an implementation is given as the `detect-type` subcommand) and so the detected type should also be considered as part of the metadata. The `walk-items` subcommand can be used to see the metadata at this level. The list of file items with extensions `.tex` can be obtained by the `walk-tex` subcommand.
4. The metadata at this level includes the path of file item. The format and the contents of file item depend on the preprint. Filetype-specific information can be obtained by using existing tools like the `file` command (as shown in Fig. 2).

#### 4.3 Features

CSV Streaming Library has the following features required to manipulate the metadata described above.

1. Conversion of the manifest file (in XML) to CSV.
2. Column manipulation including addition, removal and selection of columns — e.g. the `select` subcommand in Fig. 2 drops all columns from the stream except the ones specified by the arguments.
3. Attribute derivation — e.g. the `tex-deriv` subcommand in Fig. 2 introduces a new column,

named `tex_file`, defining the value to be the concatenation of values in some other columns.

4. Record filtering by regular expression — e.g. having subcommand in Fig. 2 filters the rows such that the attribute value of `date_ymd`, meaning the date of preprint, has the prefix `2013-01`.
5. Serialization — store/restore the CSV data to/from a compressed file.

## 5 Conclusion

In this note, `arcs` is briefly described with focus on Launcher Framework and CSV Streaming Library, which are the key reusable components. Scholarly papers have longer life than other kinds of data, and so it is important to have multiple means to preserve them. By using `arcs`, any researcher, including experts and non-experts of information systems, can easily retrieve and preserve the preprints on his/her own.

## 6 Acknowledgements

The author is grateful to the arXiv.org team at the Cornell University for making the preprints publicly available. Special thanks should be given to the developer team of `s3cmd` on which `arcs` depends.

## References

- [1] arXiv.org. <http://arxiv.org/>. Visited on 2014-09-30.
- [2] MathJax. <http://www.mathjax.org/>. Visited on 2014-09-30.
- [3] `arcs`. <http://github.com/tyn/arcs>. Visited on 2014-09-30.
- [4] arXiv Bulk Data Access. [http://arxiv.org/help/bulk\\_data\\_s3](http://arxiv.org/help/bulk_data_s3). Visited on 2014-09-30.
- [5] `s3cmd`. <http://s3tools.org/s3cmd>. Visited on 2014-09-30.
- [6] Yakov Shafranovich. Common format and mime type for comma-separated values (csv) files. *RFC 4180*, 2005.
- [7] Ronald Rivest. The md5 message-digest algorithm. *RFC 1321*, 1992.
- [8] Take-Yuki Nagao. Automatic recognition of theorem environments of mathematical papers in  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  format. *Bulletin of Advanced Institute of Industrial Technology*, Vol. 7, pp. 81–87, 2013.

# ソフトウェア再利用開発にむけて

— 2014 年度 —

亀井 邦裕<sup>1)</sup> 成田 雅彦<sup>1)</sup>

## A Study in the Reusable Software Development

— 2014 —

Kunihiro Kamei<sup>1)</sup> Masahiko Narita<sup>1)</sup>

### Abstract

Enterprise information system must be flexible and agile in order to address the environmental change. Therefore business application software in the system should be reusable, rapidly developable, and changeable in structure. It must have the experimentally derived, reasonable structure that may be separated into changeable and unchangeable parts. In this paper, we try the implement method based on conceptual models, by which reusable applications can be developed, and as the result we provide examples of conceptual models, implement models, and other deliverables, using subjects that can be disclosed such as the consumption tax.

**Keywords:** reusable, conceptual models, implement models, agile, consumption tax

### 1 はじめに

SEC (Software Engineering Center) の定義によればソフトウェアは組込み系とエンタープライズ系に分けることができる。再利用可能なソフトウェア資産を開発しようという試みは前者で先行して行われてきた。プロダクトライン開発はそのひとつの手法をコアアセット開発、プロダクト開発、プロジェクト管理という3つのプラクティスに分けて説明したものである[9]。コアアセットは、共通部分と変動部分とに分けられる、これをうまく組み合わせてプロダクトを効率的に製造することがプロダクトライン開発の成功の鍵である。ところが、エンタープライズ系のソフトウェア・アプリケーションでは組込み系のようにプロダクトラインが明らかでないという前に前記の分離ができていない。したがって組織的な再利用開発は行われていない。これまでエンタープライズ系ソフトウェアとは企業固有のものであるという考えが根深くあり、さらに企業が著作権を留保するためにその仕様自体が社会に出ることはほとんどなかった。我々はもともと企業の情報システムの開発を生業としてしてきたので、この状況を打破し、エンタープライズ系ソフトウェアにも再利用開発をとり入れるべきと考え、そこに経験的な手法でアプローチすることにした。以下はその研究の現時点の成果である。

### 2 研究の概要

#### 2.1 これまでの取組

変化に強い構造を持ち、標準化された再利用可能アプリケーションを作成するための試みは過去に幾度も行われている。個々の企業活動を、概念モデルを使ってソフトウェアに写像し、パターンとして再利用可能とする試みは、長年の活動の成果として実現しつつあった(例えば[3])。しかし、その努力を知識として共有するためには、大きな障害があった。それはモデル化を追求すれば、そこに企業秘密としての戦略までモデル化されてしまう。それはモデル化される企業が著作権の形で保持するために、公開して共有し、改良していくことは不可能な状態にある。

本論文では、業務の概念モデルそのものを直接とりあげてその構造を議論し、提示する。このモデルは、直接的に業務の知識そのものであり、第三者が自由に利用できるものとする。

#### 2.2 課題の認識

消費税計算を題材にモデル化を行い、そのモデルに基づいて試実装することで、再利用可能なアプリケーション構造の一例を示す。消費税に企業戦略の余地はない。法律で決定された制度であり、会計制度での扱いも明確であるため、そのモデルは共有可能だからである。しかも5%から8%、10%への税率変更が決定している。税率が10%に改定されると

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology

きには、軽減税率が導入される。これは低所得者向け商品等に適用されると見られるが、具体的にどの商品かは未定である。そのため決定には多くの論争が予想され、10%の適用直前に決定される可能性が高い。

### 2.3 研究の目的

消費税計算を題材とした検討[7]を通して、再利用性のあるアプリケーションの構造とは、制度や規制などのルール記述(変動部分)が一か所にまとめられ、かつそのルールによって制御される企業活動(不変部分)が分離された概念モデルになると想定し、消費税計算ルールや税率決定などの変動要素と、商流、金流という企業情報システムの不変要素を分離したモデル、実装コードの一例を提示することを目的とした。

ここでは、4.1.2 で述べる TEA という企業活動を表す標準化された構造を導入する。この標準化構造がさまざまなアプリケーションに導入されれば、例えば消費税計算モジュールの呼出しが標準化され、消費税計算モジュールの再利用性が大きく向上するはずである。

## 3 研究の方法

ルールと企業活動の分離がどのように設計され実装されていくかについて設計および実装作業を参与観察し、記録した。これは、再利用可能なアプリケーションとはいかなるものかを考察する資料となる。

作業は概略、以下のように進んだ。各作業は厳密に順次に実施するのではなく、必要に応じて手戻りし、反復するという緩い順序性をもつ。

### (1) 消費税制度の調査

消費税計算の概念モデル化のため、消費税制、会計(一般会計と税務会計)実務および取引実務を調査した。

### (2) 消費税計算概念モデルの作成

本研究では、ルール整理とそのモデル化に最も注力した。(1)の調査に基づきルールを整理し、概念モデル[1][2]に取り込んだ[7][8]。消費税率を決定するルールである社内・社外取引の扱い、国内・国外(免税を含む)取引の扱い、課税品目(一般税率、個別税率、軽減税率)・非課税品目の区別、取引日(仕入/販売とその返品)の扱い、端数まるめルール、総額表示か明細表示か、外税計算をする場合(おもに企業間取引)と内税計算をする場合(おもに消費者との取引)などを盛り込んだ初期モデルを作成した。

### (3) 消費税計算モデルの洗練

次に初期モデルを洗練した。企業活動である商流、金流の一般モデルと消費税計算部分を分離し、消費税計算部分を別ライブラリとした。同時に前記の計算ルールを企業間の契約によるもの(端数まるめルール、総額表示か明細表示か)、取引種別によるもの(社外・社

内、国内・国外取引)、品目によるもの(課税・非課税、一般税率・個別税率・軽減税率)を整理してモデルの各部分に配置した。企業で定義する品目の分類と税率を決定する品目とは異なるため、税率を決定する品目を税目とし消費税計算過程に入る時点で変換できる仕組みを盛り込んだ。さらに洗練を重ね、消費税計算に照準を合わせた企業活動の一般化された概念モデルの第1版(図1)を完成させた。

### (4) 消費税計算ユースケースの記述

次に業務機能をユースケース記述で表現した(図3)。「契約を記録する」および「契約を記録する」のユースケースである。

「契約を記録する」では税の明細単位計算か合計計算か、さらにこの両方に違算が出たときの対処と税額端数のまるめ方法(切り捨て、四捨五入、切り上げ)を、新しく販売契約を締結した顧客との契約条項としてアクタ(例えば、契約担当者)が入力して記録する。「注文を記録する」では、契約している顧客からの注文をアクタが入力し、システムに登録されている商品代金から消費税を計算し、表示し、記録する。ここでは、取引のあった日の税率により、消費税が契約にある“まるめ方法”に従ってまるめられていることが確認できるようにすることで前記2つのユースケース間の整合をとるようにしている。

### (5) 消費税計算テストシナリオの作成

正常シナリオ(図4)以外に、アンチシナリオとして、一般税率の変更日を事前に設定しておき、その以前の日を取引した日とする入力、以降の日を取引した日とする入力、さらに変更日以前を取引した日とした注文記録を、変更日以降に取り消す(この場合はマイナスの注文として、変更日以前の税率で計算されなければならない)というものを準備した。このようなアンチシナリオに対しては、期間をもった税率の概念の他、取引データも時間の概念が概念モデルに記述されている必要がある。取引データには、それを記録した日ではなく取引した日が基準になることも概念モデルで明確に記してある必要がある。

### (6) 消費税計算実装モデルの作成

次に概念モデルとユースケース記述を基に実装モデル(図2)を作成した。実装モデルとその解説は4.2.1に示す。ただし、軽減税率や特に内税計算については試実装の対象外とした。

### (7) テスト駆動によるコードの作成

実装では、シナリオに合わせたテストコードを書くことから始め、画面とのインタフェース、永続化を付け加えた。画面・永続化仕様は当論文では省略する。

### (8) 消費税計算概念モデルの改善

実装を行った後、消費税計算モデルのユースケース記述(図 3)実装時にスコープ外とした部分を見直した。

結果として「個別契約」という新規概念を導入し、元のモデルにあった「基本契約」と合わせて「契約」という概念を洗練した。「個別契約」が個々の注文であり、企業活動は注文により規定されることを明らかにした。また、契約と品目の 2 つの概念の中にルールを閉じ込めた。これにより企業活動の変動部分をさらに狭い範囲に固定できた(図 11)。

## 4 結果

作成されたモデルとコードを以下に示す。なお、これらは試実装であることに注意されたい。

### 4.1 概念モデル

概念モデルを図 1 に示し、以下に概説する。

#### 4.1.1 消費税ライブラリ

消費税ライブラリは、消費税計算をアプリケーションから独立させるため、計算機能をライブラリとして提供するものである。特徴を以下に示す。

- ・ **Facade** となる消費税計算クラスは呼び出し側に合わせてカスタマイズ可能とする。軽減税率など消費税率を決定する品目と企業活動で使用される品目とは概念が異なるため、この対応をとるための処理を消費税計算 **Facade** で行うこととした。この変換規則は使用システムによって最適にカスタマイズされる。これにより消費税ライブラリの再利用性を向上させる。
- ・ 期間の概念を導入し、税率の期間変動に対応した。税率の決定要素が税品目、税率種別、期間であることを示している。
- ・ 税額計算クラスを抽象クラスとし、非課税、内税、外税等の計算方式の多様性に対応できる。さらに個別税率の拡張などにも対応できる。
- ・ 税額計算は取引日を限定子として税率クラスと関連している。これにより、期間とは取引日が含まれる期間であることを示している。

#### 4.1.2 アプリケーション部分

その他の部分は企業活動の一般的なモデルから消費税計算に関係する部分を抜粋したものである。中心は、消費税計算を発生させる売買取引を標準化した商流部分、および商品代金とその消費税を記録する金流部分である。この基本構造には勘定パターン[3]が使われている。勘定パターンは、取引(**Transaction**)、移動(**Entry**)、勘定(**Account**)の 3 つのクラスからなる構造を持っている。後述するユースケース記述(図 3)の中では、これを“TEA”と省略して用いている。

国外取引、社内取引などの取引の種別は消費税計算が不要であり、消費税を科目とする金流オブジェクトは発生しない。

また、契約クラスの消費税条項の値と、品目クラスとそのサブクラスが、消費税計算の税率とまるめ方法、明細単位計算か合計単位計算かを指定する。この情報は合計単位計算の場合商流取引オブジェクトから直接、または明細単位計算の場合は商流移動オブジェクトを通じて代金取引オブジェクトに渡され、それが消費税計算を起動することを示している。

## 4.2 実装モデル

実装モデルを図 2 に示す。

### 4.2.1 実装モデルの解説

概念モデルから実装モデルを作成する際の、変換操作を中心に実装モデリングを解説する。

- ・ エンティティとして永続化されるものには基本的にすべて識別子を設定した。識別子は属性表示中の破線から上の属性である。エンティティとは概念的にこの世の中に存在するモノや事象を表し、それらは識別されるべきである[6]。
- ・ 概念モデルでサブクラスとして表記したものを、実装判断に基づき、スーパークラスの **boolean** データ型の属性とした。
- ・ 消費税計算のロジック部については、唯一のインスタンスに計算操作を持たせるよう **Singleton** パターン[4]による実装を施工者に指示した。
- ・ 非課税・内税・外税計算(**CalculateConsumptionTax**)とまるめ計算(**RoundingAmount**)にはそれぞれ **Strategy** パターン[4]の適用を施工者に明示した。
- ・ 税率計算クラス(**TaxRate**)は列挙型とし、税率を表引きできるようにした。例示に属性値を税制表記している。これはすべて組み合わせても、数十種類にしかならないからである。この実装を軽くし、品目変換との組合せを工夫することが消費税計算適用の鍵の 1 つとなる。

### 4.2.2 ユースケース記述

ユースケース「注文を記録する」の記述から一部を図 3 に示す。

### 4.2.3 テストシナリオ

テストシナリオは、ユースケース記述の一部として記述され、ユースケースの理解とテスト駆動開発用のテストケースとして利用される。その一部を図 4 に示す。

シナリオ：

- ① 営業の山田直子は、7 月 30 日に麺屋海神から、鯛のアラ(課税品目) 5.5 キログラム(273 円/キロ)とヒラマサのアラ(課税品目)8.3 キログラム(126 円/キロ)の注文を受け取り、販売取引、課税、社外取引として、その内容を記録した。代金計算の結果が、鯛のアラ 1501 円、ヒラマサのアラ 1045 円、消費税率は 5%、販売契約に基づき消費税は 127 円と表示され、これが正しかったので確認した。
- ② 営業の山田直子は、8 月 1 日にも麺屋海神から、鯛のアラ 5.5 キログラムとヒラマサのアラ 8.3 キログラムの注文を受け取り、その内容を記録した。代金計算の結果が、鯛のアラ 1501 円、ヒラマサのアラ 1045 円、消費税率は 8 月 1 日から 8%になったので、消費税は 203 円と表示され、これが正しかったので確認した。

図 4 テストシナリオ

#### 4.2.4 コード

次に実装モデルに基づいて作成されたコードを示す。コード全体の構造は、MVC のアーキテクチャ構造[5]となっている。言語は Java であり Java SE7 に準拠して作成した。開発環境には Eclipse を使用した。以下に示す例では、いわゆる setter/getter を省略している。

##### コード例 1 : ConsumptionTaxCalculator.java

消費税計算 (CalculationConsumptionTax) およびまるめ計算 (RoundingAmount) の条件による振る舞いの違いを Strategy パターンで実装している(図 5)。

```
public class ConsumptionTaxCalculator {
    private BigDecimal price;
    private Date effectiveDate;
    private TaxItem item;
    private boolean isTaxed;
    private CalculateConsumptionTax calculator;
    private RoundingAmount rounder;

    public ConsumptionTaxCalculator(
        BigDecimal price,
        Date effectiveDate,
        TaxItem item,
        Boolean isTaxed,
        CalculateConsumptionTax calculator,
        RoundingAmount rounder) {
        this.price = price;
        this.effectiveDate = effectiveDate;
        this.item = item;
        this.isTaxed = isTaxed;
        this.calculator = calculator;
        this.rounder = rounder;
    }

    public BigDecimal getConsumptionTaxAmount() {
        return calculator.calcConsumptionTax(effectiveDate,
            price, item, isTaxed);
    }

    public BigDecimal getConsumptionTaxAmountRounded() {
        return rounder.round(getConsumptionTaxAmount());
    }
}
```

図 5 コード例 1 : ConsumptionTaxCalculator.java

##### コード例 2 : CalculateConsumptionTax.java

外税、内税、非課税ごとに消費税計算ロジックを用意する。Singleton の指定に対しては Java の enum 型を用いることで実現している(図 6)。

```
public enum CalculateConsumptionTax {
    外税 {
        @Override
        public BigDecimal calcConsumptionTax(Date effectiveDate,
            BigDecimal price, TaxItem item, boolean isTaxed) {
            TaxRate rate = findRate(item, effectiveDate);
            BigDecimal number = BigDecimal.valueOf(rate.getRate());
            BigDecimal p = BigDecimal.valueOf(100);
            return price.multiply(number).divide(p);
        }
    },
    内税 {
        // スコープ外
    },
    非課税 {
        // スコープ外
    };

    public TaxRate findRate(TaxItem item, Date effectiveDate) {
        return TaxRate.getTaxRate(item, effectiveDate);
    }

    public abstract BigDecimal calcConsumptionTax(
        Date effectiveDate,
        BigDecimal price,
        TaxItem item,
        boolean isTaxed);
}
```

図 6 コード例 2: CalculateConsumptionTax.java

##### コード例 3 : TaxRate.java

税率のクラス。実装モデルでは将来の拡張を考慮し、列挙型として表引きを行う指定になっているが、現実には税品目ごとの税率が定められていない。ここでは実装判断に基づき、単純な期間別の税率を定義した(図 7)。

```
public class TaxRate {
    private TaxRateType type;
    private TaxItem taxItem;
    private Date startedDate;
    private Date endedDate;
    private int rate;
    private Unit unit;

    public static List<TaxRate>
        $instances = new ArrayList<TaxRate>();

    public TaxRate(TaxRateType type,
        TaxItem item,
        Date startedDate,
        Date endedDate,
        int rate,
        Unit unit) {
        this.type = type;
        this.taxItem = item;
        this.startedDate = startedDate;
        this.endedDate = endedDate;
        this.rate = rate;
        this.unit = unit;
    }

    public static TaxRate getTaxRate(TaxItem item, Date date) {
        for (TaxRate t : $instances) {
            if (t.getTaxItem() == item &&
                t.getStartedDate().compareTo(date) <= 0 &&
                t.getEndedDate().compareTo(date) >= 0 ) {
                return t;
            }
        }
        return null;
    }
}
```

図 7 コード例 3: TaxRate.java

#### 4.2.5 動作の確認

コードが設計どおりに稼働していることをテストツール JUnit4 の実行結果で確認する。下にテストツールのコンソール出力の当該部分をキャプチャしたものを提示する。テストケースは、上記ユースケースシナリオで一部を例示したものである。

##### テスト結果 1 : 7月30日取引の注文(図 8)

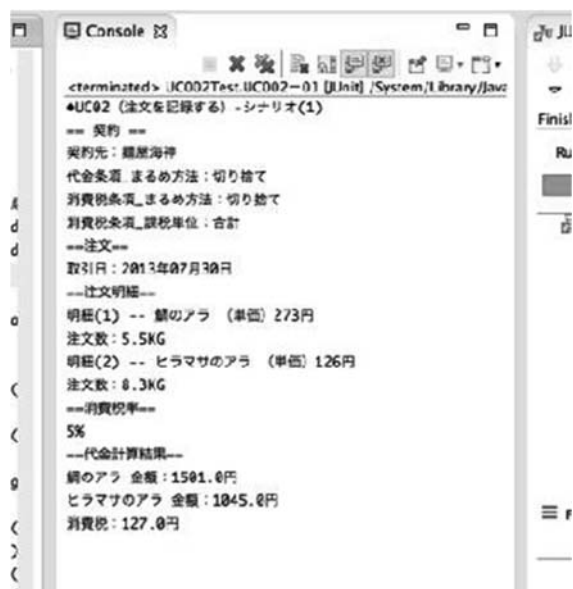


図 8 テスト結果 1

テスト結果 2 : 8 月 1 日取引の注文 (図 9)

```

Console
<terminated> UC002Test.UC002-03 [JUnit] /System/Library/Jav
◆UC02 (注文を記録する) -シナリオ(3)
== 契約 ==
契約先: 麺屋海神
代金条項_まるめ方法: 切り捨て
消費税条項_まるめ方法: 切り捨て
消費税条項_課税単位: 合計
==注文==
取引日: 2013年07月30日
==注文明細==
明細(1) -- 鯖のアラ (単価) 273円
注文数: -0.5KG
==消費税率==
5%
==代金計算結果==
鯖のアラ 金額: -136.0円
消費税: -6.0円

```

図 9 テスト結果 2

消費税が 8 月 1 日に 5% から 8% に改定されたことを仮定して前後の注文入力を実行している (図 8) (図 9)。消費税率が変わり、税額が計算されている。複数明細の合計で計算していることにも着目されたい。

テスト結果 3 : 7 月 30 日注文の遡及訂正 (図 10)

```

Console
<terminated> UC002Test.UC002-03 [JUnit] /System/Library/Jav
◆UC02 (注文を記録する) -シナリオ(3)
== 契約 ==
契約先: 麺屋海神
代金条項_まるめ方法: 切り捨て
消費税条項_まるめ方法: 切り捨て
消費税条項_課税単位: 合計
==注文==
取引日: 2013年07月30日
==注文明細==
明細(1) -- 鯖のアラ (単価) 273円
注文数: -0.5KG
==消費税率==
5%
==代金計算結果==
鯖のアラ 金額: -136.0円
消費税: -6.0円

```

図 10 テスト結果 3

7 月 30 日に取引した注文を 8 月の消費税率変更後に取り消している (図 10)。この時の税率は 5% で再計算されている。複数明細の一部訂正であるため、この場合遡及計算が必要となる。

## 4.3 消費税計算モデル改善形

### 4.3.1 消費税計算モデル (図 11)

初回作成の概念モデル (図 1) に以下の改善を加えた。初回モデルではユースケース記述 (図 3) の実装時にスコープ外とした部分が表現できていないからである。

- 基本契約クラスが複数の個別契約クラスを持つ構造として個々の注文は個別契約であることを明らかにした。
- 個別契約クラスが商品取引、代金取引クラスを纏めることとし、かつ代金勘定クラスを作成するためのルール (仕訳ルールと呼んでもよい) をここに持たせた。消費税を明細ごとに計算するか、取引全体の合計金額に税率を掛けるか、または両方計算しておいてその安い方を採用するかというルールである。このルールにより明細毎に消費税を計算するときは消費税オブジェクトを、合計で行うときは合計消費税オブジェクトを生成する。これは「注文を記録する」ユースケースの⑤、⑥ (ユースケース記述 (図 3) の下線部) を実現するためである。
- 代金勘定クラスから消費税計算ライブラリを呼ぶこととした。
- 基本契約と品目に期間の概念を付加した。品目に期間の概念を付与しておくこと、税率 8% 時一般税率であった品目が 10% 増税時以降軽減税率となるという管理ができる。これによりこの増税時を跨った遡及入力を可能とする。

## 5 成果物の評価

消費税計算を題材に取り上げ、さらにそこから想起して汎化と継承を行って概念モデルの例を作成することで、ソフトウェアの現状における課題と解決策の例示ができた。

### 5.1 設計原則への準拠性

ルールと活動の分離、消費税計算部分の分離が行われ、勘定パターンが導入された概念モデルの標準形が得られた。ここから実装モデルおよびコードが導出されている。

### 5.2 概念モデルの良さ

概念モデル (図 1) は、企業活動を商流・金流の基本部分と消費税計算を明確に分離している。基本部分は構造部品の概念を提唱している。消費税計算部分はライブラリの形で提供され、書庫から本を取り出すように、条件によって必要な機能を持つオブジェクトを取り出して実行する。税率を決める部分は、業界、企業に合わせたカスタマイズを可能とする形となっており、このモデルの柔軟性と再利用性を高めている。

### 5.3 実装結果

実装モデル (図 2) は、識別子の導入、Façade、Singleton、Strategy というデザインパターンの適用などの概念モデルから実装モデルを導出するときの設計指針を反映している。TaxMapping クラスと TaxRate クラスで消費税カスタマイズ部分の構造が明確になった。コーディングはこれを継承し



ている。テストの結果もユースケースの実行が目に見える形で示されている。これは実装の証明を説明するための重要なプラクティスとして評価したい。

#### 5.4 消費税計算モデル改版 (図 11)

消費税計算モデルは、個別契約という概念を導入することで次のような利点を得た。これらは情報システムの課題を克服するものとして評価できる。

- ・消費税計算のルール記述を契約（基本契約と個別契約）と品目に閉じ込めることができた。これは企業活動を変動部分と固定部分に分けることにおいてさらに進歩している。
- ・代金勘定を作成するためのルール（仕訳ルール）を個別契約に記述した。これは企業活動の記録ルールの記述場所を特定することで、さらに構造を標準化し、このモデルの再利用性を高めることとなっている。
- ・基本契約と品目に期間の概念を付与することに加え、TEA モデルの TE の部分に企業活動の履歴を記述する部分が含まれていることから、情報システムが陥りがちな欠陥として前記した遡及入力ができない、予定計算ができない、活動履歴を照会できないなどの事項を構造的に防いでいる。

#### 5.5 課題

本研究ではユースケース記述 (図 3) 範囲での画面・永続化の実装を行ったが、スコープ外とした部分を含む、個別契約の中に記述する TEA モデルの記録ルールの部分は標準処理を作っておくべきであった。概念モデルの進化と実装モデルの進化は同期しなければならない。また、標準構造開発のためには、消費税計算のモデルからまた多くの継承モデルを作成して検証する必要がある。継承モデルについてもユースケースや実装による揺さぶりで洗練する必要がある。こうしたループにより、徐々に標準構造に近づいていくことができる。

### 6 結論

本研究の目的である「再利用可能な標準化されたアプリケーション構造」を達成できる概念モデル、実装モデル、ソースコードが得られた。具体的な評価は次のとおりである。

- ・予測される消費税制と実務の変動に耐えられる概念モデル (図 1) を得ることができた。調査した範囲での消費税計算仕様はすべて概念モデルに盛り込まれた。消費税計算ルールは契約と品目クラスに定義され、税率決定ロジックと税額計算ロジックは消費税ライブラリに集めてある。
- ・実装モデル (図 2) に関しては、ユースケース記述でスコープが明確にされ、ドメインの概念を継承しながら、実装に向けて、概念モデルから改定されている。データの一意性、計算の整合性が取れる構造が作られている。デザイ

ンパタンを持ち込むことで、モジュール化の原則を守るように努められた。税率計算も分かりやすい表形式で纏められている。

- ・コード (図 5~7) については実装モデル段階で小さなモジュールにする工夫、可読性を高める工夫が盛り込まれている。
- ・消費税概念モデルは、個別契約の導入と品目の期間管理の導入で第 1 版 (図 1) のユースケースの未対応部分を解消した。それによってさらに洗練された概念モデル (図 11) が得られた。

### 7 おわりに

現在、我が国を置かれた状況を考えれば、ソフトウェアの生産性向上は必須の課題であり、エンタープライズ系ソフトウェアについても同様である。プラットフォーム標準化とその利用による開発生産性向上の取組みについては、ロボットサービス・アプリケーションの開発についてすでに主張がなされている [10] が、エンタープライズ系の業務アプリケーションについてはほとんどないと言っている。それを踏まえて我々はエンタープライズ系ソフトウェアの標準化、部品化とそれによる再利用生産を目指すものである。

### 参考文献

- [1] 児玉公信：UML モデリング入門，日経 BP (2008)。
- [2] 児玉公信：UML モデリングの本質，日経 BP (2011)。
- [3] Fowler, M,堀内一監訳：アナリシスパターン，ピアソンエデュケーション (1998)。
- [4] Gamma,E. et al, 吉田和樹ほか訳：オブジェクト指向における再利用のためのデザインパターン (改訂版)，ソフトバンククリエイティブ (1999)。
- [5] Buschmann, F. et al, 金沢典子ほか訳：ソフトウェアアーキテクチャーソフトウェア開発のためのパターン体系，近代科学社 (2000)。
- [6] Evans, E 今関剛監訳：ドメイン駆動設計，翔泳社 (2011)。
- [7] 亀井邦裕ほか：消費税計算のための概念モデルの作成と試実装，情報処理学会研究報告，Vol.2013-IS-125, No3, PP=1-7,(2013)
- [8] 亀井邦裕ほか：消費税計算のための概念モデルとその継承，情報処理学会研究報告，Vol.2014-IS-127, No2,PP=1-8,(2014)
- [9] Clemens.P.et.al, 前田卓雄訳：ソフトウェア プロダクトライン，日刊工業新聞社(2003)
- [10] 成田雅彦:平成 25 年度科学技術白書，107 ページコラム 1-4, 経済産業省(2013)

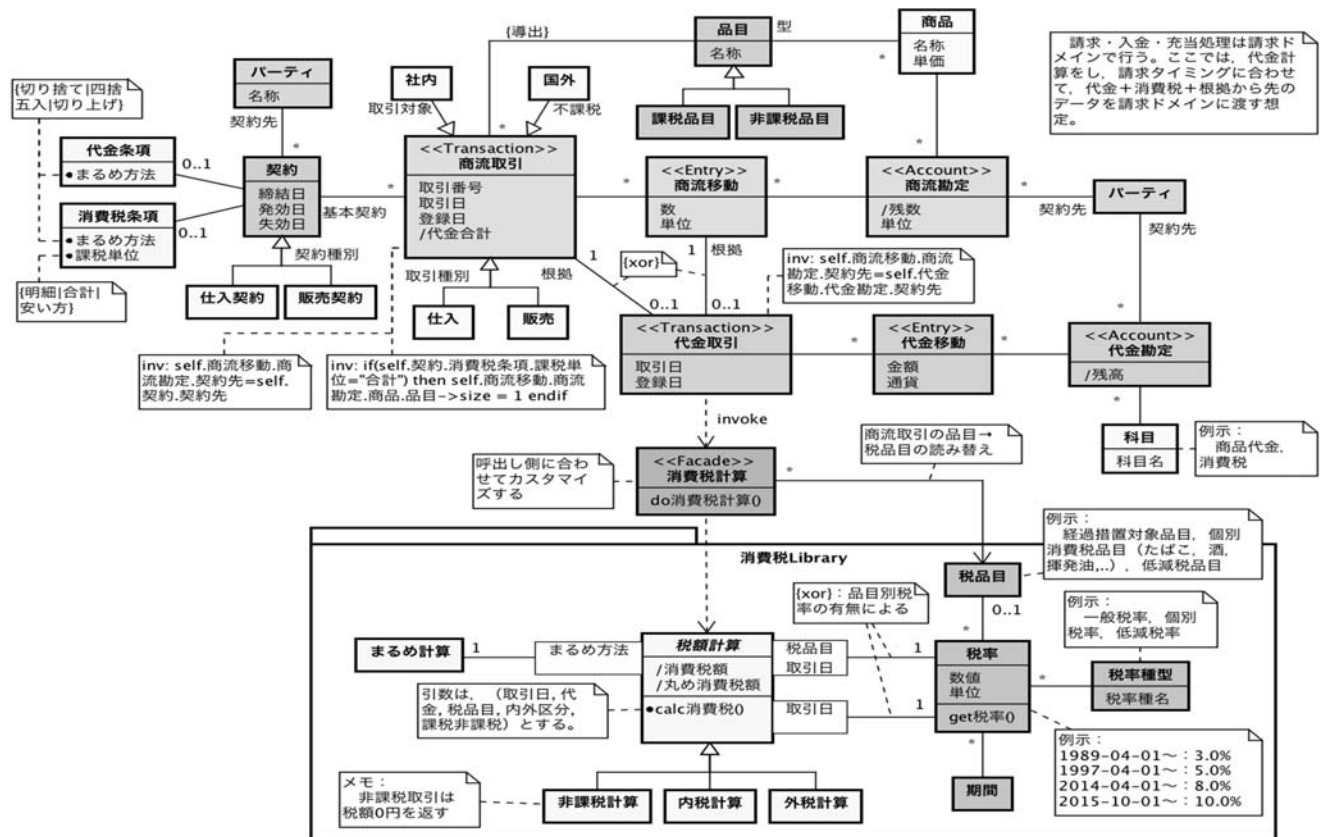


図1 消費税計算の概念モデル

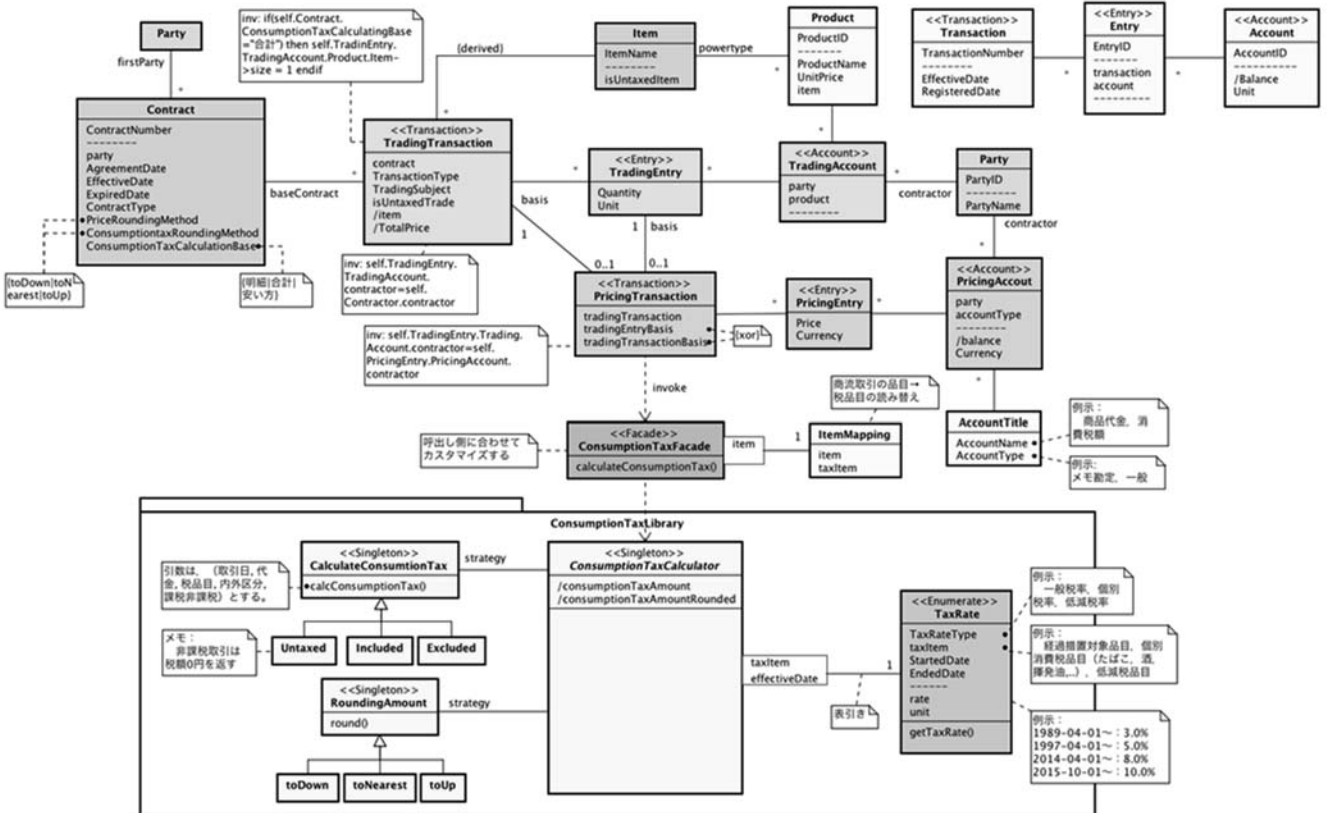


図2 消費税計算の実装モデル

2. 注文を記録する

アクタ：営業

概要：取引先からの注文内容を基に、代金計算を行った上で妥当な注文を記録する。

目的：適切に出荷し、代金を回収したい。

事前条件：商品がある。商流勘定と代金勘定は、すでに存在している場合がある。

事後条件：商流取引、商流移動がある。商流勘定がなかった場合は、それが新たに作られている。これに関連して、代金取引、代金移動がある。代金勘定がなかった場合は、それが新たに作られている。

基本系列：

- ①アクタはこのユースケースを起動する。
- ②システムは、注文内容（取引種別 [販売]、不課税取引区分、取引対象区分、商品、数、取引先、取引日）の提示を求める。
- ③アクタはそれらを提示する。上記注文内容はすべて必須項目。
- ④システムは、<<システム内部処理>>--
- ⑤アクタは確認する。
- ⑥システムは商流取引（TEA）と代金取引（TEA）を永続化する。

代替系列：

- ①基本系列⑤でアクタが確認しない場合は、本ユースケースの実行過程で生成したインスタンスは消去（rollback）し、このユースケースを終了する。

備考：

- ①代金計算、消費税計算は円建て。
- ② [販売] 注文は販売契約に基づいて消費税計算を行う。按分率は省略する。
- ③代金計算で用いる科目は、商品代金:メモ勘定と消費税：メモ勘定とする。
- ④本実装では、内税計算をスコープ外とする。
- ⑤課税単位が「安い方」の場合は、両方のケースを行って消費税額の合計を比較して、安い方の代金取引（TEA）を記録する。
- ⑥商流移動で、バラの商品が複数個ある場合、代金計算は商品別の合計額を代金として扱う。

図3 ユースケース記述

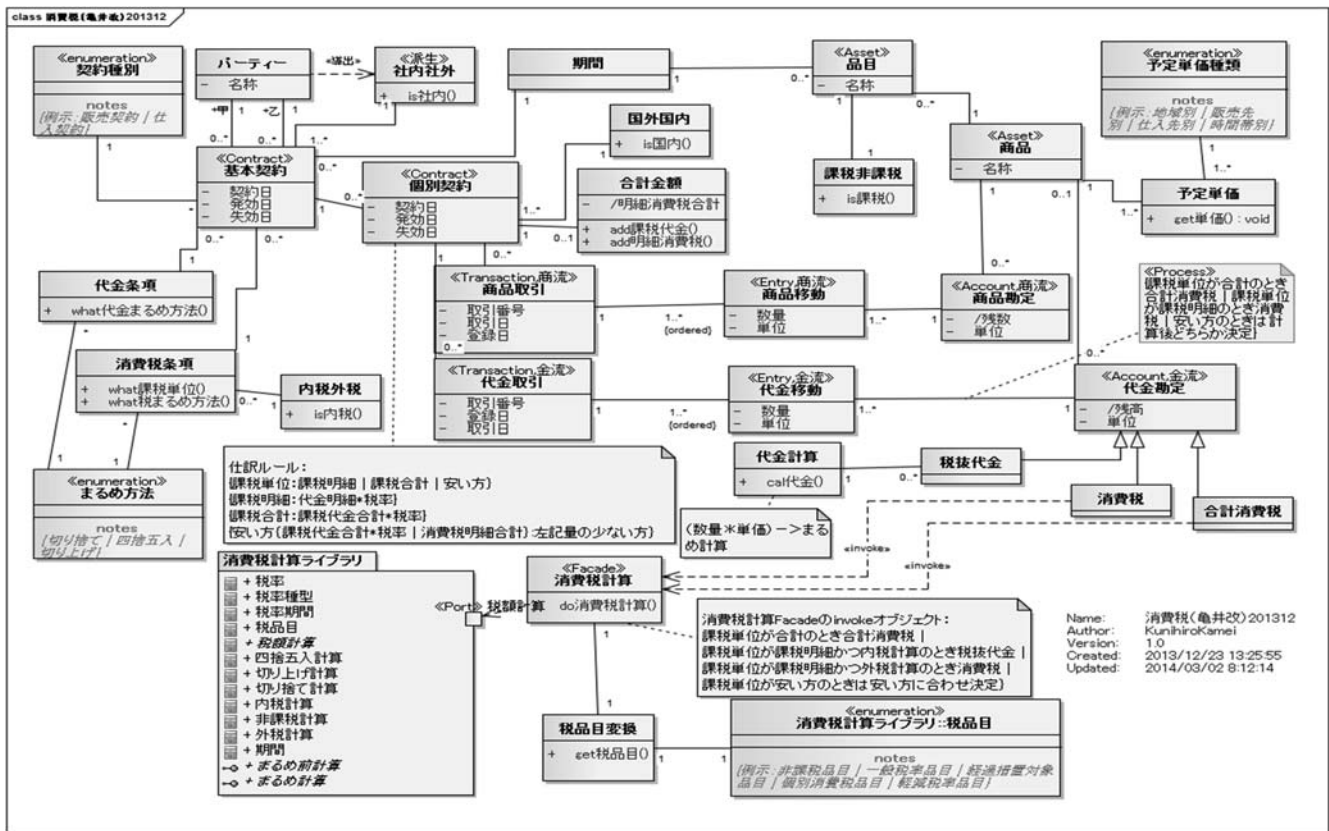


図11 改定消費税計算概念モデル

## デュアルキューブにおける耐故障経路選択手法の改善

雪田 英見<sup>1)</sup> Antoine Bossard<sup>2)</sup> 金子 敬一<sup>1)</sup>

## Improvement of Fault-tolerant Routing Algorithms in Dual-cube Networks

Hidemi Yukita<sup>1)</sup> Antoine Bossard<sup>2)</sup> Keiichi Kaneko<sup>1)</sup>

## Abstract

Extending the popular hypercube topology, Li et al. have proposed the dual-cube topology as a high-performance interconnection network for parallel systems. Jiang et al. have described a fault-tolerant routing algorithm in a hypercube. To achieve fault tolerance, they have used a safety-level mechanism. In addition, the same authors described a fault-tolerant routing algorithm in a dual-cube, this time relying on a limited safety-level mechanism. In this paper, we propose several new routing algorithms in a dual-cube that are based on limited safety levels and that improve fault tolerance compared to the conventional routing method.

**Keywords:** interconnection network, system dependability, fault tolerance, parallel system, multi-computer

## 1 はじめに

## 1.1 背景

近年、生命科学や分子科学、航空力学、量子力学、医療分野、気象予測などの様々な分野において大規模な計算が必要となり、そのための計算機には非常に高い処理性能が求められる。しかし、単一の計算機には処理性能の限界があり、大規模な計算を行うためには非常に膨大な時間を必要とする。そこで、計算に必要な処理を複数のプロセッサに分散させ、並列に計算させることで計算時間を短縮する、並列計算の研究が行われてきた。なかでも、非常に多数のプロセッサを用いた超並列計算の研究が盛んである。超並列計算において、プロセッサ間の通信は、相互結合網と呼ばれるネットワークを介して行われる。プロセッサを節点、通信リンクを辺として置き換えることで、相互結合網内の通信経路の構成は、グラフ理論の経路選択問題として考えることが可能である。

現在、超並列計算に適した相互結合網の位相としてトーラスやメッシュ、スターグラフ、パンケーキグラフ、ハイパーキューブ、デュアルキューブ [9] といった様々なグラフが提案されている。相互結合網の位相を考えると、プロセッサの物理的な制限によるリンク数の上限や、プロセッサ間の通信経路長が大きくなることによる通信効率の悪化、プ

ロセッサやリンクが故障した場合にも経路を構成できるような高い連結度の必要性などを踏まえる必要がある。また、相互結合網が故障を含む場合でも、できるだけ短い経路を構成する必要がある。そのような経路を構成するための耐故障経路選択手法が、様々な相互結合網で提案されている [1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13]。

本論文では、ハイパーキューブを拡張した位相である、デュアルキューブと呼ばれる相互結合網に注目する。デュアルキューブは、プロセッサ当たりのリンク数を抑えつつ、ハイパーキューブより多くの節点を接続することができるため、より大きなシステムの構築が可能である。また、ハイパーキューブの性質を併せ持っているため、ハイパーキューブで提案されている耐故障経路選択手法を応用して適用することが可能である。現在までにデュアルキューブにおける耐故障経路選択手法は、いくつか提案されてきた [5,10]。しかし、いずれも耐故障性に関して、改善の余地がある。

## 1.2 目的

本研究では、先行研究で提案された制限付き安全レベルを用いたデュアルキューブにおける耐故障経路選択手法 [5] を改善し、耐故障性の向上を目的とする。以下では、3つの改善アルゴリズムを提案する。いずれの手法も、従来の制限付き安全レベルをそのまま用いて、経路選択手法について改善したものである。

Received on 2014-10-03.

<sup>1)</sup> 東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>2)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

## 2 諸定義

本章では、本論文で使用する用語の定義、および、相互結合網の位相の定義と比較を行う。

### 2.1 用語の定義

#### 定義 1 グラフ

グラフ  $G$  は、空でない節点集合  $V(G)$  と、節点对の連結を表した辺の集合  $E(G)$  からなる。節点集合  $V$  と辺集合  $E$  からなるグラフは  $G(V, E)$  と表記する。

#### 定義 2 有向グラフ, 無向グラフ

グラフ  $G$  において、各辺が定義する節点对が順序対であるとき、 $G$  を有向グラフと呼ぶ。節点对が非順序対であるとき、 $G$  を無向グラフと呼ぶ。以下、本論文では断りのない限り、グラフと表記する場合、無向グラフのことを指すものとする。

#### 定義 3 隣接, 接続

グラフ  $G(V, E)$  において、2 節点  $u, v \in V$  を結ぶ辺  $e \in E$  が存在するとき、 $u$  は  $v$  に隣接していると呼ぶ。また、 $e$  は  $u$  および  $v$  に接続していると呼び、 $e = (u, v)$  と表記する。 $u$  に接続しているすべての辺の集合を  $E(u)$  と表記する。

#### 定義 4 次数

グラフ  $G$  における節点の次数とは、節点  $u$  に接続している辺の数  $|E(u)|$  であり、 $d(u)$  と表す。本論文では、2 節点間の複数の辺、および辺の両節点が同一節点である自己ループの辺は考慮しないものとする。そのため、 $u$  の次数は  $u$  に隣接する節点の数と等しい。

#### 定義 5 正則グラフ

すべての節点の次数が等しいグラフを、正則グラフと呼ぶ。

#### 定義 6 経路, 経路長

グラフ  $G$  における経路とは、次のような式で与えられる、空でない  $G$  の部分グラフ  $P(V, E)$  のことである。

$$\begin{aligned} V &= \{u_1, u_2, \dots, u_k\} \\ E &= \{(u_1, u_2), (u_2, u_3), \dots, (u_{k-1}, u_k)\} \end{aligned} \quad (2.1)$$

ここで、 $u_i (1 \leq i \leq k)$  はすべて異なる節点とする。この部分グラフ  $P(V, E)$  を  $u_1$  から  $u_k$  までの経路と呼び、 $k-1$  をこの経路の長さと呼ぶ。

#### 定義 7 最短距離

グラフ  $G$  の 2 節点  $u, v$  間の経路のうち、経路長が最も短いものを  $G$  における  $u, v$  間の最短経路と呼ぶ。

#### 定義 8 距離

2 節点  $u, v$  間の最短経路の経路長を  $u, v$  間の距離と呼び、 $d(u, v)$  と表記する。

#### 定義 9 直径

グラフ  $G$  の任意の 2 節点間の距離のうち、最大のものをグラフ  $G$  の直径と呼ぶ。

#### 定義 10 連結

グラフ  $G$  の任意の 2 節点間に経路が存在するとき、 $G$  は連結であるという。

#### 定義 11 $k$ -連結, 連結度

グラフ  $G$  から任意の  $(k-1)$  個の節点を除去しても  $G$  が連結であるとき、 $G$  は  $k$ -連結であるという。また、 $G$  が  $k$ -連結であって  $(k+1)$ -連結でないとき、 $k$  をグラフ  $G$  の連結度と呼ぶ。

#### 定義 12 故障

耐故障経路選択において、経路に含むことのできない節点を故障しているといい、故障節点と呼ぶ。また、故障していない節点を非故障節点と呼ぶ。グラフ  $G$  における故障節点の集合をグラフ  $F(G)$  と表記する。

#### 定義 13 故障率

グラフ  $G(V, E)$  に含まれる故障節点の割合を、グラフ  $G$  の故障率と呼ぶ。故障率は次式で計算することができる。

$$\text{故障率} = \frac{|F|}{|V|} \quad (2.2)$$

#### 定義 14 ハミング距離

等しい長さを持つ文字列  $u, v$  において、対応する文字が異なっている位置の数をハミング距離と呼び、 $H(u, v)$  と表記する。

#### 定義 15 隣接節点集合

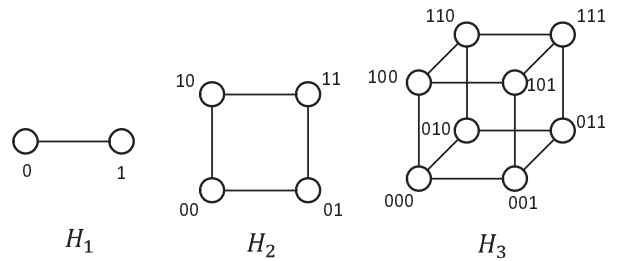
グラフにおいて、節点  $u$  の隣接節点の集合を隣接節点集合と呼び、 $N(u)$  と表記する。

#### 定義 16 前方隣接節点集合 $Pre(u, v)$

グラフの節点  $u$  と  $v$  に対して、節点  $u$  の隣接節点のうち、節点  $u$  から節点  $v$  への最短経路上にある節点を、節点  $u$  の節点  $v$  に対する前方隣接節点と呼ぶ。また、その集合を、節点  $u$  の節点  $v$  に対する前方隣接節点集合と呼び、 $Pre(u, v)$  と表記する。

定義 17 後方隣接節点集合  $Spr(u, v)$

グラフの節点  $u$  と  $v$  に対して、節点  $u$  の隣接節点のうち、節点  $u$  から節点  $v$  への最短経路上にない節点を節点  $u$  の節点  $v$  に対する後方隣接節点と呼ぶ。また、その集合を、節点  $u$  の節点  $v$  に対する後方隣接節点集合と呼び、 $Spr(u, v)$  と表記する。



2.2 グラフの定義

本節では、相互結合網の位相として提案されたグラフのうち、本論文に関わりを持つものの定義について述べる。

2.2.1  $n$ -ハイパーキューブ

ハイパーキューブとは、並列計算機に使用する相互結合網の位相として提案されたグラフである。以下に、その定義について述べる。

定義 18  $n$ -ハイパーキューブ

グラフ  $G(V, E)$  において、式 (2.3) を満たすとき、 $G(V, E)$  を  $n$ -ハイパーキューブと呼び、 $H_n$  と表記する。ハイパーキューブの例を図 2.1 に示す。

$$\begin{cases} V = \{(u_1, u_2, \dots, u_n) | u_i \in \{0, 1\}\} \\ E = \{(u, v) | u \in V, v \in V, H(u, v) = 1\} \end{cases} \quad (2.3)$$

ハイパーキューブにおいて、任意の 2 節点  $u, v$  の距離  $d(u, v)$  はハミング距離  $H(u, v)$  と一致する。よって、 $H(u, v) = 1$  を満たすとき、 $u, v$  は隣接する。また、 $u$  の  $v$  に対する前方および後方節点集合の要素数  $|Pre(u, v)|, |Spr(u, v)|$  に関して、常に  $|Pre(u, v)| = H(u, v)$ 、 $|Spr(u, v)| = n - H(u, v)$  を満たす。

2.2.2  $n$ -デュアルキューブ

デュアルキューブ [9] は、前述のハイパーキューブを拡張したグラフである。以下に、その定義について述べる。

定義 19  $n$ -デュアルキューブ

グラフ  $G(V, E)$  において、式 (2.4) を満たすとき、 $G(V, E)$  を  $n$ -デュアルキューブと呼び、 $F_n$  と表記する。デュアルキューブの例を図 2.2 に示す。

$$\begin{cases} V = \{(u_1, u_2, \dots, u_{2n+1}) | u_i \in \{0, 1\}\} \\ E = \{(u, v) | u \in V, v \in V, u_1 \neq v_1, u_i = v_i, 2 \leq i \leq 2n+1\} \\ \cup \{(u, v) | u_i \neq v_i, u_j = v_j, i \neq j, (1-u_1)n+2 \leq i \leq (2-u_1)n+1\} \end{cases} \quad (2.4)$$

$F_n(V, E)$  はクラスと呼ばれる  $0, 1$  からなる値と  $2^n$  個のクラスタを持つ。1 つのクラスタは、 $2^n$  個の節点を持ち、 $n$ -ハイパーキューブと同様の構造を持つ。 $F_n$  は対称グラフであり、任意の節点  $u$  の次数は  $n+1$  である。

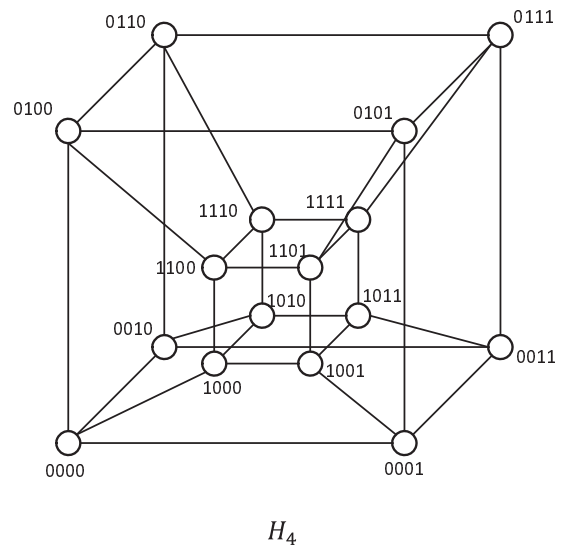


図 2.1 ハイパーキューブ

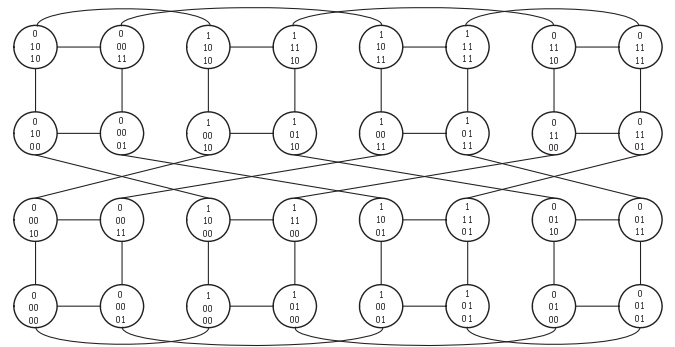


図 2.2 2-デュアルキューブ

定義 20 ノードアドレス

各節点には  $(2n+1)$  ビットの固有な数が与えられ、その数をノードアドレスと呼ぶ。ある節点  $u$  が  $(u_1, u_2, \dots, u_{2n+1})$  のノードアドレスを持つとき、 $c_u = u_1, r_u[1] = u_2 \dots u_{n+1}, r_u[0] = u_{n+2} \dots u_{2n+1}$  として、ノードアドレスを  $u(c_u, r_u[1], r_u[0])$  とする。 $c_u$  をクラス ID と呼び、 $u$  が属するクラスを示す。 $r_u[c]$  をノード ID と呼び、 $r_u[c \oplus 1]$  は  $u$  が属するクラスを示し、クラス ID と呼ぶ。つまり、クラス 0 に属する節点  $u$  のノード ID は  $r_u[0]$ 、クラス ID は  $r_u[1]$  となり、クラス 1 に属する節点  $u$  のノード ID は  $r_u[1]$ 、クラス ID は  $r_u[0]$  となる。

### 定義 21 キューブネイバー, クロスネイバー

デュアルキューブの節点  $u$  に対して, ノード ID だけが  $u$  のものと 1 ビット異なる  $u$  の隣接節点を,  $u$  のキューブネイバーという. また, クラス ID だけが  $u$  のものと 1 ビット異なる隣接節点を  $u$  のクロスネイバーと呼ぶ. 例えば  $F_2$  の節点  $s = 00000$  を定めたととき,  $s$  のキューブネイバーは  $00001, 00010$  となり,  $s$  のクロスネイバーは  $10000$  となる.

### 定義 22 キューブエッジ, クロスエッジ

デュアルキューブの節点  $u$  と,  $u$  のキューブネイバー  $v$  に対して, 辺  $(u, v)$  をキューブエッジと呼ぶ. また,  $u$  と,  $u$  のクロスネイバー  $v$  に対して, 辺  $(u, v)$  をクロスエッジと呼ぶ. ここで, デュアルキューブにおける 2 節点間の距離について述べる. デュアルキューブにおいて, 2 節点  $u, v$  の距離  $d(u, v)$  は式 2.5 で計算可能である [9].

$$d(u, v) = \begin{cases} H(u, v) + 2 & (c_u = c_v \cap r_u[c \oplus 1] \neq r_v[c \oplus 1]) \\ H(u, v) & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2.5)$$

### 定義 23 中間目的節点

デュアルキューブにおいて, ある節点  $u$  からある節点  $d$  へ経路を定める際に,  $u$  が属するクラスタのある節点  $v$  が  $r_v[c_u] = r_d[c_u]$  となると,  $v$  を  $u$  から  $d$  への中間目的節点と呼び,  $v$  を  $I(u, d)$  と表記する. つまり  $c_u \neq c_d$  であるとき, 中間目的節点  $v$  のノード ID と  $d$  のクラスタ ID は等しく,  $c_u = c_d$  であるとき, 中間目的節点  $v$  のノード ID と  $d$  のノード ID が等しくなる. 例えば  $F_2$  の節点  $u = 00000$ ,  $d = 10101$  を定めたととき,  $u$  から  $d$  へ経路を定める際の中間目的節点  $v$  は,  $00001$  となる.

## 3 先行研究

本章では, まず, 耐故障経路問題を定式化し, 問題に対する手法の概要について述べる. 次に, デュアルキューブにおける耐故障経路選択手法として提案された Jiang らの手法 [5] について述べる.

### 3.1 耐故障経路選択手法

本論文で扱う耐故障経路選択問題は, 故障節点を含むグラフ  $G(V, E)$  において, 出発節点  $s \in V$ , 目的節点  $d \in V$  を定めたととき, 故障節点を含まない  $s$  から  $d$  への経路を構成するものである. 耐故障経路選択手法の性能は, 計算時間, 経路の最適性, 耐故障性に依存する. この分野の耐故障経路選択手法は, 大きく分けて, 局所情報に基づいた手法, 大域情報に基づいた手法, 制限付き大域情報に基づいた手法の 3 つに分類できる. 局所情報に基づいた手法では, 各節点が隣接節点の故障情報のみを収集して経路選択を行うので, 単純な計算

で経路を求めることができるという利点がある. しかし, この手法では, 経路選択が完全に適応的になるため, 非故障経路を構成するにはバックトラックを必要とし, 大きな計算時間を要し, 構成した経路が長くなる可能性があるという問題点がある. 一方, 大域情報に基づいた手法では, 各節点が全体の正確な故障情報を予め収集した上で経路選択を行う. この手法では, 決定論的に経路を選択することができるため, その最適性を保証することができる. しかし, 故障情報の収集に大きな時間を必要とする問題点がある. これらの手法に対して, 制限付き大域情報に基づいた手法では, 各節点が全体の故障情報のある程度抽象化して収集し, その情報を元に経路選択を行う. 抽象化を行うことで, 計算時間を抑えつつ, 経路最適性の高い手法が可能となる. このため, 様々なグラフにおいて, 制限付き大域情報に基づく経路選択手法が過去に提案されている [1,2,3,4,6,7,8,11]. 3.2 節, 3.3 節では, デュアルキューブにおける耐故障経路選択のために先行研究で提案された局所情報に基づいた手法, および制限付き大域情報を用いた手法のそれぞれについて述べる.

### 3.2 深さ優先探索を用いた耐故障経路選択手法

本節では, Jiang らが提案した, 深さ優先探索を用いた耐故障経路選択手法 [5] について述べる. この手法は, 前述した制限付き大域情報を用いないため, その情報を求める前処理の必要がないという利点を持つ. また, この手法では出発節点  $s$  と目的節点  $d$  が連結成分であれば, 必ず非故障経路を見つけることができる. しかしながら, ある時点で, 現在節点  $u$  のすべての隣接節点が故障節点, もしくは既に通過した節点であった場合, 1 つ前の時点にいた節点にバックトラックする必要がある. したがって, メッセージのヘッダが経由した節点を記録しておく必要があり, そのための記憶領域が必要になる. さらに, 故障節点の状況によっては経路長が非常に長くなる可能性がある. ここで, デュアルキューブ  $F_n$  において出発節点  $s$ , 目的節点  $d$ , 故障節点集合  $F$  が与えられたとし, 初期状態で現在節点  $u = s$  とする. また,  $u$  に隣接する非故障節点で, まだ通過していないものの集合を  $SP(u)$  とする. 以下に経路選択手法を示す.

- Step1  $u = d$  ならば, 経路選択成功として終了する.
- Step2  $SP(u)$  を算出する.  $SP(u) = \emptyset$  ならば, 1 つ前の節点にバックトラックする. ただし,  $u = s$  であり,  $SP(u) = \emptyset$  ならば, 経路選択失敗として終了する.
- Step3  $u' \in SP(u)$  かつ,  $u' \in Pre(u, d)$  である  $u'$  が存在するならば,  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に戻る.
- Step4  $u$  のクロスネイバーを  $u'$  とし, 次の 3 つの条件のいずれかを満たす場合,  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に戻る.
  - ①  $u$  が,  $u$  から  $d$  への中間目的節点である

- ②  $u$  が,  $u$  から  $d$  への中間目的節점에隣接し, その中間目的節点が故障している, または既に通過した節点である
- ③  $u' \in SP(u)$  かつ,  $u' \in Spr(u, d)$  を満たす節点  $u'$  が存在しない

Step5  $u' \in SP(u)$  かつ,  $u' \in Spr(u, d)$  である  $u'$  を選択し,  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に戻る.

### 3.3 制限付き安全レベルを用いた耐故障経路選択手法

本節では, Jiang らが提案した, 制限付き大域情報を用いた耐故障経路選択手法 [5] について述べる. Jiang らは, Limited-Safety-Level (制限付き安全レベル) と呼ばれる制限付き大域情報を提案した. 以下, 簡易化のため Limited-Safety-Level を LSL で表す.  $F_n$  において, ある節点  $u$  の LSL を  $LS(u) = k$  ( $0 \leq k \leq n$ ) で表したとき,  $u$  が属するクラスタ内の距離  $k$  以下のどの節点にも少なくとも 1 本以上の非故障最短経路を構成可能であることを保障する. 任意の節点  $u$  で  $LS(u)$  を保持することによって, 経路選択において現在節点の隣接節点の中から, 目的節点までの距離以上の LSL を持つ節点を選ぶことで, より安全な節点を選択して経路を構成することができる.

#### 3.3.1 LSL 算出

デュアルキューブ  $F_n$  について, ある節点  $u(c_u, r_u[1], r_u[0])$  と故障節点  $F$  が与えられたとき, 節点  $u$  の  $LS(u)$  を以下の通りに求める. ただし, 事前に  $F_n$  中の故障節点の LSL を 0, 非故障節点の LSL を  $n$  に,  $round = 1$  に初期化する.

Step1 すべての節点  $u$  に対してのキューブネイバーである  $u'$  のうち,  $LS(u') = round - 1$  となるものが ( $round + 1$ ) 個以上存在する場合,  $LS(u) = round$  とする.

Step2  $round = round + 1$  とし,  $round = n$  になったら終了. そうでなければ Step1 に戻る.

Step2 では, すべての節点について,  $round$  の更新を同時に行う. 本算法における時間計算量は, 1 つの節点における隣接節点の LSL の収集に  $O(n)$  かかり, これをすべての節点に対して行うため, 全体で  $O(n^2)$  となる.

#### 3.3.2 経路選択手法

本節では LSL を用いた経路選択手法について述べる. 現在節点  $u$ , 目的節点  $d$  としたとき,  $u$  の隣接節点  $u'$  のうち,  $u'$  の属するクラスタ内の中間目的節点  $I(u', d)$  までの距離  $d(u', I(u', d))$  以上の LSL の値を持つ  $u'$  を選択する. 条件を満たす  $u'$  がなければ経路選択失敗となる. その条件を式

(3.1) に示す.

$$LS(u') \geq d(u', I(u', d)) \quad (3.1)$$

以下に, デュアルキューブ  $F_n$  において出発節点  $s$ , 目的節点  $d$ , 故障節点集合  $F$  が与えられ, 初期状態で現在節点  $u = s$  としたときの経路選択手法について述べる.

Step1  $u = d$  とならば, 経路選択成功として, 終了する.

Step2  $u$  が故障した中間目的節점에隣接するならば, 経路選択失敗とする.

Step3  $u$  が中間目的節点のとき, もし,  $u$  のクロスネイバー  $u'$  の  $LS(u')$  が式 (3.1) を満たすならば,  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に戻る. 満たさないならば, 経路選択失敗とする.

Step4 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Pre(u, d)$  中に存在するならば,  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に戻る.

Step5 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Spr(u, d)$  中に存在するならば,  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に戻る. 存在しないならば, 経路選択失敗とする.

## 4 提案手法

本章では, 本研究で提案するデュアルキューブにおける 3 つの耐故障経路選択手法について述べる.

### 4.1 提案手法 1

提案手法 1 は, Jiang らが提案した制限付き安全レベルを用いた手法の経路選択手法を改良したものである. Jiang らの経路選択手法では, 現在節点と目的節点の状況を考慮せずに経路選択を行っていた. デュアルキューブにおいて, 現在節点  $u$ , 目的節点  $d$  に対して,  $u$  と  $d$  が同じクラスタにあるときは  $|Pre(u, d)|$  本の互いに素な最短経路を構成することができ,  $u$  と  $d$  がそれぞれ異なるクラスに属するときは 1 本の最短経路を構築できる [9]. 一方で,  $u$  と  $d$  が同じクラスの異なるクラスタに位置する場合,  $|Pre(u, d)| + 1$  本の互いに素な最短経路を求めることができる. 提案手法 1 は, その性質を利用して, 2 節点と同じクラスの異なるクラスタに位置する場合の経路選択方法を改良したものである. なお, 制限付き大域情報としては Jiang らの LSL と同一のものを用いる. デュアルキューブ  $F_n$  において出発節点  $s$ , 目的節点  $d$ , 故障節点集合  $F$  が与えられ, 初期状態で現在節点  $u = s$  としたときの経路選択手法について以下に述べる.

Step1  $u = d$  ならば, 経路選択成功として, 終了する.

Step2 2 節点  $u, d$  が同じクラスの異なるクラスタに属し, かつ  $u$  が,  $u$  から  $d$  への中間目的節点ではないならば, 次の①, ②のいずれかを満たす  $u'$  のうち LSL がより高い  $u'$  を選択する. ①, ②の LSL が等しいならば, ②の  $u'$  を選択する.  $u'$  が定まれば  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に



戻る。両方を満たす  $u'$  が存在しないならば、経路選択失敗とする。

- ①  $u' \in Pre(u, d)$  かつ式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  ただし、条件を満たす  $u'$  が複数存在するならば、その中で最大の LSL を持つものを 1 つ選び  $u'$  とする。
- ② 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u$  のクロスネイバー  $u'$

Step3  $u$  が、 $u$  から  $d$  への故障した中間目的節점에隣接した場合、経路選択失敗とする。

Step4  $u$  が、 $u$  から  $d$  への中間目的節点で、 $u$  のクロスネイバー  $u'$  の  $LS(u')$  が式 (3.1) を満たす場合、 $u \leftarrow u'$  として、Step1 に戻る。

Step5 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Pre(u, d)$  中に存在するならば、 $u \leftarrow u'$  として、Step1 に戻る。

Step6 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Spr(u, d)$  中に存在するならば、 $u \leftarrow u'$  として、Step1 に戻る。存在しないならば経路選択失敗とする。

## 4.2 提案手法 2

提案手法 2 は、Jiang らが提案した制限付き安全レベルを用いた手法の経路選択手法 [5] を改良したものである。Jiang らの経路選択手法では、現在節点  $u$ 、目的節点  $d$  に対して、 $u$  が故障した中間目的節점에隣接するとき、経路選択失敗としていた。提案手法 2 では、 $u$  が故障した中間目的節점에隣接する場合、 $u$  のクロスネイバーに移るように経路選択する。また、経路選択の際に、1 つ前に選択した節点を選んでループが発生することを防ぐため、1 つ前の節点を記憶し、これを選ばないようにする。デュアルキューブ  $F_n$  において出発節点  $s$ 、目的節点  $d$ 、故障節点集合  $F$  が与えられ、初期状態で現在節点  $u = s$ 、1 つ前の節点を  $before = -1$  としたときの経路選択手法について以下に述べる。

Step1  $u = d$  ならば、経路選択成功として終了する。

Step2  $u$  が、 $u$  から  $d$  への中間目的節点のとき、

- ①  $before$  が  $u$  のクロスネイバーならば、Step4 へ。
- ②  $before$  が  $u$  のクロスネイバーでないならば、 $u$  のクロスネイバー  $u'$  が式 (3.1) の条件を満たす LSL を持つとき、 $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  とし、Step1 に戻る。条件を満たさなければ経路選択失敗とする。

Step3  $u$  が、 $u$  から  $d$  への中間目的節점에隣接するとき、

- ①  $before$  が  $u$  から  $d$  への中間目的節点である、もしくは隣接する  $u$  から  $d$  への中間目的節点が故障しているならば、 $u$  のクロスネイバー  $u'$  が式 (3.1) の条件を満たす LSL を持つとき、 $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  とし、Step1 へ戻る。条件を満たさなければ経路選択失敗とする。
- ② ①以外の場合、Step4 へ。

Step4 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Pre(u, d)$  中に存在するならば、 $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  として、Step1 に戻る

Step5 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Spr(u, d)$  中に存在するならば、 $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  として、Step1 に戻る。存在しないならば、経路選択失敗とする。

## 4.3 提案手法 3

提案手法 3 は、上記の提案手法 1、提案手法 2 を組み合わせて更なる性能の向上を図った経路選択手法である。現在節点を  $u$ 、目的節点を  $d$  としたとき、 $u, d$  がそれぞれ同じクラスの異なるクラスに属する場合は提案手法 1 の経路選択を行い、それ以外の場合は提案手法 2 によって経路選択を行う。以下に経路選択手法を示す。デュアルキューブ  $F_n$  において出発節点  $s$ 、目的節点  $d$ 、故障節点集合  $F$  が与えられ、初期状態で現在節点  $u = s$ 、一つ前の節点を  $before = -1$  としたときの経路選択手法について以下に述べる。

Step1  $u = d$  ならば、経路選択成功として終了する。

Step2 2 節点  $u, d$  が同じクラスの異なるクラスに属し、かつ  $u$  が、 $u$  から  $d$  への中間目的節点ではないならば、次の①、②のいずれかを満たす  $u'$  のうち LSL が最も高い  $u'$  を選択する。②の LSL が等しいならば、②の  $u'$  を選択する。 $u'$  が定まれば  $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  として、Step1 に戻る。①、②の両方を満たす  $u'$  が存在しないならば、経路選択失敗とする。

- ①  $u' \in Pre(u, d)$  かつ式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$ 。ただし、条件を満たす  $u'$  が複数存在するならば、その中で最大の LSL を持つものを  $u'$  とする。
- ② 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u$  のクロスネイバー  $u'$ 。

Step3  $u$  が、 $u$  から  $d$  への中間目的節点のとき、

- ①  $before$  が  $u$  のクロスネイバーであるならば、Step5 へ。
- ②  $before$  が  $u$  のクロスネイバーでないならば、 $u$  のクロスネイバー  $u'$  が式 (3.1) の条件を満たす LSL を持つとき、 $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  とし、Step1 に戻る。条件を満たさなければ経路選択失敗とする。

Step4  $u$  が、 $u$  から  $d$  への中間目的節점에隣接するとき、

- ①  $before$  が  $u$  から  $d$  への中間目的節点である、もしくは隣接する  $u$  から  $d$  への中間目的節点が故障しているならば、 $u$  のクロスネイバー  $u'$  が式 (3.1) の条件を満たす LSL を持つとき、 $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  とし、Step1 へ戻る。条件を満たさなければ経路選択失敗とする。
- ② ①以外の場合、Step5 へ。

Step5 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Pre(u, d)$  中に存在するならば、 $before = u$ 、 $u \leftarrow u'$  として、Step1

に戻る

Step6 式 (3.1) を満たす  $LS(u')$  を持つ  $u'$  が  $Spr(u, d)$  に存在するならば,  $before = u$ ,  $u \leftarrow u'$  として, Step1 に戻る. 存在しないならば, 経路選択失敗とする.

## 5 計算機実験

本章では, 本研究で提案した 3 つの耐故障経路選択手法の性能を評価するために行った計算機実験について述べる. 比較対象として先行研究である LSL を用いた耐故障経路選択手法を用いた.

### 5.1 実験手順

デュアルキューブ  $F_n(V, E)$  における今回の実験手順を以下に示す. 試行回数 10000 回とし, 故障率  $f = 0.0, 0.1, \dots, 0.9$ ,  $F_n(3 \leq n \leq 5)$  においてそれぞれ計算機実験を行う. 各試行では, 故障節点数  $|F|$  を式 (5.1) によって算出し,  $V$  の中から  $|F|$  個の節点をランダムに選択して故障節点集合  $F$  とする.

$$|F| = \lfloor |V| \times f \rfloor \quad (5.1)$$

故障節点を設定した後に, 非故障節点の中から出発節点  $s$  と目的節点  $d$  をランダムに設定する. もし, 設定した  $s, d$  が同じ連結成分に含まれない場合, 出発節点, 目的節点, 故障節点を設定しなおす. また, 各手法における到達失敗条件に加えて, 経路長が 100 を超えた場合にもループしたと判断し, 到達失敗とする. 各経路選択手法において到達失敗率, 迂回率の 2 つの記録を行った. 迂回率は式 (5.2) によって算出される値とする.

$$\text{迂回率} = \frac{\text{plen}(s, d) - \text{minlen}(s, d)}{\text{minlen}(s, d)} \quad (5.2)$$

ここで,  $\text{minlen}(s, d)$  は幅優先探索によって求められる節点  $s, d$  間の最短経路長を表し,  $\text{plen}(s, d)$  は各手法によって求められた  $s, d$  間の経路長を表すものとする. 以上の条件で性能評価を行った.

### 5.2 提案手法 2

到達失敗率に関する実験結果を図 5.1, 図 5.2, 図 5.3 に, 迂回率の平均値に関する実験結果を図 5.4, 図 5.5, 図 5.6 に示す. Jiang らの手法と比較して,  $F_n(3 \leq n \leq 5)$  において, 提案手法 1 では最大 5.3 ポイント, 提案手法 2 では最大 11.2 ポイント, 提案手法 3 では最大 13.5 ポイント, 到達失敗率が改善された. 図 5.1, 図 5.2, 図 5.3 より, 本論文で提案したどの手法においても, 故障率が 0.4 以下の場合には Jiang らの手法との到達失敗率の差が明確であるが, 故障率が 0.5 を超えると差が小さくなっていく. このため, 本研究

で提案した各手法は, Jiang らの手法と比較して, 故障率が低い環境下では効果的に働き, 故障率が高い環境下ではあまり差が生じないことが分かった. また, 全手法において, グラフのサイズが大きくなるにつれて各故障率における到達失敗率が悪化することが分かった. これは, デュアルキューブが次数を抑えつつより多くの節点を持つという性質により, 節点数の増加に対して次数の増加が緩やかなので, 節点数に対する次数の割合が小さくなり, 経路を見つけることが困難になっているためと考えられる. 図 5.4, 図 5.5, 図 5.6 より, Jiang らの手法と提案手法 1 では  $F_n(3 \leq n \leq 5)$  において, 迂回率はすべて 0 であった. これは, 構成される経路はすべて最短経路であることを示している. 一方で, 提案手法 2, 3 では, 迂回率が最大約 0.014 となっており, 経路の最適性は Jiang らの手法, 提案手法 1 と比較して悪化したことが分かる. また,  $F_3, F_4$  において, 提案手法 2, 3 の迂回率を比較した場合に, 故障率が低い環境下では提案手法 2 が提案手法 3 より迂回率が高く, 故障率が高い環境下で提案手法 3 が提案手法 2 より迂回率が高くなることが分かる. この現象を考えるうえで, 故障率が低い環境下では提案手法 3 が, 提案手法 2 よりも最大約 3 ポイント多くの経路を構成でき, 故障率が高い環境下ではどちらもほぼ等しい, ということを踏まえておく. したがって, 故障率が高い環境下において, 提案手法 3 は提案手法 2 に比べて迂回路を多く構成している可能性がある. また, 故障率の低い環境下では提案手法 3 が提案手法 2 よりも多くの最短経路を構成している, ということが考えられる. 評価実験で, 経路長が 100 を超えて到達失敗となったものが提案手法 2, 3 において確認された. これは, 経路選択時にループが発生したためであろう. 提案手法 2, 3 においては単純なループを防ぐため, 1 つ前の節点を選択しない. にもかかわらず, ループが発生した要因として, ある節点から他の節点をいくつか経由して元の節点に戻る形でループが発生している可能性が考えられる. このようなループを防ぐためには, 1 つ前の節点を選択しないことだけで対処することは不可能なので, 別な解決策を考える必要がある. 以上を通して, 本論文で提案した各手法を比較すると, 提案手法 3 は迂回率, ループ発生時点で Jiang らの手法, 提案手法 1 には劣る. しかし, 到達失敗率においては提案手法 3 が最も良い性能を示した. また, 提案手法 1 では, 構成した経路がすべて最短経路であり, かつ Jiang らの手法と比べて到達失敗率が改善された.

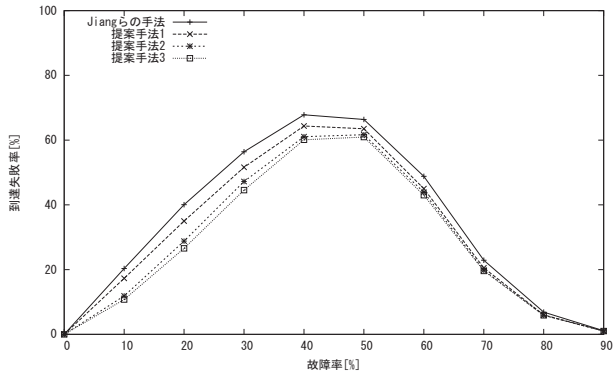


図 5.1  $F_3$  における到達失敗率

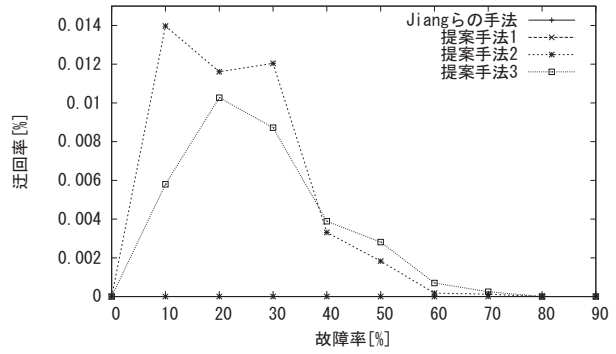


図 5.4  $F_3$  における迂回率

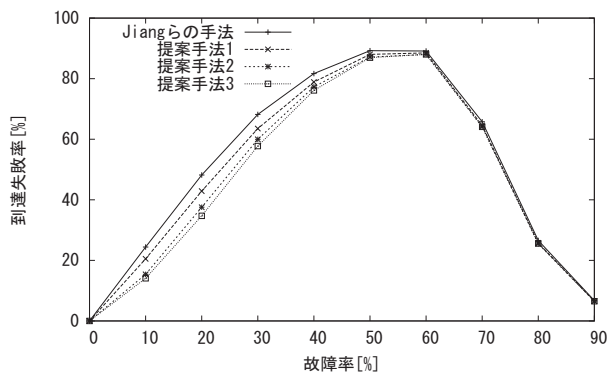


図 5.2  $F_4$  における到達失敗率

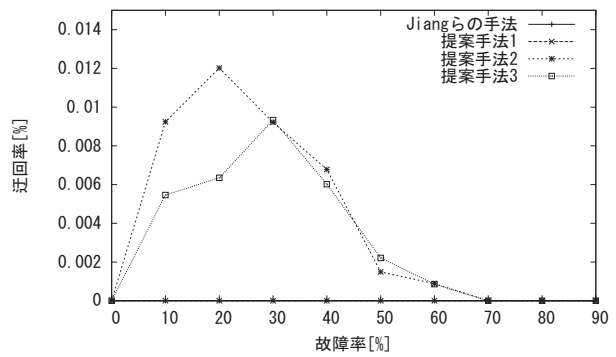


図 5.5  $F_4$  における迂回率

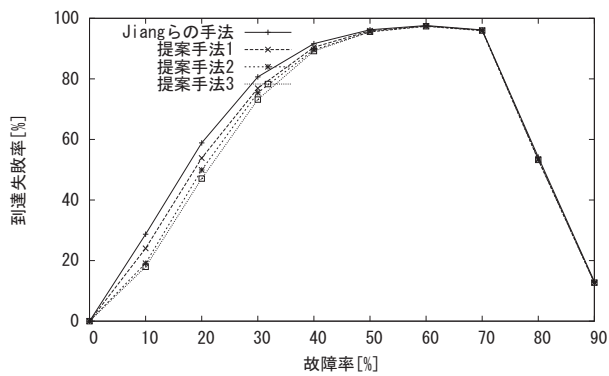


図 5.3  $F_5$  における到達失敗率

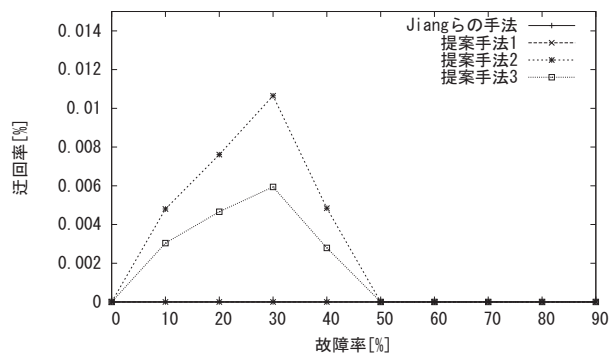


図 5.6  $F_5$  における迂回率

## 6 結論と今後の課題

### 6.1 結論

本論文では、Jiangらが提案したデュアルキューブにおける耐故障経路選択手法を改良し、より耐故障性の高いデュアルキューブにおける耐故障経路選択手法を3つ提案した。提案手法の性能を評価するために、 $F_n(3 \leq n \leq 5)$ において評価実験を行った。実験の結果、Jiangらの手法に対して、提案手法3において、到達失敗率を最大13.5ポイント下げることができた。また、迂回率は提案手法1で常に0、提案手法2、3では最大でも約0.014となった。よって、提案手法はJiangらの手法に比べて、わずかな迂回で到達失敗率の改善を実現することができたといえる。

### 6.2 今後の課題

今後の課題を以下に述べる。計算機実験によって、提案手法2、3においてループが発生することが分かった。ループ発生の原因を詳しく調査して対処することで、性能が向上する可能性がある。また、他のグラフにおいて制限付き大域情報が提案されているので[1,2,3,4,6,7,8,11,12,13]、それらの手法についてもデュアルキューブに応用し、さらに高い到達率を実現可能な耐故障経路選択手法を提案することも興味深い。

### 参考文献

- [1] Jehad Al-Sadi, Khaled Day, and Mohamed Ould-Khaoua: "Probability based fault-tolerant routing in hypercubes," *The Computer Journal*, Vol. 44, No. 5, pp. 368-373, 2001.
- [2] Chiao-Wei Chiu, Chang-Biau Yang, Kuo-Si Huang, and Chiou Ting Tseng: "A fault-tolerant routing algorithm with safety vectors on the  $(n, k)$ -star graph," *Proceedings of the 10th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms, and Networks*, pp. 34-39, 2009.
- [3] Rajib K. Das: "Fault tolerant routing in star graphs using fault vector," *Distributed Computing — IWDC 2005, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3741, pp. 475-486, 2005.
- [4] Dinh Thuy Duong, and Keiichi Kaneko: "Fault-tolerant routing based on approximate directed routable probabilities for hypercubes," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 37, pp. 88-96, 2014.
- [5] Zhen Jiang, and Jie Wu: "A limited-global information model for fault-tolerant routing in dual-cube," *The International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems*, Vol. 21, No. 1, pp. 61-77, 2006.
- [6] 金子敬一, 伊藤秀男: "全到達可能性によるハイパキューブの耐故障経路選択算法," 電子情報通信学会論文誌, Vol. J81-D-I, No. 8, pp. 1024-1030, 1998.
- [7] 金子敬一, 伊藤秀男: "ハイパキューブの耐故障経路選択算法の耐リンク故障への拡張," 電子情報通信学会論文誌, Vol. J82-D-I, No. 3, pp. 514-518, 1999.
- [8] Keiichi Kaneko, and Hideo Ito: "Fault-tolerant routing algorithms for hypercube interconnection networks," *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E84-D, No. 1, pp. 121-128, 2001.
- [9] Yamin Li, and Shietung Peng: "Dual-cubes: a new interconnection network for high-performance computer clusters," *Proceedings of the 2000 International Computer Symposium, Workshop on Computer Architecture*, pp. 51-57, 2000.
- [10] Yamin Li, Shietung Peng, and Wanming Chu: "Efficient collective communications in dual-cube," *The Journal of Supercomputing*, Vol. 28, No. 1 pp. 71-90, 2004.
- [11] Jie Wu: "Reliable unicasting in faulty hypercubes using safety levels," *IEEE Transactions on Computers*, Vol. 46, No. 2, pp. 241-247, 1997.
- [12] Dong Xiang: "Fault-tolerant routing in hypercube multicomputers using local safety information," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 12, No. 9, pp. 942-951, 2001.
- [13] Sheng-I Yeh, Chang-Biau Yang, and Hon-Chan Chen: "Fault-tolerant routing on the star graph with safety vectors," *Proceedings of the Sixth Annual International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms, and Networks*, pp. 301-306, 2002.



# Preliminary Comparative Study of Satisfaction of Convention Attendees

Tokuro Matsuo<sup>1)</sup> Hidekazu Iwamoto<sup>2)</sup> Toshikazu Fukushima<sup>3)</sup>

## Abstract

Convention is one of the most promising field of tourism industry and has been presented some important contributions in this decades. Contribution by Oppermann and Chon in 1997 introduces that motivation of attending convention is focused in four attributes, personal/business factors, association/conference factors, locational factors, and intervening opportunities. Oppermann in his contribution in 1998 also analyzed these attributes based on attendees' education and career. From the international event point of view, it is important to analyze and know how the convention planners can invite foreign attendees. This makes them re-visit the convention site again in their personal trip. This paper focuses on attendees' motivation and satisfaction to attend the academic/professional convention and analyze the difference between attendees country and areas where they live. The investigation clarifies the gap in values of international conference between Japanese and foreigners.

**Keywords:** Conventions, customer satisfaction, comparative study.

## 1 Introduction

Convention industry is one of the most important fields of tourism industry and its development can enhance the quality of infrastructure of city. Most of local cities and towns have a lot of issues how they invite a lot of conventions and convention visitors. As same as it, most of convention planners do not have a good knowledge of planning their convention to get a lot of attendees for their event. As one of start point for the good solution, it is better for them to know what is needed by convention attendees. Oppermann and Chon proposed the decision-making model of convention participants with four factors: personal/business factors, association/conference factors, locational factors, and intervening opportunities [1]. Personal/business factors include participants' health, finances, time availability, family, funding, professional advancement, and desire to learn. Desire to learn relates participants' educational opportunity to attend the convention. Association/conference factors include involvement of association, peer recognition, professional contacts, personal interactions, and global community. Locational factors include destination image, transportation cost, accessibility, accommodation cost,

climate, pre/post activities, and previous experience. Intervening opportunities include other conferences and vacations, and other items. Most of these factors are important to be considered to analyze participants' decision-making on conference participation, however conference planners cannot control most of two former factors to plan the event in order to increase attendees loyalty of participation of the convention. Tanford, Montgomery, and Nelson analyzed important factors of motivation of attendance, participants' satisfaction and loyalty and showed that they are influenced by five factors: program, networking, external activities, location, and cost [2]. Normally, conference organizer carefully arranges the conference program to attract participants. Otherwise, conference finance condition sometimes is aggravated unless convention gets a plenty number of attendees. Since regional price is different between local cities and metropolitan area, decision of conference venue for planner is deeply related with financial aspects as well as conference program.

In academic conferences, number of paper submission becomes a major preoccupation for convention planners. Conference sometimes reviews the submitted papers and only authors whose papers are accepted can register the conference. If the conference has a policy of acceptance rate like 33%, one hundred authors out of three hundred authors are accepted to register for the conference when three hundred papers are submitted to the conference. When the break-even point is 120 registrations from

---

Received on 2014-10-03

- 1) Advanced Institute of Industrial Technology
- 2) Josai International University
- 3) Conference Service Tokyo Inc.

attendees, conference planners may have to reconsider the content of conference schedule and social function because the number of registration is below the break-even point. As a practical measure, understanding important factors about convention environment, system, and some other conditions helps convention planners to choose the venue and hold the event because these factors are related with the motivation and satisfaction of participation to the conference for potential attendees.

This paper, as preliminary comparative study, focuses on what is different about satisfaction and motivation to attend the international academic conference between Japanese and foreigners. The contribution of this study is to clarify how convention planners build up their conventions.

## 2 Related Work

Oppermann analyzed convention perceptions from both small and large event planners in United States and showed the importance of four factors including facilities, cost, image/recreation, and general location. From this analysis, the destination image by large and small convention planner is scored.

Zhang *et al.* [4] proposed a refined model of factors affecting convention participation decision-making in relation with contribution by Oppermann and Chon [1]. However, this study is based on only literature review and did not provide any evaluations for their proposal.

Severt *et al.* [5] examined attendees' motivation and satisfaction, however this were investigated at national events and thus does not contain knowledge of international customers mix.

Wu and Weber [6] assessed convention participants' perceptions of the importance of select venue facilities, attributes and services. Yoo and Chon [7] examined convention participation decision-making with five dimensions: (a) destination stimuli, (b) professional and social networking opportunities, (c) educational opportunities, (d) safety and health situation, and (e) travelability. The contribution is elaborated to be analyzed with 17 items categorized above 5 dimensions. However, these researches lack the attributes to be needed in international academic event.

Kim *et al.* focused on the customer satisfaction on social function where is served food and drink in the conference and the contribution provides important suggestions about intention of return at the corporate conference [8].

However, in academic conference, it is not practical for attendees' intention to return by food function due to strong finance limitation because most of them are non-profit organization and event.

Breiter and Milman analyzed convention participants evaluation on services and facilities with importance-performance gap model [9]. However, this study did not investigate the attendees' satisfaction in the international academic conference.

Rittichainuwat *et al.* [10] analyzed motivation, inhibitors, facilitators for conference attendees. The investigation revealed Sightseeing, Self-enhancement, and Business and association activities affects conference attendees motivation to attend the conference. Conference and personal constraints, distance, time, and money lead to lack of motivation in attending conference. Facilitators for attendees to enhance motivation are clarified as affordability and availability of time, family/spouse, and distance and ease of access.

DiPietro *et al.* investigated decision-making process of choosing the destination and venue difference between meeting and exhibition planners [11]. Meeting and exhibition planners' decision-making is based on estimation of success of organized event.

Bauer *et al.* investigated attendees' motivation and satisfaction to attend the event [12]. This study examined customer estimated satisfaction in international convention ITU Telecom World 2006 held in Hong Kong and clarified what event organizers have their strategy to make successful event met the needs of event attendees. However, the study handled mega-convention in industrial domain and did not clarify the property of customers' motivation and satisfaction in international academic conference.

Fawzy [13] established a conceptual model of associations' convention venue selection process and it helps convention planners and facilities understand their approximate marketing strategies to improve customers' satisfaction.

Choi [14] analyzed attendees satisfaction with eight factors: price (meeting room rates, sleeping room rates, etc.), quality of sleeping rooms (room amenities, etc.), hotel personnel (friendliness, efficiency of check-in/out, etc.), overall affordability of destination (cultural attractions and sightseeing, major events/exhibits, hospitality of local community, etc.), quality of meeting rooms (lighting, climate, design, etc.), inventory (number

of meeting room, banquet space, etc.), location (shopping, restaurant, etc.), and quality of convenient services (availability of on-site recreational facilities and availability of business services). However, the study focuses on the convention planners' satisfaction and does not refer to the customers' satisfaction with answering questionnaires from attendees.

### 3 Methodology

#### 3.1 Condition

Examination of attendees' motivation and satisfaction was conducted at three international academic conferences held in Las Vegas, USA, Taiyuan, China, and Kitakyushu, Japan. Number of total participants was around 500. The attendees answered the prepared questions on questionnaire sheet right before attending the conference, because the result may be affected by the convention environment and situation if the investigation was conducted during/after the conference. Questionnaires are not explained the purpose of this investigation.

#### 3.2 Questionnaire items

The questionnaire consists of 6 parts: general questions, (A) Conference Publication and Social Event, (B) Travel and Stay, (C) General purpose of your participation to the international conference, (D) Conference Venue, and (E) Facilities. In general questions, answerers fill out their personal information. In (A) to (E), answerer chooses the importance of their thinking on scale 1 (less important) to 5 (most important). The below shows the question items.

#### **Question items**

##### General questions

1. Gender (female, male or unknown)
2. Age group (20s, 30s, etc.)
3. Country
4. Position of university/college (full professor, lecturer, etc.)
5. Hire type (permanent, part-time, etc.)
6. Experience of attending academic conference (1 to 3 per year, 4-6 per year, etc.)

##### Factor 1: (A) Conference Publication and Social Event

1. Getting **PRINTED** Conference proceedings/publications.
2. Getting USB/CD-ROM proceedings.
3. Conference Welcome Reception is an important social function.

4. Quality of food at Dinner banquet.
5. Buffet style dinner banquet.
6. Buffet style lunch.
7. Alcoholic drink (e.g. beer, red wine, ...) should be served at banquet.
8. An excursion program provided by the conference.

##### Factor 2: (B) Travel and Stay

1. Offering useful information about travel at the conference webpage.
2. Offering useful information about your stay/hotel at the conference webpage.
3. Non-stop international flight from foreign countries to the convention venue.
4. Convenient public transportation system from airport/station to convention center.
5. Low cost public transportation to get to conference venue from airport.
6. Short transportation time to get a conference venue from a nearest airport.
7. Reasonable local transportation fares.
8. Ease of visa application.
9. Information sign written in major languages (e.g. English, etc.) in the convention venue.
10. Availability of free WI-FI in hotel guest room.
11. Highly leveled accommodation service.
12. Reasonable accommodation (hotel guest room) fees.
13. Information sign written in major languages (e.g. English, etc.) in the hotel.

##### Factor 3: (C) General purpose of your participation to the international conference

1. Educational purpose.
2. Opportunities for Networking.
3. Job opportunities.
4. Interesting conference programs.
5. Career development.
6. Association related activities.
7. Personal development.
8. Visiting friends and relatives.
9. Escape from routine.
10. Conference committee requested you to attend the conference.

##### Factor 4: (D) Conference Venue

1. Safety and security of the destination/venues.
2. Many historical sites at host destination.
3. Beautiful scenery at host destination.
4. Destination with unique culture.



Table 1: Respondent Profile

Demographics	Percent of sample
Gender	
Female	13.3%
Male	85.3%
Unknown	1.4%
Country and Gender	
Japanese	59.1%
Female	(4.9%)
Male	(53.8%)
Unknown	(0.3%)
Foreigners	40.9%
Female	(8.4%)
Male	(31.5%)
Unknown	(1.0%)
Age	
70s or older	1%
60s	3.1%
50s	12.2%
40s	23.8%
30s	21.7%
20s	37.1%
Position	
Faculty and Staff	57.0%
Students	43.0%

$N=286$

5. A variety of local festivals/events.
6. Availability of recreational resources.
7. Number of available options of excursion.
8. Friendly attributes of residents for visitors.
9. Shopping and souvenir.
10. A variety of nightlife.

#### Factor 5: (E) Facilities

1. Well-developed facility for people with disability.
2. Availability of day care center for kids.
3. Cleanliness of venue's restroom.
4. Information sign written in major languages (e.g. English, etc.) in the conference center.
5. Comfortable rest area.

## 4 Result

### 4.1 General Questions

In this preliminary comparative study, the result focuses on gender and country. Number of respondent ( $N$ )

Table 2: Factors of important value in the conference

Factors and items	Mean	SD
Respondents		
(A)-3		
All	3.511	0.996
Japanese	3.297	0.955
Foreigners	3.854	0.97
(A)-7		
All	2.87	1.697
Japanese	3.139	1.212
Foreigners	2.437	1.327
(B)-8		
All	3.543	1.133
Japanese	3.38	0.922
Foreigners	3.806	1.215
(C)-1		
All	4.022	0.873
Japanese	3.866	0.873
Foreigners	4.269	0.973
(C)-2		
All	3.765	0.851
Japanese	3.599	0.903
Foreigners	4.04	0.889
(C)-3		
All	2.941	1.256
Japanese	2.849	0.979
Foreigners	3.087	1.302
(D)-1		
All	4.045	0.96
Japanese	3.933	0.948
Foreigners	4.228	1.004
(E)-3		
All	3.743	0.862
Japanese	3.594	0.823
Foreigners	3.99	1.034
(E)-5		
All	3.743	0.825
Japanese	3.659	0.815
Foreigners	3.881	1.027

*SD*: Standard deviation

was 286. The summary of result is shown in Table 1. Foreigners contents are Australia, Austria, Canada, China, Czech Republic, Egypt, France, Indonesia, Italy, Korea, Malaysia, Mexico, Poland, Saudi Arabia, Spain,

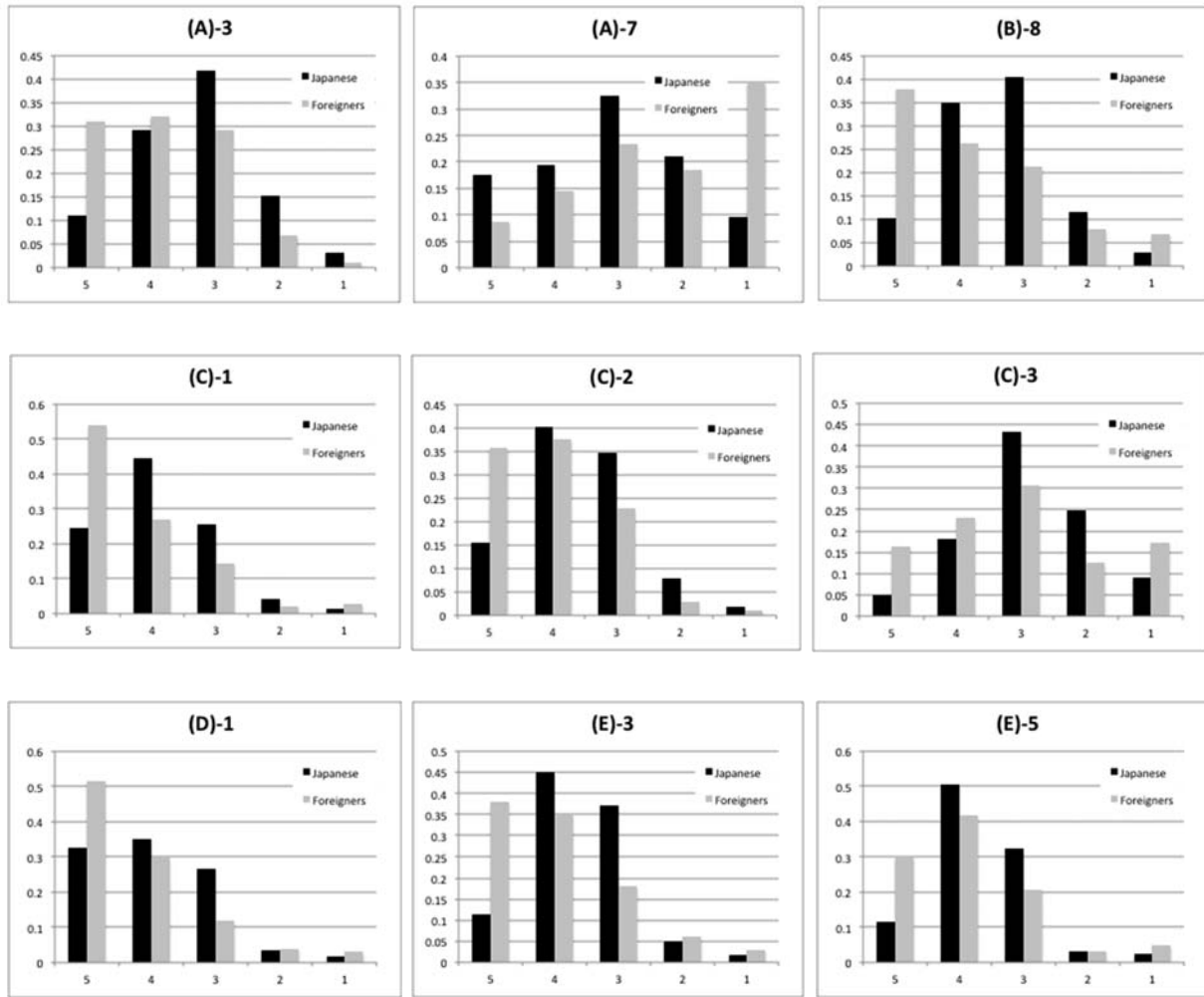


Figure 3: Graphics

Taiwan, Tanzania, Thailand, Tonga, United Kingdom, USA, and Viet Nam.

#### 4.2 Motivation and Satisfaction

To clarify the major difference between Japanese and foreigners, this paper explains these nine factors: (A)-3, (A)-7, (B)-8, (C)-1, (C)-2, (C)-3, (D)-1, (E)-3 and (E)-5. Table 2 shows the result of survey. In regard with the importance of conference welcome reception is an important social function, foreigners expect to attend the welcome reception more than Japanese. This result may have correlation with (C)-1 to (C)-3. In fact, Foreigners answered the importance of educational purpose, opportunities for networking, and job opportunities in general purpose of your participation to the international conference. In (A)-7, foreigners does not answered that the alcoholic drink is not important in the social function. Because of religion or culture, this result may be

appeared. In (B)-8, this result can be easily explained because Japanese people does not need to get visa when they visit a lot of country. In (C)-1, foreigners have more motivation to attend the conference for their educational development or learning new information. In (C)-2, networking is also important factor for foreigners. In (D)-1, over 50% of foreigners answered that it is important to keep safety and security when they attend the conference. This result may show Japan is a safe county. In (E)-3, over 35% of foreigners answered that cleanness of restroom in conference facility is important. In (E)-5, as well as (E)-3, a lot of foreigners answered comfortable rest areas in the facility is important.

#### 5 Discussions

In the future investigation, correlations between (A)-3 and (C)-1 to (C)-3 are needed to be analyzed by some

statistical tests. And also, the ratio of conference welcome reception attendees is needed to examine. If actual number of welcome reception attendees by foreigners are more than Japanese, degree of precision of this survey can be increased. In (A)-7, extra analysis is needed; the correlation of thought by country will give further suggestions.

In this paper, only simple analyses are shown as preliminary study. The extended study needs to deal with analyzing tendency of age, position, countries, and factor-to-factor correlations. For example, it makes a clear to understand what educational academic conference planners have to prepare the conference, because most of attendees can be expected as students. In academic conference for scholar, conference planners may have to prepare different type of social function comparing with educational event. The future work includes to clarify these analyzing the answer from respondents by data mining and some statistical tests.

## References

- [1] Martin Oppermann and Kye-Sung Chon. Convention participation Decision Making Process, *Annals of Tourism Research*, Vol. 24, No. 1, pp. 178-191, 1997.
- [2] Sarah Tanford, Rhonda Montgomery, and Kathleen B. Nelson. Factors that Influence Attendance, Satisfaction, and Loyalty for Conventions, *Journal of Convention & Event Tourism*, Vol. 13, pp.290-318, 2012.
- [3] Martin Oppermann. Perceptions of Convention Destinations, *Journal of Convention & Exhibition Management*, Vol. 1, No. 1, pp. 35-48, 1998.
- [4] Hanqin Qiu Zhang, Vivien Leung, Hailin Qu. A refined model of factors affecting convention participation decision-making, *Tourism Management*, Vol. 28, pp. 1123-1127, 2007.
- [5] Denver Severt, Youcheng Wang, Po-Ju Chen, Deborah Breiter. Examining the motivation, perceived performance, and behavioral intentions of convention attendees: evidence from a regional conference, *Tourism Management*, Vol. 28, pp. 399-408, 2006.
- [6] Ann Wu and Karin Weber. Convention center facilities, attributes and services: the delegates perspective, *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, Vol. 10 No. 4, pp. 399-410, 2005.
- [7] Joanne Jung-Eun Yoo and Kaye Chon. Factors Affecting Convention Participation Decision-Making: Developing a Measurement Scale, Vol. 47, pp.113-122, *Journal of Travel Research*, 2008.
- [8] Yen-Soon Kim, Yoon-Young Lee, Curtis Love. A Case Study Examining the Influence of Conference Food Function on Attendee Satisfaction and Return Intention at a Corporate Conference, *Journal of Convention & Event Tourism*, Vol. 10, No. 3, pp. 211-230, 2009.
- [9] Deborah Breiter, Ady Milman. Attendees' needs and service priorities in a large convention center: Application of the importance-performance theory, *Tourism Management*, Vol. 27, pp.1364-1370, 2006.
- [10] Bongkosh Ngamsom Rittichainuwat, Jeffrey A. Beck, Joseph Lalopa. Understanding Motivations, Inhibitors, and Facilitators of Association Members in Attending International Conferences, *Journal of Convention & Exhibition Management*, Vol. 3, No. 3, pp. 45-62, 2001.
- [11] Robin B. DiPietro, Deborah Breiter, Paul Rompf, Marta Godlewska. An Exploratory Study of Differences among Meeting and Exhibition Planners in their Destination Selection Criteria, *Journal of Convention & Event Tourism*, Vol. 9, No. 4, pp. 258-276, 2008.
- [12] Thomas Bauer, Rob Law, Tony Tse, Karin Weber. Motivation and satisfaction of mega-business event attendees: The case of ITU Telecom World 2006 in Hong Kong, *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, Vol. 20, No. 2, pp.228-234, 2008.
- [13] Ahmed Fawzy and Yasser Abo Samra. A Conceptual Model for Understanding Associations' Site Selection Processes: An Organizational Buyer Behavior Perspective *Journal of Convention & Event Tourism* Vol.9, No. 2, pp.119-136, 2008.
- [14] Jeong-Ja Choi. Factors Influencing State Association Planners' Overall Satisfaction with a Convention Experience, *Journal of Convention & Event Tourism*, Vol. 6, No. 4, pp. 65-80, 2004.

# ボツワナ政府における改善の取り組み — JICA シニアボランティアとして —

伊藤 衡<sup>1)</sup>

## KAIZEN in Botswana Government — Report from JICA Senior Volunteer —

Ko Ito<sup>1)</sup>

### Abstract

Author applied to the volunteer of JICA (Japan International Cooperation Agency) and was assigned to the Botswana Public Service College (BPSC) from Aug. 2014 to Jun. 2016. The mission of this assignment is to implement KAIZEN in Botswana government through training services. This paper introduce the current situation of Botswana government and three major activities supposed to be done during assignment period. The activities include the launch of new training course, Leader Development Program, and KAIZEN activities in BPSC.

**Keywords:** KAIZEN, Botswana, Public Service, JICA

### 1 はじめに

筆者は、産業技術大学院大学にて主にプロジェクトマネジメントやビジネスアナリシス関連の講座を担当してきたが、2014年8月からJICAのシニアボランティアとして2年間の任期でボツワナ公務員大学(BPSC: Botswana Public Service College)に赴任している(図1)。本稿では、ボツワナにおける政府のKAIZEN取り組みの現状と今後の指針について紹介したい。



図1 筆者のオフィスがあるBPSCの管理棟

### 2 ボツワナの現状

#### 2.1 人口、文化、産業

ボツワナは、南アフリカ共和国の北側に隣接する内陸国で、日本の約1.5倍の国土に約200万人がいる(図2)。公用語は、英語とセツワナ。通貨はPula(2014年8月29日現在1Pula=12.05円)。産業はダイヤモンド鉱山からの収入が国の歳入の約半分を占め、鉱物資源に依存した産業構造になっている。国土の大半がカラハリ砂漠で覆われおり、国の北西にあるオカバンゴデルタは貴重な水の供給源となっている。また、オカバンゴデルタは2014年に1000番目の世界遺産に登録され、観光資源としてダイヤモンドに次ぐ国の第2の収入源になっている。



図2 ボツワナ地図(Wikipediaから引用)

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

ボツワナの就業人口の約半分は公務員、あるいは半官半民の組織(Parastatal)に属している(表 1)。首都ハボロネ(Gaborone)でも 40 万都市で、富山市と同程度であり、市場規模は極めて限られている。

表 1 ボツワナの主な Parastatal 組織

BTC	Botswana Telecommunications Corporation
BHC	Botswana Housing Corporation
WUC	Water Utility Corporation
BPC	Botswana Power Corporation
BNPC	Botswana National Productivity Center
BR	Botswana Railways
BURS	Botswana Unified Revenue Service

## 2.2 政府の体制

ボツワナ政府の組織構造は、大統領府(State of President)配下にある 15 の省からなり、それぞれ、防衛、環境、教育、財務、科学技術、自治、国土、労務、資源開発、農業、外務、保健、交通、産業、文化を担っている(表 2)。2014 年 10 月 24 日に大統領選があるが、現職のカーマ大統領の支持率は高く 2 期目(5 年)の再選見込みである。2013 年発表の Gallup 調査によるとボツワナ国民の 81%がカーマ大統領の職務執行ぶりを評価しており、65%がボツワナ政府を信用できると回答し、67%が総選挙の実施についても信用できると回答している。

表 2 15 Ministries in Botswana Government

MDJS	Defense, Justice & Security
MEWT	Environment, Wildlife & Tourism
MESD	Education & Skill Development
MFDP	Finance & Development Planning
MIST	Infrastructure, Science & Technology
MLG	Local Government
MLH	Lands & Housing
MLHA	Labor & Home Affairs
MMEWR	Mineral, Energy & Water Resources
MOA	Agriculture
MOFAIC	Foreign Affairs & International Cooperation
MOH	Health
MTC	Transport & Communications
MTI	Trade & Industry
MYSC	Youth Sports & Culture

## 3 政府の取り組み

政府の取り組みは、Balanced Score Card を利用したトップダウンの施策と現場 KAIZEN のコンセプトに基づくボトムアップの施策に大別できる。

### 3.1 トップダウンの施策

ボツワナ国家は、Vision 2016 として以下に示す 7 Pillars (筆者による訳)を掲げており、それぞれにより具体的なゴールを設定している。

1. 教育と情報が提供される国
2. 豊か、生産的、革新的な国
3. 思いやり、公正な国
4. 安全、安心な国
5. 自由、民主的、信頼できる国
6. 道徳心が高く寛大な国
7. 団結し誇り高い国

例えば Pillar 1 の教育と情報に関する KPI として「進学率を 30%から 50%まで引き上げる」「23%の落第率を 5%まで引き下げる」「教師の欠員率を 45%から 10%まで引き下げる」などを設定している。さらにこの指標を実現する手段として、学校建設、教師の養成、教師宿舍の拡張、情報キャンペーンの実施、教師のスキルレビューなどの具体的なプロジェクトにドリルダウンされ、プロジェクトの成果は定期的に報告されている。各省のプロジェクトの中でも、たとえば保健省(MOH)が実施した HIV の親から子供への感染率の低減施策(PMTCT: Preventing mother-to-child transmission of HIV)は、実際に大きな成果(40%→4%)を上げており、Balanced Score Card Institute の成功事例にも取り上げられている。一方で、報告書を誰もレビューせずに監視コントロールが機能せずプロジェクトが自然消滅するケースも少なくない。

### 3.2 ボトムアップの施策

政府は改善テーマとして以下の 10 Point Agenda (筆者による訳)を上げており、それらを顧客対応(Windows for Customers)、汚職防止(I avoid corruption)、時間管理(Time management)、5S の 4 カテゴリに分類して、解決に結びつく小集団活動(WITS: Work Improvement Teams)を募集して実施している。

1. スケジュールの遵守(T)
2. 便利で遅延のないサービス(W)
3. 苦情への適切な対応(W)
4. 苦情への感謝(W)
5. 市民に対する尊敬、特に高齢者(W)
6. 公務員の過失に対する対応(W)
7. 役に立つヘルプデスク(W)
8. レターの受領確認と遅延なき問題解決(W)
9. 政府機関における汚職の撲滅(I)
10. 煩雑なお役所仕事の削減と効率改善(T)

WITs は、2012 度から始まった各省庁横断的な取り組みで、説明会、活動登録、実際の活動、各省庁での予選、政府全体のコンベンションと 8 ヶ月に渡って膨大な予算をかけ

て実施している。WITs の活動状況は、定期的に Team Leader が PIC (Performance Improvement Coordinator) に報告し、各省庁の Performance Improvement Committee で評価されることになっている。しかし、実際の改善活動は高々3ヶ月程度で発表内容も「5S 活動で書庫がきれいになった」等具体的なビジネス価値が不明なものが多い。参加者の中にはホテルでの食事つき説明会やコンベンションが目当てという人もおり、活動期間後もチームが継続できるケースは稀である。このように結果のレベルや継続性については問題があるものの、WITs 活動は KAIZEN の取り組みを省庁横断的に認知してもらう良い機会にはなっている。

#### 4 ボツワナ公務員大学の現状

ボツワナ公務員大学 (BPSC) は、首都ハボロネの中心地から東 2.5 キロほどのところにあり、政府の各省を横断的に管理する公務員庁 (DPSM: Directorate of Public Service Management) の下位組織に属している。その前身である GTS (Government Trade School) は、1962 年に創設され、1980 年に BIAC (Botswana Institute of Administration and Commerce) と改名、そしてより戦略的な教育機関として 2010 年に BPSC として再スタートしている。BPSC は、約 120 名の職員がおり、以下の 4 つの組織に分かれている。

- CLD: Centre for Leadership Development
- CPAM: Centre for Public Administration Management
- COE: Centre for Organizational Excellence
- CSD: Corporate Service Division

CLD と CPAM がトレーニングを実施する部署でそれぞれ 5 名と 10 名の Trainer がいる。COE は 5 人の Researcher からなる研究開発部署である。CSD は、いわゆる総務部門で約 100 人のスタッフがいる。

ボツワナ政府の職員は、A から F までの階層 (Band) に分かれており上位職である F と E は 2 年契約である。D からが管理職で C は一般職、A, B はドライバ、清掃員、門番などのブルカラー職である。BPSC でも C 以下の職員が全体の 7 割を占める (表 3)。

表 3 ボツワナ政府職員の階層

Band	Title
F	Permanent Secretary, Deputy PS
E2-1	Director, Deputy Dir.
D4-1	Chief/Principal/Senior Officer
C4-1	Assistant Officer
B	Typist, Technician, Supply, Cleaner,
A	Gardener, Gate Keeper 等

BPSC では、警察や軍などを含む全政府組織の各階層の職員に教育サービスを提供している。現在提供している主な

コースを表 4 に示す。これ以外にも例えば汚職や不正を防ぐ道徳教育など全階層の職員を対象にしたコースもある。上位の E, F を対象にした研修については、未だ自前で提供する力量がなく、シンガポール公務員大学 (Civil Service College of Singapore) や RIPA International (Royal Institute of Public Administration in UK) 等海外の教育機関からの講師派遣に依存している。そのような状況の中で BPSC における JICA ボランティアに対する要請は、KAIZEN 教育を通した各省庁のサービス品質向上である。

表 4 BPSC のおもな教育コース

Course	Target	Day
Public Service Induction	New hire	5
Supervisory Induction	D	5
Project Management in the Public Service	D	4
Project Management for Executives	E	4
Presentation Skills	D	1
Budgeting in the Public Service	D	2
Finance for Non-Finance Managers	D	3
Minutes Writing	C	2
Office Management	C	4
Customer Service	C	2

#### 5 活動計画とその意義

##### 5.1 今後の活動計画

派遣期間の 2 年間の活動計画として以下に示す 3 つの項目を掲げている。

- KAIZEN トレーニングの立ち上げ
- Leader Development Program
- BPSC の業務改善

最も重要だと考えているのは、KAIZEN 研修の立ち上げである。これは、ビジネスアナリシス、アジャイル PM、問題解決等、日本で実施している研修プログラムをボツワナの行政サービスのニーズに合わせて改変し、2015 年上半期までに立ち上げるというものである。立ち上げ後、1 年間はデリバリをしながらコース内容の改定をおこない、2 年目からは TTT (Train the Trainer) プログラムを作成し、BPSC のトレーナーや BNPC のコンサルタントを養成し、任期終了後も研修の提供を継続できる体制を構築したい。

2 つ目は、現場の KAIZEN 活動をリードできる次世代リーダーの育成で Leader Development Program と呼んでいる。これは、ボツワナ政府の若手公務員を日本の社会人大学院に留学させる施策である。本プログラムの主旨は、単なる知識修得ではなく、彼ら自身の目で日本のサービスレベルを体験してもらい、その経験を自国の改善に活かしてもらうことである。これは単に日本のサービスレベルをお手本にするということではなく、企業や自治体でのインターンシップ

やフィールドスタディを通して社会背景や価値観の違いを理解し、ボツワナならではのサービス品質のあるべき姿について考えてもらうという主旨である。この企画提案直後に、日本政府が Master's Degree & Internship Program of the African Business Education Initiative for Youth (ABE Initiative<sup>1</sup>)という同様の趣旨の8年間のプログラムを始めていることを知り、資金面での支援可能性を模索中である。

3つ目は、BPSC 自体のオペレーション改善施策である。まず、最初に手がけたのが大学の Facebook ページ<sup>2</sup>の作成である(図3)。これまでまともな Web ページがなく外部から大学の情報を得る手段がほとんどなかったためか、立ち上げ1週間で1000以上の「いいね」の反応があった。今後さらに、コストや手間をなるべくかけずに、コーススケジュールのアナウンスや受講登録受付等のサービスを Web 上でできるようにしていきたい。

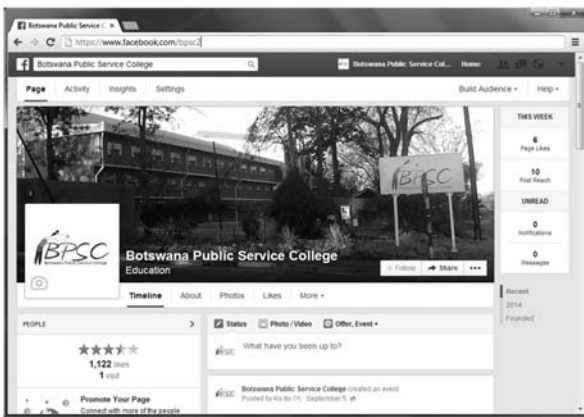


図3 ボツワナ公務員大学 FB ページ

さらに現状、受講者に対して受講証明書を発行しているが、特に試験等の評価をしているわけではないので、この証明書に何の効力もない。大学が一定のスキル認定をおこなうことができるように然るべき Accreditation Program (コース認定プログラム)を構築することも課題になっている。実はこの目的のために Assessment & Development Centre という専用の建物が完成しているが、現状まったく利用されていない。

同じように日本円で約1億もの予算をかけて作られた Auditorium と呼ばれる立派な講堂もほぼ完成しているが、これも使われていない(図4)。これら既存資源の有効活用も BPSC 内での喫緊の改善課題である。



図4 使用されていない Auditorium

2014年6月に15ページほどの BPSC の機関紙が創刊された(図5)。これは、政府の主要な政策や公開コースのスケジュールなども掲載されており外部組織との貴重なコミュニケーション媒体になっている。しかし、季刊のはずが10月になった今でも Vol.2 が発行される気配はなく、継続性欠如の事例にならないかと懸念している。

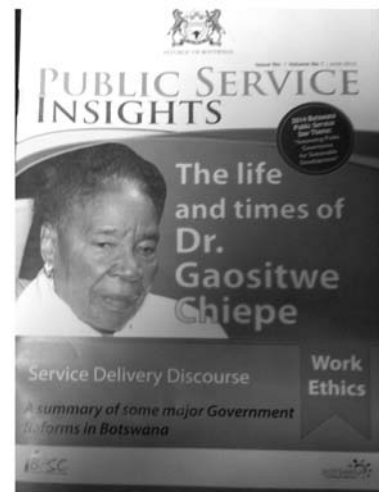


図5 BPSC 発行の Public Service Insights 誌創刊号

## 5.2 活動における指針

日本の組織における多くの TQC 導入失敗事例からもわかるように、ホワイトカラーの継続的改善は容易なことではない。10 Point Agenda を見るといずれもこの組織でもある一般的、道徳的な問題であり、現場固有の制約条件等を分析せずに活動を始めても継続的なサービス品質の改善に結び付けることは難しい。実際に取り組まれている KAIZEN 活動を見ると、表面的な手段として捉えられおり、短期的に結果が見えやすく顧客サービスの向上を伴わない整理整頓に時間とお金をかけているケースが多いことに気づく。KAIZEN に関してはすでに多くのトレーニング教材が各省庁に出回っている。しかし、肝心の KAIZEN Philosophy は理解されず、より判りやすい 5S, 5 Why, Fishbone, PDCA などの方法論だけが広まり、これが結果としてさらに多くの無駄を生み

<sup>1</sup> <http://education-japan.org/africa/>

<sup>2</sup> <http://facebook.com/bpsc2/>

出すといった皮肉な結果になっている。どの教材にも「5S や Fishbone は手段であって目的ではない」と書いてあるのだが、残念ながらその主旨は十部には伝わっていない<sup>3</sup>。これら見せかけの改善を超えて本当の顧客価値を実現するには、「なぜ整理整頓が必要なのか?」「改善の意義は?」といった改善の取り組みそのものを一旦否定するような問いを投げかけて、現場の職員自身に本当に取り組む価値のあるテーマを見つけてもらうしかない。さらにそれを継続させるためには、常に現状に疑問を持ち続ける姿勢が必要である。そもそも日本の労働生産性は、OECD 加盟 34 カ国の中でも 21 位と平均を大きく下回っており、製造現場の高い生産性を考えるとホワイトカラーのそれは最低レベルと言っても良いのである。そういう国が何か支援できるとすれば我々自身の失敗経験しかない。

一方、膨大な予算をかけて実施するプロジェクト型の施策については、使われない建築への投資事例からも明らかなようにビジネスアナリシスの教育が必要である。現在のボツワナ政府は、バブル時代の日本と同じく、本質的な価値から乖離したソリューションへの無駄な投資を許してしまえるほどダイヤモンドマネーで潤っている。このぬるま湯に自ら歯止めをかけることができる強いリーダーシップが求められており、ビジネスアナリシスの枠組みが新たな気づきを得るきっかけになればと考えている。

## 6 まとめ

ボツワナには必ず各部落にコータ(Kgotla)という集会所があり(図 6)、部落に関わる重大な決め事は首長であるコーシ(Kgosi)を中心にここでとことん話し合って決める。この慣習は、現在でも議会政治と並んで尊重され生き続けている。"ntwa kgolo ke ya molomo"(最も気高い戦争は対話である)という古いセツワナの言葉もあり、ボツワナは世界最古の民主主義と呼ばれている。

BPSC の既存のコースでも 7 Pillars についての説明した後、セミナー参加者が携わる実プロジェクトを共有し、国家戦略にあっているか?どんな問題があるか?その原因は何か?等を議論するワークショップを行っている。セツワナ交

<sup>3</sup> KAIZEN の生みの親である大野氏が著書の前書きで次のように記している。

これだけトヨタ生産方式に関心を寄せてくださることは結構なことであり、ありがたいことだと考えています。しかし、しだいに注目され、国内の各業界でも研究されていくうちに、一部では誤解されたり、あるいは都合のよい部分だけを濫用されているところもあるように聞いています。(中略)そこで、トヨタ生産方式をどうしても正しく理解し、運用していただきたい、できるだけたくさんの人に、何たるかを理解していただきたいと考え、この書をまとめました。

じりの英語なので議論の中身は定かでないが、とことん議論をする彼らを見ていると、KAIZEN を生み出し多くの難局を乗り越えてきた当時の日本人に重なる。実際ボツワナ人は、控えめで、礼儀正しく、誇りが高く、高度成長期を支えて来た誠実な日本人と似ている面が少なくない。この愛すべき国民と国の発展のために、KAIZEN Philosophy の教育を通じて少しでも貢献できればと考えている。また本稿が、これから海外での開発事業や国内での政策案件に携わる方にも多少なりとも参考になれば幸いである。次の機会には、より具体的な成果報告ができることを願ってこの時点での報告としたい。



図 6 BPSC キャンパスにある Kgotla



図 7 BPSC マネジメントスタッフ

## 参考文献

- [1] 池谷和信. ボツワナを知るための 52 章. 明石書店. 2012.
- [2] Wikipedia. <http://ja.wikipedia.org/wiki/日本の市の人口順位>. 2010. (visited on 2014-09-19)
- [3] Gail S. Perry. Evidence of a Mature Scorecard: The Power of Alignment!. Balanced Scorecard Institute. 2010.
- [4] 大野耐一. トヨタ生産方式一脱規模の経営をめざして一. ダイヤモンド社. 1978.
- [5] 日本の生産性の動向 2013 年度版. 日本生産性本部. [http://www.jpc-net.jp/annual\\_trend/](http://www.jpc-net.jp/annual_trend/). (visited on 2014-10-16)





# Optimal Control of Adaptive Structures using Genetic Programming

Sourav Kundu<sup>1)</sup>

## Abstract

Variable Geometry (VG) structures face challenges in accuracy and knowledge of the structural characteristics and attainment of coordinated motion of a large number of actuators. The key is to directly control parameters of the structural forces or relative displacements. The overall control goal defined by a given objective function to be implemented requires the most efficient rules to control the key parameters of the structure, which have to be explicitly defined. The alternative is to search from a large number of candidate rules using adaptive search. This paper uses Genetic Programming to derive those optimal control rules for VG structures. The results achieved for a 10-module 2D VG structure are illustrated.

**Keywords:** Variable Geometry Structures (VGT), Genetic Programming, Optimal Control Rules

## 1 Introduction

Variable Geometry (VG) structures have in past provided solutions to many anticipated challenges of space and other applications. A VG structure is a class of adaptive structure that allows controlled alteration of system states to bring about large controlled geometric changes from a random initial geometry or a compact one, to a final distributed geometric configuration. In control of VG structures, the important aspect is observation and control of the basic parameters of the structure that include internal forces, relative deformation, and internal strain energy at a local level. Autonomous distributed control rules seem to provide a framework to achieve this. One begins with a particular rule, which has been constructed to satisfy all the constraints. Then a sequence of “moves” is made in the space of possible rules with each move arranged such that the constraints are still satisfied. In simplest cases, each move is chosen to yield a rule, which is more optimal, or considered having a lower “cost function”. Here the structure itself provides the communication between sensors and actuators by its capability to transmit force information. By design, the structure can provide global information by monitoring subsets of internal forces. Some potential challenges of

using external forces and inertial acceleration measurements to control VG structures are:

1. Extremely accurate real time knowledge of the structural characteristics is necessary to control the structure. The controller forces are potentially destabilizing and couples with the rigid body motions.
2. High-speed processors are necessary to simultaneously control all actuators and detect erroneous signals or output from faulty sensors and actuators.
3. The inertial actuators are not suitable for quasi-static adjustments and adjustments of internal structural forces or strain energy.
4. The system is not robust.

A control strategy, based on the autonomous distributed criteria is presented here which makes independent adjustments to internal structural forces by actuators that are controlled by genetically learned control rules that have hierarchical dependence, to produce global effect from local length adjustments only. It is shown how these rules can be learned by using a GP. Section 2 gives a brief outline VG structures, section 3 describes the GP encoding of the rules followed by a numerical application presented in section 4.

## 2 Variable Geometry Truss

Figure 1 illustrates a typical example two-dimensional VG structure. The fundamental module of this structure

---

Received on 2014-10-24

1) Knowledge Solutions Group Inc. (Y.K.)  
Tokyo, Japan. kundu@ksgcorp.com

is a rectangular truss composed of an adjustable diagonal member and three fixed members with length  $L$ . The VG structure is constructed of  $n$  basic modules serially. Thus, the repetition of the basic module in the longitudinal direction forms the whole structure of the VG truss structure. By controlling the lengths of the diagonal member in each module, we can change the configuration of the VG structure into an arbitrary posture in two-dimensional space. The motion the VG structure is highly flexible, but its rigidity is inherently high. The elastic and vibrational properties of the VG truss structures vary depending on its configuration. The initial configuration of the statically determinate structure and its end-effector position (point where the force  $P$  is applied in Fig. 1), are given by initial length of the adjustable diagonal members. The final optimal configuration of the structure, the final optimal positions of the end-effector as well as the optimal trajectory from initial to final, are sought for by minimization of predetermined evaluation criteria. The control rules that the GP evolves take these evaluation criteria into their account. The objective here is to achieve a minimum compliance structure. The GP genetically breeds the control rules that interact at local level (in one module of the structure), using local stress and sensitivity information only, while trying to achieve a global behavior, which will adapt to a maximum stiffness posture from any starting arbitrary posture, for any given load direction (angle of force  $P$  in Fig. 1). Consequently, maximum stiffness posture will also mean that total strain energy of the structure is minimized. The objective function used for this minimization procedure is :

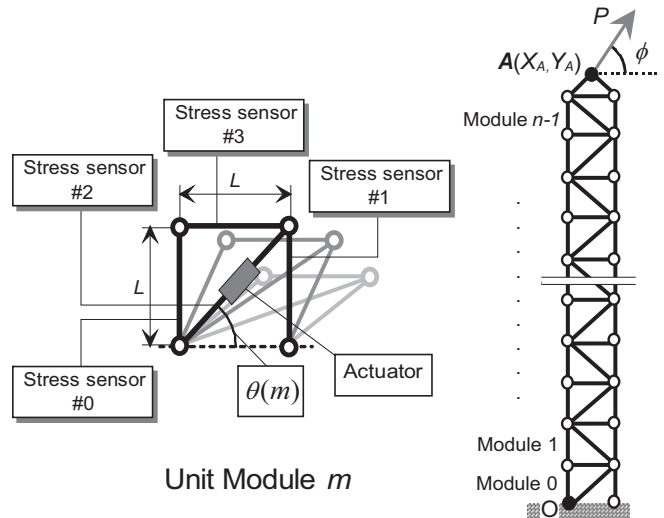
$$U(\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_{n-1}) = \sum_{m=0}^{n-1} u_m \rightarrow \min \dots \dots \dots (1)$$

Subject to :  $\phi = \text{constant}$ . (refer Fig. 1). Where  $U = \text{Total strain energy}$ ,  $u_m = \text{strain energy of the } m^{\text{th}} \text{ module}$ , and  $\phi = \text{Direction of load}$ . We prescribe the global coordinates  $(x,y)$  as situated at the left hand side bottom node of the lowest module. In the simulation procedure of the VG structure we first analyze an initial random configuration of the VG structure by Finite Element Method (FEM). To do this we use the stress values noted by the stress sensors (#0 - #3) (refer Fig. 1). We then determine the control value by control rules. We use these control values as a feedback to re-configure the VG

structure. After this, we re-analyze the total structure by the FEM program and test for convergence to given criteria. While convergence criteria are not satisfied, we perform the above steps iteratively as shown in Fig. 4. The control variable is  $\theta(m)$  as marked in Fig. 1.

### 3 Encoding of GP Trees

The representation and encoding technique for the autonomous distributed control rules by tree structure of the GP is outlined here. The control program that we propose, consists of three types of tree structures. The hierarchical organization of each GP tree makes it possible to evaluate an output of the actuator, given the present state of the system which pertains to information on key parameters significant to the VG structure. There are **four basic trees**.



**Figure 1 Model of Variable Geometry Structure.**

1. **Main\_tree**: This tree is on the top level of the hierarchy and performs Boolean operations on the values returned by trees at the lower level (eg. control\_tree condition\_tree select\_rule\_tree). The **Function set** at this level of the Main\_tree consists of three elements:
    - ① **Prog2**: takes 2 arguments and sequentially executes them.
    - ② **Condition**: takes 2 arguments.
    - ③ **Select\_rule**: takes one argument.
- Terminal set** consists of only one operation, which is termed as **Action** that always calls a tree from the lower level of the hierarchy, and returns the value computed by the called tree back to the higher level.
2. **Condition\_tree** and 3. **Select\_rule\_tree**: As we descend down the hierarchy, the 'action' module in

the *Main\_tree* above calls the *Condition\_tree* and/or the *Select\_rule\_tree* at the next lower level. These trees store and use the vital information relating to the VG structure of the neighboring modules (upper and lower modules) at the time step when the calculations are being made. The **Function set** of these trees have four of the standard mathematical entities (+, -, \*, Not). The **Terminal set** consists of only one expression: *m\_stress*. This "*m\_stress*", which is shown in equation (2) below is the difference between stress of a member of the module of the VG structure which is presently being considered, and the average stress of corresponding member of the immediate upper and lower modules. This tree returns a value (condition of the module) which is either of 1, 0 or -1 by calculating "*m\_stress*" of each member in the corresponding module.

where  $\sigma(s,m,i)$  means stress value of  $i^{\text{th}}$  member

$$m\_stress\_i = \sigma(s,m,i) - \{\sigma(s,m+1,i) + \sigma(s,m-1,i)\} / 2 \dots\dots\dots (2)$$

$$s\_stress\_i = \{\sigma(s,m,i) - \sigma(s-1,m,i)\} / \Delta\theta_m \dots\dots (i = 0,1,2,3) \dots\dots\dots (6)$$

( $i=0,1,2,3$ ) of  $m^{\text{th}}$  Module (current considered Module,  $m=0,1,\dots,r-1$ ) at  $s^{\text{th}}$  adaptive step (present adaptive step,  $s=0,1,\dots,STEPMAX$ ). The Function set of this tree restricts the control values between -3 and +3, and produces incremental control values for each module of the structure. Note that while calculating "*m\_stress*" the VG truss structure is considered with periodic boundaries, that is, bottom-most module becomes an "upper" module for the top-most module.

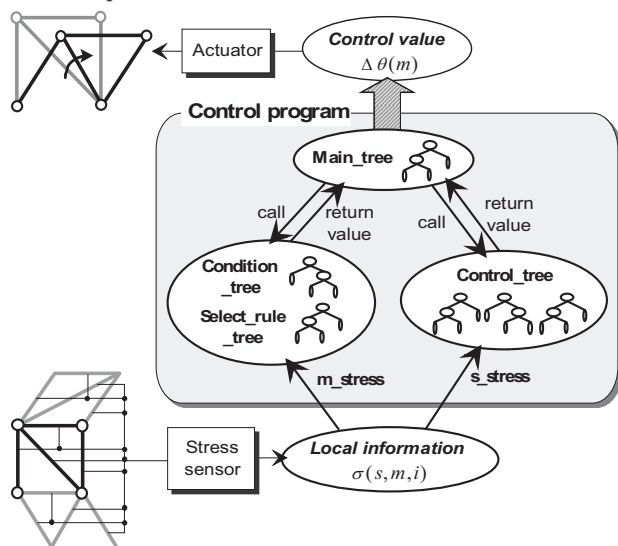


Figure 2. The hierarchical relationship of *Main\_tree*, *Condition\_tree*, *Select\_rule\_tree*, *Control\_tree* and others

4. **Control\_tree** : The *Control\_tree* has similar **Function set** as in *Condition\_tree* and *Select\_rule\_tree* but the **Terminal set** is the expression: *s\_stress*. The "*s\_stress*" which is shown in equation (3) above is the stress sensitivity of each member of the module that is calculated from the present iteration step and the previous one. This tree forms the local control rule by calculating *s\_stress* of each member of the module. Since this control program can make necessary changes to the control values by considering the different states of the VG structure, as well as the relationship to upper and lower module, a variety of control values can be produced. Fig. 2 shows the hierarchical relationship of the three tree structures. *Condition\_tree*, *Select\_rule\_tree*, *Control\_tree* is called by corresponding node of *Main\_tree*, and they return their values to *Main\_tree*.

**New GP crossover operator:** In our GP implementation, an improvement of genetic operator was necessary, as convergence was rarely achieved using the standard GP crossover. An individual within a population is composed of four trees, which together implement a trial partial solution of the complete control program, as shown in Fig. 2. Using such structure, it is possible to evolve all the key structures that are necessarily go into making the control program. This is conducive to the formation of "building blocks" concept of John Holland, of useful functionality and enable crossover and other genetic operations, to assemble working implementations of the four operations that go into making the control program that actually control the length changes in the VG structure. Each new individual is created either by copying all six trees of the parent program (10 %) or via crossover between two parent programs (85 %) and mutation (5%). When crossing over, one type of tree is selected at random. The trees of the other types are copied without modification from the first parent to the offspring. The remaining tree is created by crossover between the trees of the chosen type in the standard GP method (Koza, 92) The new tree has the same root as the first parent. Each mating produces a single offspring, most of whose genetic material comes from only one of its parents. Crossover is limited to a single tree at a time in the expectation that this will reduce the extent to which it disrupts the "building blocks" of useful code. Crossing trees with similar functionality trees of another parent is similar to the crossover operator used by John Koza in most of his

experiments involving Automatically Defined Functions (ADFs).

### 4 Numerical Application

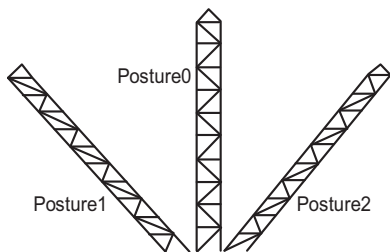
In this section we present a numerical application, more complex than that presented in Yamazaki *et al.* (1997), to illustrate and working and effectiveness of the method. We simulate a 10-module VG structure, with dimension of each member given as follows. Length of member of module  $L= 1000\text{mm}$ , sectional area of member  $A = 100 \text{ mm}^2$ , young's modulus  $E =205.8\text{GPa}$ . Load condition is assumed as  $P = 294\text{N}$ , load direction  $\phi = 45^\circ$ . Table 1 shows the main parameters for the GP simulation. Convergence conditions for the VG truss simulation are as follows.

1. When control value of all modules is 0.
  2. When Step of adaptive simulation achieve STEPMAX.
- Convergence conditions for the GP is as follows:
1. When best individual doesn't change for 10 successive generations.
  2. When number of generations reach GENMAX.

**Table 1. Parameters of GP and Simulation.**

GP	
Population size	1000
Max generation	50
Selection method	TOURNAMENT
Crossover probability at function node	70%
Crossover probability at any node	15%
Reproduction probability	10%
Mutation probability	5%
Number of training	3
Number of TEST postures	3
Truss simulation	
Max step	100
Unit control value (degree)	0.5

Three types posture shown in Figure 3 and these are used as TEST posture.



**Figure 3. Test postures.**

In calculating fitness, the total strain energy of converged posture is used as standard fitness. As an extension to the Yamazaki *et al.* (1997) paper we now simulate a model with *prescribed load direction* as well as *prescribed load point*. Previously the control program never considered

the constraints of load point (*end effector* position). From a study of the VG structure it is evident that the load point constraints will be easily violated while VG structure is being controlled. Therefore we add the constraint that the *end effector* can now return to given load point by modifying control values for all modules in the truss simulation process. Figure 4 shows how this new control program is taken into consideration for the flowchart of this simulation. The shaded box in Fig. 4 is the difference with this implementation from that of Yamazaki *et al.* (1997). The objective function formulation for this example is as follows:

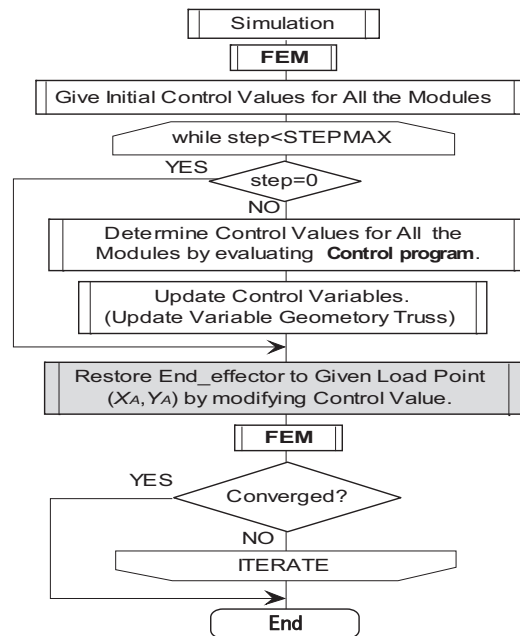
$$\text{Objective function: } U = \sum_{m=0}^{n-1} u_m \rightarrow \min$$

Subject to:

$$X_A = L \sum_{m=0}^{n-1} \{(-1)^m \cos(2\theta(m))\} + L/2 = \text{const.}$$

$$Y_A = L \sum_{m=0}^{n-1} \sin(2\theta(m)) + L/2 = \text{const.}$$

Where  $U$ = Total strain energy, and  $u_m$  = Strain energy of



**Figure 4 Flowchart for evaluating individuals.**

module  $m$ .  $(X_A, Y_A)$  = x-y coordinate of *end effector* (load point). Figure 5 shows the initial and final converged postures achieved by using the evolved control rules.

## 5 Conclusions

In this paper the control rules evolved by the GP for a 10 module VG structure model is shown to work well for prescribed load direction  $\phi = 45^\circ$ , as well as for prescribed load points. Validity of the control program is confirmed by simulating several initial postures. It is noticed that the total energy of initial posture is steadily decreasing and the VG structure achieves converged posture in an average of 50 steps. In this example we also note that from 30 to 100th step, fluctuations of energy is caused by vibration of some modules. Reducing these vibrations is a direction for future research.

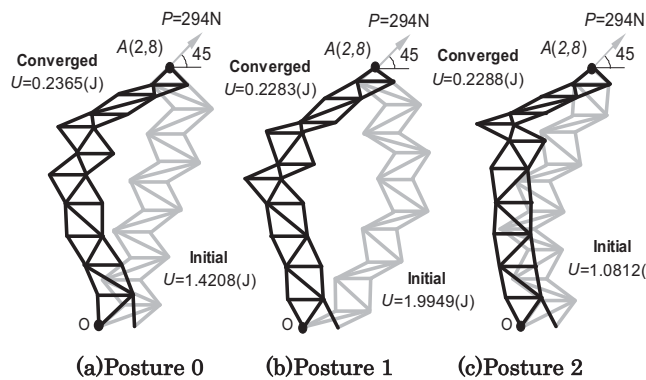


Figure 5 Initial and converged postures, using GP evolved rules.

## 6 Bibliography

- [1] Miura, K. and H, Furuya. 1985. An Adaptive Structure Concept for Future Space Applications. *IAF-85-211. 36th Cong., International. Astronautical Fed., Stockholm*, also *AIAA Journal*, (8)995-1002.
- [2] Murotsu, Y., K. Senda and K., Hisaji. 1990. Optimal Configuration Control of Intelligent Truss Structure, *Proceedings of the First U.S. /Japan Conference on Adaptive Structures, Maui, Hawaii, November 13-15, 1990*, Technomic Publishing Co. Pages 157-175.
- [3] Koza, John R. 1992. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- [4] Yamazaki, K.; Kundu, S. and Hamano, M. 1997. Genetic Learning of Optimal Rules for Posture Adaptation in Variable Geometry Structures. In Hernandez, S., Brebia, C.A. (editors). *Computer Aided Optimum Design of Structures V*. Boston, MA. Computational Mechanics Publications. Pages 239-248.

# 指示と確認による実時間交通誘導サービスに関する提案と設計 —平成 25 年度 PBL 型学修によるサービス設計プロジェクト—

川田 誠一<sup>1)</sup> 木村 睦<sup>1)</sup> 奥村 治<sup>1)</sup> 黄 克強<sup>1)</sup> 宮瀬 阿妻<sup>1)</sup> 陳 俊甫<sup>1)</sup>

## A proposal and design of command-based real-time navigation system supported by AR

— Service design project by project based learning method on 2013 —

Seiichi Kawata<sup>1)</sup> Atsushi Kimura<sup>1)</sup> Osamu Okumura<sup>1)</sup>

Keqiang Huang<sup>1)</sup> Azusa Miyase<sup>1)</sup> Junfu Chen<sup>1)</sup>

### Abstract

This is a review of the Kawata PT's AIIT PBL 2013 deliverable. It proposes new navigation service system for visitors who are unfamiliar to the Japanese traffic systems. This service system consists of command-based navigation system and related services such as checking system to identify user location on real-time supported by AR. This service system does not insist for visitors to understand Japanese traffic systems and also newly shown any kind of information including railway maps. Simulation results show that our proposed method is effective for visitor navigation.

**Keywords:** PBL, Service systems design, Navigation systems, Tourism service, SysML

## 1 はじめに

産業技術大学院大学創造技術専攻の PBL 型学修において、サービス工学に関するプロジェクトを実施してきた。本報告は、平成 24 年度の成果を中心に取りまとめたものである。本プロジェクトの課題は、外国人観光客向けの新サービスを提案することである。また、プロジェクトでは SysML によるモデル化を通じてサービスを設計し、離散事象シミュレーションにより顧客満足度など本サービスの有用性を検証することなど、学生は SysML および離散事象シミュレータについて学修することを目的とした。以下では、本プロジェクトの背景と目標、SysML によるモデリング、シミュレーション、評価などについて学協会に発表した内容[1-2]を中心に取りまとめている。

## 2 プロジェクトの背景と目標

国際交流が盛んになり、国際的な人の往来が地球を狭くしている。このような現状において他の国への訪問者が抱く不満は

多様であり、文化の違いや言語の違いによるものも多い。一例として、日本観光局が平成21年、23年に外国人観光客を対象として実施した日本国内を旅行する際の不満度調査[3]によると、目的地への移動手段、案内情報の理解が困難であることが不満の上位を占めている。また、日本語以外の言語による情報の取得の困難さも不満として挙げられている。

著者らは、これらの問題点を改善するために、「指示と確認による誘導システム」を提案した[1]。この提案の事例として、外国から日本の空港に着いた訪問者が、少ない予備知識で、目的地へ移動することを考えた。

提案の前提となる案内誘導の原則は次のとおりであった[1]。

- ・訪問者が予備知識をほとんど持たないと考える。
- ・本サービスについて最小限の理解で利用できる。

本報告では、すでに提案したサービスについて離散事象シミュレーションにより評価し、それを実現する手段として拡張現実 (Augmented Reality, AR) を導入することを提案するものである。2 章では提案するサービスの概要を説明し、3 章では顧客の特性を記述するペルソナを示し、4 章では提案するサービスを SysML を用いてモデル化し設計し、5 章では離散事象シミュレーションでその有効性を検証している。そして 6 章では拡張現実の導入について述べる。

---

Received on 2014-10-03

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

本PBLの事例として、日本への訪問者が羽田空港に到着し目的地まで移動することを支援するサービスを考えた。サービス・マーケティングの考え方[4]によれば顧客が五感で感じるすべてがサービスエンカウンターと考えられる。そして、空港は訪問者が最初に遭遇するサービスエンカウンターであり、ここのサービスの良し悪しはその国に対する印象を左右する。

本サービスを次の3つのフェーズに分解した。

- フェーズ1 訪日外国人が羽田空港の国際ターミナルに到着した後、鉄道、モノレール、バス、タクシーなど様々な移動手段があるが、最終目的地に移動するために適切な交通手段を提案するサービス
- フェーズ2 空港内で訪日外国人を目的の交通機関の乗り場まで案内するサービス
- フェーズ3 その乗り場から最終目的地まで交通機関を乗りついで誘導できるサービス

フェーズ1については、空港の案内所などでサービスを受ける訪日者が最終目的地を提示することで、既存のルート案内システムなどを用いて最適なルートを検索し提示することができる。フェーズ2のサービスは得られたルートの最初の出発点まで空港内を誘導するサービスとなる。建屋内外を誘導する本サービスが実現できれば、同様な方法を組み合わせることでフェーズ3のサービスの実現も容易になると考えられる。そこで、本報告ではフェーズ2のサービスに着目し、従来の案内と理解による移動支援とは異なる考え方に基づいた方法を提案する。

本サービス事例の概要は次のとおりである。

- ・本サービスが提供する言語は、日本への訪問者数の上位から4か国を選び、中国語、韓国語、米語、タイ語を選ぶ。
- ・国際線の機内において、本サービスの概要を示した4か国語の紹介ブローシュアを配布する。
- ・羽田空港の2F到着ロビーにおいて出国エリアから一般エリアに移動した訪問者ための案内所で本サービスについての説明を受ける。
- ・訪日外国人が本サービスを必要とする意思表示をした後は、最終目的地を告げることで、最適なルートが検索され、必要な機器を取得してサービスが開始される。
- ・サービスを利用する訪日外国人は、貸し出された機器からの音声指示により、空港内を移動する。
- ・移動途中には、指示通り移動しているかどうかチェックするいくつかのポイントが設置されており、ARを援用して確認と検証が必要なポイントで実施される。
- ・これを繰り返しながら、最終目的地に移動する手段となる鉄道、モノレール、バス、タクシーなどの乗り場まで誘導する。

必要な乗り場で移動手段に乗り込んだ後、フェーズ3のサービスに移行する。

### 3 サービス対象のペルソナ

サービス設計をする際にある程度の顧客像を知ることが必要である。本研究では、どのような顧客がどのようにこのサービスを利用するのかイメージを喚起するための仮想的な顧客像としてのペルソナを4体作成することとした[5]。

ペルソナの効用については様々な議論があるが、本設計は共著者によるチーム活動に依存しているため、抽象的な顧客像を用いて議論すると、同じ言葉を使っている、メンバー個々が

想定している顧客イメージに相違が生じる。これを防ぐには、国籍、氏名、性別、年齢、職業、家族構成、住所、趣味、性格などを具体的に記述したペルソナを仮想的に構築することとする。作成したペルソナを以下に示す。

#### ペルソナ1

国籍：中国  
 氏名：孫 小軍 (ソン ショウグン)  
 性別：男性  
 年齢：21歳  
 家族構成：父・母  
 職業：大学生3年生  
 住所：中国 中南部  
 趣味：漫画、映画を見ること、スポーツ  
 性格：人をやる気にさせることが得意で、直感的に状況を見極め、気を配り、適切に話す。  
 近況：卒業して日本で就職を希望している。漫画の街、秋葉原を訪問したい

#### ペルソナ2

国籍：韓国  
 名前：장민준 (チャン・ミンジュン)  
 性別：男性  
 年齢：31歳  
 家族構成：父・母・弟  
 職業：会社員 (車の営業)  
 住所：ソウル市 ヨンサン区  
 趣味：美術品・アンティーク集め  
 性格：温和で人当たりがよく、物事をそつなくこなすので周りからの評価も高い  
 近況：会社から初めて日本へ出張を命じられる

#### ペルソナ3

国籍：米国  
 氏名：Eleanor Stewart (エレノア・シュチュアート)  
 性別：女性  
 年齢：65歳  
 職業：小学校の教師を40年間勤めた後引退  
 家族構成：夫・義母・2人の娘・息子  
 住所：ニュージャージー州 バーゲン群  
 趣味：写真を撮ること、旅行、ネイルアート  
 性格：奔放で、感受性の強い一面がある  
 近況：夫と2人で初めての日本旅行にきた

#### ペルソナ4

国籍：タイランド  
 氏名：NumPun E Pian (ヌンブン・イ・ピアン)  
 性別：女性  
 年齢：43歳  
 職業：看護師  
 家族：夫・娘



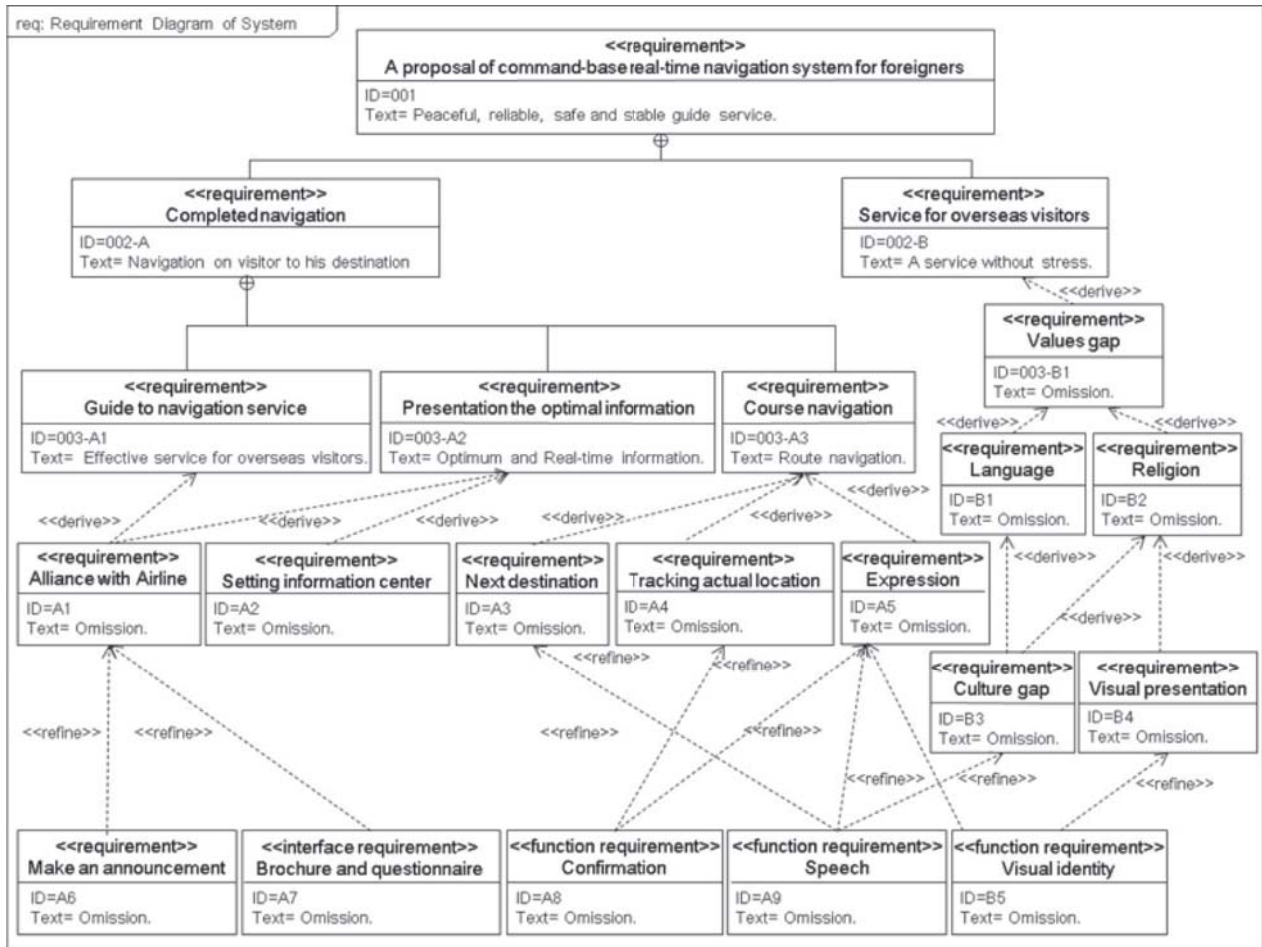


図 1 Requirement Diagram of System

住所：バンコク  
 趣味：ファッション買物  
 性格：家庭的な母親  
 近況：初来日で東京観光を予定している

#### 4 SysML によるモデリング[6]

SysML[6] (System Modeling Language)とはモデルベースのシステムインテグレーションを実施する際に用いられるシステムモデリング言語である。SysMLでは、対象となる複雑なシステムを定義し、分析及び検証するためのいくつかの図式を用いる。このような図式をベースとしたモデリング言語として、UMLが知られているが、UMLが情報システム開発を主たる目的としているのに対し、SysMLでは航空機、船舶などの大規模な物理システムのシステムインテグレーションなども視野に入れて情報システムの構築ができるように開発されている。SysMLにはUMLで用いられている図式と同じ図も含まれているが、一部の図はSysMLに適した形に変形されている。また、SysML独自の図としては、要求を表現することができる要求図や物理法則などの制約を表現できるパラメトリック図が追加されている。

本報告では、提案するサービスがサービスを実現する物理システムを含んだシステムインテグレーションによるシステム設計により構築した。

#### 4.1 要求図

図 1 はシステム全体の要求図を示す。まず、本サービスを「案内を完遂する」「外国人向けサービス」に大別した。

案内を完遂するには、経路ナビゲーションや最適情報の表示の他にも本案内サービスへの誘導が必要とされる。案内サービスへの誘導を実現するためには、航空会社との提携により機内での事前説明やブローシュアの配布を行うなどの方法が考えられる。

経路ナビゲーションでは、最適で確実な情報を得たいとする顧客要求を満たすために、音声やARによる情報の提示と顧客自身が行う確認作業を設ける。

国によって価値観、言語、宗教などは異なる。外国人向けサービスへの要求仕様として、文化の障壁が少なくなるよう、顧客が到着国の慣習を理解せずとも案内できるような指示方法の実現、そのための音声、視覚情報などに対する要求が挙げられる。

#### 4.2 ステークホルダーとサービス

図 2 にユースケース図を示す。本サービスのフェーズ 1 とフェーズ 2 におけるステークホルダーに関係するアクターは、インフォメーションスタッフと訪日外国人である。インフォメーションスタッフはサービスの提供側であり、訪日外国人はサービスの受け手である。インフォメーションスタッフは、使用シートの記入内容の確認やサービスの説明、音声機器の貸出

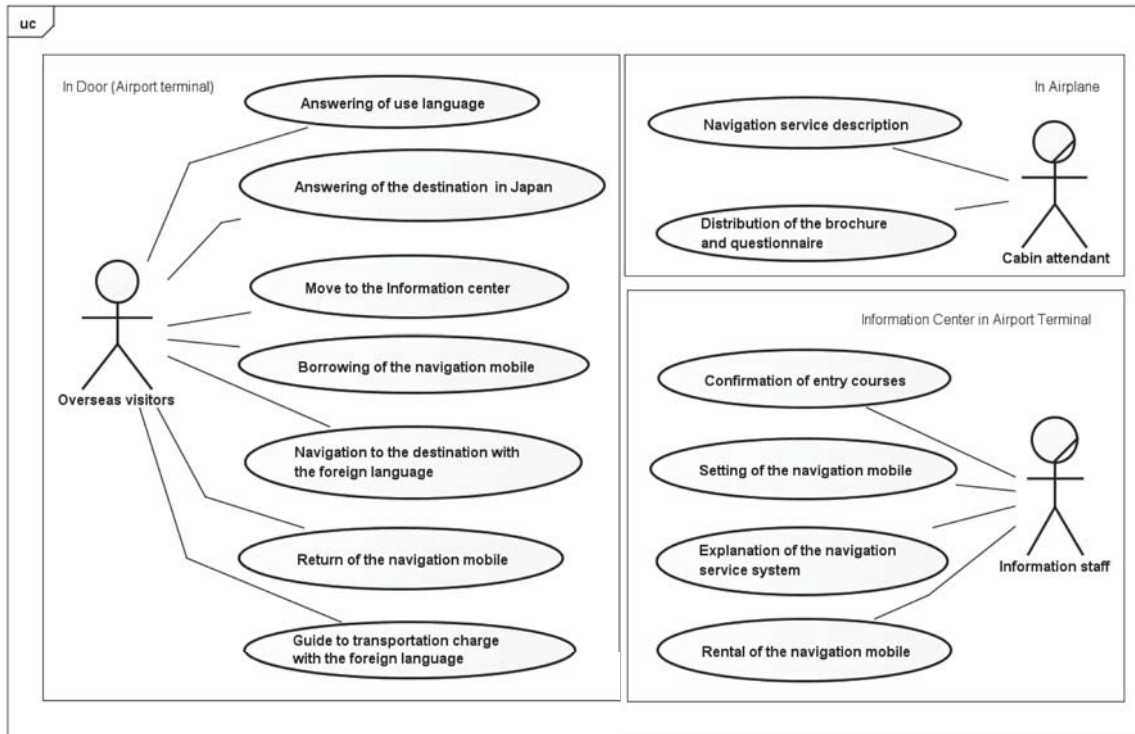


図2 UseCase Diagram

を行う。訪日外国人は、機内でサービス案内のブローシュアを配布される。空港に到着後インフォメーションセンターにて音声機器を借り、そこから流れる指示を聴きながら最寄りの交通機関の窓口まで移動する。

#### 4.3 機内におけるサービス

客室乗務員は、訪日外国人に空港における案内サービスの内容について記載されたブローシュアと、使用シートを配布する。サービスを希望する訪日外国人は必要に応じてシートに必要事項を記入し、到着後インフォメーションスタッフに提出することでサービスを受けることができる。

#### 4.4 空港到着後におけるサービスの開始

図3に空港到着後におけるインフォメーションサービスのシーケンス図を示す。

訪日外国人は到着口を出てからインフォメーションセンターを訪問し、記入した使用シートをインフォメーションスタッフに提出する。インフォメーションスタッフはそれを受けとり使用シートの内容を確認する。ここでは確認する内容を、国籍、言語、最終目的地などサービスに必要な最低限の情報とする。記入内容に問題があれば、訪日外国人に訂正などを依頼する。内容に問題がなければ、インフォメーションスタッフは案内サービスに必要な音声機器の貸出手続きを行う。在庫状況を確認し、貸出可能な機器を訪日外国人に手渡す。この一連の過程には、訪日外国人に機器の使用法や注意要項を説明することも含まれている。機器が貸し出された後、訪日外国人は本サービスで設計する屋内ナビゲーションシステムの指示に従い移動を開始する。

また、移動途中で必要な地点で確認作業することがシステム

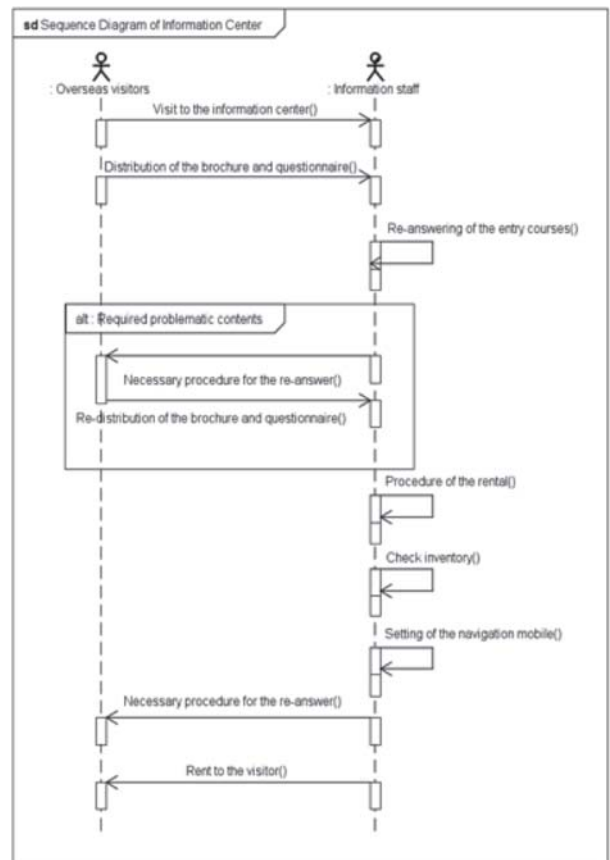


図3 Sequence Diagram of Information Center

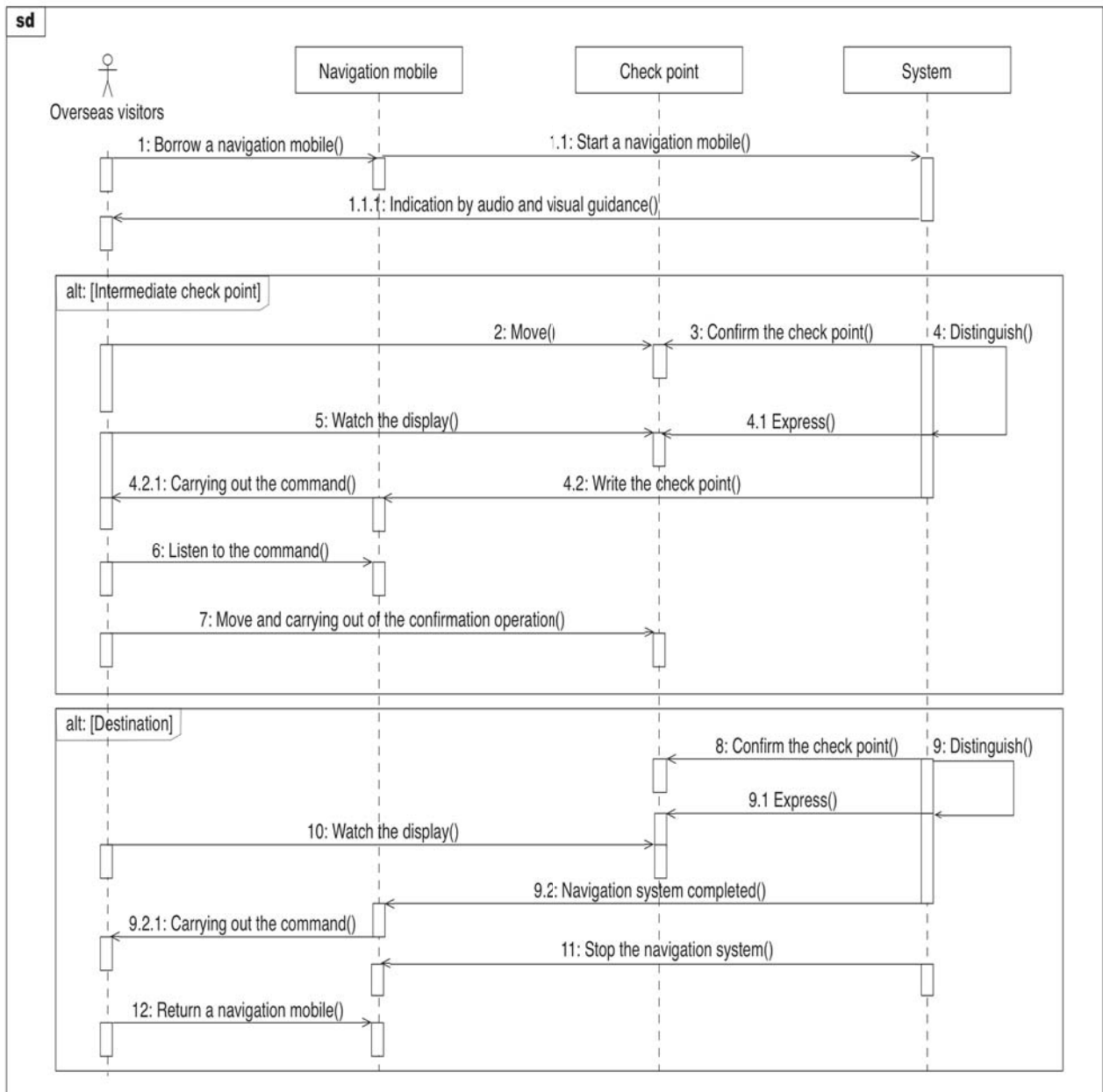


図 4 Sequence Diagram of Indoor Navigation

に組み込まれていることから、訪日外国人は間違いなく移動できていることを確認でき、安心して目的の交通機関まで移動することができる。

#### 4.5 屋内ナビゲーション

屋内ナビゲーションのシーケンス図を図4に示す。このシステムは音声指示を用いた聴覚情報と、確認を視覚情報と使用者の確認作業により実現する。訪日外国人が機器を受け取り、ナビゲーションが開始する。機器を受け取ったインフォメーションセンターから、空港を出るための交通機関の窓口までを音声指示に従い移動する。各ポイントに設置した確認用機器の操作によって、移動の確実性を顧客に示し安心感をもたらす。

日本の交通機関は複雑であり、外国人にとっては理解するのが難しい。このため、切符売り場では、確認の表示以外に切符の金額も表示する。これにより、顧客は目的地駅の切符を購入することができる。

## 5 離散事象シミュレーション

設計したサービスの妥当性を確認するために、離散事象型のシミュレータARENA[7]を利用しモデルを作成した。羽田空港国際線のゲートから最寄りの交通機関までを想定している。また、比較のために現状の移動時間と、本提案サービスを利用した移動時間について、シミュレーション実験を実施した。

図5、図6 はそれぞれ、シミュレーション環境のスナップショットとシミュレータで構築した空港の模式図である。

実際の状況をシミュレーションするために、暦年空港管理状況調査[8]から、羽田空港国際線の利用者の数を調査し表1に示す。この表から降りる客の人数が毎年増加していることがわかる。表1に記載された2008年から、2012年までの乗降客数の平均増加率を9.37%として2020年における乗降客数を予測した人数の21,601,474人を入力データとした。

シミュレーション結果から、平均移動時間、最短移動時間、

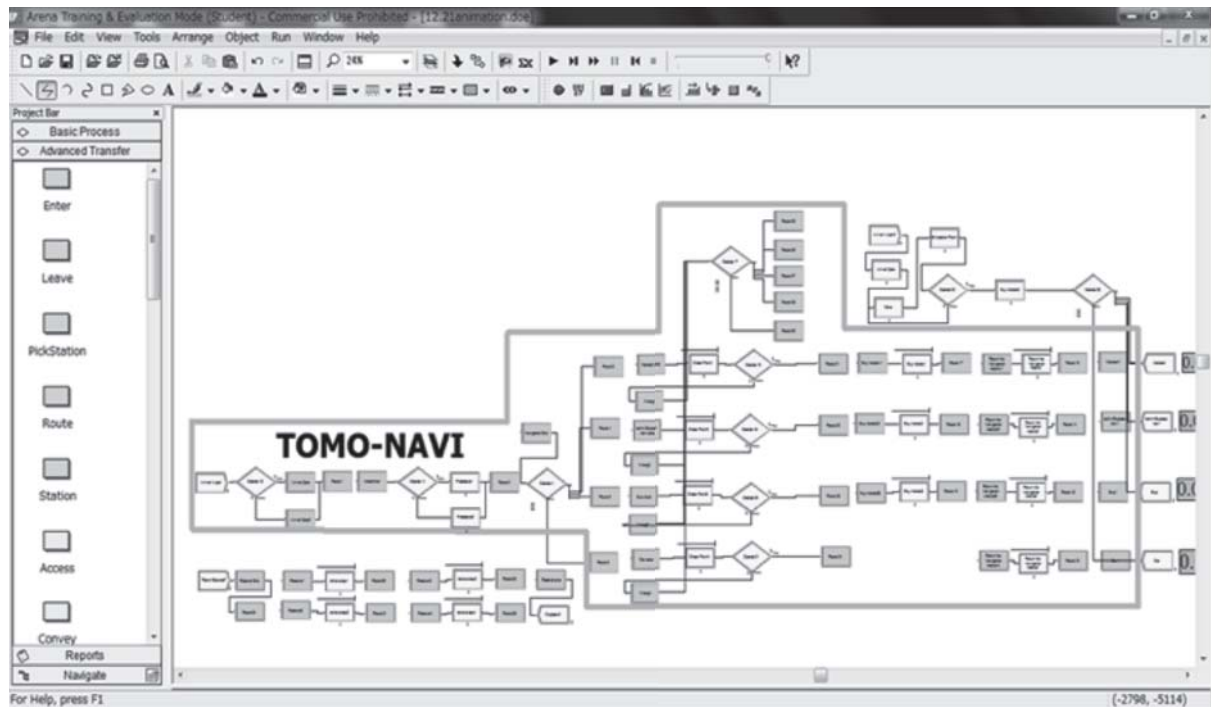


図5 Snapshot of the Simulator (ARENA)

最長移動時間の3つについて、現状と本サービスとの違いを比較すると次のようになった。

ケース1 平均移動時間の比較

現状：31分 本サービス：12分 差：19分

ケース2 最短移動時間の比較

現状：10分 本サービス：5.4分 差：4.6分

ケース3 最長移動時間の比較

現状：93.5分 本サービス：35.5分 差：58分

以上の結果から提案するサービスを導入することで訪問客の目的地移動の効率が上がることがわかった。

## 6 拡張現実 (AR) を用いた実装

バーチャルリアリティの研究から発展した拡張現実 (Augmented Reality, AR と略す) とは、実在する現実の環境そのものに何らかの方法で情報を付け加え、人間側から見た実環境を拡張することである。情報提示する情報の種類は様々であり、人が環境から受け取ることができる視覚情報、聴覚情報、触覚情報、臭覚情報、味覚情報など人の五感で感じることができるすべての情報が対象となり、それらを拡張することが考えられる。

本研究では、指示と確認という方法を提案している。そして、拡張現実を用いる情報としては、指示に対応して聴覚情報を拡張し、確認に対応して視覚情報を拡張することを考える。

### 6.1 聴覚情報の拡張

開発に用いた機器の使用は次のとおりである。

- ・ Bluetooth ヘッドセット：

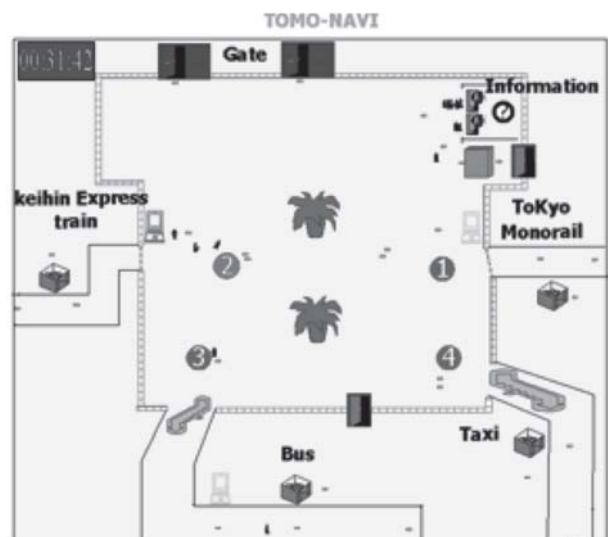


図6 Schematic diagram of the Airport

表1 numbers of the passengers getting on and off at Tokyo International AirPort (Haneda)

羽田空港国際線				
年度	乗客 (人)	降客 (人)	通過客 (人)	合計 (人)
2008	1,204,869	1,232,306	1,226	2,438,401
2009	1,358,078	1,395,843	2,621	2,756,542
2010	2,425,940	2,387,983	4,391	4,818,314
2011	3,618,498	3,630,987	17,687	7,267,172
2012	3,980,219	3,945,972	21,898	7,948,089



図 7 An image of augmented auditory information



図 8 An image of augmented visual information

LBT-HS500(Logitec 社製)

- ・ Bluetooth 性能:Bluetoothv2.1+EDR 準拠 Class II
- ・ 接続距離:最大半径 10m(障害物のない場合)
- ・ 外形(幅×奥行×高さ):15.6×10.0×64.2mm(折り畳み時突起部含まず)
- ・ 重量:約 8.7g
- ・ 連続待受時間:約 100 時間
- ・ 連続通話時間:約 4 時間
- ・ 音声データ :
- ・ Weblio 翻訳(<http://ejje.weblio.jp/>)

## 6.2 視覚情報の拡張

ARによる視覚情報確認システムの実装について述べる。本シ

ステムでは音声ガイダンスに従って移動する顧客が必要な確認ポイントにおいてタブレット端末に搭載されたカメラにより環境に配置されたターゲット情報を認識し、ディスプレイに移動方向などを提示するようなシステムである。

実装のイメージを図8に示す。また、開発環境は、次の通りである。

- ・ 統合開発環境:  
Visual studio C++2008(Microsoft社製)
- ・ ライブラリ:ARtoolkit  
(<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>)
- ・ ライセンス:GNU GPL
- ・ Windows 8 タブレット端末

## 7 おわりに

本報告では、平成 24 年度の PBL で実施した成果を取りまとめた。1 年間のプロジェクトを通じて、テーマ設定、サービスシナリオの作成、サービス設計、ペルソナ作成、SysML によるサービス設計の可視化、離散事象システムシミュレーションによる提案するサービスの検証までを当初の課題として進めてきた。しかし、プロジェクトの進展の状況と学生のスキル獲得のレベルを再設定し、拡張現実 (AR) を用いた実装まで実施できた。

本PBLの成果としては、シミュレーションにより提案するサービスの有効性が検証できたことと、ARを用いた実装について、ある程度実装を実現し、その有効性を検証することができたことなどである。

観光サービスが重要なビジネスである現状において従来のサービスの問題点を解決することを目的としたプロジェクトが本学のPBLの発展に寄与するものと考えている。

本研究をすすめるにあたり有用な助言を頂いた福田哲夫先生(AIIT)に感謝する。

## 参考文献

- [1] 木村 睦, 奥村 治, 黄 克強, 宮瀬 阿妻, 川田 誠一, 陳 俊甫: 指示と確認による外国人向け実時間誘導システムの提案, 第 56 回自動制御連合講演会講演論文集, 新潟大学, 2013 年 11 月.
- [2] 木村 睦, 奥村 治, 黄 克強, 宮瀬 阿妻, 川田 誠一, 陳 俊甫: AR を採用した指示と確認による実時間誘導システム, 第 55 回離散事象システム研究会講演論文集, 高千穂コミュニティセンター, 2014 年 6 月
- [3] 『訪日外国人個人旅行者が日本旅行中に感じた不便・不満調査』報告書日本政府観光局, 2009 年.  
[http://www.jnto.go.jp/jpn/downloads/20091029\\_TIC\\_at\\_tachment.pdf](http://www.jnto.go.jp/jpn/downloads/20091029_TIC_at_tachment.pdf)
- [4] R.P.Fisk など: サービス・マーケティング入門, 法政大学出版社, 2005 年 2 月.
- [5] ジョン・S・ブルーイット, 秋本 芳伸翻訳, 『ペルソナ戦略—マーケティング, 製品開発, デザインを顧客志向にする』, ダイヤモンド社, 2007 年.
- [6] OMG Systems Modeling Language, Version 1.2
- [7] W.D.Kelton など: シミュレーション—ARENA 活用した総合的アプローチ, コロナ社: 第 4 版, 2007 年 12 月.
- [8] 暦年空港管理状況調査  
<https://www.mlit.go.jp/common/001012970.pdf>



# プロジェクトマネジメント育成ロードマップの提案

酒森 潔<sup>1)</sup>

## Proposal of a Project Management Learning Roadmap

Kiyoshi Sakamori<sup>1)</sup>

### Abstract

Carrying out the development of the ability of project management, at an early stage as well as training in the enterprise is important. Appearance of project management we should be doing in fine was defined, but summarizing how we teach the development of individuals does not exist yet. In this paper, by classifying perspective knowledge, skills and competencies that the learning element, we explain how to continue to education.

**Keywords:** Project management, Roadmap, Knowledge, Skill, Competency

### 1 プロジェクトマネジメントの現状

プロジェクトマネジメント育成の重要性が認識され、多くの企業で体系的なプロジェクトマネジメント育成カリキュラムが研究されている。特に PMI (Project Management Institute)が発行している PMBOK (Project Management Body Of Knowledge)®ガイドがプロジェクトマネジメントのグローバル標準として浸透してからは、この知識体系がプロジェクトマネジメントに必要な知識として定着し、その内容をまとめた研修教材が多く発行されてきた。また、PMCDF (Project Management Competency Development Framework)では、優れたプロジェクトマネジメントの行動特性をまとめ、知識だけでなくプロジェクトマネージャの行動についても あるべき姿が整備されてきた。

しかし、これらは、あくまでも優れたプロジェクトマネージャが知っておくべき知識や行動を整理したものであり、これらの知識や能力をどのように育成するかについては触れられていない。

そのため、プロジェクトマネジメントの育成にあたって、効果の無い研修をしたり、大学での教育と企業に入って行う教育がうまく接続されてなかったり、教育の抜けや無駄が発生している。

すなわち、プロジェクトマネージャの教育においては、最終的な理想のあるべき姿はまとまっているものの、そこにたどり着くために成長にあわせた教育の手順すなわちロードマップが必要であると考えられる。たとえば、文部科学省が定めている小学校の教育カリキュラムでは、小学1年に習う漢字、2

年に習う漢字などと、学年に合わせて教えるべき内容や方法を定義している。プロジェクトマネージャの育成においてもこのような段階的にそのノウハウを指導することが重要である。

本稿ではこのような考えに基づいて、すぐれたプロジェクトマネージャを育成するためのロードマップを提案したい。

### 2 PM 育成ロードマップが必要な理由

優れたプロジェクトマネージャのあるべき姿が体系的に整理されているのに、それに向けた教育のロードマップが無いのはなぜだろうか。それはプロジェクトという業務の特性にあると考えられる。プロジェクトの特徴は独自性と有期性である。これまでにやったことの無い独自の作業を行うのがプロジェクトであり、同じ作業を行うプロジェクトというのは基本的に無いのである。したがって覚えるべき知識や標準的な手順というものもあっても、それらを個々のプロジェクトに合わせて適用する方法はプロジェクトごとに違うものなのである。つまり、個々のプロジェクトの進め方などについての教育が難しく、あるべき姿を教えるだけになっているのではないだろうか。

しかし、これではプロジェクトマネジメントの教育を体系的に行う事ができない。たとえば、企業に入る前に学校で教えておくべきことが定義されていないために、高校や大学では PMBOK®ガイドの用語をそのまま教えたり、プロジェクトマネジメントの要素を独自に定義して教えたりしている。そのため、企業に入った新入社員のプロジェクトマネジメントに関する教育レベルが一定ではなく、企業としては学校での教育を無視して全員一律の教育を再度行うことになる。

企業内での教育においても、新入社員もベテランプロジェクトマネージャにも同じような内容の教育をおこなったり、十分な教育を受けないまま実務でプロジェクトマネージャを実践

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology

することが起きたりしている。

このような状況を解決するためにも、プロジェクトマネジメントのどのような学習要素を何時教えるべきか、その基準を作成しロードマップとして定義することが必要なのである。ロードマップにしたがって学習要素を教育していくことで、その時期に合わせた適切な教育を行う事ができ、学校での教育と企業に入ってから教育がスムーズに接続できる。さらに、企業においても無駄のないプロジェクトマネジメントの育成が可能になるのである。

### 3 ロードマップの時間軸の分割方法

プロジェクトマネジメント育成ロードマップを構築するにあたって、まずロードマップの時間軸を作成する必要がある。一口にプロジェクトといっても幅広い分野が考えられるので、ここではプロジェクトとは企業において実施される業務とする。このようなプロジェクトを推進できるマネジャを育てるには、産業界での育成計画も必要ではあるが、企業に入る前の教育界でプロジェクトマネジメントの資質を育成しておくことも重要である。

この2つのフェーズは、実際に仕事の経験があるかないかという点が大きく異なっており、プロジェクトマネジメントとして学ぶべき要素にも違いがあるはずである。この2つのフェーズに合わせてプロジェクトマネジメントの教育内容を変えていくのは重要である。

さらに、もっと重要なことはこれらの2つのフェーズでのプロジェクトマネジメント育成の連続性である。教育界で学ぶべきことと産業界に入って学ぶべきことが、過不足なく連続していることが必要である。図1にその連続性のイメージを示す。プロジェクトマネジャの有るべき姿に対して、教育界と産業界でうまく連続性を持てるように、学ぶべき内容を定義しておくことが必要である。

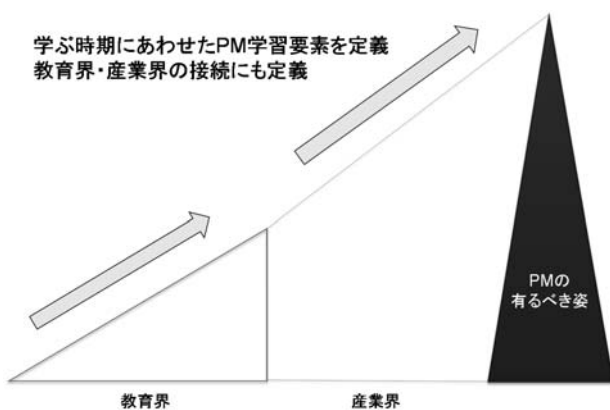


図1 教育界と産業界の育成の連続性

#### 3.1 教育界におけるプロジェクトマネジメントリテラシー教育

この段階は社会活動に入る前のプロジェクトマネジメントの基礎教育を行う段階である。この段階は企業におけるプロジェクト活動を経験しているわけではないので、PMBOK®ガイドなどで使われる実務用語をそのまま暗記させても意味が無い。しかし、この段階からものごとを計画的に進める能力や、チームの一員としての活動できる素養を身に付けることは重要である。これらの基礎力はプロジェクトマネジメント能力のリテラシーともいえる。

この段階はさらに人間形成を中心とする小中学校と、企業での実作業の準備段階ともいえる高校大学の2つのフェーズに分けて考えて考えられる。以下にそれぞれ説明する。

##### Phase-E1 小中学校段階

ここは、計画を立てて物事を達成させる能力を身に付けるフェーズである。何かを行うにあたって、思うように進まないことがあっても、自ら考えて最後までやりぬくことをこの時期に覚えさせることが重要である。また他人とチームを組んで共同作業を行うことについてもこの段階で学習させたい。

##### Phase-E2 高校大学段階

この段階は、ものごとを実施するうえでの責任感やリーダーシップを身に付けさせる段階である。そのためには、個人あるいはチームで計画を立てて物事を進める方法について具体的な演習活動を通じて教育する。簡単なプロジェクトで目標の達成に向けて活動するPBL式学習などが効果的であるとされる。

また、企業に入る前に企業活動でのプロジェクトマネジメントの必要性や、企業における主要なプロジェクトマネジメントプロセスを教えることも重要である。

#### 3.2 産業界でプロジェクトマネジメント実務能力を育成するフェーズ

この段階では実際に仕事を体験できることが、教育界での教育と大きく違うところである。実体験と比較しながらプロジェクトマネジャの学習を進めることができるので、実践力を身に付ける教育効果が得られる。

もちろん、社会に入ってからすぐにプロジェクトマネジメントを学ぶのではなく、まずは仕事の仕組みを理解し、プロジェクトマネジメントの意味や必要性を自ら感じられるようになることが第一である。このような社会に入ってから育成を、新入社員の段階、プロジェクト活動に参加する段階、プロジェクトのリーダーの段階、小規模のプロジェクトマネジャとして活動する段階、大規模なプロジェクトマネジャをこなしプロジェクトマネジメントの指導を行う段階というように、個人の成長に合わせてフェーズを分けて考える。

##### Phase-1 新入社員段階

企業活動の仕組みやその中でプロジェクト活動がどのような意味を持つかを理解させ、企業内のコミュニケーションや



個人の仕事を進めるうえでの基本を指導する。PMBOK®ガイドに記載されたプロジェクトマネジメントの用語についても、基本的なものはこの段階で教えておくべきである。

#### Phase-2 プロジェクトメンバとしての活動段階

プロジェクトメンバとしてプロジェクト活動に参加する段階では、プロジェクト活動の中で作成されるさまざまな成果物について理解し、必要なものは自ら作成できなければならない。そのための必要な知識や手法について具体的に指導する。

#### Phase-3 プロジェクトのリーダーとしての活動段階

プロジェクトのサブリーダーや小規模プロジェクトのリーダーとして、チームをまとめ責任者としての自覚を持たせる段階である。この段階ではプロジェクトマネジメント体系については網羅的に理解できるような指導、さらに、その一部については自ら考え実施できるように指導する必要がある。

#### Phase-4 プロジェクトのマネジャとしての活動段階

小規模であるがそのプロジェクト活動がプロジェクトマネジメントによって左右されるような規模のプロジェクトをマネージできるようになる。この段階が本来のプロジェクトマネージャとしての教育段階であるが、それまでにある程度の基礎を身に付けておくことが重要である。ここで、プロジェクトマネジメントの経験や知識を自分のプロジェクトに適用する方法を理解させる。

#### Phase-5 大規模なプロジェクトのプロジェクトマネージャとしての活動段階

この段階では自らの経験も含めプロジェクトマネジメントの知識体系を理解し、いろいろなタイプのプロジェクトに対して適用できることが望まれる。また自身のプロジェクトのサブリーダーを管理したり、他の経験の浅いプロジェクトマネージャの指導やメンタリングをしたりできるような教育が必要である。

## 4 学習要素の分類と学ぶべき時期の設定

第3章ではプロジェクトマネジメント育成の時間的なフェーズを分割した。この章ではその各フェーズで何を教えるべきか考えてみたい。具体的には、教えるべき項目を学習要素として時間軸の中にマッピングしていくことにする。

マッピングすべきプロジェクトマネジメントの学習要素は、知識体系として整理された PMBOK®ガイドや、その実践力や人間力についてまとめた PMCDF の用語が参考になる。これらの体系に出てくる用語を整理して、ロードマップに展開することで何をいつ学ばよいかという時系列的な知識体系を作ることができる。そして、個々の学習要素は、単に知っているという「知識」、それを実際に実行できる「スキル」、さらに優れたプロジェクトマネージャの行動様式ともいえる「コンピテンシー」と3段階にわけて考えるとロードマップ上の配置が容易である。

たとえば、「WBS」という学ぶべき学習要素は、WBSを知っているという「知識」、WBSを実際に使えるという「スキル」、さらにWBSを効果的に使いこなせるという「コンピテンシー」に分け、「知識」は高校大学段階（Phase-E2）で教え、それを実務で使いこなす「スキル」は産業界のプロジェクトメンバ段階（Phase-2）、さらに「コンピテンシー」は小規模なプロジェクトリーダー（Phase-3）の段階で教える。

この3種類の学習要素は、各プロジェクトマネジメント育成段階それぞれに過不足なく、整合性を持って配置すべきである。そして、まだ仕事を知らない教育界ではどちらかというと「知識」を習得する比率が高く、実際に仕事を始め、責任を持つにしたがって「スキル」や「コンピテンシー」の育成の比率が高くなる。もちろん、仕事に就いていない若い時代からでも、プロジェクトマネジメントに必要な基礎的なスキルやコンピテンシーの教育も考える必要がある。ロードマップ上のこれらの知識、スキル、コンピテンシーのイメージを図2に示す。

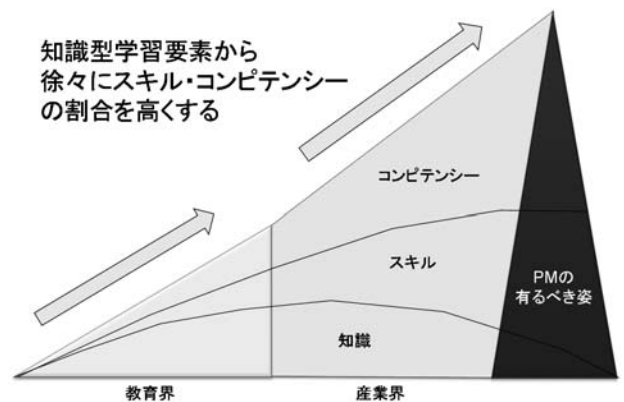


図2 教えるべき学習要素の比重の変化

### 4.1 知識型学習要素のロードマップへの展開

知識型学習要素は PM の有るべき姿をまとめている PMBOK®ガイドや ISO21500 などに網羅されているので、それらの用語から網羅性を持って整理することができる。それらをいつ学ぶかは時系列的な学習段階へ配置することは容易である。

知識型の学習要素は、大きく「プロジェクト実行中に作成したり参照する文書」、プロジェクトを実施したりするうえでの「技法やツール」、プロジェクトを実施する手順についての「プロジェクトマネジメントプロセスの知識」や、チームを統率する「人間系の知識」も存在する。

これらの各種の要素は、スキルやコンピテンシー教育の基礎となるものであり、適切な時期に教育すべきものである。要素によっては、リテラシー育成段階で学ぶ必要性は少なく、企業で実際のプロジェクトを担当するようになって覚えたほ

うがよいものも存在する。

#### 4.2 スキル型学習要素のロードマップへの展開

スキル型の学習要素は、知識型の学習要素である文書や技法を実際に実施できる能力である。したがって、企業での業務につかないと実践する環境が無いようなスキルは、早い段階から教える必要は無い。

たとえば「ブレインストーミング」のようにリテラシー育成段階から活用できてほしいものもあれば、「アーンドバリューマネジメント」のようにある程度規模の大きいプロジェクトを実施するようになってから学習すべきものも存在する。

また同じスキル要素であっても、フェーズによってその内容のレベルが異なるものもある。たとえば「プロジェクト計画書作成」というスキルは、小中学校で作成するものと社会に出て大規模プロジェクトで作成するものでは中身の項目やレベルも異なっている。

#### 4.3 コンピテンシー型学習要素のロードマップへの展開

プロジェクトマネージャに求められるコンピテンシーは、PMCDF にまとめられている。ただし、最終的に優秀なプロジェクトマネージャの持つべきコンピテンシーをまとめたものであり、それを習得するための育成の手順については触れられていない。また、プロジェクトマネジメントの知識があるということや、実践はできるということもコンピテンシーの一部として定義されている。

コンピテンシーというものは一つの学習要素だけでなく、複数の学習要素を組み合わせることで実力が発揮できるものであり、必ずしも一つの学習要素が「知識」「スキル」「コンピテンシー」というように発展していくものではないかもしれない。

しかし、ここではあくまでも個々の学習要素に着目して、それを高いレベルで使いこなす能力としてコンピテンシーを定義したい。こうすることで、ある学習要素について、知識の習得、スキルの習得、そしてコンピテンシーの習得と時系列的にロードマップ上に整理しやすい。複数の学習要素が絡み合っコンピテンシーとなる場合も、それぞれの学習要素別にコンピテンシーの学習のタイミングを定義していきたい。

### 5 ロードマップの作成

第4章では抽出した学習要素を「知識」「スキル」「コンピテンシー」の視点で考えていくことを提案した。この視点にしたがって、ここでは抽出した学習要素について、それぞれ「知識」はどのフェーズで、「スキル」はどのフェーズで、「コンピテンシー」はどのフェーズで習得していくかをそれぞれ考えていきたい。

学習要素は、PMBOK®ガイドやISO21500, PMCDF などから約600の用語を選定し、それぞれの用語について、知識、スキル、コンピテンシーをどの段階で学ぶべきかを整理したものの抜粋を図3に示す。

重要	学習要素	P1(中まで)	P2(高次)	1(新入社員)	2(メンバー)	3(リーダー)	4(小PM)	5(大PM)
*	100%ルール				K	S	G	
*	2シグマ		K					
*	3シグマ		K				S	G
*	4つの価値観(PMI倫理職務規定)						K	S
*	7の法則		K			S		G
*	AC		K	K		S	C	
*	ADM		K		S			
*	ADR						K	S
*	AOA			K	S			
*	AON			K	S		C	
*	BAC			K		S	C	
*	BQM		K					
*	CCB				K	S	C	
*	CCM法				K	S	C	
*	CIR						K	S
*	CMMI			K				
*	Co-location					K	S	C
*	CPAF						K	
*	GPFF						K	
*	GPI			K		S	C	
*	GPIF						K	
*	GPM		K					
*	GPM法		K					
*	CV			K		S		C
*	DCF						K	S
*	DOE				K			
*	EAC			K		S	C	
*	EMV					K	S	
*	ETC			K		S	C	

図3 各学習要素と学習すべきタイミング

## 6 まとめ

今回の提案は教育のロードマップ作成の方法についてのものであるが、次の段階として、作成したロードマップに基づいた教育体系や教育コースの設計が必要になる。ロードマップを使う事で、ただ最終目標だけを考えた教育コースでは無くコース間の整合性のとれた教育体系を構築していくことができる。

その際の教育手法として、知識やスキルの教育では講義中心だけでなくビデオ講義と演習を組み合わせた反転教育などが研究されている。またコンピテンシー教育には PBL (Project Based Learning) 型の教育の効果が高いとされている。実プロジェクトのケースを取り入れた手法なども高度なプロジェクトマネジメント教育に活用できると考えられる。

今後は、今回定義したプロジェクトマネージャ育成ロードマップにしたがって、それぞれのフェーズに合った教育手法を検討していきたい。

## 参考文献

- [1] 酒森潔 石井靖浩. プロジェクトフライトシミュレータによる大規模プロジェクトのPM養成. 日工教講演論文 Aug 2012.
- [2] 酒森潔. 産業技術大学院大学情報アーキテクチャ専攻の P B L, 情報処理, Vol.53, No.5, May 2012.
- [3] J.Sutherland and J. Schwaber. Scrum guide. <http://www.scrum.org/Scrum-Guides>, 2011. (visited on 2013-06-30).
- [4] Project Management Institute(PMI), PMBOK®ガイド 第5版 PMI 2013.

## 情報アーキテクチャ専攻カリキュラム設計の考え方

戸沢義夫<sup>1)</sup> 酒森潔<sup>1)</sup> 小山裕司<sup>1)</sup>

## An Approach to Design the Curriculum of Master Program of Information Systems Architecture

Yoshio Tozawa<sup>1)</sup> Kiyoshi Sakamori<sup>1)</sup> Hiroshi Koyama<sup>1)</sup>

## Abstract

A curriculum is a system to achieve the educational objectives in which subjects are allocated to educate specific contents. It is required that a curriculum is designed to meet the educational objectives. The curriculum should assure that a student has learnt required contents when the student completes some subjects, Model curriculum for reference cannot be found in Japan, since the Master Program of Information Systems Architecture is a specialized graduate school of highly advanced Information Technology. We designed the new curriculum at the timing of revision so that the curriculum should meet the educational objectives.

**Keywords:** IT 専門職大学院, 情報アーキテクチャ専攻, カリキュラム, 教育目標, 情報アーキテクト

## 1 はじめに

産業技術大学院大学 情報アーキテクチャ専攻 (以下, 本学と呼ぶ) は「情報アーキテクト」を育成すると謳っている [1]. 本学の学生はほとんどが社会人であり, 社会人が履修しやすいように制度やしきみを工夫している. 毎年約 50 名が入学し, 修士課程だけの大学院なので, 学生数は 100 名程度の規模である (2008 年度から創造技術専攻が開設したので, 実学生数は約 200 名になっているが, 本論文では情報アーキテクチャ専攻に特化する).

本学を修了すると学位「情報システム学修士 (専門職)」が授与される. 情報アーキテクチャ専攻は, 英語では Master Program of Information Systems Architecture である. 「情報アーキテクチャ」は情報システムのアーキテクチャを意味している.

経済産業省 (主体は IPA:情報処理推進機構) は IT 人材に関して共通キャリア・スキルフレームワーク (CCSF) [1] を提示している. 本学の教育内容を CCSF に合わせて見直し, カリキュラムを再設計した. CCSF には人材像と知識体系が定義されている. 知識体系 (Body of Knowledge) は, 大分類, 中分類, 小分類に階層的に整理され, コードが振られており, 小分類の項目には具体例が書かれている. 図 1 は CCSF の知識体系記述からの抜粋である.

分野	大分類	中分類	小分類	知識項目例
テクノロジー系	2 コンピュータシステム	5 ソフトウェア	2 ミドルウェア	各種ミドルウェア (OS などの API, Web API, 各種ライブラリ, コンポーネントウェア, シェル, 開発フレームワークほか) の役割と機能, ミドルウェアの選択と利用など
			3 ファイルシステム	ファイルシステムの種類と特徴, アクセス手法, 検索手法, デレクトリ管理, バックアップ, ファイル編成 など
			4 開発ツール	設計ツール, 構築ツール, テストツール, 言語処理ツール (コンパイラ, インタプリタ, リンカ, ロータほか), エミュレータ, シミュレータ, インサートエミュレータ (ICE), ツールチェーン, 統合開発環境 など
			5 オープンソースソフトウェア	OSS の種類と特徴, UNIX 系 OS, オープンソースコミュニティ, LAMP/LAPP, オープンソースライブラリ, OSS の利用・活用と考慮点 (安全性, 信頼性ほか), 動向など
			6 ハードウェア	1 ハードウェア
3 技術要素	7 ヒューマンインタフェース	1 ヒューマンインタフェース技術	1 ヒューマンインタフェース技術	インフォメーションアーキテクチャ, GUI, 音声認識, 画像認識, 動画認識, 特徴抽出, 学習機能, インタラクティブシステム, ユーザビリティ, アクセシビリティ など
			2 インタフェース設計	概要設計, 画面設計, コード設計, Web デザイン, 人間中心設計, ユーザビリティデザイン, ユーザビリティ評価 など

図 1 共通キャリア・スキルフレームワーク (CCSF) の知識体系 (一部を抜粋)

## 2 情報アーキテクト

「情報アーキテクト」は本学設置時に使用した造語であり, 厳密な定義はされていなかった. その後, 外部機関 (JABEE) により認証評価を受けた [2] 際に情報アーキテクトを, (A) 必要とされる知識とスキル, (B) 必要とされるコンピテンシーから次のように定義した.

情報アーキテクトとは, 情報システム (企業等が利活用しているコンピュータ, ネットワーク等から構成される仕組みの総称) 開発のための各種の IT 高度専門職技術者で, 共通キャリア・スキルフレームワークの「ストラテジスト」, 「システムアーキテクト」, 「プロジェクトマネージャ」, 「テクニカルスペシャリスト」, 「サービスマネージャ」及び, 本学が独自に設定した「グローバルスペシャリスト」に渡る範囲の人材像の職種をカバーする総称である.

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

(A) 情報アーキテクトに必要とされる知識・スキルの修得  
 「情報アーキテクト」に必要とされる知識・スキルを修得することを目標とし、本専攻では具体的に以下の(A1)～(A4)を修得する。

- (A1) IT関連の基礎から応用に至る知識・スキル
- (A2) 対象分野の業務に関する知識
- (A3) マネジメントの知識・スキル
- (A4) 情報システムの開発に関する知識・スキル

(B) 情報アーキテクトに必要な業務遂行能力(コンピテンシー)の修得

情報アーキテクトに必要な業務遂行能力(コンピテンシー)を身に付けることを目標とし、以下に示す(B1)～(B3)の3つのメタコンピテンシーと

- (B1) コミュニケーション能力
- (B2) 継続的学修と研究の能力
- (B3) チーム活動

(B1-1)～(B3-2)の7つのコアコンピテンシーを修得する。

- (B1-1) システム提案, ネゴシエーション, 説得
- (B1-2) ドキュメンテーション
- (B2-1) 革新的概念, 発想
- (B2-2) ニーズ, 社会的・マーケット的視点
- (B2-3) 問題解決
- (B3-1) リーダーシップ, マネジメント
- (B3-2) ファシリテーション, 調整

### 3 カリキュラムの設計

#### 3.1 基本カリキュラム体系

本学では入学時にはITSSのレベル2を要請し(講義は学生がレベル2の知識を持っている前提で実施), 修了時にはレベル3(新卒者)またはレベル4以上(業務経験者)になるようなカリキュラムである。レベル3は専門家, レベル4になると高度な専門性があると認知される。(図2)

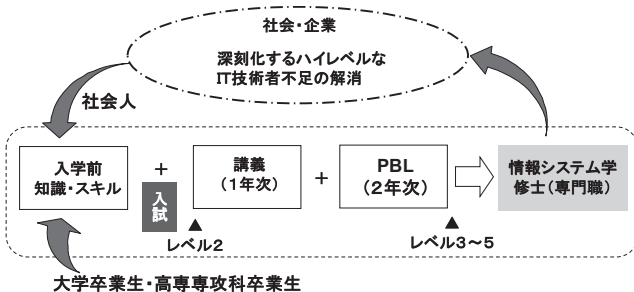


図2 本学の基本カリキュラム体系

#### 3.2 昨年度までのカリキュラムの問題点

教員の入替わりにより新科目が追加されたり, 非常勤講師の都合で開講できない科目や担当教員が変わったり, 科目の教育内容を担当教員の判断で時代に合うように変えたりしたため, 次のような問題が発生していることが認識された。

- (1) 複数の科目での知識項目の重複
- (2) 本来教えるべき知識項目の欠如

#### 3.3 カリキュラム設計上の制約

教育内容を充実するひとつの方法は開講科目を増やすことだが, 制約がありやたらに増やせるものではない。制約には以下のようなものがある。

- (1) 教育目標との整合性をとること
- (2) 大学院レベルの講義ができる教員がいること
- (3) 受講生が一定数(約8名)以上いること
- (4) 教員負荷を公平にすること
- (5) 講義室(演習室)が確保できること
- (6) 10月入学生が困らないこと
- (7) 非常勤講師の人数を増やさないこと
- (8) 情報アーキテクトが身に付けるべき知識項目はどこかの科目でカバーすること
- (9) 入学前に学習しておいて欲しい知識を, 身に付けていない学生のために, 入学後に学べるように基礎科目をいくつか設置すること
- (10) 専門科目(基礎科目以外)は6つ用意するコースのどれかの推奨科目になっていること
- (11) ある科目がコースの推奨科目になる場合, 最大4コースまでとすること

#### 3.4 教育目標を保証するための考え方

本学では, PBL以外の講義科目は14科目以上修得しないと修了できない。講義科目では, 情報アーキテクトの要件である(A)情報アーキテクトに必要とされる知識・スキルの修得を目的にしている。もうひとつの要件(B)情報アーキテクトに必要な業務遂行能力(コンピテンシー)の修得は, PBL履修で達成する。

開講科目の中から14科目選択するのは学生の裁量に任せられている。同じ科目を履修しても, 成績評価の良い学生と悪い学生では, その科目が意図した教育内容の修得状況に差があると思われる。従って, どの科目をどの成績で履修したかによって, その学生が講義科目の履修により身に付けた知識・スキル(小分類の知識単位)が算出可能である。

本学が設定した「情報アーキテクトに必要とされる知識・スキル」の(A1)～(A4)はCCSFのBOKの10の大分類の知識項目K-1～K-10に対応させている。24の中項目を含めて表1に示す。

#### 3.5 情報アーキテクトの人材像

CCSFで定義されている人材像は, ストラテジスト, システムアーキテクト, プロジェクトマネージャ, テクニカルスペシャリスト, サービスマネージャ, クリエータの6種である。本学ではグローバル人材の育成を目標のひとつに挙げているので, クリエータの代わりに本学独自のグローバルスペシャリストを設定している。それぞれの人材像ごとに, 24の中分類の知識項目(中分類)から特に重要視される(レベ

表1 CCSFの知識項目と情報アーキテクト(A1~A4)

大分類	中分類
(A1) K-01〔基礎理論〕	K-01-01《基礎理論》
	K-01-02《アルゴリズムとプログラミング》
(A1) K-02〔コンピュータ・システム〕	K-02-03《コンピュータ構成要素》
	K-02-04《システム構成要素》
	K-02-05《ソフトウェア》
	K-02-06《ハードウェア》
(A1) K-03〔技術要素〕	K-03-07《ヒューマンインタフェース》
	K-03-08《マルチメディア》
	K-03-09《データベース》
	K-03-10《ネットワーク》
	K-03-11《セキュリティ》
(A4) K-04〔開発技術〕	K-04-12《システム開発技術》
	K-04-13《ソフトウェア開発管理技術》
(A3) K-05〔プロジェクトマネジメント〕	K-05-14《プロジェクトマネジメント》
(A3) K-06〔サービスマネジメント〕	K-06-15《サービスマネジメント》
	K-06-16《システム監査》
(A4) K-07〔システム戦略〕	K-07-17《システム戦略》
	K-07-18《システム企画》
(A2) K-08〔経営戦略〕	K-08-19《経営戦略マネジメント》
	K-08-20《技術戦略マネジメント》
	K-08-21《ビジネスインダストリ》
(A3) K-09〔企業と法務〕	K-09-22《企業活動》
	K-09-23《法務》
(A2) K-10〔ビジネス知識〕	K-10-24《ビジネス知識》

ル4の修得を期待される)5つ選定している。

### 3.5.1 ストラテジスト

ITを活用したビジネス価値の増大をリードする。企業の経営戦略に基づきITを活用する戦略を提案・策定する。企業の経営方針に合った、課題解決のためのソリューションを提案する。

- K-07-17《システム戦略》
- K-07-18《システム企画》
- K-08-19《経営戦略マネジメント》
- K-08-20《技術戦略マネジメント》
- K-08-21《ビジネスインダストリ》

### 3.5.2 システムアーキテクト

ビジネス戦略に対して最適なシステムをデザインする。IT戦略を受け、ソリューションを構成する、又は組込み製品開発に必要な要件を定義し、それを実現するためのアーキテクチャを設計する。

- K-04-12《システム開発技術》
- K-04-13《ソフトウェア開発管理技術》
- K-07-17《システム戦略》
- K-07-18《システム企画》
- K-08-19《経営戦略マネジメント》

### 3.5.3 プロジェクトマネージャ

与えられた制約条件(品質、コスト、納期等)下で、信頼性の高いシステム構築を総括する。システム開発プロジェクトの責任者として、プロジェクト計画を作成し、必要となる要員や資源を確保し、予算、納期、要求品質について責任をもってプロジェクトを遂行する。

- K-04-13《ソフトウェア開発管理技術》
- K-05-14《プロジェクトマネジメント》
- K-06-15《サービスマネジメント》
- K-09-22《企業活動》
- K-09-23《法務》

### 3.5.4 テクニカルスペシャリスト

データベースやネットワーク等の技術ドメインでの実装を担当する。設計されたアーキテクチャの中で、求められるシステムのアプリケーションの設計・構築やネットワークやデータベース、セキュリティ等の固有技術を活用した、最適なシステム基盤の構築を行う。

- K-03-09《データベース》
- K-03-11《セキュリティ》
- K-03-10《ネットワーク》
- K-04-12《システム開発技術》
- K-04-13《ソフトウェア開発管理技術》

### 3.5.5 サービスマネージャ

継続的な高い信頼性を確保しつつ、システムを維持する。構築されたシステム及び製品について、安定稼働を確保し、障害発生時には被害の最小化を図る等、安全性と信頼性の高いサービスの提供を行うほか、構築されたシステム及び製品について、求められている機能要件、非機能要件、信頼性、安定性についての品質確認を行う。

- K-05-14《プロジェクトマネジメント》
- K-06-15《サービスマネジメント》
- K-06-16《システム監査》
- K-07-17《システム戦略》
- K-07-18《システム企画》

### 3.5.6 グローバルスペシャリスト

企業のグローバル化に伴う、システム利用者、システム管理者、ステークホルダーの課題を解決する。また、グローバル環境(多国籍企業、国際機関、オフショア等)で専門分野に関する業務(理念の発信、戦略提案、マネジメント、製品開発等)を遂行する。

- K-05-14《プロジェクトマネジメント》
- K-07-17《システム戦略》
- K-07-18《システム企画》
- K-08-19《経営戦略マネジメント》
- K-08-21《ビジネスインダストリ》

## 3.6 科目と知識項目(小分類)の対応

知識項目は各科目で教えられるものなので、科目と知識項

目の関係を管理する必要がある。本学ではシラバスの科目の説明の中に、“修得できる知識単位”として明記するようにした。添付1は科目ごとに教えている知識単位をまとめたものである。これは、本学で何を教えているかを示している。

一方、同様の内容を知識項目から見ると、ある知識項目はどの科目で教えているか、になる。これをまとめたものが添付2である。添付1は各教員が自分の担当する科目内容に合わせて記入したものであるのに対し、添付2はカリキュラム委員会が管理しているものである。本来ならば添付1と添付2は完全に一致すべきものであるが、残念ながら若干の違いが発生している。

### 3.7 科目と科目群

科目は、情報アーキテクトに必要なとされる知識・スキルの(A1)(A2)(A3)(A4)に対応した次のような科目群で管理している。

- ・ IT系科目群 (A1) 20科目
- ・ エンタープライズ系科目群 (A2) 13科目
- ・ マネジメント系科目群 (A3) 9科目
- ・ システム開発系科目群 (A4) 8科目
- ・ その他科目 3科目

図3は本学のカリキュラムの考え方を示している。情報アーキテクトの人材像に至るために、4つの科目群から選択した科目とPBLの履修が必要である。

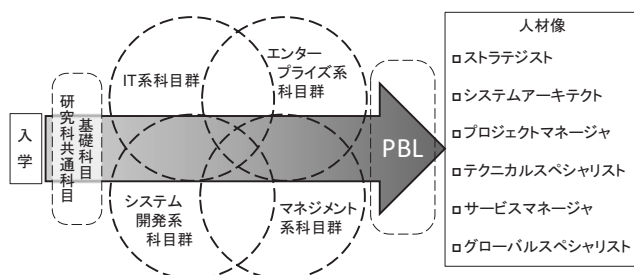


図3 情報アーキテクト専攻のカリキュラム

### 3.8 コースと推奨科目

図2を見てわかるように、目指す人材像ごとに履修する科目も異なってくる。どの科目を履修するかは学生が自由に自分で決めてよいし、複数の人材像を同時に目指してもよい。

約50設置されている科目の中から、修了(卒業)に必要な14科目を選択するのは、原則として、学生の興味、ニーズに合わせて自由に選んで良い。各科目には、その科目を設置している理由があるので、履修科目を選択するガイドラインが必要と考えた。コースはそのために設定されたものである。履修科目選択の目安として、目指す人材像ごとにコースを設定し、コースごとに推奨PBLと推奨科目を決めている。コースは次の6つになる。

- ・ 「ストラテジスト」コース (推奨 15科目)
- ・ 「システムアーキテクト」コース (推奨 16科目)
- ・ 「プロジェクトマネージャ」コース (推奨 16科目)

- ・ 「テクニカルスペシャリスト」コース (推奨 15科目)
  - ・ 「サービスマネージャ」コース (推奨 14科目)
  - ・ 「グローバルスペシャリスト」コース (推奨 17科目)
- 修了には14科目の履修で足りるので、若干多く設定されている。詳細は添付3に示す。

推奨科目は、それらの全科目を5段階評価の4以上を取った場合、人材像ごとに設定してある、特に重要視される5つの知識項目(中分類)について、概ねレベル4が確保できるようにになっている。履修科目に一貫性がないと、本学を修了してもプロフェッショナルとは呼びにくい学生を輩出してしまう。推奨科目は、履修科目の選び方に一貫性を持たせるために導入している。この観点から、PBLの配属の際に、そのPBLが属するコースの推奨科目の履修状況がPBL履修条件になるようにルールの見直しを図った。

## 4 学生への教育効果(達成度)フィードバック

カリキュラム設計では、カリキュラムが教育目標を保証することを目的にしている。カリキュラムに沿って学生が履修した場合、情報アーキテクトの人材像(6つのうちのどれか)に到達できるようになっている。その到達度合を測定できるようにしたのがこのカリキュラムの特長である。インプットとして、学生が履修した科目の成績、PBLでのコアコンピテンシーの評価結果を用い、アウトプットとして、図4のような8角形のダイアグラムを表示できるようにしている。

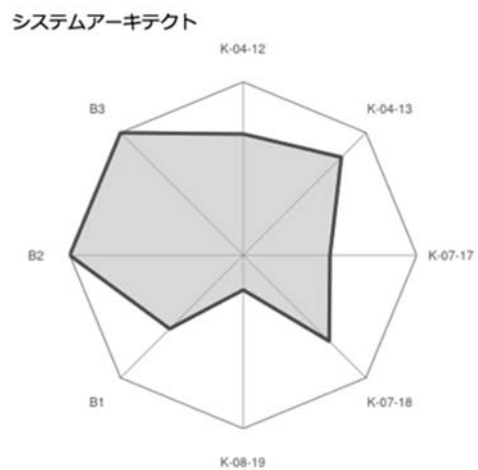


図4 達成度ダイアグラム(例)

8角形ダイアグラムの面積が大きければ大きいほどシステムアーキテクトの資質を備えていることになる。コースに設定されている推奨科目すべてを成績4以上で履修し、PBLでのコンピテンシー評価が4以上である場合、8角形は概ね最大に広がるようになっている。

## 5 おわりに

カリキュラム設計では、

- 情報アーキテクトの定義
- 情報アーキテクトの具体的人材像
- 教育すべき知識項目や知識単位
- 科目ごとに決まる知識単位と修得可能なレベル
- 人材像ごとに決まる推奨科目

を決めることが重要であった[2].

人材像と知識項目は CCSF を参照し、本学の状況に合うように必要な取捨選択を行った。これにより、各科目が教育目標に対してどのように位置づけられているかが明確になり、学生がその科目を履修した場合に、教育目標に向かってどの程度の達成が見込まれるかがはっきりわかるようになった。

カリキュラム設計に CCSF の BOK で挙げられている知識単位をそのまま利用した。検討を開始した当初は、本学で教育している内容が、必ずしも CCSF でまとめられた知識単位と合っていないものがあることから、本学独自の知識単位を追加することを考えていた。しかし、大学に対する認証

評価での困難さを考慮し、本学独自の知識単位を追加することをあきらめた。

CCSF の知識単位はかなり上手にまとめられていると思われるが、いくつか問題もあり、完璧とはいえない。しかし、第三者の有識者によりまとめられたものであるため、本学のカリキュラムの妥当性を保証する拠り所として使用するには適切と考えている。本学の教育目標から見て、CCSF の知識単位が不完全と感じられる部分は、各科目の教育内容を運用段階で調整することにより、適切な教育になるようにしていると考えている。

## 参考文献

- [1] 共通キャリア・スキルフレームワーク（第一版・追補版）  
<https://www.ipa.go.jp/files/000027170.zip>  
 CCSF モデル：ccsf\_model\_20130426.xls
- [2] 戸沢義夫, 酒森潔, 小山裕司. 高度 IT 専門職大学院の教育目標を保証するカリキュラムの設計. SSS2014. 情報処理学会 情報教育シンポジウム 2014

## 添付1 情報アーキテクチャ専攻で教えて

## いる科目ごとの知識単位

## IT系科目群

**An algorithmic approach to functional programming**

- (A1) K-01-02-02 アルゴリズム (レベル2) 再帰  
 (A1) K-01-02-03 プログラミング (レベル4) 関数型プログラミング  
 (A1) K-01-02-04 プログラム言語 (レベル3) Lisp, Scheme

**Java プログラミング技法**

- (A1) K-01-02-03 プログラミング (レベル4) プログラミング作法, プログラム構造, データ型, 文法の表記法  
 (A1) K-01-02-04 プログラミング言語 (レベル3) Java 言語, Java 仮想マシン, Java バイトコード  
 (A1) K-02-05-02 ミドルウェア (レベル3) Java の API, クラスライブラリ, JavaFX  
 (A1) K-02-05-03 ファイルシステム (レベル2) ファイルシステムのアクセス手法  
 (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル2) テストツール, 言語処理ツール (コンパイラ等), ツールチェーン, 統合開発環境  
 (A1) K-02-05-05 オープンソースソフトウェア (レベル2) オープンソースライブラリ, OSS の利活用, Java のオープンソースライブラリの動向  
 (A1) K-03-07-01 ヒューマンインターフェイス技術 (レベル2) GUI

**OSS 特論**

- (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル4) 構築ツール, テストツール, 言語処理ツール (コンパイラ, インタプリタ, リンカ, ローダ), エミュレータ, シミュレータ, 統合開発環境  
 (A1) K-02-05-05 オープンソースソフトウェア (レベル4) OSS の種類と特徴, Unix 系 OS, オープンソースコミュニティ, LAMP/LAPP, オープンソースライブラリ, OSS の利用・活用と考慮点 (安全性, 信頼性), 動向  
 (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル3) コーディング基準, コーディング支援手法, コードレビュー, デバッグ, テスト手法, テスト準備 (テスト環境, テストデータ), テストの実施, テスト結果の評価  
 (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル3) アジャイル開発, ソフトウェア再利用, リバースエンジニアリング, マッシュアップ  
 (A3) K-09-23-03 労働関連・取引関連法規 (レベル4) ソフトウェア契約, ライセンス契約, OSS ライセンス (GPL, BSD ライセンス等), パブリックドメイン, クリエイティブコモンズ

**インターネットプラットフォーム特論**

- (A1) K-01-02-05 その他の言語・Web アプリケーション関連のみ (レベル3)  
 (A1) K-02-05-02 ミドルウェア・Web アプリケーション関連のみ (レベル4)  
 (A1) K-03-09-04 トランザクション処理 レベル3  
 (A1) K-03-10-02 データ通信と制御 レベル4  
 (A1) K-03-10-03 通信プロトコル レベル4  
 (A1) K-03-11-01 情報セキュリティ レベル3  
 (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計 (レベル4) 詳細設計 Web アプリケーション関連のみ

- (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル4) Web アプリケーション関連のみ

**クラウドインフラ構築特論**

- (A1) K-02-04-01 システムの構成 (レベル3) Web システム, クラスタ  
 (A1) K-03-10-05 ネットワーク応用 (レベル4) インターネット, イントラネット

**システムソフトウェア特論**

- (A1) K-01-02-03 プログラミング (レベル2) 既存言語を用いたプログラミング (シェルスクリプト)  
 (A1) K-02-05-01 オペレーティングシステム (レベル4) OS の機能, 仮想記憶, ジョブ管理, 等  
 (A1) K-02-05-03 ファイルシステム (レベル4) ディレクトリ管理, バックアップ, ファイル編成, 等  
 (A1) K-02-05-05 オープンソースソフトウェア (レベル2) Unix 互換 OS

**システムプログラミング特論**

- (A1) K-01-01-03 情報に関する理論 (レベル3) 計量  
 (A1) K-01-02-01 データ構造 (レベル4) スタックとキュー, リスト, 配列, 木構造, 2分木  
 (A1) K-01-02-02 アルゴリズム (レベル4) 整列, 併合, 探索, 再帰, 文字列処理, アルゴリズム設計  
 (A1) K-01-02-03 プログラミング (レベル4) プログラミング作法, プログラム構造, データ型, 文法  
 (A1) K-01-02-04 プログラム言語 (レベル4) プログラム言語 (C, Java, Python 等) の種類と特徴  
 (A1) K-02-05-02 ミドルウェア (レベル4) 各種ミドルウェア (OS 等の API, Web API, 各種ライブラリ, コンポーネントウェア, 開発フレームワークほか) の役割と機能, ミドルウェアの選択と利用  
 (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル4) 構築ツール, テストツール, 言語処理ツール  
 (A1) K-02-05-05 オープンソースソフトウェア (レベル2) UNIX 系 OS, オープンソースライブラリ  
 (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル3) コーディング基準及び支援手法, コードレビュー, デバッグ, テスト手法  
 (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル2) ソフトウェア再利用, マッシュアップ  
 (A4) K-07-17-03 ソリューションビジネス (修得レベル3) SOA, クラウド技術 (PaaS, IaaS)

**セキュアシステム管理運用特論**

- (A1) K-03-10-04 ネットワーク管理 (レベル4) 障害管理, トラフィック監視  
 (A1) K-03-11-01 情報セキュリティ (レベル4) 脅威, 脆弱性, 攻撃手法  
 (A1) K-03-11-04 情報セキュリティ対策 (レベル4) ログ管理, マルウェア対策, 不正アクセス対策, デジタルフォレンジック  
 (A1) K-03-11-05 セキュリティ実装技術 (レベル4) ネットワークセキュリティ

**データインテリジェンス特論**

- (A1) K-01-01-02 応用数学 (レベル3)  
 (A1) K-03-09-05 データベース応用 (レベル4)  
 (A4) K-07-17-04 システム活用促進・評価 (レベル3)

**データベースシステム特論**

- (A1) K-03-09-01 データベース方式 (レベル3) データベースの種類と特徴, データベースのモデル  
 (A1) K-03-09-02 データベース設計 (レベル4) データ分析, データベースの論理設計, データの正規化, データベースのパフォーマンス設計, データベースの物理設計



- (A1) K-03-09-03 データ操作 (レベル4) データベースの操作、データベースを操作するための言語
- (A1) K-03-09-04 トランザクション処理 (レベル4) 排他制御、リカバリ処理、トランザクション管理、データベースの性能向上、データ制御
- (A1) K-03-09-05 データベース応用 (レベル3) 分散データベース、ビッグデータ

### データベース特論

- (A1) K-03-09-01 データベース方式 (レベル4)
- (A1) K-03-09-02 データベース設計 (レベル4)
- (A1) K-03-09-03 データ操作 (レベル4)
- (A1) K-03-09-04 トランザクション処理 (レベル3)

### ネットワークシステム特別講義 1

- (A1) K-02-05-01 オペレーティングシステム(レベル4) OSの種類と特徴、OSの機能、仮想記憶、プロセス/タスク管理、入出力管理、記憶管理、割込み、ブートストラップ
- (A1) K-03-10-03 通信プロトコル(レベル4) プロトコルとインタフェース、TCP/IP、HTTP、DNS、SMTP
- (A1) K-03-11-05 セキュリティ実装技術(レベル3) セキュアプロトコル (IPSec、SSL、SSH)、認証プロトコル (SMTP-AUTH、DNSSEC)、ネットワークセキュリティ

### ネットワークシステム特別講義 2

- (A1) K-03-10-03 通信プロトコル(レベル3) TCP/IP、HTTP、DNS、SMTP、POP/IMAP、DHCP
- (A1) K-03-10-04 ネットワーク管理(レベル3) ネットワーク運用管理、障害管理、トラフィック監視
- (A1) K-03-10-05 ネットワーク応用(レベル3) インターネット、イントラネット、通信サービス
- (A1) K-03-11-05 セキュリティ実装技術(レベル3) セキュアプロトコル (IPSec、SSL、SSH)、認証プロトコル (SMTP-AUTH、DNSSEC)、ネットワークセキュリティ

### ネットワーク特論 1

- (A1) K-03-10-01 ネットワーク方式 (レベル4) ネットワークの種類と特徴 (WAN/LAN、有線・無線)、インターネット技術、パケット交換網
- (A1) K-03-10-02 L3 データ通信と制御 (レベル3) 伝送方式と回線、LAN 間接続装置、回線接続装置、OSI 基本参照モデル、メディアアクセス制御 (MAC)、データリンク制御、ルーティング制御
- (A1) K-03-10-03 通信プロトコル (レベル3) プロトコルとインタフェース、TCP/IP、HTTP、DNS、IPv6 など
- (A1) K-03-10-04 ネットワーク管理 (レベル2) ネットワーク運用管理 (SNMP)、障害管理、性能管理、トラフィック監視
- (A1) K-03-10-05 ネットワーク応用 (レベル2) インターネット、モバイル通信、通信サービス
- (A1) K-03-11-05 セキュリティ実装技術 (レベル2) セキュアプロトコル (IPSec、SSL、SSH ほか)、ネットワークセキュリティ

### ネットワーク特論 2

- (A1) K-03-10-01 ネットワーク方式(レベル3) インターネット技術、回線に関する計算、パケット交換網、QoS
- (A1) K-03-10-02 データ通信と制御(レベル3) ルーティング制御、フロー制御
- (A1) K-03-10-04 ネットワーク管理(レベル4) ネットワーク運用管理 (SNMP)、障害管理、性能管理、トラフィック監視
- (A1) K-03-10-05 ネットワーク応用(レベル4) インターネット、通信サービス

### ビッグデータ解析特論

- (A1) K-02-05-05 オープンソースソフトウェア (レベル3)
- (A1) K-03-09-05 データベース応用 (レベル4)

### ユビキタスプラットフォーム特論

- (A1) K-02-03-01 プロセッサ (レベル3)
- (A1) K-02-03-02 メモリ (レベル3)
- (A1) K-02-03-04 入出力デバイス (レベル3)
- (A1) K-02-05-01 オペレーティングシステム (レベル4)
- (A1) K-02-05-02 ミドルウェア (レベル3)
- (A1) K-02-05-03 ファイルシステム (レベル3)
- (A1) K-02-05-05 オープンソースソフトウェア (レベル3)
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル4) モバイルアプリケーション (iPhone)

### 情報アーキテクチャ特論 1

- (A1) K-01-01-01 離散数学 (レベル4) 2進数、基数、数値表現、演算精度、集合、ベン図、論理演算
- (A1) K-01-01-02 応用数学 (レベル4) 確率・統計、数値解析、数式処理、グラフ理論、待ち行列理論
- (A1) K-01-01-03 情報に関する理論 (レベル4) 符号理論、オートマトン、形式言語、人工知能、知識工学、学習理論、コンパイル理論、プログラミング言語論・意味論
- (A1) K-01-01-04 通信に関する理論 (レベル4) 伝送理論 (伝送路、変復調方式、多重化方式、誤り検出・訂正、信号同期方式)
- (A1) K-01-01-05 計測・制御に関する理論 (レベル4) 信号処理、フィードバック制御、フィードフォワード制御、各種制御、センサ・アクチュエータの種類と動作特性
- (A1) K-02-03-01 プロセッサ (レベル4) コンピュータ及びプロセッサの種類、構成・動作原理、性能と特性、RISCとCISC、命令とアドレッシング、マルチコアプロセッサ
- (A1) K-02-03-02 メモリ (レベル4) メモリの種類と特徴、メモリシステムの構成と記憶階層 (キャッシュ、主記憶、補助記憶)、メモリの容量と性能、記録媒体の種類と特徴
- (A1) K-02-03-03 バス (レベル4) バスの種類と特徴、バスのシステムの構成、
- (A1) K-02-03-04 入出力デバイス (レベル4) 入出力デバイスの種類と特徴、入出力インタフェース、デバイスドライバ、アナログ・デジタル変換
- (A1) K-02-03-05 入出力装置 (レベル4) 入力装置、出力装置、表示装置、補助記憶装置・記憶媒体等
- (A1) K-02-04-01 システムの構成 (レベル4) システムの処理形態、仮想化、クライアントサーバシステム、Web システム、シンクライアントシステム、フォールトトレラントシステム、RAID、P2P、クラスタ等
- (A1) K-02-04-02 システムの評価指標 (レベル4) システムの性能指標、システムの性能特性と評価、システムの信頼性・経済性の意義と目的、信頼性計算、信頼性指標、信頼性特性と評価、経済性の評価
- (A1) K-02-06-01 ハードウェア (レベル4) 電気・電子回路、論理設計、半導体素子、消費電力
- (A1) K-03-08-01 マルチメディア技術 (レベル4) 音声処理、静止画処理、動画処理、メディア統合、圧縮・伸長、MPEG
- (A1) K-03-08-02 マルチメディア応用 (レベル4) AR、VR、モーションキャプチャ
- (A3) K-09-22-02 OR・IE (レベル3) 確率・統計、順列、待ち行列理論
- (A2) K-08-21-03 e-ビジネス (レベル3) ソーシャルメディア、ロングテール
- (A2) K-08-21-04 民生機器 (レベル4) スマートデバイス、娯楽機器

**情報インタフェースデザイン特論**

- (A1) K-01-02-04 プログラム言語 (レベル4) プログラム言語 (Java, ECMAScript, PHP) の種類と特徴
- (A1) K-01-02-05 その他の言語 (レベル4) マークアップ言語 (HTML, XML) の種類と特徴
- (A1) K-03-07-01 ヒューマンインタフェース技術 (レベル4) インフォメーションアーキテクチャ、GUI、インタラクティブシステム、ユーザビリティ、アクセシビリティ
- (A1) K-03-07-02 インタフェース設計 (レベル4) 画面設計、コード設計、Web デザイン、人間中心設計、ユニバーサルデザイン、ユーザビリティ評価
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル4) ソフトウェア要件の確立 (機能、能力、インタフェース)、ソフトウェア要件の評価、ユースケース、プロトタイプ
- (A2) K-08-21-03 e-ビジネス (レベル3) ソーシャルメディア
- (A2) K-08-21-04 民生機器 (レベル3) スマートデバイス、娯楽機器

**情報セキュリティ特論**

- (A1) K-03-11-01 情報セキュリティ (レベル4) 情報の機密性・完全性・可用性、脅威、脆弱性、攻撃手法、暗号化、技術、認証技術、利用者認証、公開鍵基盤など
- (A1) K-03-11-03 セキュリティ技術評価 (レベル2) ISO/IEC 15408, JISEC, JCMVP など
- (A1) K-03-11-04 情報セキュリティ対策 (レベル2) アクセス制御、マルウェア対策、不正アクセス対策、ファイアウォール、侵入検知/侵入防止、情報漏えい対策、入退室管理、情報セキュリティ教育、デジタルフォレンジックスなど
- (A1) K-03-11-02 情報セキュリティ管理 (レベル2) 情報資産とリスクの概要、リスク分析と評価、情報セキュリティポリシー、ISMS など
- (A1) K-03-11-05 セキュリティ実装技術 (レベル2) セキュアプロトコル、認証プロトコルなど

**エンタープライズ系科目群****CIO 特論**

- (A2) K-10-24-01 顧客のビジネス知識 (レベル4)
- (A2) K-08-21-01 ビジネスシステム (レベル4)
- (A2) K-08-19-01 経営戦略マネジメント (レベル4)
- (A2) K-06-15-01 サービスマネジメント (レベル4)

**English technical writing**

- (A3) K-09-22-01 経営・組織論 (レベル4) 行動科学 (コミュニケーション、テクニカルライティング、プレゼンテーション)

**e ビジネス特論**

- (A2) K-08-19-02 マーケティング (レベル4)
- (A2) K-08-19-03 ビジネス戦略と目標・評価 (レベル3)
- (A2) K-08-21-01 ビジネスシステム (レベル3)
- (A2) K-08-21-03 e-ビジネス (レベル4)、各種の意思決定 (交渉、合意形成、協調等)
- (A3) K-09-22-01 経営・組織論 (レベル2)

**コミュニケーション技術特論 1**

- (A3) K-09-22-01 経営・組織論 (レベル3) 行動科学 (コミュニケーション、テクニカルライティング、プレゼンテーション)

**コミュニケーション技術特論 2**

- (A3) K-09-22-01 経営・組織論 (レベル3) 行動科学 (リーダーシップ、コミュニケーション、テクニカルライ

ティング、プレゼンテーション、ネゴシエーション、モチベーションほか)

**サービスサイエンス特論**

- (A3) K-06-15-01 サービスマネジメント (レベル4)
- (A2) K-08-19-01 経営戦略手法 (レベル3)
- (A2) K-08-19-02 マーケティング (レベル3)
- (A2) K-08-20-01 技術開発戦略の立案 (レベル4)

**情報アーキテクチャ特論 2**

- (A3) K-06-15-02 サービスの設計・移行 (レベル4) サービスの計画、サービスの設計・開発
- (A3) K-05-14-03 プロジェクトステークホルダマネジメント (レベル3) ステークホルダの特定、ステークホルダの管理
- (A4) K-07-17-01 情報システム戦略 (レベル4) 情報システム戦略の意義と目的、ビジネスモデル、業務モデル、情報システムモデル、エンタープライズアーキテクチャ (EA)
- (A4) K-07-17-02 業務プロセス (レベル4) 業務分析、業務改善、業務設計
- (A2) K-08-19-03 ビジネス戦略と目標・評価 (レベル4) ビジネス環境分析、ニーズ・ウォンツ分析、競合分析
- (A4) K-07-18-02 要件定義 (レベル4) 要求分析、ユーザーニーズ調査、現状分析、課題定義、要件定義手法、業務要件定義、機能要件定義、非機能要件定義、利害関係者要件の確認
- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル3) システム要件定義 (機能、能力、業務・組織及び利用者の要件、設計制約条件、適格性確認要件ほか)、システム要件の評価

**情報アーキテクチャ特論 3**

- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル4) システム要件定義、システム要件
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル4) ソフトウェア要件の確立、ソフトウェア要件の評価、ユースケース、UML
- (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計 (レベル4) ソフトウェア構造とコンポーネントの設計、オブジェクト指向設計
- (A4) K-07-17-01 情報システム戦略 (レベル4) ビジネスモデル、業務モデル、情報システムモデル
- (A4) K-07-18-02 要件定義 (レベル4) 要求分析、要件定義手法、業務要件定義、機能要件定義、非機能要件定義、利害関係者要件の確認、システム戦略との整合性検証

**情報システム特論 2**

- (A4) K-07-17-01 情報システム戦略 (レベル4) 情報システム戦略の意義と目的、全体最適化方針、全体最適化計画、情報化投資計画、ビジネスモデル、業務モデル
- (A4) K-07-17-02 業務プロセス (レベル4) BPR、業務分析、業務改善、ビジネスプロセスマネジメント (BPM)
- (A4) K-07-17-03 ソリューションビジネス (レベル4) ソリューションビジネスの種類とサービス形態、業務パッケージ、問題解決支援
- (A4) K-07-17-04 システム活用促進・評価 (レベル4) 情報リテラシ、データ活用、システム利用実態の評価・検証、システム廃棄
- (A4) K-07-18-01 システム化計画 (レベル4) システム化構想、システム化基本方針、全体開発スケジュール、プロジェクト推進体制
- (A2) K-08-19-04 経営管理システム (レベル4) CRM, SCM, ERP
- (A2) K-08-21-01 ビジネスシステム (レベル4) 物流情報システム、公共情報システム、電子政府、POS システム

- (A2) K-08-21-05 産業機器 (レベル 4)
- (A3) K-09-22-02 OR・IE (レベル 4)

### 情報ビジネス特別講義 1

- (A3) K-09-23-01 知的財産権(レベル 4) 著作権法, 不正競争防止法 など
- (A3) K-09-23-02 セキュリティ関連法規(レベル 4) 不正アクセス禁止法, 刑法 (ウイルス作成罪ほか), 個人情報保護法, プロバイダ責任制限法, 特定電子メール法 など
- (A3) K-09-23-03 労働関連・取引関連法規(レベル 3) 労働基準法, 労働関連法規, 外部委託契約, ソフトウェア契約, ライセンス契約, パブリックドメイン, クリエイティブコモンズ, 守秘契約 (NDA), 下請法, 労働者派遣法, 民法, 商法, 公益通報者保護法, 特定商取引法 など
- (A3) K-09-23-04 その他の法律・ガイドライン・技術者倫理(レベル 3) コンプライアンス, 情報公開, 電気通信事業法, ネットワーク関連法規, 会社法, 金融商品取引法, 外為法 など
- (A3) K-09-23-05 標準化関連(レベル 3) JIS, ISO, IEEE などの関連機構の役割, 標準化団体, 国際認証の枠組み (認定/認証/試験機関), 各種コード (文字コードほか), JIS Q 15001, ISO 9000, ISO 14000 など

### 情報ビジネス特別講義 4

- (A4) K-07-17-01 情報システム戦略 レベル 4) システム戦略の意義と目的, 情報化投資計画, ビジネスモデル
- (A4) K-07-17-02 業務プロセス レベル 4) BPR, 業務分析, 業務改善, 業務設計, BPO
- (A4) K-07-18-01 システム化計画 レベル 4) システム化構想, 開発投資対効果, IT ポートフォリオ
- (A2) K-08-19-02 マーケティング レベル 4) マーケティング手法, マーケティング分析, ブランド戦略
- (A2) K-08-19-03 ビジネス戦略と目標・評価 レベル 4) ビジネス戦略立案, ビジネス環境分析, KPI, KGI

### 標準化と知財戦略

- (A4) K-04-13-02 知的財産適用管理 (レベル 4)
- (A2) K-08-20-01 技術開発戦略の立案 (レベル 4)
- (A3) K-09-23-01 知的財産権 (レベル 4)
- (A3) K-09-23-03 労働関連・取引関連法規 (レベル 4) ソフトウェア関係のみ
- (A3) K-09-23-05 標準化関連 レベル 4)
- (A2) K-08-19-02 マーケティング レベル 3) 標準化活動の関連するマーケティング

### システム開発系科目群

#### アジャイル開発手法特論

- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル 3) 要求定義, インセプションデッキ
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル 2) ユーザーストーリー, プロダクトバックログ
- (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計 (レベル 2) テスト設計, WebAPI
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル 2) 分散バージョン管理, 完成の定義, XP
- (A4) K-04-12-06 ソフトウェア結合・ソフトウェア適格性確認テスト (レベル 2) テスト自動化, レビュー
- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル 4) アジャイル開発手法, 継続的インテグレーション, マッシュアップ
- (A3) K-05-14-01 プロジェクトマネジメント (レベル 2) スクラム

- (A3) K-05-14-05 プロジェクト資源マネジメント (レベル 2) チームビルディング, スクラムのロール
- (A3) K-05-14-11 プロジェクトコミュニケーションマネジメント (レベル 2) スクラムミーティング, プロジェクトファシリテーション

#### オブジェクト指向開発特論

- (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル 4)
- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-02 システム方式設計 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル 3)
- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 UML (レベル 4)

#### クラウドサーバ構築特論\*

- (A1) K-02-04-01 システムの構成 (レベル 3) Web システム, 仮想化, クラスタ
- (A1) K-03-09-03 データ操作 (レベル 2) データベースの操作, SQL
- (A1) K-03-10-05 ネットワーク応用 (レベル 2) インターネット, イントラネット
- (A1) K-03-11-04 情報セキュリティ対策 (レベル 2) セキュアプロトコル, ネットワークセキュリティ, データベースセキュリティ

#### セキュアプログラミング特論

- (A1) K-01-02-01 データ構造 (レベル 2) 配列, リンクリスト,
- (A1) K-01-02-02 アルゴリズム (レベル 2) 文字列処理
- (A1) K-01-02-03 プログラミング (レベル 4) プログラミング作法, プログラム構造, データ型
- (A1) K-03-11-01 情報セキュリティ (レベル 3) 情報の機密性・完全性・可用性, 脅威, 脆弱性, 攻撃手法, DoS 攻撃, (ヒープベース及びスタックベースの) バッファオーバーフロー, コードインジェクション
- (A1) K-03-11-04 情報セキュリティ対策 (レベル 2) アカウント管理, アクセス制御
- (A1) K-03-11-05 セキュリティ実装技術 (レベル 3) アプリケーションセキュリティ, セキュアプログラミング

#### ソフトウェア開発プロセス特論

- (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル 2)
- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-02 システム方式設計 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計 (レベル 4)
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル 3)
- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル 4) PSP

#### ソフトウェア工学特論

- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル 4)
- (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計 (レベル 3)
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル 2)
- (A4) K-04-12-06 ソフトウェア結合・ソフトウェア適格性確認テスト (レベル 4)
- (A4) K-04-12-07 システム結合・システム適格性確認テスト (レベル 4)
- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル 3)
- (A4) K-04-13-03 開発環境管理 追加 (レベル 4)
- (A4) K-04-13-04 構成管理・変更管理 追加 (レベル 4)

#### フレームワーク開発特論

- (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル 3) 設計ツール, 構築ツール, テストツール, 言語処理ツール

- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル 2) システム要件定義, システム要件
- (A4) K-04-12-02 システム方式設計 (レベル 4) システムの最上位レベルでの方式確立
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル 3) ユーゼース, プロトタイプ, UML
- (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計 (レベル 3) ソフトウェア構造とコンポーネントの設計, ソフトウェアユニットのテストの設計, ソフトウェア結合テストの設計, ソフトウェア品質, オブジェクト指向設計
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェアコード作成及びテスト (レベル 3) ソフトウェアコード作成, コーディング基準, コーディング支援手法, テスト手法, テスト準備 (テスト環境, テストデータほか), テストの実施, テスト結果の評価
- (A4) K-04-12-06 ソフトウェア結合・ソフトウェア適格性確認テスト (レベル 2) テスト計画, テスト準備 (テスト環境, テストデータほか), テストの実施, テスト結果の評価
- (A4) K-04-12-07 システム結合・システム適格性確認テスト (レベル 2) テスト計画, テスト準備 (テスト環境, テストデータほか), テストの実施, テスト結果の評価
- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル 4) ソフトウェア開発モデル, アジャイル開発, ソフトウェア再利用

## 情報セキュリティ特別講義 2

- (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル 3) 設計ツール, 構築ツール, テストツール, 言語処理ツール
- (A4) K-04-12-01 システム要件定義 (レベル 2) システム要件定義, システム要件
- (A4) K-04-12-02 システム方式設計 (レベル 4) システムの最上位レベルでの方式確立
- (A4) K-04-12-03 ソフトウェア要件定義 (レベル 3) ユーゼース, プロトタイプ, UML
- (A4) K-04-12-04 ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計 (レベル 3) ソフトウェア構造とコンポーネントの設計, ソフトウェアユニットのテストの設計, ソフトウェア結合テストの設計, ソフトウェア品質, オブジェクト指向設計
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェアコード作成及びテスト (レベル 3) ソフトウェアコード作成, コーディング基準, コーディング支援手法, テスト手法, テスト準備 (テスト環境, テストデータほか), テストの実施, テスト結果の評価
- (A4) K-04-12-06 ソフトウェア結合・ソフトウェア適格性確認テスト (レベル 2) テスト計画, テスト準備 (テスト環境, テストデータほか), テストの実施, テスト結果の評価
- (A4) K-04-12-07 システム結合・システム適格性確認テスト (レベル 2) テスト計画, テスト準備 (テスト環境, テストデータほか), テストの実施, テスト結果の評価
- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル 4) ソフトウェア開発モデル, アジャイル開発, ソフトウェア再利用

## マネジメント系科目群

### プロジェクト管理特別講義

- (A3) K-05-14-01 プロジェクトマネジメント (レベル 3) プロジェクト, プロジェクトマネジメント, プロジェクトの環境
- (A3) K-05-14-02 プロジェクト統合マネジメント (レベル 3) プロジェクト計画の作成, プロジェクト作業の指揮, プロジェクト作業のコントロール

- (A3) K-05-14-03 プロジェクトステークホルダマネジメント (レベル 3) ステークホルダの特定, ステークホルダの管理
- (A3) K-05-14-04 プロジェクトスコープマネジメント (レベル 3) WBS の作成, アクティビティの定義
- (A3) K-05-14-05 プロジェクト資源マネジメント (レベル 3) プロジェクトチームの結成, プロジェクトチームの管理
- (A3) K-05-14-06 プロジェクトタイムマネジメント (レベル 3) スケジュールの作成, スケジュールのコントロール
- (A3) K-05-14-07 プロジェクトコストマネジメント (レベル 3) コストの見積り, 予算の編成, コストのコントロール
- (A3) K-05-14-08 プロジェクトリスクマネジメント (レベル 3) リスクの特定・評価・対応, リスクのコントロール
- (A3) K-05-14-09 プロジェクト品質マネジメント (レベル 3) 品質の計画, 品質保証の実施, 品質コントロール
- (A3) K-05-14-10 プロジェクト調達マネジメント (レベル 3) 調達計画, サプライヤの選定, 調達の管理
- (A3) K-05-14-11 プロジェクトコミュニケーションマネジメント (レベル 3) コミュニケーション計画, 情報の配布

### プロジェクト管理特論 1

- (A3) K-05-14-01 プロジェクトマネジメント(レベル 3) プロジェクト, プロジェクトの環境
- (A3) K-05-14-02 プロジェクト統合マネジメント(レベル 3) プロジェクト計画の作成, プロジェクト作業の指揮
- (A3) K-05-14-03 プロジェクトステークホルダマネジメント(レベル 3) ステークホルダの特定, 管理
- (A3) K-05-14-04 プロジェクトスコープマネジメント(レベル 3) スコープの定義, WBS の作成, スコープコントロール
- (A3) K-05-14-05 プロジェクト資源マネジメント(レベル 3) チームの結成, プロジェクトチームの育成, 管理
- (A3) K-05-14-06 プロジェクトタイムマネジメント(レベル 3) アクティビティの順序付け, スケジュールの作成
- (A3) K-05-14-07 プロジェクトコストマネジメント(レベル 3) コストの見積り, 予算の編成, コントロール
- (A3) K-05-14-08 プロジェクトリスクマネジメント(レベル 3) リスクの特定, 評価, 対応
- (A3) K-05-14-09 プロジェクト品質マネジメント(レベル 3) 品質計画, 品質コントロール
- (A3) K-05-14-10 プロジェクト調達マネジメント(レベル 3) 調達計画, 調達管理
- (A3) K-05-14-11 プロジェクトコミュニケーションマネジメント(レベル 3) コミュニケーション計画, 管理

### プロジェクト管理特論 2

- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法(レベル 4) ソフトウェア開発モデル, アジャイル開発, SLCP
- (A3) K-05-14-01 プロジェクトマネジメント(レベル 4) プロジェクト, プロジェクトマネジメント, プロジェクトライフサイクル
- (A3) K-05-14-02 プロジェクト統合マネジメント(レベル 4) プロジェクト憲章の作成, プロジェクト計画の作成, プロジェクト作業の指揮, プロジェクト作業のコントロール, 変更のコントロール, プロジェクトフェーズ又はプロジェクトの終結
- (A3) K-05-14-03 プロジェクトステークホルダマネジメント(レベル 4) ステークホルダの特定, ステークホルダの管理

- (A3) K-05-14-04 プロジェクトスコープマネジメント(レベル4) スコープの定義, WBSの作成, アクティビティの定義
- (A3) K-05-14-05 プロジェクト資源マネジメント(レベル4) プロジェクトチームの結成, 資源の見積り
- (A3) K-05-14-06 プロジェクトタイムマネジメント(レベル4) アクティビティ順序付, 期間の見積, スケジュールの作成
- (A3) K-05-14-07 プロジェクトコストマネジメント(レベル4) コストの見積り, 予算の編成, コストのコントロール
- (A3) K-05-14-08 プロジェクトリスクマネジメント(レベル4) リスクの特定, リスクの評価, リスクへの対応
- (A3) K-05-14-09 プロジェクト品質マネジメント(レベル4) 品質の計画, 品質保証, 品質コントロールの実施
- (A3) K-05-14-10 プロジェクト調達マネジメント(レベル4) 調達の計画, サプライヤの選定, 調達の管理
- (A3) K-05-14-11 プロジェクトコミュニケーションマネジメント(レベル4) コミュニケーションの計画, 情報の配布
- (A4) K-07-18-03 調達計画・実施 (レベル4)

### プロジェクト管理特論3

- (A3) K-05-14-04 プロジェクトスコープマネジメント(レベル4) スコープの定義, WBSの作成, アクティビティの定義
- (A3) K-05-14-05 プロジェクト資源マネジメント(レベル4) プロジェクトチームの結成, 資源の見積り
- (A3) K-05-14-06 プロジェクトタイムマネジメント(レベル4) アクティビティ順序付, 期間の見積, スケジュールの作成
- (A3) K-05-14-07 プロジェクトコストマネジメント(レベル4) コストの見積り, 予算の編成, コストのコントロール
- (A3) K-05-14-09 プロジェクト品質マネジメント(レベル4) 品質の計画, 品質保証, 品質コントロールの実施

### 情報システム特論1

- (A3) K-09-22-01 経営・組織論 (レベル4) 経営管理, PDCA, 経営組織
- (A3) K-06-15-01 サービスマネジメント (レベル4) サービスライフサイクル, ITIL, サービスレベル合意書 (SLA)
- (A3) K-06-15-02 サービスの設計・移行 (レベル4) サービスの計画, サービスの設計・開発, 移行, サービス受入れ基準
- (A3) K-06-15-03 サービスマネジメントプロセス (レベル4) サービス提供プロセス, 関係プロセス, 解決プロセス
- (A3) K-06-15-04 サービスの運用 (レベル4) システム運用管理, 運用オペレーション, サービスデスク
- (A3) K-06-15-05 ファシリティマネジメント (レベル4) 設備管理, 施設管理
- (A4) K-04-12-08 導入 (レベル4) システム又はソフトウェアの導入計画の作成, 導入の実施
- (A4) K-04-12-09 受入れ支援 (レベル4) システム又はソフトウェアの受入れレビューと受入れテスト
- (A4) K-04-12-10 保守・廃棄 (レベル4) システム又はソフトウェアの保守の形態, 保守の手順

### 情報セキュリティ特別講義1

- (A1) K-03-11-01 情報セキュリティ (レベル4) 情報の機密性・完全性・可用性, 脅威, 脆弱性, 攻撃手法, 暗号化技術, 認証技術, 利用者認証, 公開鍵基盤など
- (A1) K-03-11-02 情報セキュリティ管理 (レベル4) 情報資産とリスクの概要, リスク分析と評価, 情報セキュリティポリシーなど

- (A1) K-03-11-04 情報セキュリティ対策 (レベル2) アカウント管理, アクセス制御, ログ管理, マルウェア対策, 不正アクセス対策, 情報セキュリティ教育, デジタルフォレンジックスなど
- (A1) K-03-11-05 セキュリティ実装技術 (レベル2) セキュアプロトコル, 認証プロトコル, セキュアOS, ネットワークセキュリティ, データベースセキュリティ, アプリケーションセキュリティなど
- (A3) K-06-16-02 システム監査 (レベル4) 内部統制の意義と目的, 内部統制報告制度, ITガバナンス, 内部統制の評価・改善, CSA (統制自己評価) など

### 情報セキュリティ特別講義3

- (A3) K-06-16-02 内部統制 (レベル4)
- (A3) K-09-22-01 経営・組織論 (レベル4)
- (A3) K-09-22-03 会計・財務 (レベル2)
- (A3) K-09-23-04 その他の法律・ガイドライン・技術者倫理 (レベル3)
- (A3) K-09-23-05 標準化関連 (レベル2)

### 情報ビジネス特別講義2

- (A3) K-09-22-03 会計・財務 (レベル4)
- (A4) K-07-18-01 システム化計画 (レベル4) 開発投資対効果, 投資の意思決定法, ITポートフォリオ
- (A2) K-08-19-01 経営戦略手法 (レベル4) 競争戦略, コアコンピタンス, 企業理念
- (A2) K-08-19-02 マーケティング (レベル4) マーケティング手法, マーケティング分析
- (A2) K-08-19-03 ビジネス戦略と目標・評価 (レベル4) 戦略目標, CSF, KPI, KGI, バランススコアカード
- (A2) K-08-19-04 経営管理システム (レベル4) CRM, SCM, ERP
- (A2) K-08-21-02 エンジニアリングシステム (レベル4) 生産管理システム, MRP

### 情報ビジネス特別講義3

- (A1) K-03-11-01 情報セキュリティ (レベル2) 情報の脆弱性
- (A1) K-03-11-02 情報セキュリティ管理 (レベル2) 情報資産とリスクの概要, 情報セキュリティホリシ
- (A1) K-03-11-03 情報セキュリティ対策 (レベル2) アカウント管理, 不正アクセス対策, 情報漏えい対策
- (A3) K-06-16-01 システム監査 (レベル4) 意義と目的, 対象業務, 計画・実施・報告, 監査基準
- (A3) K-06-16-02 内部統制 (レベル4) 意義と目的, ITガバナンス, COBIT, 評価と改善
- (A2) K-08-19-01 経営戦略手法 (レベル2) 競争戦略, コアコンピタンス, 企業理念, 事業ドメイン
- (A2) K-08-19-02 マーケティング (レベル2) 広告戦略, ブランド戦略
- (A3) K-09-22-01 経営・組織論 (レベル4) 経営組織, CI, コーポレートガバナンス, ヒューマンリソース
- (A3) K-09-22-03 会計・財務 (レベル2) 財務会計, 管理会計, 会計基準, 財務指標, IFAS
- (A3) K-09-23-03 労働関連・取引関連法規 (レベル4) 労働基準法, 外部委託契約, 労働者派遣法
- (A3) K-09-23-04 その他の法律・ガイドライン・技術者倫理 (レベル4) コンプライアンス, 会社法

### ビジネスアプリケーション科目群

#### スマートデバイス特論×

- (A1) K-01-02-03 プログラミング (レベル4) 既存言語を用いたプログラミング (Objective-C)
- (A1) K-02-03-05 入出力装置 (レベル3) 入力装置 (タッチ画面, 各種センサ, ネットワークからの入力処理)
- (A1) K-02-05-02 ミドルウェア (レベル4) OS (iOS), 開発フレームワーク (Xcode)

- (A1) K-03-07-02 インタフェース設計 (レベル3) 画面設計
- (A1) K-03-10-05 ネットワーク応用 (レベル2) インターネット  
(インターネット上のDBへのアクセス)
- (A1) K-03-07-01 ヒューマンインタフェース技術 (レベル3)  
GUI
- (A2) K-08-21-04 民生機器 (レベル3)

### ビジネスアプリケーション演習

- (A1) K-01-02-03 プログラミング (レベル3) プログラミング作  
法、プログラム構造、データ型、文法
- (A1) K-01-02-04 プログラム言語 (レベル3) プログラム言語  
(Ruby等)の種類と特徴
- (A1) K-02-05-04 開発ツール (レベル3) 開発環境、構築ツール、  
テストツール、言語処理ツール
- (A4) K-04-12-05 ソフトウェア構築 (レベル3) コーディング基  
準及び支援手法、デバッグ、テスト手法
- (A4) K-04-13-01 開発プロセス・手法 (レベル2) 継続的インテ  
グレーション
- (A4) K-07-17-03 ソリューションビジネス (修得レベル3) ク  
ラウド技術 (PaaS)

### 共通科目群

#### ビジネスアプリケーション特別演習

- (B1) コミュニケーション力 (レベル4) システム提案・ネゴ  
シエーション・説得、ドキュメンテーション
- (B2) 継続的学修と研究の能力(レベル4) 革新的概念・発想、  
ニーズ・社会的・マーケット的視点、問題解決
- (B3) チーム活動 (レベル4) リーダーシップ・マネジメント、  
ファシリテーション・調整

#### ビジネスアプリケーション特論

- (A1) K-03-07-01 ヒューマンインタフェース技術 (レベル2)
- (A1) K-03-07-02 インタフェース設計 (レベル2)
- (A3) K-05-14-01 プロジェクトマネジメント (レベル2)
- (A2) K-08-20-01 技術開発戦略の立案 (レベル2)
- (A2) K-08-21-01 ビジネスシステム (レベル2)

### 共通必修科目群

#### 情報技術者倫理

- (A3) K-09-23-1 知的財産権 (レベル4) 著作権法、産業財産法、  
不正競争防止法
- (A3) K-09-23-2 セキュリティ関連法規 (レベル4) 不正アクセ  
ス禁止法、刑法、個人情報保護法、プロバイダ  
責任制限法、特定電子メール法、コンピュータ  
不正アクセス対策基準、コンピュータウイルス  
対策基準
- (A3) K-09-23-3 労働関連・取引関連法規 (レベル4) 労働基準  
法、外部委託契約、ソフトウェア契約、OSS、  
パブリックドメイン、クリエイティブコモンズ、  
守秘義務契約、民法、商法、公益通報者保護法、  
特定商取引法
- (A3) K-09-23-4 その他の法律・ガイドライン・技術者倫理 コン  
プライアンス、情報公開、電気通信事業法、  
ネットワーク関連法規、会社法、金融商品取引  
法、リサイクル法、各種税法、輸出関連法規、  
システム管理基準、ソフトウェア管理ガイドラ  
イン、情報倫理、技術者倫理、プロフェッショ  
ナリズム など

## 添付2 カリキュラム委員会で管理している

## K-01-01 《基礎理論》

## K-01-01-01 〈離散数学〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

「A7020 情報科学特論」レベル3

## K-01-01-02 〈応用数学〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

「A1060 システムプログラミング特論」レベル3

「A1150 データインテリジェンス特論」レベル3

「A7020 情報科学特論」レベル3

「A7040 最適化技術特論」レベル4

## K-01-01-03 〈情報に関する理論〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## K-01-01-04 〈通信に関する理論〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## K-01-01-05 〈計測・制御に関する理論〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## K-01-02 《アルゴリズムとプログラミング》

## K-01-02-01 〈データ構造〉

「A1060 システムプログラミング特論」レベル4

「A4070 セキュアプログラミング特論」レベル2

## K-01-02-02 〈アルゴリズム〉

「A1010 An algorithmic approach to functional programming」  
レベル2

「A1060 システムプログラミング特論」レベル4

「A4070 セキュアプログラミング特論」レベル2

「A7020 情報科学特論」レベル3

## K-01-02-03 〈プログラミング〉

「A1010 An algorithmic approach to functional programming」  
レベル4

「A1020 Java プログラミング技法」レベル4

「A1060 システムプログラミング特論」レベル4

「A4070 セキュアプログラミング特論」レベル4

「A6010 スマートデバイスプログラミング特論」レベル4

「A6020 ビジネスアプリケーション演習」レベル3

## K-01-02-04 〈プログラム言語〉

「A1010 An algorithmic approach to functional programming」  
レベル3

「A1020 Java プログラミング技法」レベル3

「A1050 システムソフトウェア特論」レベル2

「A1060 システムプログラミング特論」レベル4

「A1190 情報インタフェースデザイン特論」レベル4

「A6020 ビジネスアプリケーション演習」レベル3

## K-01-02-05 〈その他の言語〉

「A1170 インターネットプラットフォーム特論」レベル3

「A1190 情報インタフェースデザイン特論」レベル4

## K-02-03 《コンピュータ構成要素》

## K-02-03-01 〈プロセッサ〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」レベル3

## K-02-03-02 〈メモリ〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」レベル3

## K-02-03-03 〈バス〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## K-02-03-04 〈入出力デバイス〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」レベル3

## K-02-03-05 〈入出力装置〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## 知識単位（どの科目で教えているか）

「A6010 スマートデバイスプログラミング特論」レベル4

## K-02-04 《システム構成要素》

## K-02-04-01 〈システムの構成〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

「A1200 クラウドインフラ構築特論」レベル3

「A4080 クラウドサーバ構築特論」レベル3

## K-02-04-02 〈システムの評価指標〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## K-02-05 《ソフトウェア》

## K-02-05-01 〈オペレーティングシステム〉

「A1050 システムソフトウェア特論」レベル4

「A1090 ネットワークシステム特別講義1」レベル4

「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」レベル4

## K-02-05-02 〈ミドルウェア〉

「A1020 Java プログラミング技法」レベル3

「A1060 システムプログラミング特論」レベル4

「A1170 インターネットプラットフォーム特論」レベル4

「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」レベル3

「A6010 スマートデバイスプログラミング特論」レベル4

## K-02-05-03 〈ファイルシステム〉

「A1020 Java プログラミング技法」レベル2

「A1050 システムソフトウェア特論」レベル4

「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」レベル3

## K-02-05-04 〈開発ツール〉

「A1020 Java プログラミング技法」レベル2

「A1030 OSS 特論」レベル4

「A1060 システムプログラミング特論」レベル4

「A4010 フレームワーク開発特論」レベル3

「A4020 オブジェクト指向開発特論」レベル4

「A4040 ソフトウェア開発プロセス特論」レベル2

「A6020 ビジネスアプリケーション演習」レベル3

## K-02-05-05 〈オープンソースソフトウェア〉

「A1020 Java プログラミング技法」レベル2

「A1030 OSS 特論」レベル4

「A1050 システムソフトウェア特論」レベル2

「A1060 システムプログラミング特論」レベル2

「A1160 ビッグデータ解析特論」レベル3

「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」レベル3

## K-02-06 《ハードウェア》

## K-02-06-01 〈ハードウェア〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## K-03-07 《ヒューマンインタフェース》

## K-03-07-01 〈ヒューマンインタフェース技術〉

「A1020 Java プログラミング技法」レベル2

「A1190 情報インタフェースデザイン特論」レベル4

「A5050 ビジネスアプリケーション特論」レベル2

「A6010 スマートデバイスプログラミング特論」レベル3

## K-03-07-02 〈インタフェース設計〉

「A1190 情報インタフェースデザイン特論」レベル4

「A5050 ビジネスアプリケーション特論」レベル2

「A6010 スマートデバイスプログラミング特論」レベル3

## K-03-08 《マルチメディア》

## K-03-08-01 〈マルチメディア技術〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

## K-03-08-02 〈マルチメディア応用〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」レベル4

**K-03-09 《データベース》****K-03-09-01 〈データベース方式〉**

- 「A1130 データベース特論」 レベル 4
- 「A1140 データベースシステム特論」 レベル 3

**K-03-09-02 〈データベース設計〉**

- 「A1130 データベース特論」 レベル 4
- 「A1140 データベースシステム特論」 レベル 4

**K-03-09-03 〈データベース操作〉**

- 「A1130 データベース特論」 レベル 4
- 「A1140 データベースシステム特論」 レベル 4
- 「A4080 クラウドサーバ構築特論」 レベル 2

**K-03-09-04 〈トランザクション処理〉**

- 「A1130 データベース特論」 レベル 3
- 「A1140 データベースシステム特論」 レベル 4
- 「A1170 インターネットプラットフォーム特論」 レベル 3

**K-03-09-05 〈データベース応用〉**

- 「A1140 データベースシステム特論」 レベル 3
- 「A1150 データインテリジェンス特論」 レベル 4
- 「A1160 ビッグデータ解析特論」 レベル 4

**K-03-10 《ネットワーク》****K-03-10-01 〈ネットワーク方式〉**

- 「A1070 ネットワーク特論 1」 レベル 4
- 「A1080 ネットワーク特論 2」 レベル 3

**K-03-10-02 〈データ通信と制御〉**

- 「A1070 ネットワーク特論 1」 レベル 3
- 「A1080 ネットワーク特論 2」 レベル 3
- 「A1170 インターネットプラットフォーム特論」 レベル 4

**K-03-10-03 〈通信プロトコル〉**

- 「A1070 ネットワーク特論 1」 レベル 3
- 「A1090 ネットワークシステム特別講義 1」 レベル 4
- 「A1100 ネットワークシステム特別講義 2」 レベル 3
- 「A1170 インターネットプラットフォーム特論」 レベル 4

**K-03-10-04 〈ネットワーク管理〉**

- 「A1070 ネットワーク特論 1」 レベル 2
- 「A1080 ネットワーク特論 2」 レベル 4
- 「A1100 ネットワークシステム特別講義 2」 レベル 3
- 「A1120 セキュアシステム管理運用特論」 レベル 4

**K-03-10-05 〈ネットワーク応用〉**

- 「A1070 ネットワーク特論 1」 レベル 2
- 「A1080 ネットワーク特論 2」 レベル 4
- 「A1100 ネットワークシステム特別講義 2」 レベル 3
- 「A1200 クラウドインフラ構築特論」 レベル 4
- 「A4080 クラウドサーバ構築特論」 レベル 2
- 「A6010 スマートデバイスプログラミング特論」 レベル 2

**K-03-11 《セキュリティ》****K-03-11-01 〈情報セキュリティ〉**

- 「A1110 情報セキュリティ特論」 レベル 4
- 「A1120 セキュアシステム管理運用特論」 レベル 4
- 「A1170 インターネットプラットフォーム特論」 レベル 3
- 「A3050 情報セキュリティ特別講義 1」 レベル 3
- 「A3090 情報ビジネス特別講義 3」 レベル 2
- 「A4060 情報セキュリティ特別講義 2」 レベル 4
- 「A4070 セキュアプログラミング特論」 レベル 3

**K-03-11-02 〈情報セキュリティ管理〉**

- 「A1110 情報セキュリティ特論」 レベル 2
- 「A3050 情報セキュリティ特別講義 1」 レベル 4
- 「A3090 情報ビジネス特別講義 3」 レベル 2

**K-03-11-03 〈セキュリティ技術評価〉**

- 「A1110 情報セキュリティ特論」 レベル 2
- 「A3090 情報ビジネス特別講義 3」 レベル 2
- 「A4060 情報セキュリティ特別講義 2」 レベル 4

**K-03-11-04 〈情報セキュリティ対策〉**

- 「A1110 情報セキュリティ特論」 レベル 2
- 「A1120 セキュアシステム管理運用特論」 レベル 4
- 「A3050 情報セキュリティ特別講義 1」 レベル 2
- 「A4060 情報セキュリティ特別講義 2」 レベル 4
- 「A4070 セキュアプログラミング特論」 レベル 2
- 「A4080 クラウドサーバ構築特論」 レベル 2

**K-03-11-05 〈セキュリティ実装技術〉**

- 「A1070 ネットワーク特論 1」 レベル 2
- 「A1090 ネットワークシステム特別講義 1」 レベル 3
- 「A1100 ネットワークシステム特別講義 2」 レベル 3
- 「A1110 情報セキュリティ特論」 レベル 2
- 「A1120 セキュアシステム管理運用特論」 レベル 4
- 「A3050 情報セキュリティ特別講義 1」 レベル 2
- 「A4060 情報セキュリティ特別講義 2」 レベル 4
- 「A4070 セキュアプログラミング特論」 レベル 3

**K-04-12 《システム開発技術》****K-04-12-01 〈システム要件定義〉**

- 「A2080 情報アーキテクチャ特論 2」 レベル 3
- 「A2090 情報アーキテクチャ特論 3」 レベル 4
- 「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 2
- 「A4020 オブジェクト指向開発特論」 レベル 3
- 「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 3
- 「A4040 ソフトウェア開発プロセス特論」 レベル 3
- 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 3
- 「A4060 情報セキュリティ特別講義 2」 レベル 3
- 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 3
- 「A7090 基幹システム開発特論」 レベル 3

**K-04-12-02 〈システム方式設計〉**

- 「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 4
- 「A4020 オブジェクト指向開発特論」 レベル 3
- 「A4040 ソフトウェア開発プロセス特論」 レベル 3
- 「A7090 基幹システム開発特論」 レベル 3

**K-04-12-03 〈ソフトウェア要件定義〉**

- 「A1190 情報インタフェースデザイン特論」 レベル 4
- 「A2090 情報アーキテクチャ特論 3」 レベル 4
- 「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 3
- 「A4020 オブジェクト指向開発特論」 レベル 3
- 「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 4
- 「A4040 ソフトウェア開発プロセス特論」 レベル 3
- 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 2
- 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 3
- 「A7090 基幹システム開発特論」 レベル 3

**K-04-12-04 〈ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計〉**

- 「A1170 インターネットプラットフォーム特論」 レベル 4
- 「A2090 情報アーキテクチャ特論 3」 レベル 4
- 「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 3
- 「A4020 オブジェクト指向開発特論」 レベル 3
- 「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 3
- 「A4040 ソフトウェア開発プロセス特論」 レベル 4
- 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 2
- 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 3
- 「A7090 基幹システム開発特論」 レベル 3

**K-04-12-05 〈ソフトウェア構築〉**

- 「A1030 OSS 特論」 レベル 3
- 「A1060 システムプログラミング特論」 レベル 3
- 「A1170 インターネットプラットフォーム特論」 レベル 4
- 「A1180 ユビキタスプラットフォーム特論」 レベル 4
- 「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 3
- 「A4020 オブジェクト指向開発特論」 レベル 3
- 「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 2
- 「A4040 ソフトウェア開発プロセス特論」 レベル 3
- 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 2
- 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 3
- 「A6020 ビジネスアプリケーション演習」 レベル 3



「A7090 基幹システム開発特論」 レベル 3  
**K-04-12-06** 〈ソフトウェア結合・ソフトウェア適格性  
 確認テスト〉

「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 2  
 「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 4  
 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 2  
 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 3

**K-04-12-07** 〈システム結合・システム適格性確認テ  
 スト〉

「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 2  
 「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 4

**K-04-12-08** 〈導入〉

「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

**K-04-12-09** 〈受入れ支援〉

「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

**K-04-12-10** 〈保守・廃棄〉

「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

### **K-04-13 《ソフトウェア開発管理技術》**

**K-04-13-01** 〈開発プロセス・手法〉

「A1030 OSS 特論」 レベル 3  
 「A1060 システムプログラミング特論」 レベル 2  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4  
 「A4010 フレームワーク開発特論」 レベル 4  
 「A4020 オブジェクト指向開発特論」 レベル 4  
 「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 3  
 「A4040 ソフトウェア開発プロセス特論」 レベル 4  
 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 4  
 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 4  
 「A6020 ビジネスアプリケーション演習」 レベル 2

**K-04-13-02** 〈知的財産適用管理〉

「A2060 標準化と知財戦略」 レベル 4

**K-04-13-03** 〈開発環境管理〉

「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 4

**K-04-13-04** 〈構成管理・変更管理〉

「A4030 ソフトウェア工学特論」 レベル 4

### **K-05-14 《プロジェクトマネジメント》**

**K-05-14-01** 〈プロジェクトマネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4  
 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 2  
 「A5050 ビジネスアプリケーション特論」 レベル 2  
 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 3

**K-05-14-02** 〈プロジェクト統合マネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4

**K-05-14-03** 〈プロジェクトステークホルダマネジ  
 メント〉

「A2080 情報アーキテクチャ特論 2」 レベル 3  
 「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4

**K-05-14-04** 〈プロジェクトスコープマネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4  
 「A3040 プロジェクト管理特論 3」 レベル 4

**K-05-14-05** 〈プロジェクト資源マネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4

「A3040 プロジェクト管理特論 3」 レベル 4

「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 2

「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」 レベル 3

**K-05-14-06** 〈プロジェクトタイムマネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4  
 「A3040 プロジェクト管理特論 3」 レベル 4

**K-05-14-07** 〈プロジェクトコストマネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4  
 「A3040 プロジェクト管理特論 3」 レベル 4

**K-05-14-08** 〈プロジェクトリスクマネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4

**K-05-14-09** 〈プロジェクト品質マネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4  
 「A3040 プロジェクト管理特論 3」 レベル 4

**K-05-14-10** 〈プロジェクト調達マネジメント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4

**K-05-14-11** 〈プロジェクトコミュニケーションマネジ  
 メント〉

「A3010 プロジェクト管理特論 1」 レベル 3  
 「A3020 プロジェクト管理特別講義」 レベル 3  
 「A3030 プロジェクト管理特論 2」 レベル 4  
 「A4050 アジャイル開発手法特論」 レベル 2  
 「A5060 ビジネスアプリケーション特別演習」  
 レベル 3

### **K-06-15 《サービスマネジメント》**

**K-06-15-01** 〈サービスマネジメント〉

「A2030 CIO 特論」 レベル 4  
 「A2100 サービスサイエンス特論」 レベル 4  
 「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

**K-06-15-02** 〈サービスの設計・移行〉

「A2080 情報アーキテクチャ特論 2」 レベル 4  
 「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

**K-06-15-03** 〈サービスマネジメントプロセス〉

「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

**K-06-15-04** 〈サービスの運用〉

「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

**K-06-15-05** 〈ファシリティマネジメント〉

「A3070 情報システム特論 1」 レベル 4

### **K-06-16 《システム監査》**

**K-06-16-01** 〈システム監査〉

「A3090 情報ビジネス特別講義 3」 レベル 4

**K-06-16-02** 〈内部統制〉

「A3050 情報セキュリティ特別講義 1」 レベル 4  
 「A3060 情報セキュリティ特別講義 3」 レベル 4  
 「A3090 情報ビジネス特別講義 3」 レベル 4

### **K-07-17 《システム戦略》**

**K-07-17-01** 〈情報システム戦略〉

「A2070 情報システム特論 2」 レベル 4  
 「A2080 情報アーキテクチャ特論 2」 レベル 4  
 「A2090 情報アーキテクチャ特論 3」 レベル 4

「A2120 情報ビジネス特別講義4」 レベル4

#### K-07-17-02 〈業務プロセス〉

「A2070 情報システム特論2」 レベル4  
 「A2080 情報アーキテクチャ特論2」 レベル4  
 「A2120 情報ビジネス特別講義4」 レベル4  
 「A7010 産業技術特別講義」 レベル4

#### K-07-17-03 〈ソリューションビジネス〉

「A1060 システムプログラミング特論」 レベル3  
 「A2020 IT 特論」 レベル4  
 「A2070 情報システム特論2」 レベル4  
 「A6020 ビジネスアプリケーション演習」 レベル3

#### K-07-17-04 〈システム活用促進・評価〉

「A1150 データインテリジェンス特論」 レベル3  
 「A2070 情報システム特論2」 レベル4

### K-07-18 《システム企画》

#### K-07-18-01 〈システム化計画〉

「A2070 情報システム特論2」 レベル4  
 「A2120 情報ビジネス特別講義4」 レベル4  
 「A3080 情報ビジネス特別講義2」 レベル4  
 「A7080 情報システム開発特別講義」 レベル4

#### K-07-18-02 〈要件定義〉

「A2080 情報アーキテクチャ特論2」 レベル4  
 「A2090 情報アーキテクチャ特論3」 レベル4  
 「A7080 情報システム開発特別講義」 レベル4

#### K-07-18-03 〈調達計画・実施〉

「A3030 プロジェクト管理特論2」 レベル4

### K-08-19 《経営戦略マネジメント》

#### K-08-19-01 〈経営戦略手法〉

「A2030 CIO 特論」 レベル4  
 「A2100 サービスサイエンス特論」 レベル3  
 「A3080 情報ビジネス特別講義2」 レベル4  
 「A3090 情報ビジネス特別講義3」 レベル2  
 「A5030 国際開発特論」 レベル3  
 「A5040 国際経営特論」 レベル4

#### K-08-19-02 〈マーケティング〉

「A2060 標準化と知財戦略」 レベル3  
 「A2100 サービスサイエンス特論」 レベル3  
 「A2120 情報ビジネス特別講義4」 レベル4  
 「A2130 e ビジネス特論」 レベル4  
 「A3080 情報ビジネス特別講義2」 レベル4  
 「A3090 情報ビジネス特別講義3」 レベル2  
 「A5040 国際経営特論」 レベル4

#### K-08-19-03 〈ビジネス戦略と目標・評価〉

「A2080 情報アーキテクチャ特論2」 レベル4  
 「A2120 情報ビジネス特別講義4」 レベル4  
 「A2130 e ビジネス特論」 レベル3  
 「A3080 情報ビジネス特別講義2」 レベル4  
 「A5040 国際経営特論」 レベル4

#### K-08-19-04 〈経営管理システム〉

「A2070 情報システム特論2」 レベル4  
 「A3080 情報ビジネス特別講義2」 レベル4  
 「A5040 国際経営特論」 レベル4

### K-08-20 《技術戦略マネジメント》

#### K-08-20-01 〈技術開発戦略の立案〉

「A2060 標準化と知財戦略」 レベル4  
 「A2100 サービスサイエンス特論」 レベル4  
 「A5050 ビジネスアプリケーション特論」 レベル2

#### K-08-20-02 〈技術開発計画〉

「A2020 IT 特論」 レベル4

### K-08-21 《ビジネスインダストリ》

#### K-08-21-01 〈ビジネスシステム〉

「A2030 CIO 特論」 レベル4  
 「A2070 情報システム特論2」 レベル4  
 「A2130 e ビジネス特論」 レベル3  
 「A5040 国際経営特論」 レベル4  
 「A5050 ビジネスアプリケーション特論」 レベル2

#### K-08-21-02 〈エンジニアリングシステム〉

「A3080 情報ビジネス特別講義2」 レベル4

#### K-08-21-03 〈e-ビジネス〉

「A1190 情報インタフェースデザイン特論」 レベル3  
 「A2130 e ビジネス特論」 レベル4  
 「A7070 情報アーキテクチャ特論4」 レベル4

#### K-08-21-04 〈民生機器〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」 レベル4  
 「A1190 情報インタフェースデザイン特論」 レベル3

#### K-08-21-05 〈産業機器〉

「A2070 情報システム特論2」 レベル4

### K-09-22 《企業活動》

#### K-09-22-01 〈経営・組織論〉

「A2010 English technical writing」 レベル4  
 「A2040 コミュニケーション技術特論1」 レベル3  
 「A2050 コミュニケーション技術特論2」 レベル3  
 「A2130 e ビジネス特論」 レベル2  
 「A3060 情報セキュリティ特別講義3」 レベル4  
 「A3070 情報システム特論1」 レベル4  
 「A3090 情報ビジネス特別講義3」 レベル4  
 「A5040 国際経営特論」 レベル4

#### K-09-22-02 〈OR・IE〉

「A1040 情報アーキテクチャ特論1」 レベル3  
 「A2070 情報システム特論2」 レベル4  
 「A7030 高信頼性システム特論」 レベル4

#### K-09-22-03 〈会計・財務〉

「A3060 情報セキュリティ特別講義3」 レベル2  
 「A3080 情報ビジネス特別講義2」 レベル4  
 「A3090 情報ビジネス特別講義3」 レベル2

**K-09-23 《法務》**

K-09-23-01 〈知的財産権〉

- 「A2060 標準化と知財戦略」レベル4
- 「A2110 情報ビジネス特別講義1」レベル4
- 「A5010 情報技術者倫理」レベル4

K-09-23-02 〈セキュリティ関連法規〉

- 「A2110 情報ビジネス特別講義1」レベル4
- 「A5010 情報技術者倫理」レベル4
- 「A7060 情報社会特論」レベル4

K-09-23-03 〈労働関連・取引関連法規〉

- 「A1030 OSS 特論」レベル4
- 「A2060 標準化と知財戦略」レベル4
- 「A2110 情報ビジネス特別講義1」レベル3
- 「A3090 情報ビジネス特別講義3」レベル4
- 「A5010 情報技術者倫理」レベル4
- 「A7060 情報社会特論」レベル4

K-09-23-04 〈その他の法律・ガイドライン・技術者倫理〉

- 「A2110 情報ビジネス特別講義1」レベル3
- 「A3060 情報セキュリティ特別講義3」レベル3
- 「A3090 情報ビジネス特別講義3」レベル4
- 「A5010 情報技術者倫理」レベル4
- 「A5020 技術倫理」レベル3

K-09-23-05 〈標準化関連〉

- 「A2060 標準化と知財戦略」レベル4
- 「A2110 情報ビジネス特別講義1」レベル3
- 「A3060 情報セキュリティ特別講義3」レベル2

**K-10-24 《ビジネス知識》**

K-10-24-01 〈顧客のビジネス知識〉

- 「A2030 CIO 特論」レベル4

## 添付3 コースごとの推奨PBLと推奨科目

## ストラテジストコース

## 推奨PBL

- 戸沢 PBL
- 成田 PBL

## 嶋田 PBL

- 推奨科目
- 成田 PBL データインテリジェンス特論
- ビッグデータ解析特論
- 情報インタフェースデザイン特論
- IT 特論
- CIO 特論
- 標準化と知財戦略
- 情報システム特論 2
- 情報アーキテクチャ特論 2
- サービスサイエンス特論
- 情報ビジネス特別講義 1
- 情報ビジネス特別講義 4
- e ビジネス特論
- プロジェクト管理特論 2
- 情報ビジネス特別講義 2
- 情報ビジネス特別講義 3

## システムアーキテクトコース

## 推奨PBL

- 小山 PBL
- 松尾 PBL
- 秋口 PBL

## 推奨科目

- OSS 特論
- システムプログラミング特論
- インターネットプラットフォーム特論
- ユビキタスプラットフォーム特論
- 情報インタフェースデザイン特論
- IT 特論
- 標準化と知財戦略
- 情報システム特論 2
- 情報アーキテクチャ特論 3
- サービスサイエンス特論
- 情報ビジネス特別講義 4
- e ビジネス特論
- プロジェクト管理特論 2
- 情報システム特論 1
- ソフトウェア工学特論
- ソフトウェア開発プロセス特論

## プロジェクトマネージャコース

## 推奨PBL

- 酒森 PBL
- 中鉢 PBL

## 推奨科目

- コミュニケーション技術特論 2
- 標準化と知財戦略
- 情報システム特論 2
- 情報アーキテクチャ特論 2
- 情報ビジネス特別講義 1
- プロジェクト管理特論 1
- プロジェクト管理特別講義
- プロジェクト管理特論 2
- プロジェクト管理特論 3
- 情報システム特論 1
- 情報ビジネス特別講義 2
- 情報ビジネス特別講義 3
- オブジェクト指向開発特論
- ソフトウェア工学特論
- ソフトウェア開発プロセス特論
- アジャイル開発手法特論

## テクニカルスペシャリストコース

## 推奨PBL

- 秋口 PBL
- 小山 PBL
- 嶋田 PBL
- 成田 PBL
- 松尾 PBL
- 中鉢 PBL

## 推奨科目

- システムプログラミング特論
- ネットワーク特論 2
- ネットワークシステム特別講義 1
- ネットワークシステム特別講義 2
- 情報セキュリティ特論
- データベース特論
- データベースシステム特論
- ビッグデータ解析特論
- クラウドインフラ構築特論
- 情報セキュリティ特別講義 1
- 情報システム特論 1
- フレームワーク開発特論
- ソフトウェア工学特論
- 情報セキュリティ特別講義 2
- セキュアプログラミング特論

## サービスマネージャコース

## 推奨PBL

- 酒森 PBL
- 戸沢 PBL

## 推奨科目

- ネットワーク特論 2
- セキュアシステム管理運用特論
- IT 特論
- CIO 特論
- 情報システム特論 2
- 情報アーキテクチャ特論 2

- サービスサイエンス特論
- プロジェクト管理特論 1
- プロジェクト管理特論 2
- 情報セキュリティ特別講義 1
- 情報セキュリティ特別講義 3
- 情報システム特論 1
- 情報ビジネス特別講義 3
- クラウドサーバ構築特論

### グローバルスペシャリストコース

推奨 PBL

- 前田 PBL

推奨科目

- An algorithmic approach to functional programming
- データインテリジェンス特論
- 情報インタフェースデザイン特論
- English technical writing
- IT 特論
- 標準化と知財戦略
- 情報アーキテクチャ特論 3
- 情報ビジネス特別講義 1
- 情報ビジネス特別講義 4
- e ビジネス特論
- プロジェクト管理特論 1
- プロジェクト管理特論 2
- 情報ビジネス特別講義 2
- 情報ビジネス特別講義 3
- アジャイル開発手法特論
- 国際開発特論
- 国際経営特論



# 都市居住空間の自生的なマネジメントに関する基礎的考察

— 既存共同住宅ストックの展開事例から —

佐々木 一晋<sup>1)</sup>

## Fundamental Study on Habitable Space Management for Spontaneous Development

— A Case Study of Enabling an Effective Urban Housing Stock —

Isshin Sasaki<sup>1)</sup>

### Abstract

The paper explores the clue to a possibility of urban habitable space management for spontaneous and sustainable development. With the focus on consideration on Value Co-creation in business fields, spontaneous activities are characterized by the relationship between a top-down and a bottom-up management processes. In addition, the paper concludes that it will become increasingly an important process for local governments and urban residents to recognize local resources as an urban stock and an urban asset itself, and to reorganize the evaluating structure in order to respond to urban quality assessment method.

**Keywords:** Urban stock, Urban housing, Sustainability, Urban Stock Management

## 1 はじめに

都市空間では市民や企業、政府や非営利活動団体などのさまざまな主体が関わっている。問題が複雑に絡み合う都市空間を適切かつ持続的にマネジメントしていくためには、ハード面への法的規制のみならず、ソフト面から多岐に渡る施策を講じていくことが求められている。

本稿では、人口減少時代に直面する都市空間において、既存の都市ストックの活用手法に着目し、その自生的なマネジメントの可能性について考察を進めていく。主に、既に事業として進められている都市における既存共同住宅ストックの展開事例の考察を踏まえて、その利活用の可能性を探り、将来にわたる日本の都市空間の持続的なマネジメントへの実践的な糸口を拾い上げることを目指す。

## 2 都市既存住宅ストックの実態と展開

近年、わが国では人口減少に伴い新たな都市問題として空き家の増加がクローズアップされてきている。5年ごとに行われる住宅・土地統計調査では、平成25年1月時点における全国の総住宅数6,063万戸に対して空き家は819万戸、空き家率は過去最高の13.5%となっている[1]。5年前の調

査時点から空き家の総数は20万戸も増加しており、この20年で倍増してきている（賃貸用や売却用の住宅のみならず、転勤や入院などのために居住世帯が長期に渡って不在となっている場合や建て替えなどために取り壊すことになっている住宅を含む）。近年まで、既存住宅ストック（空き家を含む）のみならず、これまでに整備されてきた基盤施設や公共施設、建築物等の都市ストックに対するマネジメントが不届きであったことで、さまざまな問題が顕在化してきている。防災性や防犯性の低下、景観や衛生環境の悪化など、こうした都市空間の生活環境に悪影響を及ぼす諸問題を未然に防止するためにも、将来にわたり都市ストックを社会資源として積極的に活用し、次世代へと継承していく必要があるだろう。

元来、ストックは自治体や個人が法的に所有する社会的資産にとどまらない広義の概念として捉えられており、その範疇は自然環境から社会インフラ、人々のつながりにまでを含んでいる。本稿では、主に都市空間における共同住宅ストックを対象として、その自生的なマネジメントの活動に焦点を絞り考察を進めていく。

## 3 都市空間の持続的・自生的なマネジメント

### 3.1 都市空間における持続的なマネジメント

2012年に環境省において策定された第四次環境基本計画[2]において、持続可能な社会を達成するために「エネルギー、資源、食料の持続可能な利用の下で環境、経済、社会

Received on 2014-10-22

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

を統合的に向上させる」という環境政策の方向性が提起された。その一環として、「我が国の持続可能性を高めていく上では、自然により形成されてきたストック、人工的に整備されてきたストックのいずれについても適切に管理していくための仕組みを構築していく必要がある」という見解が示された。人口減少時代に直面する現在において、都市空間における機能と質を維持しつつ、既存のさまざまなストックを将来にわたって健全に維持していくためには、地域に根ざした持続可能なマネジメントの戦略を立案していく必要があるだろう。では、ここで戦略への糸口を探るために、改めて「持続可能性」の概念を改めて俎上に載せ、都市ストックにおけるマネジメントのあり方を整理してみたい。WCED<sup>\*1</sup>が1987年にまとめた報告書「Our Common Future[3]」では、持続可能性の中心的な概念は「将来のニーズを満たす能力を損なうことのないような状態で、現在の世界のニーズも満足させること」と記されている。この概念を受けて、近年までは発展途上国においては、自国開発のために環境がある程度犠牲になるのはやむをえないとする傾向があったが、工業化・都市化に伴って公害や熱帯林の減少、砂漠化などが悪化したことを受け、環境は経済・社会の基盤であり、環境を損なうことなく開発することが持続的な発展につながるという認識が強まってきている[4]。

こうした「持続可能性」の概念に支えられた取り組みは、主に地球環境と開発の文脈において用いられてきた経緯がある。一方、都市環境と開発の文脈においては、世界規模で急速に都市化が進行しており、その多くの都市は多様な問題を抱え持続困難な状況に瀕している。例えば、インフラの老朽化や都市環境の劣化、都市災害の増加、地域文化・歴史性の喪失など、都市空間に大きく依存する我々の社会や生活もまたさまざまな影響を受けている。絶えず変容を続ける都市空間の持続可能な発展を目指すためには、技術的側面からの問題解決のみならず、都市生活を営む人々の都市空間そのものを支える諸活動全般の質的向上を視野に入れて、包括的かつ持続的な解決策を採る必要があるだろう。

P・ダスグプタは、持続可能な発展とは前の世代から受け継いだものと少なくとも同じくらい大きい生産的基盤(Productive Base)を、その後の世代に残さなければならないという見方を提示している。ここでの生産的基盤とは包括的な豊かさを支えている諸要因であり、主に資本的資産(Capital assets)とイネープリング資産(Enabling assets)の組み合わせによって構成されると指摘する[5]。資本的資産は、道路や建築物、機械類や設備などの人工資本(Reproduced capital)と人口(サイズや構成)や知識とスキル(教育)、健康(生活の質を高め寿命を長くする)など

の人的資本(Human capital)、生態系や生物群系、地下資源などの自然資本(Natural capital)という3つ資本として分類することができ、イネープリング資産は制度(財産・企業・家庭)や知識(自然法則・アルゴリズム・定理・文化的記録)、社会資本(法律・社会規範・慣習)や景気(外生的な変化)によって分類される。イネープリングとは“実現可能にする”という語義を有していることから、現代の都市ストックの問題に置き換えれば、イネープリング資産は都市空間において健全な社会生活を実現可能(イネーブル)にするための諸制度や知識、社会資本の創造を促進させる都市活動(組織活動)と捉えることができるだろう。さまざまな都市空間によって蓄積されてきた固有のイネープリング資産は、事業化のプロセスでは直接売買することができない自生的かつ長期的な資産といえるだろう。すなわち、都市空間における社会生活の質を決定づける基礎的要因として生産的基盤を捉えることができ、持続可能な発展をマネジメントしていくためには、この生産的基盤の機能と質を維持もしくは向上させた上で、次世代に向けてイネープリング資産(都市活動)を住民レベルにおいて自生的に引き継いでいくことが重要であると考えられることができる。

### 3.2 都市空間における自生的なマネジメント

一般的に、都市空間のマネジメントのあり方は、都市ストックとその便益のフローの関係性において規定されてきたと捉えることができるだろう[6]。つまりは、都市ストックを維持・管理し、そこから得る便益のフローの仕組みを健全に確保していくことが持続可能な発展につながるものと考えられてきた。しかしながら、実際には複雑な様相を呈する都市活動をマネジメントしていくことは基本的には不可能であり、こうしたストックとフローの関係性をマネジメントしていくアプローチでは、都市空間の便益のフローを優先し、都市生活の質を軽視してしまう傾向がある。むしろ、将来を見据えて都市空間における自生的な活動の質的向上に向けた環境づくりや機会をマネジメントしていくことが長期的戦略において有効であると考えられる。東南アジアの伝統的な都市における居住空間の多くが無数の人々による個々の意思決定に基づいて発展してきたように(図1)、都市における自生的な活動(組織)は、トップダウンのレベルによるマネジメントと、居住者レベルによる能動的かつ自主的なマネジメントとの関係性において規定されるだろう。



左) Gamcheon-dong Cultural Village, Busan, Korea  
右) San Nicolas地区, Manila, Philippines

図1 東南アジア圏における自生的な都市居住形態

<sup>\*1</sup> WCED: World Commission on Environment and Development, 1984年国連に設置された「環境と開発に関する世界委員会(通称:ブルントラント委員会)



また、持続的なマネジメントは、一世代の対応のみに留まることなく、過去から引き継がれて来た資産への対応と、次世代へと継承されていく資産への対応に分けて捕捉する必要があるだろう。一方、都市空間の自生的な活動を支える側面として、空間の様相と質的価値の動的展開の可能性についても考察を進めていく必要があるだろう。

以降、都市ストックの利活用戦略への糸口を探る過程として、既往の事業における価値形成プロセスを考察し、既存共同住宅ストックの実践的プロジェクトの事例を参照することで、自生的なマネジメントにつながる実践的手法や知見の収集を試みる。

## 4 都市居住空間における価値形成プロセス

### 4.1 価値共創のプロセスとマネジメントの可能性

都市生活の質を向上させるためのマネジメントとは、一体どのようなプロセスに依拠しているのだろうか。P・ダグプタの生産的基盤の解釈を踏まえた上で、本項ではストックとフローの視点を参照しつつ、新たに価値共創 (Value Co-creation) の概念を援用して考察を進めていく。価値共創とは人々の経験をいかして共同で新しい価値を創造していくプロセスとされる。Norton は、使い手自らが製品やサービスの組み立てや製作に直接関わる場合に、既に組み立てられている製品よりも、自身で作成した製品に対して本来以上のより高い価値を与えてしまうケースがあると指摘する[7]。また、組み立てや製作のプロセスへ関与の仕方次第では、製品やサービスを利用し続け手放したくない感情を引き起こす場合があることも示され、こうした効果は IKEA のビジネスモデルにちなんで IKEA 効果とよばれている。ここでは、使い手自らの行動が途中で頓挫した場合や、工程の一部にしか関与できていない場合には、その所有の効果 (Endowment effect) が発現しにくい場合があるとされる。一方、保有効果をより高めるためには、製品の組み立てや製作の工程が使い手のスキルに適した難易度であることが必要条件とされ、使い手のスキル以上に工程が難しすぎても所有効果が生じることはないことが報告されている。製品の組み立てや製作に直接関わる工程の難易度を適切にマネジメントしていくことによって、使い手自身の時間と労力と引き換えに充足感を引き出す可能性が生まれ、製品やサービスを保有する効果を高めることができる。

一般的に、製品やサービスが売買の対象となるためには、何かしらの価値の存在が顕在化している状態もしくは外的要因や環境に基づいて潜在的な価値が表出する状況が必要であり、それらの価値の顕在化・潜在化のプロセスは特定の文脈下において規定されてきた。価値共創のプロセスでは、使い手のスキルとの関係において製品の作成・開発のプロセスが適切にマネジメントされることによって、消費・生産フェー

ズにおいて新たな価値が創出されるものであり、従来までの価値生成のあり方に対して視点の転換を促すものである。単に製品やサービスを長期的に保有していくことが価値を高めていくのではなく、製品やサービスの開発・生産の工程に使い手が直接関わることで、もしくはその使用過程において改変や改修の工程に使い手が積極的に関わることで新たな価値が創出されていく。

Ramaswamy and Gouillar は、価値共創のプロセスを製品の作成・開発のフェーズにおいて、使い手が直接関与するケースと、使い手の消費フェーズに企業が入り込んでくるケースの 2 つのケースに分けて捉えている[8]。前者の例としては、商品の開発段階において顧客の声を積極的に反映していくプロセスを踏む無印良品のアプローチなどが分かりやすいケースとしてあげられる。主に IKEA の組み立て家具の事例においては、この組み立ての工程に使い手が積極的に関与する契機が整えられることによって、その保有を一層高める効果が期待されている。また、後者の例としては、Nike+等があげられる[9]。iPhone などの携帯用デバイスのセンサーや GPS を連動させることで使い手の走行履歴を蓄積し、個別の行動履歴の情報が可視化される。製品を活用して生態情報や位置情報を記録していくフェーズにおいて、企業と使い手が共に新たな価値を創出していくサービスとして考えられる。

こうした価値共創の生成プロセスにおいて、使い手自らが価値を創りだせるか否かは、使い手のスキルや知識に応じて適切な工程がマネジメントされていること、ならびに製品や情報自体の可塑性が適切にデザインされていることが重要になると考えられる (製品の可塑性についての詳細は別稿に譲ることにしたい)。

### 4.2 都市居住空間に対する価値共創のアプローチ

一般的に製品を購入する際には、売買が成立するまでに使い手が感じる価値 (交換価値: Value in Exchange) の存在が重要となる。しかしながら、価値共創の場面においては、買い手ではなく使い手の立場に立脚した使用価値 (Value in Use) に焦点が当てられる。使用価値では、商品や資産を継続して使用することで得られる効用が事後的に創発される。こうした価値共創のアプローチは、サービス業や小売業だけではなく、都市空間における既存の共同住宅ストックの利活用を推し進めるプロジェクトにおいても見ることができる。

近年までに都市住宅ストックの多くは、不動産投資の景気対策として活用される機会が多かったことから、その便益のフローの観点に着目されがちであった。また、都市住宅ストックは、区分所有法などの制約により、オフィスビルのように立て替えられる頻度が非常に低かったことにより、そのストックが積み上がってきており、大都市部を中心に毎年約 10 万戸のペースで共同住宅ストックの供給が続いており、その総数は平成 25 年度時点で 601 万戸 (1478 万人の人々

が居住)となっている[10]. こうした都市住宅ストックが供給過剰である現代においては、ストック・フローの効率化に加え、都市生活の質的向上や次世代への継承を配慮に入れたマネジメントの方策を同時に探っていく必要があるだろう.

既存の共同住宅ストックにおける実態と照らし合わせて、住まい手と施工工程との関わり、居住形態や生活の質とその保有の関係に着目することで価値共創の在り方について考察を進めていく. 既存の共同住宅ストックは、主に分譲物件と賃貸物件に分けられており、一般的に分譲住宅では、管理組合の規約の下、区分所有者であれば専有部分はほぼ全面的に改修を行うことができる. 一方、賃貸物件では、入居する時点においては物件の内装や設備の仕様は既に決められており、賃貸契約を交わす時点において「(退去時の)原状回復義務」が課されていることから、住み始めてから入居者が物件に手を加えることは困難とされる. 賃貸住宅の居住空間を居住者自身の生活様式や趣向に合わせて改修を進めていくには、事前に区分所有権を有するオーナーとの個別契約を取り付ける必要がある上に、仮に改修できたとしても、契約後に原状回復のための資本的支出と施工労力が強いられることとなる. つまりは、共同住宅において分譲と賃貸の居住形態を比べると、区分の所有と共有の居住形態の差において、その改修の可能性にはおいて大きな隔たりが生じていることになる. 自らの生活に合わせて居住空間に手を加えていくことで居住空間の価値と生活の質を高めることができ、その保有の効果を高めていくことができるという視点に立脚するならば、IKEA 効果と同様に賃貸住宅という都市住宅ストックにおいても、その質的向上に向けて住まい手による住まいのためのカスタマイズの可能性を配慮したマネジメントが将来に渡って考慮されて然るべきだろう.

### 4.3 都市居住空間の価値を編集する仕組み

R 不動産は「空間を編集するための工具箱」といったコンセプトを掲げ、toolbox という自由な空間づくりをサポートするサービスを立ち上げている[11]. 居住空間を設える際に必要となる素材やプロダクトから道具や職人まで、施工の際に必要な一連の工程やタスクがパッケージ化されており、居住者は自身のスキルとニーズに合わせた施工内容を適宜選び取ることができる. 居住空間を設えるための資材提供のみならず、施工のアイデアや商品の展開イメージ、商品の扱い方などがカタログ形式にまとめられており、住まい手が能動的に施工に着手することができるような実務的な情報が提供されている.

IKEA の組み立て式の家具は、専門的知識なく、特別な工具を必要とせずに簡易的に組み立てることができた. しかしながら、一般的に住宅物件は、その施工管理と安全衛生上、専門的な知識とスキルならびに特別な工具等が必要とされる. 前述の toolbox のサービスでは、居住空間の資材とその施工内容を部分的なパッケージとして管理することで、従来まで

は困難であった複雑な工程に対して住まい手の部分的な関与を促すものである. 開発や生産のプロセスに DIY やセルフサービスなどの住まい手による能動的なマネジメントを導入することによって安価な調達を可能とすることができ(外発的な動機付け)、また、住まい手のスキルとニーズに照らし合わせて創意工夫や試行錯誤を重ねることで、自身のスキルを高め、目標を達成することに意義(内発的な動機付け)を見出すこともできるだろう. 後者は価値共創のモチベーションを引き出す際の重要な視点として捉えることができるだろう.

既に完成した既製品を所有することから得られる価値(所有価値)は、将来に渡ってその価値を安定的に維持できることが重要であると考えられてきた. こうした所有価値の意義は、主にモノが少ない時代において成立する論理であった. しかしながら、モノが在り溢れる現代においては、所有価値そのものの論理は崩れはじめており、敢えて「所有」という形態をとらなくても、「共有」することで使用価値を満たすことが容易な状況になりつつある. 自動車という製品を購入するまでもなく、カーシェアやレンタルのサービスによって快適に移動する体験(使用価値)を満たすことができるようになる人々が増えてきているように、使い手は所有価値から使用価値によって欲求を満たしていく傾向に移りつつあるといえる[12]. こうした所有価値と使用価値の乖離が生じる状況においては、使い手自らで何らかの体験を引き出しうるような価値(使用価値)を満たしうる環境づくりや機会を提供し、価値共創のためのプラットフォームを構築していくことが重要となると思われる.

### 4.4 都市居住空間の“所有”を共有する仕組み

都市空間に埋もれる未利用の既存の共同住宅ストックを活用したサービスが2014年に日本に上陸した[13]. Airbnb は「人々が世界中をどこに旅行してもくつろげるような仕組み」を構築することをコンセプトに、既存ストックの貸し借りをつなぐコミュニティ・プレースをウェブ上に立ち上げた. 自身の家(ないし部屋)の未活用の居室の貸し借りを行うことができるサービスであり、オーナーは家賃収入を確保しつつ宿泊者との豊かな交流をもつことができる. ホテルの一室とは異なり、旅行者は現地の生活体験を楽しむことができる経験重視型のサービスといえる. オーナー自らで客室となる居住空間や共有空間を設え、ウェブサービスを援用して既存ストックの貸し出しを行い、住民と滞在者間のつながりを形成していく新たなビジネス形態であり、従来の都市計画的施策に代わる有効な既存ストックの活用手段になり得るものと考えられる. このサービスの利用者は旅経験が豊かで様々な異文化交流に親しむ人が多い傾向があるが、こうしたシェアリングエコノミー(共有型経済)を都市空間で実践する人々の生活様式は、使用価値を体現する都市居住の制度自体(イネープリング資産)を改めて問う契機となると考えられる.

現時点の日本国内においては、建築基準法や消防法などの法令に適合することなく自分の部屋を他人に貸すことは、旅館業法の下で違法と位置づけられており、早急な制度設計の見直しが必要とされている状況にある。こうした新たなビジネス形態に対して、米国をはじめとして世界各国では新しい制度を設けた上で合法化する動きがある。新しいアイデアとテクノロジーによって今までにない価値が生み出される時代においては、社会情勢の変化に合わせてイネープリング資産である既成の制度や規制を適切に修正し、より効果的に都市ストックの活用に向けて整備を進めていく必要があるだろう。

## 5 おわりに

都市ストックの利活用戦略への糸口を探ることを目指し、既に実践的に取り組まれている既存共同住宅ストックに関する事業を参照しつつ、その価値形成のプロセスについて考察を行った。都市空間に関わる主体はさまざまであり、先ず、自治体や都市住民が日々接する地域の資源を広くストックとして認識するプロセスが大事であると考え。現代までに蓄積されてきた都市ストックの資源から便益を得るフローの仕組みを健全に確保すると共に、その活用手法を実践的に評価していく体制づくりが重要となる。そのためにはプロジェクトの成果を経営面においてのみならず都市生活の質的側面においても評価を可能とする方法論を確立していくことが将来に渡る持続的かつ自生的な都市空間の発展につながると考えられる。

## 参考文献

- [1] 総務省統計局, 平成 20 年住宅・土地統計調査,  
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/index.htm>,  
(visited on 2014-10-01).
- [2] 環境省, 第四次環境基本計画, 2012  
[http://www.env.go.jp/policy/kihon\\_keikaku](http://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku)
- [3] United Nations World Commission on Environment and Development (WCED), Our Common Future, 1987, <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- [4] 阿部齊, 今村都南雄, 岩崎恭典, 大久保皓生, 澤井勝, 辻山幸宣, 山本英治, 寄本勝美, 持続可能な開発, 地方自治の現代用語 (第二次改訂版), 学陽書房, 2005
- [5] Partha Dasgupta, Human Well-Being and the Natural Environment, Oxford University Press, 2004 (P・ダスグプタ/植田和弘監訳, サステナビリティの経済学, 岩波書店, 2007)
- [6] 沼田壮人, 広義のストック概念に着目した持続可能な都市・地域のマネジメント, 季刊政策・経営研究 / 三菱UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 編, pp.154-165, 2008
- [7] Michael I. Norton, Daniel Mochon, Dan Ariely, The IKEA effect: When labor leads to love, *Journal of Consumer Psychology* 22, pp. 453-460, 2012
- [8] Ramaswamy, Venkat and Francis Guillard, The Power of Co-Creation: Build It with Them to Boost Growth, Productivity, and Profits, Free Press, 2010 (ベンカト・ラマスワミ+フランシス・グイヤー著, 尾崎正弘 監修+田畑萬監修, 山田美明訳, 生き残る企業のコ・クリエーション戦略 ビジネスを成長させる「共同創造」とは何か, 2011)
- [9] Nike+, <https://secure-nikeplus.nike.com/plus/>, 2013
- [10] 国土交通省, マンションに関する統計・データ等, 2013, <http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/manseidata.htm>,
- [11] toolbox 家を編集するために, 東京 R 不動産+蔦屋書店 (CCC) 著, 2013
- [12] Abraham H. Maslow + Robert D. Frager + James Fadiman, Motivation and Personality, New York: Harper & Row, 1954
- [13] Airbnb, <https://www.airbnb.jp/>



# Web-based CAD のモデリングフレームワーク

## — テンプレートを用いた方法 —

館野 寿丈<sup>1)</sup>

# Modeling Framework for Web-based CAD

## — An Approach by using Template —

Toshitake Tateno<sup>1)</sup>

### Abstract

This paper explains an author's research approach to construction of a Web-based CAD. Recently, the mass customization becomes a realistic production style because 3D-printers, which have strong advantages in individual production, are improved to fabricate practical use parts. In mass customization, it is desired for customers to modify the product shape by themselves. Then, a new 3D-CAD frame work is considered to enable users to design their desired shapes even though they are not familiar with 3D-CAD,

In order to reduce the load for operation learning, the template-based modeling is introduced. The usual modeling process is separated into three processes. By only deformation process using templates, the users can obtain their desired shapes. The morphing technology is used for the deformation algorithm. A web-based CAD tool, which is for designing a lure, was implemented. By using this tool, a designed lure could be fabricated by a 3D-printer. This application showed that the present idea was effective for even general public users to design shapes intuitively on web browsers.

**Keywords:** Web-based CAD, Template, Morphing, WebGL, Additive manufacturing

## 1 はじめに

従来の 3D-CAD (3 Dimensional Computer-Aided Design) システムの多くは、Web ベースではなく、独立したアプリケーションとして存在する。その理由の一つは、3D-CAD は多くの計算量を必要とするために、Web-based では、ソフトウェアのダウンロード時間と計算負荷が大きく、実用に向かないことが挙げられる。Web ベース CAD の少ない例として VRML (Virtual Reality Modeling Language) [1] があるが、そのような理由によって、産業界において多用されるに至っていない。しかし、近年のコンピュータの発展に伴い、個人向けの PC (Personal Computer) においても、かつての CAD 用ワークステーションと同等の計算能力を持つようになった。このような状況下では、Web-based での 3D-CAD の可能性は非常に高まる。

また、近年の Makers [2] ブームにより、個人での形状モデリングをサポートするソフトウェアが見られるようになってきた。ただし、ユーザの多くは CAD の操作に不慣れた個人となるので、誰でも簡単に操作できるという要求に応える必要がある。

筆者らは、既に Web-based CAD の一つのモデリングフレームワークとして、テンプレートを用いた方法を提案している [3]。テンプレートを採用することで、ソフトウェアの容量、計算負荷、操作性における問題を解決しようとする一つの方法である。本解説では、この提案と実装例について紹介する。

## 2 Web-based CAD

### 2.1 個人によるモデリングのための CAD

一般の CAD での形状操作方法は、CAD システムによって決まっている。このため、操作コマンドは、複雑な形状をも作成できるように、多くのコマンドが揃えられている。

ユーザは、これらの多くのコマンド操作に習熟する必要がある

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

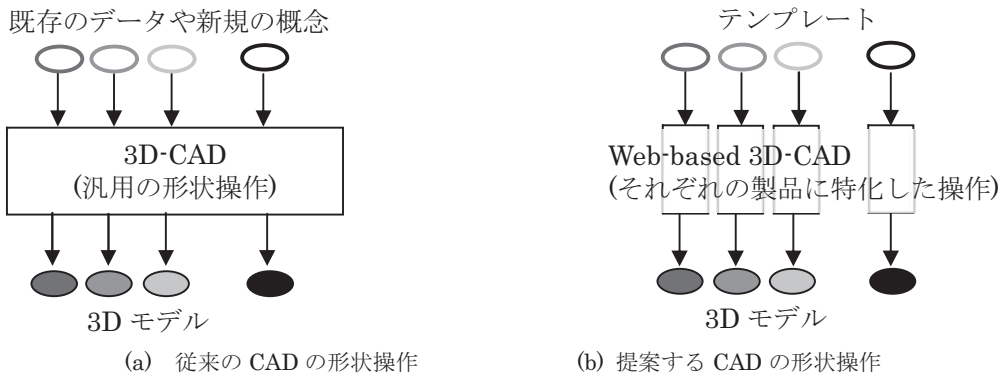


図 1 形状操作の概念的な違い

あり、したがって、一般に CAD の習熟には多くの時間を要する。一部、カスタマイズはできるものの、その範囲は限られているうえ、多くは、熟練者が手早く操作できるようにするためのものであり、操作自体を簡単にするカスタマイズについてはほとんど考えられていない。一方、著者らが提案する Web-based CAD の形状操作方法は、操作する対象物ごとに形状操作方法を定義できるようにする。CAD に不慣れなユーザであっても簡単に形状操作できるようにするためには、操作方法が直感的である必要がある。操作性は、どのような対象物をどのように操作するかによって異なるため、それを統一するのは困難で、対象物ごとに決めることが妥当であると考えた。図 1 は、両者の違いを概念的に示した図である。図 1(a)は従来の CAD での入出力を示しており、図の上部に記した楕円は、作成したい複数種類の製品形状イメージを示している。場合により、参考となる既存の形状データであってもよい。多くの種類の形状イメージがそれぞれ入力として示されると、CAD における操作は既定の操作内で処理され、モデルが構築されて出来上がったモデルが出力とされる。一方、提案するシステム Web-based CAD (図 1(b)) では、入力としてテンプレートを持ち、明確な具体的イメージを持つ必要は無い。また、操作方法は対象物それぞれに定義される。すなわち、操作方法をそれぞれのテンプレートに対して持たせることで、直感的な操作方法を定義することを可能にする。

2.2 形状操作の方法

提案する CAD での形状操作は、形状テンプレートを予め準備し、それを使ってユーザが好みの形状に変形することとする。これにより、ユーザが扱う操作を限定することができるうえ、CAD 自体のソフトウェアを単純にすることができるので、ブラウザ上で動作する Web-based CAD にとって好都合でもある。

図 2 にモデリングプロセスを示す。テンプレートはデザイナーが作成することを想定する。ユーザは、テンプレートを選択し、それを変形させる操作をすることで、好みの形状を作り上げる。変形処理は、具体的には後述するモーフを活用する。

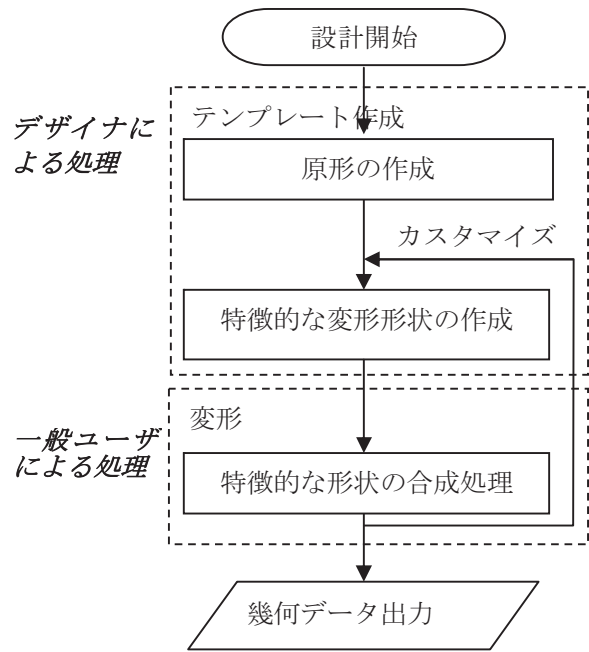


図 2 モデリングのプロセス

3 変形アルゴリズム

3.1 モーフィング

ユーザが使用するテンプレートには、雛形となる形状と、その変形処理の方法との両方が含まれている。図 3 はその変形の概念を示している。雛形となる形状は、あらかじめ複数定義しておく。これらは、それぞれ特徴的な形状であることが望まれる。複数の形状の中でも、最も基礎となる形状を原形(Base shape)と呼ぶことにする。それ以外を、モーフトarget (Morph target shape)と呼ぶ。生成する形状は、これらテンプレート形状を混ぜ合わせて一つにするような概念となる。そして、それぞれの形状を反映させる程度を変えることで、ある範囲内で任意の形状を生成させることができる。新たな製品をモデリングする上では、テンプレートすな

わちモーフターゲットの構築が必要となり、この部分には従来の CAD に相当する処理が必要となる。

すなわち提案プロセスは、これまでのモデリングプロセスを、概念的な形状を構築するプロセスと、それに若干の修正を加えて仕上げるプロセスとを分離したものと言える。従来のようにメーカ側のデザイナー・設計者が発想からモデリングまでを行う形態においては、特に有用ではない。しかし、オープンイノベーション環境のような、ユーザ自身が、自分の好みに合わせて若干の修正を加えて仕上げるプロセスにおいては、有用となる。

### 3.2 変形アルゴリズム

具体的な変形の方法として、モーフ(Morph)[4]を採用した。モーフは主に CG(Computer Graphics)において、モデルの滑らかな運動の生成などに利用されている。しかし、あらかじめ変形の範囲がテンプレートによって制限されることもあり、製品のモデリングにおいての利用は少ない。

本研究では、基本的なモーフアルゴリズムを採用した。以下にその処理を示す。

製品形状は三角形メッシュで表現しているとし、図 4 は、その一つの三角形を想定している。

原形である三角形  $T$  があり、それぞれの頂点の位置ベクトルを、 $x_0 \sim x_2$  とする。また、一つのモーフターゲット  $T'$  があり、それぞれの頂点の位置ベクトルを、 $x'_0 \sim x'_2$  とする。このとき、生成される三角形  $T_b$  は、式 (1) を 3 頂点に適用することで算出される。この処理をブレンドと呼ぶ。

$$x_{b0} = x_0 + p(x'_0 - x_0) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 $x_{b0}$  は  $x_0$  と  $x'_0$  をブレンドして得られる頂点である。 $p$  は原形にモーフターゲットをブレンドする程度を決めるものであり、モーフインフランスと呼ばれる。この値によって形状を操作する。

図 5 は、モーフターゲットが 2 つある場合の例を示している。この場合、頂点  $x_0$  においては、生成する三角形の頂点  $x_{b0}$  は式 (2) によって算出される。

$$x_{b0} = x_0 + p(x'_0 - x_0) + q(x''_0 - x_0) \quad \text{式(2)}$$

モーフインフランスは  $p$  と  $q$  の 2 つとなり、これらの値によって形状を操作する。

任意の形状は多角形によって近似することができ、また任意の多角形は三角形の集合によって表現できる。よって、原形の形状に対し、ある特徴を備えた別の形状をモーフターゲットとして準備しておけば、それらの特徴の反映の程度を変化させて、好みの形状に整えていくことができる。

図 6 は、立方体形状の原形に対し、一つの頂点を引き出したターゲット形状をブレンドさせる例である。生成される形状は、ターゲットの特徴を反映し、その程度をパラメータによって変えることができることを示している。

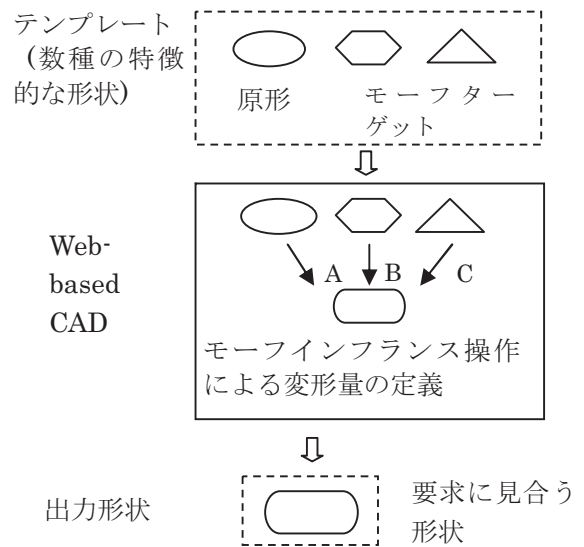


図 3 テンプレートと変形による形状生成の概念

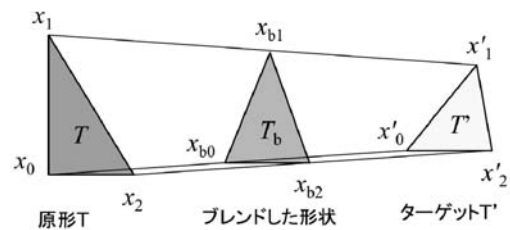


図 4 基本的なモーフアルゴリズム

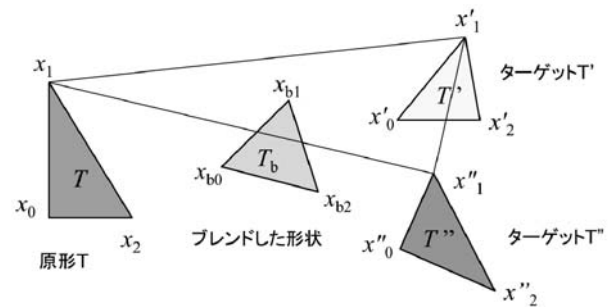


図 5 モーフターゲットが 2 つある変形例

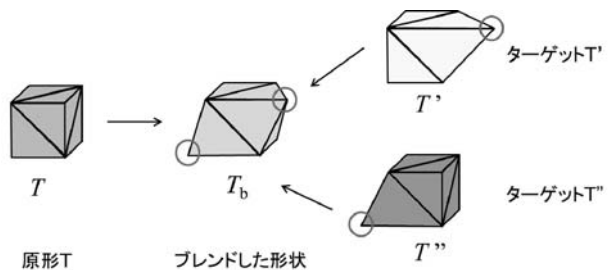


図 6 立体図形の変形例

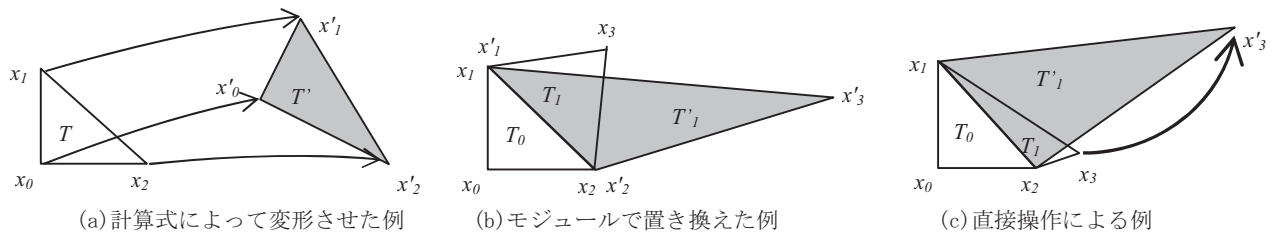
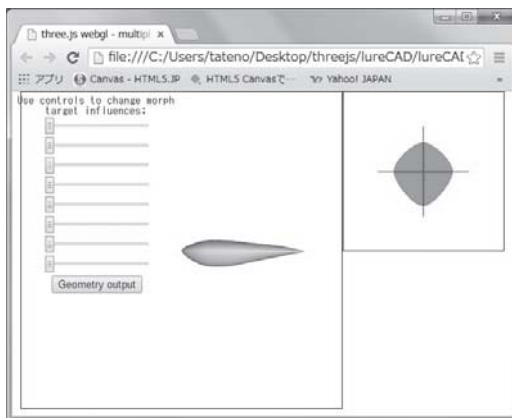


図7 テンプレートを作成する方法

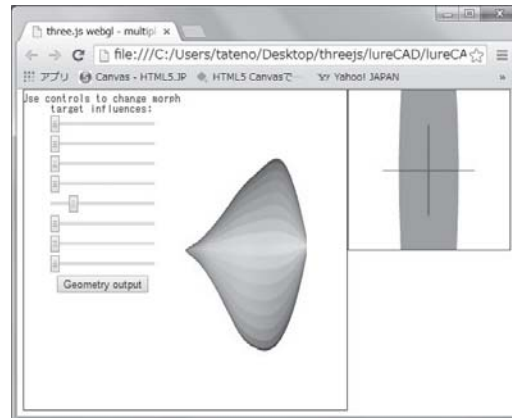
### 3.3 テンプレートの定義

テンプレートは原形と複数のモーフターゲットから成り、製品のバリエーションを考慮し、寸法の調整、特徴的な部分形状の追加や削除、統一的な規則による変形、などを定義するものとなる。テンプレートは、専門のデザイナー・設計者によって構築することを想定しているが、構築方法についてはいくつかの方法がある。最も汎用性の高い方法は、それぞれのモーフターゲット形状を直接構築することであるが、この場合、原形とモーフターゲット形状との頂点を対応づける処理が必要となる。これに対し、図7に示すような方法は頂点の対応付けが不要となるので便利である。それらの方法について、基本的な三角形を例に示す。

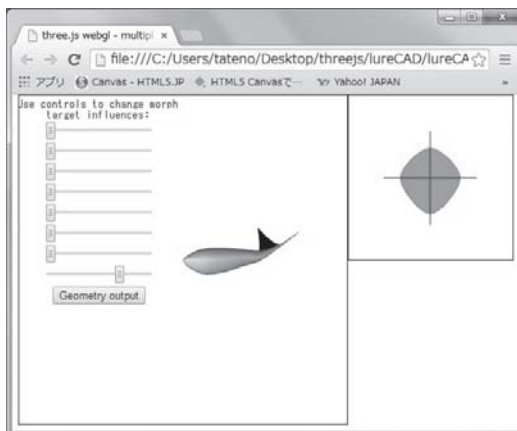
図7(a)は、ある関数を用いて全ての三角形の頂点を変化させる方法を示している。寸法および角度の調整や、形状全体に波及する変形の定義などに便利である。図7(b)は、一部の三角形メッシュを、形の異なるメッシュによって置き換えることである。三角形の数が既知であるモジュールを構築しておけば、いろいろな原形の一部にそのモジュールを適用させてモーフターゲットを作成できる。製品オプションの定義などに便利である。図7(c)は、設計者が頂点を直接に操作して位置を変える方法である。これは、一部のCG作製用3D-CADソフトでも採用されている方法である。直観的な操作で形状定義ができるので、複雑な変形の定義に便利である。



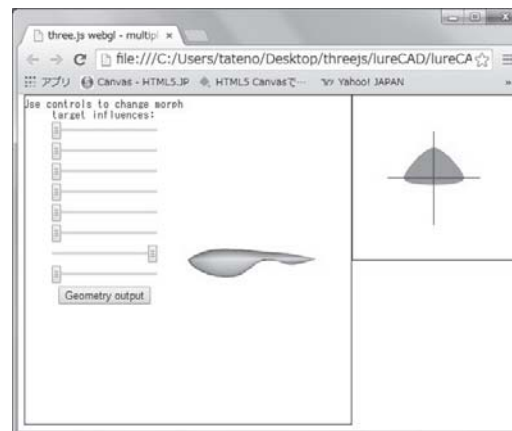
(a) 基本形状



(b) 計算式によって変形させた例



(c) モジュールで置き換えて変形させた例



(d) 一部の頂点を直接に変形させた例

図8 異なるモーフターゲットを使用して変形させた例



## 4 アプリケーション例

提案する Web-based CAD のアプリケーションとして、釣りで使用されるルアー設計に向けたソフトウェアを開発した。ソフトウェアは、Javascript で書かれており、Web GL をベースにしている Three.js をグラフィックスライブラリとして使用した。試作したソフトウェアを用いて、魚に似せたルアーの形状を変形させた例を図 8 に示す。

ブラウザウィンドウ内の左側の枠は変形後の 3 次元形状を示しており、実際には回転しながら表示されている。10 個のレバーは、定義された 10 個のモーフターゲットに対するモーフインフランスを変えるレバーである。レバーを動かすと、リアルタイムに形状が変形する。レバーの下に配置したボタンは、形状データを Obj ファイル形式に出力するものである。Obj ファイルは、多くの 3D プリンタによって読み込むことができるファイル形式であり、好みの形状が決定されたら、直ぐに 3D 出力できるファイルを作成できる。右側の小さなウィンドウは、モデルの全長の 2/3 の位置での断面形状を示している。

図 8(a)は原形であり、22 個の点をスプライン曲面で補間して表示している。頭部先端の頂点を原点にしている。

図 8(b)は関数を用いてモーフターゲットを作成させた例である。使用した関数を式 (3) に示す。

$$y'_z = y_z \cdot z \cdot z \quad \text{式(3)}$$

原点から水平方向に向けた距離の 2 乗に比例して垂直方向の大きさを増やすような関数にしている。この関数で作成されたモーフターゲットとのブレンドによって、形状はエンゼルフィッシュのように変形していることが分かる。

図 8(c)は、モジュールの活用によってモーフターゲットを作成した例である。最後尾の頂点を、5 点に分け、原点より上部の位置に水平方向に等間隔に並べて配置した。このモーフターゲットとのブレンドによって、最後尾に尾びれのような形状が追加された。

図 8(d)は、一部の頂点を直接に変形させてモーフターゲットを作成した例である。断面を既定する頂点の一つの位置を変えた。その断面形状は、図の右上のウィンドウを見ると分かるように、つぶれたような形状となっている。このモーフターゲットとのブレンドによって、後ろの部分のみ変形した形となっていることが確認できる。

図 8(e)の形状を Obj ファイル形式で出力し、光造形装置で実体モデルを製作した。外観を図 9 に示す。モデリングされた形状通りに製作できることを確認した。

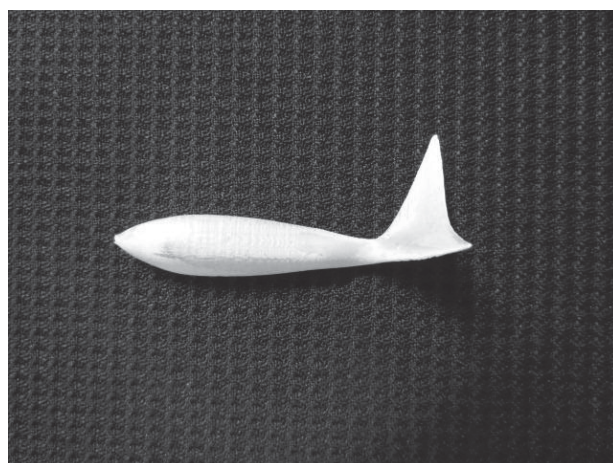


図 9 3D プリンタによる造形例

## 5 まとめ

オープンイノベーション環境においてユーザが好みの形状を設計する状況では、簡単な操作で形状定義ができる Web-based CAD が求められる。Web-based CAD でのモデリングの枠組みとしてテンプレートを活用し、形状変形にモーフアルゴリズムを採用したシステムについて解説した。

## 6 謝辞

本稿で解説したテンプレートによる Web-based CAD は、筆者のサバティカル期間における研究成果を多く含んでいる。滞在先の教員であるソフィア工科大学（ブルガリア）の Boris Tudjarov 准教授に謝意を表する。

## 参考文献

- [1] ローラ・リメイ, ケリー・マードック, ジャスティン・コーチ(著); 松田晃一 [ほか] (訳), 「3D グラフィックスと VRML2.0 : VRML ワールドの構築」, プレンティスホール出版, 1998.
- [2] クリス・アンダーソン(著); 関美和(訳), 「MAKERS—21 世紀の産業革命が始まる」, NHK 出版, 2012.
- [3] Toshitake TATENO, Boris TUDJAROV, Desislava KOLEVA, "Template-based Modeling Scheme for Web-based CAD -Shape Design by Using Morphing Templates-", CAx Technologies, Vol.1, pp.5-10, 2013.
- [4] Jonas Gomes, LuciaDarsa, Bruno Costa, Luiz Velho, "Warping & Morphing of Graphical Objects", Morgan Kaufmann, 1999.



# 学修到達度の視覚的表現方法に関する一考察 - 分かりやすいディプロマサプリメントの開発を目指して -

井ノ上 寛人<sup>1)</sup> 佐々木 一晋<sup>1)</sup> 越水 重臣<sup>1)</sup> 國澤 好衛<sup>1)</sup> 川田 誠一<sup>1)</sup>

## A Visualization Method of Academic Achievement - Toward the Development of an Easy-to-Understand Diploma Supplement -

Hiroto Inoue<sup>1)</sup> Isshin Sasaki<sup>1)</sup> Shigeomi Koshimizu<sup>1)</sup> Yoshie Kunisawa<sup>1)</sup> Seiichi Kawata<sup>1)</sup>

### Abstract

Traditional transcript of records is written in tabular form to report the individual grades, marks and credits. The purpose of this paper is to visualize transcript of records in order to put in diploma supplement. Diploma supplement is a document describing the knowledge and skills acquired by holders of higher education degrees. In this paper, we have proposed a method to decompose GPA (Grade Point Average) to an  $n$ -dimensional vector. The vector is used to make a cobweb chart. The cobweb chart shows information of transcript of records schematically and this proposed method is useful to report the knowledge and skills acquired by holders of higher education degrees. AIIT have issued diploma supplements with the cobweb chart since 2014.

**Keywords:** learning outcome, quality assurance, diploma supplement

### 1 はじめに

教育の質を社会に保証することは、教育機関にとって重大な責務である。近年においては、国境を越えた人材の流動化が進んでいることから、教育の質保証のあり方についても、このようなグローバル化に対応したものが求められている。関連する具体的な動向として、例えば、欧州諸国は、学歴や資格を共通の書式で証明するために、ユーロパス (Europass) という共通履歴書を発行している [1]。ユーロパスは、いくつかの書類のポートフォリオであり、その主な構成は以下の通りである [2, 3]。

- Curriculum Vitae (Europass CV): 基本的な学歴、職歴などを示す。内容は自己記載する。
- Language Passport: 言語能力、言語学習の経験、留学や就業における言語の使用経験などを示す。内容は自己記載する。
- Europass Mobility: 教育、訓練、就業、研修、NGO 活動による欧州諸国での滞在経験などを示す。当該機関が発行する。

- Certificate Supplement: 職業訓練の修了証明書、認定証、資格、免許、訓練課程の位置づけに関する補足情報などを示す。当該機関が発行する。
- Diploma Supplement: 高等教育の卒業証明書、修了証明書、学位、教育課程の位置づけ (学士課程、修士課程、博士課程) に関する補足情報などを示す。当該機関が発行する。日本において、本書類は、「修了証書付属文書」、「学位証書補足資料」もしくは「ディプロマサプリメント」などと呼ばれている。

なお、Europass CV を除いたポートフォリオは、European Skills Passport とも呼称されている。欧州の求職者は、ユーロパスに関するこれらの書類をオンライン上で取りまとめることが 2005 年から可能となっている。また、ユーロパスとは別な動向として、国際標準化機構は、ISO29990\*1 を発行している [4]。ISO29990 は、語学研修や通信教育などの民間の学習サービス事業者を対象とした質保証の枠組みであり、ドイツが議長国となって策定した国際規格である。ISO29990 は、2010 年から発行されており、その認証を受けた事業者は日本においても増えつつある [3, 4]。

Received on 2014-10-03.

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology

\*1 非公式教育・訓練のための学習サービス - サービス事業者向け基本的要求事項 (Learning services for non-formal education and training - Basic requirements for service providers)

前述した制度は、国家間での調整や英語による表記によって、教育課程の透明性、互換性、比較可能性を高めており、教育の質保証の社会的範囲を拡大する上で効果的な枠組みといえる。一方、教育の質保証の向上にあたっては、このような枠組みの拡大に加えて、学修者の人材像を的確に通知する方法についても検討を進める余地がある。例えば、ユーロパスに括られるディプロマサプリメントを導入した欧州諸国においても、日本においても、大学を含む高等教育機関は、学修者の知識や技能の到達度を通知する方法として、主に、科目名と成績を列挙した表記（成績証明書など）と、成績を一元化した表記（GPA<sup>\*2</sup>など）を用いている [5, 6]。しかし、科目と成績を単に列挙した表記では、科目数が多いことから、学修者が当該教育機関において学んだ知識や技能が分かりやすく整理されているとは言い難い。また、GPA など、成績を一元化した表記では、それぞれの科目における学修到達度や、学修した内容の体系が要約され過ぎている可能性がある。雇用側にとって、採用候補者が有する知識、技能、およびそれらの体系は、選考上の重要な情報となり得るため、教育機関側には、これらの情報を的確に要約し、分かりやすく通知することが求められているといえる。

これらの背景から、産業技術大学院大学（以下、本学）は、教育課程における学修の到達度や体系を、レーダーチャートによって視覚的に表現する方法について検討すると共に、このチャートを記載したディプロマサプリメントを 2014 年から発行している [7]。ディプロマサプリメントの発行は、専門職大学院である本学の修了生が国内外にて活躍する上で、学位の位置づけや学修の到達度を公的に証明し、キャリアアップに活かしてもらうことを目的としている。本稿は、このディプロマサプリメントの発行にあたって、著者らが検討した成果を速報としてまとめたものである。本稿では、第 1 に、欧州におけるディプロマサプリメントの位置づけについて整理する。第 2 に、日本における成績証明書と GPA の位置づけについて整理する。第 3 に、前述したレーダーチャートの作成にあたって著者らが開発したアルゴリズムについて述べる。最後に、ディプロマサプリメントの発行に関する今後の展望について述べる。

## 2 ディプロマサプリメントの位置づけ

欧州では、1999 年のボローニャ宣言（Bologna Declaration）以前まで、大学と大学院の 2 サイクル制を採用している国や、このサイクルを切り離していない国が混在していたが、現在は、NQF<sup>\*3</sup>、EQF<sup>\*4</sup>、QF-EHEA<sup>\*5</sup>、ECTS<sup>\*6</sup> と

いった制度が国家間で策定され、高等教育に関しては、学士課程、修士課程、博士課程の 3 サイクル制への統一が進んでいる [3]。欧州のディプロマサプリメントは、学位、単位、教育課程の位置づけを、前述した NQF や ECTS といった制度と関連づけて公的に証明する役割を果たしており、この点において、学修到達度の通知を目的とした成績証明書とは性格が異なるといえる。

一方で、ディプロマサプリメントと成績証明書の内容が重複している例も見受けられる。例えば、イギリスのボーンマス大学やアイルランドのレタケニー工科大学は、ディプロマサプリメントの「教育課程の詳細（Programme Details）」の欄に、科目名、ECTS に基づいた成績、単位数などを列挙している [5]。また、ディプロマサプリメントには、「主要学修分野（Main Fields of Study）」の欄があること、「特記事項（Additional Information）」の欄に、アシスタントとして働いた経験や、個別制の教育プログラムを受けた経験について記載することから、学修者の総合的な人材像について通知する役割も期待されているといえる。したがって、ディプロマサプリメントの発行にあたっては、教育制度に関する情報に加えて、成績証明書によって通知してきた学修の到達度や学修の体系、そして総合的な人材像に関する情報を的確に要約することが望まれる。

## 3 成績証明書と GPA の位置づけ

前述したように、ディプロマサプリメントは、成績通知書とは異なる位置づけにあるが、これら二つは強い関係を持つ。そこで、より分かりやすいディプロマサプリメントを開発するための基礎的検討として、成績証明書の位置づけについても整理する。

日本の高等教育機関における成績証明書は、一般に、科目名、評点、単位数を列挙した表の形式によって学生が教育課程で修得した知識や技能を表し、GPA によって総合的な学修到達度を表している。GPA を算出する上で用いる科目の成績は、GP（Grade Point）と呼ばれ、本学では 100 点法による評価と GP を表 1 のように関係づけている [10]。

GPA は、GP と単位数の加重平均値である。本稿では、学生の集合を  $I = \{1, 2, \dots, l\}$ 、 $I$  に属する学生を  $i$ 、科目の集合を  $J = \{1, 2, \dots, m\}$ 、 $J$  に属する科目を  $j$  とする。また、学生  $i$  が科目  $j$  で修得した GP を  $a_{ij}$ 、科目  $j$  で修得した単位数を  $b_{ij}$  とすると、修得した総単位数  $b_{i+}$  は、

$$b_{i+} = \sum_{j=1}^m b_{ij} \quad (1)$$

と表すことができ、学生  $i$  の GPA は、 $a_{ij}$  と  $b_{ij}$  の加重平均値を  $g_i$  として、

$$g_i = \frac{1}{b_{i+}} \sum_{j=1}^m a_{ij} b_{ij} \quad (2)$$

\*2 Grade Point Average

\*3 国家単位での資格枠組み, National Qualifications Framework.

\*4 欧州資格枠組み, European Qualifications Framework.

\*5 欧州高等教育圏資格枠組み, Framework of Qualifications for the European Higher Education Area.

\*6 欧州単位互換制度, European Credit Transfer System.

表1 100点法とGPの対応関係

100点法	評点	単位	GP
90点以上	優 5	認定	4
80-89点	優 4	認定	3
70-79点	良 3	認定	2
60-69点	可 2	認定	1
59点以下	不可 1	不認定	0

と表すことができる。本稿では、 $g_i$  を行列演算で表すために、 $b_{ij}$  を要素に持つ行列を  $\mathbf{B}$ 、 $b_{i+}$  を対角要素に持つ行列を  $\mathbf{B}_I$ 、 $a_{ij}$  と  $b_{ij}$  の積  $c_{ij}$  を要素に持つ行列を  $\mathbf{C}$ 、 $\mathbf{B}_I$  の逆行列と  $\mathbf{C}$  の積を  $\mathbf{D}$ 、 $m$  個の 1 を要素に持つ列ベクトルを  $\mathbf{e}$  とする。

$$\mathbf{B} = (b_{ij}) \quad (i \in I, j \in J) \quad (3)$$

$$\mathbf{B}_I = \text{diag}(b_{i+}) \quad (i \in I) \quad (4)$$

$$\mathbf{C} = \left\{ c_{ij} = a_{ij}b_{ij} \mid i \in I, j \in J \right\} \quad (5)$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{B}_I^{-1}\mathbf{C} = \left\{ d_{ij} = \frac{a_{ij}b_{ij}}{b_{i+}} \mid i \in I, j \in J \right\} \quad (6)$$

$$\mathbf{e} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} \quad m \text{ 行} \quad (7)$$

ここで、 $\text{diag}$  は対角行列を表し、 $\mathbf{B}_I$  の非対角要素は 0、 $\mathbf{B}_I^{-1}$  は  $\mathbf{B}_I$  の逆行列である。 $g_i$  を要素に持つ列ベクトルを  $\mathbf{g}$  とすると、 $\mathbf{g}$  は、

$$\mathbf{g} = \mathbf{D}\mathbf{e} = (g_i) \quad (i \in I) \quad (8)$$

と表すことができる。

GPA は、成績証明書の情報を一元化できることから、総合的な学修到達度を通知する上で有効な指標といえる。一方で、GPA による評価には、

1. 教育課程において学修した内容の全体的な体系を示すものではない、
2. 単位互換制度などで認定を受けた科目には成績が付与されないため、その分が評価に反映されていない、
3. 高い GPA を維持するために、科目の履修を最低限に留める働きを促してしまう可能性がある、

といった課題がある。ここで、課題 3 については従来から指摘されており、例えば、関連研究 [8, 9] では、GPA を改良した QfGPA<sup>\*7</sup> や OPS<sup>\*8</sup> 型の成績指標が提案されている。しかし、これらの手法は、GPA と同様に、学修到達度を一元

化するものであり、課題 1 と課題 2 の解決には十分に寄与しないと考えられる。したがって、より分かりやすいディプロマサブリメントを開発する上では、前述した関連研究とは異なる成績証明書の要約手段を検討することが望まれる。

#### 4 学修到達度の視覚的表現に関する検討

本稿では、ディプロマサブリメントに学修者の人材像を分かりやすく記載するため、成績証明書の情報を GPA のように一元化するのではなく、 $n$  次元ベクトルに要約し、レーダーチャートを用いて視覚的に表現する手法を提案する。提案 1 では、GPA を  $n$  次元ベクトルに分解することでレーダーチャートのスコアを求めるアルゴリズムについて述べる。提案 2 では、履修パターンからレーダーチャートのスコアを求めるアルゴリズムについて述べる。提案 3 では、提案 1 と提案 2 を組み合わせた手法について述べる。

##### 4.1 提案 1 (GPA の分解)

レーダーチャートの軸の集合を  $K = \{1, 2, \dots, n\}$ 、 $K$  に属する軸を  $k$ 、軸  $k$  に対する科目  $j$  の重みを  $w_{jk}$ 、重み  $w_{jk}$  を要素に持つ行列を  $\mathbf{W}$  とする。

$$\mathbf{W} = (w_{jk}) \quad (j \in J, k \in K) \quad (9)$$

ここで、 $w_{jk}$  は、科目  $j$  のコマ数 (15 コマ) を、講義内容に応じて軸  $k$  にそれぞれ割り当て、その値に単位数を乗算したものである。本学の創造技術専攻 (以下、本専攻) では、レーダーチャートの基本概形を担う軸を、「プランニング」、「マーケティング」、「デザイン」、「技術経営」、「設計技術」、「システム技術」としているため、 $n = 6$  となる。

次に、行列  $\mathbf{W}$  の行和を  $w_{j+}$ 、 $w_{j+}$  を対角要素に持つ行列を  $\mathbf{W}_I$ 、 $\mathbf{W}_I$  の逆行列と  $\mathbf{W}$  の積を  $\mathbf{P}_I$  とする。

$$w_{j+} = \sum_{k=1}^n w_{jk} \quad (10)$$

$$\mathbf{W}_I = \text{diag}(w_{j+}) \quad (j \in J) \quad (11)$$

$$\mathbf{P}_I = \mathbf{W}_I^{-1}\mathbf{W} = \left\{ p_{jk} = \frac{w_{jk}}{w_{j+}} \mid j \in J, k \in K \right\} \quad (12)$$

本稿では、学生  $i$  の GP と単位数を、GPA のように一元化するのではなく、 $n$  次元ベクトルに変換するために、式 (8) の  $\mathbf{e}$  を  $\mathbf{P}_I$  という重みに置換え、行列  $\mathbf{X}$  を式 (13) のように定義し、その要素  $x_{ik}$  をレーダーチャートの各軸のスコアとすることを、提案 1 とする。

$$\mathbf{X} = \mathbf{D}\mathbf{P}_I = (x_{ik}) \quad (i \in I, k \in K) \quad (13)$$

レーダーチャートのスコアを式 (13) のように定義すると、 $\mathbf{X}$  の行和  $x_{i+}$  に関して、 $x_{i+} = g_i$  が成り立ち、スコアの和が GPA と一致する。したがって、スコア  $x_{ik}$  は、学生  $i$  の GPA を履修パターンに応じて分解した値といえる。17 科目の GP を軸としたレーダーチャートを図 1 に、このデータを

<sup>\*7</sup> Quality focused GPA.

<sup>\*8</sup> On-base Plus Slugging.

$x_{ik}$  に変換したレーダーチャートを図 2 に示す．図 2 は，成績証明書の情報に少数次元で視覚的に要約していることから，学修の到達度や学修の体系が直観的に分かりやすいといえる．例えば，図 2 に示した学生は，(a)「プランニング」，「デザイン」，「設計技術」に関する科目の成績が高いこと，(b)「システム技術」に関する科目はあまり履修していないか，成績が低いことが，表の形式や図 1 のような表現に比べて読み取りやすい．

しかし，提案 1 は，GPA と同様の性質を持つため，前述した GPA の課題 2，課題 3 については解決できていない．すなわち，成績が良好であれば，修得した単位数が少なくても，レーダーチャートの面積が大きくなり，また，単位互換制度などで認定を受けた科目には GP が付与されないため，その分の知識や技能がレーダーチャートに反映されない，という点で，GPA による表現と同様の問題を抱えている．

4.2 提案 2 (履修パタンの要約)

提案 1 が抱える問題を解決するために，GP を考慮せず，履修パタンのみでレーダーチャートのスコアを算出する手法について検討する．まず，単位数  $b_{ij}$  が 1 以上のときに 1，そうでないときに 0 をとる変数  $f_{ij}$  を要素に持つ行列を  $\mathbf{F}$  とする．

$$f_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } b_{ij} \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

$$\mathbf{F} = (f_{ij}) \quad (i \in I, j \in J) \quad (15)$$

次に， $\mathbf{W}$  の列和  $w_{+k}$  を対角要素に持つ行列を  $\mathbf{W}_J$ ， $\mathbf{W}$  と  $\mathbf{W}_J$  の逆行列の積を  $\mathbf{P}_J$  とする．

$$w_{+k} = \sum_{j=1}^m w_{jk} \quad (16)$$

$$\mathbf{W}_J = \text{diag}(w_{+k}) \quad (k \in K) \quad (17)$$

$$\mathbf{P}_J = \mathbf{W}\mathbf{W}_J^{-1} = \left\{ p_{jk}^* = \frac{w_{jk}}{w_{+k}} \mid j \in J, k \in K \right\} \quad (18)$$

本稿では，行列  $\mathbf{Y}$  を式 (19) のように定義し，その要素  $y_{ik}$  をレーダーチャートの各軸のスコアとすることを，提案 2 とする．

$$\mathbf{Y} = \mathbf{F}\mathbf{P}_J = (y_{ik}) \quad (i \in I, k \in K) \quad (19)$$

レーダーチャートのスコアを式 (19) のように定義すると，修得した総単位数が多いほどスコアが大きくなり，また，単位互換制度などで修得した単位数についても，レーダーチャートのスコアに反映される．このように，提案 2 では，軸のスコアと GP が独立であることから，GPA の課題 1~3 を解決できている． $y_{ik}$  を軸としたレーダーチャートを図 3 に示す．

しかし，提案 2 は，単位数を修得すれば，科目の評点が悪くてもスコアが大きくなるため，GPA の課題 3 とは反対の

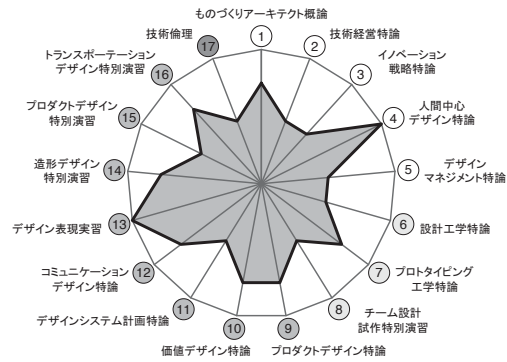


図 1 軸を  $a_{ij}$  (科目の GP) としたレーダーチャート

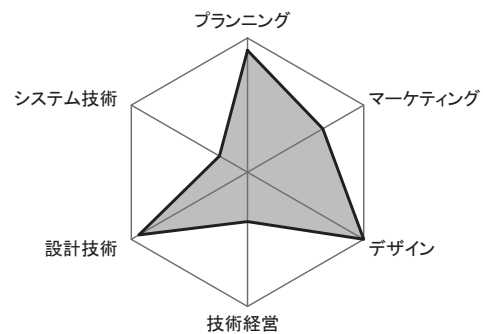


図 2 軸を  $x_{ik}$  としたレーダーチャート (提案手法 1)

問題を抱えている．すなわち，多様な科目を積極的に履修していたとしても，評点が伴っていない学修者は，高度な知識や技能を有しているとは評価できないため，提案 2 に基づいたレーダーチャートは，ディプロマサプリメントに記載する上での要件を十分に満たしていない．

4.3 提案 3 (提案 1 と 2 の組み合わせ)

提案 3 として，本専攻のディプロマサプリメントに記載するレーダーチャートには， $x_{ik}$  と  $y_{ik}$  を付録 A に示したアルゴリズムによって 0 から 1 の範囲に正規化した後に，これらを式 (20) のように加重平均したスコア  $z_{ik}$  を用いている．これは，提案 1 と提案 2 を組み合わせたものである．

$$z_{ik} = \frac{2x_{jk} + 3y_{jk}}{5} \quad (20)$$

式 (20) において，軸のスコア  $z_{ik}$  は， $y_{ik}$  の重みを 5 分の 3 としているため，全体の 60% までは，単位数のみで獲得することができる．これは，本学の修了要件として定められている単位数を修得していれば，成績証明書における評点 2 の「可」，100 点法でいうところの 60 点以上であることを表現している．反対に，軸の 40% は， $x_{ik}$  に基づくため，GP のみで獲得することができ，単位数は寄与しない．

レーダーチャートの形状については，履修パタンと強い関係を持つ．本専攻では，学修者のキャリアプランとして，五

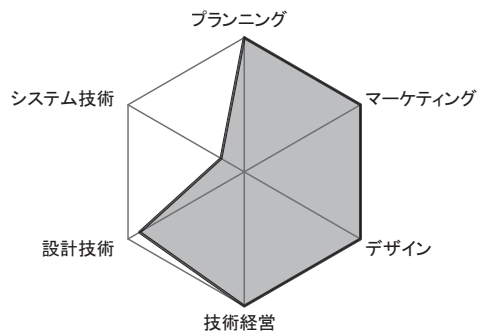


図3 軸を  $y_{ik}$  としたレーダーチャート (提案手法2)

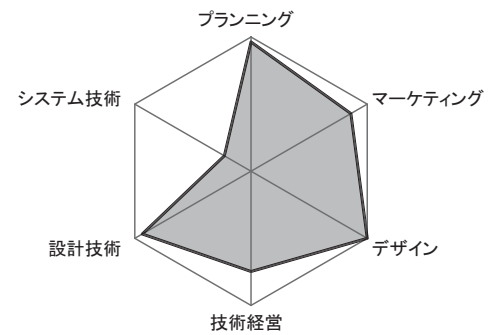


図4 軸を  $z_{ik}$  としたレーダーチャート (提案手法3)

つのモデルコース<sup>\*9</sup>を設けており、コースに応じた履修推奨科目を提示している。図1で示した科目は、「インダストリアルデザインコース」の履修モデルである。これらの科目は、行列  $W$  において、「システム技術」の重みが小さくなっている。そのため、「インダストリアルデザインコース」の推奨科目を履修すると、レーダーチャートの形状は、「システム技術」の軸において凹みが生じやすい。現在までに、履修モデルに基づいて修了要件を満たすと、 $z_{ik}$  を軸としたレーダーチャートの形状が、本学の大学案内パンフレットにあるコースの特徴を表したチャートと類似することが確認されている。 $z_{ik}$  を軸としたレーダーチャートを図4に、本学の大学案内パンフレット [11] に記載されている「インダストリアルデザインコース」のチャートを図5に示す。

本学のディプロマサブリメントには、レーダーチャートの他に、「職業上のステータス」の欄が設けられている。本専攻では、この欄に、修了生の人材像について説明する文として以下のいずれかを記載している。

1. デザイナーに代表される感性設計力を有するものづくりスペシャリスト。
2. 開発設計技術者に代表される機能設計力を有するものづくりスペシャリスト。
3. 感性と機能を統合して開発をプロデュースできるものづくりスペシャリスト。

これらの「職業上のステータス」は、 $z_{ik}$  に基づく6軸のレーダーチャートの形状に応じて自動判定している。前述した「インダストリアルデザインコース」は、ステータス1の人材像と対応づけられており、レーダーチャートの概形が図4のような場合に、ステータス1と自動判定するアルゴリズムを開発している。レーダーチャート、コース、ステータスの関係を付録Bに示す。

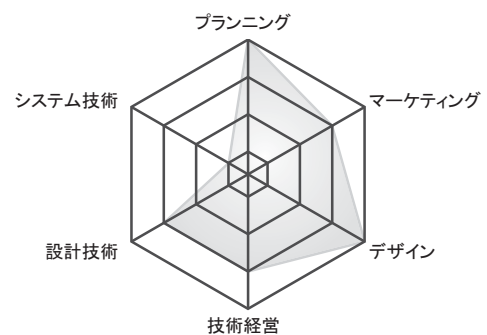


図5 本学パンフレットのレーダーチャートの例

なお、本専攻のディプロマサブリメントには、PBL (Project Based Learning) 型の必修科目において評価するコンピテンシーのスコアも加えた9軸のレーダーチャートを最終的に記載している。

## 5 おわりに

本稿は、ディプロマサブリメントの発行にあたって、学修者の人材像を視覚的に表現する方法について検討したものである。本稿で提案した手法は、成績証明書の情報を、GPAのように一元化するのではなく、 $n$ 次元のベクトルに分解し、レーダーチャートとして視覚的に表現できることから、学修の到達度や体系が分かりやすい表現方法だと考えられる。今後の課題として、提案手法の有効性を評価、改善していくことが挙げられる。

最後に、アジアにおけるディプロマサブリメントの導入状況について述べる。ディプロマサブリメントの導入は、アジア太平洋経済協力会議 (APEC) においても検討されており、また、日本の高等教育機関は、本学のようにディプロマサブリメントを自由に発行できる [12]。文部科学省の大学グローバル化検討ワーキンググループは、ダブル・ディグリー・プログラム (Double and Joint Degree Programs) などの実施においては、ディプロマサブリメントの発行が望

<sup>\*9</sup> (1) インダストリアルデザインコース、(2) ものづくりマネジメントコース、(3) 開発・設計コース、(4) システム統合・制御コース、(5) 国際コース

ましいとの素案を出している [13]。本学の場合，専門職大学院という特色を持つため，その教育課程と学位の位置づけをディプロマサプリメントによって公的に補足説明することは，修了生のキャリアアップの一助になると考えられる。しかし，日本で発行されるディプロマサプリメントは，欧州のものとは異なり，アジアにおいて提案されている ACTS<sup>\*10</sup> や UCTS<sup>\*11</sup> といった国際的な制度と十分に関係づけられていないのが現状である。この点については，欧州のモデルを参考に開発を進めていく余地がある。アジアにおける高等教育圏の発展に期待して，本稿のまとめとしたい。

本稿を執筆するにあたって，本学管理部管理課国際・企画係 平賀直哉 主事，教務学生入試係 西川祥恵 主事から，文献整理，データ整理などの助力を受けた。記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] <http://europass.cedefop.europa.eu/en/about>, (visited on 2014-09-28).
- [2] 大学評価・学位授与機構。諸外国の高等教育分野における質保証システムの概要：英国。pp.14–16, 2010。
- [3] 岩田克彦。第7章 EU：資格枠組み (QF) 及び欧州資格枠組み (EQF)，諸外国における能力評価制度：英・仏・独・米・中・韓・EU に関する調査。労働政策研究・研修機構 (編)。JILPT 資料シリーズ, No.102, pp.163–188, 2012。
- [4] 雇用・能力開発機構。人材育成サービスの国際標準化動向を踏まえた公共職業訓練の質保証に関する調査研究。調査研究報告書, No.151, 2011。
- [5] <http://europass.cedefop.europa.eu/en/documents/european-skills-passport/diploma-supplement/examples>, (visited on 2014-09-28).
- [6] 大塚雄作。大学教育評価における評価情報の信頼性と妥当性の検討。工学教育, Vol.55, No.4, pp.14–20, 2007。
- [7] 産業技術大学院大学。学位に関する透明性ある説明文書「ディプロマ・サプリメント」を導入。<http://aiit.ac.jp/news/download/439>, 2014 (visited on 2014-09-28).
- [8] 高村政志。北海道工業大学の総合成績評価指標 QfGPA。平成 24 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.530, 531, 2012。
- [9] 前田翔馬, 奥田隆史, 井手口哲夫, 田学軍。野球評価理論に着想を得た新成績評価指標の研究。情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集, pp.961–963, 2012。
- [10] 産業技術大学院大学。平成 25 年度 産業技術大学院大学 履修の手引き。pp.12–14, 2013。
- [11] 産業技術大学院大学。公立大学 産業技術大学院大学：2013–2014 (大学案内)。pp.31–34, 2013。
- [12] Human Resources Development Working Group, APEC. Higher Education Diploma Supplements Among APEC Member Economies, 2010.
- [13] 大学グローバル化検討ワーキンググループ，文部科学省。Draft Guidelines for Building Organized and Continuous Cooperation Including Double and Joint Degree Programs between university in Japan And university in foreign countries, 2009.

## 付録 A 正規化アルゴリズム

### A.1 $x_{ik}$ の正規化

$X$  の行和は GPA と一致し，最大で 4 となる。そこで， $x_{ik}$  の正規化においては，まず  $X$  に  $\frac{n}{4}$  を乗算し，その行和が最大で  $n$  となるようにした後に， $x_{ik} > 1$  のときに  $x_{ik} = 1$  と正規化し，その過剰分の和を  $x_{ik} < 1$  の軸に均等に分配するアルゴリズムを適用する。正規化後の  $X$  の行和は，正規化前の行和の  $\frac{n}{4}$  倍となる。 $x_{ik}$  の具体的な正規化アルゴリズムを以下に示す。

Step 1.  $X$  に  $\frac{n}{4}$  を乗算する。

Step 2.  $x_{ik} > 1$  のときに  $x_{ik} - 1$ ，そうでないときに 0 をとる変数を  $x'_{ik}$  とする。また， $x_{ik} > 1$  のときに 1，そうでないときに 0 をとる変数を  $h_{ik}$  とする。

Step 3.  $x_{ik} > 1$  ならば， $x_{ik} = 1$  とする。

Step 4.  $\alpha_i = \sum_{k=1}^n x'_{ik}$ ， $\beta_i = \sum_{k=1}^n h_{ik}$  とする。

Step 5.  $\alpha_i > 0.05$  ならば， $x_{ik}$  に  $\frac{\alpha_i}{\beta_i} h_{ik}$  をそれぞれ加算し，Step 2 に戻る。そうでなければ，正規化を終了する。

### A.2 $y_{ik}$ の正規化

$y_{ik}$  は，学生  $i$  が履修した科目の重み  $w_{jk}$  のうち，軸  $j$  に割り当てられていた重みの和と，各軸が持つ重みの和  $w_{+k}$  の比を表し，最大で 1 となる。本専攻では，開講している  $m$  科目のうち，およそ 3 分の 1 を履修すれば修了要件を満たす。そこで， $y_{ik} \geq \frac{1}{3}$  であれば，その過剰分を切り捨てて正規化する。 $y_{ik}$  の具体的な正規化アルゴリズムを以下に示す。

Step 1.  $y_{ik} \geq \frac{1}{3}$  ならば， $y_{ik} = \frac{1}{3}$  とする。

Step 2.  $y_{ik}$  に 3 を乗算し，正規化を終了する。

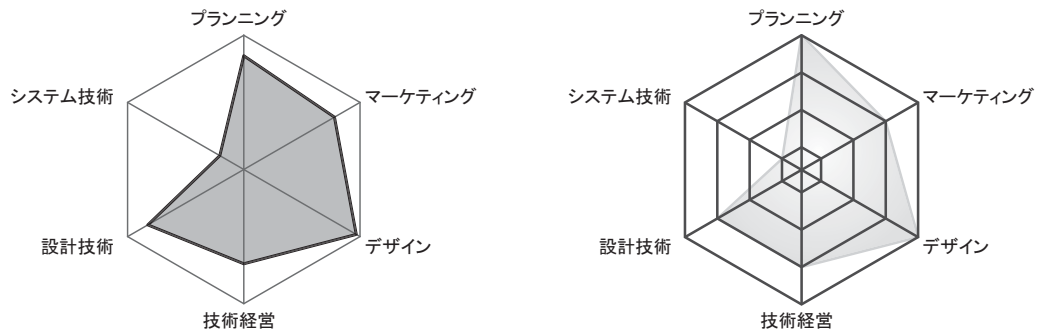
## 付録 B レーダーチャートとステータスの関係

ステータス 1~3 に対応したレーダーチャートを図 6~8 に示す。これらのチャートは，ステータスに対応したコースの推奨科目の GP を，すべて 2 で得得した場合の例である。

\*10 ASEAN Credit Transfer System.

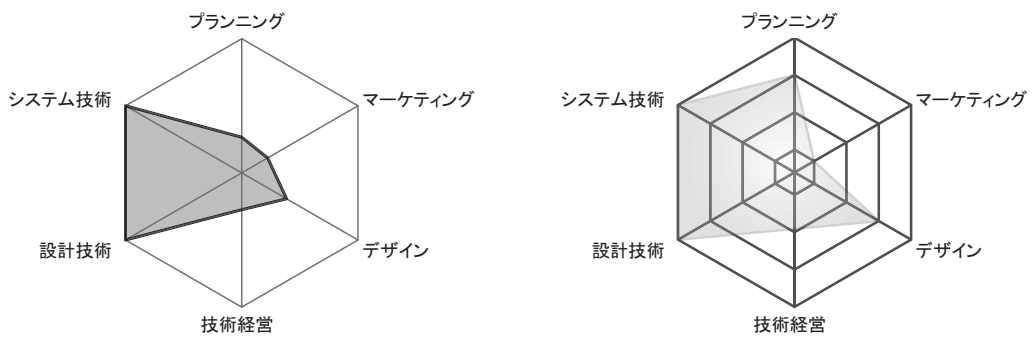
\*11 UMAP Credit Transfer Scheme.





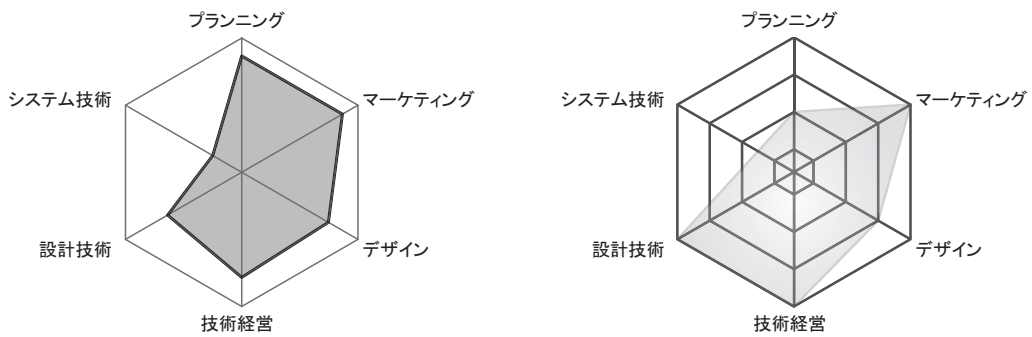
(a) 提案手法 3 (インダストリアルデザインコース) (b) 本学パンフレット (インダストリアルデザインコース)

図 6 ステータス 1 (デザイナーに代表される感性設計力を有するものづくりスペシャリスト)



(a) 提案手法 3 (システム統合・制御コース) (b) 本学パンフレット (システム統合・制御コース)

図 7 ステータス 2 (開発設計技術者に代表される機能設計力を有するものづくりスペシャリスト)



(a) 提案手法 3 (国際コース) (b) 本学パンフレット (国際コース)

図 8 ステータス 3 (感性と機能を統合して開発をプロデュースできるものづくりスペシャリスト)



## デザイン力を活用した港区芝商店会の変身への取り組み

鈴木 一彰<sup>1)</sup> 遠藤 伸<sup>1)</sup> 坂本 章太<sup>1)</sup> 山里 尚史<sup>1)</sup> 國澤 好衛<sup>1)</sup>Application of design engineering initiatives  
to transform The Minato City Shiba Shop Association.Kazuaki Suzuki<sup>1)</sup> Shin Endo<sup>1)</sup> Shouta Sakamoto<sup>1)</sup>Naohumi Yamasato<sup>1)</sup> Yoshie Kunisawa<sup>1)</sup>

## Abstract

The Minato City Shiba Shop Association transformation strategy program aims to raise the level of recognition and appeal of the shopping district. In conjunction with Minato City, Shiba Shop Association and Contractors, the following design developments were implemented:

- As a symbol of the shopping district greening the existing arch and sign pole were redesigned with a Shibazakura motif.
- Design development of menu boards and flags to unify the colors and style of the shopping district.

**Keywords:** Design Development, Project Based Learning, Shop Association, Arch Design, Prototyping Design

## 1 はじめに

2011 年度に港区がおこなった「港区商店街デザイン選手権」は、区内に集積するデザイン資源を地域活性化に活かす取り組みとして、区内デザイン関係者で構成されるチームが、区の商店街が抱えるさまざまな課題解決に関するアイデアを出して競い合った取り組みである。そして、港区芝商店会は、この「港区商店街デザイン選手権」での取り組みを契機に、地域の持つ機能と地域のデザイン資源を活用して、商店街を核にした地域形成を目指す「芝商店街変身協議会」を翌年発足し、港区および本学と協働し3年間におよぶ「芝商店街変身戦略プログラム」を策定した。

「芝商店街変身戦略プログラム」は、「テーマ」「コンセプト」および「活性化の5つの方向性」からなり、「テーマ」を、みんな集まりつながる商店街 SHIBA とし、「コンセプト」を 交流の場、憩いの場、安心・安全の場、独壇場の4つの場づくりとした。さらに、「活性化の5つの方向性」として、商店街の芝らしさの向上、安全・安心面の向上、商店街の空間的な魅力の向上、客層に応じたサービスの向上、地域との

交流機会の向上を定めた。図1はこの内容を表している。

そして、これらの「テーマ」「コンセプト」および「活性化の5つの方向性」にもとづいて、3年間におよぶ事業内容が計画された。

本プロジェクトは、上記「芝商店街変身戦略プログラム」で初年度の事業として計画された、商店街の「認知度や魅力の向上」のために芝商店会、港区、本学と協働して取り組んだ、「アーチ改修事業」「フラッグ整備事業」「デザイン活性化

## 芝商店街変身戦略プログラムについて

H24(2012) 芝商店街変身戦略プログラム策定	
芝商店街の活性化の方向性	テーマ
芝商店街らしさの向上	みんな集まりつながる商店街 SHIBA
安全・安心面の向上	コンセプト
客層に応じたサービスの向上	4つの場づくり
地域との交流機会の向上	①交流の場 ②憩いの場
商店街の空間的な魅力の向上	③安心安全の場 ④独壇場

図1 芝商店街変身戦略プログラムで決定された、「テーマ」「コンセプト」、および「活性化の5つの方向性」

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup>産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

化事業」に関わるデザイン開発を実施したものである。

「アーチ改修事業」においては、商店街の既設アーチとサインポールを、商店街の緑化のシンボルとして、葉と芝桜をモチーフにリデザインした。「フラッグ整備事業」においては、アーチのデザイン要素をアイコンとしてフラッグのデザインに用い、商店街の連続性と統一性を図った。「デザイン活性化事業」においては、お祭りでの問題解決として折りたたみ式のゴミ箱をデザインした。

本報は、2013年度の「芝商店会変身戦略プログラム」にもとづいておこなった「デザイン力を活用した港区芝商店会の変身への取り組み」について速報として概要をまとめたものである。

なお、本プロジェクトは産業技術大学院大学産業技術研究科創造技術専攻の正規カリキュラムであるPBL (Project Based Learning) 型授業として2013年度に実施されたものである。プロジェクトメンバーは、遠藤、坂本、鈴木、山里的の4名、指導教員は、國澤、村越、中島である。

## 2 本プロジェクトの目的

芝商店会变身戦略プログラムにおいて計画された事業は、「交流を促進するサービス事業」、「まちのシンボルと環境整備事業」および「地域資源とアイデアを生かした芝ブランド確立事業」に大別される。このうち「まちのシンボルと環境整備事業」は、商店街の認知度や魅力を高めていくために商店街内で実施するイベントやサービスの向上とともに、目に見える変化、とりわけ連続的、統一的な景観整備に取り組むことを目的にアーチ、フラッグ、フラワーポッド、イルミネーション、セール用の共通ワゴンなどのデザインが検討対象となっている。

そこで、本プロジェクトでは、その目的を、「芝商店会变身戦略プログラム」の初年度において実施する、「認知度や魅力の向上」のためにデザイン力を活用し芝商店街の変身への取り組みのためのデザイン開発とした。

## 3 本プロジェクトの成果

「芝商店会变身戦略プログラム」で計画されている事業のうち、「アーチ改修事業」「フラッグ整備事業」「デザイン活性化事業」の3事業は、商店街の「認知度と魅力の向上」のための初年度事業として位置づけられたものであるが、商店会との合意により、本プロジェクトにおいては、これらのデザイン開発に取り組むこととなった。

各事業の詳細は後述するが、プロジェクトチームは、デザイン開発において、とりわけ“表象となる「かたち」や「色」「材料」「光」「その属性（非言語）とその秩序の操作の問題”，所謂「かたちの操作」に重点をおき、綿密かつ詳細なデザインをおこなった。それにより、商店街の「認知度や魅力の向上」につながる象徴的なアイコンが誕生し、商店街の

連続的、統一的なイメージ形成に貢献できたと考えている。

## 4 アーチ改修事業

### 4.1 「アーチ改修事業」の概要

芝商店街の南北には、アーチが1基ずつ設置されているが、平成6年に設置されて以来、老朽化による改修が問題となっていた。このアーチには、商店会名が表示され、近隣小学校の校章から転用された錨をモチーフとしたオブジェがアーチの中央に吊り下げられていた。また、それらの錨のモチーフとは異なるステンドグラスをモチーフとした、サインポールが商店街の東西に合計で3基設置されていた。図2は、改修前のアーチおよびサインポールを示したものである。図3は、アーチおよびサインポールの商店街における配置を表したものである。本「アーチの改修事業」は、上記のアーチ2基とサインポール3基の改修をおこなう事業である。

この「アーチ改修事業」は、大別すると、(1)デザインコ

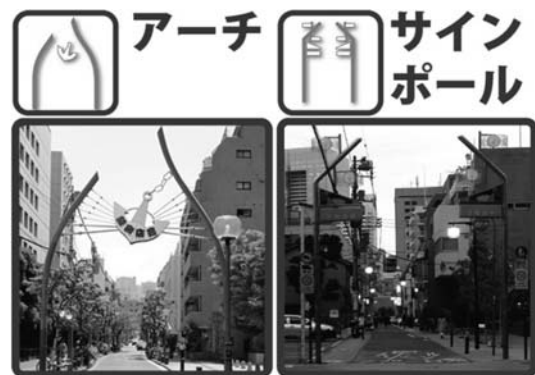


図2 商店街に設置されていた、改修前のアーチ（北側）およびサインポール（西側）

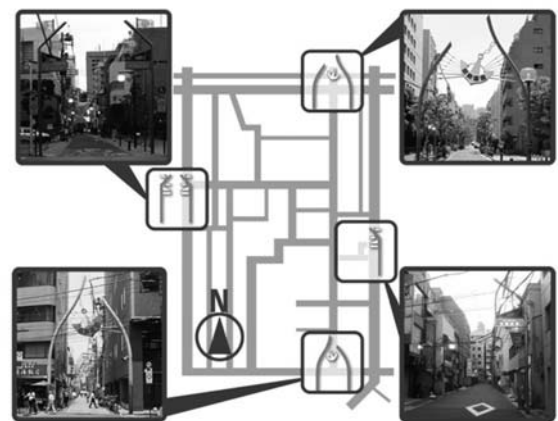


図3 アーチおよびサインポールの商店街の配置

ンセプトの設定と基本デザインおよび、(2)デザインリファイニングの2つのプロセスにより進められた。

デザインコンセプトは、事業主体者である商店会と協議を重ね、デザイン要件を設定した。併せてデザイン案を数案制作し基本案を決定した。次にデザインリファイニングでは、アーチデザインの基本案を商店街の「認知度や魅力の向上」の視点から見直すことと、施工上の制約を明らかにし、実現可能な実施案を確定することに取り組んだ。次項に具体的内容を記載する。

#### 4.2 アーチのデザインコンセプトの設定

プロジェクトチームは、芝商店会と港区とともに芝商店会変身協議会にメンバーとして参加し、アーチやサインポールに対する意見や要望を直接得ることができた。図4は、その変身協議会の様子である。また、2013年度実施された商店街の利用者からのアンケート調査の結果や、現地の調査により問題点・課題や特徴を把握することもできた。

商店会や利用者からの主要な要望や意見は、「商店街の境界・領域を分かりやすくしたい」、「夜間の照明を工夫して、際立たせたい」「夜間の視認性の悪さ」「統一感や商店街の境界を示すゲートとして不十分」などであった。現地の状況は、「東西南北のデザインが異なっている」、「景観に埋もれている」、「文字面のみが単調に発光している」といった問題点や課題があった。上記の要望や意見、問題点・課題をふまえ、改修のデザイン要件を、「地域のコンテキストを反映したデザイン」、「既存イメージを払拭した存在感のあるデザイン」、および「ライティング効果を高めるデザイン」とし、アーチ改修のデザインを具体化することとした。

また、現在設置されているアーチおよびサインポールの設計および施工をおこなった日本街路灯製造株式会社（以下、日本街路灯製造）の現況報告をもとに、アーチおよびサインポールの改修は、現在の支柱を残して改修することを条件とした。

次に、この設定したデザイン要件に基づいて具体的なデザインを検討することになるが、これは地域のコンテキストの理解と類似のアーチやモニュメントなどのデザインリファレンスの収集、さらにそれらの分析によるデザインキーワードやデザイン要素の抽出から始めることになる。図5は、X軸を和と洋、Y軸を単純（モダン）と複雑（クラシック）としたマトリクスに現存するアーチやモニュメントのデザインをマッピングしてアーチのデザインを分析したものである。その下の図6はデザイン要素抽出のために作成したデザインスケッチである。さらに、3DCADによるモデリングやレンダリングにもとづいて、基本デザイン案の検討をおこなった。これらを、プロジェクトチームで繰り返しおこない、デザイン要件を満たすアーチのデザインコンセプトと基本案を探索した。



図4 変身協議会の様子

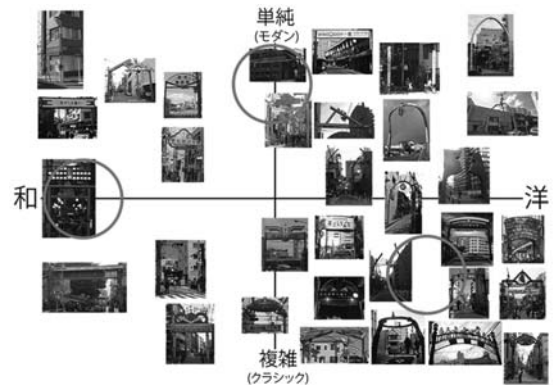


図5 アーチの事例のデザインマッピング

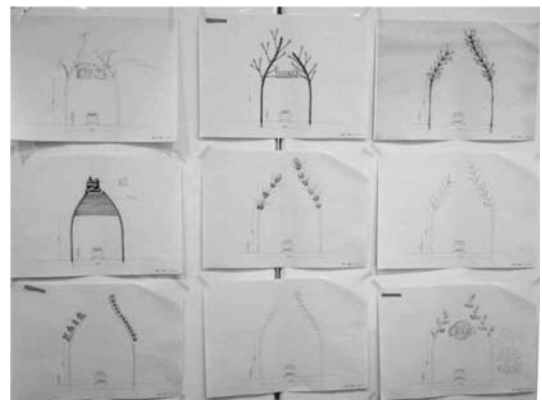


図6 スケッチによるデザイン検証



図7 原寸模型によるデザイン検証

### 4.3 アーチの基本デザイン

プロジェクトチームでは、アーチのデザインコンセプトを3案に絞り芝商店会へ提案した。図8は、芝商店街の周辺にIT企業が多数存在していることから、今までの商店街のイメージとは異なる、指輪と光のうずをモチーフにしたモダンでシンプルな案。図9は、芝周辺の江戸時代の風景や周辺に多い寺院のイメージから、唐破風と松の葉をモチーフにした和のイメージの案。そして、図10は、芝商店街の名称および、商店街のある地名の「芝」を「4葉(しば)」すなわち「4枚の葉」に置き換え、新しい芽吹きや商店街の変身のイメージを結びつけた、「四枚の葉と芝桜」の案。以上の3案をもとに協議会で議論を重ね、この中から、既に商店街として地域の緑化に取り組んでいることから、図11の植物をモチーフとした、「四つの葉と芝桜」の基本案をベースにデザインを検討していくことになった。

### 4.4 アーチのデザインリファイニング

プロジェクトチームは、アーチ改修事業のベースとなるデザイン基本案が「四枚の葉と芝桜」の案に決定したことを受けて、実施設計に向けたデザインリファイニングを実施した。

図11は、決定した基本デザインをリファイニングして製作したアーチの模型である。図10の基本案に比べディテールがかなり変更されていることが見てとれる。

その主な要点は、このリファイニングにおいて新たに3つのデザイン要素がデザインされ商店街を象徴するアイコンとして採用されたことである。図12にある、「葉」「芝桜」「芝の漢字」の3点である。

「葉」と「芝桜」のアイコンは、商店街の名称である「芝すなわち「4葉(しば)」を4枚の葉に置き換え、新しい芽吹きや商店街の変身のイメージを結びつけたものである。

「芝の漢字」のアイコンは、落語の演目である「芝浜」にも登場する、歴史ある地域のコンテキストに合わせ、伝統的な印章書体に用いられてきた篆書体をアレンジしデザインしている。これらのアイコンは、芝商店街の「認知度と魅力の向上」のためのビジュアルツールとして、他事業でのデザイン展開においても活用されるものとして、商店街の見える化を図る重要な要素となっている。

### 4.5 実施設計のためのリファイニング

実施設計にあたっては、既設アーチの支柱を残して改修することから、構造上の制約を踏まえて最終デザインを決定することが求められる。そこで、施工者に決まった日本街路灯と協同して詳細を検討した。特にアイコンのデザインモチーフである「葉」「芝桜」「芝の漢字」のオブジェは、重量や風のあたる面積等の制約があるため、3DCADによるモデリング・レンダリング・アニメーションや照明シミュレーションを用いて繰り返し検討をおこなった。その際3DCADデータをもとに、NC加工機や3Dプリンターで様々な縮尺での模型製作を試みた。「葉」のオブジェの模型による検討では、実

際の葉の葉脈、その抽象化をおこなうことで造形を進めていった。「葉」のオブジェの模型は、スチレンペーパーやスタyroフォームを削り50分の1から30分の1、そして5分

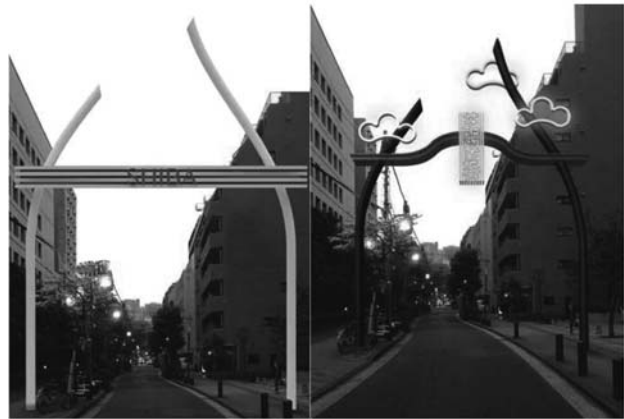


図8 アーチコンセプト案  
(シンプルモダン)

図9 アーチコンセプト案  
(和)



図10 アーチコンセプト案  
「四枚の葉と芝桜」

図11 アーチのデザイン  
リファイニングした  
模型



「しばざくら」のアイコン 「四枚の葉」のアイコン 篆書体の「芝の漢字」のアイコン

図12 芝商店街の新しいアイコン  
「葉」「芝桜」「芝の漢字」

の1から原寸へとスケールアップして試作した。図13はその模様である。「芝桜」や「芝の漢字」のオブジェは、3DCADによるモデリングやNC加工機、3Dプリンターを用いて様々な縮尺で製作しデザインを検討した、特に、照明の効果や自然光のもとでの陰影の見え方については、3DCAD上の照明シミュレーションや原寸模型に実際に使用される照明をあてて詳細な検討を繰り返した。ポスターに使用した芝桜の、エッジのフィレット加工や、奥行き方向の湾曲化はその成果で、照明効果を高めることに役立った。芝の漢字のサインも同様に、エッジのフィレット加工で、陰影を強調し、ライティング時や、自然光のもとでの視認性を高めることができた。図14は、その模様である。

さらに、検討過程で、これら「葉」「芝桜」「芝の漢字」のオブジェの製造方法や素材が決定されたことをうけて、デザインの最適化をおこなった。

これらの工程は、手加工によるデザイン試作と3Dによるデジタルプロトタイピングの双方の特性を活かしたものとなった。



図13 アーチに設置した葉のオブジェのプロトタイピングによるデザインリファイニングの様子

#### 4.6 アーチ改修事業（サインポール）

サインポールは、前述したとおりスタンドグラスをモチーフにしたものが、商店街の東西に合計で3基設置されていた。これらを、「葉」のオブジェと「芝の漢字」の行灯をもちい、



芝桜型ポスター SCALE 1:1



サイン看板 SCALE 1:5

図14 アーチに設置した芝の漢字のサインや芝桜のポスターのプロトタイピングでのデザインリファイニングの様子

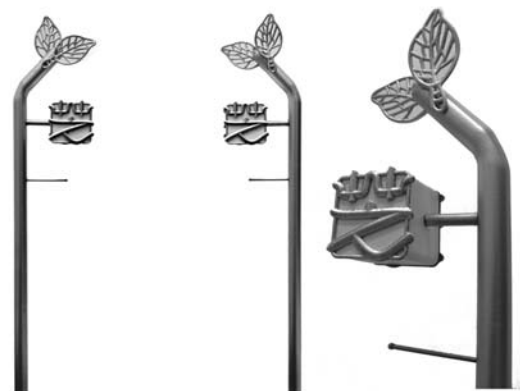


図15 サインポールのプロトタイプ

アーチのデザインと統一させることにより、これまでの問題点であった、商店街の境界の不明解さを解消した。図 15 は、サインポールのデザインをプロトタイピングによる検証時に制作した模型である。

### 5 フラッグ整備事業

「フラッグ整備事業」は、商店街の主な通りの左右に設置された街灯に掲出されるフラッグのデザインを見直し、新たなフラッグに掛け替える取り組みである。ここでは、既にアーチのデザインでコンセンサスがとれている 3 つのデザイン要素「葉」「芝桜」「芝の漢字」を利用していくつかのデザイン案を提案した。図 16 は、芝桜のモチーフを使用し、商店街にたくさんの桜並木をイメージした案。図 17 は、緑化事業をイメージした案。図 18 は、葉っぱ、芝桜のモチー



図 16 桜並木をイメージした案      図 17 緑化をイメージした案



図 18 「芝桜」や「葉」「芝」の新しいアイコンのモチーフが強調された彩をもたせた案

フを用いて、四季折々の色で彩りをもたせた案である。これらの中から大きく配置したモチーフが目立ち、芝商店街の名前が伝わりやすいとして、図 18 の葉っぱ、芝桜のモチーフを用いた案が選定された。

### 6 デザイン活性化事業

「デザイン活性化事業」は、アーチやフラッグといった具体的なデザインの対象は定まっていないが、何かデザイン力を活用して商店街の問題を解決できるものはないかと設けられた事業である。この事業においても他の事業と同様、解決すべき課題を明らかにするために、協議会で要望や意見を収集するとともに現地での調査や観察を重ねてデザイン要件を定め、それに沿ってデザインリファレンスの収集やプロトタイピングを繰り返しデザインに取り組んでいった。

プロジェクトチームは、商店街で年に一度行われる芝祭りにスタッフとして参加したが、この活動も商店街の課題を解決するための重要な視点をみつけることにつながった。この芝祭りは、一日目と二日目で内容が一変するイベントになっ

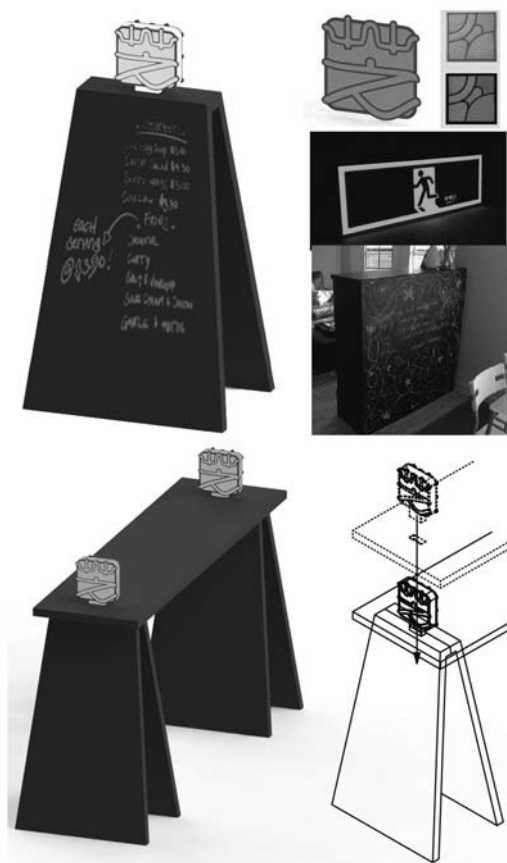


図 19 メニューボードのデザイン案



ているが、二日間の祭りに共通するのは、商店街の飲食店が  
 広場で飲食物を販売する点である。商店会からは、この飲食物  
 の販売の際に使用する机を買い替えたいといったことや、  
 お祭りの際のゴミの処理をスマートにできないか、あるいは  
 お祭りのようなイベントでも商店街の統一感を出して、賑わ  
 いを演出したいといったことなどがあがった。

そこで、これらの要望をふまえ、普段は店先のメニュー  
 ボードとして使用するが、祭りや催事等のイベント時におい  
 ては、このメニューボードを持ち寄り二つ一組で机として使  
 用できる什器を提案した。メニューボードの上部には、蓄光  
 材でできた芝のロゴマークがついていて、暗くなると発光す  
 るようになっている。図 19 は、このメニューボードのデザ  
 インである。

一方、図 20 にあるようにイベントで発生するごみの処理  
 が問題となっていることから、その解決案として、「ごみの  
 分別がしやすい」、「折りたためて収納が容易」なイベント時  
 に使用のごみ箱のデザイン案を提案した。これは、ごみ箱  
 自体は既製品であるが、上部にオリジナルデザインの分別用  
 の蓋を新たに用意したものである。このごみ箱のデザインに  
 おいても、「芝の漢字」のアイコンをあしらうことで、イベ  
 ント時の多数の参加者が、他の事業との連続性を意識でき  
 るものとしている。



図 20 商店会のイベント時のゴミ箱の様子

図 21 は、このごみ箱のデザインである。ポリプロピレン  
 でできた段ボールシート「プラダン」製の上面に穴があけら  
 れた蓋に、もやせるごみ、プラスチック、ペットボトル、お  
 よびカンの 4 種類の分別ができるよう、分別するごみのシン  
 ボルが印刷表記されている。蓋および既製品の下部のかごは、  
 いずれも取り外し、折りたたむことができ、水洗いが可能で  
 ある。

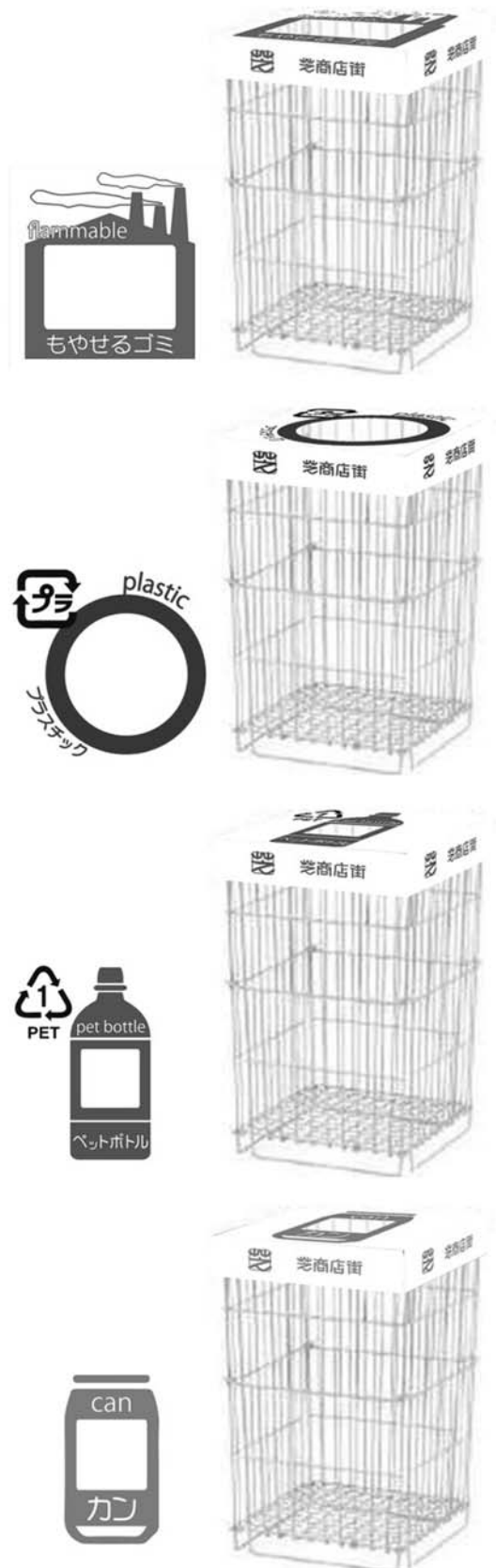


図 21 ゴミ箱のデザイン

## 7 おわりに

「アーチ改修事業」として実施したアーチおよびサインポールの改修は、図 22 および図 23 にあるように無事完了した。おなじく「フラッグ整備事業」における新たなフラッグも掲出され、また「デザイン活性化事業」で製作したごみ箱も納品され、2014年3月に全ての事業を完了することができた。

港区や芝商店会など多数のステークホルダーと連携した難しいプロジェクトであったが、予定期間内に一定の成果を上げることが出来た背景には、やはり、月に一度、商店会、港区、周辺事業者と私達で行われる協議会へ参加し、意見を交わし、頻繁に芝商店街に通い様々なフィールドワークを行い、協議会やフィールドワークを通して得られた知見から、デザインコンセプトを創出し、そのコンセプトをもとに、様々なデザインのアイデアをプロトタイピングし、現地での検討を繰り返し、デザインの完成度を高めたこと、さらには検討したデザインをその都度協議会にて議論するといった地道なプロセスを丹念に繰り返したことがあったと思う。まさに、商店会の方々とのコミュニケーションと、プロトタイピングの重要性を実感できたプロジェクトであった。

本プロジェクト完了後、商店会のチラシのなかに本プロジェクトでデザインしたアイコンが使用されていたのが目に飛び込んできた。創り出したデザイン要素が商店会や地域で気軽に利用され、定着することによって、商店街の認知度や魅力が持続的に向上していく。本プロジェクトでデザインしたアイコンが気軽に利用され始めており、些細なことではあったが大変感慨深いできごとであった。

最後に、今回のプロジェクトを推進するにあたり、多くの方のご協力を頂くことができた。結びにあたり、ご協力いただいた芝商店会、港区、日本街路灯製造株式会社のみなさま、デザインやプロトタイプ製作にご協力いただいた企業、ヒアリングにご協力いただいた企業や商店街の地域のみなさまに、この場をお借りしてお礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] Klaus Krippendorff (原著), 國澤好衛 (共訳), 意味論的転回 デザインの新しい基礎理論 (the semantic turn:a new foundation of design) 2006.
- [2] 國澤好衛. 都市型中小企業のためのデザイン開発をテーマにした PBL の取り組み. 産業技術大学院大学紀要第 7 号. 2013. 12.



図 22 改修後のアーチ (北側)



図 23 改修後のサインポール (西側)

## 中国人理工系学生の学習習慣と教育志向性に関する調査

陳 俊甫<sup>1)</sup> 村越 英樹<sup>1)</sup> 橋本 洋志<sup>1)</sup> 余 錦華<sup>2)</sup>

# A Survey on Learning Styles and Educational Intention of Science and Engineering Students in China

Junfu Chen<sup>1)</sup> Hideki Murakoshi<sup>1)</sup> Hiroshi Hashimoto<sup>1)</sup> Jinhua She<sup>2)</sup>

### Abstract

In order to design the educational contents for international students, it is very important to know the differences of learning styles and educational intention caused by the cultural background of the student. In this study, we conduct a questionnaire survey of learning styles and educational intention for Chinese science and engineering students. This paper is the first report of the survey.

**Keywords:** learning styles, educational intention, e-Learning, Chinese science and engineering students

## 1 はじめに

グローバル化社会が浸透するなか、日本政府は 2008 年 6 月に新たな「留学生 30 万人計画」を発表し、国家戦略として優秀な人材の獲得による国際的な頭脳獲得競争を強化する考えを明らかにした[1]。この新計画のもと、留学生の獲得に関する行政機関のサポートはともかく、留学生の受け入れ先である大学側にも、よりいっそう留学生教育の質保証が求められることになる。

他方、日本学生支援機構の調査によると、2013 年 5 月 1 日時点の来日した留学生の総数は 135,519 人であった。出身国と地域別で見ると、上位 5 カ国と地域は、中国、韓国、ベトナム、台湾、ネパールの順となっている。その中で、とりわけ中国出身の留学生数は 8 万人を超え、来日留学生総数の約 60.4%を占めている[2]。また、留学生のおよそ 8 割近くは、短大、大学、大学院などの高等教育機関に在籍しており、理工系（理学、工学、農学）は、社会科学、人文科学に次ぐ人気の専攻分野であることが明らかになった。

このような実情から、中国人理工系学生の学習習慣と教育への期待（教育志向性）を理解することは、現今の日本高等教育の現場における留学生教育のニーズに応え、留学生教育の環境改善と質の向上に資する知見の提供が期待できると考えられる。

本稿では、科学研究費助成金の支援を受けた「実時間模倣型アバターを用いた身体表現・動作論と国別遠隔教育への適用」に関する研究（課題番号：24650097）の一環として実施された、中国人理工系学生の学習習慣と教育志向性に関する調査の結果を報告する。

## 2 調査の概要

### 2.1 調査対象

本調査は、中国の中南大学と華東理工大学の理工系学生を対象に実施された。両大学を調査対象として選んだのは、調査対象を一つの大学ではなく、二大学にした方が、回答結果に基づく大学間の比較および回答者出身地域間の比較が可能となるからである。また、われわれの調査結果は、地域文化的な要素に影響されるものか、それとも大学間の教育スタイルによるものかという曖昧さを回避し、調査結果のもつ普遍性に近づけることができるからである。

無論、中国の大学における調査実施の可能性、つまり調査の承諾と協力が得られることも、両大学を調査対象として選定した理由のひとつでもある。

### 2.2 質問票設計

調査用質問票を作成するに当たり、われわれは次の手続きを踏んだ。

- (1) 理工系のバックグラウンドを有する中国人留学生に対する聞き取りを実施し、調査項目の特定と抽出を行った。日本と中国でそれぞれ受けた理工系教育の相違について、計 3 名の回答者への聞き取りの結果、「教科書の使用」、「学習内容の範囲」、「授業中の学生の主体性」など、幾つかの差異が浮き

Received on 2014-10-03

- 1) 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology
- 2) 東京工科大学  
Tokyo University of Technology

彫りにされた。

- (2) 回答者に対する聞き取りの結果から浮上した日中間の差異をもとに、調査質問票を作成し、同じく理工学部出身の中国人留学生に対するパイロット調査を行った。調査の主要目的は、回答の所要時間、質問表現の適切さ、および漏れた質問項目の有無を確認するためであった。
- (3) 4名の回答者を対象とするパイロット調査の結果を参考に質問票を再度修正し、質問項目の追加を行った後、理工系教育に携わる日本人と中国人の専門家2名に最終チェックを依頼し、再修正を行った上、調査用質問票を完成させた。

その結果、中国人理工系学生がもつ理工系教育への期待(教育志向性)と学生自身の学習習慣に関わる33項目をまとめた(付録1を参照)。これらの項目は、主に下記4つのカテゴリに関するものである。

- (1) 授業の進め方
- (2) 教員の教育スタイル
- (3) 学習習慣
- (4) eラーニング

また、調査質問票の尺度については、尺度を奇数(5点評価、ないしは7点評価)にすると、回答者は安易に真ん中の尺度を選ぶということを考慮し、以下のような6点尺度を採用した[3]。

- (1) とても思わない
- (2) 思わない
- (3) やや思わない
- (4) やや思う
- (5) 思う
- (6) とても思う

### 2.3 分析方法

本調査の目的は、中国人理工系学生の学習習慣と教育志向性を把握し、その傾向と特徴を理解することにあつた。この目的を達成するために、われわれは下記のような分析方法を採用した。

ひとつは、調査結果から中国人理工系学生の学習習慣と教育志向に関する傾向と特徴を割り出すために、分析方法として探索的因子分析を行った。分析は、最尤法とプロマックス回転を用いたが、因子数の推定は固有値2以上、スクリープロットおよび解釈の可能性を重視した。また、分析の過程において、はじめに統計量に天井効果と疑われる項目を削除し、因子パターン値を0.40以上のものとした。

もうひとつは、本研究の分析結果がもつ普遍性を確保するにあたり、研究対象である両大学間における差異の有無に関し検証を行った。両大学から収集したデータの正規性を確認したところ、データの正規分布が観測されなかったため、ノンパラメトリック手法を採用し、マンホイットニーのU検

表1 サンプル構成

	大学		合計
	中南大学	華東理工大学	
性別			
男性	126	63	189
女性	41	26	67
年齢			
≤ 20	58	1	59
21-29	108	86	194
≥ 30	-	2	2
学年			
B1	64	1	65
B3	84	2	86
B4	-	2	2
M1	5	10	15
M2	13	54	67
M3	1	2	3
D1	-	5	5
D2	-	7	7
D3	-	5	5
その他	-	1	1

定による差異の検定を行った。

さらに、学生の教育に対する認識、あるいは抱く教育の理想像は、学生のデモグラフィデータの相違に影響されることも考えられる。例えば、性別による認識の違いや学年別による認識の差異、さらには学生の出身地域による違いなどである。デモグラフィデータと回答結果との関連性を検証するために、われわれは $\chi^2$ 検定を行い、差異が生じるかどうかを確認した。但し、 $\chi^2$ 検定が円滑に実施されるために、学年の内訳を学部生(B1~B4)と大学院生(M1以上)に、出身地域の内訳を北方地域出身(黒龍江, 北京, 山西, 陝西, 新疆など)と南方地域出身(上海, 安徽, 湖南, 雲南, 貴州など)にと、それぞれ再グループ化した。

以下では、調査結果を、3.1 回収されたサンプルの構成、3.2 記述統計に見る学習習慣の全体的な傾向、3.3 調査対象である両大学の間における差異の有無、3.4 学習習慣と教育志向に関する特徴の抽出、という順に報告する。

## 3 調査の結果と分析

### 3.1 サンプル

本調査は、2013年12月6日から10日の期間中に、中国の中南大学と華東理工大学で実施された。質問票300部を配布し、256部の有効回答を回収した。回収率は85%である。回答者の出身地域は、中国東北地域の黒竜江省から西南地域の雲南省にかけて計28の都市をカバーしている。主なサンプル構成(デモグラフィデータ)は、表1に示す。

回答者の男女比率は、男性73.8%、女性26.2%である。年齢分布については、20代は最も多く75.8%を占めており、10代後半と30代前半は、それぞれ23%と0.8%を占めているという状況であった。

また、回答者は学部2年(B2)を除き、すべての学年を網羅しているが、回答者が最も集中している学年は、学部3

表 2 学習習慣の全体的な傾向 (記述統計)

	最頻値	最小値	最大値	平均値	標準偏差
<b>授業の進め方について</b>					
授業中の教員と学生の討論は学習効果を高める	5.00	2.00	6.00	5.016	0.802
授業中に教科書と関係ない知識を適宜言及すべきである	5.00	1.00	6.00	4.781	0.990
授業内容は基礎体系を中心に展開する	5.00	1.00	6.00	4.574	0.917
授業中に学生の議論時間を設けることは学習効果を高める	5.00	1.00	6.00	4.522	0.998
授業中に知識教授と学生議論の両方を取入れるのは知識取得に有利である	5.00	1.00	6.00	4.490	0.896
統一教科書の使用は学習効果と知識取得に有益である	5.00	1.00	6.00	4.367	1.217
授業中にトピックの解説が詳しくれば知識の取得に有利である	4.00	2.00	6.00	4.353	1.043
授業内容は教科書のわかりづらい部分を中心に展開する	4.00	1.00	6.00	4.090	1.244
<b>教員の教育スタイルについて</b>					
教員が友人のような口調で授業を行うことは学習意欲を高める	6.00	1.00	6.00	5.086	0.950
図解や写真の多用は知識取得に有利である	5.00	1.00	6.00	4.992	0.970
教員の明確なジェスチャーは学習効果の向上につながる	5.00	1.00	6.00	4.727	0.851
授業内容は国内外の研究動向を中心に展開する	4.00	1.00	6.00	4.106	1.223
授業中の教員のきちんとした服装は学習意欲の向上につながる	4.00	1.00	6.00	4.000	1.132
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効率を高める	4.00	1.00	6.00	3.802	1.192
教員の過度なカジュアル服装は学習意欲を損なう	4.00	1.00	6.00	3.601	1.262
<b>学習習慣について</b>					
自分の言葉で整理しメモをとるのは学習効果を高める	5.00	1.00	6.00	5.043	0.938
教育スタイルの多様化は学習意欲を高める	5.00	2.00	6.00	4.977	0.898
学生の主体的な課題解決は学習効果と知識取得に有益である	5.00	3.00	6.00	4.953	0.834
課題の模範解答を示すのは学習効率の向上につながる	5.00	2.00	6.00	4.855	0.822
学習要点と試験ポイントの明示は学習効率の向上と知識取得率につながる	5.00	1.00	6.00	4.684	1.137
授業内容を文字情報だけで表現するのは学習効果を高める	4.00	2.00	6.00	4.291	1.007
学習内容のマニュアル化と統一化は学習意欲を高める	4.00	1.00	6.00	3.965	1.057
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効果向上と知識取得に有益である	4.00	1.00	6.00	3.731	1.218
板書の内容を忠実に記録することは学習に効果である	3.00	1.00	6.00	3.309	1.231
指定教科書の内容だけの教授は良い	2.00	1.00	6.00	2.800	1.216
<b>e ラーニング</b>					
常に教員の姿と行動を e ラーニング画面に表示するのは学習効果を高める	4.00	1.00	6.00	4.465	1.017
授業を補助する e ラーニングは学習効果を高める	4.00	1.00	6.00	4.251	1.090
常に板書を e ラーニング画面に表示するのは学生の学習に有利である	4.00	1.00	6.00	4.231	0.973
アバターを用いた e ラーニングは学習効果を高める	4.00	1.00	6.00	3.746	1.138
アバターを用いた e ラーニングは学習効率を高める	4.00	1.00	6.00	3.694	1.177
アバターを用いた e ラーニングは学習意欲を向上につながる	4.00	1.00	6.00	3.677	1.247
e ラーニングによる授業の代替は学習効率を高める	3.00	1.00	6.00	3.273	1.175
e ラーニングでの学習は学習効果に影響しない	3.00	1.00	6.00	3.129	1.243

年 (B3) 33.6%, 博士課程前期 2 年 (M2) 26.2%, 学部 1 年 (B1) 25.4%の順となっている。

### 3.2 学習習慣の全体的な傾向 (記述統計)

表 2 は、調査結果の記述統計である。表 2 を見ると、中国人理工系学生の学習習慣と教育志向性に関し、次のような傾向が明らかになった。

- ・ **授業の進め方**：授業の進め方に関し、中国人理工系学生は、「授業中の教員と学生の討論は学習効果を高める」と認識し、最も重要視していることがわかった (最頻

値=5.00, 平均値=5.016, 標準偏差=0.802)。

次に、授業中の学習内容に関し、全体として教科書に限定した授業内容に最も不満を持ち、貪欲的に知識を吸収したがる傍ら、関連知識の基礎を固め、より体系的に知識を吸収したがるという期待を抱いていることも明らかになった。

例えば、「指定教科書の内容だけの教授は良い (最頻値=2.00, 平均値=2.800, 標準偏差=1.216)」、「教科書と関係のない知識を適宜言及すべきである (最頻値=5.00, 平均値=4.781, 標準偏差=0.990)」、「授業内

表3 調査結果に見る両大学の差異（マンホイットニーのU検定の結果）

	中南大学		華東理工大学		p
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
統一教科書の使用は学習効果と知識取得に有益である	4.419	1.189	4.270	1.269	0.425
指定教科書の内容だけの教授は良い	2.682	1.152	3.023	1.305	0.061
授業内容は基礎体系を中心に展開する	4.509	0.950	4.697	0.845	0.131
eラーニングでの学習は学習効果に影響しない	3.036	1.260	3.303	1.200	0.061
アバターを用いたeラーニングは学習意欲を向上につながる	3.588	1.254	3.843	1.224	0.050
授業内容は国内外の研究動向を中心に展開する	3.958	1.184	4.386	1.254	<b>0.002</b>
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効率を高める	3.763	1.125	3.875	1.311	0.549
図解や写真の多用は知識取得に有利である	5.048	0.924	4.888	1.049	0.261
自分の言葉で整理しメモをとるのは学習効果を高める	5.066	0.989	5.000	0.839	0.283
教員が友人のような口調で授業を行うことは学習意欲を高める	5.042	1.008	5.169	0.829	0.508
常に教員の姿と行動をeラーニング画面に表示するのは学習効果を高める	4.371	1.050	4.640	0.932	<b>0.041</b>
教員の明確なジェスチャーは学習効果の向上につながる	4.743	0.878	4.697	0.803	0.723
授業中の教員と学生の討論は学習効果を高める	5.030	0.867	4.989	0.666	0.343
学生の主体的な課題解決は学習効果と知識取得に有益である	4.952	0.842	4.955	0.824	0.985
教員の過度なカジュアル服装は学習意欲を損なう	3.602	1.260	3.602	1.273	0.722
eラーニングによる授業の代替は学習効率を高める	3.213	1.139	3.382	1.239	0.367
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効果向上と知識取得に有益である	3.725	1.170	3.742	1.310	0.875
授業中に学生の議論時間を設けることは学習効果を高める	4.473	1.033	4.614	0.928	0.325
授業中に知識教授と学生の議論の両方を取入れるのは知識取得に有利である	4.500	0.913	4.472	0.867	0.953
課題の模範解答を示すのは学習効率の向上につながる	4.892	0.824	4.787	0.818	0.407
教育スタイルの多様化は学習意欲を高める	5.060	0.834	4.820	0.995	0.091
アバターを用いたeラーニングは学習効率を高める	3.611	1.129	3.852	1.255	<b>0.028</b>
授業中の教員のきちんとした服装は学習意欲の向上につながる	4.030	1.120	3.943	1.158	0.759
授業内容を文字情報だけで表現するのは学習効果を高める	4.224	0.990	4.416	1.031	0.140
授業内容は教科書のわかりづらい部分を中心に展開する	4.138	1.232	4.000	1.270	0.473
学習要点と試験ポイントの明示は学習効率の向上と知識取得率につながる	4.802	1.110	4.461	1.159	<b>0.026</b>
授業を補助するeラーニングは学習効果を高める	4.211	1.072	4.326	1.126	0.208
板書の内容を忠実に記録することは学習に効果である	3.431	1.239	3.079	1.189	0.076
学習内容のマニュアル化と統一化は学習意欲を高める	3.952	0.981	3.989	1.192	0.364
アバターを用いたeラーニングは学習効果を高める	3.677	1.115	3.876	1.176	0.095
授業中にトピックの解説が詳しければ知識の取得に有利である	4.350	1.038	4.360	1.058	0.830
常に板書をeラーニング画面に表示することは学生の学習に有利である	4.180	0.971	4.326	0.974	0.219
授業中に教科書と関係ない知識を適宜言及すべきである	4.856	0.933	4.640	1.079	0.176

※1: =中南大学の得点が高いことを示す。 ※2:  $p < 0.05$

容は基礎体系を中心に展開する（最頻値=5.00，平均値=4.574，標準偏差=0.917）」である。

他方、パイロット調査で得られた「統一教科書の使用（最頻値=5.00，平均値=4.367，標準偏差=1.217）」について、総じて重要視されているものの、必ずしも最重要視される項目ではない意向が窺える。

- ・ **教員の教育スタイル**：どのような教育スタイルが好まれるかを尋ねたところ、「教員は友人のような口調で授業を行うことは学習意欲を高める（最頻値=6.00，平均値=5.086，標準偏差=0.950）」と考える学生が最も多いことがわかった。

また、知識教授のなかで、「図解や写真の多用（最頻値=6.00，平均値=4.992，標準偏差=0.970）」、「教員の明確なジェスチャー（最頻値=6.00，平均値=4.727，標

準偏差=0.851）」は、知識の取得と学習効果に有益と期待していることが見受けられた。

逆に、授業中の教員の着装について、学生はそれほど高い関心を持っていないことも明らかになった。

- ・ **学習習慣**：学生自身の学習習慣に関する設問の結果を見ると、一方で学生は自分自身による主体的・自律的な学習を重んじる傾向が見受けられたが、他方では、課題の模範解答や試験ポイントの明示を求めるという受け身的な学習姿勢をも垣間見ることができた。

例えば、主体的な学習に関する意見として、「自分の言葉で整理しメモをとるのは学習効果を高める（最頻値=5.00，平均値=5.043，標準偏差=0.938）」、「学生の主体的な課題解決は学習効果と知識取得に有益である（最頻値=5.00，平均値=4.953，標準偏差=0.834）」が挙

表4 性別, 学年, 出身地域による影響 ( $\chi^2$ 検定の結果)

	性別			学年			出身地域		
	$\chi^2$	df	p	$\chi^2$ 値	df	p	$\chi^2$ 値	df	p
統一教科書の使用は学習効果と知識取得に有益である	1.121	1		3.659	1		0.397	1	
指定教科書の内容だけの教授は良い	4.065	1	*	0.057	1		2.680	1	
授業内容は基礎体系を中心に展開する	0.397	1		1.682	1		0.646	1	
eラーニングでの学習は学習効果に影響しない	3.902	1	*	0.643	1		0.547	1	
アバターを用いたeラーニングは学習意欲を向上につなげる	1.962	1		3.103	1		1.969	1	
授業内容は国内外の研究動向を中心に展開する	2.603	1		1.617	1		5.377	1	*
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効率を高める	0.064	1		1.745	1		0.039	1	
図解や写真の多用は知識取得に有利である	0.825	1		2.585	1		1.554	1	
自分の言葉で整理しメモをとるのは学習効果を高める	4.855	1	*	0.018	1		0.000	1	
教員が友人のような口調で授業を行うことは学習意欲を高める	0.314	1		2.713	1		0.624	1	
常に教員の姿と行動をeラーニング画面に表示するのは学習効果を高める	0.775	1		1.013	1		0.658	1	
教員の明確なジェスチャーは学習効果の向上につなげる	0.380	1		0.979	1		1.170	1	
授業中の教員と学生の討論は学習効果を高める	1.409	1		0.453	1		1.326	1	
学生の主体的な課題解決は学習効果と知識取得に有益である	0.205	1		1.772	1		1.326	1	
教員の過度なカジュアル服装は学習意欲を損なう	0.552	1		0.165	1		0.125	1	
eラーニングによる授業の代替は学習効率を高める	6.117	1		0.256	1		0.348	1	
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効果向上と知識取得に有益である	0.000	1		1.041	1		0.001	1	
授業中に学生の議論時間を設けることは学習効果を高める	0.510	1		0.170	1		2.969	1	
授業中に知識教授と学生の議論の両方を取入れるのは知識取得に有利である	0.031	1		0.171	1		0.244	1	
課題の模範解答を示すのは学習効率の向上につなげる	1.012	1		0.399	1		0.560	1	
教育スタイルの多様化は学習意欲を高める	0.012	1		3.519	1		0.143	1	
アバターを用いたeラーニングは学習効率を高める	1.255	1		0.526	1		0.228	1	
授業中の教員のきちんとした服装は学習意欲の向上につなげる	0.479	1		0.654	1		0.113	1	
授業内容を文字情報だけで表現するのは学習効果を高める	0.030	1		2.192	1		0.190	1	
授業内容は教科書のわかりづらい部分を中心に展開する	2.849	1		0.076	1		0.372	1	
学習要点と試験ポイントの明示は学習効率の向上と知識取得率につながる	1.112	1		2.741	1		1.129	1	
授業を補助するeラーニングは学習効果を高める	1.338	1		1.149	1		3.203	1	
板書の内容を忠実に記録することは学習に効果的である	1.012	1		1.848	1		0.055	1	
学習内容のマニュアル化と統一化は学習意欲を高める	0.549	1		0.261	1		0.051	1	
アバターを用いたeラーニングは学習効果を高める	1.245	1		0.104	1		0.112	1	
授業中にトピックの解説が詳しければ知識の取得に有利である	1.324	1		2.152	1		1.197	1	
常に板書をeラーニング画面に表示するのは学生の学習に有利である	0.107	1		0.081	1		0.102	1	
授業中に教科書と関係ない知識を適宜言及すべきである	4.557	1	*	0.695	1		0.018	1	

※  $p < 0.05$ , 有意確率 (両側)

げられ、受け身的な学習姿勢として、「課題の模範解答を示すのは学習効率の向上につながる (最頻値=5.00, 平均値=4.855, 標準偏差=0.822)」, 「学習要点と試験ポイントの明示は学習効率の向上と知識取得率につながる (最頻値=5.00, 平均値=4.855, 標準偏差=0.822)」と挙げられる。

また、教員の板書を忠実に記録することは、必ずしも良い学習習慣と認識されていないことも明らかになった。例えば、「教員の板書の内容を忠実に記録することは学習に効果的である (最頻値=3.00, 平均値=3.309, 標準偏差=1.231)」, である。

- eラーニング: eラーニングを利用した学習に関し、eラーニングは対面授業の代替ではなく、それを補助する役割を果たすと認識していることがわかった。特に対面授業で体験する学習雰囲気やeラーニングシステ

ムに反映できることが最も期待していることが明らかになった。

例えば、「常に教員の姿と行動をeラーニング画面に表示するのは学習効果を高める (最頻値=4.00, 平均値=4.465, 標準偏差=1.017)」, 「常に教員の板書をeラーニング画面に表示することは学生の学習に有利である (最頻値=4.00, 平均値=4.251, 標準偏差=0.973)」, 「授業を補助するeラーニングは学習効果を高める (最頻値=4.00, 平均値=4.231, 標準偏差=1.090)」, 「eラーニングによる授業の代替は学習効率を高める (最頻値=3.00, 平均値=3.273, 標準偏差=1.175)」, である。

### 3.3 大学間の差異 (U検定の結果)

表3は、マンホイットニーのU検定による両大学間の理工系教育の差異の有無を検定した結果である。表3の各項目を見る限り、両大学間に差異が存在するように見受けられ

表 5 学習習慣と教育志向 (因子分析の結果)

	因子		
	1	2	3
<b>第 1 因子 (<math>\alpha=0.802</math>)</b>			
教員の明確なジェスチャーは学習効果の向上につながる	<b>0.727</b>	0.127	0.191
授業中の教員と学生の討論は学習効果を高める	<b>0.622</b>	0.032	0.052
学生の主体的な課題解決は学習効果と知識取得に有益である	<b>0.619</b>	0.106	0.030
課題の模範解答を示すのは学習効率の向上につながる	<b>0.579</b>	0.126	0.379
教育スタイルの多様化は学習意欲を高める	<b>0.531</b>	0.033	0.157
授業中に教科書と関係ない知識を適宜言及すべきである	<b>0.522</b>	0.232	0.118
授業中に知識教授と学生の議論の両方を取入れるのは知識取得に有利である	<b>0.510</b>	0.125	0.138
授業内容に関連する図解や写真の多用は知識取得に有利である	<b>0.488</b>	0.096	0.100
自分の言葉で整理しメモをとるのは学習効果を高める	<b>0.485</b>	-0.225	0.114
授業中に学生の議論時間を設けることは学習効果を高める	<b>0.414</b>	0.168	-0.022
<b>第 2 因子 (<math>\alpha=0.851</math>)</b>			
アバターを用いた e ラーニングは学習効率を高める	0.174	<b>0.820</b>	0.227
アバターを用いた e ラーニングは学習効果を高める	0.229	<b>0.760</b>	0.221
アバターを用いた e ラーニングは学習意欲の向上につながる	0.134	<b>0.752</b>	0.181
e ラーニングによる授業の代替は学習効率を高める	-0.039	<b>0.674</b>	0.287
e ラーニングでの学習は学習効果に影響しない	0.012	<b>0.650</b>	0.183
授業を補助する e ラーニングは学習効果を高める	0.230	<b>0.538</b>	0.226
<b>第 3 因子 (<math>\alpha=0.751</math>)</b>			
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効率を高める	0.117	0.245	<b>0.905</b>
学習内容のマニュアル化と統一化は学習効果向上と知識取得に有益である	0.093	0.347	<b>0.810</b>
学習要点と試験ポイントの明示は学習効率の向上と知識取得率につながる	0.359	0.109	<b>0.483</b>
<b>因子相関</b>			
	1	2	3
1	-	0.138	0.208
2		-	0.278
3			-

る。とりわけ、「教科書の使用」や「教育スタイルの志向性」など網掛けの諸項目に関し、中南大学の方は華東理工大学より肯定的な意見をもつ学生が多いと言える。

しかし、全 33 項目中、統計上有意の差が認められたのはわずか 4 項目 (表 2 の太字) のみである。その中で、最初の 3 項目に関し華東理工大学の方が、中南大学より肯定的な意見をもつ学生が多いが、4 つ目の項目に関しては、両大学の回答結果が逆転された。4 項目は次のとおりである。

- ・「授業内容は国内外の研究動向を中心に展開する (平均の差=0.428,  $p < 0.05$ )」
- ・「常に教員の姿と行動を e ラーニング画面に表示するのは学習効果を高める (平均の差=0.269,  $p < 0.05$ )」
- ・「アバターを用いた e ラーニングは学習効率を高める (平均の差=0.241,  $p < 0.05$ )」
- ・「学習要点と試験ポイントの明示は学習効率の向上と知識取得率につながる (平均の差=0.341,  $p < 0.05$ )」

さらに、これらの諸項目に関する差異の原因を究明すべく、回答者の性別、学年および出身地域を説明変数とし、 $\chi^2$  検定を行ったところ、表 4 に示す結果が得られた。表 4 を見ると、全体として、統計上有意な差が認められたのは、33 項目中 5 項目しかなく、学年によるものは皆無であったが

わかる。性別によるもの 4 項目と出身地域によるもの 1 項目は、下記とおりに示す。

- ・「指定教科書の内容だけの教授は良い ( $\chi^2$  値=4.065,  $df=1$ ,  $p < 0.05$ )」
- ・「e ラーニングでの学習は学習効果に影響しない ( $\chi^2$  値=3.902,  $df=1$ ,  $p < 0.05$ )」
- ・「自分の言葉で整理しメモをとるのは学習効果を高める ( $\chi^2$  値=4.855,  $df=1$ ,  $p < 0.05$ )」
- ・「授業中に教科書と関係ない知識を適宜言及すべきである ( $\chi^2$  値=4.557,  $df=1$ ,  $p < 0.05$ )」
- ・「授業内容は国内外の研究動向を中心に展開する ( $\chi^2$  値=5.377,  $df=1$ ,  $p < 0.05$ )」

以上の結果から、ここでは暫定的に次のように結論づけられよう。暫定的というのは、この結論の確証を得るには、(1) 他の異なる国との比較分析が必要であること、(2) 統計上有意な差が認められた数項目の差異の原因究明が欠かせないこと、が考えられるからである。暫定的な結論は、次のとおりである。

第 1 に、「学習要点と試験ポイントの明示は学習効率の向上と知識取得率につながる」に関し、両大学間の差異は学部生と大学院生という学年の違いに帰結するものではなく、



学年を問わず一律に言える傾向が強い。

第 2 に、「授業内容は国内外の研究動向を中心に展開する」に関する差異は、回答者の出身地域の違いに起因する可能性が高い。

第 3 に、総体的に見れば、両大学間にわずかな差異しか検出されず、全体として学生の学習習慣と教育志向性に関し、両大学間に差異がない。

他方、「常に教員の姿と行動を e ラーニング画面に表示するのは学習効果を高める」と「アバターを用いた e ラーニングは学習効率を高める」と、 $\chi^2$  検定の結果、統計上有意な差が認められた「性別」関連の 4 項目に関し、その差異の原因究明は、今後の課題として残された。

### 3.4 学習習慣と教育志向（因子分析の結果）

中国人理工系学生がもつ教育への期待（教育志向性）に関する特徴として、どのようなものが抽出されうるか。その特徴を割り出すために、われわれはさらに探索的因子分析を行った。その結果、表 5 に示す 3 つの因子が得られた。

第 1 の因子には、10 項目が含まれている。これらの項目を確認すると、「教員の明確なジェスチャー」、「教員と学生との討論」、「授業内容に関連する図解や写真の多用」、「学生自身の主体的問題解決」、「自分の言葉で学習内容の整理」などの表現が目立つ。このことから次のような推論が成り立てよう。すなわち、学習過程において、(1) 学生は学習内容や学習成果について、何らかの不安を抱き、コミュニケーションを通じて確認したがらる。(2) 自分自身で主体的に課題を解き、自らの言葉で学習内容を咀嚼しながら理解したい傾向がある、ということである。よって、この因子を「学習内容の確認と自律志向」と名付けた。

第 2 の因子は、6 項目から構成される。これらの項目には、いずれも「e ラーニング」という表現が包含されていることが特徴であるため、ここでは、「e ラーニングへの期待」と名付けた。但し、これまでの記述からもわかるように、中国人理工系学生がもつ「e ラーニングへの期待」というのは、e ラーニングが対面授業を代替するものではなく、むしろ対面授業を補助する学習方法のひとつとして認識されていることや e ラーニングシステムそのものの改善に期待を抱いていることである（表 2 を参照）。

そして、第 3 の因子には、3 つの項目がある。この 3 つの項目には学習内容に関する「マニュアル化」、「統一化」、「学習要点と試験ポイントの明示」という表現がキーワードとなっている。またこの特徴は、授業の進め方に関する「統一教科書の使用は学習効果と知識取得に有益である」や、「課題の模範解答を示すのは学習効率の向上につながる」などとの関連性も垣間見られる。このようなことから、学習過程において、中国人理工系学生は、画一的な慣習をもつことが彷彿され、この因子を「画一化志向」と名付けることにした。

なお、これらの因子に含まれる項目の内的整合性を確認し、クロンバック  $\alpha$  係数を算出したところ、第 1 因子は  $\alpha=0.802$ 、第 2 因子は  $\alpha=0.851$ 、第 3 因子は  $\alpha=0.751$ 、という値が得られた。この結果は、Nunnally, Bernstein [4] が推奨する顕著な水準 ( $\alpha=0.70$  以上) に達しているため、十分な信頼性が確認されたとと言える。

## 4 おわりに

本稿では、中国の中南大学と華東理工大学の理工系学生を対象にした質問票調査の結果を報告した。

この結果から、中国人理工系学生の学習習慣に関し、学生は自分自身による主体的・自律的な学習を重んじる傾向が見られる一方で、他方では、課題の模範解答や試験ポイントの明示を求めるといった受け身の学習姿勢も同時に混在していることがわかった。また、学生がもつ教育志向の特徴としては、「学習内容の確認と自律志向」「e ラーニングへの期待」「画一化志向」という 3 つにまとめられることがわかった。

しかし、第 2 章の調査概要からもわかるように、本調査の結果により、中国人理工系学生の学習習慣と教育志向に関する理解が深められたものの、本調査自体は必ずしも完成されたとは言えない。なぜなら、次のような課題が残されているからである。すなわち (1) 調査項目の適切性を再吟味すること、重要項目の漏れをチェックし追加することなど、調査項目そのものの更なる改善が欠かせない。(2) 本調査結果のもつ普遍性を確認するには、調査対象を増やすことや他の異なる国との比較検証を行うことが免れない。(3) 本稿では調査結果を報告したが、本研究の目的である国別差異の e ラーニング環境整備への適用について議論されていない、ということである。

これらを今後の課題として、さらに取り組んでいくこととしたい。

※ 本稿は、日本学術振興会科学研究費補助金「挑戦的萌芽研究」（課題番号：24650097）の研究成果の一部である。

## 参考文献

- [1] 寺倉憲一、我が国における留学生受け入れ政策：これまでの経緯と「留学生 30 万人計画」の策定。レファレンス、No.2, pp. 27-47, 2009.
- [2] 独立行政法人日本学生支援機構。平成 25 年度外国人留学生の在籍状況調査結果 [http://www.jasso.go.jp/statistics/intl\\_student/data13.html](http://www.jasso.go.jp/statistics/intl_student/data13.html). (Visited on 2014-10-02).
- [3] Dörnyei, Z. and T. Taguchi, Questionnaires in second language research: Construction, administration, and processing, Routledge, 2010.
- [4] Nunnally, J.C., I.H. Bernstein, and J.M.t. Berge, Psychometric theory, McGraw-Hill New York, 1994.

付録1 中国人理工系学生の学習習慣と教育志向性に関する調査質問票

理工教育研究の調査問巻

各位好！

我们正在进行一项关于国别文化差异与网络理工教育有关的研究。在此研究中我们需要把握目前理工教育的现状，并期望了解各位对目前教育方式的感受。问卷采用匿名填写方式，我们以严谨的科学态度和职业道德保证对您的问卷严格保密，这次收集到的数据只用于我们的研究，决不转给第三者。感谢各位的理解和支持！

村越英樹<sup>1</sup>，陈俊甫<sup>1</sup>，余锦华<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>产业技术大学院大学，<sup>2</sup>东京理工大学

1. 请填写基本信息。

性别	<input type="checkbox"/> 男	<input type="checkbox"/> 女	籍贯	年龄
年级	大学： <input type="checkbox"/> 一、 <input type="checkbox"/> 二、 <input type="checkbox"/> 三、 <input type="checkbox"/> 四 <input type="checkbox"/> 硕士： <input type="checkbox"/> 一、 <input type="checkbox"/> 二、 <input type="checkbox"/> 三 其他（ ）			

2. 请根据您的认知，在各题适当的□内打“√”。

	非常不同意	不同意	基本不同意	基本同意	同意	非常同意
1. 学科使用统一教科书有益于提高学生的学习和知识掌握	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 老师的教学内容只需要围绕指定教科书展开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 各门课程的教学内容都应以讲解该专业的基础体系为中心	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 网络课程取代课堂教学不会影响学习效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 使用虚拟电脑教师的网络教育有助于提高学生的兴趣	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 各门课程的教学内容应主要讲解该专业领域的国内外发展趋势	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 学习内容的程式化，统一化有助于学生提高学习效率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 多用相关图解或图片等讲授专业知识有助于理解	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 自己记录课堂笔记并总结整理授课内容有益于提高学习效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 老师的口头讲解有助于激励学生的学习兴趣	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 网络课程中常属性地显示讲师的头像和动作有助于学生的学习	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(下次页续表)

(续表)

	非常不同意	不同意	基本不同意	基本同意	同意	非常同意
12. 课堂上老师意图明确的手势对学生的学效果有促进作用	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. 课堂上老师与学生的讨论交流式互动有利于提高学习效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. 学生自己寻找问题答案有益于提高学习效果和掌握学习知识	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. 老师在讲课时的服饰穿着过于随意会影响学生的学习欲望	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. 网络课程取代课堂教学有助于学生提高学习效率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. 学习内容的程式化，统一化有助于提高学生的效率和掌握知识	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. 课堂上提供时间让学生相互讨论有助于提高学生的学效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. 课堂上以老师讲解为主学生讨论为辅的方式有助于学生掌握知识	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. 老师给出课题解答的范例有益于学生提高学习效率掌握学习知识	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. 老师的教学风格的多样化有助于提高学生的学兴趣	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. 使用虚拟电脑教师的网络教育有助于学生提高学习效率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. 老师授课时着装讲究会有益于提高学生的学欲望	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. 用语言文字表述学习内容有助于提高学生的学效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. 老师的授课内容应重点讲解教科书中难懂的部分	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. 老师重点学习重点和考试重点有助于提高学习效率，掌握学习知识	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. 网络课程辅助课堂教学有助于提高学生的学效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. 忠实地抄黑板或记录 PPT 有益于学效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. 学习内容的程式化，统一化会影响学生的学兴趣	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. 使用虚拟电脑教师的网络教育有助于提高学生的学效果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. 讲解相关主题时，其细节越详细越有助于学生掌握相关知识	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. 网络课程中常属性地显示黑板或 PPT 有助于学生的学	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. 老师的授课内容应该适当涉及与教科书无关的该专业领域的知识	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

非常感谢您的合作！  
 2013年12月

# 屋内空間の照明の色温度と照射位置が人の印象に与える影響

中島 瑞季<sup>1)</sup> 横井 聖宏<sup>2)</sup>

## Color Temperature and Irradiation Position of The Lighting in Indoor Space Influences Impression of Human

Mizuki Nakajima<sup>1)</sup> Takahiro Yokoi<sup>2)</sup>

### Abstract

An indoor space is irradiated, a shadow will occur. Since a shadow changes with changing irradiation position or a color temperature, that makes atmosphere formation of indoor space. So it is desirable to also examine an irradiation position with the color temperature that known well. Then, this research aimed at testing the influence of atmosphere formation from the impression of color temperature and an irradiation position by changing some combinations of color temperature and an irradiation position.

**Keywords:** Color temperature, Irradiation position, Indoor space.

### 1 はじめに

屋内空間は、リビングダイニングのように居間と食堂を兼用にして複数の用途を持たせるように、多目的に使用される場合がある。使用用途が変われば望まれる雰囲気も変わることが考えられるが、屋内空間の雰囲気は、空間内の壁、床、照明、家具といったインテリア要素から影響を受けて構成されるため、すべてを随時変更して雰囲気を変えることは難しい。しかし照明に関しては LED 電球の技術の進歩もあり、照度や色温度から色味や明るさを簡便に操作し、利用者の望む雰囲気に対応させることが十分に可能になってきている。そこで、屋内空間の照明が人の印象にあたえる影響を適切に評価し、これを活用して環境を設定する人に一定の設定ルールを提示することは、快適な屋内空間を提供する手段として有効ではないかと考える。これまで、照明の照度や色温度、輝度といった要因が人の印象に与える影響や、屋内空間の他のインテリアが照明の印象に与える影響について、多くの研究がなされてきた。しかし、光源の照射位置と影が印象に与える影響については多くの検討がされていない。屋内空間に光を照射すると壁やインテリアに当たることで空間内に影が発生する。影は光の当て方や色温度によって表情や位置が変

わるため、空間の雰囲気形成や知覚に影響を与えていることが考えられる。そこで空間全体の印象から照明の効果を評価する場合は、色温度と照射位置による影の影響も考慮することが望ましいと考える。照射位置を扱った既往研究として、田中らの[1]、照明の色温度と照度と照射角度を組み合わせた空間が人の印象に与える影響を扱った研究がある。円柱と直方体が置いてある箱内の照明条件を変え、その印象を SD 法で評価した結果、照度と色温度に応じた快適な照射角度があり、そのイメージは太陽光の角度と色温度の関係に由来しているのではないかと報告する。この報告から色温度と照射位置が屋内空間の印象に与える影響には相互関係があると推測できるが、実験対象の空間が屋内空間や居住空間といった、人が生活することを前提とした空間ではない。良い照明計画とは施設の目的や用途に適合した機能や雰囲気を有する照明環境を形成することである[2]という報告があるように、空間の雰囲気を評価する場合は、人が生活することを前提とした空間から検討する必要があるのではないかと考える。そこで本研究は、屋内空間に居住空間であるという前提条件を設定した上で印象を評価した場合の照射位置と色温度が与える影響を把握する事を目的とする。

### 2 実験

#### 2.1 実験目的

一般住宅のダイニングを前提条件とした屋内空間の印象へ、色温度と照射位置が与える影響に相互関係があるのか検証するため、色温度 2 種類と照射位置 2 種類を組み合わせた 4 つの空間模型を撮影した写真を準備し、それぞれの空間につ

Received on 2014-10-14

- 1) 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology
- 2) 室蘭工業大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering Muroran Institute of Technology

いて 14 項目の形容詞から主観評価をしてもらい、屋内空間の印象の違いと構成要素から比較検討を行うことを目的とする。

## 2.2 評価対象

### 2.2.1 色温度

本実験は、屋内空間として一般的な住居の室内を想定しているため、見慣れない色温度から特別な印象を際立てることは実験目的と合致しない。そのため一般的に用いられる色温度として、照明学会の住宅照明設計技術指針[3]によれば色温度は暖(3.300K 以下)、中間(3.300-5.300K)、涼(5.300K 以上)の 3 種類にわけられることから、視覚的に色温度が異なることが明瞭に判断できる、暖(3.300K 以下)と涼(5.300K 以上)を使用する。一般に販売されている光源では、暖は電球色とも言われ、赤みのある光色である。涼は昼光色とも言われ、光色は青白い。光源は LED 電球 (Panasonic LDA10LGZ60W[電球色相当]/ LDA10DGZ60W[昼光色相当])を使用した。

### 2.2.2 照射位置

一般的な住宅で多用される、シーリングライトやペンダントライトのように天井付近から照射したように見える条件と、フロアスタンドのように、椅子等に着座した際の頭より少し上位置の斜め方向から照射したように見える条件を用意する。本実験は写真で空間を提示するため、写真上で以上の照射条件が再現出来、さらに照射位置が異なることによって影が変わった事が明瞭に判断できなければならない。以上を模型上で検討した結果、90 度から照射すると天井付近から照射したように見え、45 度から照射すると、着座時の頭より少し上の斜めから照射しているように見えることを確認したため、45 度と 90 度の条件を設定した。

### 2.2.3 評価対象の空間条件

色温度 2 条件と照射位置 2 条件を組み合わせた全 4 条件の空間模型を作成した。屋内空間の印象に照明の照射位置が影響を与える要因の一つに影の存在が考えられたため、空間内に影の出る対象物を置く必要がある。そこで屋内空間に置いて不自然でない対象物として家具をあげ、一般的な住居の室内が想定できる、椅子 2 脚とテーブルで構成するダイニングセットの模型を配置した。壁や天井は、色温度と照射位置の印象に影響を与えないように白地の目立つテクスチャーがない素材とした。各空間の構成要素の詳細を表 1 に示し、実際に実験で使用した空間条件の写真を図 1~4 に示す。

表 1 各空間における色温度と照射位置の組み合わせ表

空間	色温度	照射位置
空間A (L45)	2700k:L	45° :45
空間B (L90)	2700k:L	90° :90
空間C (D45)	6700k:D	45° :45
空間D (D90)	6700k:D	90° :90



図 1 実際の実験で使用した空間 A の写真  
(実験時には、写真上のキャプションは表示していない)



図 2 実際の実験で使用した空間 B の写真  
(実験時には、写真上のキャプションは表示していない)



図 3 実際の実験で使用した空間 C の写真  
(実験時には、写真上のキャプションは表示していない)



図 4 実際の実験で使用した空間 D の写真  
(実験時には、写真上のキャプションは表示していない)

### 2.3 評価内容

主観評価は、照明と室内環境評価を対象とした既往研究 [4]と、著者らの先行研究[5]から、照明から影響をうけた屋内空間の印象を評価しやすいと考えられる評価語 14 語を用いた。詳細を表 2 に示す。

表 2 主観評価で使用した評価語 14 語

明るさ	閉鎖感	快適感	暗さ
陰気さ	涼しさ	沈静的	解放感
好ましさ	暖かさ	軽快さ	不快感
活動的	陽気さ		

評価は[まったく感じない]から[とても感じる]の 5 段階評価 (図 5) で求めた。

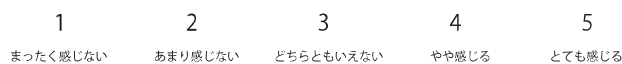


図 5 段階評価の尺度

### 2.4 評価方法及び実験の手順

本実験は、開始前に被験者へ実験内容の説明を行い、同意を得た後に行っている。評価は、テーブルの上に用意したタブレット PC (Apple 社製 iPad mini Retina display) 上に屋内空間の写真を全画面で表示し、被験者がその写真を見ながらアンケート用紙に回答を記入することで行った。写真の表示順とアンケート用紙上の評価語の提示順は、カウンターバランスを取るため被験者によって異なる。タブレット PC の画面輝度は全被験者共通に最大で設定し、色調整は出荷時のままで使用した。また、写真提示時に人工光を使用することで評価に影響がないように、机上作業ができる程度の照度が得られる自然光が充分に入る実験室 (図 6) を用意した。



図 6 実験室内の写真

### 2.5 被験者

20 代の男子学生 27 名 (平均年齢 21.9 歳)

### 2.6 評価結果

評価結果の傾向を示すため、主観評価の評価値平均と標準偏差を算出した。表 3 に示す。

表 3 各空間における評価語の評価値平均と標準偏差

		空間A	空間B	空間C	空間D
明るさ	評価値平均	3.852	2.630	4.630	3.630
	標準偏差	0.890	1.159	0.728	1.252
閉鎖感	評価値平均	2.333	3.593	2.000	2.741
	標準偏差	1.122	1.063	0.981	1.294
快適感	評価値平均	3.556	2.630	3.704	3.185
	標準偏差	0.994	0.949	0.936	1.156
暗さ	評価値平均	2.519	4.074	1.556	2.630
	標準偏差	1.101	0.900	0.994	1.222
活動的	評価値平均	3.111	2.000	3.444	2.704
	標準偏差	1.030	0.720	0.916	1.048
陰気さ	評価値平均	2.222	3.630	1.741	2.815
	標準偏差	0.956	0.949	1.003	1.248
涼しさ	評価値平均	1.963	1.889	3.889	3.815
	標準偏差	0.922	0.875	0.831	0.944
沈静的	評価値平均	3.000	3.963	3.000	3.963
	標準偏差	1.122	0.744	1.217	0.962
開放感	評価値平均	3.259	2.333	4.000	3.481
	標準偏差	1.040	0.943	1.122	1.258
陽気さ	評価値平均	3.519	2.370	3.148	2.407
	標準偏差	0.918	1.127	1.145	1.131
好ましさ	評価値平均	4.000	3.222	3.630	3.407
	標準偏差	0.903	1.133	0.867	1.028
暖かさ	評価値平均	4.333	3.741	2.296	2.148
	標準偏差	0.471	0.927	0.895	0.848
軽快さ	評価値平均	3.074	2.000	4.000	2.963
	標準偏差	0.979	0.943	0.667	1.036
不快感	評価値平均	1.593	2.519	1.556	2.222
	標準偏差	0.782	0.995	0.786	0.916

次に、評価結果を空間条件ごとに図 7 から 10 に示す。縦軸は評価値平均、横軸は評価語 14 語である。さらに、空間条件ごとに評価語との関連性をまとめる。なお、評価値平均が 4 程度より高い、または 2 程度より低い評価語を中心に記述する。

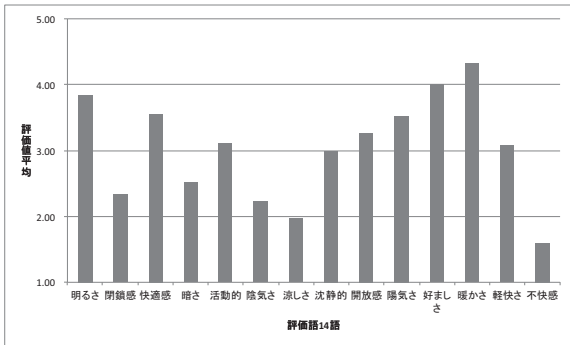


図7 空間 A(L45)の評価値平均

空間 A(L45)は、明るさ、好ましさ、暖かさの評価が高く、陰気さ、涼しさ、不快感の評価が低いことから、電球色と45度の組み合わせは、ダイニングを連想する屋内空間として好感度が高いことがわかる。

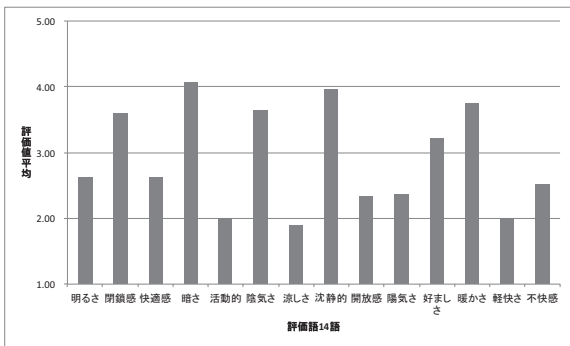


図8 空間 B(L90)の評価値平均

空間 B(L90)は、暗さ、沈静的の評価が高く、活動的、涼しさ、軽快さの評価が低いことから、電球色と90度の組み合わせは、ダイニングを連想する屋内空間としては、暗く重い印象を感じる可能性が考えられた。

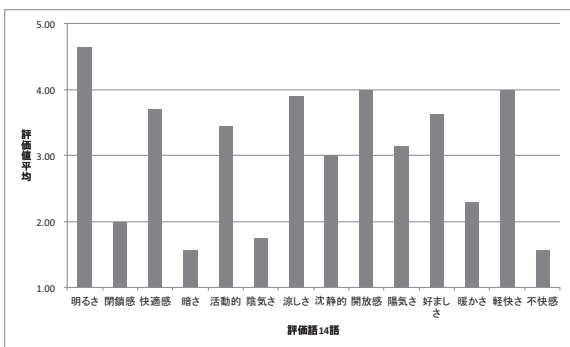


図9 空間 C(D45)の評価値平均

空間 C(D45)は、明るさ、涼しさ、開放感、軽快さの評価が高く、閉鎖感、暗さ、陰気さ、不快感の評価が低かった。昼光色と45度の組み合わせは、ダイニングを連想する屋内空間としてにぎやかな印象を感じる傾向があるように見える。

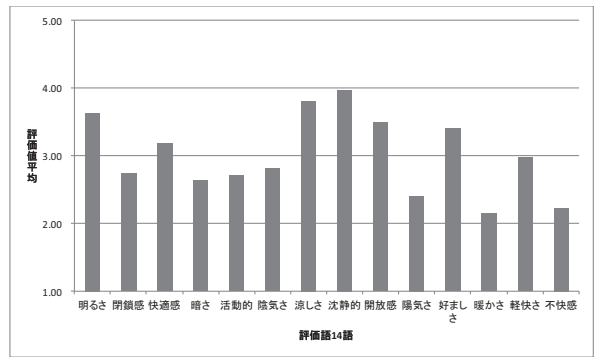


図10 空間 D(D90)の評価値平均

空間 D(D90)は、沈静的の評価が高く、暖かさ、不快感の評価が低かった。昼光色と90度の組み合わせはダイニングを連想する屋内空間として落ち着いた印象を感じる傾向があるように見える。

### 3 分析

空間条件と印象の関係について比較するため、主成分分析を行った。評価語14語の結果を変数に、空間条件をサンプルとした。固有値が1以上、累積寄与率を80%以上が条件と設定し、第2主成分までを有効な主成分とした。さらに、第1,2主成分ともに絶対値が0.8以上の因子負荷量を持つ評価項目をその主成分の特徴と考える。主成分分析の結果を表4~6に示す。

表4 第1,2主成分の固有値、寄与率及び累積寄与率

	第1主成分	第2主成分
固有値	10.838	3.001
寄与率	77.413	21.434
累積寄与率	77.413	98.847

表5 第1,2主成分の評価語14語に対する因子負荷量(因子負荷量の絶対値が0.8以上の評価語に印をつけた。青色は+の値を、赤色は-の値を示す)

評価語	因子負荷量	
	第1主成分	第2主成分
明るさ	0.982	-0.178
閉鎖感	-0.998	0.014
快適感	0.994	0.069
暗さ	-0.973	0.230
活動的	1.000	0.002
陰気さ	-0.999	-0.018
涼しさ	0.513	-0.856
沈静的	-0.861	-0.456
開放感	0.920	-0.382
陽気さ	0.783	0.621
好ましさ	0.747	0.608
暖かさ	-0.277	0.961
軽快さ	0.964	-0.242
不快感	-0.955	-0.292

表 6 第 1,2 主成分の空間条件に対する主成分得点

主成分得点		
空間条件	第1主成分	第2主成分
空間A(L45)	0.472	1.295
空間B(L90)	-1.305	0.220
空間C(D45)	1.020	-0.504
空間D(D90)	-0.187	-1.011

以上の結果から主成分の解釈を行った。第 1 主成分の特徴は、明るさ(0.982)、快適感(0.994)、活動的(1.000)、開放感(0.092)、軽快さ(0.964)、閉鎖感(-0.998)、暗さ(-0.973)、陰気さ(-0.999)、不快感(-0.955)、沈静的(-0.861)で表される。これらから、はつらつとした開けた空間の印象と鬱々とした閉じた空間の印象を表していると考えられたため、空間の快活性と解釈した。次に第 2 主成分は、暖かさ(0.961)、涼しさ(-0.856)で表される。これらは寒暖を表す言葉であると考えられたため、空間の寒暖と解釈した。

以上の解釈から、横軸を空間の快活性、縦軸を空間の寒暖と設定し、空間条件の主成分得点から散布図を作成した(図 11)。

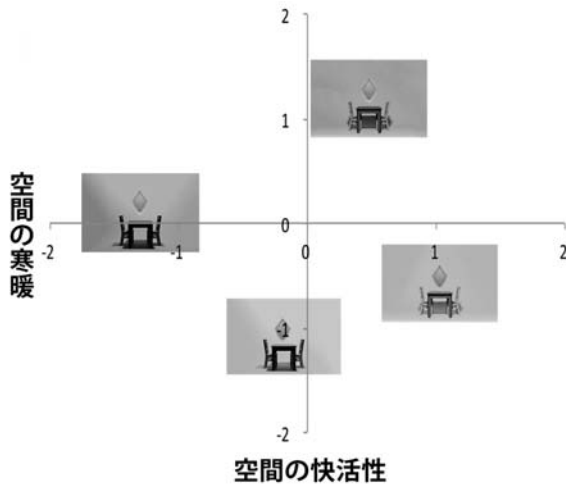


図 11 第 1,2 主成分得点から作成した散布図

#### 4 まとめ

主成分分析の結果から、色温度と照射位置で構成された屋内空間の印象は、空間の快活性と寒暖で表せると考えられた。空間の寒暖に関しては、空間 A(L45)と空間 B(L90)の印象が近い傾向にあり、空間 C(D45)と空間 D(D90)の印象が近い傾向にある。人は色温度から寒暖を感じると言われている[6]ことから、空間 A(L45)と空間 B(L90)の色温度である電球色のような低色温度からは暖かさを、空間 C(D45)と空間 D(D90)の色温度である昼光色のような高色温度からは冷た

さを感じる事が、空間の印象に影響を与えたことがわかる。空間の快活性に関しては空間 C(D45)と空間 A(L45)の印象が近い傾向にあり、空間 D(D90)と空間 B(L90)の印象が近い傾向にあることがわかる。以上の組み合わせを見れば、照射位置が空間の印象の近さに影響を与え、45 度の条件は快活性が高く、90 度の条件は快活性が低くなる傾向になることもわかる。これは、照射位置が異なることで、家具から落ちる影が床面にあたることで反射光が少なくなり、影の明度が低くなったように見えること、さらに家具の垂直面の色が暗くなるため、空間内の床面から天井面への垂直方向の明度差が大きくなるように見えることが、印象に影響を与えたと考える。人は色から重さを感じ、重さは色の明度に対応し、明度が明るいほど軽くなる[7]とされていることから、空間の床面から感じる重さが強調されたことも考えられる。また、45 度の条件と 90 度の条件共に、色温度が電球色の空間で快活性が低くなる傾向がある。これは 20~200lx で同照度の場合、6700K よりも 3000K のほうがまぶしくないという報告[8]があること、さらに高色温度は興奮作用があると言われていたこと[9]から、電球色と昼光色を比べれば、より昼光色から活発な印象を感じる事が影響を与えていると考える。さらに、空間の寒暖と快活性は共に、空間 C(D45)と空間 D(D90)の印象の近さと比べて、空間 A(L45)と空間 B(L90)の印象が離れているように見えることから、電球色の空間の印象は照射位置の影響を受けやすいことが考えられる。本実験の壁面と床面は白色であったため、家具や影にあたる光や反射光は光源の色光とほぼ同じ色であると考えられる。昼光色に関しては太陽の色温度に近いため、家具の色は実際の色に近く、光が多くあたるテーブルの天板は白く光り、テーブルの脚との境目には黒い影が落ちることで、メリハリがある印象を感じる。他方、電球色は赤みのある色光のため、家具の色も赤みを帯びてしまう。そのため昼光色と比べると、家具と影の輪郭線や色のコントラストがはっきりしないぼんやりした印象になる。さらに影にあたる反射光も赤みを帯びるため、影に赤みといった色相が入ることでより暗く見える。以上は、90 度の条件下で特に印象への影響が際立つように見えることから、電球色の空間の印象に照射位置が与える影響の強かった原因であると考えられる。さらに、屋内空間からくつろいだ印象を感じると空間に対する好ましさが上がり[2][10]、くつろいだ印象には低色温度で低照度の照明がふさわしいという報告がある[4]。今回の実験は、模型上にダイニングセットを配置し、屋内空間が一般的な住居のダイニングであることを想定させている。ダイニングは家族のだんらんの場であり、くつろぎを想起することにつながると考える。本実験の結果においても、電球色の空間であった空間 A(L45)の主観評価の結果は、好ましさの評価が高い結果となっている。しかし、ダイニングのようなだんらんの場はくつろぎを感じる一方で、家族が集まり食事をするようににぎ

やかさを感じる空間でもある。このように家族と空間を共有する場合は、低い色温度がより好まれるが、くつろぎよりも少し照度が高いほうが、お互いの顔が見えるということもあり、好まれるという報告がある[11] [12]。すると、空間 B(L90)に関しては、電球色の低色温度であったが、他の空間よりも暗く重く感じやすかったことが、ダイニングの印象にふさわしくないと評価されやすかったと考えられる。

以上より、屋内空間に一般家庭のダイニングを想定した場合、電球色と照射位置が与える影響が評価結果に際立って表れることが示唆され、色温度と照射位置には相互関係がある可能性が考えられた。さらに、屋内空間の使用用途によって、色温度と照射位置の関係性が変わることが考えられたため、今後は使用用途を増やして検討していくことを課題とする。

## 参考文献

- [1] 田中秀基, 石田泰一郎. 照明光の色温度, 照度, 照射角度が空間の視覚的印象に与える効果. 日本建築学会近畿支部研究報告集, pp. 1-4, 2004
- [2] 中村肇, 唐沢宜典. 照度・色温度と雰囲気の好ましさの関係. 照明学会誌 81, pp.687-694, 1997
- [3] 照明学会編. 住宅照明設計技術指針 第2版. 照明学会, 2007
- [4] 高橋啓介. 照明の色温度と照度とが室内環境に及ぼす効果. 医療福祉研究, 第2号, pp.30-36, 2006
- [5] 中島瑞季, 横井聖宏, 山中敏正, 空間の構成要素及び、評価方法と評価結果の依存性-壁紙と照明を構成要素として-. 日本感性工学会論文誌, 第11巻, 2号, pp.339-348, 2012
- [6] 照明学会編. 照明ハンドブック. オーム社, 2006
- [7] 大山正. 色彩心理学入門-ニュートンとゲーテの流れを追って-. 中公新書, 1994
- [8] 石田享子, 井上容子. 季節と色温度が光りの量的評価ならびに質的評価に及ぼす影響. 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.437-438, 2011
- [9] 勝浦哲夫. 光の質で人間の生理反応は影響されるのか. 照明学会誌, 84, 6, pp.350-353, 2000
- [10] 後藤靖宏. 照明とインテリアの相互作用による室内空間の雰囲気の変化. 北星論集, 第45巻, 第2号, 2008
- [11] 大井尚行, 笠尾円, 高橋浩伸. 生活行為を想定した室内照度・色温度の好ましさに関する模型実験. 日本建築学会環境系論文集, 第614号, pp.87-92, 2007
- [12] 中村肇. Kruithof(クルイトフ)のカーブは正しいか?. 照明学会誌, 85, 9, pp.793-795, 2001



# AIIT型ブレンディッドラーニング法の考察と開発

## — 第1報 —

橋本 洋志<sup>1)</sup> 井ノ上 寛人<sup>1)</sup> 慎 祥揆<sup>1)</sup>

## Development of Blended Learning Method in AIIT Style

### — First Version —

Hiroshi Hashimoto<sup>1)</sup> Hiroto Inoue<sup>1)</sup> Sanggyu Shin<sup>1)</sup>

#### Abstract

This paper proposes a novel eLearning system (AIIT type BL system), which is a type of blended learning, to be suitable to feature of AIIT. Considering the features of previous eLearning system, Free-site on eLearning systems and some introduction example of eLearning systems, the useful terms are extracted. Furthermore, considering the specified issue to get credit according to the MEXT regulation, the required specifications of the system is defined.

**Keywords:** blended learning, eLearning, AIIT, specifications

#### 1 はじめに

本稿は産業技術大学院大学 (AIIT) 型のブレンディッドラーニング (BL: Blended Learning) のあり方を考察して、それに基づき必要な機能を有する AIIT 型 BL システムの開発進捗状況を報告する。

BL は、e ラーニングの一種であり、多数あるコンテンツをどのように上手にブレンドするかで表現されるものである。そのインストラクショナルデザインは、コンテンツそのものの質や組み合わせを考えるだけでなく、ラーニングである以上、当然、対象者の属性を考え、その属性に適するものにならなければならない[1]-[4]。

ここで、AIIT 型 BL システムを開発するため、考えるべき課題点を明らかにしておこう。e ラーニング一般の課題点として次がある。

##### 【課題 1】学習の継続性

これは、一人で行うことを前提とした eラーニングでは、学習の継続を維持するためのインセンティブ、刺激が経時的に減少する傾向が強い。また、対面学習ならば、インストラクターによるある程度の強制力やコーチング・メンター能力を発揮することで、学習継続性を維持できることは十分に可

能である。しかしながら、一人での学習ではこの効果は期待できず、大抵は“忙しかった”という理由で学習を回避する事例が多数ある。さらに、この課題 1 は、教育品質を維持・向上することにも強く関係する。したがって、本稿では、教育システムで考えるべき教育品質の維持・向上をこの課題 1 に含ませるという立場に立つ。

次に BL そのものの問題として、次が挙げられる。

##### 【課題 2】複数あるコンテンツのブレンド法

この課題がなぜ提起されたかは、2 章で詳細に述べる。簡単に述べると、e ラーニングの特徴である、ライブ型授業と自己学習型授業形態 (2 章参照) を混在することで、AIIT に多い社会人に課せられている時間・空間の制約を緩和し、授業の質を保つことにある。

最後の課題点として、AIIT 型 BL システムは、これを使用したとき大学としての単位を認定できる条件を備えていることが必須である。そのため、

##### 【課題 3】単位認定を可能とするシステム要件

これらの課題を考察して、AIIT 型 BL システムの要件定義するには、e ラーニング全般の背景を見て、そこにある特徴を整理し、良い点を採用すべきである。そのため、2 章では従来のブレンディッドラーニングについて示す。3 章では、近年増えつつある無料学習サイトを見て、AIIT 型 BL システムとの差異について考える。4 章では、e ラーニング導入事例を見て、BL システムに反映できる問題点を抽出する。5 章では、単位認定要件を述べ、そこからシステム要件を明らかにする。6 章では、これまでの考察から考え出

Received on 2014-10-03

- 1) 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology
- 2) 公立大学法人首都大学東京  
Tokyo Metropolitan University

された AIIT 型 BL システムの仕様とその開発状況を報告する。

## 2 従来のブレンディッドラーニング

### 2.1 従来の定義

文献[1]は次のように定義している。

ブレンディッドラーニングとは、特定の顧客に対して最適のトレーニングプログラムを作り出すために、異なるトレーニングの「メディア」（技術、活動、事象の種類）を組み合わせることである。「ブレンディッド」という用語は、伝統的なインストラクター主導のトレーニングが電子的な方式で補完されることを意味している。ブレンディッドラーニング・プログラムは多くの異なる形態の eラーニングを用い、インストラクター主導のトレーニングとそのほかのライブの形態によって補完されることもある。

この定義が述べていることに注釈を加えると、

- 複数のコンテンツを活用すること
- このブレンディッド法を顧客（学習者に相当）に依存した最適化論を見出すことが重要

であることを述べている。もちろん、eラーニングが進化している以上、ブレンディッドラーニングが未来永劫的にこの定義に縛られる必要はないと思うが、この定義は良い教育を提供するための普遍的な定義であると考えられるため、この定義を本稿は採用する。

### 2.2 コンテンツの例

次に、文献[1]は、コンテンツとして 16 種を挙げている。しかし、時代遅れのものもあるので、適当に集約して紹介する。ここに、ライブはある定められた時間に学ぶこと、自己学習は好きな時間に自分一人で学ぶ形態を意味する。また、双方向性はインストラクターと学習者の間で何らかのやり取り（実時間とは限らない）ができることで、eラーニングで重要視される項目である。

- ◆ インストラクター主導のトレーニング（ライブ）： 通常の教室における授業。学習者とインストラクターの双方向性が最もある。
- ◆ オンラインセミナー（ライブ）： ライブ型のインターネットを利用した教育。インストラクションは Web ブラウザを通して行われる。双方向性は、Q&A 形式となる。
- ◆ コースウェア（自己学習）： 映像、テキスト、音声などを用いて、学習コンテンツと学習コースを提供し、試験や演習問題により双方向性を確保する。
- ◆ シミュレーション（自己学習）： シナリオを利用したコースウェアで、アプリケーション、ビジネス、プロセス分野で用いられることが多い。学習者は状況変化に対して、自らの意思決定の結果を知ることができる。
- ◆ ビデオ配信（自己学習）： ダウンロード、ストリーミ

ング型がある。このメディアを効率的に使うには、質の良い解像度が必要なため広帯域インターネット環境を必要とする。また、ビデオカンファレンスの形態にすれば、教室環境を拡大できる最も有効な方法の一つとして認識されている。

- ◆ 協調システム（ライブ・自己学習）： チャット、掲示板などを用いて、インストラクターと学習者のやりとり、学習者同士の意見・知識の交換が行える。このログを取ることで Q&A や FAQ というデータベース化が作成でき、疑問解消ツール作成にもなりえる。
- ◆ 職務補助システム（自己学習）： これは、チェックリスト、パンフレット、テントカード（卓上カード）といった学習者の活動支援のための資料を指す。主に、インストラクションに必要な項目を記した本システムを学習者が携帯し、いつでも、目に触れる機会を設けるものである。現在では、スマホやタブレットで本システムを表現しているものもある。
- ◆ ワークブック（自己学習）： これは、学習または学習プロセス支援のために設計された補助システムで、その多くはチェックリスト、空欄補充問題、学習プロセスをステップアップしていくための説明が記述されている。
- ◆ 書籍（自己学習）： 古典的で最も代表的なコンテンツ。
- ◆ OJT による練習（ライブ）： OJT でコーチングやテストの実施と評価は大変重要と考えられており、BL プログラムでは重要な項目として考えるべきとされている。

これらのコンテンツを見ると、知識の教示は自己学習型コンテンツを活用することで十分に対応できるといえる。次に、知識を涵養し、知識の応用性を高めるには、反復練習、演習、協調システム、知識レベルの変化を見ることのできる工夫、などが必要といえる。紹介したコンテンツの特徴を上手に扱うことで、効果的な BL システムの設計がなされるものと考ええる。この点を本稿の後半で考察する。

## 3 料学習サイト

無料学習サイトは、現在、多く存在し、無料学習サイトが存在する理由は、大別して

- 普遍的な教育レベルを上げたい、または、経済格差が教育格差につながってはいけないという思いからサイトが存在する。
- 発信する機関に人を呼ぶ、または、人の注目を集めるための宣伝媒体とする。

前者に関する国内サイトに次がある。

- 大学受験向け manavee

<http://manavee.com/>

多数のボランティア大学生が教員となって、主に動画配信を行っている。カリキュラムの整備は途上である。

- オンライン無料塾ターナップ

<http://turn-ups.com/index.html>

中学生・高校生向けで、民間企業のサイトで、基本的内容が充実している。

- Web ラーニングプラザ (技術者 Web 学習システム)

<http://weblearningplaza.jst.go.jp/>

技術者の継続的能力開発や再教育の支援を目的とし、科学技術振興機構が無料にて提供している。筆者は、電気電子計測コース作成に参加した。

後者に関する国内外サイトでは、主に、大学発信サイトが有用であり、この中には、社会人の学びに役立つものも多数ある。無料の大学ネット講義は、オープンコースウェア (OCW) と呼ばれ、大学の「知の開放」を謳っていることが多い。

- 日本オープンコースウェア・コンソーシアム (JOCW) , <http://www.jocw.jp/>

日本の 20 以上の大学が参画、現在の公開科目数は 3 千科目を超えている。ただし、内容作成は各大学に任されているので、その講義法は様々である。

- コーセラ (Coursera) , <https://www.coursera.org/>

教育技術の営利団体。世界中の多くの大学と協力し、それらの大学のコースのいくつかを無償でオンライン上に提供している。履修認定を行うので (単位認定は行っていない)、完全無料でなく、無料お試し期間の後、全てのコースや資料へアクセスするためには、一定度の学費を支払う。日本からは東京大学が参画している。

- Academic Earth <http://www.academicearth.org/>

米国大学から無料で提供されるオンラインビデオ講義を配信している。

- edX <https://www.edx.org/>

MIT とハーバード大学が中心となった、WEB を基盤として無料で参加可能な大規模講義 (MOOC) である。聴講は無料であるが、履修証明書は有料である。米国、EU、オーストラリアの大学が加盟している。

- Edutopia <http://www.edutopia.org/>

ジョージ・ルーカス教育財団が提供する教育コンテンツ、学習意欲を高める動機を語るシーンなど学習リテラシーを教える動画もたくさんある。

この無料サイトに関しては、次の問題があると考えられる。1 番目は、上記の膨大なコンテンツの中から、どれがユーザに適しているという判断をユーザ自身が行えることが可能であろうか、という疑問がある。2 番目は、それを一人で最後までやり遂げることができるか? すなわち、学習の継続性の

問題がある。3 番目は、人数の制限を設けていないサイトが多く、これらは単位の認定を考慮していない。単位認定は次章で述べるように幾つかの要件を満足していなければならない、それを初めから放棄することで大勢の学習者を対象としている。しかし、単位認定は学士号や修士号獲得のための要件であり、これらの称号を欲しい学習者にとっては、上記の無料学習サイトは不適である。

## 4 e ラーニング導入事例

### 4.1 企業への導入事例

企業が e ラーニングを導入する目的は、従業員の質向上と定着率アップ、顧客満足度向上、製品・商品の品質向上、経営方針の徹底などが目的とされている。導入時の重要項目は、コンテンツの適性、管理が容易、高い学習効果、サポート体制、コストなどが挙げられている。

しかし、これらの項目の幾つかが満足されないため、逆に障害となって導入が十分でない事例が多くある [2]。例えば、ベンダの提案する仕様と社内の実情が合っていないことに初期段階で気付かない、e ラーニングを一人でコツコツまなぶものと思い、学習者の孤独を作り、継続性や意欲を減退させる、導入で従来の研修コストを大幅削減して、学習者が頼るものが e ラーニングだけになってしまった、という事例が今でも見られる。

### 4.2 教育機関で成績が上がるか?

教育機関への e ラーニング導入の目的、問題点は前節とほぼ同様である。教育機関で、特に議論となるのは、学生の成績は e ラーニングと対面教育とでどちらが良いか、という点であろう。

文献 [3] は、初級心理学について Web コースが対面コースよりも 5% 程度成績が良いが、満足度は逆であったと報告している。これは、Web コースは、演習を多数課す傾向があったためと分析されている。したがって、長期化したときの問題が指摘されている。

文献 [4] は、MBA プログラムにおいて、認知力、論理的説明力では Web コースが勝っており、コミュニケーション力、手続き的理解力は対面コースが勝っていることが示されている。このことを踏まえて、原理を考察する力の養成には Web コースがよく、重役会議で論戦をやり、周囲を承服させる管理者の能力養成は対面コースがよい、という考えが示されている。

これらの結果は、e ラーニングと昔ながらの対面教育のそれぞれが得意とする教育内容があることを指摘している [5]。

4.1 節で指摘したかったことは、e ラーニングに対する誤った事例、内容と仕様のミスマッチ、一人学習用と思いきわむこと、などである。これらのことを AIIT 型 BL システムの設計に反映すべきと考える。さらに、4.2 節で、e ラーニ

ング、対面教育のそれぞれに適する内容は何か、という指針はまだケースバイケースでしか報告されていないので、このことも考慮することが必要である。

## 5 単位認定要件

文部科学省による大学院における単に認定要件は幾つかあるが、本稿に関連する項目だけを抽出し、紹介する[5][6][7]. ポイントは、

- 平成 10 年より、メディアを利用して行う授業によってすべての授業単位を修得できるようになった。
- 平成 13 年、さらに改正があり、同時性が確保されなくてもメディアを利用し、かつ、対面授業なしでインターネットだけで単位を取得できる。

ただし、以下の要件は必須である。

【要件 A】大学設置基準第二十五条第一項に規定する面接授業に相当する教育効果を有すると認めたものであること。

この要件は次のことを含むと書いてある。

【要件 B】毎回の授業の実施に当たって設問解答、添削指導、質疑応答等による指導を併せ行うものであって、かつ、当該授業に関する学生の意見の交換の機会が確保されているもの

【要件 A】は、概念的でわかりづらいので、【要件 B】から本学の BL に当てはめて、必要なことを列挙すると、

【要件 1】ビデオ型講義や WB (Web Based) 型講義は可である。

【要件 2】対面講義、ビデオ講義に関わらず、毎回の授業において適切な指導ができるよう、演習 (レポート含む)、添削指導、質疑応答などのいずれかが行われなければならない。

【要件 3】また、授業内容に関する学生の意見交換の場を設けなければならない。ただし、毎回でなくてよいと解釈される。

これらの要件の組み合わせは様々にあるが、本稿では、上記の要件を満足する範囲で、次のように定める。

- ビデオ講義の次の授業は対面授業として、このペアで 1 セットとし、下記のようにして、要件を満足するようにする。
- ビデオ講義の場合には、授業理解度レポートを課す。これは要件 2 の演習に相当する。
- さらに、ビデオ講義の場合、次回の対面授業のための予習内容を示し、予習を必須とする。これは、講義単位認定要件 (復習、予習を含めて 15 回授業は 2 単位) に適合させ、教育の質の保証を行う。
- 対面授業では、事前に予習がなされているという前提で、一方向講義はせず、直ちに演習を実施し、その内容を学生同士で議論する。これは、【要件 2】の演習、添削指導、質疑応答、および、【要件 3】の学生の意見

交換の場を設けることになる。

- 上記の学生間同志の議論は、授業時間内だけで行うには時間の制約があり、十分な議論活動は難しいと考え、Web 上に意見交換できるサイトを設け、ここに、授業内容に対する意見交換を行うことを課す。これは、【要件 3】の学生に意見交換の場を設けることになる。

以上のことは、当該授業の単位認定要件を満足するだけでなく、当然のことながら、深い知識の修得とその応用力を涵養することつながる、と考えている。この立証は、次の BL システムが稼働し、その結果を分析することで示す予定である。

## 6 開発する BL システム

前章までの各背景や考察を通して、筆者は授業「システムインテグレーション特論」(創造技術専攻, 3Q 開講)に対して AIIT 型 BL システムを開発することとした。本授業は、ものづくり系分野をドメインとするもので、産業プラント、家電、ロボットの説明から、それらを構成する要素技術の説明、さらに、大規模システムの故障診断、ヒューマンエラーとその防止法などを教授するものである。

この授業に対して、冒頭で述べた e ラーニングの課題

【課題 1】学習の継続性

【課題 2】複数あるコンテンツのブレンド法

【課題 3】単位認定を可能とするシステム要件

これらに関して、2~4 章の考察を通し、次のような設計論を導入した。

【課題 1】に対処するため、次の複数の機能を導入する。

<機能 1> 逐次レポート提出方式

これは、予習・復習を必要とする課題を継続的に与えて、連続的にそのレポートを提出させる方式である。これを導入した最大の理由は、深く複雑な知識修得の初段階では、学習者は少しばかりの労力を払わなければならないことがある。しかも、授業は学習者が単独でなく複数人を対象としていることから、学習者の異なる性格を吸収する形態で授業を進めていかなければならない。このために、本方式を導入した。

<機能 2> 興味を引くメディアコンテンツ

実施する授業「システムインテグレーション特論」は、幅広い分野を網羅しており、科学・工学の要素技術、複雑または大規模システム、人間を説明する各種心理学や認知科学などを含み、これらの基盤となる基礎知識を学生が初めから有していることはまずありえない。そのため、初めて触れる知識や問題背景であっても、視角認知がしやすいことで導入がスムーズになるよう、画像、動画、音声を組み合わせたコンテンツを豊富に提供することとする。

<機能 3> 学生間議論の場

ある問題に対して、学生間で意見を述べ合う、解答を検討

することは、他人の考えや知識を吸収できるだけでなく、自他者との差異を通して、自分の考えを認識することで自分のアイデンティティを形成でき、自信を持てることがある。このことが生じれば、自分の学習プロセスの方法に自信を持つことになり、課題 1 に対応できると考える。

#### <機能 4> 教員によるコーチングとメンター

これは、機能の面で見ると機能 3 と類似しているが、教員と学生の 1 対 1、教員から多数の学生への 1 対多の二つの場面がある。1 対 1 は主にメンターのためで、1 対多は主に学生間議論をコントロールして安定なものにするためのコーチングとして機能させるものである。

【課題 2】に対処するため次の複数の機能を導入する。

#### <機能 5> ビデオ講義の一部導入

これは、社会人学生の時間・空間の制約性を低減させるためのものである。講義回数全てをビデオに置き換えたとき、本学のような専門職大学院大学では【課題 3】に対応できない。このため、一部の回数にビデオ講義を導入し、【課題 3】に対応すべく次の機能を導入する。

#### <機能 6> 復習用レポート提出システム

ビデオ講義において、復習用レポート課題が提出される。これにより、指定された回の講義を見て、かつ、単位要件にある復習を実施したことの証明がなされる。

#### <機能 7> 議論コミュニティスペース

これは、ビデオ講義において、議論用課題を提出し、学生全員は本スペースで意見を述べ、他者の意見を参考にできるようにする。さらに、意見全体に対する集約やコメントは教員が行う。これにより、ビデオ講義であっても【課題 3】単位認定要件に適合できる。

#### <機能 8> 実践的演習

本演習を全てのビデオ講義に対応して設ける。このとき、ビデオ講義内では、演習に直ちに入れるよう予習課題が提出される。これにより、指定された回の講義を見て、かつ、単位要件にある予習の実施がなされ、さらに、2 章で説明した、演習では知識の応用性を高めるためのコースウェア、シミュレーションなどを実施でき、その状況は、教員により実時間で観察されるので、教員によるコーチングやメンターが実施されやすくなる。

これらの機能を含めた BL システムを現在開発中で、2014 年度 3Q から運用を開始する予定である。

## 7 おわりに

本稿は AIIT 型 BL システムの在り方の考察、従来の eラーニングシステムの問題点とそのフィードバック、さらに単位認定要件を考慮したシステム要件について考察した。本システムの実施状況は次に報告する予定である。

なお、本稿に示す BL システムの開発は、平成 26 年度傾斜的研究費部局分によって行われている。

## 参考文献

- [1] ジョシュ バーシン, ブレンディッドラーニングの戦略 —eラーニングを活用した人材育成, 東京電機大学出版局, 2006.
- [2] ラーニング白書〈2008/2009 年版〉, 東京電機大学出版局, 2008.
- [3] Newman, D. R. and so on, An Experiment in Group Learning Technology: Evaluating Critical Thinking in Face-to-Face and Computer-Supported Seminars, Interpersonal Computing and Technology, v4, n1, p.57-74, 1996.
- [4] Janice Paskey, A Survey Compares 2 Canadian MBA Programs, One Online and One Traditional, College Degrees, 2001.
- [5] [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/gijiroku/04051801.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/gijiroku/04051801.htm).
- [6] [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/004/gijiroku/021101c.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/004/gijiroku/021101c.htm).
- [7] [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/nc/k20010330001/k20010330001.html](http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/k20010330001/k20010330001.html).



# Wearable-Avatar: Computational Assimilation for Advanced Communication and Collaboration

Hiroaki Tobita<sup>1)</sup>

## Abstract

We describe our wearable-avatar that provides computational assimilation between real and virtual users for advanced communication and collaboration. Our system has characteristic two features: computational assimilation and physical feedback. Although our system supports video meeting through the network, local users can wear remote users. Thus, the remote users become a part of local user's body and they share their view and move together. Also, the remote user can give physical feedback to the local user by changing display direction, so the remote user can urge next action with both intuitive and verbal reactions to the local user. Our system provides unique communication, so it changes the paradigm of e-learning, communication, and collaboration both in indoor and outdoor activities.

**Keywords:** Computational Assimilation, Tele-Presence, Computer Mediated Communication, Out-of-body

## 1 INTRODUCTION

In order to communicate between remote and local users effectively, video meeting has been widely used. This method facilitates face-to-face communication through the network, so local and remote users can see each face directly and communicate naturally even if they exist from the distance. For instance, Skype is one of the most popular video meeting systems and supports a wide variety of computer devices. Because of the advantage of face-to-face communication, the system is used for e-learning system such as learning foreign languages. In such case, native speakers can teach their languages through real voice with face attributes, gestures, and mouse motions, so students can take practical lessons easily even if they are at home. However, it is difficult for conventional video meeting systems to do more dynamic activities such as sports, because of two reasons related with the design.

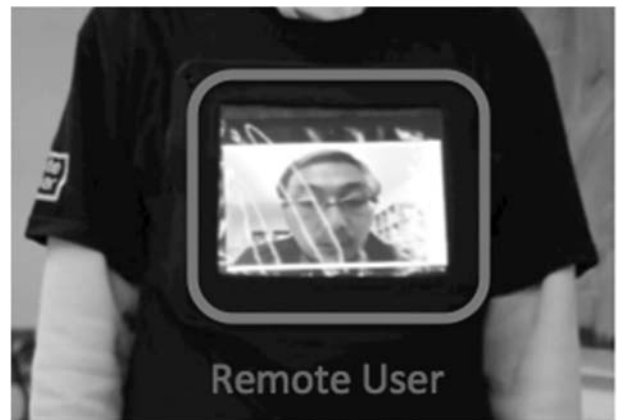


Figure 1. Wearable-Avatar

One is that conventional video meeting systems are designed to enhance face-to-face communication that allows local and remote users see each face attributes. Although people usually use video meeting by their smart phone, PC, and TV screen, these devices are not effective for dynamic activities. Video meeting with PC and TV screen is always fixed, so local users always consider the device position to collaborate with remote users. Although remote users can freely move when they use video meeting with mobile phone, they have to hold on mobile phone with their hand. Thus, they can use their hand for other acts such as holding racket to do tennis. Several Tele-presence systems

Received on October 3, 2014

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

support mobility [1], so the video meeting systems move around local environment by themselves. However, the mobility is too slow to catch up their activities and collaborate with them.

The other is that there is no effective physical feedback to local user from remote user, because physical feedback is not necessary in face-to-face communication. Although conventional systems allow remote users to give verbal suggestions to local users, they do not support physical feedback. In collaboration through dynamic activities like sports, remote users should express more direct suggestions to emphasize their thought and ideas in secret. To realize effective collaboration, effective physical feedback is needed.

Therefore, we developed our Wearable-Avatar that allows local users to wear video streaming to assimilate their bodies and allows remote users to give physical feedback to the local users. Our approach is to share information between local and remote users and move together, as the local users can wear the video streaming that is displayed onto the front side of T-shirt. They can use their hands freely such as having, holding, and lifting something. Also, as the remote users can give physical feedbacks to the local users by servomotors mounted behind the display, so they can communicate with the local users with video streaming and physical feedback to express their thought more directly.

We think our system has huge potential to generate new types of sports, e-learning, communication, and entertainment, because of assimilation between local and remote users and physical feedback from remote to local users. The system works both indoor and outdoor environments. Users can do a wide variety sports naturally, because their hands are free even if they wear use video meeting system.

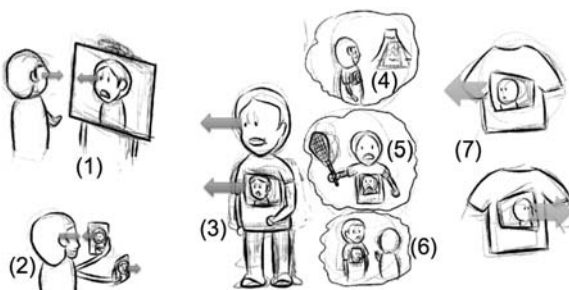


Figure 2. Comparison between conventional and our approaches for video meeting

## 2 WEARABLE-AVATAR

In this section, we describe our Wearable-Avatar describe communication and collaboration between local and remote users, contribution, and user interface.

As our Wearable-Avatar allows local user to wear remote user, communication and collaboration through video meeting are changed. Figure 2 shows comparison between conventional and our approaches of video meeting from the viewpoint of communication and collaboration. Conventional video meeting system focuses on face-to-face communication, so remote and local users always see each other (Fig. 2 (1)). In case of smart phone, local user holds it on his/her hand, so he/she can give other information to remote users by rotating the angle and changing the position (Fig. 2 (2)). In our system, both local and remote users see the same direction, because the remote user is a part of the local user's body and move together, so it is easy to share information, purpose, and idea (Fig. 2 (3)). For example, they can see the same scenery (Fig. 2 (4)), they can collaborate to paly tennis (Fig. 2 (5)), and the remote user can talk with other local user through the local user who wears the remote user (Fig. 2 (6)). In Figure 2 (5), the local user's hands are free from video meeting systems, so they can play tennis naturally such as holding his/her racket and a ball in his/her hand. Moreover, remote users give physical feedback to local users for two purposes (Fig. 2 (7)). On is that the remote user gives physical feedbacks to local user to notice information such as direction (e.g., up, down, left, and right) and timing such as hitting a ball. The other is that the remote user changes the angle by himself/herself. By changing the display angle, camera mounted onto the display is also changing, so remote user's view is changed. Without physical feedback, remote user ask local user to change the display angle manually like smart phone through negotiation between local and remote user.

## 3 IMPLEMENTATION

Our system is divided into two: Wearable-Avatar device for local user and video streaming user interface for remote user.



### 3.1 Local User

To display video streaming onto a local user's body, we use tablet device (Sony Tablet S) and set it on a T-shirt that has a transparent pocket for tablet device on both front and back. The tablet is used to display remote user's face. To realize physical feedback, there are four servomotors behind the tablet. The servomotors are connected to the MPU behind the tablet and both the tablet and the MPU communicate to server PC through Wi-Fi, so the server is used for both video streaming and controlling the MPU. Remote user's PC is also connected to the server PC. The servomotors work depending on the remote user's command.

### 3.2 Remote User

User interface to remote user on a laptop PC contains video streaming and GUI areas. The streaming area works to display information of local environment though a camera mounted on the tablet device. The GUI area provides several functions such as arrow buttons to control the servomotors to give physical feedback to the local user, image icons to treat snapshot of video streaming, and display selecting buttons: front and back displays. By the display selecting buttons, remote users can move different display area freely. For example, as a T-shirt has two display areas: front and back, remote user can move from front to back display depending on the situations. As his/her view is changed, so he/she can give different advices.

## 4 DISCUSSION

In this section, we discuss our system focusing on our design of Wearable-Avatar system from reactions and comments through our demonstrations, the future works, and the related works.

### 4.1 Wearable Avatar

Our goal was to generate new collaboration between local and remote users through video meeting and demonstrated several activities, so we provided unique assimilation experience between remote and local users by our Wearable-Avatar system. Most visitors well accepted our concept that our system focused on more dynamic activities like sports, while conventional e-learning systems focus on indoor activities.

About our e-sports, we had interesting discussions with visitors. With our system, local user plays real

sports and remote user gives advices like coach. In real sports, it is no doubt that caching is really important. For example, in Boxing, a second (a handler) always give many advices to a player. In American football and volleyball, cache gives advices and strategies to players during timeout to play game effectively. By using our system, remote users work as coaches who move with the player. Also, as he/she is a part of player's body, he/she can retrieve more dynamic information and give more effective and practical advices than real one. In addition, remote user connects to the Internet, so he/she can retrieve a wide variety of information such as previous game and the latest condition of opponent.

Also, we received some comments about our prototype, because T-shirts that contains tablet PC, four servomotors, and battery is heavier than normal T-shirts. However, in the near future, e-ink tablet would be developed, so it would be much righter weight and longer battery than current tablet device. Moreover, E-ink cloth that entire cloth becomes display could be possible if e-ink is more common. Thus, more effective visual interface of assimilation experience would be possible. Also, instead of servomotors, we can use air balloon like Kim et al. [2] or small vibration motors. The feedback by changing a volume of air balloon is softer than servomotors' one and the feedback by vibration motors is simpler than servomotors' one. We can choose the feedback generator depending on the users and applications.

Some people suggested effective applications related with navigation by using advantages of physical feedback, because remote gives precise information about location to local user by using his/her knowledge and web information. For example, when a user goes to a trip to a foreign country, he can ask effective help to a person who lives in or knows the area in detail. As the person can control feedback patterns: up, down, forward, left, and right, so he sees current position and navigates the person effectively until reaching the destination. Like the idea of navigation, calling specialist like doctor and lawyer through the network, we can receive special suggestions from them effectively.

We think our approach also produce new business to enhances watching sports game. For example, watching football games, people usually go to the

stadium or watch it on TV. By using our system, each player wears our system and audiences can become a part of player's body, so people can see the game with more dynamic view like pitch level or player's view. In this case, the price to see the game depends on the player's popularity and skills.

#### 4.2 Future Work

We represented our current prototype that displays remote user's face directly in the display area on a T-shirt. However, we can arrange the visual information by using virtual characters that is represented by Computer Graphics (CG).

With Developments of both CG and camera technologies, there are several systems that generate CG character animation based on human face attributes [3], so by using such techniques, remote users become CG characters such as cartoon characters, favorite actor and actress, and historical people. Also, by combining our approach with AI technologies, virtual avatars can communicate and collaborate with local users. In such environment, remote users are no longer necessary and local users can choose collaborator and teacher depending on the purpose to retrieve advices and suggestions. The virtual character is always close to a user and share many experiences.

We will support multiple remote users on one screen, while our current prototype supports only one remote user. In such case, local and remote users can discuss more detail than current version. Also, we are planning to combine our Wearable-Avatar with other devices such as glass- and wig-type devices. Our purpose it to enhance conventional communication and collaboration through the network, so these devices are useful to retrieve a wide variety of information. Also, computational sports items such as racket and ball to enhance sports.

#### 4.3 Related Work

Several systems to enhance communication though networks have been developed. Tobita [4] developed blimp based tele-presence system that allows remote users to have physical feature and move freely in the local environment. The EPS system [5] is a tele-presence device for real-time communication. A remote user is physically represented by the system and communicates through a video camera. In the Hydra system [6], each remote participant's image is placed

in one quadrant of the screen of a single monitor. The Porta-Person system [7] is a tele-presence device that sits in a conference room on or near the table. Remote users of this system can use video images or animations to represent their attributes. Byu-Byu-View [8] brings the new communication medium of "wind" into the bidirectional interaction between virtual and real environments by integrating the graphic presentation with the input.

Computational sports are divided into two: sensing users' data and enhancing sports items. As Nike+ senses users' data through running, they can share practice information with other users through the network like Social Network Service. The information is really useful for the users to keep strong motivation to continue by comparing with other users. On the other hand, enhanced sports focusing on sports item, especially ball such as setting several cameras inside the ball or control modules to change the balance. With the cameras, users can know how the ball moves. With the modules, the system control difficulties of sports. However, they are no longer sports and become a kind of entertainment games, because computational ball is completely different from normal ball (e.g., weight, shape, and air force).

## 5 CONCLUSION

We described our Wearable-Avatar that provided computational assimilation for advanced communication and collaboration through the network. We mentioned our concept focusing on the differences between current and our systems, and then described our implementation. Also, we discussed our user interface from visitors' comments and reactions, future works related with applications, and related works.

## REFERENCES

- [1] Talking Heads  
<https://www.suitabletech.com/>
- [2] Kim, S et al. Inflatable mouse: volume adjustable mouse with air pressure sensitive input and haptic feedback. *In Proceedings of ACM CHI*, pp. 211–214, 2008.
- [3] Li, H., Weise, T., and Pauly, M. Example-based facial rigging. *In Proceedings of ACM Siggraph*, 2010.
- [4] Tobita, H., Maruyama, S., and Kuzi, T. Floating avatar: tele-presence system using blimps for

- communication and entertainment. *In Proceedings of CHI (Extended Abstracts)*, pp. 541–550, 2011.
- [5] Venolia, G et al. Embodied Social Proxy: Mediating Interpersonal Connection in Hub- and-Satellite Teams, *In Proceedings of ACM CHI*, pp. 1039–1048, 2010.
- [6] A. Sellen, B. Buxton, and J. Arnott, Using spatial cues to improve videoconferencing. *In Proceedings of AM CHI*, pp. 651-652, 1992.
- [7] Yankelovic, N., Simpsonn, N., Kaplan, J., and Provino, J. Provino, Porta-person: Telepresence for the connected conference room. *In Proceedings of ACM CHI (Extend Abstracts)*, pp. 2789-2794, 2007.
- [8] Sawada, E et al. BYU-BYU-View: a wind communication interface, *In Proceedings of ACM Siggraph (Emerging Technologies)*, 2007.
- [9] Harrison C, Tan D, and Morris D, Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface. In *Proceedings of CHI '10*. pp.453-462, ACM, 2010.
- [10] K. Ujima, A. Kadomura, and I. Shio. U-Remo: Projection-assisted Gesture Control for Home Electronics, In *Proceedings of ACM CHI '14*, pp. 1609-1614, 2014.



# 異なるフレームワーク間のプロセス間通信

## — RSNP を中心としたシステム間連携の手法 —

成田雅彦<sup>1)</sup>

## Interprocess communication between heterogeneous frameworks

### — System cooperation methods with a focus on RSNP —

Masahiko Narita<sup>1)</sup>

#### Abstract

Robot Service initiative provides a framework to develop the specifications RSNP for developing robot services in the cloud. With the increase of researchers and users, and the connectivity with heterogeneous robot framework, and various language interfaces are strongly request. In this paper, we analyze the requirements from these users, and propose a system cooperation method with a focus on RSNP. And we also introduce an example for its adoption.

**Keywords:** IPC, RSNP, Gateway, Named Pipe, Interoperability

#### 1 はじめに

ロボットサービスイニシアチブ (RSi) [1]は、クラウドやネットワークとロボットを連携するための規約 RSNP (Robot Network Service Protocol) [2]を開発し、それにもとづくフレームワークを提供している。最近では、利用者の増加、研究の発展に伴い、異なるロボットのフレームワークとの接続や、各種の言語インタフェースが強く求められている。本稿では、こうした利用者等からの要望・要件から、RSNP のシステム間連携の方法を分析し、これに基づいて、RSNP を中心として異なるフレームワーク間のプロセス間通信について方式を提案する。また、この手法の適用例を紹介し、評価を行う。

#### 2 RSNP と他システムとの連携の要件

本章では、これまでのシステム間連携の成果や、利用者からの要望をもとに、RSNP と他システムとの連携を行うための要件を分析する。

##### 2.1 RSNP の仕様とフレームワーク

RSNP のライブラリには、富士通研究所が開発した Java 言語の FJLIB、筆者が開発した iPhone 用の

Objective-C のライブラリがある。

RSNP は、ロボットとクラウドサービスとの、同期・非同期の双方向通信を実現する仕様であるため、フレームワークの形態になっている。即ち、双方向通信を実現するために、ライブラリが、送信側のスレッドとは別に受信側のスレッドを用意し、アプリケーションはこれらの仕組みに沿って一部をプログラミングすることが要求される。従って、RSNP と他のロボットのフレームワークと連携するためには、Java あるいは Objective-C との言語レベルでの連携と、フレームワークレベルでの連携が必要になる。

##### 2.2 RTM との連携の実績や要望

RSNP と他のロボットのフレームワークの実績や要望について述べる。RTM (Robot Technology Middleware) は、産業総合研究所が中心に開発した、ロボット内、ロボット部品間のフレームワーク [3]である。RTM では、RT コンポーネント (RTC) 間の通信の基盤に CORBA を使用し双方向通信を行っている。以下に RTM との連携の試みと RSNP 利用者の要望を検討し、要件を明らかにする。

(1) RTM との連携の試み

RTC を、インターネットを通じてで公開や接続する方式の先行研究としては、①Raw TCP/IP を用いる方法 [4]と②RSNP Gateway [5]を用いる研究、③クラウド上に配置した RT コンポーネントを自動的に RSNP と連携する試作 [6]がある。①の Raw TCP/IP を用いる方法では、RTC

Received on 2014-10-03

<sup>1)</sup> 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

の Inport, Outport の通信に CORBA ではなく TCP/IP を使用しているが, Service Port に対する検討が行われていない. ②の RSNP Gateway 方式では, RSNP を使用し RT コンポーネントをインターネットに公開する方式を提案しているが, この方式の問題としてインターネットに公開したい RT コンポーネントごとに, RSNP のプロトコルの実装を開発する必要がある. ③の方式は, NEDO 知能化プロジェクト RT コンポーネント集に登録されている既存の RT コンポーネントを, インターネットを通じて公開することを目的とし, サービス側の RT コンポーネントを RSNP と連携するために, gateway オブジェクトを自動生成させ, 自動起動する仕組みである.

## (2) RTM との連携の要望

最近では, ロボット側の RT コンポーネントが充実し, さらに, インターネット上でのロボットサービス展開が注目されつつある. これに伴い, ロボット側では既存の RT コンポーネントを利用し, インターネット上では RSNP のサービス利用したシステムを構築したいという要望が 2013 年から 2014 年でとくに高まりつつあり, RSNP の利用者は増加傾向にある. この利用者は, 修士・学部の機械系の学生が多い. また, 構築するシステムは小規模である. 用いられる OS は, Linux, Unix, Windows と様々である. 要望の具体例としては, LRF (レーザレンジファインダー) 向けの RT コンポーネントを RSNP とつなぎたい[7]等がある. この要望をはじめとし, 既存の RT コンポーネントの多くは C++ で記述されており, Java 及び Objective-C で記述される RSNP では, C++ との連携が必須となるため, ロボット側に連携の仕組みを新たに用意する必要がある. しかし, この連携の仕組みの利用者は, 必ずしもソフトウェアの専門家ではない. よって, ソフトウェアの複雑性を隠べいし, ソフトウェアの知識をできるだけ減らす必要がある. 一方, (1) ③の方法は, 実装が極めて複雑であり, 開発保守を含め, 提供側の負担が大きい. 連携手法の提供にあたっては, 提供側の負担を減らすことも重要である.

## 2.3 他のロボットのフレームワークや要望

本節では, 2.2 節に述べた RTM/RTC との連携以外の RSNP との連携について述べる.

### (1) RSNP によるネットワーク化

RSNP との連携の要望については, 文献[8]で述べられているが, そこに既存の仮想現実のアプリケーションを RSNP によりネットワーク化したいという要望がある. 具体的には, 図 1 に示すように, ロボットのアプリは C++ で書かれており, RSNP の gateway を利用し, RSNP 経由で送られた画像データを PC (Windows) の C++ のアプリで取り出し, それを C++ の画像処理へ渡したいというものである. サーバ側の画像処理は C++ で記

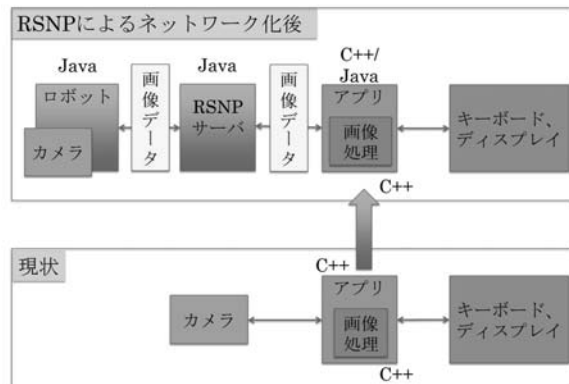


図1 RSNPによるネットワーク化の要望



図2 SIGVerseのシミュレーター画面

述されている. また, サーバ側のアプリも C++ で記述されている. サーバ側アプリは Java に書き換え可能だが, 画像処理は Java インタフェースに変更することは困難である.

### (2) SIGVerse との連携

国立情報学研究所が開発したシミュレーターSIGVerse[9]を用いて RSNP のシミュレーターの開発を行っている [10]. これを用いる事で, ロボットの各種要素技術の統合の検証, 効率的なロボットサービス開発, エラーや異状の再現等を実現する. SIGVerse は, クライアントとサーバに分かれており, シミュレーター上のロボットは, サーバ (Linux) に配置され, シミュレーター上のロボットに必要な外部サービスと, ロボットの描画 (図 2) は, クライアント (Windows) で行われる. シミュレーター上には複数のロボットが配置できるため, 連携の通信では, ロボット毎に名前管理を行う必要がある. プログラミングには CORBA に類似のフレームワークが用いられており, 非同期の双方向通信が実現されている. これらのインタフェースは C++ である. RSNP と連携するには, この Windows 上のフレームワークと C++ で連携する必要がある.

## 2.4 要望の分析と要件

ここまで述べた要望や検討をもとに, RSNP と他ス

テムとの連携手法の要件を抽出する。主な要件は、以下となる。

- 様々な連携形態をサポートすること。RTM との連携には、これまでも多くの解決策を提供してきたが、新たにロボット側での連携の仕組みが要求されている。また、RTM 以外の形態での連携も必要であり、これには非同期双方向通信のフレームワークを持つものも含まれる。
- OS は、Linux, Unix, Windows をサポートする
- C++/ C 言語、及び Java 言語をサポートする。尚、Java は、FJLIB が Java API を持つので必須である
- 利用者は、必ずしもソフトウェアに詳しい技術者、研究者とは限らず、機械/ 製造系などをはじめとする情報処理の非専門家をも対象としている。また、適用先は小規模なシステムが多い。即ち、ソフトウェアの知識をできるだけ減らし、コーディングの負担を減らす必要がある。また、汎用性に伴う多くの学習が必要とされる仕組みは不適である
- 連携手法の提供に当たって提供側の負担を減らすことも重要である

### 3 RSNP を中心とした連携手法の提案

2 章で述べた要件に対応するため、RSNP を中心としたシステム間連携の手法について提案する。

#### 3.1 具体的な方式の検討

まず、想定される課題を実装ベースに検討する。主な課題は以下の 3 点となる。

(非同期双方向通信のフレームワークの連携) RSNP の実装である FJLIB は、非同期双方向通信のフレームワークを持ち、他法の連携対象も非同期双方向通信のフレームワークを持つ。よって、連携対象から RSNP の API を単純に呼び出すことはできない。例えば、連携対象が C++ の場合、RSNP に C++ API を追加するだけでは不十分であり、RSNP と連携対象の双方向通信のスレッドを合わせる必要がある。これは、情報処理の非専門家にとって難易度が高い。

(汎用的な連携システム) 汎用的な連携システムを設計提供することは、対象となるシステムが多くなり設計が難しくなるだけでなく、利用者に多くの学習を強いることになる。結果的に、不適当なものになってしまう。情報処理の非専門家である利用者の知的負担を減らし、利用者が、見通しの良い方法で、限定した範囲で、双方向通信のスレッド等の難しさを意識することなく、容易に対象のシステムと RSNP のフレームワークを連携できる方法を提供する必要がある。見通しのよいプログラミングでは双方向通信のために、シングルプロセス、シングルスレッドでプログラミングできることも役に立つ。ここで高性能が要求され

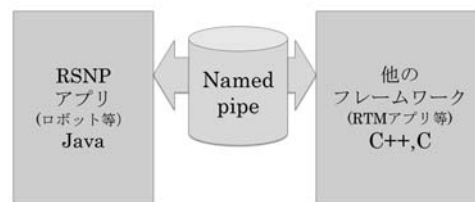


図3 提案する連携方式 (NPL) の概要



図4 NPL で受け渡しするデータ

る場合は、試作の後にさらなる性能強化の取り組みを行うことをも前提とする。

(通信先の名前管理) 2.3 (2) で述べたケースでは、通信の名前管理が必要になる。ここを容易にするのは、利用者側、提供側の負担を減らすこととなり意味がある。

#### 3.2 システム間連携の提案の概要

3.1 の課題解決のため、RSNP を中心としたシステム間連携の手法を提案する。概要を以下に述べる。

##### (1) 方式

OS の機能である、プロセス間通信機能 (IPC: Inter Process Communication) である Named Pipe [11, 12, 13] を用いて、双方向通信できるシステム間連携ライブラリ (NPL: Named Pipe Library) を構築し、バイナリとソースを共に提供する。これにより利用者は、対象のシステムと RSNP のフレームワークを連携するコード開発を行うことができる。図 3 に提案する連携方式の概要を示す。

提供する機能は、Named Pipe の作成、オープン、クローズ、Named Pipe からの読み込み、Named Pipe への書き込みである。読み込みの前には、Named Pipe にデータがあるかどうかをブロックされずに調べることができる。Named Pipe を経由して受け渡しするデータ (図 4) は、任意のバイナリデータだが、先頭 4 バイトに後続のデータの長さをビッグエンディアンで入れる。ライブラリの利用は、例えば、RTC プログラムでは、初期化部分にて、Named Pipe を生成し、メッセージの送受信部分で Named Pipe に読み書きをする。

##### (2) 特徴

本提案は以下の特徴を持つ：

- Named Pipe は、Windows, UNIX, Linux でサポートされた OS の機能である。サービスレベル等については OS 毎に若干異なるが、本目的のためには問題はない。詳細は 4 章で検証する。

```

#include <iostream>
#include <windows.h>
using namespace std;
HANDLE pipe; BOOL result;
char rbuffer[10000];
class MyNamedPipe{
public:
    MyNamedPipe(){};
    int createfile();
    int connectNamedMyPipe();
    DWORD readMsg();
    DWORD sendMsg();
    int closefile();
};
int createRSNPfile(){
    pipe = CreateNamedPipe(
        L"\\\\.\\pipe\\my_pipe", PIPE_ACCESS_DUPLEX, PIPE_TYPE_BYTE, 1,
        50000, 50000, 0, NULL);
    if (pipe == NULL || pipe == INVALID_HANDLE_VALUE)
        { system("pause"); return 1;}
    return 0;
};
int connectRSNPNamedPipe(){
    BOOL result = ConnectNamedPipe(pipe, NULL);
    if (!result) {CloseHandle(pipe); system("pause"); return 1;}
    return 0;
};

DWORD readRSNPMsg(){
    DWORD numBytesRead = 0, numBytesAvail, numBytesLeft = 0;
    unsigned char rc; unsigned int rsize=0;
    BOOL result = PeekNamedPipe(pipe, rbuffer, 4,
        &numBytesRead, &numBytesAvail, &numBytesLeft);
    if (numBytesRead==0 || !result) {return 0;}
    for(int i=0;i<4;i++){
        BOOL result=ReadFile(pipe,&rc1,&numBytesRead,NULL);
        if (result && numBytesRead==1) {rsize=rsize*256+rc;}
    }
    result = ReadFile(pipe,rbuffer,rsize,&numBytesRead,NULL);
    if (result) { rbuffer[numBytesRead] = '\\0'; }
    else wcout << "Failed to read data from the pipe." << endl;
    return numBytesRead;
};
DWORD sendRSNPMsg(){
    char *data = "*** Hello Pipe World ***\\n";
    DWORD numBytesWritten = 0;
    int size= strlen (data);
    int ssize=SwapBytes(size);
    unsigned int wsize=0;
    result = WriteFile(pipe,&ssize,4,&numBytesWritten,NULL);
    if (result) { if(numBytesWritten ==0) return 0; else return -1; }
    result = WriteFile(pipe,data,strlen (data),&numBytesWritten,NULL);
    return numBytesWritten;
};
int closeRSNPfile(){
    CloseHandle(pipe);
    system("pause");
    return 0;
};

```

図 5 ソースリスト : Windows 上の C++言語の場合

- C++/C, Java でサポートされている。従って、Java から利用する際に、JNI を使う必要はない。詳細は 4 章で検証する。
- Named Pipe によるアクセスは、ファイルの read/write インタフェースで行うので、提供するソースは短く理解し易い。
- Named Pipe で実現する通信は、連携対象のフレームワークと RSNP のフレームワークの送受信のスレッドの対応などに煩わされない。また、ブロックされずに読み込みの可否がチェックできるので、シングルプロセス、シングルスレッドで双方通信を実現することができる。結果、アプリモデルに依存しない通信モデルが実現できる。
- 通信路は名前でも任意に指定でき、複数設定できる。従って、通信の名前管理のために別機能を作成する必要がない。
- Named Pipe は OS で実装しており、十分高速である。
- 利用している知識は汎用的であり、情報処理の非専門家である利用者の知的負担を減らすことができる。従って、利用者が、見通しの良い方法で、限定した範囲で、連携対象のフレームワークと RSNP のフレームワークを開発できる。

## 4 検証

3 章で提案した NPL について、Windows, UNIX,

Linux での実装を検証する。この時、C++/C, Java でサポート、Named Pipe へのアクセス、シングルスレッド、シングルスレッドで実現可能性について確認する。また、利用上の注意点にも言及する。また、提案したライブラリの適応例を紹介する。

### 4.1 Windows での実装

Windows 上で C++言語と Java 言語で実装を行い、C++言語の実装、Java 言語との実装の間でデータの連携が行われることを確認した。各実装を以下に詳述する。

#### (1) C++言語での実装

図 5 に Windows 上で C++言語による実装のソースリストを示す。Windows 上での C++言語による Named Pipe のアクセスには、CreateFile (作成), ReadFile (読み込み), WriteFile (書き出し), CloseHandle (終了), PeekNamedPipe (パイプ内のデータの情報取得) がある。オープンしていたプロセスが全てクローズすると消滅するため永続性はない。また、Windows 上で生成される Named Pipe は、上り下りの双方向通信に用いることができる (PIPE\_ACCESS\_DUPLEX)。Named Pipe の名前は、\\\\.\\pipe\\my\_pipe として特殊なファイルとして生成される。また、複数のロボットに対応するため、ロボット毎に異なる Named File を設定したいときは、対応したロボット名を Named Pipe の名前として設定することで容易に実現できる。

さらに、Named Pipe のバッファのサイズのヒントを指



```

package rsnp.acceptor;
import java.io.RandomAccessFile;
public class NamedPipe{
    public static Boolean sendFromRSNP=true;
    public static Boolean rcvToRSNP=true;
    public static RandomAccessFile pipe=null;
    NamedPipe(){
    }
    public static void open() throws Exception{
        NamedPipe.pipe = new RandomAccessFile ("\\\\\\\\.\\\\pipe\\\\my_pipe",
"rw");
    }
    public static void close()throws Exception{
        NamedPipe.pipe.close();
    }
    public static void write(String req) throws Exception{
        NamedPipe.pipe.writeInt(req.length());
        NamedPipe.pipe.write(req.getBytes());
    }
    public static long read(int i) throws Exception{
        long num=NamedPipe.pipe.length();
        if(num>0){
            int size=pipe.readInt();
            byte[] buffer=new byte[10000];
            int len =pipe.read(buffer,0,size);
            if(len==size){
                buffer[len]=0;
                String result = new String(buffer,0,len);
                System.out.println("body("+i+"): "+result);
            }
        }
        return num;
    }
}

```

図 6 ソースリスト：Windows 上の Java 言語の場合

定できる。実際の Named Pipe のサイズは、システムの既定値、システムの最小値、システムの最大値、指定されたサイズをすぐ上の割り当て境界値へ丸めた値のいずれかである。また、メモリが小さい場合は、システム自身で拡張する。本稿では、50,000 (50KB) を指定している。本実装は、ブロックモードの読み出しであるので、ReadFile を発行すると、データが読み込まれるまで待ち状態になる。PeekNamedPipe はブロックされずに、データの有無をチェックすることができるので、PeekNamedPipe と ReadFile を組み合わせて用いることで、ブロックモードで読み出すことができる。一方、WriteFile は、Named Pipe のバッファに余裕がある限りただちに書き込みが完了する。これらを1つのループの中で ReadFile と WriteFile を組み合わせて用いることで、シングルプロセス、シングルスレッドで非同期にアクセスできる。ただし、WriteFile は Named Pipe のバッファが不足している場合は、バッファが戻るまでブロックされるので、大きなデータを伝達する場合は、デッドロックが起きないように、プログラムの論理に注意する必要がある。一方、4.2 の Linux の場合と同様にブロックモードの代わりにノンブロックモードにすることもできるが Microsoft

```

char res[100];
FILE *pipe;
int i=0;
void sigio(int a){
    int j=fscanf(pipe,"%s %s\n",res);
    printf("read %d %d %s\n",i,j,res);
    i++;
}
int main() {
    int p = open("my_request_pipe",O_RDONLY|O_NONBLOCK);
    pipe=fdopen(p,"r");
    signal(SIGIO, sigio);
    fcntl(p,F_SETOWN,getpid());
    fcntl(p,F_SETFL,O_ASYNC);
    for(i=0;i<10;){
        printf("wait %d\n",i); sleep(1);
    }
}

```

図 7 ソースリスト：Linux 上の C++言語の場合

社は非推奨である。

## (2) Java 言語での実装

図 6 に Windows 上の Java 言語による実装のソースリストを示す。Windows 上の Java 言語での Named Pipe のアクセスには、RandomAccessFile クラスとそのメソッドを使う。特に、パイプ内のデータの情報を取得するには、length()メソッドを使う。書き込み (write) の Named Pipe のバッファに関する制限は、C++言語の場合と同じである。Named Pipe のバッファに余裕のある限りただちに書き込みが完了する。本プログラムを (1) と同様の Named Pipe の名前を指定して実行すれば、C++言語のアプリケーションと、Java のアプリケーションの間のデータ転送が実現する。また、(1)と同様に、これらを1つのループの中で組み合わせて用いることで、シングルプロセス、シングルスレッドで双方向通信を実現することができる

## 4.2 Linux/UNIX での実装

Linux/UNIX の上で C++言語と Java 言語で以下のように実装し、C++言語の実装と、Java 言語との実装の間でデータの連携が行われることを、Linux 2.6.18, Linux 3.8.0, Mac OS X 10.9 で確認した。

### (1) C++言語での実装

図 7 に Linux 上で C++言語による実装のソースリストを示す。Linux で C++言語で Named Pipe のアクセスには、通常の open, read, write, close を使う。さらに、O\_NONBLOCK モードで open することで、パイプ内のデータの有無の取得は、read 関数によって行う。

ただし、Linux で生成される Named Pipe は Windows と異なり、上り下りそれぞれの片方にしか利用できない。そのため、双方向通信に用いるためには、2本の Named Pipe を用意する。Linux/Unix で名前付きパイプを作成する場合は、mkfifo コマンドを使う。Named Pipe の名前は、任意に設定できる。従って、複数のロボットに対して、

```

import java.io.IOException;
import java.io.*;

public class NamedPipeExampleReadLoop2{

public static void main(String[] args) {
try {
    BufferedReader pipe = new BufferedReader(new FileReader(
        "my_request_pipe"));
    for(int i=0;i<10;){
        if(pipe.ready()){
            String res = pipe.readLine();
            System.out.println("read "+i+" "+res);
            i++;
        }
        else{
            System.out.println("wait loop");
            try{Thread.sleep(800);}catch(Exception e){}
        }
    }
    pipe.close(); // Close the pipe
}
catch (Exception e) { System.out.println(e);}
}
}

```

図 8 ソースリスト Linux 上の Java 言語の場合

ロボット毎に違う Named File を設定したいときは、対応したロボット名を Named Pipe の名前として設定することで容易に実現できる。Named Pipe のバッファは、Mac OS X や BSD 系の OS では、16KB がデフォルトだが、大きなデータの書き込みが行われると 64KB あるいはカーネルの割り当てられるメモリ上限に切り替わる。Linux では、カーネルの割り当てられるメモリに依存するが、上限 1MB の範囲で `fcntl` で変更できる。write は、Named Pipe のバッファに余裕がある限りただちに書き込みが完了する。ただし、write は Named Pipe のバッファが不足している場合は、バッファが戻るまでブロックされるので、大きなデータを伝達する場合は、デッドロックが起きないようにプログラムの論理に注意する必要がある。これら read, write を 1 つのループの中で組み合わせて用いることで、シングルプロセス、シングルスレッドで非同期にアクセスすることができる。さらに、Linux の場合、O\_ASYNC モードを追加指定することで、read の callback 処理ができるようになる。

#### (2) Java 言語での実装

図 8 に Linux 上で Java 言語による実装のソースリストを示す。Linux で C++ 言語で Named Pipe のアクセスには、ブロックモードで FileReader クラス、BufferedReader クラスを使い、パイプ内のデータの有無の取得は、ready メソッドを使う。

#### 4.3 適用例

本稿で提案した NPL を用いて、SIGVerse と RSNP を連携し、RSNP シミュレーターを試作した[10, 14]。図 9 に実現した RSNP シミュレーターの画面を示す。RSNP のロボットサービスは、PC (Windows) 上のロボットアプリ



図 9 RSNP シミュレーターの画面：ブラウザ上の操作ボタンより前後左右の動作を実現している

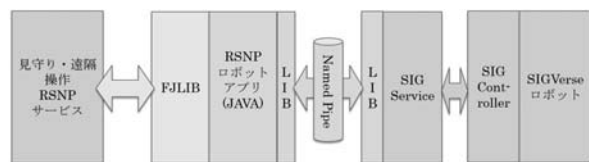


図 10 SIGVerse と RSNP との連携

と FJLIB によって接続し、ロボットアプリは、4.2 (2) で述べた連携ライブラリを用いて Named Pipe 経由で、4.2 (1) の C++ 言語の連携ライブラリと接続し、SIGVerse の外部サービス (SIGService) 経由で SIGVerse サーバ上の移動ロボット (SIGController) に接続した。図 10 に連携の流れを示した。

NPL の RSNP ロボットへの組み込みは、RSNP の open, close 処理の中で、NPL の open, close を呼び出し、RSNP の動作指示である Motion\_profile\_imple の forward メソッド等で NPL の write により Named Pipe にメッセージを転送している。NPL の read は、ロボットからのメッセージを表示するために、RSNP の Multimedia\_profile\_impl で呼び出しを行った。

NPL の SIGService への組み込みは、SIGController からメッセージを受け取ったときに呼ばれる callback である onRecvMsg の中で、NSL の sendRSNPMsg() により、SIGController からメッセージを Named Pipe に転送している。また、一定間隔で呼ばれる onAction の中で、NPL の readRSNPMsg() により Named Pipe からメッセージを取り出し、SIGController に送信した。

#### 4.4 その他の適用

2.3 (1), 2.2 (2) の要望に対しては、筆者から利用者へ NPL を提供し、利用を検討して頂いている。

## 5 まとめ

異なる言語 (Java/C++) , 異なるシステム (UNIX / Linux / Windows) 間連携のための, 利用者が容易にできる手法を検討し, サンプルソースコードを作成, 配付, 提供した. さらに, 実際, RSNP と SIGVerse を連携したシミュレーターの試作に適用し, 有効性を確認した. 今後, これを用いて ROS (Robot Operating System)との連携も検討していく. 本稿は, 連携コードの解説でもあるので, これを用いて利用者が広く適用することを期待している.

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 26330299 の助成を受けています.

## 参考文献

- [1] RSi Robot Service initiative,  
<http://robotsservices.org/>
- [2] 成田雅彦, 村川賀彦, 植木美和, 岡林桂樹, 秋口忠三, 日浦亮太, 蔵田英之, 加藤由花, インターネットを活用したロボットサービスの実現と開発を支援する RSi (Robot Service in-initiative) の取り組み, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.7, pp.829-840, 2010.
- [3] Noriaki ANDO, Takashi SUEHIRO, Kosei KITAGAKI, Tetsuo KOTOKU, Woo-Keun Yoon, "RT-Middleware: Distributed Component Middleware for RT (Robot Technology)", 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2005) , pp.3555-3560, 2005.
- [4] 安藤慶昭, 神徳徹雄, 安芳次, 久保田貴也, 大川猛, 平野聡, RT コンポーネントの InPort/OutPort データ転送方法の多様化 -Raw TCP/IP Socket によるデータ転送 -, 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会 2006 (SI2006) , p.3B2-1, 2006.
- [5] 岡部泉, 奥平直仁, 内藤祐幸, 名倉真史, 成田雅彦, 加藤由花, RT コンポーネントと RSNP を利用した画像処理システムの構築, 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会 2011 (SI2011) , 1K4-1, 2011.
- [6] 泉井透, 加藤由花, 土屋陽介, 成田雅彦, 既存 RT コンポーネントと RSNP を用いインターネット上に公開する技術の検討と環境地図作成サービスの開発, 日本ロボット学会学術講演会 2013, 2D1-03, 2013.
- [7] 前川雄祐, 今津篤志, RSNP を用いた視覚障がい者単独歩行補助システム, 日本ロボット学会学術講演会 2014, 1G2-06, 2014.
- [8] 土屋陽介, 成田雅彦, ロボットサービス統合プラットフォームとしての RSNP の課題と仕様拡張, 日本ロボット学会学術講演会 2014, 1G1-05, 2014.
- [9] 稲邑哲也, 社会的知能研究のためのシミュレーションプラットフォーム, 日本ロボット学会誌 vol.31, no.3, pp.240-243, 2013.
- [10] 中川幸子, 土屋陽介, 加藤由花, 稲村哲也, 成田雅彦, SIG-Verse を用いた RSNP シミュレーション環境の試作, 日本ロボット学会学術講演会 2014, 1G1-02, 2014.
- [11] MSDN Library "Named Pipes",  
[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365590\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365590(v=vs.85).aspx) (accessed 2014-10-03)
- [12] Linux Programmer's Manual "fifo - first-in first-out special file, named pipe",  
<http://man7.org/linux/man-pages/man7/fifo.7.html> (accessed 2014-10-03)
- [13] Mac Developer Library "fifo - Create and manipulate u-turn fifo channels",  
<https://developer.apple.com/library/mac/documentation/Darwin/Reference/Manpages/mann/fifo.n.html> (accessed 2014-10-03)
- [14] 林昌純, 中川幸子, 成田雅彦, RSNP シミュレーション環境とその応用, 日本ロボット学会学術講演会 2014 ,1G2-02, 2014.

## 紀要編集委員会

編集委員長	戸 沢 義 夫	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
	吉 田 敏	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 教授
	嶋 田 茂	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
	舘 野 寿 丈	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
	アントワース・ボサール	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
	佐々木 一 晋	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 助教

---

2014年度 産業技術大学院大学紀要

2014年12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/>

---