

産業技術大学院大学 紀 要

Bulletin of
Advanced Institute of Industrial Technology

第 7 号

2013 年 12 月

産業技術大学院大学

目 次

論 文

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 秋 口 忠 三 1

専門職大学院における 3D CAD 教育の試みの評価

網 代 剛
村 田 桂 太 11

SNS の感情分析をトリガーにしたウェアラブルカメラによる

プライバシー侵害の要因分析 嶋 田 茂 15

脳波によって音楽体験を創造する製品とサービス「感性選曲」

小 川 宗 紘
徳 永 康 介
岩 田 昂 己
辻 浩 司
佐久間 正 範
越 水 重 臣 21

インスタント情報の効率的な発信と管理手法

慎 祥 揆 33

機能性ゲルを用いたアディティブ・マニファクチャリングによる

製品の一体作製法に関する研究

矢 口 雄 大
占 部 俊 樹
館 野 寿 丈 39

プライバシー影響評価ガイドラインの開発

瀬 戸 洋 一
石 田 茂
高 坂 定
横 山 完 45

日中の技術伝承の差異の考察

根 岸 司
鶴 田 曉 史
李 杰
羨 民
村 尾 俊 幸
橋 本 洋 志 53

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 酒瀬川 泰 孝
 木 崎 悟
 川 木 富美子
 須 澤 秀 人
Truong Anh Hoang
Thi-Minh-Chau Tran
 土 屋 陽 介
 加 藤 由 花
 中 鉢 欣 秀 59

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— 石 島 辰太郎
 前 田 充 浩 67

Automatic recognition of theorem environments

of mathematical papers in LATEX format 長 尾 雄 行 81

既存 RT コンポーネントを 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 泉 井 透
 加 藤 由 花
 土 屋 陽 介
 成 田 雅 彦 89

A highly versatile hierarchical interconnection network visualisation

software illustrating Scheme flexibility ボサール アントワース 97

A hierarchical task allocation method for dynamic distributed

computing system 松 尾 徳 朗 103

総 説

都立動物園・水族園のための ICT 利活用に関する研究 小 山 裕 司
 加 藤 由 花 109

レジアリントな社会を実現する新規サービスの提案

—平成 24 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
 陳 俊 甫
 平 澤 一 樹
 小 山 啓 一
 小 川 祥 平
 黄 博 117

社会人のためのプロジェクトマネジメント教育

—産業技術大学院大学における PM 教育の事例— 酒 森 潔 125

ランニングプロトタイプ"Super Cell"のモデル製作及び開発プロセスの

研究報告	小 山 登 村 尾 俊 幸 村 田 桂 太 相 馬 利 昭 大 屋 周 今 城 孝 文 松 本 和 也	131
日本政府の IT 戦略に対する考察	戸 沢 義 夫	137
東南アジアにおける伝統的住居の発展過程に関する研究— ハノイ, バンドルスリブガワンの伝統的住居のフィールドワーク報告 —	佐々木 一 晋	143
Teaching computer science in English to professional IT master students in Japan:a successful experience	ボサール アントワニス	151
製品アーキテクチャから見るビジネスモデルの変化 — 日系企業の中国戦略の変化に関するケーススタディ —	吉 田 敏	155
研究速報		
ベトナム国家大学およびブルネイ大学とのグローバル PBL	土 屋 陽 介 加 藤 由 花 成 田 雅 彦	161
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	國 澤 好 衛	165
色温度の評価に生活リズムが与える影響	中 島 瑞 季 横 井 聖 宏 山 中 敏 正	171
フリーハンド・スケッチによる発想と展開	福 田 哲 夫	179

CONTENTS

Regular Papers

AshScript: A Process Programming Language for Supporting the Evolutional Software Process	Chuzo Akiguchi	1
A Valuation of Trial Education Program of 3D CAD at Professional School	Tsuyoshi Aziro Keita Murata	11
Factor Analysis of Privacy Invasion caused by Wearable Camera based on SNS Emotion Analysis	Shigeru Shimada	15
The Mind Jukebox, a Combination Product and Service That Creates Musical Experience Based on Brain Waves	Takahiro Ogawa Kosuke Tokunaga Koki Iwata Koji Tsuji Masanori Sakuma Shigeomi Koshimizu	21
Management and Efficient Presentation of Instant Information	Sanggyu Shin	33
Study on One-piece Construction of Products by Additive Manufacturing with Functional Gels	Yuta Yaguchi Toshiki Urabe Toshitake Tateno	39
Development of guideline for Privacy Impact Assessment based on ISO22307	Yoichi Seto Shigeru Ishida Sadamu Takasaka Mamoru Yokoyama	45
Consideration of Difference of Technical Transfer between Japan and China	Tsukasa Negishi Akifumi Tsuruta Jie Li Min Xian Toshiyuki Murao Hirosi Hashimoto	53

Applying Agile Project Management with Scrum for International Robot Service Software Development Projects ·····	Yasutaka Sakasegawa Satoru Kizaki Tomiko Kawaki Hideto Suzawa Truong Anh Hoang Thi-Minh-Chau Tran Yosuke Tsuchiya Yuka Kato Yoshihide Chubachi	59
ICBM (Industrial Community Building Measures)— A New Asian Developmental Strategy under GIN (Global Industrial Network) — ···	Shintaro Ishijima Mitsuhiro Maeda	67
Automatic recognition of theorem environments of mathematical papers in LATEX format ·····	Take-Yuki Nagao	81
Study of technology that uses the RSNP to publish on the Internet the existing RT-Components and Development of environment mappingservice. ·····	Toru Izui Yuka Kato Yosuke Tsuchiya Masahiko Narita	89
A highly versatile hierarchical interconnection network visualisation software illustrating Scheme flexibility ·····	Antoine Bossard	97
A hierarchical task allocation method for dynamic distributed computing system ·····	Tokuro Matsuo Satoshi Takahashi	103
Review Papers		
A Study of ICT Applications for Tokyo Metropolitan Zoological Gardens and Aquariums ·····	Hiroshi Koyama Yuka Kato	109
A Proposal of the resilient life service system ·····	Seiichi Kawata Junfu Chen Kazuki Hirasawa Keiichi Koyama Syohei Ogawa Bo Huang	117
Project Management Education for Business Person — An example of PM education at Advanced Institute of Industrial Technology — ·····	Kiyoshi Sakamori	125

Study for Developing Design Process through Making of Running Prototype Model “Super Cell”	Noboru Koyama Toshiyuki Murao Keita Murata Toshiaki Soma Amane Oya Takafumi Imagi Kazuya Matsumoto	131
On new IT strategy of Japan Government	Yoshio Tozawa	137
Understanding spatial development of urban growth in Southeast Asia — In the case of fieldworks in Traditional Village, Hanoi and Bandar Seri Begawan —	Isshin Sasaki	143
Teaching computer science in English to professional IT master students in Japan:a successful experience	Antoine Bossard	151
Dynamics of Business Model from View Point of Product Architecture — Case Study of Strategy of Japanese Company in China —	Satoshi Yoshida	155
Short Notes		
Global PBL with Vietnam National University, Hanoi and Unibersiti Brunei Darussalam	Yosuke Tsuchiya Yuka Kato Masahiko Narita	161
PBL study on Innovation Design for the Small-sized Business	Yoshie Kunisawa	165
The Influence of Life Rhythm to The Evaluation of Color Temperature	Mizuki Nakajima Takahiro Yokoi Toshimasa Yamanaka	171
Idea generation in freehand sketching	Tetsuo Fukuda	179

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

秋口 忠三¹⁾

AshScript: A Process Programming Language for Supporting the Evolutional Software Process

Chuzo Akiguchi¹⁾

Abstract

The Evolutional Software Process (ESP for short) is an application software development methodology intended to evolve both the software architecture and the software process synchronously in particular area of software products. In ESP, the architecture baseline is established in an early phase of software process, which includes a domain specific language(DSL) integrating libraries to solve sub-problems in the application domain. In this paper, we describe what ESP is and a simple DSL called AshScript for supporting ESP. AshScript is designed not only as a process programming language for supporting ESP, but also as a kernel language for application DSL embedded in software products.

Keywords: Evolutional Software Process, Process Programming, Script Language, Domain Specific Language, Functional Programming

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。

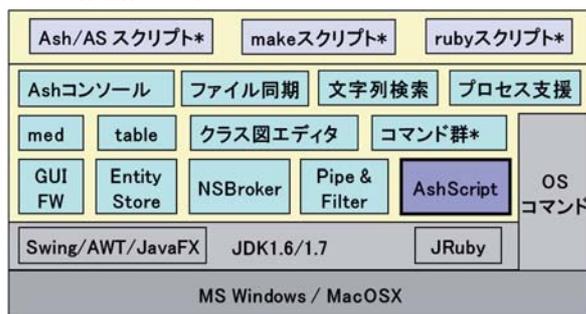


図 1 Ash のアーキテクチャ

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 ライブラリの開発[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] の開発を進めてきた。

AshScript はこれらの基盤ライブラリを統合する目的で設計した言語である。ソフトウェアプロセス支援環境を構築するためのプログラミングシステムとして位置づけており、ソフトウェア開発の種々の局面におけるプロセスの効率化や自動化を支援するツールを開発することを第一義的な目的としている。本稿では AshScript を中心に報告するが、ソフトウェアプロセスを支援するという観点から、Ash と AshScript の開発の背景に関して若干触れておきたい。

ソフトウェアの開発においてアーキテクチャの設計とプロセスの設計は、開発を着実に前進させるための車の両輪となる。ソフトウェアはモデリング言語とプログラミング言語で記述される。モデリング言語で記述されたソフトウェア要件や上位レベル設計はソフトウェアのアーキテクチャを記述したものである。開発の進展に伴い、この記述は詳細化・具体化され記述量は増大していく。最終的にはプログラミング言語で詳細にコード化されコンピュータへの具体的な指示の塊となる。

Received on 2013-10-10

¹⁾ 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

ソフトウェアの規模が増大するほど、開発プロセスの全体を通じて開発者の理解性を維持することは困難になる。この課題の克服のために適切な抽象化の階段を設定すべきであり、そのための方法論として段階的詳細化や構造化手法、オブジェクト指向分析手法が提案されてきた。適度な抽象性をもたせるために、アプリケーションソフトウェア全体の構造をいくつかのレイヤに分け、適切な抽象化の階層をもつアーキテクチャを設計することは、開発の初期の段階で行うべき重要な設計課題である。適切なアーキテクチャの設計は以降の開発のベースとなるものである。

無理なく成長させ得るソフトウェアを開発するためには、安定したアーキテクチャに加えて、その開発のプロセスを通じて確実に品質を作り込む全体的な戦略と具体的な戦術が必要である。ソフトウェアプロセスはこの戦略と戦術を提示し得るものでなければならない。ソフトウェアプロセスの観点からは、開発環境・ツール、ドメイン対応のソフトウェア部品、テスト環境などの整備は、プロダクトとしてのソフトウェアの開発・保守と並行して、同期をとって進めるべきである。Ashの開発ではこの開発プロセスを実践してきた。本稿ではこの開発の進め方を発展的ソフトウェアプロセス(ESP, Evolutional Software Process)と呼び、この開発手法に関する実践経験を元にした考察を行う。

AshScript は ESP を支援するためのプロセスプログラミング用の言語である。ソフトウェアプロセスを支援する開発環境というアプリケーションでもあり、ESP を実践している具体例にもなる。ソフトウェア開発のツールの開発に自身自身を適用するという自己記述的あるいは自己再生産的なソフトウェアの一例でもある。

本稿では ESP におけるドメイン特化言語(DSL, Domain Specific Language)[6]の役割について論じ、ESP 支援環境の DSL として位置づけられるプロセスプログラミング記述言語 AshScript の設計方針と特徴的な機能の概要を示す。AshScript の主な特徴としては、オブジェクト指向や関数型のプログラミングを支援する通常のスクリプト言語の機能に加えて、独自のオブジェクトシステムによる Java クラスライブラリの組込み、シェルスクリプト言語とのインタフェース、プログラミング環境との一体化などがあげられる。

2 発展的ソフトウェアプロセス (ESP)

2.1 ソフトウェア製品の開発プロセス

ソフトウェア製品の開発は、要求された機能を実現するコードを作成するプロセスであると同時に、テストによって品質を作り込むプロセスでもある。ソフトウェア製品はソフトウェア部品(モジュール)が階層的に組み上げられた構造物である。個々のモジュールの単位でそれらが使用されるコンテキストをいくつか想定し、各々のコンテキストの中で十分なテストを実施し、そのモジュールに本来要求される機能

を満たしていることの確認に加えて、利用の容易性、信頼性、性能、さらに拡張性を確保しなければならない。これらのテストは製品の一部となるモジュールと並行して開発し、共に同期をとって成長させるべきものである。

大規模なソフトウェアは、多くのモジュールから構成される。適切なモジュールへの分割はソフトウェアの設計の最大の課題といえるであろう。アーキテクチャレベルのモジュール分割は、アプリケーションドメインの分析に基づき、トップダウン的なアプローチとボトムアップ的なアプローチを併用して実施すべきである。ボトムアップ的なアプローチは、アプリケーションが要求する機能をブレイクダウンし、その最小単位の機能を定義する。それらを関数とデータのセットとしてモジュール化する。オブジェクト指向言語ではクラスがこのモジュール化の単位になる。採用する基盤ソフトウェアの仕様を確定しこの最下層のレイヤを構成するモジュール群を洗い出す。ここでモジュールの API の設計、即ち機能粒度の分割、受け渡すデータの仕様、それらの適切な名前付けを一貫した設計思想の元を実施することが重要である。

小さなモジュールは段階的により大きなモジュールやサブシステムに組み上げられる。その過程でモジュールのテストのために記述されたコードは上位のモジュールの中に統合されていく。これはドライバとスタブ開発をモジュール統合プロセスの中で一体化したものと考えられることができる。これらのモジュールが段階的に統合され最終製品として完成に向かうのである。

2.2 アーキテクチャベースラインの確立

新しい発想に基づく探索的なソフトウェア開発は、最低でも数か月の期間を要し、規模的にも数 KLOC をベースラインとして、これにインクリメンタルな機能追加の開発を繰り返すことによって段階的に成長させる開発手法が最適であると考えている。このように管理できる状態で安定的にソフトウェアを成長させるためには、モジュール設計に意を配り、適切なアーキテクチャを確立することに最大限の努力を払うべきである。

アプリケーションソフトウェアは、図 2 に示すように、基盤レイヤとアプリケーションレイヤ、それに両者の中間に位置付けられるドメイン固有のロジックを記述した中間レイヤに分けて考えることができる。この中間レイヤでアプリケーションドメイン固有の部分問題を扱うモジュール群を体系的に整備するというアプローチが、アーキテクチャ確立の際の良い設計指針になる。



図 2 アプリケーションソフトウェアのレイヤ

アプリケーション開発は、そのドメインの部分問題を解決する部品を組み合わせることによって実現できる。部品の組合せは、スクリプト言語またはシェル言語のようにアプリケーション領域のロジックを組み立てるのに優れた記述力を有する言語で記述できることが望ましい。この言語は部品間のインタフェースの整合をとり、データの受け渡しと処理シーケンスを制御する糊付け(glue)の機能を果たすもので、ごく少ない記述量でアプリケーション全体を編成できるものでなければならない。

2.3 中間レイヤを抽象化したドメイン特化言語の導入

アプリケーションのドメイン分析によって、基盤レイヤの上にドメイン固有の部分問題を解決するためのモジュール群がライブラリとして蓄積され、カタログ化や用法を示すサンプル集として整備されるに従って、アプリケーション開発の生産性は次第に向上できると考えられる。生産性を最大限に高めるためには、これらのモジュールをより簡潔に組み立てるための記述言語としてドメイン特化言語を開発環境の中に導入することが最も大きな効果を期待できる方法である。このアーキテクチャでは中間レイヤはアプリケーションを構築するための専用の抽象マシンとみなすことができる。

2.4 発展的ソフトウェアプロセスとは

発展的ソフトウェアプロセスは特定ドメインの製品開発をアーキテクチャとプロセスの両面から進化させることを目的にした開発方法論である。開発の初期段階としてドメイン分析に基づいてアーキテクチャベースラインを確立し、ドメイン知識を部品化したモジュールとそのテストを並行して開発し進化させ、ドメイン特化言語としてそれらを統一した記述言語の体系にまとめたアプリケーション開発基盤を整備する。製品開発はこの基盤の上に比較的小さな機能単位をインクリメンタルに開発し製品の一部となるモジュールとそのテストを並行して開発し進化させる。このような一連のソフトウェア開発のアクティビティを、ドメイン特化言語を中心に効率的にサポートすることが発展的ソフトウェアプロセスの中心的アイデアである。発展的ソフトウェアプロセスは、ドメインにおける汎用的な知識の部品化と再利用、個々の製品の開発と製品とテストの段階的・並進的成長が特徴といえる。

3 プロセスプログラミング言語 AshScript

本節では AshScript の特徴的な機能について述べる。

3.1 AshScript の概観

AshScript は発展的ソフトウェアプロセスを支援する開発環境を構築することを目的としたドメイン特化言語である。ソフトウェアプロセスの個々のアクティビティの効率化と自動化を支援するツール群の開発と、ソフトウェアプロセス全体を通じてそれらのツール群を連携させるソフトウェア開発環境の構築をゴールとしたもので、その意味からプロセスプログラミング言語と呼んでいる。

プログラミング言語の処理系に関する参考書は数多く存在するが AshScript の開発では参考文献[7]の実装方法をベースラインとした。言語処理系の核となるパーサと実行・評価の実装が 1.5KLOC 程度のコードで簡潔に実装されており、拡張性もあると判断したからである。本節で述べる言語機能を実装した段階でコード規模は 5.2KLOC となっている。

ソフトウェアを市場へ投入する期間を短縮する要請の高まりに呼応して、Ruby や Python のように記述力の高い言語の人気が高まっている。静的型付け言語である Scala でも、型推論の機能を使って冗長な記述を極力排除する工夫がされている。AshScript の言語設計では、文法設計の主要部分はベースラインの実装を踏襲した。Ruby や Scala の言語構文と同様に冗長な記述を極力排除した設計になっているからである。

3.2 プログラミング言語としての基本機能の提供

AshScript は単なる教育・研究の目的だけではなく、実用性の高い言語を目指している。そのためにスクリプト言語として有用であると考えられる、基本データ型、基本制御構造、組込み関数・クラス、モジュール化機能、GUI ライブラリ等を備えている。GUI ライブラリについては第 4 節で述べる。AshScript の文法は付録に載せた。

● 基本データ型

基本データ型としては Java 言語の基本データ型である boolean, char, int, long, double に対応したラップクラスとリテラル表記をサポートしている。文字列と配列についてはリテラル表現や連結演算など基本データ型に準ずる言語機能を提供している。また列挙型の値に代わる言語要素としてシンボルも導入した。シンボルの表記はシンボル名の前にシングルクオート文字を付けて表す(ex. 'BLACK)。文字列のパターンマッチに使用する正規表現についてもリテラル表記を用意した。AshScript では Lisp の S 式のようなネストしたリスト構造を扱うデータ構造として配列を多用する。そこで配列のリテラル表記として、通常のリテラル表記に加えて、3種類の括弧の前にシングルクオート文字を付け異なる区切り文字で要素を分離する表記を導入し、以下の4種類を用意した。

[a, b, c, ...]	通常のリテラル表記
'[a b, c, ...]	カンマの省略を許すリテラル表記
'{a: b; c: ...}'	区切り記号としてコロンを使用
'(a b c ...)'	区切り記号として空白文字を使用

● 変数の定義

AshScript には可変変数と固定変数の2種類の変数定義があり、それぞれ var と val のキーワードに続いて定義される。val で定義された固定変数の値は一度設定されたら変更できない。Scala で導入された構文であるが、この表記は特に関数型プログラミングではプログラムの可読性を向上させる効果が高いので AshScript でも取り入れた。

- 基本制御構造

制御構造は、接続処理を行うブロック構造、選択処理、ループ処理、例外処理のために以下の構文が提供されている。

<i>block</i> :	{ { <i>statement</i> } }
<i>if-elseif-else</i> :	if <i>expr</i> (<i>control</i> <i>simple</i> <i>block</i> { <i>elseif expr block</i> } [<i>else block</i>])
<i>switch</i> :	switch <i>expr</i> '{ { (<i>case elements</i> <i>default</i>) <i>block</i> } ' }
<i>while</i> :	while <i>expr block</i>
<i>for</i> :	for <i>identifier</i> ':' <i>expr block</i>
<i>try-catch</i> :	try <i>block</i>
<i>finally</i> :	{ <i>catch</i> [(<i>symbol</i> <i>array</i>)] <i>identifier block</i> } [<i>finally block</i>]

switch 文の *elements* は *expr* の評価結果の値と比較される要素の並びであり、各要素は、文字、数値、文字列、正規表現のいずれかの値をとる式である。for ループの *expr* は、配列、List オブジェクトまたはイテレータのいずれかである。イテレータは呼び出しのたびに一つの値を返し最後に nil 値を返す関数である。以下は 0 から 5 刻みで 20 までの整数値を表示するプログラムである。

```
def step(start, end, inc) {
  var v = start - inc
  fun() { v += inc; v <= end ? v : nil }
}
for i : step(0,20,5) { puts i }
```

これは配列リテラルを使って以下のようにも記述できる。

```
for i : [0, 5, 10, 15, 20] { puts i }
```

- モジュール化構造

モジュール化機能としてオブジェクト指向プログラミングを支援するクラス定義機能と関数型プログラミングを支援する機能がある。クラス定義機能としては単一継承機能、入れ子のクラス定義、initialize()メソッドによるコンストラクタの定義が可能である。関数型プログラミング機能としては、クロージャとしての関数定義、入れ子の関数定義、変数への関数の代入、map(f)や filter(f)、foldLeft(i,f)などの配列に対する高階メソッド（関数を引数とするメソッド）の提供などがある。末尾再帰や遅延評価は実装コストが高いため現在はサポートしていない。Code.1 に AshScript のクラスの記述例として、肥満度を判定するプログラムを示す。

- 組み込み関数と組み込みクラス

組み込み関数としては、標準的な算術演算関数、標準入出力、スクリプトのロード、現在の内部状態の表示、メタプログラミング支援等の機能がある。組み込みクラスとしては List, Map, Date, File, Thread を提供している。

Code.1 AshScript のプログラム例と実行結果

```
class BMI {
  val border = [18.5, 25, 30, 35, 40]
  val segment = ["やせ", "普通",
    "肥満度1", "肥満度2", "肥満度3", "肥満度3"]
  val weight, height
  def initialize(weight:Number, height:Nmber) {
    this.weight = weight; this.height = height/100
  }
  def calcBMI():double { weight / height /height }
  def judge():String {
    val bmi = calcBMI()
    var index = 0
    for b : border {
      if bmi < b break
      index += 1
    }
    segment[index]
  }
}
puts "肥満度 = " + BMI.new(65,168).judge()
=> 肥満度 = 普通
```

3.3 ドキュメンテーションとしての型定義

AshScript は他の多くのスクリプト言語と同様に動的型付けを採用している。変数に型を宣言する必要はない。プロトタイプリング等の実装実験を行う段階では歓迎される機能であるが、後日そのプログラムを読むときに型情報は読解の重要な手掛かりになることが多い。AshScript ではドキュメンテーションの目的で選択的に型宣言を付けられるようにした。以下が変数の型宣言の文法である。

```
vardef: var identifier [ typetag ] [ '=' expr ]
typetag: ':' typedef { ' | typeder }
typedef: ( T { ' | ' } | ' T { ' | ' } )
```

T は型名である。スラッシュ(/)で分離して複数の型を指定できる。

3.4 Java 言語で実装し JavaVM 上で動作する

JavaVM 上で多くのスクリプト言語処理系が実装されている。Groovy, Rhino(JavaVM 上での JavaScript の実装), JRuby(同 Ruby の実装), Jython(同 Python の実装), Clojure などがその代表的な例である。これらの言語と AshScript は多くの利点と欠点を共有している。最大の利点は Java プログラムと共存でき Java 言語の膨大なライブラリ資産を利用しやすいことと、JavaVM の上で動作させるためランタイム環境の実装が容易であることである。欠点としては Java 実行環境が必要になることであるが、Java でアプリケーションを開発する環境を対象としているので問題はないだろう。多くの言語処理系が存在する中で AshScript の存在価値は、実装の簡易さと拡張性にあると考えている。AshScript のコア部分は 5KLOC 程度の規模であり、アプリケーションの中に組み込んで利用しやすくなっている。

3.5 ASOS による Java のクラスライブラリ資産の活用

AshScript では AshScript で記述したクラス(AS クラス)と同じように Java クラスを利用するための仕組みとして AshScript オブジェクトシステム(ASOS)を提供している。ASOS を利用することによって、Java クラスの AshScript への組込みは低いコストで実現できる。また実行時に外部 Java クラスを動的にロードし AshScript のクラスとして利用することもできる。Java クラスを AshScript から利用する 3 つの方法を順番に説明する。

- JObject 拡張クラスによる組込み

ASOS を使用して Java クラスを AshScript のクラスとして利用するには、JObject を継承した Java クラスを作成し、AshScript で呼び出すメソッドのシグニチャを定義する。JObject を拡張したプログラムの例を Code.2 に示す。

Code.2 JObject 拡張クラスの実装例

```

1: package test;
2: import ash.lang.natives.JObject;
3: public class TestFib extends JObject {
4:     public static final String[] SIGNATURES = {
5:         "fib(n:int):int",
6:     };
7:     public int fib(int n) {
8:         return (n < 2) ? n : fib(n-1) + fib(n-2);
9:     }
10: }
    
```

シグニチャ定義はメソッド毎に Java の文字列配列 SIGNATURES に登録する。シグニチャ記述の文法を以下に示す。

```

signature:  [ '@' ] func-name [ 'f' native-name ]
            ' ( [ param-list ] ) ' [ typetag ]
param-list: param { ',' param }
param:      param-name typetag
typetag:    "' ' typedef { ' ' typedef }
typedef:    ( ID { ' ' } { ' ' ID { ' ' } } )
    
```

AshScript で使用する関数名 (*func-name*) と対応する Java のメソッド名 (*native-name*) が同じ場合は後者を省略できる。関数名の前のアットマーク (@) の意味は後述する。シグニチャ定義の中では引数の型定義は省略できない。ASOS はこのシグニチャ記述から Java のデータ型を判定し、Java のリフレクション機能を利用してメソッドを呼び出す。この Java プログラムをコンパイルし、AshScript の組込みメソッド install() を呼び出すことによって JavaScript で Java クラスを AS クラスと同様に利用することができるようになる。対話型実行環境の中での利用例を以下に示す。

```

1:> install "TestFib", "test.TestFib", "testbuild"
=> nil
2:> TestFib.new.fib(10)
=> 55
    
```

ここで、testbuild は TestFib のクラスファイルが置かれたディレクトリ (クラスパス) である。起動コマンドのクラスパスで指定しておけば、install() メソッドでの記述は不要である。

- AdapterBase 拡張クラスによる組込み

JObject を継承していない Java クラスを利用したい場合は AdapterBase クラスを拡張したラップクラスを定義し、AdapterBase の adaptee() メソッドを Java クラスのオブジェクトを返すようにオーバーライドする。Code.3 に AdapterBase 拡張クラスの記述例を示す。

Code.3 AdapterBase 拡張クラスの実装例

```

1: package test;
2: import ash.lang.natives.AdapterBase;
3: public class AFib extends AdapterBase {
4:     public static final String[] SIGNATURES = {
5:         "fib(n:int):int",
6:         "ffib(n:long):long",
7:     };
8:     private JFib fib = new JFib();
9:     @Override public JFib adaptee() { return fib; }
10: }
    
```

ここで JFib は普通の Java クラスであり、fib(int n) と ffib(long n) の 2 つのメソッドが定義されているものとする。シグニチャ定義の先頭のアットマークは、adaptee() メソッドが返す Java オブジェクトのメソッドを呼び出すことを意味する。既存の Java ライブラリを AshScript で利用する場合は AdapterBase を拡張したラップクラスを作成する方法が良い。第 4 節で述べる AshFX は JavaFX のクラス群に対して AdapterBase をラップクラスとし、さらにいくつかのメソッドを追加する形で実装した。

- 外部 Java クラスの実行時動的ロード

次の 2 つの組込み関数を使用して、ラップクラスを作ることなく AshScript の中で既存の Java クラスを利用することもできる。

```

def defClass (cname:String, fqcn:String, path:String)
def defMethods (cname:String, signatures:String[])
    
```

対話環境でのこれらのメソッドの使用例を以下に示す。

```

1:> defClass "XFib", "test.JFib", "testbuild"
=> nil
2:> defMethods "XFib", ["fib(n:int):int"; "ffib(n:long):long"]
=> nil
3:> val xfib = XFib.new
=> <XFib: 1000>
4:> xfib.fib(20)
=> 6765
5:> xfib.ffib(50)
=> 12586269025
    
```

ASOS の内部アーキテクチャを表すクラス図を図 3 に示す。2 つのインタフェース AshObjectFactory と AshObject が AshScript におけるオブジェクトの生成と管理の機能を集約している。AshObject は、AshScript オブジェクトの責

務を表すインタフェースであり、メンバー名で値の取得(get)と値の設定(set)を行うメソッドを提供する。AshObjectを実装したクラスのインスタンスは AshScript オブジェクトの実体であり、クラス定義に従って作られた複数のメンバーの名前と値の対を保持している。メンバーの値はデータまたは関数である。AshObjectFactory は、AshScript クラスのインスタンス生成とメンバーメソッドのシグニチャ報告の責務を定義する。この責務を実装するクラスは対応するオブジェクトを生成可能でなければならない。ASClassDef と JClassDef の 2 種類の実装クラスがある。ASClassDef は AshScript のクラス定義文を評価した結果作られる。JClassDef は組み込みクラスのインストールによって作られる。

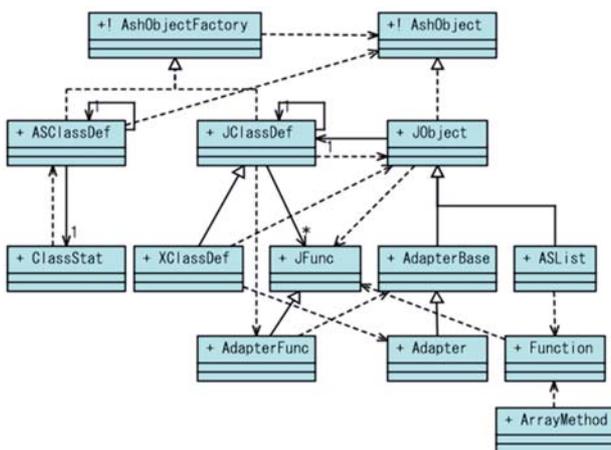


図3 ASOS の内部アーキテクチャを表すクラス図

3.6 シェルコマンドとのインタフェース

Unix 系の各種 OS はテキストファイル进行处理するための豊富な機能をコマンドとして提供している。テキスト処理を行うコマンドの多くはフィルタと呼ばれ標準入力からのテキストデータを処理し結果を標準出力に出す。フィルタをパイプで連結することによって複雑なテキストデータの処理が少ない記述量で極めて簡潔に記述できる。これらのコマンドはコマンドラインから実行できるだけでなくシェル言語から呼び出すこともできる。シェル言語は基本的なモジュール化機能と制御構造をもちコマンドを基本要素としたプログラムを作成することができる。このプログラムはシェルスクリプトと呼ばれている。ユニケースの開発手法はいくつかのコマンドを追加することによってシェルスクリプトで業務アプリケーションの開発も可能であることを示した[8]。

フィルタの多くはテキストファイル进行处理の小さな機能を提供しているが、Java や Ruby などの各種言語処理系のコマンドや git や svn のような版管理のコマンドは多くのオプションをもち、コマンドラインから使いこなせるようになるには熟練を要する。そのためにこのように高機能のコマンドは GUI 等のインタフェースを付けて利用することが多い。

AshScript はソフトウェアプロセスを支援するツール類の作成を容易にすることを目的としている。そのためにシェルコマンドを式と文のレベルで AshScript に組み込むことにした。式のレベルでの組み込みは多くのシェル言語の記法にならってバッククオートでコマンドを囲う形式(シェル式)をとる。文のレベルでは行頭にアットマークを付けることでその行の文字列をシェルコマンドとして扱う。AshScript からシェルコマンドへ渡すデータは AshScript の変数名をシェルコマンドの中でダラー参照(\$name)する形式とした。シェルの評価結果は標準出力への出力を文字列配列として返す。シェルコマンドの実行時エラーは例外として処理する。シェルコマンドを利用したプログラムの例を Code.4 に示す。

Code.4 シェルコマンドを利用したプログラムの例

```

1: def mkpatch(args:String[]) {
2:   val date = Date.new.to_s("%y%m%d_%H%M")
3:   val tempdir = "temp" + date + ""
4:   val time = args[0]
5:   val dirs = (args.size>1)?args.subarray(1):["."]
6:   val patchname = dirs[0] + date + ".zip"
7:   val target = dirs.join(" ")
8:   @mkdir $tempdir
9:   for file : `find $target -type f -mtime $time` {
10:    try {
11:      @cp -p $file $tempdir/$file
12:    } catch e {
13:      puts e.type + " --- " + e.message
14:    }
15:  }
16:  @cd $tempdir
17:  @zip -z -f $patchname *
18:  @mv -f $patchname ..
19:  @cd ..
20:  @rm -fr $tempdir
21: }
22: if ARGV.size > 0 { mkpatch ARGV }

```

このプログラムは指定された時間内で修正されたファイル群からなる zip 形式のパッチファイルを作成するプログラムである。コマンドラインから指定したパラメータは配列変数 ARGV で参照できる。9 行目がシェルの例である。ここでは find コマンドを使って指定した時間以内に更新されたファイルの一覧を取得している。8 行目、11 行目、16 行から 20 行までがシェルコマンド文である。

src/の下で 12 時間以内に変更・生成したファイルのパッチファイルを作成するには以下のようにこのプログラムを呼び出せば良い。

```
~> mkpatch.as src -12h
```

3.7 プログラミング支援機能

プログラミングを支援するための支援機能を AshScript と次節で述べる AshFX を使って開発中である。現在、プログラムファイルのブラウザ、リフレクションの機能、文字列検索機能、スクリプトの部分評価機能、モデリングツールや GUI ビルダの実現基盤としてのノード編集ライブラリなどの開発を進めている。

3.8 動的プログラミング機能

スクリプトコードを実行時に評価・実行するために以下の 3 つの組込み関数を提供している。

a) `def eval(code:String):Object`

code 文字列を現在の環境で評価・実行する。この機能は厳密には関数ではなく言語処理系に組込まれている。

b) `def evalAtTopLevel(code:String) :Object`

code 文字列をトップレベルの環境で評価・実行する。

c) `def addCode(target:ASObject/ASClassDef, code:String)`

指定した AS クラスまたは AS オブジェクトに対して code 文字列を評価実行する。この関数を使えば AS クラスや作成済みの AS オブジェクトへのメソッドや変数の追加が行える。

3.9 デバッグ支援機能

デバッグ支援機能として `assert` 文、`trace` 文、`probe` 文を提供している。`assert` 文はプログラム実行中の不変条件を記述する。`trace` 文はプログラム実行中の変数値の値を表示する。`probe` 文はスクリプト内でのスタックトレースを表示する。またインタプリタ起動コマンドのオプションとして、`syntax` と `call` があり、構文解析結果の確認、プログラム実行中のメッセージシーケンスのトレースが可能である。

3.10 リフレクション機能

現在の実行環境における各種オブジェクトのメタ情報を取得するための組込み関数が提供されている。メタ情報としては、名前とそれが示すオブジェクトの型、組込み関数・クラスのシグニチャ情報、AS 定義関数・クラスのシグニチャ情報がある。

3.11 DSL の核言語としての AshScript

ドメイン特化言語は実装方法によって内部 DSL と外部 DSL に分類される。記述対象の特性に応じて実装方法を選択すべきである。内部 DSL の実装には、高い拡張性をもった言語機能が必要であり、Java 言語をホスト言語とする場合、JRuby や Groovy、Scala などの JavaVM 上の言語を使うことが多い。

AshScript は、これらの言語ほど高い拡張機能はないが、非常にコンパクトな実装になっているので、AshScript の言語仕様そのものを拡張し、アプリケーションの一部として組み込むような利用方法が可能ではなからうか。すなわち外部 DSL を開発するための核言語として AshScript を活用することができるのではないかと考えている。

4 AshFX の開発

JavaFX は Java 言語環境における GUI プログラミング用のスクリプト言語としてスタートしたが、JavaSE7 より Swing に代わる GUI プログラミングライブラリと位置付けられた。GUI プログラムの記述性という点では後退しているが、Java アプリケーション開発で利用できる道を開いたことにより、利便性は向上したと言えるだろう。

AshScript では、JavaFX を利用した GUI プログラミングを可能にし、AshScript 開発環境の充実を図るべく、ASOS を使用して JavaFX のクラスライブラリを AshScript の組込みクラスとして利用できるようにした。この AshScript の GUI ライブラリを AshFX としてまとめた。

AshFX の開発においては、単に JavaFX のクラスをラップするだけでなく、利便性の向上を目指して API の再設計を行い、サンプルプログラムや AshScript のプログラミング支援環境の作成を通じて API の改善を図った。JavaFX のクラスの中から利用したいクラスを厳選し、これらの JavaFX クラスの API を拡張して AdapterBase クラスを継承したクラスでラップし AshScript に組み込んだ。そして AshScript でこれらのクラスを利用した GUI アプリケーションを作成した。JavaFX のサンプルプログラムである Java プログラム 20 本を、AshFX で書き直したところ、平均 3 分の 1 程度のコード量で記述できた。この過程で、ASOS の仕様そのものも洗練することができた。

図 4 は JavaFX の RadioButton のサンプルプログラムの画面イメージである。これを AshFX を使用して書き直したプログラムを Code.5 に示す。



図 4 RadioButton のサンプルプログラムの画面

第 3.5 節で述べたように Java クラスライブラリを組み込むためのコストは、メソッドのシグニチャの定義だけである。AshFX の開発では JavaFX クラスのメソッドに加えて独自のメソッドを追加した。本稿執筆時点では、JavaFX の javafx 以下のパッケージ群に対して、これらを再設計した AshFX クラスライブラリの規模は、75 クラス、910 メソッド、4.9KLLOC となっている。JavaFX クラスのメソッドをそのまま利用しているメソッドは 469、拡張したメソッドは 441 であり、拡張メソッドのコード量は平均 10LOC 程度となっている。

Code.5 RadioButton サンプルプログラム(AshScript 版)

```

1: require "afxbase.as"
2: class TestRadio extends AfxBase {
3:   def initialize() {
4:     STAGE.title("RadioButton Sample").width(240).height(160)
5:     setRoot createRadio()
6:   }
7:   def createRadio() {
8:     val spec = `[
9:       ["Home", ASHFX.image("icons/Home.jpg")]
10:      ["Calendar", ASHFX.image("icons/Calendar.jpg")]
11:      ["Contacts", ASHFX.image("icons/Contacts.jpg")]
12:     ]
13:     val names = spec.map(selector(0))
14:     val imageMap = Map.new(spec)
15:     val iconbox = HBox.new.pad(4, 2)
16:     def radioChanged(name) { iconbox.set(imageMap.get(name)) }
17:     val group = Radio.new.group(names, 0, radioChanged)
18:     val radios = group.map(fun(rb) { Radio.new(rb) })
19:     radios[0].onChange fun(newv, oldv) { puts oldv + " -> " + newv }
20:     radios[1].onAction fun() { puts "radios[1].onAction() called." }
21:     HBox.new(VBox.new(radios).space(6)).add(iconbox).space(20).pad(20)
22:   }
23: }
24: def createScene() { TestRadio.new() }
25: AshFX.new.launch()

```

5 ESP の実践経験からの考察

5.1 ESP はどのようなソフトウェア開発に効果があるか

ソフトウェアプロセスは開発するソフトウェアの特性に応じて設計すべきものであり、それを抜きにして良し悪しを議論することは意味がない。本稿では、要件と実装技術の双方に解決すべき課題をもち、長い期間をかけて開発と拡張を継続する必要があるソフトウェア案件を扱うソフトウェアプロセスを対象としている。実装技術の課題を、試行錯誤を含む探索的プログラミングによって解決し、その成果を中間レイヤで再利用可能な部品として整備する。各種技術課題に対応した部品群をアプリケーションの問題領域を記述する DSL に組み込み、この中間レイヤをアプリケーション構築の基盤となる抽象マシンとする。問題領域に適合した抽象マシンを構築できればアプリケーション開発は要求内容の分析と高レベルでの記述に集中でき、記述量は数分の 1 に低減できるのではないかと考えている。

5.2 ESP における DSL の役割

DSL の開発は ESP の中でアーキテクチャとプロセスの両方の観点から要になる。アーキテクチャの観点からは DSL がアプリケーション構築の基盤となる抽象マシンであるからであり、プロセスの観点からはアプリケーション要求をインクリメンタルに開発する基盤となるからである。

適切に設計されたライブラリは初歩的な DSL と考えて差し支えない。しかしより高い記述性を追求すると独自の言語が欲しくなる。これまで数えきれない言語が考案・設計・実装されてきたが、実用的なアプリケーションの開発に利用され続けている言語はこの中のごく一部の言語だけである。新しい言語を提案することには批判もあるが、アプリケーション全体の規模の数分の 1 程度で DSL を実装できるのであれば、そのアプリケーションの問題領域ごとにそのアプリケー

ション専用の独自の DSL を開発することは経済的にも理に合った開発方法論であると考えている。今回 AshScript と AshFX の開発を行った実績データから DSL 開発のコストは言語の核部分の開発で 5KLOC/500H、拡張ライブラリの開発で 5KLOC/200H 程度であった。実用的な DSL を作ることは上級レベルのソフトウェア技術者であったら当然習得すべき技術であり、ある程度の規模のアプリケーション開発を行う際には、開発の計画段階で DSL の導入を検討すべきと考える。これが ESP のスタートとなる。

5.3 他のソフトウェアプロセスモデルとの関係

ESP は規範的な開発プロセスとアジャイル開発プロセスを融合したものとイえるだろう[9]。中間レイヤに位置付けられるベースラインアーキテクチャと DSL の確立までは実装方法の検証を目的としたプロトタイピングで補完されたインクリメンタル開発が適しているように思う。ここまでは規範のプロセスによって計画的に進めるべきと考える。

要求内容が明確に定義されておらず変更要求への柔軟な対応が求められるアプリケーション機能の実現は、動作するソフトウェアをインクリメンタルに開発しユーザのフィードバックを得ながら要求に合致した機能を作り込んでいくアジャイル開発手法が得意とする領域である。Web アプリケーション開発はその典型的な例である。Java に対する Struts, Ruby に対する Ruby on Rails, Scala に対する Lift は、それぞれの言語環境での Web アプリケーションのサーバサイド開発フレームワークであり、中間レイヤに位置付けられる。一方 JavaScript と jQuery はクライアントサイドの Web アプリケーション開発の DSL と位置付けられる。サーバサイドとクライアントサイドでの汎用性の高いフレームワークや DSL の整備とアジャイル開発手法が、膨大な需要のある Web アプリケーション開発を支えている。ESP の典型的な成功例と言えるであろう

6 おわりに

はじめでも述べたように著者は Java によるソフトウェア開発の教育を行うプログラミング環境 Ash の研究・開発を行ってきた。Ash の研究・開発のこれまでの成果物としては、ソフトウェアプロセスを支援するツールやそれらのツールを連携させる仕組み、GUI 構築のための基盤ライブラリ、ソフトウェアプロセスの成果物やプロセス改善のためのデータを記録し分析するための永続的データ管理用ライブラリ (EntityStore)、ソフトウェア開発におけるグループワークを支援するツールを実現するための双方向通信ライブラリ (NSBroker) などがある。そして本稿ではプロセスプログラミング言語 AshScript について報告した。AshScript はこれまで開発した上記の成果物を利用してソフトウェアプロセスを支援するツールやシステムを効率よく開発するための言語であり、Ash の中ではソフトウェアプロセスを支援する

ための DSL と位置付けている。

Ash はユーザインタフェース、永続的なデータの管理、協同作業を支援する双方向通信機能を融合して実現されるアプリケーション領域を対象とした開発環境とみることができる。これまでの一連の基盤ライブラリの開発と、これらの基盤ライブラリを部品としこれらを組み合わせてアプリケーションを記述する言語 AshScript の完成によって、ESP に基づいてソフトウェアプロセスを支援するアプリケーションをインクリメンタルに開発する基盤を構築できたと考えている。

これまでの報告でもわかるように、これまでの Ash の開発は、ソフトウェアプロセス支援という問題領域を分析し、その問題領域の部分問題を解決する部品群をライブラリとして整備し、これらの部品群を 1 つの言語で統合する——これらの一連の探索的なプロセスによってアーキテクチャベースラインまでたどり着いた段階にある。

現在、AshScript と AshFX を用いて、AshScript プログラミング環境を開発中である。比較的小さな機能をインクリメンタルに開発し、その成果物を取り込みながら環境そのものを成長させている。これも ESP の特徴になるだろう。

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] 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.
- [7] 千葉滋, 「2 週間でできる! スクリプト言語の作り方」, 技術評論社, 2012.
- [8] 富仲寛哲, 他, 「ユニケーj原論」, 有限会社ユニバーサル・シェル・プログラミング研究所, 2010 年.
- [9] Roger S. Pressman, 「実践ソフトウェアエンジニアリング」, 西他訳, (株) 日科技連出版社, 2005.

付録 AshScript の文法

- AshScript の構文のBNF表記

```

program : { member ( ';' | EOL ) }
member : ( defclass | def | defshell | defvar | statement )
defclass : [private] class ID [extends ID] classbody
classbody : '{' [member] { ( ';' | EOL ) [member] } '}'
def : [private] def ID paramlist [typetag] block
defshell : defshell ID paramlist shellblock
shellblock : '{' [COMMAND] { EOL [COMMAND] } '}'
paramlist : '(' [params] ')'
params : param { ',' param }
param : ( ID [typetag] ['=' expr] | '[' params ] )
defvar : [private] ( var | val ) var { ',' var }
var : ID [typetag] ['=' expr]
typetag : ':' typedef { '/' typedef }
typedef : ( ID { '[' ] } '[' ID { '/' ID } )
statement :
  ( block
  | if expr ( control | simple
              | block [elseif expr block] [else block] )
  | switch expr '{' { (case elements|default) block } '}'
  | while expr block
  | for ID ':' expr block
  | try block { catch [(SYMBOL | array)] ID block }
              [finally block]
  | '@' COMMAND
  | control
  | simple
  )
block : '{' [member] { ( ';' | EOL ) [member] } '}'
control : ( break | continue
           | return [expr]
           | throw SYMBOL [expr]
           | exit [ expr ]
           )
simple : expr [args]
args : expr { ',' expr }
expr : factor { OP factor }
factor : '-' factor | '!' factor | primary

```

```

primary : ( fun paramlist block
           | '(' expr ')'
           | expr '?' expr ':' expr
           | array
           | SYMBOL | ID | NUMBER
           | STRING | CHAR | REGEX | SHELL
           ) { postfix }
postfix : '.' ID | '(' [args] ')' | '[' expr ']'
array : ( '[' [elements] ']'
         | '[' ( '(' { expr } ')'
               | '[' { expr { ',' } } ']'
               | '{' { expr { ':' } } '}'
         )
elements : expr { ',' expr }
OP : ( '=' | '+=' | '-=' | '*=' | '/=' | '%='
      | ':' | '?' | '||' | '&&' | '==' | '!='
      | '<' | '<=' | '>' | '>=' | '~' | '!~'
      | '..' | '...'
      | '+' | '-' | '*' | '/' | '%'
      )

```

- AshScript の語彙の正規表現 (エスケープ文字は省略)

```

COMMENT : #.*
SYMBOL : '[A-Z_a-z0-9]+'
ID: [A-Z_a-z][A-Z_a-z0-9]*
NUMBER : (0x[0-9a-fA-F]
          | [0-9]+(¥.[0-9]+)?([eE](¥+|-)?[0-9]+)?)
STRING : ".*"
CHAR : ¥([^\$s]|¥[stn]?)
COMMAND : .*
SHELL : `[^`]*`
REGEX : %/.*%/1

```

専門職大学院における 3D CAD 教育の試みの評価

網代 剛¹⁾ 村田 桂太¹⁾

A Valuation of Trial Education Program of 3D CAD at Professional School

Tsuyoshi Aziro¹⁾ Keita Murata¹⁾

Abstract

The authors evaluate a trial of an education program, performed for achieving the competences of 3D product design in the period of 3D printer's movement at a professional school of innovation design. The program is designed for achieving not only some operation of CAD software but also evaluating and designing 3D surface and shape of products. By the research for learners of this program, the purpose of learner and the authors would be approximately equaled. But some issues also would be remained

Keywords: 3D printer, CAD, education, innovation, professional school

1 背景

今日、3D プリンタは、それまでの大学や企業の研究機関における研究的な用途だけではなく、より広範な可能性を期待されつつ、社会に浸透しはじめている[1]。3D プリンタは、ロジャーズ[2]の言う普及期に入ったとみてよいだろう。本稿では、こうした技術の変化を、ものづくり分野における専門職大学院において、どのように教育に取り入れてゆくべきかについて考察する。はじめに、3D プリンタの普及がものづくりに与える影響を想定する(図1参照)。

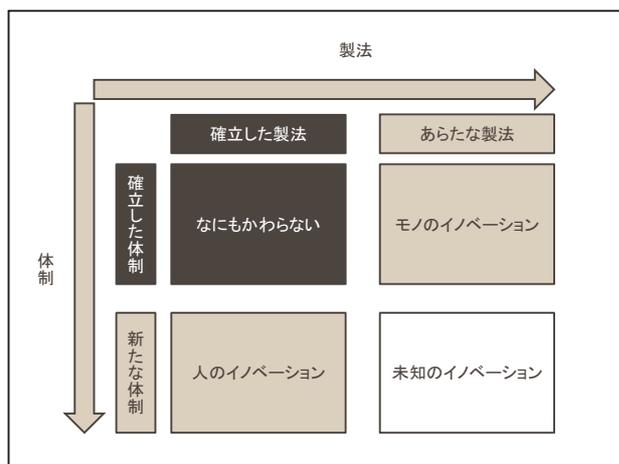


図1: 3D プリンタの影響の方向性

図1は、3D プリンタの普及のものづくりへの影響を2つの方向で考察したものである。ひとつの方向は「生み出される製品への影響」であり、いまひとつの方向は「ものづくり体制への影響」である。前者は、これまでラピッドプロトタイプングの手段として用いられてきた3D プリンタを、製品の製造工程に用いることで、新たな製品を生み出そうという方向である。例えば医療器具や機械電子部品、あるいは玩具などがこれに相当する[1]。後者は、3D プリンタおよびCADの普及によって、意匠や機能の設計の専門家ではない人材が、意匠や機能の設計に関与してくることで、ものづくりのプロジェクト体制が変容してゆくだろうというものである。両者の関係は、優劣を論じるべきものではなく、どちらの方向から、イノベーションにアプローチしてゆくかの手順の違いである。ただし、教育の手法は大きく異なる。前者は、既に既存の技術を熟知した学習者を対象として、3D プリンタという新たな技術をどのように用いるかを探索することが主題となり、教育の技法としては、発想法(高橋誠)などを用いた、言うなれば「発明・研究」型と言えらるものとなる。一方後者は、3D プリンタはもちろん、プリントするデータを作成する技法についての知識や技能を持たない学習者を対象として、知識や技能の獲得に加え、必ずしも共通の知識の基盤を持たない環境下で、効率的な情報伝達および改善策の策定ができる能力の育成が主題となり、教育の技法としては、構成主義的学習観[3]に基づいたカリキュラムを用いる「計画・育成」型と言えらるものとなる。

Received on 2013-10-17

¹⁾ 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

2 講座の概要

筆者らは、1 節における後者（3D プリンタがものづくり体制を変容させる）の方向に即し、表 1 のような講座を計画・実施した。出席者数の推移は図 2 の通りである。

表 1：講座の概要

名称：デジタルデザイン特別演習（産業技術大学院大学・夏季特別講座）
受講者：産業技術大学院大学在学者
学内における公募による 29 名
平均年齢 34 歳
期間：2013 年 8 月 27 日～9 月 26 日（平日夜間・全 16 回 / 演習 1 単位に相当）
学習目標：
（ア）3D CAD ソフトの操作の演習（3D CAD ソフトの特性の理解、3D CAD を用いた製図法の理解）
（イ）3D プリンタを用いた立体の出力（3D CAD で制作された立体の評価法の理解）
（ウ）3D プリンタで出力された立体の撮影（3D CAD で制作された立体の評価法の理解）

3. CAD ソフトの操作を身につける
4. 最新の技術にふれてみる

Q1-2：あなたの受講前の能力（自己評価）

1. 意匠デザインを評価できる
2. 意匠デザインができる
3. CAD ソフトが操作できる
4. 三次元の製図ができる
5. 二次元の製図ができる
6. まったく経験なし

Q1-3：あなたの受講後の能力（自己評価）

1. 意匠デザインを評価できるようになった
2. 意匠デザインができるようになった
3. CAD ソフトが操作できるようになった
4. 三次元の製図ができるようになった
5. 二次元の製図ができるようになった
6. まったく経験なし

Q2：講座は面白かった？（面白い・面白くない・ノーコメントからの 3 者択一）

Q2-1：講座に一言でタイトルをつけると（自由記述）

Q2-2：感想・コメント（自由記述）

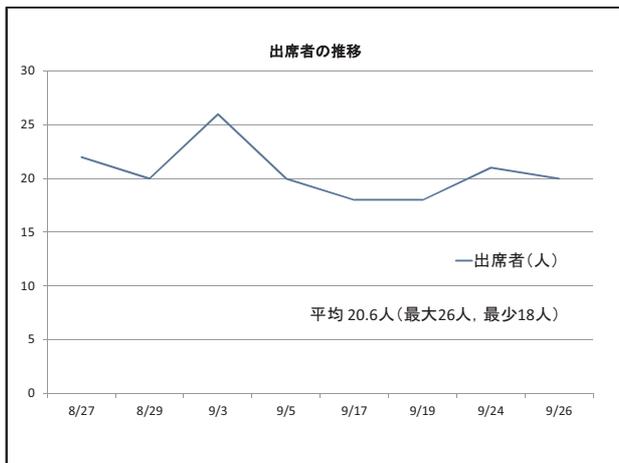


図 2：出席者の推移

3 調査方法

全 16 回の演習修了後、受講生に表 2 のような質問紙による調査を実施した。調査は 2 つの大項目からなり、Q1 は、受講者に目的の達成を問うものであり、Q2 は、講座の印象を問うものである。

表 2：質問紙の内容

Q1：目的は達成できたか？（5 段階評価 / 1 が最低、5 が最高）

Q1-1：当初の受講目的

1. 意匠デザインを評価できる能力を身につける
2. 意匠デザインができる能力を身につける

4 調査結果

調査結果は、表 3、表 4 の通り（単位はいずれも人）、および表 5、表 6 の通り（単位はいずれも回）である。

表 3：Q1, Q1-1, Q1-2, Q1-3 の集計結果

回答	Q1	Q1-1	Q1-2	Q1-3
1	0	1	1	3
2	1	3	3	2
3	0	12	9	12
4	10	3	0	2
5	8	3	0	0
6		3	0	0
計	19	19	19	19

表 4：Q2 の集計結果

面白かった	17
つまらなかった	0
ノーコメント	0
N/A	2
計	19

表 5：Q2-1 頻出語

できる	3
CAD	2
ライノセラス	2

なる	2
レンダリング	2

表 6 : Q2-2 頻出語

良い	10
できる	7
ある	5
なる	5
勉強	5
ライノセラス	4
機会	4
三次元	4
使う	4

5 考察

調査結果に考察を加える。受講者に目的の達成を問う Q1 は、高評価の 4 および 5 の合計が全 19 件中、18 件（表 3 参照）であり、講座の印象を問う Q2 は、面白いが全 19 件中、17 件（表 4 参照）であり、目的達成および印象の双方において、概ね受講者からは、良好な評価を得たと判断して良い。

まず目的の達成について詳細に見てゆく。図 3 は、横軸に受講者が当初持っていた目標 (Q1-1, 表 3 参照)、縦軸に受講後の能力の自己評価 (Q1-3) を取り、両者を対比したものである。

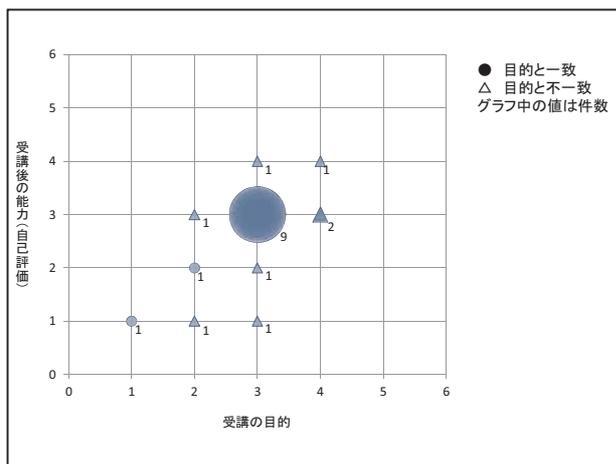


図 3 : 受講の目的と受講後の能力の対比

受講の目的と受講後の能力の自己評価が一致している事例は 11 件であり、そのうち、受講の目的 (3 : CAD ソフトの操作) と受講後の能力の自己評価 (3 : CAD ソフトの操作) が一致している事例が 9 件と最多であった。このことから、受講者の多くは、CAD ソフトの操作方法の修得を望んでお

り、講座は受講者の希望に良く応えたといつてよい。図 4 は、横軸に受講者の受講前の能力の自己評価 (Q1-2, 表 3 参照)、縦軸に受講後の能力の自己評価 (Q1-3) を取り、両者を対比したものである。

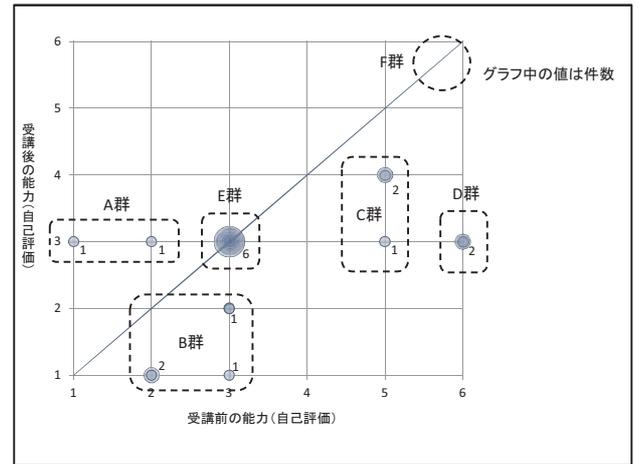


図 4 : 受講前と受講後の能力 (自己評価) の対比

図 4 では、回答の事例を複数の群に分けて考察する。A 群は、受講前の時点で既に、意匠デザインができるまたは評価できる能力を持っており、講座によって、CAD ソフトの操作を身につけたと自己評価した群である。B 群は、既に CAD ソフトの操作技能は持ってあり、講座によって、意匠デザインができるまたは評価できる能力を獲得したと自己評価した群である。C 群は、既に二次元の製図の能力は持ってあり、講座によって、CAD ソフトの操作を身につけたと自己評価した群である。D 群は、まったくの未経験からはじめて、講座によって、CAD ソフトの操作を身につけたと自己評価した群である。E 群は、講座開始時に、既に CAD ソフトの操作技能は持ってあり、講座によって、CAD ソフトの操作を身につけたと自己評価した群であるが、F 群 (講座によって何も変わらなかった群) に該当する事例がないことから、講座によって、CAD ソフトの操作技能の向上を感じることができた群であると推察できる。

一方、講座の印象については、Q2-2 における自由記述について、形態素解析および共起関係分析 (茶筌) を実施した (図 5 参照)。α 群は、講座における具体的な学習内容について記述された群であり、「良い」や「勉強」から多数のノードが伸びており、「PBL」「成果」などへのノードも確認でき、レンダリングやモデリングなどをマスターし、造形や立体などを勉強し、PBL などに役立てたいというような意識が読み取れる。β 群は、「三次曲面」、「構成」、「構造物」といった、やや抽象度の高い概念について記述されており、γ 群は、「社会人」、「機会」といった講座の日程に関する記

述であると解釈できる。

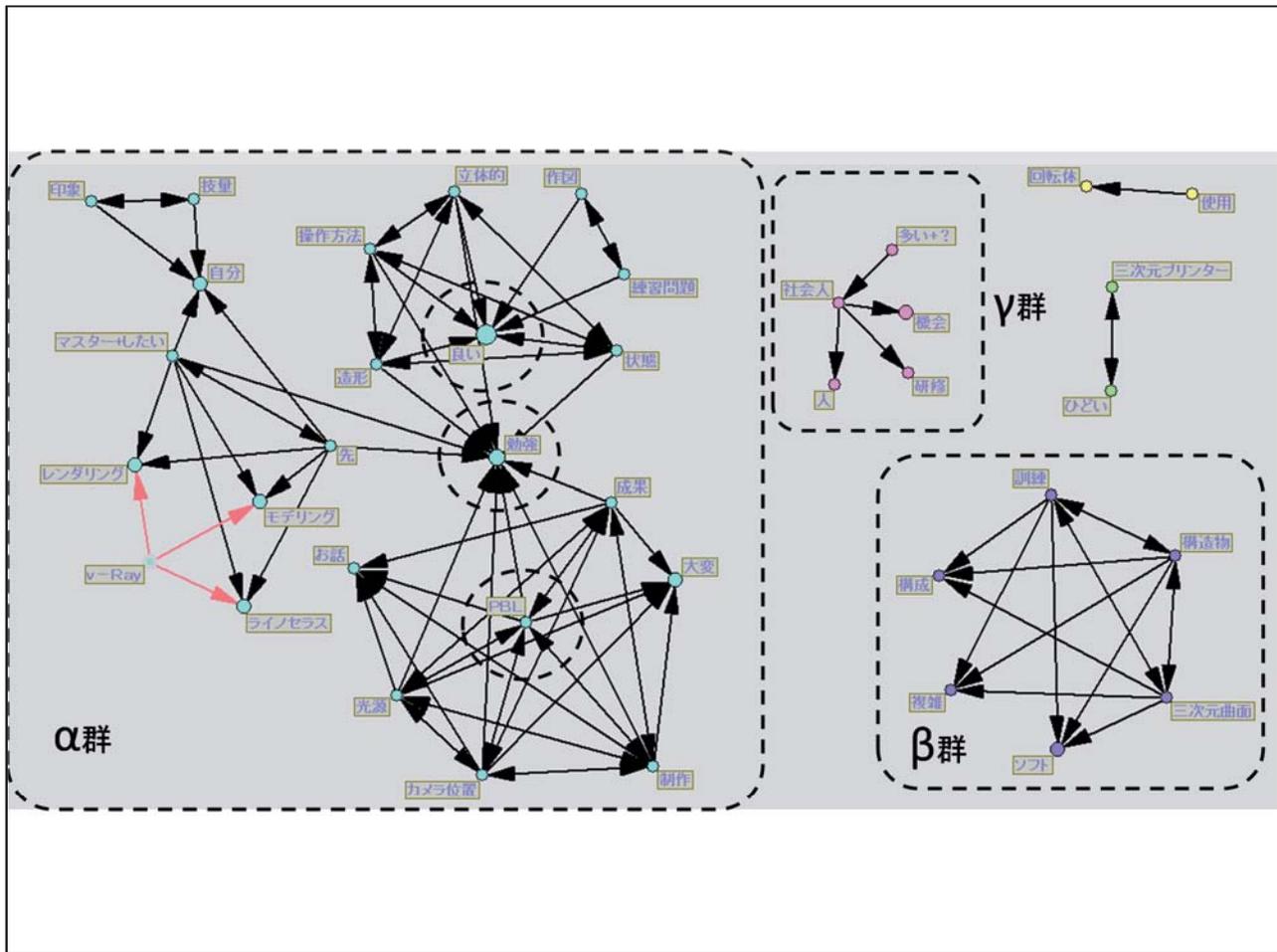


図5：Q2-1（自由記述）の共起関係分析

6 今後の課題

このように、受講者の目的達成および技能の向上に対して、講座は有効に機能し、また受講者の関心も、具体的な学習内容に即したものとなっていると判断できる。しかし、学習目標（表1参照）に記したように、3Dプリンタによるものづくりのプロジェクト体制が変容しゆく環境下では、単にソフトの操作方法身に着けただけでは、イノベーションをけん引するリーダーにはなりえない。単にソフトの操作にとどまらず、立体的の評価方法、具体的な改善策や複数の代替案を提案するためのデザイン技能（Q1-1における回答1または2）に受講者の意識を向けさせる（具体的な指標としては、表6におけるC群、D群、E群を、A群、B群の方向へ誘導する）ための動機づけ、およびそのような能力を効率的に育成できるカリキュラムの設計・開発が今後の課題である。

参考文献

- [1] C.アンダーソン. メイカーズ. NHK 出版. 2012.
- [2] E.M.ロジャーズ. 青池訳イノベーション普及学入門. 産能出版. 1989.
- [3] J.S.Bruner, The process of Education, Harvard University Press, 1986.

SNS の感情分析をトリガーにしたウェアラブルカメラによる プライバシー侵害の要因分析

嶋田 茂¹⁾

Factor Analysis of Privacy Invasion caused by Wearable Camera based on SNS Emotion Analysis

Shigeru Shimada¹⁾

Abstract

Opinion to fear the invasion of privacy by the camera of wearable computer equipment is getting increasingly, the convenience could be denied. And we attempt to trigger the emotion analysis of SNS for products that are expected to market in the near future, to analyze the cause of the invasion of privacy. In view of negative feedback obtained from emotion analysis You Tube articles on Google Glass, we developed a new method to identify causes of privacy invasion, by clustering and classification of words frequently appearing in opinion, which point out privacy invasion, and by determining frequency of occurrence of each clusters.

Keywords: Privacy Invasion, SNS, YouTube, Emotion Analysis, POMS, ANEW

1 はじめに

1.1 背景

Twitter や Facebook に代表される SNS の最近の傾向として、テキスト主体の投稿から、写真やビデオ等のマルチメディアを主体とした投稿の割合が増加しており、今後増々その傾向が強くなると予想される。例えば、Facebook で画像が含まれる投稿数は、2012 年には 1 日 3 億件に達し[1]、今後この割合は急速に増加する傾向にある。このような状況下では、従来のスマートフォン搭載のカメラを用いて投稿するよりは、Google Glass に代表されるようなウェアラブルデバイスに装備されたカメラ（これを以降ウェアラブルカメラと略称する）を用いて投稿する方が簡便であると考えられ、しかもこのウェアラブルカメラは、ビデオ撮影が常時行われる傾向にある。この常時撮影特性を持ったウェアラブルカメラでは、撮影されていること自体が、被撮影者や他のユーザーから気がつかれにくいことになるため、投稿された画像やビデオがプライバシー侵害を引き起こすことが多くなる。即ち、このようなウェアラブルカメラによる投稿の増加は、プライバシー侵害リスクも連動して高まり、非常に大きな社会問題となることが危惧される。例えば、今後商品化予

定の Google Glass の機能は現時点では制限されているものの、プライバシーとセキュリティが同製品の主要な 2 つの懸念として取り上げられ、バーやカジノでは、製品として市場投入される前に使用が禁止される事態につながっている[2]。また、複数の米連邦議会議員が Google に連名で書簡を送付し、Google Glass が被写体の同意なしに意図せずデータを収集してしまうといった事態の防止策を含め、同製品にまつわるプライバシー上の懸念に関する質問をしている[3]。このように新たなテクノロジーであるウェアラブルデバイスによって利便性が高まる反面、新たな社会問題を引き起こすことが予想される。特にプライバシー侵害等の社会的な影響が大きく、その社会問題の対策コストが利便性よりも大きいと判断される場合には、その機能の普及が制限され、新たに提案される利便性のある製品であっても、その展開が否定されかねないことになる。

1.2 研究目的

研究は、SNS へのマルチメディア投稿記事のプライバシー侵害の要因を探るにあたり、プライバシー関連ワードの出現頻度を主体とした要因分析方式の精度向上を目指すものである。特にウェアラブルカメラのような常時撮影される環境下で、気がつかないうちに撮影された記事が投稿されることによる感情に注目して、その感情分析をプライバシー侵害要因分析よりも先に行い、それをトリガーにして得たプライバシー侵害要因分析の精度向上を図ることを目的とする。

Received on 2013-10-30

¹⁾ 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

以降、2 章で SNS のプライバシーについて述べ、3 章で SNS 投稿記事の分析を行い、プライバシー関連ビデオ記事の抽出手法を提案し、4 章でその手法の評価を行う。

2 SNS 投稿によるプライバシー侵害

2.1 マルチメディア投稿記事のプライバシー侵害の定義

一般に、プライバシー侵害の判定となるプライバシーの定義について既存の文献を調査すると、各国の法律として「個人情報保護法」がある[4] [5]。その内容は、個人情報を管理する立場からのルールが主体であり、個人情報を公開される側の個人の感情や価値観を反映するものではなく、プライバシー侵害判定のための定義とするには不十分である。一方、青柳は、プライバシー侵害を、「個人識別情報」と「不可侵私的領域」が、本人の意思に反して結びつくことであると定義している[6]。ここでは、「個人識別情報」とは、{氏名・性別・生年月日・住所等の個人を識別できる情報}、「不可侵私的領域」とは、{私生活上の領域、一般人の感受性を基準として公開を欲しないと思われる領域、非公知の領域、公開によって当該私人が現実に不快や不安の念を覚える領域}としている。しかし、どこまでが「私生活」なのか、どこを「一般人の感受性」とするのか、異なる価値観を持つ多くのユーザーが集まる SNS においては、なお曖昧性が残る。

2.2 関連研究

ウェアラブルカメラを利用し SNS に投稿する場合に発生するプライバシー侵害に関連する研究はまだ十分行われていないが、スマートフォンによる SNS への写真投稿に付随して発生するプライバシー侵害の発生メカニズムの分析とその保護策であるプライバシー侵害通知サービスが提案されている(町田ら[7])。ここでは、4 年間に及ぶ Twitter 記事のアーカイブから投稿記事に含まれる画像認識とプライバシーセンシティブなワード抽出、及び記事投稿時の時空間情報の解析とを用いて、顕現的プライバシーと潜在的プライバシーに分けられることが提示されている。特に潜在的プライバシー類型では、写真に写されている対象が一見してプライバシー侵害とは言えないようなシーンでも、その対象を記述するテキストやその写真が撮影された時空間情報にプライバシー侵害となるような表現が埋め込まれていることを指摘している。特に写真に写されている対象を記述するテキストには、プライバシー侵害に触れる表現が直接記述されている訳ではなく、間接的な感情表現が多いことが問題となっている。

プライバシーと感情に関連する研究として、Yang Wang らによる Facebook における記事投稿後に起こる後悔の要因分析がある[8]。調査によれば、強い感情が現れている状態で Facebook に投稿するとプライバシーセンシティブ情報を漏洩させる可能性があり、それが投稿後に後悔する原因の一つとして挙げられている。該当論文はインタビュー形式に

よる調査のみで、感情強度をトリガーにしたプライバシーセンシティブ情報を漏洩させたことについて自動抽出する方式までには至っていない。

次に、Huina Mao らによる Twitter におけるプライバシー漏洩記事の抽出と原因分析がある[9]。休暇・アルコール過剰摂取・病気と、強い感情が発生しているシーンを位置情報やフレーズを根拠に 3 カテゴリに分類している。さらに、SVM (サポートベクトルマシン) や Naive Bayes (ナイーブベイズ) を利用し自動分類することにより記事を増やしている。しかし、なぜこれらのシーンに強い感情が出ているかの根拠が不十分である。

3 SNS 記事の分析

3.1 SNS 記事の構成と定義

本稿で分析の対象とする SNS 記事は、製品発売前にもかかわらず注目を浴びているウェアラブルデバイスである Google Glass に関するものである。また、分析対象とする SNS の選考にあたり、Twitter の収集方式はサンプリング形式であり、ある話題に関する一連のコメント全てを取集することが困難であるため対象としなかった。Facebook も、利用規約によりデータ収集に制限がある[10]。そこで、我々は自動収集が可能であり、投稿ビデオに関するすべてのコメントを取得でき、関連する話題の一連の流れを分析対象にすることができる YouTube を選択した。

まず、YouTube への投稿ビデオから音声テキスト化したキャプションに注目し、そのビデオの特性を明確にする。YouTube へビデオを投稿する場合、投稿の主体となるビデオの他に、投稿者の入力情報としてタイトル・概要・カテゴリがあり、自動生成される付帯情報として、キャプション(字幕)・再生回数等がある。また、ビューア(ビデオ閲覧者)の入力情報としてコメント、評価(Good/Bad)等が登録される。

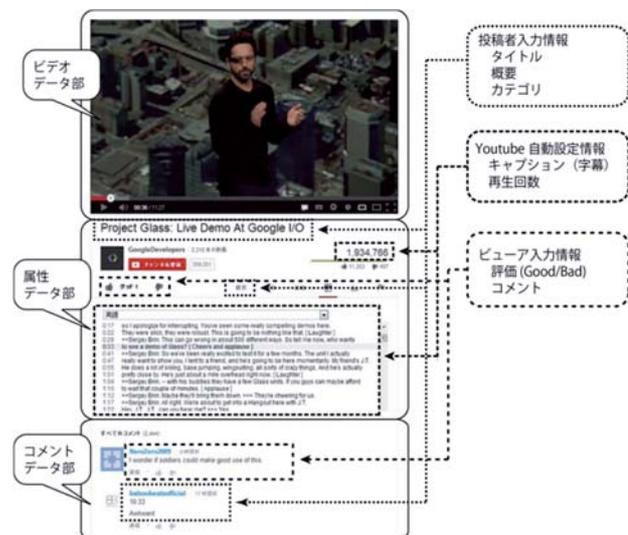


図 1 YouTube のデータ構成

以上の情報は、下記の3つで構成され、これらは互いに関連付けて管理される(図1)。

1. ユーザー間での共有対象となるビデオデータ部
2. その動画概要や音声テキストによる動画を説明する属性データ部
3. 投稿ユーザーや閲覧者が動画に対する所感を入力するコメントデータ部

3.2 分析対象データの収集方法

分析対象とするデータは、過去4ヶ月(2013/06・2013/9)に蓄積されたYouTubeデータアーカイブである。コンテンツを自動収集するためGoogleが提供している『YouTube Data API』を利用する[11]。YouTubeにて検索キーワード『google+glass』でヒットするビデオは約13,800,000件となるが、同APIは、1度で取得できるデータ件数は上位1000件までと制限があるため、一定間隔のポーリング収集を行い、クローリングを行った。また、上位1000件のソート順にも制約があり、指定可能な値は、relevance(関連度が高い順)、published(公開日順)、viewCount(再生回数順)、rating(評価が高い順)の4種類であり、そのうち、publishedを選択することより常にその時点で最新の投稿内容を収集した。収集対象とするデータは、投稿されたビデオ属性データ(コメント数・カテゴリ・投稿者・概要等)、ビデオに対するコメントデータ、YouTubeで自動字幕起こしされたキャプションの3つとなる。収集したデータはファイル管理しており、本稿で利用する為にPostgreSQLデータベースへ格納した。また、分析対象とするビデオは、Google Glassで撮影したビデオそのものだけでなく、製品レビュー・ニュース・製品デモ等のGoogle Glassに関する話題の英語のビデオを対象にしている。日本語のビデオはほとんど収集できないため、分析対象外にしている。

3.3 プライバシー侵害の抽出手法について

SNS投稿に伴うプライバシー侵害の投稿ビデオを抽出するため、キャプションから抽出する方法とビデオに対するコメントから抽出する2つの手法を選択する。プライバシー侵害の抽出条件として、高田らによるPS(Privacy Sensitive)ワードを適用する[12]。

PSワードとは、コメントやキャプションに含まれるプライバシー侵害に抵触するような表現を持つキーワード群である。キーワード群の人為的な選択を排除するため、多量のコメントやキャプションを対象にした統計的な処理によるPSワードの自動抽出を行った。

PSワードの自動抽出方式では、“Privacy”が含まれるキャプションやコメントと、全体のキャプションやコメントの単語出現頻度数と単語とを出力し、適合率を算出する。適合率にソートをかけ、自動抽出された上位形態素から高い適合率の単語をPSワードと定義した。自動抽出された結果のPSワードは表1となる。

表1 抽出したPSワード

キャプション部	コメント部		
privacy	privacy	anarchist	breach
invading	advertiser	copwatching	again
notion	anti-freedom	ingite	explicit
regulation	bacteria	invasion	perversion
invasion	beyond	invade	pick
	dignity	activist	residence
	qualm	socialist	riot
	recruit	authentic	wiretap

PSワードを用いたテキスト主導型分析時のコメントデータを確認すると、プライバシー侵害関連コメントはプライバシーに敏感ではないユーザーの発言に対してプライバシーに敏感なユーザーが指摘をするような傾向が見られた。また、Public(公共)の場合でのプライバシー有無に関するコメントや、プライベート空間(トイレ、自宅)に関するプライバシーを保護したいコメントが多くみられた。更にキャプションを確認すると、Google Glassを皮肉った内容やパロディに関する内容、暴力的なシーンや事故に関するシーンに対してのインタビュー等にプライバシーに関連する内容が多い傾向が見られた。

PSワードによるキャプション及びコメントからのプライバシー関連ビデオの抽出結果は、表2、表3となる。

表2 キャプションからのプライバシー関連ビデオの抽出結果

ビデオ数	キャプション付ビデオ数	PSWが含まれるビデオ数の比率	ビデオの抽出率
6,650	748	12.3%	76.1%

表3 コメントからのプライバシー関連ビデオの抽出結果

コメント数(対応ビデオ数)	PSWが含まれるビデオ数の比率	ビデオの抽出率
170,902(6,650)	6.0%	17.9%

3.4 感情抽出の手法について

表2のようにキャプションからのPSワードによるプライバシー関連ビデオの抽出率は76.1%とある程度の精度が確認できたが、コメントからの抽出率は17.9%と低い。そこで、コメントからの関連ビデオ抽出率を向上させるため、PSワード並びにPSワードの対象から外した適合率の低い単語の中に否定的な単語が多く含まれていることより、プライバシーに触れるビデオは、否定的な内容や強い感情極性の単語を持つコンテンツに多く含まれるという仮説を置いた。

ビデオとコメントを3つの感情(肯定・中立・否定)に分類し、プライバシー関連コンテンツの割合を分析したところ、表4・表5の結果となった。

表 4 分類したビデオの割合

	肯定	中立	否定
ビデオ	38.0%	42.6%	20.4%
プライバシー含有率	0.0%	10.9%	50.5%

表 5 分類したコメントの割合

	肯定	中立	否定
コメント	25.9%	38.6%	35.5%
プライバシー含有率	3.6%	7.2%	8.7%

しかしながら、サンプリングしたビデオの感情分類は人手によるため、主観を排除し、なんらかの客観的指標を定義する必要がある。

3.5 POMS を用いた感情抽出の手法について

まず、我々は心理学で使われる気分プロフィール検査の POMS(Profile of Mood States)の項目を利用した。POMS は気分を表す 65 項目から構成され、それぞれを Anger (怒り), Confusion (混乱), Depression (憂うつ), Fatigue (疲労), Tension (緊張), Vigor (活気) の 6 つの感情因子に分類している[13]。これらの感情因子を否定的なビデオを抽出する指標とし、気分を表す 65 項目の単語を抽出条件として利用した。しかし、65 項目の単語では抽出できるデータが限定的となる。そこで、網羅性と信頼性を向上させるため、自然言語ツール (NLTK) を使って WordNet から同義語を抽出し、対象とする単語数を増やした[14][15][16]。

抽出は感情因子ごとに行い、単語は接辞を取り除くステミングを行った(図 2)。

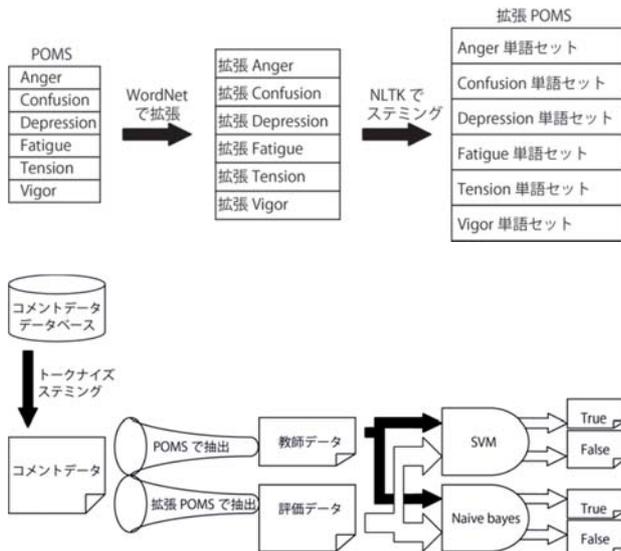


図 2 感情表現の抽出・分類フロー

一方、感情因子ごとの単語数を表 6 に示す。感情因子ごとの 2 値分類には SVM, Naive Bayes の 2 つの分類器を利用した。パターン認識の能力において、最も優秀な学習モデ

表 6 感情因子ごとの単語数

感情因子	POMS の項目	拡張した単語数
Anger	12	87
Confusion	7	76
Depression	9	76
Fatigue	15	130
Tension	7	58
Vigor	8	53
Other	7	—
合計	65	480

ルの 1 つであることが知られている SVM と、同じ教師データを利用した精度比較を行うために Naive Bayes を利用した。又、感情因子ごとに抽出したコメントデータに含まれる PS ワードの含有率を求めた結果が表 7 である。

表 7 感情因子ごとの PS ワード含有率

	SVM	Naive Bayes
Anger	5.10%	1.66%
Confusion	0.55%	2.07%
Tension	2.20%	7.69%
Depression	3.39%	3.82%
Fatigue	2.63%	0.00%
Vigor	3.09%	2.84%

この結果より、Anger (怒り) と Vigor (活気) を Active な思考、Confusion (混乱), Depression (憂うつ), Fatigue (疲労) を Inactive な思考に分類すると、Active な思考に特に PS ワードの含有率が高い。感情の昂ぶりが影響していることが考えられる。

POMS を利用して抽出することにより、コメントデータからのプライバシーに関連するビデオの抽出率は、よりプライバシーに関連する濃度が上がり 52.2%となった(表 8)。又その抽出イメージを図 3 に示す。

表 8 分類器ごとのプライバシー関連ビデオの抽出率

分類器	ビデオの抽出率
SVM	52.2%
Naive Bayes	44.0%

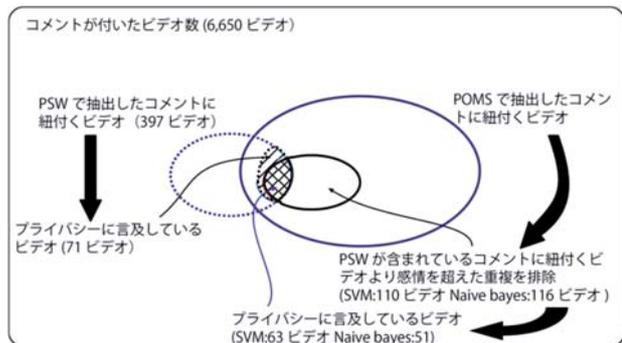


図 3 プライバシー関連ビデオの抽出イメージ

3.6 ANEWを用いた感情抽出の手法について

POMSは医療、看護、メンタルヘルスクエア等での用途となり、新製品に対する感情分析に対しては必ずしも適合しているとは言えない。そこで、英語の標準的な感情表現を評点化したANEW(Affective Norms for English Words)[17]とRussellの円環モデル[18]の組合せを利用して更に分析を行った。ANEWはvalence(誘発), arousal(覚醒), dominance(優位)の3つの次元で評点化された1,034語の単語セットである。Shankar[19]はTwitterへのtweetの内容から投稿者の感情を推し量れるとし、ANEWデータセットを使用し、tweet群を2次元の座標軸に表現することにより感情の可視化に取り組んでいる。

我々はShankarが試みたtweet群の感情を可視化する手順に則り、1) "Google Glass"のビデオに対して投稿されたコメントデータからANEWデータセットに含まれる英単語を抽出、2) ANEWに記載されているvalence, arousalそれぞれの平均値から各コメントを評点化、3) Russellの円環モデル上にプロットをすることで"Google Glass"に対する世間のコメントを感情により可視化した(図4)。

Russell円環モデルによりプロットした感情は、上部の「覚醒」方面に分布が集中しており、Google Glassに対して肯定的な興奮・幸福・喜びを表す「快」感情、否定的な怒りや

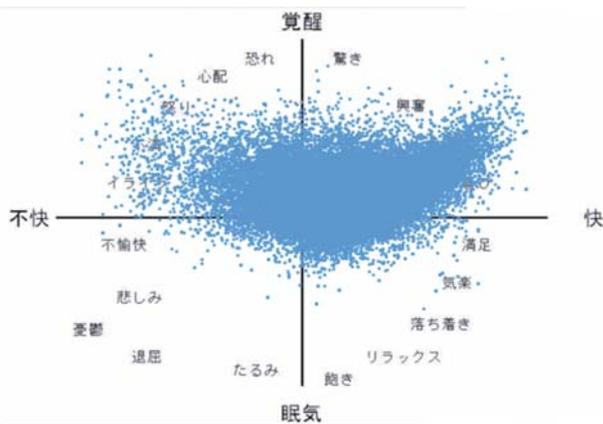


図4 ANEW+Russell円環モデルによる感情の可視化

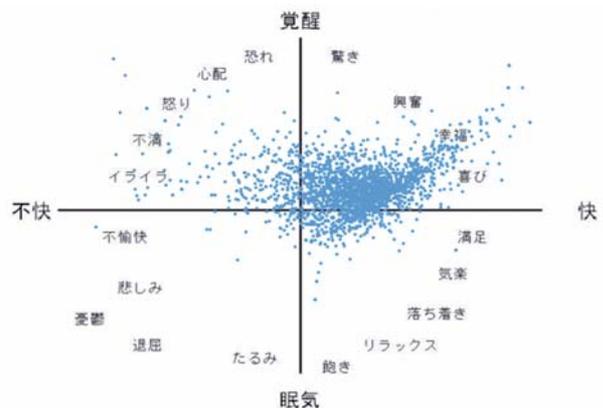


図5 PSワードで抽出したコメントの感情の可視化

イライラを表す「不快」な感情に分布が広がっている。一方、下部の満足を表す「快」感情、不愉快を表す「不快」感情にも分布が広がっていることから、Google Glassに対して様々な感情の抑揚が散布していることがわかる。

「快」感情に分布が偏っている反面、「不快」な否定的な感情にも分布が多い点に注目したい。

更に、プライバシーの特性を分析するため、PSワードで抽出したコメントを感情により可視化した(図5)。これより、肯定・否定の感情よりもActiveな思考にプライバシーに関するコメントが多くみられることが分かった。これは、製品に関する肯定・否定の感情より、その単語の強い感情因子が、プライバシーに関する話題を引き起こす要因と考えられる。

また、プライバシー関連ビデオの抽出結果は、表9になる。こちらは、若干の向上は見られたが、今回のデータ特性においては、ANEWは、製品に対する感の傾向を分析する際に有効であることがわかった。

表9 ANEWを利用したプライバシー関連ビデオの抽出結果

	PSWが含まれるビデオ数の比率	ビデオの抽出率
快-覚醒	4.84%	19.57%
快-眠気	0.06%	0.00%
不快-眠気	0.02%	0.00%
不快-覚醒	0.71%	24.39%

4 評価

4.1 評価の概要

開発したプライバシー関連抽出手法の精度を測定した。具体的には、プライバシー侵害判定の精度を測定することにより、本抽出手法が投稿記事をプライバシー侵害記事であると正しく分類できているかを評価した。評価データには3.3節のプライバシー侵害記事の分析処理結果によってプライバシー侵害定義に抵触していると考えられるプライバシー侵害記事950件を学習データとして用い、図2のフローで抽出したコメント29,348件を実験データとして使用した。

プライバシー関連ビデオの抽出結果である表10より、コメントに表れている感情をトリガーとして利用することによりプライバシー関連ビデオ抽出率が17.9%から52.2%に向上することを確認した。

表10 感情抽出からのプライバシー関連ビデオの抽出結果

コメント数 (対応ビデオ数)	PSWが含まれるビデオ数の比率	ビデオの抽出率
170,902(6,650)	6.0%	52.2%

5 おわりに

SNS 投稿されたプライバシー関連ビデオを抽出するため、PS ワードを適用し、感情因子による分類を行うことにより、プライバシーに関連するビデオの抽出率が向上することを確認した。今後は、分析するビデオ数を更に増やし、SNS 投稿されるビデオの中からプライバシー関連となるシーン映像の抽出精度を更に向上させ、ウェアラブルカメラからの投稿画像に対するプライバシー保護サービスを検討する予定である。

謝 辞

本研究は、平成 25 年度の嶋田研究室所属の次の方々の研究成果を纏めたもので、ここに感謝申し上げる。

奈良 育英, 高田 さとみ, 高田 美樹, 大本 茂史, 岸本 拓也, 周 子胤

参考文献

- [1] Mashable, "Facebook Now Has 901 Million Users", <http://mashable.com/2012/04/23/facebook-now-has-901-million-users/>, (visited on 2013-09-30).
- [2] The 5-Point Café, <http://the5pointcafe.com/>, (visited on 2013-09-30).
- [3] Congress Inquires About Google Glass, <http://ja.scribd.com>, (visited on 2013-09-30).
- [4] Data Protection Act 1998, <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1998/29/contents>, (visited on 2013-09-30).
- [5] Federal Data Protection Act (BDSG), http://www.bfdi.bund.de/EN/DataProtectionActs/Artikel/BDSG_idFv01092009.pdf?__blob=publicationFile, (visited on 2013-09-30).
- [6] 青柳武彦, 日経新聞個人情報保護に行き過ぎ公益との調和と必要プライバシー論議深めよ, 2005.
- [7] 町田史門, 小山貴之, 宋洋, 嶋田茂, 越前功, SNS 写真投稿に起因するプライバシー侵害の類型化とその保護策, 電子情報通信学会 EMM 研究会技術報告, 2012.
- [8] Y.Wang, G.Norcie, S.Komanduri, A.Acquisti, P.Leon, and L.Cranor, "I regretted the minute I pressed share": A qualitative study of regrets on Facebook. SOUPS2011, 2011.
- [9] Huina Mao, XinShuai, ApuKapadia, "Loose Tweets: An Analysis of Privacy Leaks on Twitter", 2011.
- [10] Facebook 利用規約, <https://www.facebook.com/legal/terms>, (visited on 2013-09-30).
- [11] YouTube Data API, <https://developers.google.com/YouTube>, (visited on 2013-09-30).
- [12] 高田さとみ, 小山貴之, 町田史門, 宋洋, 嶋田茂, "SNS 画像投稿時に発生するプライバシー侵害の要因分析", 電子情報通信学会 EMM 研究会技術報告, 2012.
- [13] J.Bollen, A.Pepe, and H. Mao, "Modeling public mood and emotion: Twitter sentiment and socio-economic phenomena," CoRR, vol. abs/0911.1583, 2009.
- [14] A. Pepe and J. Bollen, "Between conjecture and memento: shaping a collective emotional perception of the future," CoRR, vol. abs/0801.3864, 2008.
- [15] NLTK, <http://nltk.org>, (visited on 2013-09-30).
- [16] WordNet, <http://wordnet.princeton.edu>, (visited on 2013-09-30).
- [17] M. M. Bradley and P. J. Lang. Affective Norms for English Words (ANEW): Stimuli, instruction manual, and affective ratings. (Tech. Report C-1), 1999.
- [18] James A. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.39, No.6, pp.1161-1178, 1980.
- [19] SIDDARTH SHANKAR, RAMASWAMY. Visualization of the Sentiment of the Tweets. 2011.

脳波によって音楽体験を創造する製品とサービス「感性選曲」

小川 宗紘¹⁾ 徳永 康介¹⁾ 岩田 昂己¹⁾
辻 浩司¹⁾ 佐久間 正範¹⁾ 越水 重臣¹⁾

The Mind Jukebox, a Combination Product and Service That Creates Musical Experience Based on Brain Waves

Takahiro Ogawa¹⁾ Kosuke Tokunaga¹⁾ Koki Iwata¹⁾
Koji Tsuji¹⁾ Masanori Sakuma¹⁾ and Shigeomi Koshimizu¹⁾

Abstract

This paper summarizes the outcomes of a Project Based Learning (PBL) class, which was given at the Advanced Institute of Industrial Technology (AIIT) during the 2012 academic year. The project called for students to design a new musical experience that uses brain waves. It aimed at creating a music brain map by storing associated pairs of music information and information about the brain waves of the user listening to the music. Based on the data, music is then selected automatically as appropriate for the user's brain wave state. This has been made possible by use of a smartphone application called the Mind Jukebox. Using this system, we intend to create a strong psychological effect as a customer value, namely an efficient selection of the optimal tracks for a user enabled using the user's brain waves to sort through a vast store of music. We also created a prototype brain wave headset and suggested a business model that combined the headset with the smartphone application.

Keywords: Mind Jukebox, Brain Waves, Music Brain Map, Business Model, Music Selection System

1 はじめに

本学は研究型の大学院とは異なり、2年次で行うPBL (Project Based Learning) にて、チーム毎に1年間の課題解決型プロジェクトを行い、コンピテンシーと呼ぶ実務遂行能力を育成することが特色となっている。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的としており、そのような人材を本学では「ものづくりアーキテクト」と呼んでいる。

本稿で紹介する内容は、平成24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型授業科目において実施されたプロジェクトの成果を取りまとめたものである。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，網代剛

学生：岩田昂己，小川宗紘，辻浩司，徳永康介，
佐久間正範

本プロジェクトでは、脳波を使って音楽を整理・蓄積・選曲する製品とサービスを提案する。プロジェクトの実施においては、「ものづくり」と「ことづくり」と「しくみづくり」が三位一体となるようにバランスよく実施することで、イノベーションとなりうる価値創造を目指した。ここで言う、「ものづくり」とはプロダクトの製作を、「ことづくり」とはサービスや体験のデザインを、「しくみづくり」とは製品やサービスを普及させるためのビジネスモデル構築を意味している。教育の観点から言わせてもらえば、プロジェクト遂行の過程において、上記の「もの、こと、しくみ」の全てを一通り体験学習することで、ものづくりにおけるプロデューサー的人材を育成することを狙いとしている。

さらにプロジェクトの期間は1年間と限られている。そこでプロジェクトを円滑に進め、期間内に完結させるためにリーンスタートアップ (Lean startup) [1] と呼ばれるマネジメント手法を導入した。リーンスタートアップでは、必要最低限の機能を持ったプロダクトやサービスを試作し、アーリーアダプターと呼ばれる将来の顧客候補に使用して

Received on 2013-10-10

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

もらう。そして、その評価結果から製品・サービスの改善を行っていく。各ステージにおいて、意思決定を素早く行うことで図1のループを高速で回していくものである。

また、本プロジェクトでは、製品やサービス、ビジネスモデルの開発において、複数の手法を組み合わせ適用したことが特長である。手法を活用することで、プロジェクトメンバーが同じフレームワークで課題を捉えられ共通理解を早めることができる。これにより、プロジェクトを迷走させることなく、効率の良い開発を行うことができたと考えている。取り上げた手法としては、KA法、ラピッドプロトotyping、ビジネスモデルキャンパス、ピクト図解などが挙げられるが、その具体的内容については、次章以降で触れることにする。

以下、2章では「感性選曲」を提案するに至った経緯とそのコンセプトを紹介する。3章では「ものづくり」である脳波センサ内蔵プロダクトの試作について述べる。4章では「ことづくり」である新しい音楽体験をデザインするために開発したAndroidアプリについて紹介し、いくつかの実験結果を述べる。5章では「しくみづくり」である本プロジェクトのビジネスモデルを構想する。そして、6章は結言である。

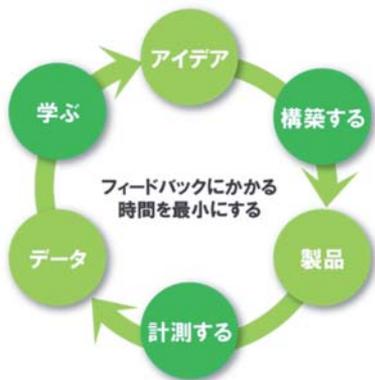


図1 リーンスタートアップの概念図

2 「感性選曲」そのコンセプトの立案

2.1 脳波に着目したプロセス

今回のプロジェクトの出発点は「脳波を用いた製品をデザインせよ」というミッションが与えられたところにある。このミッションはプロジェクトオーナーである主担当教員の越水より提案された。脳波を使用することに至った背景には、低価格化、小型化が進む脳波センサという技術的、産業的コンテキストがあった。当時、脳波センサを使った製品としてnecomimi(図2)のようなものが既に販売されていたが、まだまだ玩具の域を脱しておらず、我々はもう一歩進めて実用レベルの製品を開発するという目標を定めた。

このことから、我々のプロジェクトは「技術シーズ」を起

点とした製品開発と捉えることができる。脳波センサ自体は我々の開発したものではないが、それをコアとして応用開発を進めると考えれば、企業活動における「自社の持つ技術をどうヒット商品につなげるか」という視点でプロジェクトを進めることができる。近年の日本企業、特にメーカー各社は高い技術を持ちながらも、海外の製品に大きく水をあけられている。今回のプロジェクトは日本企業抱える閉塞感を打破するためにはどのような開発スタンスをとればよいかを実験する場であるとも捉えている。



図2 necomimi

(<http://www.thegreenhead.com/2012/07/necomimi-mind-controlled-animatronic-cat-ears.php>)

2.2 音楽に着目したプロセス

次に、脳波をどの分野や生活シーンに応用させるかをプロジェクトメンバーは話し合った。その際、脳波の特性として、例えばニューロマーケティング[2]のようなユーザーの潜在意識の顕在化や、これまで記述が難しかった感性の記述化に利用することが最適であると考えた。そこで、多くの人が日常的に触れるもので、感性の支配する要素が大きいことは何かと考え、音楽に着目するに至った。ここまでは純粋にチーム内でアイデアを出し合い、議論した結果で、調査をしたり特別やメソッドを用いたりしていない。

2.3 音楽体験に関するユーザー調査

音楽への応用が決まったので、プロジェクトメンバーは「音楽体験」の実態を調査することにした。手法としては、実際に音楽ユーザーに対してインタビュー調査を行い、データを得ることにした。

今回の調査では、HCD (Human Centered Design) の観点から、多数意見に着目する「定量調査」ではなく、ユーザーの本音や多様な意見から発見を得ることを重視する「定性調査」を行った。そのため、インタビュー調査の対象者は4人という少数で行った。これは、定性調査の場合5人調査すれば確証のあるデータを得られるという考察[2]に基づいている。

インタビュー対象者の属性は、一般的に音楽を楽しむユーザー3人に加え、日常から音楽に触れる時間が多く、ダンスなどの自己表現にも音楽を用いているユーザーを1人加え、これを本調査における「音楽体験におけるエクストリームユーザー」と定義した。IDEOや大阪ガス行動研究所では、ユーザー調査をする際には特にエクストリームユーザ（極端なユーザ）に着目することで「気づき」が得られ易いとしている[3][4]。実際、エクストリームユーザーは一種の「熟達者」であり、エクストリームユーザーの価値に着目することでアイデアを発散させることができたという調査事例が本学の有志プロジェクトによって明らかになっている[5]。

インタビューは定性調査の為、特に定型の質問項目は設けず、ユーザーから得られた回答をさらに掘り下げていくような形式で行い、一人あたり30分で行った。

2.4 KA法による整理と構造化

インタビューから得られたデータはKA法を用いて整理し、「音楽体験」の構造を明らかにすることにした。KA法はKAカードを用いてユーザーの生活価値を抽出する、浅田和実氏が考案した商品開発の手法である[6]。カードによって抽出された音楽体験の価値を似たような価値同士でグルーピングを行い、価値マップを作成した(図3)。価値マップの中で「*」が付いている価値はエクストリームユーザーから抽出された価値である。

このマップから、音楽体験を構成するのは「感性」「個性」「選曲」「効果」の4要素であることが判明した。また、音楽の熟達者であるエクストリームユーザーは自分の個性に合

わせて適切に選曲ができ、それによって高い効果を得て感性を刺激し、さらなる個性を形成できるというサイクルが見えてきた。そこで、我々は選曲が音楽体験のカギであると考え、「効率よく選曲できる」「選曲によって高い効果を得る」という価値に着目するに至った。

2.5 社会的背景への着目

最後に音楽を取り巻く社会的、産業的環境変化等も調査し、コンセプトを確定していった。

その中で、再生機器が進化し、音楽がデータとして流通するようになった点に着目した。一人あたりの持ち歩ける音楽データ量が膨大になったため、音楽の管理が難しくなったと考え、その課題を解決し、時間の無いユーザーにも効率的な音楽体験を提供することをコンセプトに盛り込んだ。

ここまでの活動により、脳波を利用して新しい音楽体験を創造することが決定した。具体的には、ユーザーの音楽効果を高める選曲手段と、音楽の管理を手助けするための整理手段をデザインし、音楽の氾濫する現代の課題を解決するというコンセプトが完成した。

3 ものづくり

3.1 既存の脳波センサの問題

「脳波を用いて新しい音楽体験を創造する」というコンセプトを掲げているため、ものづくりでは必然的に脳波センサとオーディオが一体となったプロダクトをデザインすることが決定した。

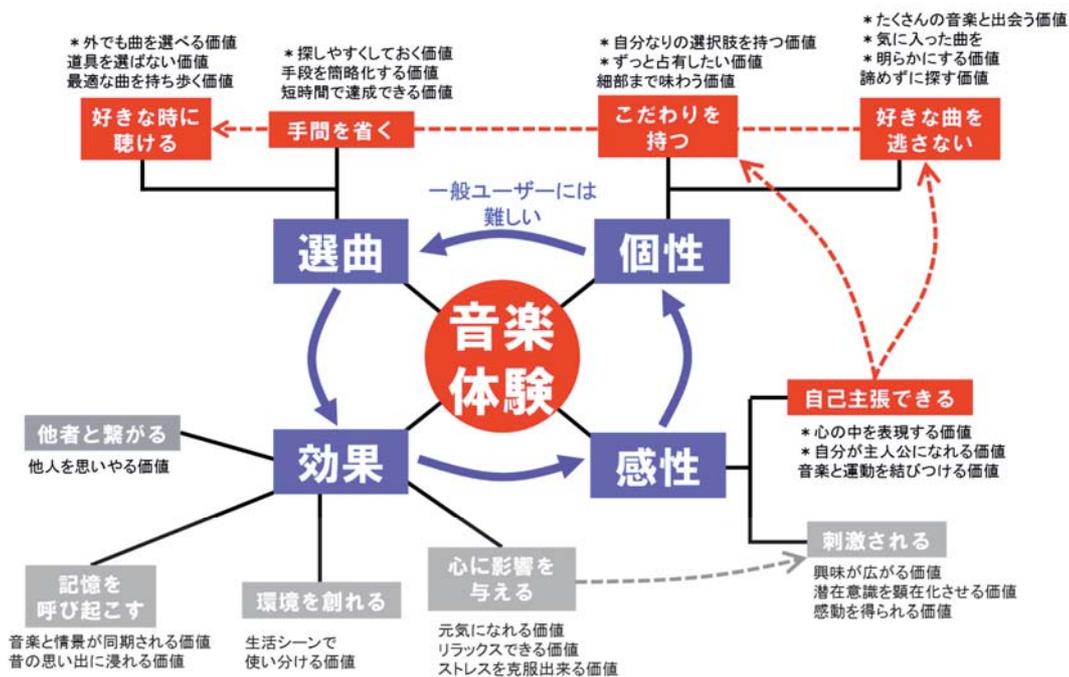


図3 音楽体験の価値マップ



図4 既存の脳波計の例
(<http://www.thinkgeek.com/product/eed1/>)

デザインするにあたり、既存の脳波センサの問題点に着目した。先述の通り、脳波センサは一般ユーザーも手に入れることができるくらい簡易化し、1万円台で購入可能なモデルも存在する(図4)。しかし、装着感が悪かったり、目立ちすぎるために見た目が敬遠されたりするなど、日常的に使用するには課題も多い。

そこで、それらの点も考慮し、チーム内の2名がスケッチ(図5)を行うことで複数の形状を提示し、チームメンバーで検討を行うことで、3つのモデルに絞り込んで制作することにした。

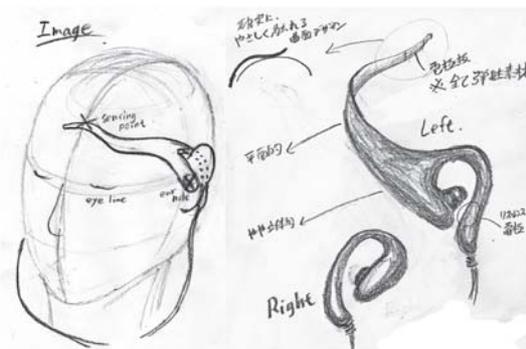


図5 スケッチによる形状の検討

3.2 ラピッドプロトタイピングを活用したデザイン

今回のものづくりはユーザーの頭に装着するプロダクトであるため、検証しながらデザインを進めることが必須となる。しかしながら、製作期間や予算が限られていることから、本格的なプロトタイプモデルを制作し、検討を繰り返すことは難しい。そこで、最初はスケッチを基にした、紙によるモックアップ(図6)の製作から行った。これは「ペーパープロトタイピング」と呼ばれる手法で、細部のデザインや複雑な形状は不可能なもの、原寸大で作ることにより大まかな外観や装着感を試すことができる。紙で製作するため、低コストで製作も簡単に行える。これによって、複数のモデルを短

期間で検討し、改善を行うことが可能になった。

ペーパープロトタイピングによってデザイン修正されたモデルは3次元CADを用いて具体的な3Dモデルの製作を行った。今回はメンバーが使用スキルを持っている「Solid Works」と「Rhinceros」の2つのソフトウェアを用いた。以下(図7)～(図9)にCADで製作した3Dモデルを挙げる。



図6 ペーパープロトタイピングによる検討



図7 Type-A CAD モデル



図8 Type-B1 CAD モデル



図9 Type-B2 CAD モデル



図 10 光造形機 (Objet 社 Connex350)

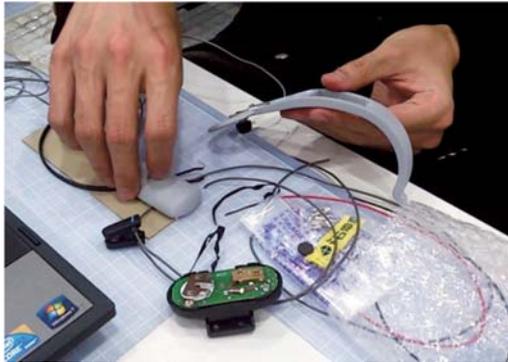


図 11 電子部品の実装



図 12 試作したモックアップ (Type-A モデル)

TypeA は脳波センサのみ搭載したタイプで、オーディオは自分に合った手持ちのイヤホン等で楽しむコンセプトで作成した。

TypeB₁, TypeB₂ は脳波センサとインナーイヤー型イヤホンを一体型にしたタイプで、B₁ モデルはバッテリーと基盤も一体型のユニットにしてシンプル化を図り、B₂ モデルはバッテリーと基盤を別のユニットに分散させ、頭部に装着するユニットの軽量化を図った。

これら 3D モデルはグラフィック素材としても活用し、発表時のキービジュアルや各種プロモーションツールに用いた。

3D モデルが完成した後、本学デザイナーズラボにある光造形機 (図 10) によって出力を行い、モックアップを作製した。この光造形機によるモデルも 2 回から 3 回繰り返し作成することで精度を高めた。最終的に出力されたモデルには実際の電子部品を実装し (図 11)、塗装も施すことで、現実に製品としてリリースするクオリティに限りなく近いモデルを製作した (図 12)。尚、今回は脳波センサとオーディオ部品に関しては既存の製品を分解し、その部品を追加加工ことで流用している。

4 ことづくり

4.1 アプリケーションの製作プロセス

脳波と音楽を実際に結び付け、音楽体験をデザインする中核を成すのがアプリケーションである。今回は生活の中心になりつつあり、汎用性の極めて高いスマートフォン (Android) 向けのアプリケーションを製作することにした。

メンバー内にアプリケーションのプログラミングを行なえる者がいなかったため、画面遷移までのシステム設計をチーム内で行い、実際のプログラミング構築はステークホルダーである「リトルソフトウェア社」に依頼した。一方で、納品されたソフトウェアに修正や改善を加えることができるよう創造技術専攻の 1 年生からプログラミングに興味のある学生を募り、リトルソフトウェア社からのレクチャーを受けながらサポートをしてもらった。

4.2 脳内音楽地図の発想プロセス

実際に脳波を用いて音楽を整理、選曲するシステムは、2 章で述べたコンセプトを念頭に置きながら、チーム内での議論を繰り返しながら構築していった。

前提条件として、本プロジェクトの使用している脳波計測ユニットから得られる情報は 1 秒ごとに得られる α 波 (脳の安静要素) と β 波 (脳の活性要素) の値と、それらが正しく計測されているかのクオリティを示す信号値である。そのため、実質 α 波成分と β 波成分の 2 つとそれらから計算される値を指標として音楽と結びつけることとなる。

当初は楽曲の解析を行い、予め分類を行った上で、ユーザーから計測された脳波と照らし合わせることで、適切な楽曲を再生するというシステムを考案した。しかし、そのシステムでは音楽と出現する脳波の相関関係について深い研究が必要になる。また、予め楽曲にも解析を施す必要があるため、膨大な楽曲に対応させるには多くの労力が必要となる。これでは 1 年間のプロジェクトでは完成しない可能性が高いため、システムの根本的な再検討が必要になった。

その後、再度議論を進める中で「自己成長型」のシステムを構築するアイデアが生まれた。

これは計測された脳波と音楽を結びつけてライブラリを形成する段階と、そのライブラリを活用して音楽を選曲する段階の2つに分かれる。

まず、ユーザーは脳波を計測しながら音楽を聴く。この行為を「スキャン」と呼ぶ。楽曲はα波とβ波の値による2軸から成る座標に計算されてマッピングされる。この脳波の要素値に楽曲を分布させたものを「脳内音楽地図」と呼ぶ(図13)。つまり、α波の成分が多い曲はリラックスさせる効果があり、β波の成分が多い曲は集中させる効果があり、仕事効率を上げたりするのに適した曲という捉え方ができる。さらに、α波成分、β波成分の両方とも多くなる曲は、深くリラックスしながらも高い集中が保てるということで、高パフォーマンスのアスリートが時おり没入するとされるZONE(ゾーン)と呼ばれる状態、あるいは心理学で言われるFLOW(フロー)状態とも捉えることができよう。

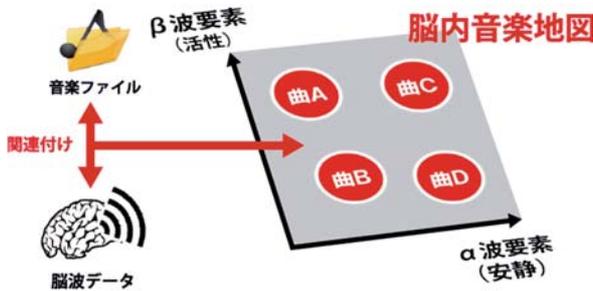


図13 脳内音楽地図の概念図

この脳内音楽地図はユーザーの脳波に基づいて楽曲を分類した結果であり、新規曲をスキャンしていくことでマッピングされる楽曲は増えていく。これを「脳波基準の音楽ライブラリ」と捉える。ライブラリを充実させるためには、新規曲に関して必ず1回はスキャンを行う必要があるが、このシステムならば個人によって異なる音楽に対する印象や嗜好の違いに対応できる。

加えて、曲に対する印象は時間経過とともに不変とは限らないため、スキャン結果を上書きできるようにすれば、脳内音楽地図上での位置を変化させることができる。つまり、ユーザーの音楽体験と共に自己成長するライブラリを構築できると考えた。

そもそも、我々の使用する脳波センサは額に設置した電極1点で計測する形式のものである。この形式上、計測できる脳波は前頭前野の脳波であると言われている。前頭前野は脳の機能の中でも記憶や創造性を司る部分であるため、本プロジェクトの成果物では音楽鑑賞時の体験や記憶を脳波として記録できるのではないかと考えることができる。そのような点では音楽体験を記録するライブラリという発想は妥当であったと言える。

4.3 脳内音楽地図の作成方法

実際に得られる脳波データは1秒ごとに記録されるα波要素とβ波要素の0から100までの値である。この2値を当初は1曲通して聴いた場合の平均値をとって記録し、脳内音楽地図の座標上にマッピングしていた。しかし、それでは曲のマッピング位置にばらつきが現れないため、曲の特徴量が現れやすいような計算方法を探った。その結果、α波要素もβ波要素も0から100までの値を10ずつ10の区間に区切り、1秒ごとに記録される値が最も多く記録された区間(最頻区間)を特徴量として採用する方法にした(図14)。つまり、脳内音楽地図上では100のマスが存在し、そのどれかに曲が格納されることになる(図15)。また、同じマスに区別された曲を差別化できるよう、そのマスに入る確率Pを以下の式(1)、式(2)で計算し、第3の指標として記録することにした。

$$P_{\alpha} = \frac{N_{\alpha}}{N}, \quad P_{\beta} = \frac{N_{\beta}}{N} \quad (1)$$

$$P = X \times P_{\alpha} + Y \times P_{\beta} \quad (2)$$

N: 1曲におけるプロット数(1秒で1プロット)

N_α: α波の最頻区間におけるプロット数

N_β: β波の最頻区間におけるプロット数

X: 最頻区間におけるx座標の中心値(α波成分)

Y: 最頻区間におけるy座標の中心値(β波成分)

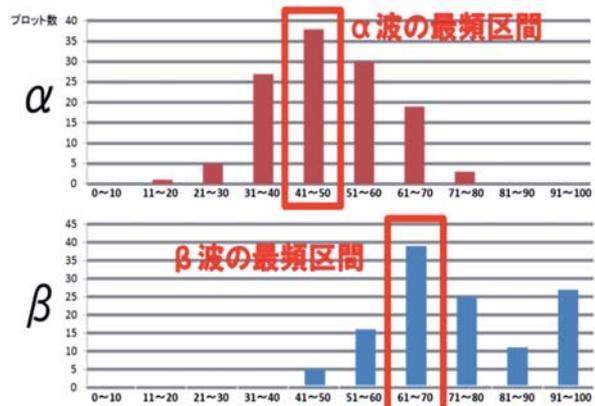


図14 音楽鑑賞時におけるα波、β波における最頻区間

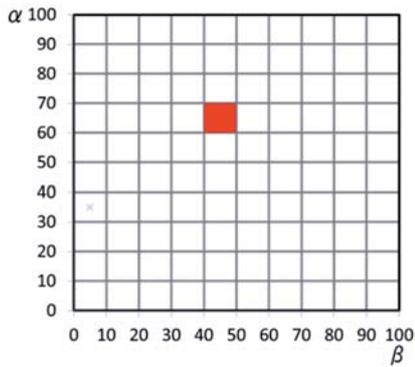


図 15 脳内音楽地図上のマスへの格納

4.4 脳内音楽地図の利用

脳内音楽地図を音楽の整理や選曲に利用するため、2つの手段を考案した。

一つは「プレイリストの生成」で、脳内音楽地図のエリアに対応したカテゴリを作り、適切な名前を付ける(図16)。曲はスキャンするごとに自動的に各カテゴリへ格納されるため、ユーザーはプレイリストを選ぶと自動的に曲が連続再生される。プレイリストは既存の音楽プレーヤーに存在する機能だが、感性選曲においては脳波基準で自動的にリストが生成される点が革新的である。

もう一つが「オートセレクト」と名付けた完全自動再生のシステムである。これは、現在計測している脳波の値と脳内音楽地図を照らし合わせ、最も近い曲を引き出し、再生する(図17)。

オートセレクト機能は、図18に示したシーケンスの通り、最初は20秒間無音で脳波を計測し、1曲目を選曲するが、2曲目以降は前曲を聴いている間に計測した脳波によって次の曲が選曲される。つまり、刻々と変化する脳波に応じてユーザーが操作することなく音楽の選曲・再生が可能となる。

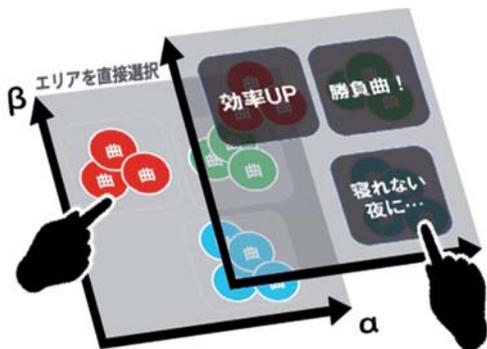


図 16 脳内音楽地図に基づいたプレイリスト機能の概念図

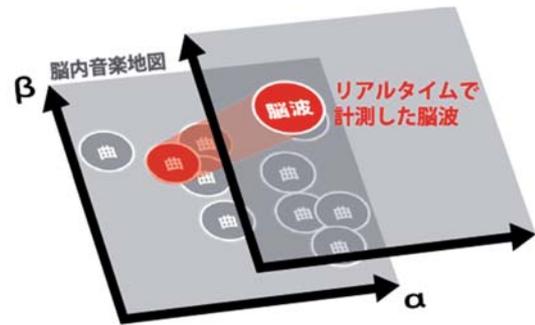


図 17 オートセレクト機能の概念図



図 18 オートセレクト機能のシーケンス図

4.5 アプリケーションの評価実験

完成したアプリケーションは、プロジェクト終盤で時間が限られた中であつたが、幾つかのテストを行い、実証を行った。

まず、同じ楽曲でも個人で脳内音楽地図に違いが現れるかを実証した。ここではAKB48のヒット曲を5曲選定し、AKB48の熱狂的であるチームメンバーと、ファンではないメンバーに感性選曲を使って聴かせ、生成された脳内音楽地図を比較した(図19)。

図19に示すように、ファンではないメンバーの脳内音楽地図にはあまりバラつきが無かつたが、ファンの脳内音楽地図はZONEと呼ばれるα波、β波の両方が高いエリアの近くに3曲もマッピングされている。このことをメンバーに質問したところ、この3曲は実際にコンサートで聴いて熱狂した曲だということが判明した。これにより、脳内音楽地図に個人の楽曲に対する記憶や音楽体験が記録される性質があることをも示すことができた。

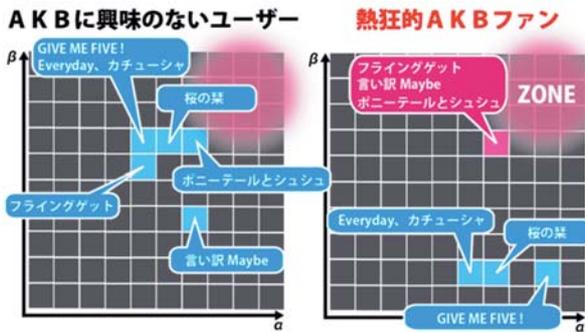


図 19 AKB ファンと非ファンの脳内音楽地図の比較結果

続いて、プロジェクトメンバー4名に対し、アプリケーションを使用してもらい、生成された脳内音楽地図を比較した。図 20 にその結果を示すが、その中で4人が共通して聴いた曲である CHAGE and ASKA の「SAY YES」に着目する。白丸で囲まれた位置が「SAY YES」という曲が格納された場所であるが、4人で全くマッピングされる位置が異なることが判明した。これにより、同じ楽曲でもユーザーによって音楽体験が全く異なることを示すことができた、特に、 β 波成分が多くなっている同図(b)のユーザーに着目すると、この曲のリリース当時は29歳で、本人にインタビューしたところ当該曲が使われていたトレンドドラマに熱中していたことが判明した。曲を聴くことで過去の記憶がよみがえりテンションが高くなったのではないだろうか。ここでも、脳内音楽地図に個人の楽曲に対する記憶や音楽体験が記録される性質があることがうかがえる。

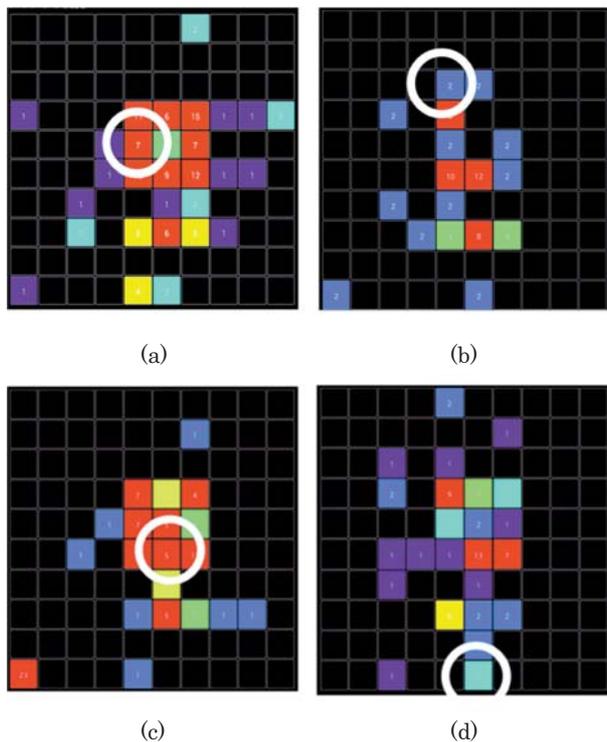


図 20 4人の脳内音楽地図における同一曲の位置比較

次に、本学の学生に対しアプリケーションの使用テストを依頼し、こちらが予め用意した J-POP の楽曲リストの中から1人当たり4曲を聴いてもらい、以下の2つの質問項目に回答してもらった。

質問項目1は「脳内音楽地図にマッピングされた位置は自分の予想と合っていましたか?」、質問項目2は「このマッピングは自分自身の新しい発見だと感じましたか?」というものである。これらの結果を以下の図 21, 図 22 に示す。

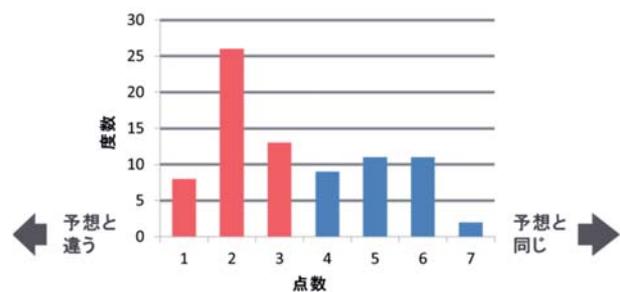


図 21 質問項目1の結果

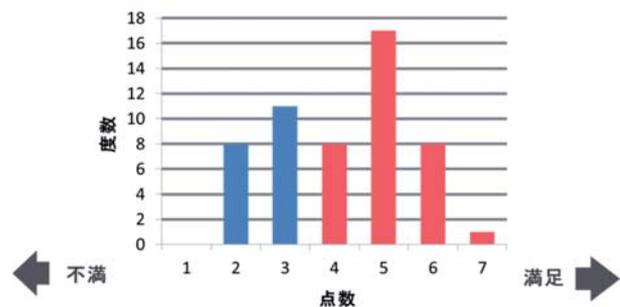


図 22 質問項目2の結果

この結果から、ユーザーの予想とは外れる脳内音楽地図が生成されたが、それに対しユーザーは面白みを感じており、潜在的な音楽嗜好を掘り起こすシステムとしては機能していると考えることができた。

4.6 アプリケーションの改善

さらに、これらユーザー評価実験の結果に基づきアプリケーションの改善も行った。システム自体の課題としては、脳内音楽地図上で楽曲がまだ十分に広く分布していない(中心に集まる傾向にある)と考えた。まず、現状では曲の最初から最後まで脳波を計測、記録していたが、それではデータが平準化してしまうのではないかと考えた。ユーザー評価のアンケートでも「新しい曲の整理方法だと思ったが、全ての曲を最初から最後まで聞かないといけなくて面倒」という不満の声も聞かれた。

また別の実験として、感性選曲をデモンストレーションす

る際、多くのユーザーに体験してもらうため、サビの部分を中心に 30 秒に短縮した曲のみで行うことも試みていた。その際の脳内音楽地図は大きくバラつきが出る傾向にあったことに気がついた。そこで、同じユーザーに対し曲を全部聴いた場合とサビの部分だけ 30 秒に短縮した曲を聴いた場合の脳内音楽地図を比較する実験を行うことにした。

その結果を図 23 に示す。同図(a)は一曲を最初から最後まですべて聴いている間、常に脳波を記録した場合の脳内音楽地図である。対して、同図(b)は同一人物においてサビの部分だけ 30 秒に短縮した曲で生成した脳内音楽地図である。(b)では(a)に比べ、半分以下の曲数で実験したが、十分なバラつきが得られている。この結果より、曲を全部聴いてデータを取ると、結果が平準化してしまう恐れがあることが判った。この実験より、このシステムを改善する場合は、楽曲の周波数解析等でサビの部分だけを抽出し、その部分だけで脳波を計測するような改善が必要だという考察が導かれた。このようにアプリケーションにおいても、何気ない気づきから実験を行い、改善につながるアイデアを導くことができた。これもリスタートアップの一つであると考える。

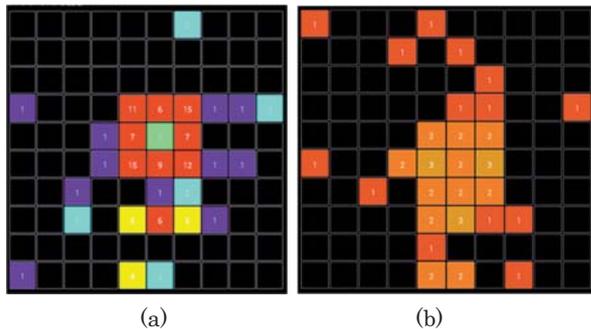


図 23 脳内音楽地図におけるバラつきの比較

5 しくみづくり

5.1 ビジネスモデルキャンパスの活用

ビジネスモデルキャンパスはどのように価値を創造し、顧客に届けるかを論理的に記述するものであり、企業にとってのステークホルダーや提供する価値、インフラ、財務など 9 つの要素を網羅したテンプレートとなっている[7]。本プロジェクトではユーザーの潜在価値を探り、新しいユーザー体験を提供するために製品・システム・サービスを総合的に開発している。その際、ビジネスの側面を視覚的に表現する手段としてビジネスモデルキャンパスは欠かせないと考える[8]。

我々は、2 章に述べたユーザー調査から得られた価値を「価値提案」、技術シーズを「リソース」「主要活動」、社会背景を「顧客との関係」「チャンネル」に反映させた。また、ターゲットを明確化するためペルソナと簡易的な使用シナリオを補完し、「顧客セグメント」に反映させた。その後、ビジネスモデルキャンパス上にブレインストーミングを行って議論を重ね(図 24)、今回デザインしたものをどう普及させるかを検討した。



図 24 ビジネスモデルキャンパスへのブレインストーミング

<p>KP パートナー</p> <p>脳波センサメーカー (Neurosky 社) オーディオメーカー ソフトウェア会社 (リトルソフトウェア社) OEM (当面は当チームで組立) 音楽配信会社</p>	<p>KA 主要活動</p> <p>プロダクト設計 ソフトウェア設計 サービス設計</p>	<p>VP 価値提案</p> <p>音楽選曲の新しい手段を提供 記述化の難しい感性を顕在化させる仕組み</p>	<p>CR 顧客との関係</p> <p>ユーザーに合わせて成長するシステム 音楽の蓄積や管理にも楽しさを創造する</p>	<p>CS 顧客セグメント</p> <p>■初期 情報デジタル機器を使いこなす音楽ユーザー</p> <p>↓</p> <p>■普及期 一般的に音楽を楽しむユーザー</p>
<p>C\$ コスト構造</p> <p>固定費：人件費、管理費 変動費：材料費、アウトソーシング費用</p>	<p>R\$ 収益の流れ</p> <p>基本収益モデル：プロダクトとアプリケーションのセット販売 (販売初期にはクラウドファンディングを活用) 継続収益モデル：音楽配信による月額ライセンス料収入</p>			

図 25 本プロジェクトにおけるビジネスモデルキャンパス

また、このビジネスモデルキャンバスはプロジェクトに関わるあらゆる要素を一つのシートにまとめることができるため、多様なメンバーから成るチーム内で方向性を確認し、軸をぶらさずに開発を進める上でも強力なツールとなった。

最終的に本プロジェクトで完成したビジネスモデルキャンバスを図 25 に示す。

5.2 ピクト図解の活用

ビジネスモデルキャンバスはビジネスの全体像を俯瞰するには極めて有効である。しかし、テンプレートの見方を知る必要がある上、時系列で変化するビジネスモデルには対応していない。そこで、ビジネスモデルをよりシンプルに他者へ表現する手段として「ピクト図解」という手法を用いる[9]。ピクト図解は「お金とものの等価交換」という関係性を示すことに主眼が置かれており、直感的にビジネスの構造を理解することができる。そのため、本プロジェクトでは各種プレゼンテーションに活用した。

5.3 ピクト図解によるビジネスモデルの構築

ビジネスモデルの基本形態は夏合宿において集中的に構築し、2つのビジネスコンテストへの応募をマイルストーンにすることで更なるブラッシュアップを図った。

普及のためのビジネスモデルは2段階に分かれる。第一段階では、各ステークホルダーとの協業で製造したプロダクトとアプリケーションをセットでユーザーに販売する。「小売りモデル」と呼ばれるものである。ピクトダイアグラムで示すと図 26 のようになる。第二段階では、一部のユーザーが課金ユーザーに発展し、ユーザーごとの脳内音楽地図を預かり、それに基づいたユーザー傾向データを音楽配信会社等に販売することで、情報提供料を得る。音楽配信会社はユーザー傾向に基づいてユーザーに新規曲を配信することで、ユーザーから定額の使用料を得る。このような構造はピクトダイアグラムにおいて「マッチングモデル」と呼ばれる形態で、図 27 に示す構造になる。

さらに将来の構想としては、脳波を核としたスマートフォンアプリの販路が得られるため、その権利をアプリ制作会社に販売し、脳波を使ったゲームや健康管理アプリを配信することを考えた。このような構造はピクトダイアグラムにおいて「ライセンスモデル」と呼ばれる形態で、図 28 に示す構造になる。

これらの仕組みにより、継続的、安定的に収益が得られるビジネスモデルを構築できたと考える。

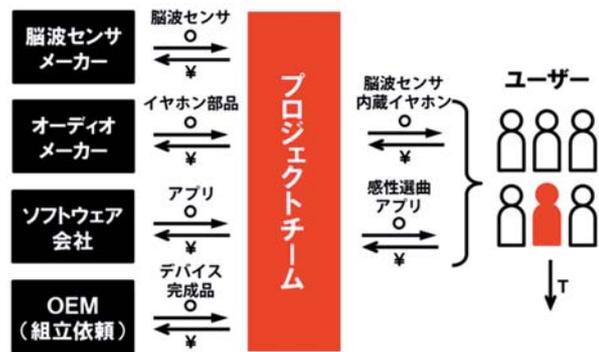


図 26 本プロジェクトにおける小売りモデル

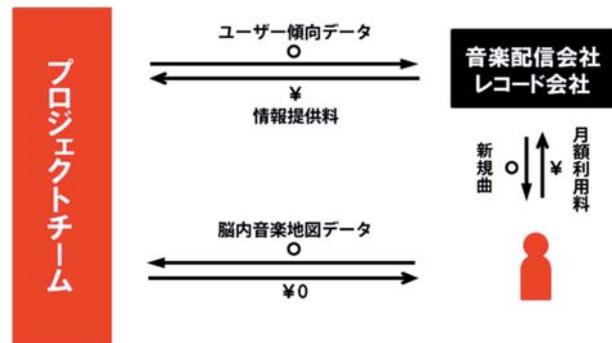


図 27 本プロジェクトにおけるマッチングモデル

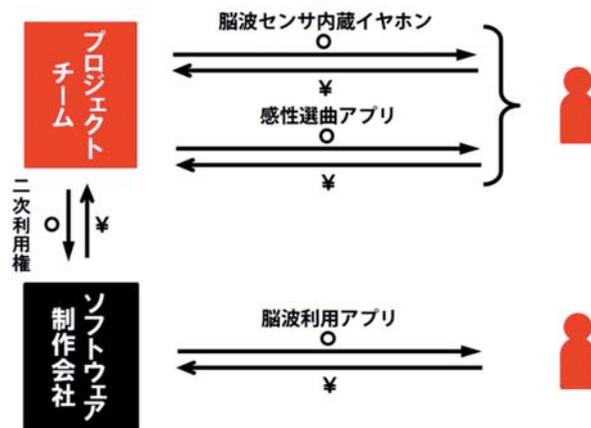


図 28 本プロジェクトにおけるライセンスモデル

6 おわりに

本論文は、平成 24 年度における産業技術大学院大学産業技術研究科創造技術専攻における PBL 型授業の成果をまとめたものである。

本プロジェクトでは、脳波を使って音楽を整理・蓄積・選曲する製品とサービスを提案した。1年という限られた期間ではあったが、「ものづくり」と「ことづくり」と「しくみづくり」をバランスよく実施することで、イノベーションとなりうる価値創造を目指した。本プロジェクトでは、製品やサービス、ビジネスモデルの開発において、複数の手法を組

み合わせて適用したことが特長であり、その内容を具体事例により示した。

7 謝辞

プロジェクトを推進するにあたり、有限会社リトルソフトウェアの川原達夫氏、MOVIDA JAPAN 株式会社の松村慎一郎氏、本学修了生であり音楽クリエイターの望月由昌氏、本学創造技術専攻 1 年の湯通堂悠生氏、富永佳小里氏、アプリの評価に協力いただいた 20 名の本学在校生をはじめ多くの方々に多大なご協力をいただいた。

また、本プロジェクトの成果は、品川ビジネスクラブ主催のビジネス創造コンテストにて優秀賞を、人間中心設計推進機構の HCD 研究発表会にて奨励賞をそれぞれ受賞させていただいた。ビジネスと研究の両方の観点から共に評価をいただけたことは大変嬉しく喜ばしい。ここに記し、すべての関係各位に深く感謝したい。

参考文献

- [1] エリック・リース，“リーンスタートアップ”，日経 BP 社，2012.
- [2] 日経ものづくり 2012 年 5 月号，pp84-88 (2012) .
- [3] デザイン・リサーチ・メソッド 10 p10-22 日経 BP 社 (2009) .
- [4] 松波晴人：現場の徹底観察からソリューションを生み出す
<http://adv.yomiuri.co.jp/ojo/tokusyu/20101005/201010toku3.html>
- [5] 増澤崇，小川宗紘，古山智美，城井俊希：電車通学を利用して読書習慣を身につけるデザインの提案，2011 年度人間中心設計推進機構 HCD 研究発表会 (2011) .
- [6] 浅田和実：図解でわかる商品開発マーケティング—小ヒット&ロングセラー商品を生み出すマーケティング・ノウハウ，日本能率協会マネジメントセンター，(2006) .
- [7] アレックス・オスターワルダー，イヴ・ピニョール：ビジネスモデル・ジェネレーション ビジネスモデル設計書，翔泳社 (2012) .
- [8] 山崎和彦，上田義弘，高橋克実，早川誠二，郷健太郎 柳田宏治：エクスペリエンス・ビジョン：ユーザーを見つめてうれしい体験を企画するビジョン提案型デザイン手法，丸善出版 (2012) .
- [9] 板橋悟：ビジネスモデルが見える化する ピクト図解，ダイヤモンド社 (2010) .

インスタント情報の効率的な発信と管理手法

慎 祥揆¹⁾

Management and Efficient Presentation of Instant Information

Sanggyu Shin¹⁾

Abstract

In this paper, we propose Mashup information service system and methods of information analysis by use our proposed system. Recently, Mashup service is using by integrating various information with the construction of geographic information system. However, there are some problems, which will not go in with the latest information you need at the moment is generated. Therefore, we propose a transmission technique and efficient management of information that is generated in real time in this study.

Keywords: instant, information, Mashup, real time, SNS

1 はじめに

本稿では、時間や位置の制約を受ける情報あるいはコンテンツの効果的な生成と発信、効率的に管理する手法を提案する。Twitter や Blog のような SNS, メッセンジャーで発信されるコンテンツはウェブページに掲載される情報と比べてその寿命が短い。しかし、今回の東日本大震災の時に Twitter から発信された情報はより早く、有効な情報の提供口になった。しかし、そのとき流れた情報がいまだに有効な情報ではない。

本研究では、このように時間や位置の制約を持つ情報をインスタント情報と定義し、これらの情報の効率的な発信手法、あるインスタンスコンテンツからの有効な情報を獲得する手法、個人化による効果的な利用方法に関して研究を行う。

2 研究目的

2.1 研究の背景

最近、地理情報システムの構築と共に位置や場所からさまざまな情報を統合して利用できるマッシュアップサービスが増えている。例えば、地図の表示とレストランデータを対応させるものなど、様々な分野で応用されている。しかし、地図データと Web にあるレストランデータの対応サービスは検索の利便性は高めているが、現時点で必要な最新情報には付いて行けなくなる問題が生じる場合がある。

そこで、実時間で情報を流すことが可能な SNS サービスを応用して、これを Web 検索結果と連動する SNS 基盤のユーザ参加型マッシュアップ (Mashup) [1-5] 情報提供サービスシステムとそのシステムによる情報分析手段を提案する。

この場合、モバイル端末によって提供されるコンテンツの効率的な表示手法[6]に関しても提案手法を考える。

2.2 具体的な例からの研究内容

本研究は研究室内の研究で止めず、社会的な応用も考える。そこで、本研究の応用分野を想定して研究の目的と進み方を具体的に説明する。

ほとんどの学生や社会人は渋谷などの場所で飲み会や食事などをした経験があるでしょう。その時、Yahoo や Google が提供する地図情報と飲み屋やレストラン情報がマッシュアップされた情報を検索して店を選んだ事があると思う。

しかし、週末や、休日の混雑時に、急に渋谷でこのような検索をしても、店の情報は出るが、その店に入れるかどうかは電話してみないと分からない。

このような情報を店が Web ページを更新して提供するのも非現実的であり、更新しても検索エンジンによるデータベースとの連動の時間差ですぐ反映するのも不可能である。

しかし、ユーザは今すぐ、あるいは、30 分以内に入れる店がどこにあるか知りたかったり、今日のセール情報や特別サービス、話題になっている店が知りたい場合が多い。もちろん、店側でも現在の店の状態や様々なイベントの情報をリアルタイムで提供したいとする要求が表れている (図 1)。

現在、情報提供は Web 上での検索がほとんどであり、これはリアルタイム情報ではない。これはレストランや小さい洋服店のような小商人や中小企業が広告を出すのはなかなか難しいことからである。このような要求から生まれたサービスがソーシャルコマースであり、小商人はこのシステムを利用し、ウェブ上に割引券を提供することで広告をする事が広がっている。しかし、ソーシャルコマースは次のような問題がある。

1. 割引券を利用したサービスが普通のサービスより良く

Received on 2013-10-10

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

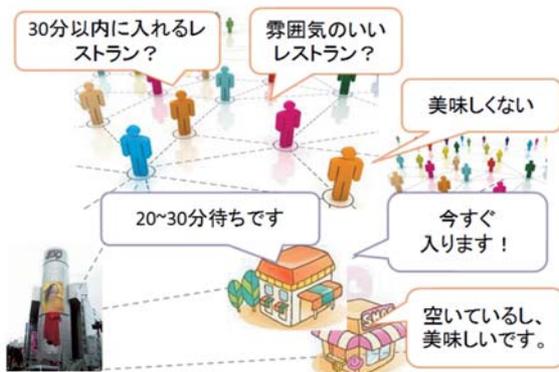


図 1 リアルタイムに必要な情報

ない（料理の量など）。

2. 決められた期間内で利用しなければならない。
3. 広告が単発であり、効果が続かない。
4. 消費者は割引券のみを利用するだけで売上につながらない。

このような問題を解決し、リアルタイムで、効率で柔軟に情報の発信が可能なシステムを提案する。

3 提案システム

3.1 システム概要と目標

本提案研究は Twitter のようなリアルタイム情報提供システムと Facebook のような SNS の応用を基盤にしている。

SNS から発信される情報は、例えば、今日渋谷でランチのセールをしている店、今そのレストランに空席があるかどうかのような、長い情報生命力を持つものではなく、短い時間にしか有効性がないインスタント情報としてその場で生成され、すぐ利用価値がなくなる情報（図 2）である可能性が高いが、逆にインスタンス情報の生成と発信として利用するには無限なメリットがある。今日のランチメニューを紹介するためわざと Web ページを更新する零細店は少ないだろう。

Twitter の方もデータ（情報としての価値がない）の発信が早いメリットはあるが、このデータが普通の雑談ではなく、情報としての扱われる力を持つ時、情報発信システムとして重要な役割ができる。

このような現在の状況は、情報提供側はローコストでユーザにはリアルタイムに近い情報の提供ができる、ユーザ側には現在の時点で役に立つ信頼性のあるインスタンス情報の獲得を必要としている。

本研究では、このような時間と地域の制約を持つインスタント情報を、

1. 今日のランチメニューの情報のような今日のランチの時間に限られているインスタント情報を SNS サー



図 2 短期間、単発的な広告



図 3 情報の相互関連

ビスと連動し、リアルタイムで提供できるシステムの構築

2. このような情報はユーザの位置情報に基づいて、地図データに自動的に Mashup され表示できる。見やすい UI を提供するために、既存と異なる情報をアイコン化して表示することによってユーザが直観的に情報を獲得できるようにする手法
3. 提供される情報に対して信頼性、有用性、現在性（本研究では情報が現時点で必要な情報か、古くなりすでに情報として役割ができないかを判断することを仮称、現在性とする）の評価による正しい情報の提供を可能にする、信頼性問題を解く手法
4. Twitter のようなリアルタイムの情報交換手法を利用し、消費者と販売店間のコミュニケーションを可能にする。これによって、週末に店の状態をリアルタイムで提供する事を可能にするようなインスタント情報の効果的な生成手法
5. 写メールのような簡単に操作できるアプリケーションを提供などのコンテンツ作成を支援する方法を考える。具体的に、手書きで書いたメニューを写真に取るだけでテキスト化され、情報発信できるようにする。
6. 他の情報との連結を便利にする。例えば、あるレストランで料理を食べた後、この料理のレシピが知りたくなった場合、関連ウェブサイトへのアクセス情報を自動的に表示する（図 3）。



図 4 柔軟な情報発信



図 5 柔軟な情報発信

7. 既存のソーシャルコマースが割引券を提供する広告を何日間ウェブに掲載することで広告を行うことのような情報提供方法とは異なる、必要な時間だけに地図にある情報を表示する。例えば、今日のランチにタイムセールがある場合、ランチの時間（11時から14時）に合わせて、この情報を表示するなど、柔軟な情報提供を可能にする（図4）。

のような特徴を持つリアルタイムコンテンツ処理システムを提案する。

4 システム構築

4.1 構築システム

本研究ではインスタント情報を利用する、つまりインスタント情報そのもの、つまり、データベースそのものだけの観点だけではなく、実際データ、すなわち情報を利用するユーザ側からの観点から考えた効率で有効な情報獲得手法に関して議論する。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されるデータの獲得の上、スマートフォンのような限定された資源（画面サイズとPCに比べての操作不便）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チを用いて情報融合的な情報要求に対する時間と位置に基づくインスタント情報の生成と分析に関する研究を行った。

4.2 各目標に従ったシステム構築

Yahoo や Google のような検索サイトは広告によって会社の売り上げを上げている。ネット上で経済的に利益が出るのはこのように大きく検索、広告、ゲームの三つの分野だと知らされている。しかし、検索もあるサイトのランキングを上げて前に掲載するか、重要な検索キーワードは代金を払って購入するようになっているので、結局、広告とゲームに分けられると思われる。これは SNS の方にも同じであると考えうる。

本研究は研究の結果が実際のサービスにつながって中小企

業や零細商人のインターネットを通じた産業支援までを目標にしている。そこで、本研究は今まで行われている研究のパターンである情報の抽出、分析、相関関係による関連結びとともに、より効率的なユーザ操作手法、直観的な情報の表示手法を総合的に考えた情報融合的な研究観点から情報提供手法や使いやすいコンテンツの生成手法の提供に関して提案する。

初期段階として情報の提供手法、抽出、情報マッチングに関する研究を行う。研究目的で示した各目標に対し、次のような研究が行った。

4.3 リアルタイムで流す情報の提供手法

リアルタイムで流す情報の提供手法に関しては、まず、情報の提供側からは

1. テキストを書き込む以外の情報入力手法からのデータ構築に関する手法を提案する。
情報生成に関するユーザのアクセシビリティを高めることで新しい情報の生成を広げる。例えば、普通の小さい店なら店の前に立つ看板に「今日の料理」などの情報を表す。スマートフォンでこの写真をとると自動的に映像からテキストデータを抽出し、これをデータベース化し、このデータから値段の範囲、料理名からの関連ある他の店、料理とのリンクなどを自動的に抽出し、再加工した情報を提供できるシステムを構築する（図5）。
2. 「今日のランチ」などの単語からこの情報がインスタント情報であることなどの情報の現在性、連続性（インスタント情報ではない）を判断する手法を提案、時間軸と合わせた情報提供できる画像処理システムを取り込む。

4.4 情報マッチング

インスタント情報と Web 情報とのマッチングについては、Google map などへのマッシュアップ手法を利用することで効率的な表示手法が提供できる。

1. スマートフォンのような小さい画面では何ページもある情報の提供は効率的ではない。

情報表示の制約が強い場合（パソコンの画面より小さい画面への情報提供）の情報提供手法として、経済分野からゲーム理論を持ち組む。見やすい、シンプルな情報を提供するため、ユーザに利用される可能性が高い情報の抽出手法として経済理論の応用し、必要な情報のみ絞る。ランキングを付けて順番に並べる従来の方法から、画面に収まるように上位の情報のみを抽出する。情報の抽出では、従来のランキング手法では類似あるものが上位に位置したが、提案システムでは、類似ある情報については同じ集合として扱い、より多様な情報を提供するため、情報の上位情報とその情報の下位情報との包含関係に従って類似度を付ける手法を提案する。

2. 他にマッシュアップに関してもデスクトップパソコンであられる量の情報提供は複雑に感じるだけである。

そこで、本研究では限られた資源を効率的に利用するために、マッシュアップする情報がユーザにいかにか直観的に提供されるかとして実験を行い、そのアンケート結果を基により見やすい表示方法決める。

4.5 ユーザ参加型の情報提供手法

ユーザ参加型の情報提供手法に関しては、現在の SNS による連結や Twitter の Follow のようなすでに連結された関係をベースにすることではなく、地域を基に相互連結し、ソーシャルネットワークを構成する手法を提供する（図 6）。

1. 必要によってその場でソーシャルネットワークが生成し、また新たな情報の生成と発信が可能になるシステムの設計を行っているため、ユーザに位置情報を基に地図に Mashup された情報として提供する手法を利用する。
2. これらの情報の結びはこれまでの SNS の人と人の結びではなく、情報と情報の結びであり、このようなインスタント情報の効率的な関係定立のため、ドキュメントベースのデータベースである MongoDB を利用し、各データを扱う手法を提供している。
3. あるレストランの情報としてメニューの写真も重要な情報である。従来のように、ウェブに現在のメニューの写真をアップする方法は正式な情報提供者（レストラン側）やユーザとしての情報提供者側（顧客）両方にふさわしくない。顧客側はいつものように blog をするように写真を取り、システム側から自動的に自分と関連ある情報を検索して持ってこなければならぬ。情報の収集は基本的に位置情報をも

とにする。例えば Flickr から写真を収集して表示するソースコードの一部は次のようになる。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Module>
  <ModulePrefs title="Flickr Geotagged Photos"
    description="Flickr Photos"
    height="100">
    <Require feature="sharedmap"/>
  </ModulePrefs>
  <Content type="html"><![CDATA[

  <script>
    var map = new GMap2();
    var border = null;

    Function genPhotoLink(photo) {
      var t_url = http://farm + photo.farm +
        ".static.flickr.com/" + photo.server + "/" + photo.id + "_" +
        photo.secret + "_" + ...

      //パラメタで来た msg 値を利用して point 値に
      marker を生成する
      function createMarker(point, mas) {
        ...
        GEvent.addListener(marker, "click", function() {...}
      }
      ...

      //地図の上に写真を配置する
      for (var i=0, l < rsp.photos.photo.length; i++) {
        ...
        var photo = rsp.photos.photo[i]

        var point = new GLatLng (photo.latitude,
          photo.longitude);
        ...
        md = createMarkerAndDiv(point.smg);
        ...
      }
      ...
    ]></Content>
</Module>
```

4.6 信頼性、有用性、現在性の評価手法

提供される情報に対して信頼性、有用性、現在性の評価手法に関して定量的な分析手法より、評価する（図 7）。

1. ある情報に関してユーザそれぞれを評価する手法、



図 6 ユーザ参加型の情報生成

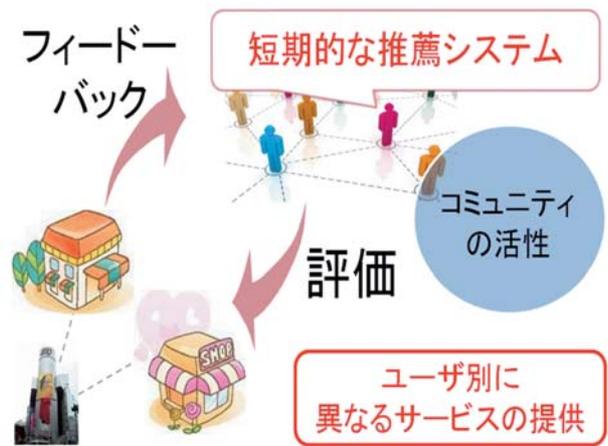


図 7 ユーザフィードバックによる推薦システム

悪意な評価に対する対策、情報の寿命（ある情報が検索される時点で価値がある情報であるかないか）の判断基準を提案するためマルコフ過程を応用して評価を行う。

2. 情報提供の主体の信頼性を評価し、信頼性の高い主体からの情報提供を優先にするコンテンツ提供手法を提案している。例えば、ある問題に対し、一般の間違った情報ではなく、国や専門家の情報を信頼性が高いと判断し、情報提供に優先度をつける手法として情報提供元に重みを付ける手法を利用する。
3. 推薦システムも従来の推薦とは異なり、短期的な推薦—情報提供時と時間的に差があまりない情報—を優先するシステムを提案する。

5 今後の予定

現在のシステムをベースの今後、次のような機能の追加に関して研究を行う予定である。

1. 蓄積データを元に情報提供側ユーザの傾向を把握し、個人化情報の提供手法として、ユーザが検索の際提供する位置情報を基に今までのユーザの傾向を分析にあらかじめユーザの要求を予想し、情報を提供する研究を進む。
2. 蓄積データ相互関係を抽出し、他のウェブデータや SNS との連動手法を考える。
3. 実際のシステムを構築し、運用することにより、理論的な予想と、実際のデータとの差を分析、学習によるシステムの効率性を高めるかわらデータの統計的な分析による新たな発見的な手法を見つける。
4. 構築された実際のシステムを利用し、実践的な運用を行う。

5. 実践的な運用から蓄積されたデータの分析、取得した情報の応用道、発見された問題点の解決を行う。

6 おわりに

本研究によって今まではユーザの雑談のような意味ない情報の生成がほとんどだった Twitter などのインスタント情報元をより有効な情報元に取り上げることが可能になり、情報提供側にはより簡単な情報の発信を、ユーザには信頼性ある情報の獲得が実現できる。

本研究によって次のような効果が期待される。

1. データの蓄積及び提供に SNS を利用することによってユーザが望む最新情報の提供が可能になる。すなわち、固定された情報ではなく生きている情報の生成が可能
2. ネット上に必要な情報がなくても双方通信によって必要な情報の要求にリアルタイムで対応、及び信頼性のある情報の判断根拠の提供を可能にする。
3. モバイル環境での効率的な情報の提供が可能になる。

他に、本研究に対しては研究の成果物を公共的に利用できる方法を考えた。今回の東日本大震災の時、携帯などの通信手段はつながらなかったが、Twitter やブログなどのインターネットはつながって情報確認や獲得が可能であった。

しかし、その情報の信頼性や公共性、つまり、国からの公式的な情報の発信は残念ながら今回なかったと言える。このような場合、ユーザがいる地域の避難所の情報、利用可能な警察所などの情報が官から発信され、地図に視覚的に表示される手法が必要であると考えられる。

そのほか、大学などが帰宅できない人を受け入れるとしても現在は学内放送からしかアナウンスできないし、Web

ページにのせても検索される保証もない。

しかし、SNS を通じて流した情報がその時、その場で必要な情報として地図に視覚的に表示されると長く蓄積される情報ではないが、ユーザが検索なしで有用な情報をリアルタイムで獲得することを可能にする。

参考文献

- [1] Raymond Yee, “Pro Web 2.0 Mashups,” Springer Verlag GmbH. 2008.
- [2] Jin Yu, Benatallah. B, Casati. F, Daniel. F, “Understanding Mashup Development,” Internet Computing, IEEE (Volume:12, Issue:5), 2008.
- [3] Xuanzhe Liu, Yi Hui, Wei Sun, Haiqi Liang, “Towards Service Composition Based on Mashup,” Services, 2007 IEEE Congress on, 2007.
- [4] Jean-Marc Finsterwald, Gregory Grefenstette, Julien Law-To, Hugues Bouchard, Amar Djalil Mezaour, “The movie mashup application MoMa: geolocating and finding movies,” GeoMM'12 Proceedings of the ACM multimedia 2012 workshop on Geotagging and its applications in multimedia, 2012.
- [5] Stefan Endrullis, Andreas Thor, Erhard Rahm, “WETSUIT: an efficient mashup tool for searching and fusing web entities,” Proceedings of the VLDB Endowment, Volume 5 Issue 12, 2012
- [6] 慎 祥揆, 前田 葉子, 遠山 元道, “ACTIVIEW : SuperSQL を用いた適応型 Web ビューの実現,” 情報処理学会論文誌, データベース, Vol. 2, No. 3, pp.112-129, 2009.

機能性ゲルを用いたアディティブ・マニファクチャリングによる

製品の一体作製法に関する研究

矢口 雄大¹⁾ 占部 俊樹¹⁾ 舘野 寿丈¹⁾Study on One-piece Construction of Products by Additive Manufacturing
with Functional GelsYuta Yaguchi¹⁾ Toshiki Urabe¹⁾ Toshitake Tateno¹⁾

Abstract

3D printing technology has a huge potential to create bespoke and low-cost applications such as design mock-up models, practical mechanical parts, et al. In this paper, 3D printing with bio-degradable and electrically-conductive gels is investigated. Embedded electrical wirings are shaped in a product chassis by using Fused Deposition Modeling (FDM) with the functional gel. The effectiveness of the present method is confirmed with experiments of practical product prototypes, which are an RFID antenna and a LED illumination circuit.

Keywords: 3D-printing, Additive Manufacturing, Functional gel, One-piece construction

1 緒言

近年、アディティブ・マニファクチャリング (AM: Additive Manufacturing) すなわち積層造形を用いた生産手法が急速に普及しており、技術の進歩と、それにもなう価格の低廉化にともない、様々な製造分野においてもこの適用の可能性が期待されている。

特に、パーソナルユースを目的とした小型の機種が普及し始めている。このような装置を使用した個人によるものづくり、いわゆるメイカーズが今後の生産形態に大きな影響を及ぼすとの指摘がある[1]。もちろん、これらの製造装置は一般に量産を前提とした従来の装置に比べて精度などの機能性や品質の安定性などにおいて劣るので、これまでの生産手法にとって代わるものではない。しかしながら、個人の要求を反映した製品を製作できる点で新たな需要を生む可能性が高く、生産においても新たな形態を生むと考えられる。

著者らは、アディティブ・マニファクチャリングの中でも廉価に実現可能な手法である熱溶解積層法(FDM: Fused Deposition Modeling)に着目し、その特徴を有効に活用する電気・機械製品の製造のあり方について研究を進めている[2]。本報では、生分解性材料を用いた 3D プリンティングの提案、および電気回路試作について述べる。

2 関連研究

2.1 複数材料アディティブ・マニファクチャリング

過去には CAD データから直接試作品をすばやく製作できるラピッドプロトタイプリング (RP: Rapid Prototyping) が従来の AM の主な対象であったが、一品ごとに形状の異なる製品の生産の手法として、実際の製品を CAD データから製作するラピッドマニファクチャリング (RM: Rapid Manufacturing) の概念が生まれた。

近年、単に形状を作成するのみならず、複数の材料を用いる AM 技術の発達により、強度や硬度を部位に応じて自在に変化させ、従来は不可能であった複雑な 3 次元構造を実現させるといった応用例が現れている[3]。

同時に、機械的性質のみならず、多様な特性を持った材料を活用したアディティブ・マニファクチャリングの手法が試されている。

Willis ら[4]の研究では、透明度の高い樹脂の周囲を透明度の低い材料で覆う構造とすることで、プリントされた構造内に光ファイバーを作成している。娯楽用途や光スイッチなどの用途が想定されている。

電氣的・化学的特性を利用した例としては、Melone ら[5]による、亜鉛-空気電池を 3D プリントした事例が挙げられる。これはコーネル大学で開発された"Fab@Home"3D プリンタを利用したもので、ゲル状の材料を積層して造形する。積層する材料として電解液を含んだゲルや電極となるゲルを

Received on 2013-10-10

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

用いることで、機能する電池を作成することに成功している。

ゲル状の材料を用いる例としては、日出間ら[6]による、3次元レーザー照射によるゲルの3次元プリントが挙げられる。これは、UVレーザーによって硬化するゲルの溶液を用いて人工血管を作成する手法である。ゲルによる人工血管は養分などの物質を透過させ、90%程度という高い含水率ゆえの低摩擦も実現できる。このため、樹脂材料を用いた既存の製品よりも生体適合性の高い人工血管が作成できている。

また、3Dプリンタに使用する導電性材料についても、研究が進められている[7]。樹脂材料に金属粉末を混合したものが主流であるが、これらの材料は強度が高い一方で溶解に高温が必要である。また、廃棄する際に環境負荷が大きいという問題を抱えている。そのため、比較的低温で溶解し、しかも環境負荷や安全性に配慮した導電性材料の使用が望まれている。

2.2 生分解性電気回路

生分解性の性質を持つ電気部品は近年、医療用など生体適合性が求められる分野で注目を集めている。通常の樹脂材料は生体内や環境中での分解速度が極めて遅く、生体内での悪影響や廃棄物の問題が生じる。生分解性材料は、生体と接触する分野、および環境中で放置される可能性のある分野で広く用いられている。

生分解性の材料は以前より存在したものの近年では導電性の生分解材料も利用されつつある。たとえば、導電性ポリマーは、生分解性は低いものの生体への毒性は少なく、生体適合性は高い。

その他の導電性材料の製法としては、導電性の高いフィラーを充填する方法が挙げられる。フィラーの材料としては金属が一般的であるが、有害性や生分解性の観点からはカーボンブラック等の材料が望ましい。そこで本研究では、高導電性のカーボンブラックと、ゲルマテリアルを用いた導電性材料を用いた。

3 提案手法

先述の通り、複数材料を使用した3Dプリンタが開発されているが、機械的な機能を持つ筐体に導電性回路を埋め込む手法についてはまだ十分に検討がされておらず、その用途や利用についても限定的である。本研究では、筐体内に導電性材料を3Dプリンタでの造形時に埋め込むことで、電気的な機能をもたせた、より機能性の高い製品を生み出すことを提案する。

本報では、FDM方式を使用して、電気配線を含めた製品筐体を一体作製する手法の開発を目的とする。FDMはヒータで熱した材料をノズルから押し出し、層状に重ねて成形する手法であり、低コストかつ多様な材料を使用可能であるという特徴がある。

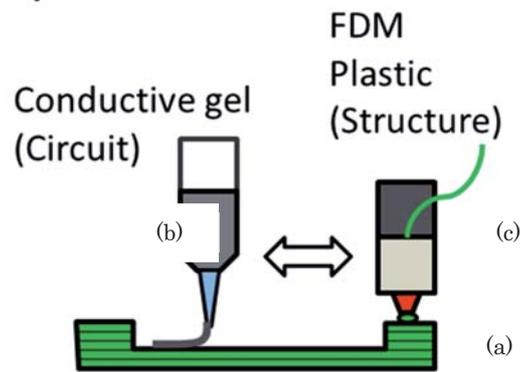


図1 3次元造形プロセス

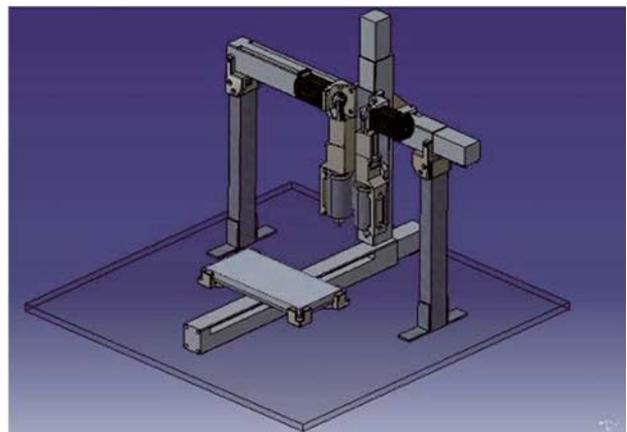


図2 想定される造形装置

本体とは異なる材料を埋め込む際、図1のようなプロセスで行う。(a)樹脂材料を成形し、土台部分と溝を作製する。(b)溝部に導電性材料を抽出する。(c)樹脂材料を上から成形し、導電性材料を埋め込む。

以上のプロセスを実現する装置として、図2に示す造形装置を想定している。材料を突出するヘッドを材料の種類毎に設け、それらは造形物に対して、xyz軸の相対的な移動と位置決めができるようにする。この位置決めと材料の突出をコンピュータからの指示によって調節することで、決められた位置に決められた材料を積層することができる。そして一連のプロセスによって、複数の材料が組み合わされて一体となった製品を作製できる。

本研究はこの提案手法の実現に向けた初期のステップとして、導電性ゲルの作製、およびABS樹脂と導電性ゲルを使用した部品の試作と性能評価を行った。

4 導電性ゲルの作成と押し出し機構

4.1 導電性ゲル

導電性ゲルは 1)導電性のフィラー 2)基材ゲルの 2 種からなる。本研究では、生分解性を持ち無害なカーボンブラックを導電性フィラーとして使用した。一般に金属粉末（電気伝導率 10^{7-8} S/m）に比べて炭素の電気伝導率は低い（電気伝導率 10^5 S/m）が、金属粉末は一般に反応性が高く、また生分解性に劣るため使用しなかった。

基材ゲルとしては、オイルゲルとハイドロゲルの 2 種類を作製した。

オイルゲルは油脂とゲル化剤を混合して作成されるゲルである。本研究ではカルナウバワックスとエステル油を使用した。両者ともよく化粧品に用いられており、人体への害が少なく、生分解性のある材料である。

ハイドロゲルは水を含むゲルであり、水にゲル化剤を溶解させて作成される。本研究では食品用のゼリー（いわゆるコンニャクゼリー）を作成するのに用いられるグルコマンナンとカラギナンを使用した。また、親油性のカーボンブラックと混合するため界面活性剤のポリソルベート 80 を用いた。

導電性フィラーを、流動性を失わない限界までゲルと混合した際の組成を表 1 に示す。

作製したオイルゲルとハイドロゲルの外観を図 2 に示す。それぞれの電気伝導率を測定したところ、最高で 2.4 S/m ならびに 0.8 S/m であった。

表 1 導電性ゲルの組成

ゲルの種類	成分	質量百分率 wt%
オイルゲル	エステル油	70.9
	カルナウバワックス	23.4
	カーボンブラック	5.7
ハイドロゲル	水	83.3
	グルコマンナン	1.3
	カラギナン	0.3
	ポリソルベート	8.3
	カーボンブラック	6.7



(a) オイルゲル (b)ハイドロゲル

図 2 作製したゲルの外観

4.2 押し出し機構

本研究で使用したゲルの押し出し機構を図 3~5 に示す。これは空気圧を利用してシリンジに充填されたゲルを押し出す機構である。ゲルはシリンジの周りに設置したヒータで加熱され、エアーチューブによって供給された空気でゲルを一定間隔で押し出して成形する。その時の温度はヘッドに設置された熱電対で測定して管理する。

なお、材料押し出し用のノズルを交換することによって、塗布径の変更や、様々な材料の種類に対応することが可能となっている。ノズル径は $\phi 0.25\sim 1.6\text{mm}$ である

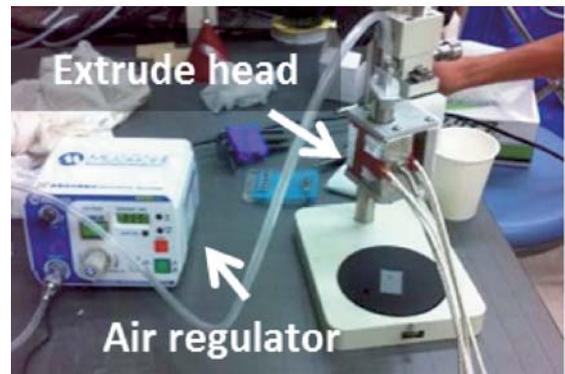
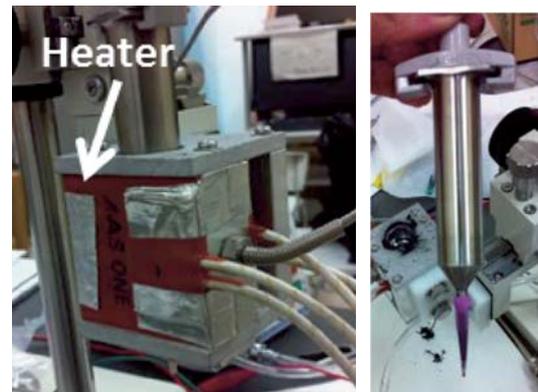


図 3 押し出し装置全体



(a)ヘッド部 (b)シリンジ

図 4 押し出し機構

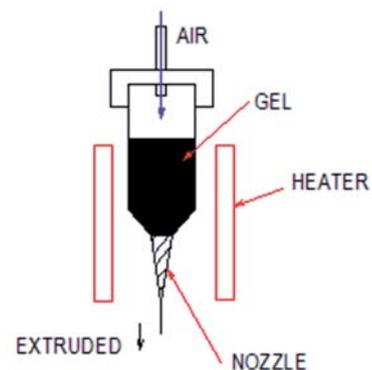
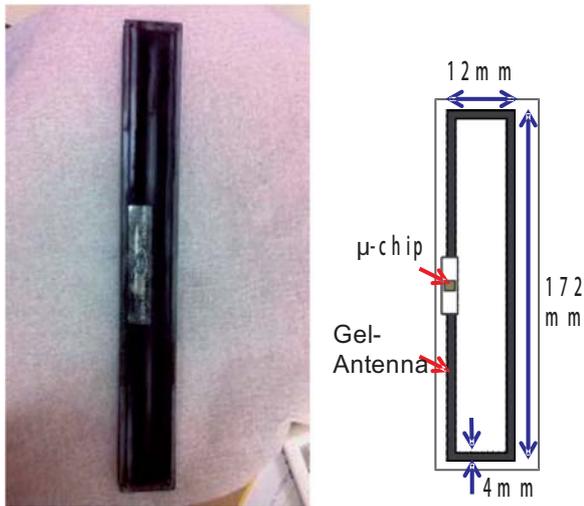


図 5 押し出し機構概念図

5 ゲルの押し出しと性能の確認

5.1 ゲルの押し出し試験

積層による形状作成の前段階として、ゲルの押し出し試験を実施した。



(a)外観 (b)形状寸法

図6 ゲルアンテナ

表2 アンテナによる通信距離の比較

	金属アンテナ	ゲルアンテナ	アンテナなし
通信距離 mm	300	75	30

オイルゲルは 110℃に加熱し、0.7Mpa の圧力を加えると、最小で $\phi 0.4\text{mm}$ のノズルから安定して吐出することが可能であった。

一方、ハイドロゲルは流動性を持つ温度 (70~80℃) まで加温すると急速に内部の水分を失い、流動性が低下するため、ノズルから安定して吐出することはできなかった。

このため、以降の実験ではオイルゲルのみを用いた。

5.2 ゲルアンテナの性能確認

製品として使用する状態でのゲルの導電性能確認のため、RFID アンテナを作成し、非接触通信距離の比較を実施した。図6に作成したアンテナを示す。

RFID チップには小型の $\mu\text{-Chip}$ を用い、付属の金属アンテナを残したものを、ゲルアンテナのみ接続したもの、および全てのアンテナを除去したもので通信距離の比較を行った。結果を表2に示す。

ゲルアンテナは、金属アンテナより通信距離は短いものの、アンテナが無い場合よりも長距離で通信ができ、アンテナとして機能していることが確認された。

6 3次元造形による電気回路の試作と試験

6.1 3次元造形装置

図7のような3軸の移動が可能な造形機を開発し、モデルの作製を行った。この装置は直交する X, Y, Z 軸の3軸のスライダと、Z軸スライダ駆動部に取り付けられた押し出し機構で構成されている。それぞれの軸のスライダを動かして、ヘッドから押し出した材料を積層することで、モデルを3次元に造形することが可能となっている。ただし、図2に示した造形機のヘッドを1つにした場合に相当し、現状では異なる材料を同時に使用できない。このため、ABS樹脂の部分は市販の3Dプリンタを使用し、ゲルの充填のみ開発した装置を使用することで対応した。

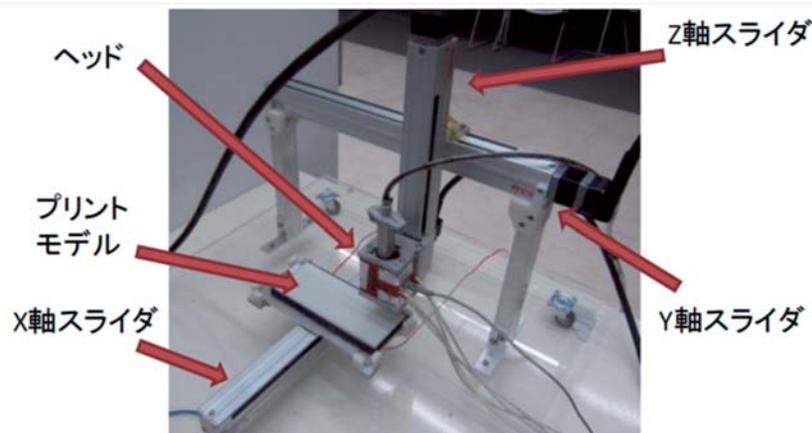


図7 3次元造形機外観

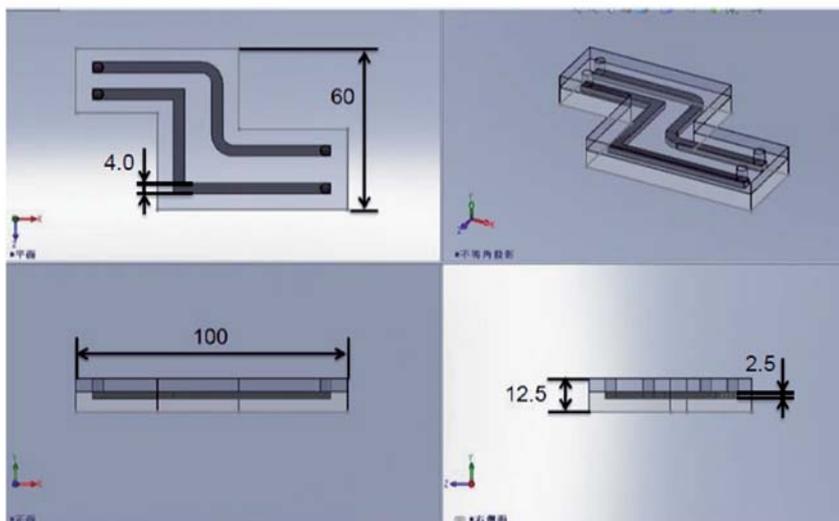


図 8 試作回路部品の 3D-CAD モデル

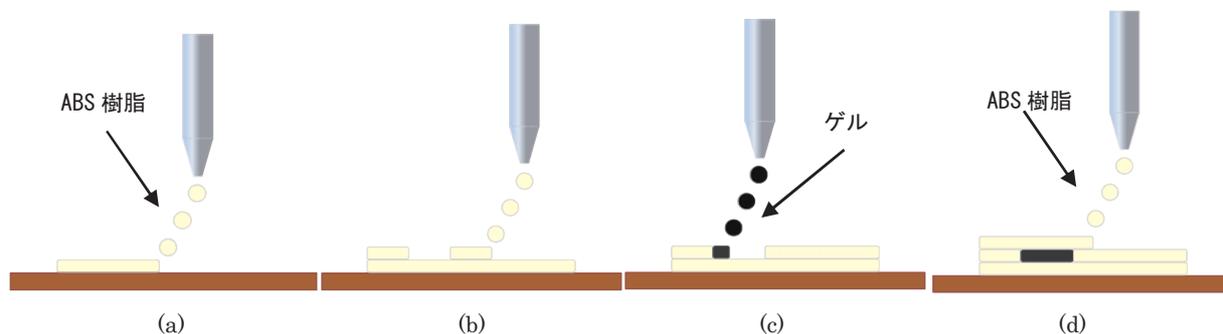


図 9 3次元造形概念図

6.2 LED 回路の試作

電気回路作成機能の実証のため、ABS 樹脂で作成した外装内に配線を埋め込んだ回路部品の試作を実施した。

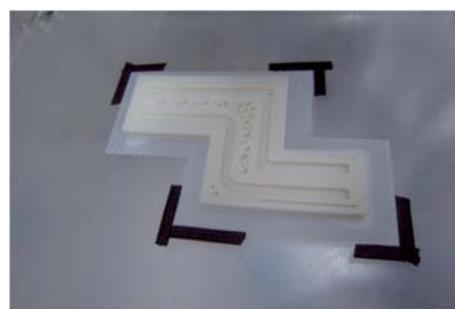
CAD モデルを図 8 に示す。

全体の形状は鍵型となっており、その内部に全体の形状と並行するように 2 本の溝が掘られている。その内部に導電性のゲルが充填され、この部分が LED の配線として機能する。

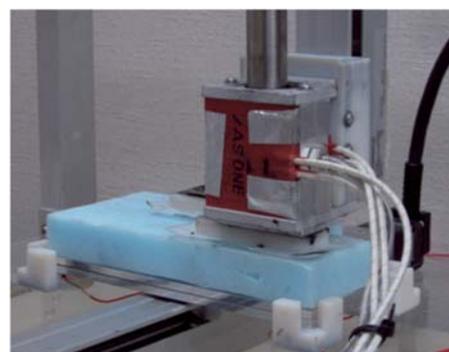
工程の概念図を、図 9 に示す。1)部品下部となるベースモデルを ABS 樹脂で作成する。2)ベースモデルにゲルを埋め込む溝を形成する。3)溝の内部にゲルを充填する。4)溝の上部に蓋となる部分を ABS 樹脂で作成する。という手順で部品の試作を行った。このとき、導電配線埋め込み部の両端は導電端子とするため、樹脂材料で封止せずにおく。

実際に部品を作成する様子を図 10 に示す。

図 10(a)に示す ABS 樹脂の部分は、FDM 形式の 3D プリントである RapMan(BFB 社製)を用いて作製した。

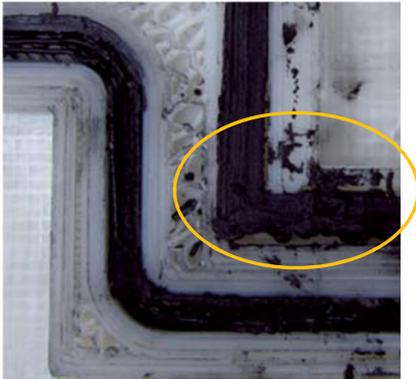


(a) ベース



(b)ゲルの充填

図 10 LED 回路部品試作の様子



(a)第1回試作の結果



(b)第2回試作の結果

図 11 ゲル充填の改善



図 12 試作物を用いた LED の点灯試験

図 11(a)に第 1 回試作物の様子を示す。図中に楕円で示した部分で、吐出されたゲルがベースの溝をはみ出していることがわかる。これは吐出が不安定なためで、シリンジ中に気泡が入ることやノズルの温度低下によるものと思われた。そこで、ノズルの保温を行い、シリンジへの充填時に気泡を抜く処理を追加することで安定した吐出が可能となった。図 11(b)に、第 2 回試作物の様子を示す。ゲルが溝内にほぼ収

まったため、この上に蓋の部分を ABS で作製した。

作製後、配線の両端に 5V 電源と LED を接続することで、LED を発光させることに成功し、電気回路部品としての機能を確認した。(図 12) これにより、提案した導電性ゲルを用いて、電気配線を持つ製品を、積層造形で一体作製することが可能であると確認された。

7 結言

- (1) 3Dプリンタによる造形時に導電性材料を埋め込む手法について検討を行い、導電性のゲルを用いるアプローチに関して材料の作成と評価を行った。
- (2) FDMを用いて、ABS樹脂で作成された物体中に電気回路を埋め込む装置を開発した。
- (3) 上記の手法を用いて電気配線を含む造形物を試作し、性能の評価を行った。

参考文献

- [1] C.Anderson , “MAKERS - The New Industrial Revolution”, Crown Business, 2012
- [2] Y.Yaguchi and T.Tateno, “Printing of electrically-conductive gels for embedding electric circuits in elastic materials”, Proc. of International Conference on Positioning Technology, pp.259-262, 2012.
- [3] Panagiotis Michalatos, Sawako Kaijima, Adams Kara Taylor (AKT), “Intuitive Material Distributions”, Architectural Design Volume 81, Issue 4, pp66-69, 2011.
- [4] Willis, K. D.D., Brockmeyer, E., Hudson, S. E., and Poupyrev, I. “Printed Optics: 3D Printing of Embedded Optical Elements for Interactive Devices”. Proc. ACM UIST, 2012.
- [5] Malone E., Berry M., Lipson H: Freeform, “Fabrication and Characterization of Zinc-Air Batteries”, Rapid Prototyping Journal, Vol. 14, No. 3, pp.128-140 (2008).
- [6] 日出間るり, 杉田恵一, 古川英光「レーザー走査照射による高強度ゲルの 3 次元光造形」, 日本機械学会論文集 77 巻 778 号, pp-1002-1006, 2011.
- [7] M. Nikzad, S.H. Masood, I. Sbarski, “Thermo-Mechanical Properties of a Highly filled Polymeric Composites for Fused Deposition Modeling”, Materials and Design, Vol.32, pp.3448-3456, 2011.

プライバシー影響評価ガイドラインの開発

瀬戸 洋一¹⁾ 石田 茂²⁾ 高坂 定³⁾ 横山 完⁴⁾

Development of guideline for Privacy Impact Assessment based on ISO22307

Yoichi Seto¹⁾ Shigeru Ishida²⁾ Sadamu Takasaka³⁾ and Mamoru Yokoyama⁴⁾

Abstract

Many organization have been working to digitize the personal information, the importance of privacy risk countermeasures is increasing. Privacy Impact Assessment, the introduction of the system with the collection of personal information, in the case of system replace, for the mitigation is the risk management method for evaluating the "proactive" a privacy risk or avoid privacy issues. In Japan, Upon the introduction of PIA, third party expert independent organization and the implementation procedure of the PIA is required. This paper describes development and application of the PIA guidelines to based on ISO22307.

Keywords: ISO 22307, Privacy concerns, Privacy Impact Assessment, Personal data, Risk management

1 はじめに

情報技術の進歩により、多量の個人データの収集、電子的な記録、格納、検索が可能になった。近年プライバシーに対する意識が高まり、個人情報を取り扱うシステムあるいは組織に対して、適切な取扱い及び安全管理が強く求められている。個人情報の漏洩を例にとると、一度漏洩した情報を取り戻すことは困難であり、完全な回収は事実上不可能といえる。したがって、問題の発生を未然に防止することが重要である。

プライバシー影響評価 (Privacy Impact Assessment, 以下 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、プライバシーリスクを明確にし、利害関係者のプライバシーへの影響を「事前」に評価するリスク管理手法である [1,3]。

海外では、1990 年代に個人情報の電子化が進むとともに、PIA が検討され始めた。90 年代後半には、カナダ、ニュージーランド、及びオーストラリアで PIA が実施された。公的機関において個人情報を扱うシステムを構築する際には、プライバシーへの影響を事前に評価する PIA の実施が必須条件となっている国もある。例えば、カナダや米国では、政府機関での PIA の採用が進み、個人情報を扱うシステムを構築する場合、PIA の実施が予算認可の条件となっている。また、公的機関だけでなく、企業において実施されている事例もある。

PIA の国際標準化の動向としては、2008 年に金融分野において、国際標準規格 ISO22307 Financial services -

Privacy impact Assessment として発行された [4]。

日本では、2006 年より産業技術大学院大学で PIA の実施評価を行っている。また、2013 年マイナンバー法の成立により PIA の考えを踏襲した特定個人情報保護評価という日本独自の制度が法律で明記された [5]。

しかし、日本で PIA を実施するには、PIA の実施根拠、実施体制や解説書などの整備が必要である。

本論文では、2 章で PIA の概要と実施における課題、3 章で、ガイドラインの開発、4 章で実証実験について述べる。

2 プライバシー影響評価の概要

2.1 プライバシー影響評価

プライバシー影響評価 PIA とは、「個人情報の収集を伴うシステムの導入や改修の際に、プライバシー問題の回避または緩和のために、利害関係者のプライバシーへの影響を「事前」に評価するリスク管理手法」である [2]。企画・設計段階において、システムの運用及び技術的な面からプライバシーリスクを評価し、評価結果を踏まえ、プライバシー保護策を織り込むために構築するシステムの様式の変更を促す一連のプロセスである。

ここで使うプライバシーという言葉は、いわゆる個人の機微情報だけでなく、個人情報保護法で定義された個人を識別可能な情報という広い意味をもって使われている。このため、個人情報影響評価 (Personal information Impact Assessment) と呼ばれることもあるが、本論文では通称であるプライバシー影響評価を使う。

PIA を実施することにより、システム稼働後のプライバシーリスクを最小限に抑え、脆弱性の改修に伴う費用の発生を予防し、稼働停止などのビジネスリスクを軽減することができる。

図 1 に、PIA の機能構成を示す。PIA は、プライバシー・フレームワークとプライバシー・アセスメント、プライバシー・アーキテクチャーの 3 つの機能で構成される [2]。

Received on 2013-10-10

1)産業技術研究科

School of Industrial Technology, AIIT

2)情報セキュリティ大学院大学

Institute of Information Security

3)株式会社 メディック総研

Medic Institute Inc.

4) 優成監査法人

Yusei Audit & Co.

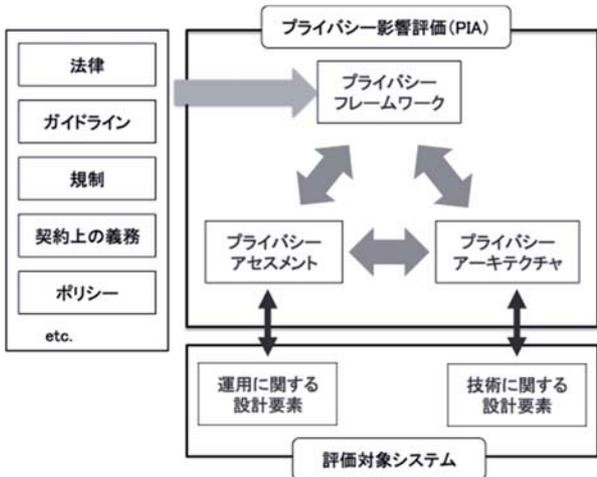


図1 PIAの機能構成

プライバシー・フレームワークは、制度面からのアプローチである。法律、ガイドライン、規則、契約上の義務、ポリシーなどはPIAの構成要素ではなく、アセスメントを行うための入力データである。それら入力データを元に、対象システムに必要なプライバシー要件の抽出やプライバシーリスクの測定条件（評価シート）を定める。

プライバシー・アセスメントは、運用面からのアプローチである。プライバシー・フレームワークを元に、システムのデータフロー分析及び評価シートなどを用いてプライバシーに関する影響分析を行う。

プライバシー・アーキテクチャーは、技術面からのアプローチである。プライバシー・フレームワーク、プライバシー・アセスメントを元に、システムの設計仕様を検討し、技術的にプライバシーに関する問題解決を図る。

2.2 日本におけるプライバシー影響評価実施における課題と対策

日本においてPIAを有効に実施するためには、実施の根拠、実施体制、解説書及び実施手順の整備が必要である。

(1)実施根拠

PIAの実施の根拠を明確にする必要がある。実施実績のある米国、カナダにおいては、それぞれ、電子政府法あるいはDirective on Privacy Impact Assessmentに基づき、PIAを実施している[1]。

カナダ(州レベル)、オーストラリア、英国は、制定法(ハードロー)に依らずソフトローに相当するガイドラインに基づき実施している。

韓国では、2011年に改正された個人情報保護法により、政府や自治体は、PIAの実施を義務付けられており、民間企業については第三者適合性評価制度 PIMS(Personal Information Management System)の活用が推奨されている[6]。

日本では、マイナンバーの導入が予定されており、番号法に基づき、マイナンバーに関連するシステムには、PIAとは異なるが、特定個人情報保護評価の実施が義務付けられる[5]。

表1に各国の実施根拠をまとめた[7,8]。

表1 PIAの実施根拠

実施根拠 予算承認との関連	法律	ガイドライン/認証制度
関連あり	米国(政府) カナダ(政府)	—
関連なし	韓国(政府・自治体) 日本(マイナンバー)	カナダ(州) オーストラリア 英国 韓国(民間企業)

日本でPIAを広く実施するためには、公的部門に対しては法律の整備、民間部門に対しては業界の自主規制であるガイドラインなどの整備が必要である。

(2)実施体制

PIAは、個人情報提供者のプライバシー保護という公益性の観点から、その運用は適切に行わなければならない。海外では、プライバシーコミッショナーなどの独立機関(第三者機関)が重要な役割を果たしている。日本では、国民IDであるマイナンバーの導入に伴い、マイナンバーに関連した独立機関が設置される予定である[5]。

民間部門において広くPIAを実施する場合には、中立的な立場で助言・勧告する機能をどのように実現するかが課題となる。

(1)で述べたとおり、PIAの実施根拠は制定法に基づく場合とソフトローに基づく場合がある。行政機関など公的分野では、実施にあたり法的強制力が必要である。一方、民間組織においては、法的強制力は必要とは限らないため、ガイドラインなどのソフトローによる自主規制型のPIAが導入可能である。

しかし、民間組織においても、金融、医療、通信などは、センシティブ(機微)性の高い個人情報を取り扱い、公共性のある事業を実施している場合もある。そのような組織に対しては、公的組織に準じる規制が必要である。

そこで、日本におけるPIA実施体制として、「公的分野」、「公共性の高い事業分野」、「民間分野」の3つの類型を提案する[7]。

表2に実施体制の概要を示す。

表2 日本における実施体制の概要

	責任者	中立的組織	PIA実施チーム	PIA報告書の提出先	PIA報告書の承認(認証)	備考
公的分野	行政機関の責任者	第三者機関	組織内部	行政機関の責任者	第三者機関	
公共性の高い分野	組織の長	第三者的組織	組織内部(アウトソース可)	組織の長	第三者的組織	第三者適合性評価制度の導入
民間分野	経営者	CPO	組織内部(アウトソース可)	経営者	CPO	CPOが承認後、経営者へ提出

①公的分野

PIAを実施するための法律の整備が前提となる。第三者機関については、EUデータ保護指令に準拠し、国際的な基準を満たすためにも、プライバシーコミッショナーのような行政機関に対する監視機能を持つ、独立した中立組織を設立すべきである。また、リスクコミュニケーション本来の観点から、PIA報告書を公開し、個人情報を提供する個人へ適切な情報開示を行い、システム構築の合意形成を行うことが重要である。

マイナンバー(共通番号法)法における特定個人情報評価制度が相当する。

②公共性の高い事業分野

この分野の組織におけるPIAの実施は、自主的な規制ではあるが、中立的な立場で助言・勧告する組織は独立性・中立

性の観点より、第三者の独立した組織であることが望ましい。また、PIA 実施結果の信頼性を高めるために、第三者適合性評価制度の仕組みを導入すると有効である。

③民間分野

民間組織における PIA の実施は、自主的な対応であり、プライバシー保護に関する安全性の宣言はあくまで自己宣言である。そのため、中立的な立場で助言・勧告する機能は、組織内のプライバシー・オフィサー(CPO)が担うものと考えられる。CPO は、PIA 実施チームへの助言、PIA 報告書の承認、PIA 実施結果に基づく経営者への助言等を行う。

(3) ガイドラインの整備

ここでガイドラインは、PIA の内容を解説する解説書(ハンドブック)と実際の評価の実施手順を示すマニュアルより構成する。解説書及び実施手順を整備せずに PIA を実施した場合、実施者の評価能力や志向に左右され、また、場合によっては評価の中立性が保証されない問題が生じることも考えられる。

表 3 は PIA 実施国の公的機関から発行されたハンドブックの構成項目を比較したものである [8]。全ての国で共通の構成項目は、PIA プロセス、プライバシーリスクに関わる質問、リスク管理、PIA 報告書公表、予備 PIA、PIA 報告書の推奨構造であり、すべてのガイドラインで、ISO22307 要求事項を網羅している [4]。

表 3 PIA 実施国のガイドライン比較

構成項目/PIAガイド	英国/ICO	米国/DHS	NZ/PCO	カナダ/PCO	臺灣/PCO
発行日	Jun-09	Jun-10	Oct-07	Aug-02	May-10
①PIAプロセス	■	■	■	■	■
②プライバシーリスクに關する質問	■	■	■	■	■
③PIA実施組織(民間企業、政府機関)	■	■	■	■	■
④プライバシーのタイプ(情報種別)	■	■	■	■	■
⑤リスク管理	■	■	■	■	■
⑥リスクの特定	■	■	■	■	■
⑦リスク対策	■	■	■	■	■
⑧PIAの効果	■	■	■	■	■
⑨外部ステークホルダーとの協議	■	■	■	■	■
⑩PIA報告書公表	■	■	■	summary	■
⑪予備PIA	■	■	■	■	■
⑫PIA報告書の推奨構造	■	■	■	■	■
⑬プロジェクトライフサイクルで実施	■	■	■	■	■
⑭コンプライアンスチェック	■	■	■	■	■
⑮審査と監査	■	■	■	■	■
⑯PIAと予算の関係	■	■	■	■	■
⑰PIA報告書の説明責任	■	■	■	■	■
⑱ISO22307要求事項	■	■	■	■	■

凡例 ICO: Information Commissioner's Office PCO: Office of Privacy Commissioner

DHS: Department of Homeland Security

上記の分析結果より、日本における PIA のハンドブック及び実施手順を整備するにあたり、ISO22307 適合が適切である。

2.3 ISO22307 の要求事項

PIA の国際標準規格は、2008 年 4 月に金融サービス向けに ISO22307 として発行された [4]。金融業務では、利用者の個人情報にコンピューターネットワークを経由して国境を越えて移動し、国際的な取引を行う際に個人情報の安全性と整合性を取る共通のフレームワークが必要となったことが、標準化の背景にある。しかし、内容は金融業界に限定せず、他の業種にも適用可能と考える。

ISO22307 には、PIA の要求事項として以下の 6 項目がある。前半 3 項目が PIA の実施手順に相当し、後半の 3 項目は PIA の実施体制に関する [9]。

(1) PIA 計画

PIA 計画は、PIA の適用範囲を定義し、PIA 実施者に必要な専門知識分野及び対象システムに適用される個人情報保護やプライバシー関連の法令や規格等を特定し、対象システムの調査などの作業を行い、PIA 実施計画書を作成し、PIA 評価の準備をする。

PIA 実施計画書の記載項目を下記に示す。

- ビジネス上の目的
- 個人情報の取扱い方法
- 評価実施体制
- スケジュール、作業内容、手順
- 対象システムの段階。例えば、導入や設計段階
- ドキュメントの変更管理方法

(2) PIA 評価

PIA 評価は、PIA 計画で定義した PIA の実施対象範囲について、プライバシーリスクを洗い出し、指摘事項と、その指摘事項に対する推奨案を作成する。この作業は、プライバシーに関する専門知識を持ったメンバーで行われる。

PIA 評価では、個人情報を取り扱う業務プロセスとデータフローの分析、プライバシーポリシーの適合性ギャップ分析、PIA 報告書のための結論と勧告の作成を行う [10,11]。

(3) PIA 報告

PIA 報告は、対象システムについて関係者間でレビューを行うために、評価、分析した事項を文書化する。報告書の記載項目を以下に示す。

- PIA の実施範囲
- PIA を実施し、報告書を作成したメンバーのもつ専門知識の分野
- PIA 実施プロセスの独立性
- システム開発のために実施された意思決定プロセス。
- 対象システムの概念図
- 業務プロセスフロー、データフロー
- 関連するプライバシーポリシー、個人情報保護に関連する法律、規格
- プライバシーポリシーや法律に適合する上でのリスク評価
- 対象システムのビジネス目的を達成し、リスク軽減代替案
- プライバシーリスクを軽減する代替案が、対象システムの設計に適用されているか否かの記述
- PIA 報告書の勧告に基づき対応を行う責任者の特定

(4) 十分な専門知識

PIA 実施プロジェクトのメンバーは、PIA を実施するために専門知識を有する必要がある。最低限必要な知識は、評価対象システムに関係する個人情報保護やプライバシー関連の法律、ポリシー、及び国際的なプライバシー原則についての法律分野の専門知識、対象システム及び関連システムに関する IT インフラストラクチャについての専門知識、対象システム及び関連システムに関する業務プロセスについての専門知識である。

(5) 独立性と公共性の程度

PIA を実施するにあたり、対象システムに関する利害関係者に対して、中立性を確保することが必要である。PIA 報告書を、対象システムの開発組織とは異なる中立組織で確認することにより、利用者のプライバシー保護が確実に実行されるようにする。

(6) 対象システムの意思決定時の利用

PIA 報告書に記載されたプライバシーリスクの回避策または緩和策は、対象システムについて意思決定を行う際に参照され、設計の変更などに使用される。

3. プライバシー影響評価ガイドラインの開発

3.1 PIA ガイドライン

PIA を有効に実施するためには、ガイドラインが必要である。ガイドラインはハンドブックとマニュアルから構成される。

ハンドブックは、PIA に関する利害関係者が参照するドキュメントである。誰が、何のために、どのように実施するの

か、その意義と方法論をわかりやすく記述した PIA の概要の理解を助けるための解説書である。PIA の国際標準規格である ISO22307 に準じた PIA 実施プロセスの解説である。

実施マニュアルは、PIA の実施者が主に参照するドキュメントである。PIA の実施結果に客観性を持たせるため、標準化した手順を具体的に記述している。

PIA 実施プロジェクトの立ち上げから終結までの必要な作業と従うべき手順、適切な指示報告体制の構築と承認プロセスについて記載し、適正に PIA を実施するための手順を示している。

実施マニュアルは分野毎に作成されるべきものであり、今回はクラウドマイグレーションに特化している。

図 2 にハンドブックと実施マニュアルの関係を示す。

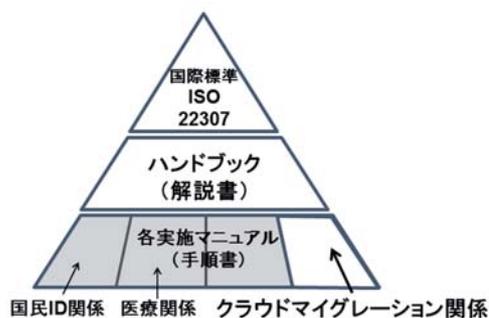


図 2 PIA ハンドブックと実施マニュアルの関係

3.2 PIA ハンドブックの概要

ハンドブックは 4 つ部分より構成される。

- (1) PIA の基礎知識. PIA の基礎知識として、プライバシーの概念及び保護に関連する方法論、法制度、規則等について理解することを目的とする。具体的には、プライバシーの意義やその保護策のあり方、また、プライバシー問題に関するリスクなど、プライバシーに関する基礎的な事項を説明する。
- (2) 実施根拠・体制. PIA 実施の根拠と実施体制について説明する。
中立組織の設置、評価チームとして有すべき専門性を記述する。
- (3) 日本に置ける実施の課題. PIA 実施例として諸外国の実施状況を説明し、日本における PIA 実施の課題と対策について説明する。
- (4) 実施手順の概要. PIA フレームワークとして簡易 PIA と詳細 PIA のそれぞれの実施手順と体制について、その選択基準やフェーズごとに必要となる事項やアウトプットなどを説明する。

3.3 PIA 実施マニュアルの概要

ハンドブックでは、ISO22307 の要求事項に準拠した PIA の実施手順を概説している。マニュアルでは詳細に実施手順を説明する。図 3 に PIA 全体のフローを示す。

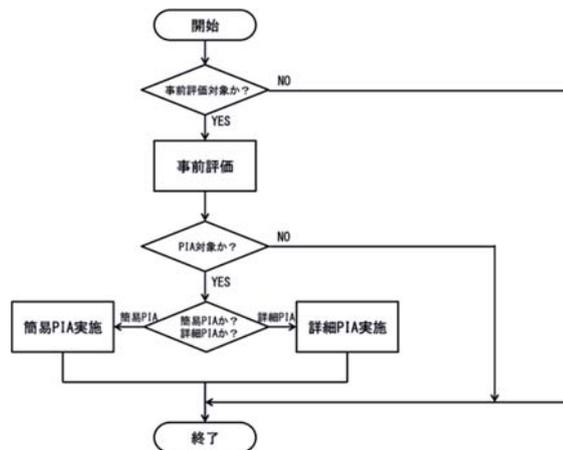


図 3 PIA 実施の全体フロー

最初に PIA を実施するか否かを判断するプロセスがあり、PIA を実施するとした場合に簡易 PIA 及び詳細 PIA の 2 つのプロセスのどちらかを選択する。プロジェクトの性質や規模にかかわらず、詳細 PIA を実施することは、組織に過大な負担を強いることになる。

また、詳細 PIA で実施される作業負荷が組織の能力を超えるほど過度なものであれば、十分な評価が出来ないことや、形式的な実施にとどまるおそれがある。結果として PIA が有効に機能せず、PIA の目的を達成できない可能性がある。このため、単純にシステムの規模や個人情報の取り扱い件数のみを指針とせず、作業負荷とプロジェクトの目的を考慮し、簡易 PIA か詳細 PIA のどちらかを選択する必要がある。

(1) 事前評価

事前評価とは、PIA を実施する必要があるかを判断し、PIA 実施を選択した場合、スケジュールや体制を明確にする。また、実施に伴う予算化を行う。

(2) 簡易 PIA

簡易 PIA は、個人情報保護法と個人情報保護ガイドラインに基づき作成した評価シート（テンプレート）で実施する。簡易 PIA では、詳細な情報収集や分析は要求されず、詳細 PIA に比べ組織の負担は少ない。

(3) 詳細 PIA

詳細 PIA は、厳密に評価事項を決定し、PIA を実施する。個人情報保護法と個人情報保護ガイドラインに加えて、個人情報保護やプライバシーに関する業界のガイドライン、社内

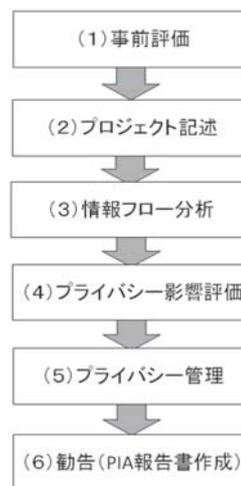


図 4 詳細 PIA の実施手順

規定の他、法令・基準・規則を考慮し、評価シートをプロジェクト毎に作成する。評価時には、詳細なヒアリングを複数回にわたり実施する。

図4に詳細PIAの実施手順の概要を示す。

(1)事前評価

PIAを実施するか否かを判断する。対象システムが個人情報を取り扱わない場合は、プライバシーにはほとんど影響を与えないため、PIAは不要と判断する。PIAが必要と判断した場合、以降の作業ボリュームを見積もり、予算的な措置をする。

(2)プロジェクト記述

PIAの目的、体制、対象システムの概要をPIA実施計画書にまとめる。PIA実施計画書は2.3節の記述の項目を記載する。

PIA実施チームの結成においては、PIA実施の指示する組織の責任者が、PIA実施チームメンバーを任命する。チームの責任者は、組織の責任者が任命するが、メンバー選出については、チームの責任者に委譲してもよい。

PIA実施チームメンバーには、個人情報保護やプライバシー関連の法律知識、ITインフラストラクチャに関する専門知識、対象業務プロセスについての知識や技能が必要とされる。ただし、各人がそれらの専門知識や技能の全てを有している必要は無い。チームとして網羅していればよく、各分野の専門家で構成されるのが一般的である。

(3)情報フロー分析

情報フローの分析は、業務フロー図やデータフロー図を作成し行う。業務プロセスや個人情報のフローを可視化し、プライバシーに影響を与えるリスクを抽出する。各ダイアグラムの作成と合わせ、リスク分析を実施する。

(4)プライバシー影響評価

対象システムがどのようにプライバシーに影響を与えるかを特定し分析する。

PIA実施チームは、対象システムに適用される個人情報保護やプライバシーに関する法令やガイドライン等をもとに、評価シートを作成する。評価シートへの回答はシステム構築プロジェクトが行う。

PIA実施チームは、評価シートの回答結果を(3)で抽出したプライバシーリスクと照合し分析する。

(5)プライバシー管理

プライバシー管理はプライバシーリスクの低減を図る重要なプロセスであるが、厳密に定義すると、本プロセスは、厳密にはPIAの範囲外である。

PIA実施チームは、(4)の分析で欠陥があると認められるものについて、プライバシーに影響を与えるリスクを改善する代替的な選択肢を検討する。

PIA実施チームは検出した欠陥について、PETs(Privacy Enhancing Technologies)の適用などプライバシーリスクを低減する対策をプライバシーの専門家として助言する。リスク対応には、回避、低減、移転、受容があるが、リスクに対してどのように対応するかは、PIA実施チームではなく、システム開発者およびPIA実施の指示者の責任範囲で対処する。

(6)勧告 (PIA報告書作成)

PIA実施チームは、実施状況、勧告及び提案を含むPIA報告書を作成する。

4 適用事例

4.1 評価対象システム概要

PIAハンドブックとクラウドマイグレーション向けの実施マニュアルを適用し、中小企業家同友会全国協議会(以下中同協)が計画中の「中小企業向け就職情報共有化システム

Jobwayのクラウドマイグレーション」に対するプライバシー影響評価を実施し、有効性を評価した[12]。

就職活動においてインターネットを活用する学生が増えていることから、中同協では2002年に学生専用の共同求人システムを運用している。Jobwayシステムに登録される学生の個人情報は2011年度の登録として約17000件に達した。現運用システムは導入から4年経ち、将来の拡張性や運用コスト低減の観点から、クラウドコンピューティングを利用したシステムリプレースを計画している。

図5のJobwayシステム概要図に示す通り、中同協及び全国47都道府県の各同友会、求人企業がそれぞれの参照できる範囲で個人情報を取得・利用している。

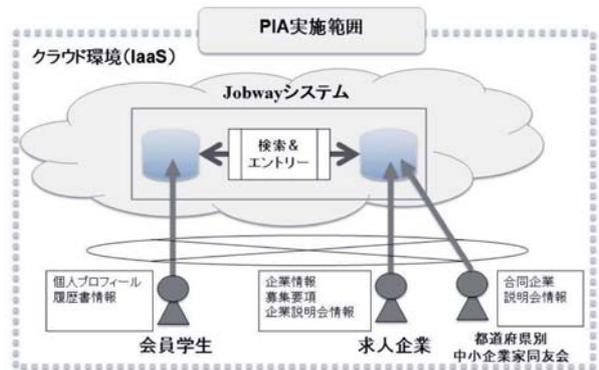


図5 Jobwayシステム概要図

4.2 PIAの実施

4.2.1 PIA計画

PIAの適用範囲、作業期間の見積もり、必要な専門知識の特定及び、対象システムに適用される法令やガイドラインの調査、また、実施体制の決定、PIA実施者の編成を行った。この結果をPIA実施計画書(プロジェクト計画書)として作成した。

図6に実施体制を示す。PIA実施チームは筆者らが担当し、CPOは対象システムの構築に関与していない中同協の会員より、情報システム開発企業の役員を選出した。

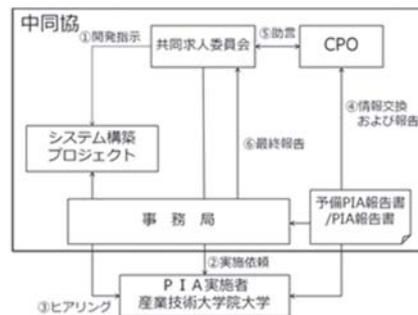


図6 PIA実施体制図

4.2.2 PIA評価

(1)情報フロー分析

現運用システムのシステム構成及び機能を確認した後、今回のPIA対象であるクラウド化基本設計書に記述された新システム構成及び機能における、個人情報の取得、利用、保管、破棄に至るまでの個人情報のデータフローを分析した(図7)。

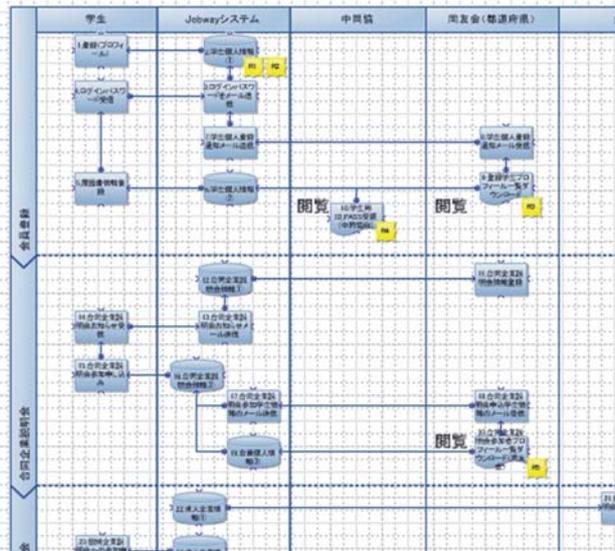


図7 個人情報のデータフロー図例

データフローの分析とあわせて、リスク分析を実施した。リスク分析では、情報資産の資産価値を数値化し、その資産価値と脆弱性、脅威をもとにリスク値を算出することでリスクを可視化した。これらの情報は、評価シートの回答の分析及びプライバシーに影響を与えるリスクを改善する代替案を作成する際に参照する。

(2) プライバシー影響評価

対象システムに関連する業務内容、個人情報の保有件数、システムの目的、機能、クラウドコンピューティングに関連するリスクを考慮の上、遵守すべき法令及びガイドラインをもとに、評価シートを作成した。

評価シートの評価項目は OECD の 8 原則の観点で分類分けし、計 43 の項目で構成した。作成した評価シートを用いて、対象システムの評価を行った。

(3) プライバシー管理

(2) の評価結果をもとに、プライバシーに影響のある事象のある項目について、リスク分析の結果を踏まえ、リスクを低減する代替案を検討した。

4.2.3 PIA 報告

評価結果をもとに指摘事項を PIA 報告書としてまとめた。PIA 報告書は、依頼元のチーフプライバシーオフィサー (CPO) に提出し、CPO の承認を受けた後、依頼元の責任者に提出した。

評価結果は以下の区分によって提示する。表記方法は情報セキュリティ監査での規定に従って対応する [13]。

[指摘事項]

以下の 3 つの区分で指摘した。

- ・重要な欠陥。情報漏洩に直接関与する事象であり、発生可能性が高い
- ・重大な不備。情報漏洩に直接関与する事象であるが、発生可能性が低い
- ・軽微な不備。発生可能性に関わらず情報漏洩に直接関与しない事象

(1) 推奨事項

基本設計段階の評価では該当しないが、詳細設計段階で顕在化する可能性のある問題に対し、事前に助言する項目である。

評価結果は、以下の通りである。

(2) 指摘事項

- ・重要な欠陥。 0 件

- ・重大な不備。 0 件
- ・軽微な不備。 6 件

軽微な不備の 6 項目は、利用目的の特定、プライバシー保護機能、脆弱性対策、アクセス制御、監査、安全管理措置に対するものであった。

(3) 推奨事項

クラウド事業者を選定する際の留意点として、以下の 3 項目について助言した。

- ・クラウド事業者とのサービスレベル合意等の契約に関する事項
- ・クラウド事業者におけるリスク対策の妥当性に関する事項
- ・クラウドサービス終了時のデータ消去に関する事項

クラウド事業者の中には運用方針を開示せず、ブラックボックス化している場合があり、利用者の業務要件やセキュリティ要件等に合致しているか、または許容できるかを事前に確認することが重要である [14]。

4.3 評価結果

対象システムへの PIA ハンドブック/実施マニュアルの適用を通して、下記 2 点の効果を確認した。

(1) ハンドブック活用による推進上の効果

ハンドブックを PIA 依頼元関係者および実施当事者 (実施チームメンバ) に提供することにより、PIA 依頼元関係者および実施当事者が PIA の効果や手順に関し理解が容易になり、情報共有や協力関係の構築に役立ち、PIA を円滑に進めることができた。

(2) PIA 実施による効果

評価対象システムにおける個人情報の収集から破棄に至る処理に関して、プライバシーリスクを網羅的に可視化、および、リスク対策内容を明確化し、詳細設計へ反映することができた。さらに、クラウドマイグレーションにおけるリスクを事前に把握することで、クラウド事業者選定の要求事項を明確にすることができた。

5 おわりに

プライバシー影響評価 PIA を導入するにあたり、PIA の実施根拠、実施体制や解説書などの整備が必要である。本論文では、日本で PIA を実施するためのガイドライン、つまり、PIA ハンドブックと実施マニュアルを開発した。開発したガイドラインを用い、民間組織のシステムを対象に PIA を実施した。その結果、(1) 利害関係者間の情報共有による PIA 推進上の効果、(2) 対象システムのプライバシーリスク及びリスク低減の対策内容の具体化、(3) クラウド事業者選定の要求事項の明確化などの効果を得た。これによりガイドラインの有効性を確認できた。

謝辞

本研究を実施する上で、PIA の実施対象を提供していただいた中小企業家同友会全国協議会、事務局長 平田美穂氏、システム担当者 佐藤由布子氏に感謝します。

注) 図表は概要を示した。詳細は、http://aiit.ac.jp/master_program/isa/professor/y_seto.html にてダウンロード可能である。

参考文献

[1] 瀬戸洋一. プライバシー影響評価のアセスメント手法に関する調査研究, 産学戦略的研究フォーラム報告書, 2007 年

[2] 瀬戸洋一ほか. プライバシー影響評価 PIA と個人情報保護, 中央経済社, 2010 年 3 月

[3] David Wright, Paul De Heart. Privacy Impact

- Assessment, Springer, 2012
- [4] ISO22307 Financial services - Privacy impact assessment, 2008年5月
 - [5] 岡村 久道.よくわかる共通番号法入門 —社会保障・税番号のしくみ, 商事法務, 2013年
 - [6] シン ヨンジョン.情報化社会の個人情報保護と影響評価, 2013年2月
 - [7] 石田 茂,高坂 定,横山 完,瀬戸 洋一. 日本におけるプライバシー影響評価の実施に関する提案", 信学技報, Vol.111 No.285, pp.171-176, Nov. 2011年
 - [8] 高坂定,瀬戸洋一ほか.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, pp.17-26, 第27巻, 第1号, 2013年5月
 - [9] 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1月
 - [10] 渡辺慎太郎, 鶴田亜由美, 前島肇, 前田武志, 瀬戸洋一. 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, CSS 2012, 2012年
 - [11] 前島肇,瀬戸洋一ほか. プライバシー影響評価実施におけるリスクアセスメントの検討, 情報処理学会全国大会, 2013年3月
 - [12] 横山 完, 石田 茂, 高坂 定, 瀬戸 洋一. クラウドマイグレーションにおけるプライバシー影響評価の実施, 日本セキュリティマネジメント学会誌, Vol.27, No.1, pp17-26 2013年
 - [13] 大木英二郎監修 日本セキュリティ監査協会編集. 情報セキュリティ監査公式ガイドブック, 日科技連, 2007年
 - [14] クラウドサービス利用のための情報セキュリティマネジメントガイドライン, 経済産業省, 2011年

日中の技術伝承の差異の考察

根岸 司¹⁾, 鶴田 暁史¹⁾, 李 杰¹⁾, 羨 民¹⁾, 村尾 俊幸¹⁾, 橋本 洋志¹⁾

Consideration of Difference of Technical Transfer between Japan and China

Tsukasa Negishi¹⁾, Akifumi Tsuruta¹⁾, Jie Li¹⁾, Min Xian¹⁾,
Toshiyuki Murao¹⁾ and Hiroshi Hashimoto¹⁾

Abstract

This paper considers the difference of technical transfer between Japan and China. To find it, we investigate textbooks of elementary school, user's manuals and contents for presentation from views of education and life style which may affect the cultural difference. From the consideration, we set up a novel hypothesis and examine a test, questionnaire for Chinese foreign students, to confirm the validity of hypothesis.

Keywords: Technical transfer, Cultural difference, Text book, User's manual

1 はじめに

本論文は、日本と中国の技術文化差について考察する。

日本企業の経済活動のグローバル化時代において、国際技術移転の重要性は非常に高いが、その技術移転を円滑に実現する明確な手法は確立されていない。そのため中国等を始めとした生産工場の海外進出後、現地での技術移転に失敗し、撤退を選択せざるを得ない企業は後を絶たない。これを本論文では技術移転問題と呼ぶものとする。

本論文は、この技術移転問題の解決方法を、分野を製造業に限定し、技術移転問題の解決用の円滑化手法を立案するための体系的調査方法を提案するものである。また、技術移転問題において、障害となる日本的文化と諸外国の文化の差を文化差異と本論文では呼び、この文化差異を日本と中国を例にして、その差異の分析・解析を行い、その研究手順と成果を手法として体系化したものを体系的調査方法としたものである。そのため、体系化において導き出された日本-中国間で使用可能な技術移転問題の解決用の円滑化手法を例として記載するものでもある。

技術の原理や方法の多くは、科学や工学に立脚しているため、その知識体系は世界的に不偏であり、国別の差異はないと考えられる。したがって、技術系の知識伝承において、世界的に不偏的な体系を、言語、図を駆使しながら、一つずつ

正確に伝えることで、技術伝承が正しく行われる、と考えるのが自然であろう。

しかしながら、異文化の人間に対する知識伝承の場において、文化の差が伝達表現や説明手順に影響を与えていることが指摘されている[1]。特に、日本の技術者が中国における中国人に対する技術指導を行う際、英語や中国語を駆使して、技術の内容を伝えようと努めても、全てが厳密に伝わらないという事例を多数聞く。

ものづくり技術伝承が、他の知の伝承と異なる点は、科学・工学という異文化の影響をほとんど受けない世界的に普遍的な知の体系に立脚している点にある。本論文のアイデアは、この知の体系を基準とすることで国別の差を客観的に測定できると考えている点にある。この点を規範とすれば、技術伝承の差が明確になると考える。

ここで、この差は文化差に依存すると考え、文化に大きく影響を与え、かつ、調査が比較的容易な学校教育で用いる教科書、人々の生活に普遍的に見られ、技術伝承の初歩となる電化製品の取り扱い説明書、さらには、技術プレゼンテーションのコンテンツを分析する。この分析から、技術伝承の差が生じる要因に関するある仮説を立てた。この仮説の有効性を検証するため、日本に留学している中国人学生に対するテスト評価実験を行った。これらの考察および結果について報告する。

Received on 2013-10-10

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology



図 1 日本の教科書[2,3]



図 2 中国の教科書[4,5]

2 メディアの解析

日中の技術伝承の差を見出すため、我々は次の 3 つのメディアを対象とする解析を行った。1 つ目は、教育の影響が文化差に大きく影響することを鑑み、実際に教育現場で用いられている教科書を対象とした。2 つ目は、日常生活の場面で一般の市民が普遍的に触れるものとして、電化製品の使用マニュアルを対象とした。3 つ目は、技術系のコミュニケーションで利用され、かつ、専門的に表現されている、技術系パワーポイントを集約したデータベースを調べた。以下に解析結果の詳細とその解析結果をもとに導き出した仮定について述べる。

1 番目の解析は、初期教育のために出版されている媒体として、小学校 1 年生を対象とした算数と国語の教科書[2-5]を選定し、日本と中国の比較を行った。図 1 に実際に解析を行った日本の教科書[2,3]、図 2 に中国の教科書[4,5]を示す。その結果、日本の教科書は図や物語が多く記載されていることが特徴として挙げられた。また、物語は文字だけで記述されるのではなく、挿絵も豊富に組み込まれており、容易に物語を理解できる工夫が視覚的にもなされていた。一方、中国の教科書は、文字で書かれているだけの表が非常に多く、日本の教科書に比べて記載されている量がそもそも少ない物語の教材に対しても挿絵はほとんど描かれていなかった。



図 3 日本の製品使用説明書[6]



図 4 中国の製品使用説明書[8]

2 番目は日常生活の場面で一般の市民が普遍的に触れる使用マニュアルの中で、冷蔵庫の使用説明書[6-9]を解析した。具体的には日本の例として、SHARP と TOSHIBA の冷蔵庫の説明書[6,7]を、中国の例として Casarte と Hisense の冷蔵庫の説明書[8,9]を解析した。

図 3 に SHARP の製品使用説明書[6]、図 4 に Casarte の製品使用説明書[8]を一例としてそれぞれ示す。その結果、日本の説明書は、図を介した説明に重点を置き、文章はそれを補足するために記述されている例が多数見られた。それに対して、中国の説明書では文章に重きを置いており、図は挿絵のような役割であった。また、日本の説明書では、図を交えて説明することで、各部分の使い方まで細かく書かれているが、中国の説明書では各部分に対しては名前のみが書かれており、各部分の使い方まで書かれてはなかった。これは、日本の説明書が関連項目によってきちんと分類されているのに対して、中国の説明書は項目を単に箇条書きで記述しているだけであることも関係していると思われる。

3 番目は技術系パワーポイントを集約した中国のファイル共有サイト「doc in」[10]より、技術系パワーポイント資料を 102 件抽出し文章と図の割合を調べた。具体的には、キーワードを「製造 (中国語の製造)」としてサイト内を検

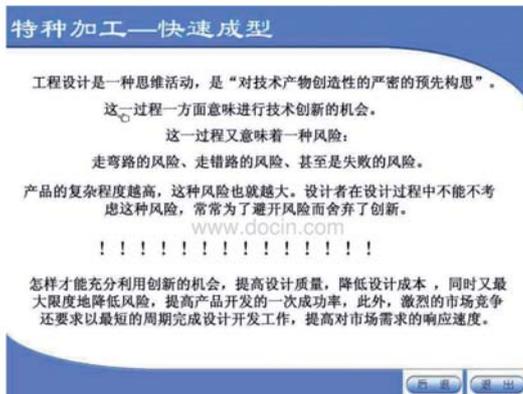


図5 漢字の文章のみのスライド例[10]

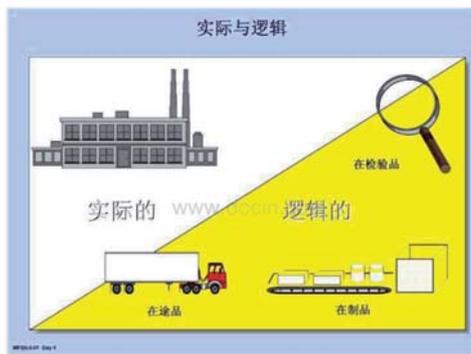


図6 図のみもしくは図と漢字の単語のみのスライド例[10]



図7 図と文章を両方含むスライド例[11]

索し、一致した上位 102 件の資料に対して解析を行った。その結果、スライド総数 7,344 枚のうち、完全に漢字の文章のみが書かれているスライドが 3,750 枚、図のみもしくは図と漢字の単語のみが書かれたスライドが 1,760 枚、図

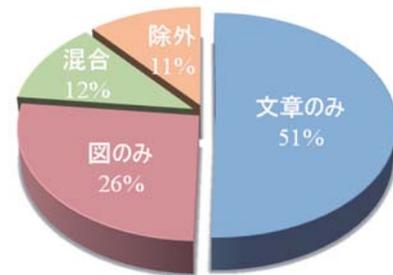


図8 スライドの割合

と文章を両方含むスライドが 962 枚となった。また、872 枚のスライドは表紙、目次、謝辞等、図と文字の割合を調べるうえで関係のないスライドであった。これらのスライドの一例を図 5-7 に示す。また、割合をグラフ化したものを図 8 に示す。日本で技術説明を行う際に作られるスライドには、理解を助けるために図を併せて掲載しているものが多いように思われるが、図 8 から分かるように、中国では文章のみを用いて説明を行うスライドが多いことがわかった。

これら 3 つの解析結果から、日本では図を交えた説明の方が一般的に伝わりやすいと考えられているが、中国では漢字の方が厳密に伝わるのではないかという仮説を立てることができる。

これには、中国では秦朝時代の紀元前 221 年（約 2200 年前）から書き言葉が統一されてきたのに対して、話し言葉は 1957 年（約 50 年前）になってから、すなわち中華人民共和国になってから初めて統一されたことも影響していると捉えられる。文献[11]によると、2004 年時点でも、標準語でコミュニケーションが取れる人口は全体の 53.06%に留まっており、書き言葉を通じる人口が全体の 95.25%であることと比べると、書き言葉での伝達に対して話し言葉では伝わりにくい状況が生じることが容易に想像できる。

したがって、技術伝承を行う際に厳密に作業手順を伝えるためには、口頭だけで説明するのではなく、漢字を用いて記述することで伝えるべきであると考えられる。一見、流暢な中国語を話せる通訳をせば中国語で簡単に伝わると考えられる。しかし、通訳を介しても、口頭で伝える限りは厳密には伝わっていない可能性が上述の理由により生じる。次節では、中国人に対して図と文字のどちらがより伝わりやすいか、実験を通して検証する。

3 仮説検証のための実験

本実験は、中国で厳密な技術情報、および技術表現の伝達において、漢字の文章による伝達には、図による伝達と比較して有意な差があるという仮説を証明するための実験である。



図9 プレゼンテーションスライドの一部抜粋

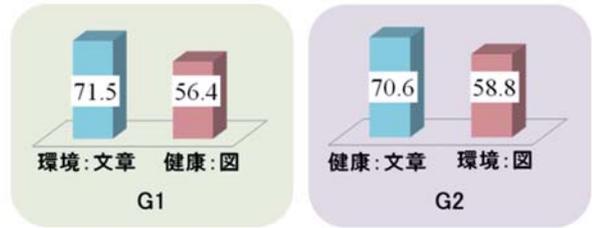


図11 単純平均の結果

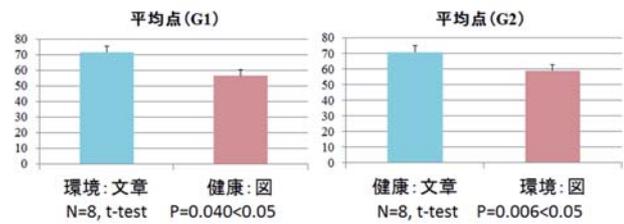


図12 T検定の結果

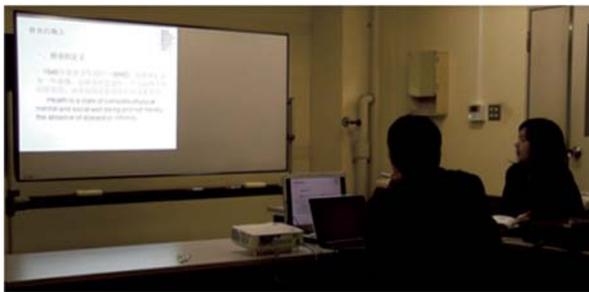


図10 実験中の風景

前章で提案した仮説を検証するため、国内にいる中国人留学生を対象とする実験を行う。仮説検証を行うには、日本国内にいる中国人相手では、日本文化に影響されて、検証の精度が低下するため、中国以外の文化の影響を受けていない中国人を対象にする、という考え方があ。しかし、実験の現実性を考えて、かつ、サンプル数を多くとれる東京都内にある東京海洋大学に留学している中国人を対象にした。

3.1 実験概要

対象者を以下とした。

- ・ 中華人民共和国の国籍を持つ留学生
- ・ 年齢 20代 男性 8名, 女性 8名, 計 16名

以下のように条件を設定し実験を行った。

- ・ 実験対象を2グループ (G1, G2) に分ける。
- ・ 説明は全て中国語 (標準語) で行った。
- ・ パワーポイントを使用したプレゼンテーションを行った。

- ・ この内容は、環境問題(以下 A)と健康問題(以下 B)の2種類として、それぞれの説明を行った後に、内容理解率を測るテストを実施した。
- ・ プレゼンテーションは10分程度とする。
- ・ テスト方法は、全記述式とし、100点満点とする。
- ・ テスト解答時間は最大30分とする。
- ・ プレゼンテーション表現について、漢字の文章のみで表現したもの A_漢, B_漢 と表記する。
- ・ 図と説明キーワードのみで表現したもの A_図, B_図 と表記する。

これら4種類のプレゼンテーションスライドを用意して、次のように実験を実施した。

- ・ G1 に対し、A_漢を使用し、この説明後にテストを行う。その後、B_図を使用し、この説明後にテストを行う。
- ・ G2 に対し、A_図を使用した説明後にテストを行う。その後、B_漢を使用した説明後にテストを行う。
- ・ 各プレゼンテーション (A_漢, A_図, B_漢, B_図) に差異が出ないように、予め用意した台本を読み上げた。
- ・ テスト後、答案を回収し、点数を集計する。
- ・ 集計後の結果をT検定によって有意差の分析を行う。

図9に、実際に実験に使用したプレゼンテーションスライドの一部を抜粋したものを示す。

このようなスライドを使用し、10分程度のプレゼンテ

ションを行った後、以下の環境問題は表1、健康問題は表2に示す問題を全記述式でテストした。

図10に実際に行った説明時の風景を示す。

3.2 実験結果

単純平均を図11に、T検定後の結果グラフを図12に示す。T検定では、帰無仮説をグループG1とG2の平均点の差に有意性は存在しないとし、有意水準0.05によって、P値が0.05を下回ったため、帰無仮説を棄却し、この平均点の差には有意差があると推定した。これより我々は、厳密な技術情報の伝達において漢字の文章での伝達が有効であるとの有意性があるといえる。

表1 環境問題のテスト問題

問題	答え	配点
オゾン層が存在する高度	15 km ~ 20 km	10点
1気圧化でオゾン層がどの程度の厚みがあるか	3mm もない	10点
南極のオゾンホールは、どの季節が一番大きく穴が開くか	春頃	10点
オゾン層の破壊原因となる物質	フロンガス, ハロンガス	10点(2×5点)
紫外線の中で生物に悪影響を及ぼすのはどれなのか	○UV-B×UV-A×UV-C	10点
紫外線は人体に対して与えるダメージはどれなのか	○白内障, ○免疫降下, ○皮膚がん, ×肺炎, ×水虫	10点(3×3点, 完答+1点)
酸性雨はPHがいくつ以下でしょうか?	PH4.6以下, ○PH5.6以下, PH7.0以下, PH9.0以下	10点
酸性雨には、どのような酸性化をしているのか	×炭酸化, ○硫酸化, ×塩酸化, ○硝酸化	10点(2×5点)
ノルウェーとスウェーデンに降る酸性雨の元は主にどこから出ているでしょう	○イギリスとドイツ, イギリスとフランス, フランスとドイツ, ドイツとイタリア	10点
酸性雨が、どのように魚類に影響を及ぼしたのか	PHが下がった, 塩分が高くなる, 水中の酸素の変化が激しい, 生物の多様性が崩れて食物連鎖が崩壊した, 全部○	10点(4×2点, 完答+2点)

また、本章の冒頭で述べたように、日本にいる中国人留学生に日本文化の影響があるかもしれないと述べた。もし、影響を受けているならば、これほどの有意差は生じないと考えられるため、今回の実験で、日本にいるかどうかの影響は小さいものと考えられる。

表2 健康問題のテスト問題

問題	答え	配点
健康の定義の三つ答えよ	身体の健康, 精神・心理的健康, 社会的な生活の安定	15点(3×5点)
健康の概念は、時代に合わせて変更されていくものでしょうか四つ全部書きなさい	政治, 経済, 文化, 科学技術	20点(4×5点)
健康基準はWHOが西暦何年に制定したものでしょうか?	2000年	10点
遺伝子に影響される形質、性質など6つのうち三つ書きなさい	身長, 体重, 知力, 性格, センス, 遺伝性病気	15点(2×7点+完答1点)
中国での、1981年時、15~74歳までの高血圧の割合は何%でしょうか	11.88%	10点
1980年と1995年の糖尿病の割合	0.6, 2.0%	10点(2×5点)
水質汚染による公害の中で知力に影響を与える物質を答えよ	鉛(pb)	10点
2020年に人類に蔓延するとされている病気はなんですか	精神疾患	10点

4 おわりに

本論文は、日本と中国の技術文化差について考察するため、文化形成に大きく影響すると考えられる小学校の教科書、生活における初歩的な技術伝承ドキュメントである電化製品取扱説明書、技術プレゼンテーションのコンテンツを分析した。この結果、日中の技術伝承において、図と文章の比率に違いがあることが判明した。この結果から、厳密な技術伝承を行うには、中国の場合、文字を多用し、日本の場合は、図を多用する、という仮説を立てた。この仮説を立証するための実験とその結果は前章で述べたとおりであり、本仮説は確からしいことを示した。

ここで、中国の場合、2章で述べたように、話し言葉が地方により伝わらないことが多いという事実を指摘した。一方、日本の場合、全国的に教育の水準が比較的に一定化されており、一つの言葉の話し言葉、文章、いずれのように表現しても、一定化された教育効果により、同じ意味解釈、イメージを共有できる民族であるといえる。

したがって、日本人が中国人に対して技術伝承を行う際、日本人のように、厳格かつ厳密に教えることで高度な技術伝承が行える、というわけにはゆかず、複数の中国人がいる場合には、話し言葉、図だけでは、一人一人が異なるイメージや意味解釈を持つ可能性が大である。このため、文字を使つての理解の確認を逐次行う必要があるであろう。

参考文献

- [1] 浅間一, 橋本洋志, 他, 国別適応型サービス設計のためのサービス価値導出プロセスの観測と同定のための企画調査, 社会技術研究開発事業研究開発プログラム「問題解決型サービス科学研究開発プログラム」平成 22 年度採択プロジェクト企画調査, 2011
- [2] 藤井斉亮, 飯高茂 他 40 名, あたらしいさんすう 1, 東京書籍株式会社, 2011.
- [3] 小林茂 他 43 名, あたらしいこくご一上, 東京書籍株式会社, 2011.
- [4] 課程教材研究所, 小学語文課程教材研究開発中心, 義務教育課程標準実験教科書数学一年級上冊, 人民教育出版社, 2009.
- [5] 課程教材研究所, 小学語文課程教材研究開発中心, 義務教育課程標準実験教科書語文一年級上冊, 人民教育出版社, 2003.
- [6] SHARP 冷凍冷蔵庫 SJ-WA35M 取扱説明書, SHARP, 2007.
- [7] 東芝冷凍冷蔵庫 取扱説明書 GR-43ZY, TOSHIBA, 2012.
- [8] Casarte 家用冷蔵庫 使用説明書 BCD-290WBCZ,

Casarte, 2005.

- [9] Hisense 家用冷蔵庫 使用説明書 BCD-213TDA/AX1, Hisense.
- [10] doc in 豆丁, <http://www.docin.com>.
- [11] 課程教材研究所, 小学語文課程教材研究開発中心, 義務教育課程標準実験教科書(カラー版)『中国歴史』七年級上冊, 人民教育出版社.

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

酒瀬川 泰孝¹⁾ 木崎 悟²⁾ 川木 富美子¹⁾ 須澤 秀人¹⁾
 Truong Anh Hoang³⁾ Thi-Minh-Chau Tran³⁾
 土屋 陽介¹⁾ 加藤 由花¹⁾ 中鉢 欣秀¹⁾

Applying Agile Project Management with Scrum for International Robot Service Software Development Projects

Yasutaka Sakasegawa¹⁾ Satoru Kizaki²⁾ Tomiko Kawaki¹⁾ Hideto Suzawa¹⁾
 Truong Anh Hoang³⁾ Thi-Minh-Chau Tran³⁾
 Yosuke Tsuchiya¹⁾ Yuka Kato¹⁾ Yoshihide Chubachi¹⁾

Abstract

Globalization progresses accelerative and offshore development is increasing. In robot service software development, it is required that engineers have to develop various requirement specifications quickly in an international development project. However, it is also a fact that there is no effective development process of international robot service, and this fact has been a subject of the development project. We created the new development model based on project management using the agile development with scrum which is the knowledge from software engineering.

Keywords: Robot Service Software Development, Agile Project Management, Scrum, International Project Based Learning

1 はじめに

ロボットを用いて新たなサービスを実現するためには、付随するソフトウェアを迅速に開発することが求められる。このためには、ロボット工学の知見に、最新のソフトウェア工学を融合させることが必要となる [1]。一般的に、ソフトウェア開発のプロセスとしてウォーター・フォール・モデルが広く知られている。しかしながら、このモデルはロボット開発には不適當であり、より新しい反復型の開発プロセスを利用するのが良いとされる [2]。

一方、ソフトウェア産業界においても、迅速な開発スピードや、顧客からの要求事項の変化に強いという理由からアジャイル型の開発プロセスが普及しつつある。特に、J.Sutherland が、ソフトウェア開発プロセスとして体系化

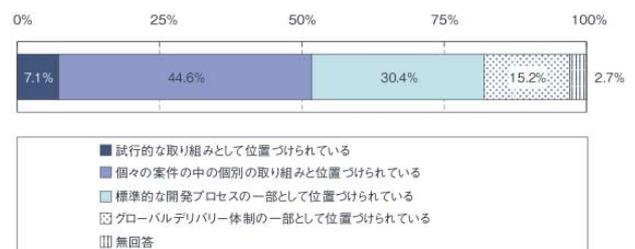


図 2-126 IT企業におけるオフショア開発の位置付け
 オフショア開発の実績がある IT 企業を回答対象とした。

図 1 Off-shore developments in IT companies

した Scrum [3, 4] は、竹内・野中による日本の製品開発におけるベストプラクティスに関する研究 [5] が基礎となっているため、日本人にも取り組みやすい開発方法論として注目されている。

加えて、近年のソフトウェア産業界の動向として、開発コストを低減することを目的とした、海外へのアウトソーシングも一般的になっている。独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) 発行の IT 人材白書 2012 [6] によると図 1 に示す通

Received on 2013-10-10.

- 1) 産業技術大学院大学
Advanced Institute of Industrial Technology
- 2) 電気通信大学
The University of Electro-Communications
- 3) ベトナム国家大学ハノイ校
Vietnam National University, Hanoi

りオフショア開発経験のある IT 企業のうち 45.6 % の企業が組織的にオフショア開発に取り組んでいる。

これらのことから、今後は、ロボット・サービスの開発においても、最先端のソフトウェア工学の知見に基づき、海外の技術者とも連携しながらサービスの開発をするプロジェクトが増えてくると予想する。同時に、このような開発モデルに対応できるソフトウェア技術者の教育の必要性も高まってくる。

そこで、本論文ではロボット・サービスの開発を目的としたアジャイル型のソフトウェア開発プロセスを、海外の技術者と共同で開発するための開発プロセスモデルを提案する。これを、産業技術大学院大学のプロジェクト型学習 (PBL: Project Based Learning) においてベトナム国家大学の学生との国際的なロボット・サービスに適用して得られた知見を報告する。以下、2 節で研究の背景と関連研究を示す。3 節でロボット・サービス開発に適した新しいソフトウェア国際開発プロジェクトモデルを定義し、4 節では本モデルを PBL において利用した結果について記す。5 節では、本プロジェクトで得られた知見を整理し、このモデルの有用性を示す。最後に、6 節でまとめを述べる。

2 関連研究

近年、大学生を対象としたプロジェクト型教育において Scrum を適用する事例が増えている [7, 8, 9, 10]。特に、LEGO MINDSTORM を使った PBL において Scrum を適用した例として文献 [11] があり、プロジェクトのマネジメントに効果があるとの指摘がある。しかしながら、外国との国際的なプロジェクト型学習に対して Scrum を適用した事例は見当たらない。国際的なプロジェクトを通したソフトウェア工学教育の事例としては、文献 [12] が報告されている。

産業技術大学院大学 (AIIT)^{*1}ではベトナム国家大学ハノイ校 (VNU) の学生と共に国際 PBL を実施している [13, 14, 15, 16]。

2011 年度より、ソフトウェア開発プロセス教育の一環として LEGO MINDSTORMS によるロボット・サービスの開発をテーマとして取り上げている [17]。特に、2012 年度は、ソフトウェア部分の開発プロセスとして Scrum を全面的に採用し、VNU 側学生への開発プロセス教育を含むロボット・サービス開発プロジェクトを実施した。これらを通し、海外との PBL において発生する課題や、解決策に関する知見が得られている。

IT 人材白書 2012[6] にもある通り、ソフトウェア開発に

おける海外へのアウトソーシングにおいては、言語が異なることによるコミュニケーションの難しさと、相対的な品質の低さが大きな問題である。海外との国際的なロボット・サービス開発に対応した国際開発プロジェクトモデルを新たに定義し、PBL を中心とした技術者教育の手法とあわせて提供することで、これらの課題の解決をはかることができる。

3 ロボットサービス開発に適した国際開発プロジェクトモデル

3.1 国際開発プロジェクトモデルの概要

Scrum は少人数 (5 人から 9 人程度) の単一チームで単一拠点、短期間にソフトウェア開発を行うことを前提とした開発手法である。これを、国際的なプロジェクトに適用するためには、国際開発の体制やマネジメントプロセスを追加する必要がある。

そこで我々は、国際開発プロジェクトに適用できる、Scrum をベースとした新たなモデルを提案する。図 2 にその全体像を示す。プロセスの拡張はスプリントの追加という形で行い、以下、拡張したポイントについて説明する。

スプリント 0 (準備スプリント) 国際開発における開発上のリスクを前もって低減させるために実施するものである。この期間では、重要な要件の洗い出しやプロトタイプング、ツールのセットアップ等を行い、スムーズに開発に入るための準備を行う。

受け入れ試験スプリント オフショア開発における品質を確保するため最終成果物リリース前に受け入れ試験スプリントを置き、品質管理活動を開発プロセスに組み込む。受け入れ試験スプリントでは顧客の要求に基づく動作確認を行い、リリース可能な品質が確保されているか確認する。

また、Scrum を海外と国内の 2 つの拠点で実施するために、各拠点とその役割を次の通り定義する (図 4)。

マネジメント拠点 マネジメント拠点の役割は、管理監督では無く、開発拠点のメンバに対してプロジェクトの円滑な進行をサポートする支援機能を提供する。

開発拠点 それぞれの開発グループのメンバは、スクラムの自己組織化のコンセプトに基づき開発作業の決定権を開発チームに委任し自律性を重視した開発を実施する。開発拠点のチームのマネジメントはスクラムマスタに委任する。

3.2 コミュニケーションや共同開発のツール活用

本モデルは時差と距離を乗り越えながら、コミュニケーションをとるために、表 1 に示す各種のソーシャルメディアや Skype 等のツールを用いる。図 3 にこれらのツールを利用している様子を示す。

^{*1} AIIT は専門職大学院であり、学生の大多数が社会人である。PBL は学生の専門的業務遂行能力の向上のために、通常の修士論文と同じ位置付けで、カリキュラムにおける中核的な教育手法として導入している。

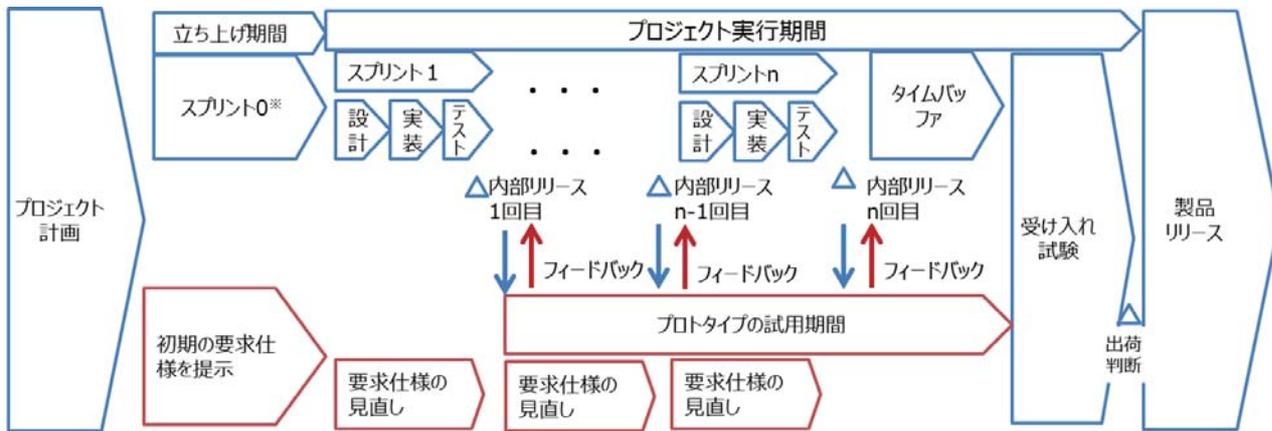


図 2 Overall Process of New development Model

表 1 ツール

ツール	用途	効果
Skype[18]	テレビ会議	会話を通した相互理解
Facebook[19]	時間と距離の制約の無いオンラインコミュニケーション	コミュニケーションの円滑化
Google ドキュメント [20]	資料を共有し、タスク管理、進捗管理、課題管理	作業の見える化、成果物の見える化
GitHub[21]	多拠点にまたがる構成管理	統合開発環境 Eclipse との連携により効率のよいチーム作業が可能

ソーシャルコーディングのためのクラウド型ツールである GitHub を用いることで、ソースコードの共有が円滑になる。このツールを用いることでメンバ全員がソースコードを参照したり、コメントしたりできるようになる。

これにより、開発拠点におけるチーム全員誰もがソースコードを確認でき、問題があればコメントすることでソースコードの品質を向上が期待できる。また、マネジメント拠点における品質保証活動も容易にする。GitHub にあるソースコードを日々チェックすることでソフトウェアの品質や技術的な課題の有無を確認できる。もし問題があれば、直ちにコミュニケーションをとり、問題の解決を行う。

3.3 その他の改良点

3.3.1 プロジェクト全体の進捗のモニタリング方法

プロジェクト全体でバッファ（通常は各作業に積まれる不確実性に対応するための時間的な余裕）をプロジェクト全体で共有することで、遅延が見える化する。本モデルでは「タイムバッファ」として取り入れる。

加えて、作業開始から現時点までに実施した作業量で進捗を管理するのではなく、現時点から作業完了までの残り時間で進捗を管理することで、プロジェクト完了予定日と工期遅れの兆候を把握できるようにする。

3.3.2 国際開発でプロジェクトの全体を統合し支援するマネジメントの仕組み

プロジェクトマネジメントやサポート機能をマネジメント拠点へ設置する。

自己組織化されたチームが生産性を高めるというスクラムの考えに基づき開発機能はすべて開発拠点へ集約する。

オフショア先のメンバがプロダクトオーナーになることで、異言語のコミュニケーションの難しさを排除する。

加えて、現場でプロダクトオーナーが作業の成果をチェックすることで品質低下を未然に防ぐためである。



図 3 An example of Social Networking Service

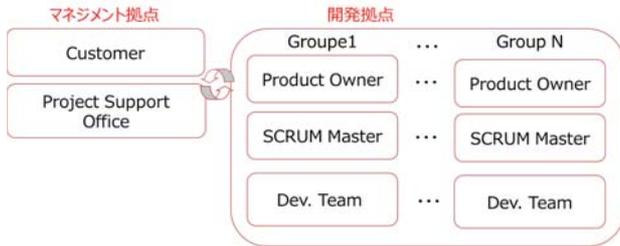


図4 organization structure

3.3.3 要求仕様の変更に対するリスク低減と生産性の両立

要求仕様の変更は不可避なものとする。変更は開発者のモチベーション（生産性）を下げることにつながるので、スプリント期間中は変更認めない。もし変更があった場合は次回以後のスプリントで取り込むこととする。変更を次回のスプリントへ取り込むかどうかを要求仕様の優先度で判断できるため、結果として要求仕様の変更に対応できると開発グループの生産性の両立が出来る

4 国際開発プロジェクトモデルの試行結果

4.1 AIIT-VNU 国際 PBL の概要

AIIT および VNU とのグローバルロボット開発 PBL で国際開発プロジェクトモデルの試行をした。期間は 2012 年 6 月中旬から 2012 年 8 月末日までの約 2 カ月半のプロジェクト。参加メンバーは AIIT の院生と VNU の学生で構成された。プロジェクトは以下の 2 つのフェーズから構成されている。

- フェーズ 1 アジャイル開発手法スクラムの教材開発と VNU におけるオンサイトトレーニング
- フェーズ 2 AIIT-VNU 国際 PBL ロボットサービスソフトウェア開発プロジェクト

PBL で実施するロボットアプリケーション開発グローバルプロジェクトの成果物は、RSNP [22, 23] を利用したロボット・サービスとした。インターネット経由でアンドロイド端末と LEGO MINDSTORMS を利用したロボットを操作するアプリケーションを開発する。そして、RSNP コンテストへ出場することとした。

表 2 に AIIT-VNU 国際 PBL の概要を示す。

4.2 ロボットサービスの概要

RSNP サーバーは、クラウドシステムである AWS (amazon クラウドサービス) または AIIT のキャンパスに配置する。Web ブラウザで RSNP サーバにアクセスすることで LEGO MINDSTORMS ロボットの操作ができる。

ロボット側のアプリケーションは Android アプリとして開発する。スマートフォンと LEGO MINDSTORMS ロボットは Bluetooth で接続する。サーバは 3G 回線を通し

表 2 国際 PBL の概要

要員	AIIT 側:3 名 (社会人大学院生:外資系 IT エンジニア, IT インストラクタ, SI 企業の PM) VNU 側: 学部 3 年生 4 名と 4 年生 6 名の計 10 名, 各種プログラム言語既習, チーム開発経験無し
期間	2 ヶ月 2012 年 7 月 ~ 2012 年 8 月
オンサイトトレーニング	12(h)6 時間 × 2 日間
キックオフミーティング	4 (h)
ツール	開発ツール: Eclipse + Android SDK マネジメントツール: プロダクトバックログ, スプリントバックログ, パーンダウンチャート コミュニケーションツール: Skype



図5 Scrum Training

てインターネット経由で通信する。

4.3 要求仕様

顧客役の AIIT の教員からは、以下の優先順位と要求仕様でロボットの機能を開発するようにオーダーが出された。

1. RSNP サーバに HTTP 接続したブラウザから、ロボットの動作制御(前進, 後退, 右折, 左折, 停止)ができる。
2. RSNP サーバに HTTP 接続したブラウザから、アンドロイド端末に内蔵されたカメラを操作。画像はサーバに転送され、サーバ側ブラウザで確認できる。
3. RSNP サーバに HTTP 接続したアンドロイドフォンから、GPS 情報 (緯度, 経度) を取得し、インターネット経由でブラウザに表示する。

4.4 開制約条件

制約条件として下記をプロジェクトに課した。

1. 時間と距離を克服し、VNU 側の学生と協調しながら開発すること (グローバル)。

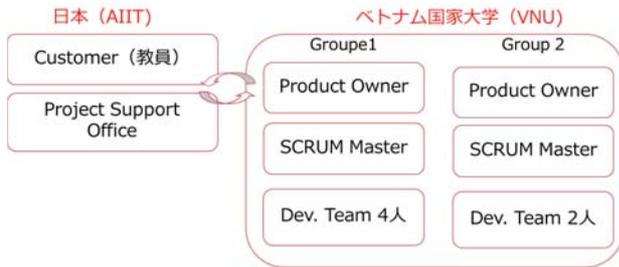


図 6 PBL organization

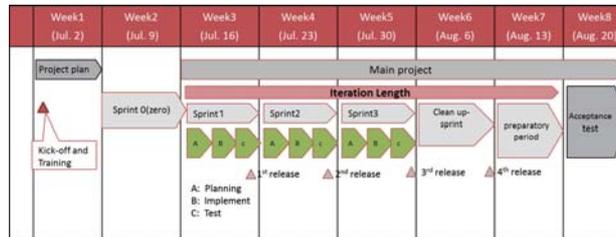


図 7 PBL Schedule

- 2. 開発期間は、2 ヶ月で固定の超短期開発（スピード・短納期）。
- 3. RSNP ロボットコンテスト出場可能なレベルのロボットアプリケーションを開発する（品質）。

検証方法は、成果物（スプリントバックログ/プロダクトバックログ/ソースコード）と最終成果物であるロボットの動作確認を AIIT 側で確認することとした。

4.5 フェーズ 1：アジャイル開発手法スクラムの教材開発と VNU におけるオンサイトトレーニング

今回のプロジェクトはアジャイル開発手法スクラムを初めて国際 PBL へ適用する。開発メンバは全員未経験であった。事前の教育を行い、知識と技能を身に付けておくため、我々は、2012 年 7 月に 2 日間、VNU の学生へアジャイル開発手法スクラムの教育を、2、3 年生の情報系学部学生を対象にオンサイトで行った（図 5）。教材開発と講師は AIIT の院生が担当した。下記にトレーニングの様態を図 5 に示す。

4.6 フェーズ 2：AIIT-VNU 国際 PBL ロボットサービスソフトウェア開発プロジェクト

この節では、本国際開発プロジェクトモデルを AIIT と VNU の国際プロジェクトへ適用し試行した結果について報告する。

4.6.1 開発体制

モデルに基づき、開発機能はすべて VNU へ、プロジェクト全体のマネジメントやサポート機能を AIIT へ設置した（図 6）。

4.6.2 スケジュール

本プロジェクトの開発フェーズのスケジュールは 2012 年 7 月 1 日から 2012 年 8 月 30 日までの 2 か月間である。開発プロセスとスケジュールとしては、モデルに基づき、スプリントを 3 回、スプリント 0(ゼロ)を組み込んだ。スプリント期間は設計からテストまでを繰り返す。スプリントの長さは 1 週間とした（図 7）。

4.6.3 要件定義

顧客役の AIIT 側の教員から示された要求仕様を基に、VNU 側のプロダクトオーナーが作成した。

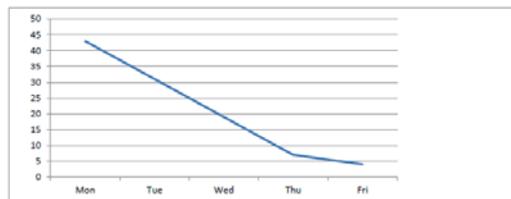
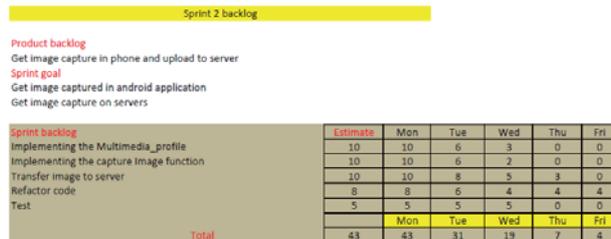


図 8 VNU Sprint2 Progress Check

4.6.4 スプリント計画

プロダクトバックログを基に、VNU 側の開発チームが作成した。

4.6.5 プロジェクトのモニタリング

毎週土曜日に AIIT 側で進捗状況確認を実施する。最新のプロダクトバックログ、スプリントバックログ、バーンダウンチャートを共有することで、開発の進行状況を確認する、問題があればフォローした。図 8 に、進捗状況のモニタリングに用いた物を示す。これはスプリント 2 回目の物である。

そのほかにも、GitHub 上で日々のソースコード更新作業がおこなわれており、それに対して、コメントするといったコミュニケーションが行われていた（図 9）。

4.7 プロジェクトの実行結果

生産性 プロジェクトで新たに作成した Java 言語の行数:745(SLOC)。

品質 受け入れテストの際、バグは発見されていない。

納期 スケジュール通り 2012 年 8 月 30 日にロボットサービスソフトウェアを顧客役の AIIT の教員へ納品し、プロジェクトは無事完了した。

生産性については、PBL という教育プロジェクトの一面もあるため、比較は難しいが、品質については、受け入れ時にすべて機能に不具合が無いという、過去 4 年の国際 PBL の



図9 DailyUpdate

プロジェクトの中で最も高い品質を示した。また、

1. 開発用の技術リファレンスが一部欠如していた。
2. 開発ドキュメントの図の一部が日本語で書かれていた。
3. 開発途中で開発機材の 안드로이드スマートフォンが故障した。

などの課題が発生したにもかかわらず、期日通りにプロジェクトを完了させている。

5 開発プロジェクトの経験から得た知見

5.1 プロジェクトにおける振り返り

開発プロジェクト終了後、我々は、VNU の学生にアンケートを実施した。今回の開発プロジェクトの経験を通しての率直な意見を収集し、良かった点と課題、改善点をまとめた。

まず、良かった点としては、次の点が挙げられた。

1. スクラムプロセスは非常に柔軟性がある。
2. 開発メンバ同士の作業の状態を明瞭にできた。
3. スクラムがプロジェクトの透明性を高めた。
4. Skype や Facebook, Mail でのコミュニケーションにより、情報共有が円滑に行えた。
5. GitHub 等ソーシャル開発環境が開発効率を上げた。

次に、課題として、次の点が挙げられた。

1. 毎週の進捗管理とレポートは、開発者に負担がかかる。しかしレポートは必ず必要である。
2. プロジェクトが期間短いため、開発に十分ではない。
3. デイリースクラムは、毎日同じ時間、同じ場所で行うため、その際不在のメンバへの配慮が必要。

最後に、改善が求められる点として以下の意見があった。

1. 事前に様式を準備し配布しておくこと。
2. 今回の開発プロジェクトで適用した技術や要求仕様が難

しい。

3. プロジェクト期間と事前の教育期間が短いため開発実施には十分ではない。

また、国際 PBL を実施したことの教育効果として、以下の点が指摘された。

1. スクラムについての経験と実際のプロジェクトで作業する方法について学ぶことが出来た。
2. チームワークやコミュニケーションは高品質のソフトウェアを開発する上で非常に重要であることを学んだ。

5.2 考察

国際プロジェクトの課題として、言語が異なることによるコミュニケーションの難しさと相対的な品質の低さを予想していた。しかし、プロジェクト結果とアンケートの意見から、コミュニケーションは予想より良好であった。さらに、開発中は不具合修正も散見されたが受け入れテストの際は「全て機能が、顧客役の AIIT 側の教員が期待したとおりに動作し不具合は一切無し」という品質を示した。これは、アジャイル開発手法スクラムを基にした、本モデルにコミュニケーションとフィードバックの機会を意図的に盛り込んだ効果といえよう。

迅速な開発スピードと柔軟性の両立については、開発スピードは今回は遅延無くプロジェクトを完了できたことから、期待するスピードが得られたと考えて良い。しかし、顧客からの要求事項の変化に強いかという点に関しては、事前に要求仕様を提示したこともあり、今回のプロジェクトでは確認できなかった。

PBL として見た場合の教育効果として、高品質のソフトウェアを開発するためのチームワークとコミュニケーションを学ぶことができたという意見がアンケートの結果から得られ、これは大きな成果といえる。

さらに、普通の授業では体験できない、国際開発プロジェクトへの参画を通して、PBL のメンバには、異文化/異言語の相手とも積極的にコミュニケーションをとる姿勢が見られるようになった。

6 おわりに

本論文では、ロボットのためのソフトウェア開発を迅速かつ安価に実施するために、アジャイル開発手法 Scrum とオフショア開発を組み合わせた国際開発プロジェクトモデルを提案した。このモデルを、ロボットサービス開発をテーマとしたベトナムの学生との国際 PBL に導入して検証したところ、ロボットサービス開発においても品質が確保されたソフトウェアを短期間で作成できることがわかった。Scrum は、1980 年代の日本の製造業のノウハウを集約した開発プロセスが、米国で体系化されたものである。これを再び、日本の

主要な製造業であるロボットのためのサービスのソフトウェア開発に適用することでその有効性を示すことができた。

また、今回の PBL で明らかになった課題や改善点への対応を行い、ロボットサービスソフトウェア開発における標準的な開発プロセスの確立に向けて、本モデルを洗練させていきたい。また、技術者教育の面からも、参加者に対する国際プロジェクト開発の学習効果がより向上するように、今後とも PBL でのトレーニングメソッドとして改善を行っていく予定である。

謝辞

本プロジェクトに参加したベトナム国家大学の学生 Manh-Cuong NGUYEN 氏, Duc-Kien DO 氏, Dinh-Nien NGUYEN 氏, Khac-Phong DO 氏, Hung-Quan TRAN 氏, Xuan-Thuy DONG 氏, Dinh-Vuong PHAM 氏, Manh-Toan NGUYEN 氏, Xuan-Hoa NGO 氏, Xuan-Thanh NGUYEN 氏に謝意を表します。

参考文献

- [1] C. Pons, R. Giandini, and G. Arévalo. A systematic review of applying modern software engineering techniques to developing robotic systems. *Ingeniería e Investigación*, Vol. 32, No. 1, pp. 58–63, 2012.
- [2] H. Kaindl, E. Arnautovic, D. Ertl, and J. Falb. Iterative requirements engineering and architecting in systems engineering. In *Systems, 2009. ICONS'09. Fourth International Conference on*, pp. 216–221. IEEE, 2009.
- [3] J. Sutherland. Agile development: Lessons learned from the first scrum, october 2004, 2008.
- [4] J. Sutherland and J. Schwaber. Scrum guide, 2011. <http://www.scrum.org/Scrum-Guides>, Last Visited on 2012-11-1.
- [5] H. Takeuchi and I. Nonaka. The new new product development game. *Harvard business review*, Vol. 64, No. 1, pp. 137–146, 1986.
- [6] 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA). 「IT 人材白書 2012」行動こそが未来を拓く～進むクラウド、動かぬ IT 人材～. 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA), 2012.
- [7] V. Mahnic. A capstone course on agile software development using scrum. *Education, IEEE Transactions on*, Vol. 55, No. 1, pp. 99–106, 2012.
- [8] V. Mahnic and I. Rozanc. Students' perceptions of scrum practices. In *MIPRO, 2012 Proceedings of the 35th International Convention*, pp. 1178–1183. IEEE, 2012.
- [9] R. Wagh. Using scrum for software engineering class projects. In *AGILE India (AGILE INDIA), 2012*, pp. 68–71. IEEE, 2012.
- [10] V. Devedzic and S.R. Milenkovic. Teaching agile software development: A case study. *Education, IEEE Transactions on*, Vol. 54, No. 2, pp. 273–278, 2011.
- [11] L. Pinto, R. Rosa, C. Pacheco, C. Xavier, R. Barreto, V. Lucena, M. Caxias, and C.M. Figueiredo. On the use of scrum for the management of practical projects in graduate courses. In *Frontiers in Education Conference, 2009. FIE'09. 39th IEEE*, pp. 1–6. IEEE, 2009.
- [12] VF De Lucena, A. Brito, P. Gohner, and N. Jazdi. A germany-brazil experience report on teaching software engineering for electrical engineering undergraduate students. In *Software Engineering Education and Training, 2006. Proceedings. 19th Conference on*, pp. 69–76. IEEE, 2006.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] Skype. <http://www.skype.com/intl/en/home>, Last Visited on 2012-11-1.
- [19] Facebook. <https://www.facebook.com/>, Last Visited on 2012-11-1.

- [20] Google ドキュメント. <http://documents.google.com/>, Last Visited on 2012-11-1.
- [21] Github. <https://github.com/>, Last Visited on 2012-11-1.
- [22] M. Narita, Y. Kato, and C. Akiguchi. Enhanced rsnp for applying to the network service platform-implementation of a face detection function. In *Human System Interactions (HSI), 2011 4th International Conference on*, pp. 311–317. IEEE, 2011.
- [23] Y. Kato, T. Izui, Y. Tsuchiya, M. Narita, M. Ueki, Y. Murakawa, and K. Okabayashi. Rsi-cloud for integrating robot services with internet services. In *IECON 2011-37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 2158–2163. IEEE, 2011.

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 —

石島 辰太郎¹⁾ 前田 充浩¹⁾

ICBM (Industrial Community Building Measures)

— A New Asian Developmental Strategy under GIN (Global Industrial Network) —

Shintaro Ishijima¹⁾, Mitsuhiro Maeda¹⁾

Abstract

Recently, GIN (Global Industrial Network), highly sophisticated production network has covered all over East Asia. This paper first analyzes the mechanism of GIN, and second shows a model of developmental strategy of East Asian economies which meets the nature of GIN. Enhancing GIN by economic integration and promotion of ICBM (Industrial Community Building Measures) shall be main pillars of the strategy. Standardization of higher professional education system, SMEs connectivity and community finance network shall play the vital role as ICBM.

Keywords: industrial network, community building, higher professional education, SMEs, community finance

1 はじめに

20 世紀末より、東アジア地域（本稿では、特に断らない限り、ASEAN+3（日中韓）を指す。）では、特に製造業において、大きな特徴を持つグローバルな生産ネットワークが構築されてきている。21 世紀前半において東アジア地域各国の経済発展を推進するためには、このようなグローバルな生産ネットワークの本質を十分に理解し、その効率的な活性化を促し、かつその上で各地域の適切な発展戦略を推進することが有効であると考えられる。21 世紀における東アジア地域の発展は、個々の国境の枠を超えて、グローバルな生産ネットワークの恩恵を十分に享受する体制を作れるかどうかにかかっていると考えられる。

本稿は、このようなグローバルな生産ネットワークを GIN (Global Industrial Network) という新しい概念で捉え、その GIN の活性化を基本に置くアジア各国の発展戦略を検討することを目的とする。

グローバルな生産ネットワークを基盤に置く発展戦略を検討する研究は、すでに多くの取り組みがなされているところ

である。本稿は、それらの取り組みと比べると、以下の 2 点に大きな特徴がある。

第 1 は、グローバルな生産ネットワークの捉え方である。20 世紀末以降の東アジアの地で発展しているグローバルな生産ネットワークについては、多くの研究者が着目し、例えばポールドウィンのセカンド・アンバンドリングの概念等、それぞれ洗練された概念を構築しているところである。それらに対して本稿は、GIN という新しい視座に基づく捉え方を提示する。

第 2 は、グローバルな生産ネットワークを基盤にする発展戦略を、デュアルな枠組みで、すなわち、グローバルな生産ネットワークの活性化と、各地域における産業コミュニティの活性化の 2 つを、同時並行的に、言わば車の両輪として推進する、という枠組みを提示することである。

グローバルな生産ネットワークの発展については、近年いわゆる反グローバリゼーションの議論が出てきている。

経済活動に関する同一の制度が国境を越えて多くの国々で採用されること、国境を超えて展開される経済活動に対する国境の障壁が実質的に除去されること、及びそれらの結果として、多国籍企業、巨大な金融機関等による大きな特徴のある形態の経済活動が進展することをグローバリゼーションと呼ぶことにすると、反グローバリゼーションの議論とは、そのよ

Received on 2013-09-30

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

うなグローバリゼーションの進展により、外国、特に先進国の多国籍企業、巨大な金融機関等が自国内で活発な経済活動を展開することにより、それらに比べて競争力が大きく劣る自国の企業は壊滅し、自国市場がそれら多国籍企業、巨大な金融機関等に独占されるようになることを懸念するものである。それら多国籍企業、巨大な金融機関等は、当然ながら、投資先となる発展途上国の経済発展よりも自社の利益の拡大を志向するため、結果としてグローバリゼーションの進展は、それら多国籍企業、巨大な金融機関等の発展には大きく貢献しても、発展途上国の発展戦略上は効果がないか、場合によってはマイナスのものとなるのではないかと、という懸念が生じるためである。

確かに、グローバルな生産ネットワークの発展自体には、原理的に、そのような懸念を惹起せしめるような動きが伴う。一方本稿は、今後の東アジアにおける発展戦略を考える際には、このような、グローバリゼーションの進展の是非を問う反グローバリゼーションの議論の枠組みは合理的ではないと考える。グローバリゼーションに関する是非の議論は、グローバリゼーションが開始された直後においては意味があるものの、現下の東アジアの地においては、以下に述べるように、高度に洗練されたグローバルな生産ネットワークが既に構築され、日々発展している状況にあるため、求められるのは、その事実を前提にした次世代の発展戦略であるためである。

その上で、発展途上国が採用すべき発展戦略においては、グローバルな生産ネットワークを一層進展させるとともに、同時に国内における産業コミュニティの振興を進めるべきであると主張する。産業コミュニティの振興が適切に進められるならば、グローバルな生産ネットワークが反グローバリゼーションの議論が懸念するような動きを大きく進めるとしても、各国は多国籍企業、巨大な金融機関等に「搾取」されるのではなく、グローバルな生産ネットワークを基盤に置いて大きな発展を遂げることが可能になると考えるのである。

この発想は、グローバリゼーションを生産面だけではなく、消費面も含めて複層的に捉えることによってもたらされる。すなわち、グローバリゼーションを生産層だけで捉えるならば、多国籍企業は最適生産地を求めて移動し、移動した先では現地の社会に対する配慮を著しく欠いた状態で、経済的な合理性だけを希求する行動に出ることを懸念することは合理的である。一方、多国籍企業の国際的な事業展開が、生産に関する要因だけで決定されることはあり得ない。消費、すなわちマーケットに関する要因は決定的な影響をもたらす。多国籍企業は、生産における最適地を求めると同時に、最適なマーケット戦略を組み立て、それに応じた行動を採るのである。

このようなマーケット戦略をも考慮するならば、多国籍企業が、一方的に進出先において搾取の行動を採ろうとすることにはフィードバックがかかることになる。最適なマーケット戦略を取ろうとすれば、地域経済への貢献が必要になる事

態が多く発生するためである。したがって、最適な発展戦略とは、グローバルな生産ネットワークの進展と、各地における産業コミュニティをデュアルに推進することになる。

この場合、産業コミュニティの発展は地域経済の発展に繋がりが、結果として市場の活性化をもたらす。このようにしてもたらされる市場は更なる産業集積を生むという正のサイクルを生み出す。

以下、第1に、20世紀末以降東アジアの地で発展しているグローバルな生産ネットワークをGINという概念で捉える視座を提示する。

第2に、発展途上国の発展戦略として、グローバルな生産ネットワークの発展と産業コミュニティ振興とを組み合わせたデュアルな枠組みを提示する。

具体的には、最初にGINを一層発展させるための措置である経済統合政策について、現在東アジアの地で推進されている内容を概観する。次いで、産業コミュニティを構築するための措置（産業コミュニティ醸成措置：ICBM（Industrial Community Building Measures））として高度産業人材育成のための高等教育システム、中小企業コネクティビティ及びコミュニティ・ファイナンスの3つを採り上げ、それぞれの内容を検討するとともに、アジア13か国の大学のネットワークである国際組織であるAPEN（Asia Professional Education Network）がそれぞれの分野で行っている政策を分析する。

2 東アジア地域におけるグローバルな生産ネットワーク

(1) セカンド・アンバンドリングとGIN

20世紀末以来、東アジア地域において発達してきている主として製造業におけるグローバルな生産ネットワークは、多くの国々を覆う広い地域において、生産工程間の高度かつ複雑な国際分業が成立しているという意味において、歴史的に注目されるものとなっている。このようなグローバルな生産ネットワークの内容については、既に幾つかの研究において整理が進められている。

そのような研究の第1としては、セカンド・アンバンドリングの概念が挙げられる。ジュネーブ国際研究大学院のリチャード・ボールドウィンは、このような生産ネットワークを、セカンド・アンバンドリングという概念で捉えている。

ボールドウィンの議論を整理すると、以下のようになる。1960年代から1970年代にかけて多国籍企業の活動が大きくなってきたことにより、企業と国籍とが切り離（アンバンドル）された。この現象は、ファースト・アンバンドリングと呼ばれる。一方1980年代以降に進展しているのは、個別の企業の生産工程が数多くの生産ブロックに分解され、それらが多く国々に分散し、サービス・リンクによって結合され

ているという生産工程間分業である。ポールドウィンはこのことをセカンド・アンバンドリングと呼ぶ。

ファースト・アンバンドリングにおける国際分業では、生産工程において、いわゆる先進国型と発展途上国型との分離が見られることとなった。すなわち、先進国において、高付加価値、技術水準の高い生産工程が担当され、発展途上国において、労働集約的、技術水準の低い生産工程が担当され、両者の間で国際分業がなされることとなる。

これに対して、セカンド・アンバンドリングが進んだ 21 世紀の東アジアにおける国際分業は複雑なものとなる。多くの国々に分散された多くの生産工程がサービス・リンクによって結合するものとなる。この場合は、それぞれの国々において担当される生産工程を、先進国型対発展途上国型、のような単純な分類で捉えることは正鵠を得ない。それぞれの国におけるインフラの整備状況、産業集積の実態、地域的な生産ハブとの距離等の多くの要因により、担当する生産工程が決定することになる。すなわち、国としては比較的経済発展の程度が遅れた発展途上国でありながら、その国に存在する産業集積は極めて技術水準の高い生産を担当するという事態があり得る。

研究の第 2 は、GIN (Global Industrial Network) の考え方である。

アジアにおける高度産業人材育成のための特別な高等教育システムの発展、普及、さらにはそれらを通じたアジアでの産業コミュニティ振興を進めるアジアの大学及び研究機関のネットワークである APEN (Asia Professional Education Network)² は、アジアの地において進展しつつある上記のような生産工程間の国際分業を、GIN という概念で捉える考え方を提示している³。

GIN とは、各国に存在する個別の機能ユニット (生産工場、研究開発部門、マネジメント部門、会計等のバック・オフィス部門等) が国境を跨るサービス・リンクによって連結されることによって構築された、グローバルな生産ネットワークのことである。機能ユニットとは、セカンド・アンバンドリングの議論における生産ブロックを含み、かつそれに、研究開発部門、マネジメント部門、バック・オフィス部門等、生産以外の機能を担う部門をもそれぞれ独立したユニットとして捉えた概念である。

セカンド・アンバンドリングの概念が、特定の企業 (多国籍企業) における生産工程間の国際分業に重点を置くものであり、サービス・リンクによって結合された生産ブロックのまとまりを、特定の企業の枠組みによって捉えようとする指

向を持つものであるのに対して、GIN は、各国における生産工程を機能ユニットとして捉え、企業の枠組みに囚われず、それらを独立して捉える指向を有することに特徴がある。

セカンド・アンバンドリングの考え方とは、企業における生産活動を、アンバンドル前、すなわち、企業がその出自の国の中において全ての生産工程を自社の中に抱えて生産を行っていた状態を原型として捉え、そこからの変化に着目した捉え方であると言える。原型から、生産部門における労働集約部門、技術レベルの低い部門が分離されて発展途上国において設立された現地法人に委ねられる (研究開発部門、マネジメント部門、生産部門の中の技術レベルが高い部門は先進国に置かれる。) のがファースト・アンバンドリングであり、生産部門が、技術レベルが高い部門も低い部門も総じて生産ブロックに分割され、それらが発展途上国を含むさまざまな国において設立される現地法人に委ねられることがセカンド・アンバンドリングであると言える。

GIN の考え方は、このような原型を想定しない。アジアの多くの国々において、さまざまな機能ユニットが存在し、それらが「重畳的な」ネットワークに組み込まれている状態そのものを本来の姿として捉えようとするものである。

各国に存在している機能ユニットが、相互に資本関係、技術提携等強い関係で結びつけられているネットワークが存在する場合、そのようなネットワークは、特定の多国籍企業であると捉えられることになる。一方、最初は先進国に存在する特定の多国籍企業の現地法人として設立された機能ユニットであっても、一度設立された以上は、当該多国籍企業のネットワークに属さない他の機能ユニットとの関係を構築し、次第に別のネットワークとの関係を強めていくことは十分にあり得る。ある多国籍企業の現地生産部門から、下請へ、さらには独立系へと移行するということである。

セカンド・アンバンドリングの考え方は、この場合、多国籍企業を構築する生産ネットワークのまとまりに着目することに繋がり、GIN の考え方は、各機能ユニットの独立性を強調することに繋がる。

それぞれの機能ユニットが発展していくと、独立性を高め、次第に、多国籍企業としてのまとまりの範囲を超えて他のネットワークとの関係を強めていく傾向があるということは、生産部門の機能ユニットに限定された事態ではなく、研究開発部門、マネジメント部門、バック・オフィス部門等についても当て嵌まる。当初は特定の多国籍企業のまとまりの中で特定の企業の研究開発、マネジメント、バック・オフィス業務等を担当するために設立されたとしても、それらは発展に伴い、他の企業 (ネットワーク) からの受注を得て、それら企業が行う研究開発、マネジメント、バック・オフィス業務等を遂行するようになる。

このような考え方の違いは、さらに、グローバルな生産ネットワークに所属する中小企業の範囲に関する捉え方の違いを

² 2011 年 6 月に設立。現在 ASEAN10 各国及び日中韓の 13 各国が加盟。事務局は産業技術大学院大学が担当。日 ASEAN 首脳会合、日 ASEAN 経済閣僚会合等首脳級、閣僚級でその活動が支持されている。

³ 初出は ASEAN Connectivity Symposium における石島辰太郎 APEN 会長のプレゼンテーション (プノンペン、2012 年 9 月)。

生む。

セカンド・アンバンドリングの考え方において強調されるグローバルな生産ネットワークとは、もともとは先進国の大企業の中に存在していたさまざまな生産ブロックが、ファースト及びセカンド・アンバンドリングによって国境を跨る多くの国々に配置され、それらがサービス・リンクによって結合されたものであることになる。したがってこの場合、発展途上国に存在するそれらの生産ブロックを担う中小企業の相当数は、さまざまな形で、アンバンドルされる前の先進国の大企業との関係を持つことが多いことになる。すなわち、先進国の大企業の現地法人として設立された中小企業、先進国において大企業に部品供給を行っていた中小企業が当該大企業の海外進出に伴って進出してきた中小企業等、発展途上国の側から見れば「外資系」中小企業が相当数を占めることになる。

先進国の中小企業が発展途上国に進出するに際しては、当該発展途上国において、外資 100%の中小企業を設立する場合もあれば、現地の中小企業と合弁企業を設立することもあり、後者の場合には当該発展途上国の地域にもともと存在し、資本、人材も当該地域において調達される中小企業、すなわち地域中小企業がグローバルな生産ネットワークに参画する可能性は開けるものの、その場合においても、先進国の大企業の影響力が強いものとなる。すなわちセカンド・アンバンドリングの発想上は、地域中小企業を、地域中小企業として（すなわち、従来通り、地域の資本、地域の人材のみによって運営される中小企業という実質を保ちつつ）発展させることには大きな関心が払われない可能性が高い。

一方 GIN の考え方によれば、発展途上国においてグローバルな生産ネットワークの機能ユニットを担う中小企業としては、先進国の大企業の資本系列に連なる中小企業も、地域中小企業も、等価であることになる。したがって、地域中小企業の振興は、GIN の考え方に基づいてグローバルな生産ネットワークの活性化を考える際には、中核的な課題であることになる。

以上のように、セカンド・アンバンドリングと GIN の2つの捉え方は、現在の東アジアにおける高度に洗練された生産工程の国際分業ネットワークを、原型からの幾度かのアンバンドルの結果という歴史的経緯に着目して捉えるか、現在の状態を本来の状態として捉えるかという異なる視点で捉えるものであると言える。前者の場合は多国籍企業の枠組みを強調することになり、後者の場合はそれぞれの機能ユニットの独立性を強調することになる。両者は補完的であると言える。

なお、このように GIN においては、中小企業を産業コミュニティ活性化という課題に定める主体として捉えるため、「大」よりも劣る概念としての「中小」企業、と呼ぶことは相応しくはない。産業コミュニティ活性化において重要な働きを担うことができるかどうかを決定する要因は、従業員、資本額の大きさではなく、それぞれの機能ユニットが有する能力であることになる。従業員、資本額が大きな大企業とは、機能ユ

ニットが会社法上の単一の企業の枠内に沢山集まったものであるところ、沢山集まっていることそのこと自体は、それらの機能ユニットの能力が高いことを保証しない。一方で、能力が高い機能ユニットが単独、または少数の結合で存在する場合、それらは、会社法上の企業の枠組みで見れば、従業員、資本額は大企業よりも小さいとしても、その能力について、大企業に劣後する存在として捉えることは不適切である。この意味で、中小企業をネガティブな意味合いの排除された名称で捉えることが適切である。ただし本稿では、慣例に従い、中小企業の名称を用いる。

(2) ケース・スタディ

それではこれら2つの捉え方によって事例を分析してみる。典型的な形でグローバルな生産ネットワークが見られる例としては、ASEAN 域内における自動車・自動車部品産業がある。国際機関 ERIA (Economic Research Institute for ASEAN and East Asia) が 2012 年に発表した研究によると、今日 ASEAN 域内では、フルセット型（完成車生産に必要な部品産業がほぼ全部存在しているもの）の産業集積として、タイのバンコク周辺、マレーシアのセランゴール周辺及びインドネシアのジャカルタ周辺がある。また非フルセット型（完成車の最終アSEMBラーは存在するものの、必要な部品の多くは産業集積内では供給されず、他の地域または国からの供給に依存するもの）の産業集積として、ベトナムのハノイ周辺及びフィリピンのマニラ周辺が存在する。

さらには、これらの産業集積の周辺にも、それら産業集積に対する部品供給基地、下請先として、幾つかの産業集積候補が勃興しつつある。例えば、カンボジア内のタイ国境沿いの幾つかの工業団地、ラオスのビエンチャン周辺等は、今後の推移によっては、バンコク周辺の産業集積に対して部品を供給する産業が集積していく可能性がある。

このような状況については、セカンド・アンバンドリングの枠組みによっては、以下のように説明される。

最終アSEMBラーは別として、自動車部品産業においては、元型は、例えばある日系自動車部品メーカーが ASEAN のある場所、例えばバンコク周辺に投資し、そこで全ての生産を行うというものである（日系企業が、出身母国である日本から離れてタイに投資し、多国籍企業化することがファースト・アンバンドリングである。）.次いで、生産ブロック部門のセカンド・アンバンドリングが進む。すなわち、生産が幾つかの生産ブロックに分割され、それらが周辺に存在する多くの企業によって担われることになっている。さらにバンコク周辺のような高度に洗練された産業集積においては、生産ブロックのみならずタスク上のセカンド・アンバンドリングも進みつつある。本社機能、R&D 部門、マーケティング・アクセス関連部門等のタスクまでもが日本からバンコク周辺の産業集積に次々に移転されつつあるということである。

一方、GIN の考え方では、以下のように捉えられる。

自動車部品の生産は、合理的なまとまりとしての幾つかの生産ブロック及びタスク・ブロックがサービス・リンクによって連結することによって構築されるシステムによって行われる。これを、生産システム、と呼ぶことができる。生産システムを構築する生産ブロックまたはタスク・ブロックは、その全てが単一の企業の中に存在する場合もあれば、別々の企業の中に存在し、サービス・リンクによって連結する場合もある。考え方として、全てが単一の企業の中に存在する場合を元型として想定しなければならない必要はない。すなわち、バンドルされた状態から徐々にアンバンドルが進んだと考える必要はない。むしろ、多くの生産ブロックまたはタスク・ブロックについては、比較的小規模な企業が特定の生産またはタスクに集中することは合理的であると考えられるため、アンバンドルされた状態を基本的なあり方として捉えることもあり得る。

さらに GIN の考え方に特徴的なことは、比較的小規模な企業が特定の生産またはタスクに集中する場合、その生産またはタスクは、単一の企業が生産システムに属するものに限定する必要は、論理的には出てこないことである。したがって、それらの企業は、複数の企業が生産システムに属する、ある特定の生産またはタスクに従事することは、モデルの上からは合理的であることになる。

日本の中小企業政策では、比較的小規模な部品生産企業が取引先を 1 社しか持たない場合には、その取引先の従属的立場に置かれるためにさまざまな面で発展の機会を削がれることになるため、「取引先の多様化」を推奨してきた。GIN の考え方は、中小企業が独自の技術開発を行い、その独立性を高めて機能ユニットとしての価値を高めることにより、結果として複数の企業にとっての不可欠な構成要素となっていくプロセスを包含するものである。このことは、産業コミュニティの発展により、地域と強い関係を有する中小企業（地域企業）の活性化が、ひいてはグローバルな生産ネットワークそのものの活性化をもたらすという「下からの改革」の途を開くことになる。

それでは次に、このようなグローバルな生産ネットワークに基盤を置く発展戦略として考えられるデュアル型発展戦略について検討を進める。

3 デュアル型発展戦略

(1) 経済統合政策

デュアル型発展戦略とは、グローバルな生産ネットワークの活性化と、それに覆われる地域の各地における産業コミュニティの振興とを同時に進めることによって国家全体の経済成長を実現することを目指すものである。

まずは、グローバルな生産ネットワークの活性化について見る。

製造業の物理的な特性からして、生産に関する多くの条件の相対的なコストが異なるさまざまな地において、その地に適した生産工程が担当され、それらがサービス・リンクで結合されたグローバルな生産ネットワークが発展することは一般的に合理的であると言える。一方、そのような合理的な生産ネットワークが実現するためには、その生産ネットワークが覆う各国における制度の統一が歩調を揃えて進められることが不可欠になる。いわゆる、経済統合政策である。

東アジアの地において最も精力的に経済統合政策が進められているのは、ASEAN 地域である。東南アジアの 10 か国を覆う ASEAN は、2015 年に経済統合 (AEC : ASEAN Economic Community) するという大目標を掲げ、それに向けて、広範な経済統合政策を進めている。

前節で見たような、ASEAN 地域における自動車・自動車部品産業におけるグローバルな生産ネットワークが成立した最大の理由は、関税引き下げであることは間違いない。後述するように AFTA に基づく関税引き下げが順調に進んだため、各国は輸入代替的政策を採用することが不可能となり、グローバルな生産ネットワークに参画することが唯一の選択肢になったと見ることができる。さらに関税の撤廃・引き下げによる、国境を跨る部品のサプライ・チェーンが可能になったことも重要な要因である。

実質的かつ質の高い ASEAN 経済統合を実現するための政策については、ASEAN はそれをコネクティビティ政策と呼んでおり、毎年開催される外務大臣級の ACCC (ASEAN Connectivity Coordinating Committee) を中心に政策の調整が進められている。

ACCC における議論では、コネクティビティを 3 つの類型に整理している。第 1 は物理的コネクティビティであり、域内を繋ぐインフラの整備が中心となる。第 2 は制度的コネクティビティであり、通関手続き、課税手続き等の統一が中心となる。第 3 は人的コネクティビティであり、域内の人間の移動の自由化、活性化が中心となる。これら 3 つの類型のコネクティビティを円滑に進める政策、すなわちコネクティビティ政策の成功が、ASEAN 経済統合を実現し、かつ統合後の ASEAN 全域の発展を促進するための最重要課題であることになる。

AEC へ向けた各国の経済統合政策の進展状況については、ERIA が 2012 年 10 月に ASEAN 経済閣僚に提示した報告書に以下のように要約されている。

域内関税については、2010 年までに、インドネシア、フィリピン、タイ、シンガポール、マレーシア、ブルネイの ASEAN 6 の関税はゼロに、またカンボジア、ラオス、ミャンマー、ブルネイ (CLMV) の関税を平均 2.6%に引き下げるという CEPT 関税政策は成功裡に実現した。貿易円滑化政策については、ASEAN の 5 か国は国家シングル・ウィンドウを実施済みである。ASEAN 包括的投資協定 (ACIA) に基づく、70%外

資基準を使った非サービス分野の投資自由化は ASEAN 諸国において大きく進んでいる。

(2) 産業コミュニティ

続いて産業コミュニティの面である。この面での政策を、ICBM（産業コミュニティ醸成措置）と呼ぶ。

自動車・自動車部品産業の例を採ると、上記のように、バンコク周辺、セランゴール周辺及びジャカルタ周辺でフルセット型の産業集積が、ハノイ周辺及びマニラ周辺で非フルセット型の産業集積が、さらにはカンボジアのタイ国境沿いの工業団地、ピエンチャン等において、タイの産業集積に対する部品供給の産業集積の萌芽が出て来ている。これらの地において産業集積が構築された必要条件の1つは、上記のような経済統合政策によってグローバルな生産ネットワークの活性化が進んだことであることは疑いない。

では、経済統合政策によるグローバルな生産ネットワークの活性化がアジア各地における産業集積の振興の十分条件かと言えば、そうは言えない。ASEAN 域内の経済統合政策によって ASEAN に属する地は、関税、貿易円滑化措置、投資規制等については、全ての地が平等の立場に立ったことになる。しかしながら、それによって ASEAN に属する地の全てにおいて、平等に、等しく産業集積が構築されるわけではない。すなわち、経済統合政策が進んだ広い地の中で特定の地のみにおいて、特別に産業集積が構築される、その理由について分析していくことが必要である。

これは、産業集積構築に関する空間経済学的な課題であり、その理由についてはさまざまな内容が述べられている。特に、初期に投資が進むと、その周辺に産業集積が構築されていく例が多いことから、初期に投資を呼び込む理由についての分析が進められている。その中では、例えばハード・インフラの整備の重要性が力説されている。

本稿では、その重要な要因を ICBM として捉えるものである。すなわち本稿では、産業集積を、単なる企業が数多く集まっている状態として捉えるのではなく、それら企業の間、社会的な強い紐帯が構築されていることを重要視する。産業集積が構築され、短い距離の中に多くの企業が存在することは、物流の効率化（それによって、ジャスト・イン・タイム方式、看板方式等が可能になる。）等の効果を生むことであろう。一方産業集積の価値は、それにとどまるものではなく、企業の間、社会的な強い紐帯が構築されることによる多くの効果によってもたらされるものであると考える。

したがって本稿では、産業集積の構築方法を、ハード・インフラの整備、及びそれによる物流の効率化等の面ではなく、社会的な強い紐帯の構築の観点から考えていく。その結果浮かび上がる、産業集積構築に重要な効果を持つ要因を包括して ICBM と呼ぶ。

アジアの各地において、GIN の生産ネットワークに直結す

る形で産業コミュニティが構築されるためには、それらの地において、グローバル・スタンダードを満たした、高度な水準（GIN 水準）の生産活動が実現される必要がある。その地域が属する国家自体は、全体としては、開発の水準が限定的であり、先進国とは大きな差がある状態であったとしても、ある特定の地域においては、GIN 水準の生産活動が可能である場合には、その地域は GIN の生産ネットワークに直結し、産業コミュニティを発達させ、経済成長を遂げていくことが可能になる。そのような GIN 水準の生産活動を可能にする要因の中で、ハード・インフラの整備以外の、社会的な紐帯の要因を ICBM と呼ぶのである。

因みに、このように産業集積を社会的な強い紐帯の観点から捉える視点は、従来の工業団地の設計、建設においては十分に取り入れられていたとは言えない。GIN の考え方に立脚すれば、工業団地においては大量の人間が、新規に生活を始めるのであり、したがって工業団地の建設とは、一種の社会（コミュニティ）の構築でもある。ICBM の研究は、今後の工業団地の設計、建設にも大きな示唆をもたらす可能性がある。

具体的には、そのような ICBM として極めて重要であると考えられるのは、高度産業人材育成、中小企業コネクティビティ及びコミュニティ・ファイナンスである。すなわち、グローバルな生産ネットワークに参入することを可能にするレベルの高い生産を可能にする高度産業人材を自律的に育成するシステムが構築されていること、企業、特に部品生産を担当する中小企業が地域を覆うネットワークに適切に連結されていること、及びそれら中小企業に対する適切なファイナンスを提供する金融システムが構築されていることである。

中小企業コネクティビティとは、中小企業が外国の中小企業と、外国でまたは自国内で資本提携を持つことであると定義される。大企業では多国籍企業化とともにそのように定義されるコネクティビティは 20 世紀半ばより進展してきたのに対し、中小企業、特にアジアの中小企業が本格的にコネクティビティを推進するのは、これからの課題であると見ることができる。

以下、これらの内容を整理し、その上でそれぞれ、現在国際組織 APEN が取り組んでいる政策についても分析していく。

(3) 高度産業人材育成のための高等教育システム

重要性が極めて高い ICBM の第1は、高度産業人材育成を進めるための高等教育システムの整備である。高度産業人材が現地で再生産されるシステムが構築されて、初めてその地域は GIN 水準の生産活動を継続し、産業コミュニティを発展させていくことができる。

一方、高度産業人材には、以下に述べるような特徴があるため、その育成方法については特殊な高等教育システムを構築することが必要になる。

21 世紀は知識社会の時代といわれ、全ての先進諸国ではい

わゆる知識労働者数が肉体労働者数を上回る状況となっており、その傾向は益々顕著となっている。すなわち、今日では企業の富を生み出す最重要な資本は知識であり、これを担う知識労働者である。製造業において、知識労働者としての従事する産業人材を、肉体労働者（一般労働者）と区別し、専門職人材と呼ぶこととする。本稿で言う高度産業人材とは、産業分野、特に製造業分野における専門職人材である。

すなわち専門職人材は知識労働者であり、知識と総称される資本とその生産手段を内包する存在である。企業にとっては他の資本と異なり安易に調達できないという意味で最重要な資本であり、企業と知識労働者との力関係は企業と肉体労働者の関係に比べて遥かに平等なものとなる。このことは知識労働者である高度産業人材の組織への帰属意識の変化をもたらす。すなわち、専門職人材は職場としての企業、団体よりも専門家集団によって構成される学会や協会へより高い帰属意識を持っている。

従って、企業は高度産業人材を含む専門職人材を確保していくためには、仕事の魅力を高め、バック・オフィスを整備する等、より快適な職場環境の構築に努力して行くことが必要である。特に専門職人材にとって、賃金の問題も重要ではあるが、より重要な事として、社会や企業への貢献度、専門家集団での活動や評価等があり、こうした価値観に対する配慮が専門職人材という資本の流出を防ぎ、維持し拡大して行くために必須のこととなる。

高度産業人材を含む専門職人材には体系的な科学的知識を持ち、高度な倫理観や学際的なコミュニケーション能力等、コンピテンシーと称する能力を持つことが要求される。したがって、その育成は高等教育によって行われる。すなわち、高度産業人材を含む専門職人材の中核を担うのは、高等教育を受けた人材であることになる。

独学により専門職人材へと成長することも可能性としては考えられるものの、体系的な知識、スキルの獲得においては、学校システムによる高等教育が圧倒的に効率高く、良質の成果が期待できる。

一方で GIN は世界の全ての産業分野を包含するネットワークであり、あらゆる分野の専門職人材、とりわけ高度産業人材が活躍する舞台である。従って GIN を横断する各種の専門家集団が存在し、それぞれの企業に籍を置く高度産業人材はこのようなグローバルな専門家集団への帰属意識を強く持っている。

その典型が各分野の研究者によって構成される学会という組織であり、技術系学会としては例えば IEEE や ASME 等の巨大な国際学会がある。こうした既存の組織とは別に、今でも次々に各種の学会、協会が設立され活動を続けている背景に専門職人材が抱える専門家集団への高い帰属意識があることは明らかである。

このことは、必然的に GIN 上を移動する専門職人材、とり

わけ高度産業人材の大きな流れが生み出されることを意味する。従って、GIN の発展と高度産業人材の流動性の高まりは不可分の関係にあると言える。さらに、このような流動性を生み出す各種専門家集団こそが専門職人材間のコネクティブティを高めるという重要な機能を持つ。

専門職人材を最重要資本とする企業はこうした高い流動性を持つ専門職人材を獲得し、優良な業務環境を提供して有効に活用して行く必要がある。このことは中小企業といえども例外ではない。

従来、中小企業にとっては高度産業人材を含む専門職人材の獲得が困難であった。とりわけ、その中小企業が発展途上国、しかも経済発展の程度が比較的低い水準にある発展途上国に属している場合には、問題は深刻であった。このように、発展途上国の地域に属する中小企業が専門職人材、とりわけ高度産業人材を獲得し辛い状況にある場合には、そのような地域では GIN 水準の生産活動を行うことができないため、産業コミュニティを適切に構築していくことはできない。

この問題を解決するための方法には、以下の2つが考えられる。第1は、GIN に覆われる広範な地域の多くの場所において、高度産業人材を育成するための高等教育システムを構築することである。第2は、GIN 上で高い流動性を持つ専門職人材の市場を生み出すことである。これらの2つのどちらか、または両方が実施されれば、中小企業にとっても優秀な専門職人材、とりわけ高度産業人材の確保が可能となる。

後者の流動性の点については、専門職人材のグローバルな流動性を阻害する最大の要因は地域的な賃金格差である。従って、GIN の健全な発展のためには地域の経済格差をできるだけ早期に埋めて行くことが重要である。

産業人材として、単純労働を行う肉体労働者だけを考えるならば、経済格差が存在し、賃金格差があることは、低賃金の地域にとって、外国投資を呼び込む大きな投資インセンティブとなってきた。一方、過去の例に鑑みれば、このような経済格差に由来する投資インセンティブは急速に減少していくことになる。

それでは高度産業人材を含む専門職人材はどのようにして育成されるべきであろうか。

従来、日本においては各企業が企業内教育機関を持ち、その企業で必要とされる能力を有する専門職人材を育成するメカニズムが強く働いていた。その結果、それぞれの企業に固有の知識セットを持つ専門職人材育成が行われてきた。結果として、各企業で育成される専門職人材は流動性を欠く「企業内」専門職人材という位置付けに止まっていた。

また従来、日本においては、企業への人材供給機関である大学等の高等教育システムに対して企業の側からは、教育内容として実務的な知識の教育を求めてきていたものの、大学等の高等教育システムの側が研究面での後継者育成を教育内容として重視してきたため、企業の求めるような実務的な知識

が十分に教育されていたとは言えない状況に合った。一方で、企業における生産活動では高度な実務的な知識が必要となる。高等教育システムで教育しないそのような高度な実務的な知識を付与するために、企業内教育機関は重要な役割を果たしてきた。

このような日本の状態は、欧米と比較すると、極めて特徴的なものとなっている。すなわち欧米では大学と産業界の関係はより合理的であり、大学卒業生は入社と同時に現場で実務につくことが求められるため、学生は、高等教育において高度な実務的な知識を獲得することが求められる傾向が強いと言える。このことが、欧米では企業の枠を越えた専門家集団をベースにする職能組合が発達してきた理由の1つであると考えられる。

企業の資本としての知識が重要性を増すことと、アジアの地においてGINという生産ネットワークが出現してきていることは、両者相俟って、GINを横断する各種の専門家集団の発生を促し、専門職人材の流動性を高めていくことになると言える。従って、専門職人材はそれぞれの企業とは独立した、標準化された高等教育システムによって育成される必要がある。

そのような高等教育システムの1つのモデルは、それぞれの専門家集団に併設される高等教育システムである。専門職人材が帰属意識を強く持つ専門家集団が教育の場となるというものであり、これは論理的には合理的である。高等教育システムを核として専門家集団が形成され、これが専門職人材の学習コミュニティとして機能し続けるというものである。

一方、GINは巨大であるため、現実的には、同一の専門分野の中に複数の専門家集団が生まれることになり、このため、これら複数の専門家集団に属する専門職人材の互換性が必要となる。すなわち、高度産業人材育成のための高等教育システムの標準化が必要となる。これは大学の学位に関する互換性を国際的に実現しようとする試み、例えばヨーロッパの大学間でのボローニア宣言、ヨーロッパと米国の大学間の互換協定であるワシントン・アコード等と関連する課題である。

GINの中における産業コミュニティの健全な発展を達成するためには、高等教育システムにおける標準教育モデルが必要である。このような標準教育モデルを用いて教育内容と達成度の標準化が可能となれば、学習者の流動性が高まることとなり、複数の国の文化理解を深めながら卒業資格、学位等を取得することが可能となる。

高度に流動的な教育環境が生まれる場合には、卒業資格の補足資料としてボローニア・プロセスで提案されたDiploma Supplement、取得した学習成果である単位を蓄積する仕組みとして産業技術大学院大学でその一部が運用されているAcademic Unit Bank等、学生の流動化を支援し奨励していくシステムが必要となる。

以上をまとめると、東アジアの地において、製造業を中心と

する産業においては急速にグローバルな生産ネットワークが発展しつつあり、そのような生産ネットワークは、我々がGINと呼ぶ唯一の巨大なネットワークに収斂しつつある。同時に産業面では、情報社会学で言う第3次産業革命、すなわち知識産業化が進んでおり、GINは大量の知識労働者である専門職人材を必要としている。その結果、GINに付随する専門家集団のネットワークが生み出され、GIN上の専門職人材の流動化が進むこととなる。

このような動きの中で、GINの要素である中小企業も専門職人材を確保する機会が増えることになる。この機会を活用して中小企業が適切に発展していくならば、GINの覆う地域の間での経済格差は減少していく。地域間経済格差が縮小するならば、GIN上での専門職人材の流動性はさらに高められることになり、すなわち専門職人材の流動性に関しては正の循環が発生することになる。

このように、21世紀の東アジアの地において我々は、各地における産業コミュニティ構築の鍵となる専門職人材の流動性に関する正の循環の大きな可能性を前にしていることになる。この可能性を現実のものとするためには、専門職人材の育成を担う高等教育システムのグローバルな標準化が必要となる。これにより、GINに覆われている地のどこにおいても標準化された能力を付与された専門職人材が供給されることになり、また高等教育システムが標準化されているために、専門職人材は、教育を受けた場所を問わず、広い場所を流動しながら各地で自らの能力を適切に証明することができる。

現在、このような考え方に基づいて設立が進められている標準化された高等教育システムとしては、APENが進めるMultiversityというものがある。

Multiversityとは、専門職人材、特に高度産業人材を育成するために特別に設計された高等教育システムである。高等教育システムであっても、研究者育成を主目的とする通常の高等教育システムとは、教育方法、教育内容等が大きく異なるものである。APENでは、前者をHiRES (Higher Research Education System)、後者をHiPES (Higher Professional Education Network)と呼んで区別している。Multiversityは、HiPESの典型例ということになる。

HiRESとHiPESでは、特に教育方法が大きく異なる。研究者育成を主目的とするHiRESでは、当然ながら個人の能力を高めることが最重要課題となり、そのために、学位論文の執筆に代表される、個人的な取り組みが奨励される。また、教育課程においては、専門分野における高い能力を獲得することが最優先され、一般教養等を除けば、全人格的な成長は、教育プログラム上は期待されないとと言える。

一方HiPESでは、最重要課題は、チームの能力を高めるために貢献する手法を学ぶこととなる (embedded in the Team)。専門職人材、特に高度産業人材が従事する生産活動においては、生産活動は一般的にはチームによって担われる

ため、そのチームの能力を最大限に引き出すことが重要となる。一方で、チームの能力を高めるためには、特別な能力 (team competency) が必要であり、そのような能力は、それ専用の特別の高等教育システムでなければ付与されないものである。すなわち、HiRES では、原理的にそのような特別な能力は付与できない。HiRES は、基本的に、個人的天才 (individual genius) を育成するための教育プログラムを提供するものであるのに対して、HiPES は、集合的天才 (collective genius) を育成するための教育プログラムを提供するためのものであるためである。

Multiversity とは、PBL (Project Based Learning) 等、team competency 専用の特別な教育方法を中核に据え、かつ長期間にわたる一貫教育を前提に設計された高等教育システムのアイデアである。APEN は、この Multiversity を、早急に ASEAN 10 か国において設立するとしている。その第 1 号プロジェクトとして、タイのタマサート大学内に、産業デザイン分野における Multiversity を 2014 年度に開校する準備を進めている。

APEN の進める Multiversity 構想については、アジアではすでに閣僚級の支援を受けている。

2012 年 4 月に ASEAN10 か国の経済閣僚及び ASEAN 事務総長が日本を訪問した ASEAN ロードショーの共同声明 (Joint Media Statement on the ASEAN Roadshow to Japan, 28 April 2012, Tokyo, Japan) においては、パラグラフ 7 の、閣僚が支援する事業を列挙した中に、
(Support for Small and Medium Enterprises)

Promote and support the efforts of the Asia Professional Education Network (APEN) and ERIA to strengthen networks of SMEs in ASEAN and East Asia through “Only-one SME Mission” to ASEAN Member States, the establishment of the “APEN Credibility Index for SMEs” and the development of the “Comprehensive Higher Professional Education System, which will enhance technology transfer and collaboration among SMEs and enhance human resource development.

と記述され、日本及び ASEAN の経済閣僚は、APEN が実施する HiPES 事業を支援することになっている。

また 2012 年 8 月の日 ASEAN 経済閣僚会合共同声明 (The Eighteenth AEM-METI Consultations, 30 August 2012, Siem Reap, Cambodia, Joint Media Statement) においても、パラグラフ 12 において、

12. The Ministers reaffirmed the importance of capacity building of human resources for small and medium enterprises (SMEs) and welcomed Japan’s initiatives for introducing a “Comprehensive Higher Professional Education System (Multiversity)” and facilitating networking among SMEs through the Asia Professional

Education Network (APEN) in interested ASEAN Member States.

と記述され、日本及び ASEAN の経済閣僚は、APEN が推進する Multiversity 事業を支援することになっている。

さらに首脳級でも、2012 年の日 ASEAN サミット議長声明 (Chairman’s Statement of the 15th ASEAN-Japan Summit, Phnom Penh, 19 November 2012) において、パラグラフ 9 において、

industrial human resource development for professionals (略) should be prioritized, among others, for sustainable, innovative and equitable growth.

と記述され、高度産業人材育成の重要性が述べられている。

このような APEN の試みを含む、高度産業人材育成のための高等教育システムが東アジアの地において順調に進むことが期待される。

(4) 中小企業コネクティビティ

GIN に覆われるアジアの地で適切に産業コミュニティの構築を進めるための措置である ICBM として第 2 に重要な措置は、中小企業が GIN 上での流動性を高めることである。流動性が産業コミュニティ構築の鍵を担うことは、先に見た、専門職人材の場合と同様である。

中小企業は GIN と地域経済のインタフェース機関であり、地域経済の活性化と中小企業の活性化は殆ど同義である。すなわち、中小企業は納税、雇用等さまざまな形態を通じて GIN の富を地域社会に還元する重要な機関である。従って、中小企業の活性化は地域経済の活性化に繋がり、結果として経済格差の解消に大きく貢献することになる。これは GIN における専門職人材の流動性を高め、中小企業への優秀な人材の供給が促進され、結果として中小企業が活性化するという正の循環を生じさせる。

こうして GIN の構造が生み出す専門家集団によって引き起こされる専門職人材市場の流動性は中小企業の振興に繋がり経済の地域間格差を減少させる。これこそが孤立した企業の存在を許さない GIN の持つ最大の社会的意義であると言うことができよう。

産業コミュニティは、膨大な数の優れた中小企業の集積でもある。一方、ある特定の地域が初期の段階で域内に優れた中小企業を大量に保持することは稀である。すなわち産業コミュニティは、広い地域から優れた中小企業を誘致することによって成立する。さらに、現下の ICT の発達を考慮すれば、産業コミュニティは、物理的に限定された範囲内に存在し、物理的なサービス・リンクによって連結された中小企業群によるものだけではなく、ネット上で連結した一群の中小企業によるものをも考えることができる。

また中小企業の側にしても、活動する範囲が出自の地域に限定されるとすれば、成長の可能性は大きく制約されること

になる。優れた中小企業であれば、GIN 上で、多国籍企業化していく、またはネット上で他の中小企業との連結を拡大していくことが発展のために合理的な戦略であることになる。

中小企業の流動性、多国籍企業に向けた動きにおいて大きな障害となるのは、一般的に中小企業には外形的な信頼性がないことである。すなわち一般的に、中小企業は出自の地域を離れた場所、特に外国に進出した場合に、自らの信頼性を金融機関、取引先等に証明することが困難になる。その結果、実際には優れた中小企業であっても、外国においてファイナンスを得たり、適切な取引先と提携することについて大きな困難に直面する。

また、外国の優れた中小企業がある地域に投資してきた場合においても、その地域に存在する中小企業の中で適切なパートナーを探索することも困難であることが多い。

このような信頼性に関する困難を克服しなくては、複数の国に跨る GIN 上での中小企業の流動性を高めていくことはできない。

2015 年の ASEAN 経済統合が実現した暁には、投資規制、制度のハーモナイゼーション等の面での国境上の障害は大きく取り除かれることになる。このため、自らの信頼性を外国で証明することが可能な大企業にとっては、流動性、多国籍企業化を大規模に展開していくことが可能になる。

一方中小企業、例えばインドネシアの中小企業がベトナムに投資してベトナムの中小企業と合弁企業を設立し、カンボジアに事務所を開いてタイの中小企業と取引をする、というような流動性、多国籍企業化を進めようとするれば、そのような中小企業は、各国において自らの信頼性を証明すること、及び適切なパートナーを探索する上での困難に直面することになる。

この問題を解決するための方法として合理的なのは、格付けである。GIN 全域で標準化された手法を用いて実施される中小企業の格付け制度が存在するならば、格付けを得た中小企業は、各地においてその格付けをもって自らの信頼性を証明することができる。また、パートナーを探索する場合には、探索しようとする地において格付けを得ている中小企業にコンタクトを取っていくことが効率がよい方法であることになる。GIN 全域で標準化された手法を用いて実施される中小企業の格付け制度は、域内の中小企業の流動性を大きく高めるものであり、重要な ICBM であると言える。

一方問題は、そのような格付け制度を構築することが極めて困難であることである。

企業の格付けについては Moody's、スタンダード&プアーズ等、世界を対象に標準化された手法を用いて行われているものが存在する。しかしながら、これらの格付けは、社債の信頼性に関するものであり、そのため特に財務に力点を置いて行われる格付けであると言える。アジアの中小企業で、社債を発行しようとする中小企業の数はいくつかは多くはない。さらに、以下のよ

うな理由から、これらの手法を用いて中小企業、特にアジアの中小企業の格付けを行うことは、適切ではない。

日本の高度成長期の経験から明らかのように、中小企業、特に小規模な中小企業の場合、発展をもたらす最重要の要因は、技術力と人材力であると言える。優れた技術を有し、優れた人材開発の制度を構築している中小企業は、たとえ財務状況が現時点では芳しくはないとしても、短期間に急成長する可能性が高い。一方、現時点で財務上健全性が高い中小企業であっても、有している技術が陳腐で、人材開発も十分に出来ない状態では、大きな成長を見込むことは困難になる。

すなわち、中小企業に関する格付け制度を構築するに当たっては、技術力と人材力を適切に評価する仕組みを構築することが重要であると言える。

しかしながら、中小企業の技術力と人材力を適切に評価することは技術的に極めて困難である。この困難性ゆえに、従来この面における適切な指標の開発が遅れていたと言える。

この面において注目されるのが、APEN の推進する中小企業信頼性指数 (CIS : Credibility Index for SMEs) である。これは、特に技術力と人材力に力点を置き、全体で数百項目に及ぶ内容を、専門家集団の知見を利用して、ヒアリング調査によって詳細に調査することによって適切な格付けを行おうとするものである。

この指標は、中小企業の技術力、人材力を適切に評価し、中小企業の流動性を高めるものとして、閣僚級の評価をすでに得ている。上記の 2012 年 4 月に ASEAN10 か国の経済閣僚及び ASEAN 事務総長が日本を訪問した ASEAN ロードショーの共同声明 (Joint Media Statement on the ASEAN Roadshow to Japan, 28 April 2012, Tokyo, Japan) のパラグラフ 7 に、閣僚が支援する事業を列挙した中に CIS が明記されている。

本事業の今後の着実な進展が期待される。

(5) コミュニティ・ファイナンス

GIN の覆う地域における産業コミュニティ構築を適切に進めるためには、上記のように中小企業の流動性を高めることが極めて重要な課題となる。中小企業の流動性を高めるための措置 (ICBM) としては、まずは上記のような格付け制度がある。それと並んで重要な措置が、中小企業ファイナンスの制度構築である。

他国に進出した中小企業は、現地において現地通貨建てのファイナンスを得なくてはならない。現下のアジアにおいては、為替の変動幅は相当大きなものとなっているため、仮に親子ローンの形で本国で低金利のファイナンスを得ることができたとしても、為替の変動により、投資先では結局コストの高いファイナンスとなってしまうリスクが大きい。

各国政府にとって中小企業ファイナンス制度の整備は大きな課題であり、その整備には長い期間を要するものとなる。必

要性は極めて高い課題であるため、今後の各方面における取り組みが加速することが期待される。

中小企業ファイナンスについては、貸出先が中小企業であるため、いわゆる市場の失敗が発生する。すなわち、中小企業であるため、開示されている情報には限度があり、財務の状況、プロジェクトの内容等、与信判断の基礎となる情報の探索コストが高くなる。すなわち、金融機関の職員が時間をかけて詳細にヒアリングすることが必要となる。一方で融資額は比較的少額にとどまる。経済原理に基づけば、このような場合には融資の金利は相当に高い水準にならざるを得ない。一方で金利が高い水準では、そのファイナンスを得ようという中小企業の数には限度がある。これゆえに、中小企業ファイナンスが供給される量は、社会的に適正と考えられる水準よりも低い水準にとどまることになる。これが、市場の失敗である。

この市場の失敗を回避するための方法として、通常考えられるのは、以下の2つである。すなわち、政府による介入と、融資における情報探索コストを下げる手法の導入である。

第1の、政府による介入については、アジアにおいて政府系の中小企業ファイナンス制度が最も整備されているのは日本である。現在アジア各国では、この日本の制度を参考に、それぞれ独自の政府系の中小企業ファイナンス制度の検討が進められている。

第2の、融資における情報探索コストを下げる手法については、現在さまざまなアイデアが提示されている。そのような取り組みの中で、ここでは、2013 年秋に設立された、APEN の委員会の1つである ACFi (Asian Community Finance Initiative) について見てみる。

この取り組みの最大の特徴は、通常の中小企業ファイナンス制度との発想の違いである。中小企業ファイナンスを、中小企業という企業に対する商業ファイナンス（融資）の観点から捉えると、上記のような市場の失敗の発生する、困難なファイナンスであることになる。それに対して ACFi では、中小企業ファイナンスを、商業ファイナンスの観点ではなく、ICBM の観点から捉える。すなわち、個別の中小企業という企業に対する商業ファイナンス、というよりも、数多くの中小企業が集積する産業コミュニティを構築するための手法 (ICBM) の1つとしての位置づけをするものである。

このような捉え方をすると、ファイナンスの最大の目的は、個別の融資による金融機関としての利益の拡大ではなく、産業コミュニティの構築に対する貢献が重要であることになる。一方で、中小企業ファイナンスは、政府でも慈善団体でもなく民間金融機関によって供与されるため、民間金融機関として必要となる利益は生まなくてはならないことになる。いわゆる、NOT-for-Profit の原理で運営されることになる。

アジアにおいては、中小企業ファイナンスの範疇に捉えられているかどうかは別として、多くのファイナンス制度が NOT-for-Profit の原理に基づいて運営されていると見るこ

とができる。例えばマイクロ・ファイナンスは、農村地域の女性のエンパワーメントが主目的である一方、民間金融機関（グラミン銀行）が商業的に成立するように、融資においては高めの金利が設定されている。

別の典型例が、日本の高度成長期にとりわけ中小企業の振興に大きな貢献を果たした信用金庫方式であると考えられる。信用金庫方式を ICBM の観点から見て、日本の高度成長期の産業コミュニティ構築に果たした役割を分析するためには、中小企業ファイナンスを融資に限定し、その担保のあり方に着目してファイナンスの類型を分類することが合理的である。日本の例を見ると、中小企業ファイナンスは、一般的には融資の形態で行われ、また大半の場合、中小企業が十分な担保を有さない場合にも、その会社の将来性、事業の質を適切に判断することによって大きく発展してきたファイナンスの類型であるためである。

商業金融（融資）として行われる中小企業ファイナンスの標準型は、不動産担保に基づいて行われるものである。不動産を担保にする限りにおいて、民間金融機関にとってそのファイナンスの安全性は高いものとなる。

一方、新たに産業コミュニティに加わろうとする中小企業が、受ける融資の対価として十分な不動産担保を保有していることは例外的である。不動産担保がない限り融資を得られない状況では、多くの中小企業はファイナンスを得られず、成長の機会を逃し、産業コミュニティも構築されないことになる。

担保に関して行われたイノベーションの第1は、中小企業が生産活動によって生産した商品、すなわち動産を担保として融資を行うという方式である。例えば大正時代から昭和初期にかけての福井においては中小企業が生産した絹織物が担保として扱われ、それによって不動産担保を持たない中小企業がファイナンスを得る途が開かれた。このような、動産（生産活動によって生産した商品）を担保として用いるファイナンスを、商業金融（融資）として行われる中小企業ファイナンスの第1イノベーション、と呼ぶことができる。

次の問題は、生産活動によって生産される商品が、担保としての価値を持たない場合である。マイクロ・ファイナンスの場合がこれに相当する。担保として十分な価値を持つ動産を生産しない限りにおいてはファイナンスを得られないという状況では、例えば発展途上国の農村部における女性に適切に融資を行うことができない。

マイクロ・ファイナンスの例を見ると、これに対して採られた措置が、農村共同体からの村八分 (ostracization) を担保として用いるという方法であったと見ることができる。グラミン銀行の行うマイクロ・ファイナンスでは、5 人組の連帯責任を課しているところ、これは、返済を不履行した場合には、他の連帯保証者に迷惑をかけ、それゆえにその村には居辛くなる、というメカニズムを担保として用いたものであると

見ることができる。

このように、既存のコミュニティからの ostracization を担保として用いるという方法を、中小企業ファイナンスの第2イノベーション、と呼ぶことができる。

さらに問題なのは、そもそも ostracize するコミュニティが成立していない場合である。マイクロ・ファイナンスの場合には、融資の借り手は既存の農村コミュニティという強固なコミュニティに所属しているため、そこからの ostracization の恐怖は強力な担保として機能した。しかしながら、GIN 上に構築されようとしている多くの産業コミュニティの立地点は、そのような歴史、伝統に育まれたコミュニティが存在していない場合が多い。むしろそれら立地点は、グローバルな生産ネットワークの進展により、ある地域に全国から大量の人間が集結した人口急増地帯であることが一般的である。具体的には、日本の例を採れば戦後の京浜地域、現在の ASEAN の例を採れば、現在のハノイ周辺、ホーチミン周辺、マニラ周辺、ジャカルタ東部等がそれに当たる。

それらの地域に集結した人々は、出身地、伝統、文化等が大きく異なることが一般的である。この場合には、マイクロ・ファイナンスのような既存の農村共同体からの ostracization は担保機能を持たない。そのような地においては、既存のコミュニティが弱体であるため、そのコミュニティに属する連帯保証人に迷惑をかけ、その結果、居住地を変えなくてはならなくなることに對する心理的抵抗が低いためである。

それでは、このような地域に存在する融資の借り手（中小企業）が、不動産担保を持たず、また商品も担保価値がない場合には、ファイナンスは不可能なのだろうか。

この問題を克服したのが、日本の信用金庫方式であるといえることができる。すなわち信用金庫は、個別の融資における利益の拡大ではなく、新たに全国から人々が集まってきた新興工業地帯における産業コミュニティ構築を主目的にした NOT-for-Profit のファイナンスを提供してきたため、結果としてその地において、農村共同体に代わる産業コミュニティが構築されたと見ることができる。信用金庫方式の場合、借り手である企業も会員であるため、借り手である企業と貸し手である金融機関とが、言わば1つの運命共同体を構築することになる。信用金庫方式の場合、借り手は一定の地理的範囲内に所在する中小企業に限定されるため、借り手である中小企業を發展させることなくして金融機関の發展は論理的にあり得ない。その結果、金融機関は、借り手である中小企業と、会員、という制度的な関係を超えて、さらに濃厚な社会的紐帯を造り上げ、ファイナンスだけではなく、さまざまなコンサルティングを行う強い動機が働く。借り手である中小企業の側では、借金を踏み倒すことは、以降の金融機関とのファイナンス上の関係が断絶するだけではなく、それまで受けていたコンサルティングが受けられず、またすでに造り上げられた様々な社会的な紐帯からも追放されることを意味するため、そのよ

うな運命共同体からの ostracization の恐怖が担保機能を持ったと見ることができる。

信用金庫のファイナンスという ICBM によって構築された、新しい産業コミュニティがコミュニティとしての実態を有するようになった場合、そこからの ostracization は、バングラデシュの農村共同体に棲む女性に対する村からの ostracization と同様に大きな恐怖を生み、それによって返済に関する強いインセンティブが生まれたと見ることができる。ACFi では、以下のように定義されるファイナンスをコミュニティ・ファイナンスと呼んでいる。

Community Finance is a kind of Commercial Finance, provided to private enterprises (mainly SMEs), with the will of community building as a main purpose.

さらに、コミュニティ・ファイナンスの中で、以下のように定義されるファイナンスを、CBM（コミュニティ醸成措置）ファイナンスと呼んでいる。

CBM Finance is a kind of Community Finance that uses a community mechanism (in most cases, ostracization) as mortgage of the finance.

以上のように考えると、コミュニティ構築を主目的にした NOT-for-Profit のファイナンスを提供してきた信用金庫方式は、NOT-for-Profit であることが、結局は極めて低い貸倒比率という商業金融としての成果をも生み、民間金融機関と中小企業との共存共榮を生んだと捉えることも可能である。

現在 ACFi では、このような ICBM としての NOT-for-Profit のファイナンスを包括的にコミュニティ・ファイナンスとして捉え、アジアの多くの国々に呼び掛けて、それらの間の情報交換、協働を促すプラットフォームの構築に努めている。ACFi は、単に、信用金庫方式のような、新興の工業地帯における中小企業ファイナンスを可能にする方法を開發し、そのノウハウの伝播を進めるにとどまらず、それらコミュニティ・ファイナンスを行う金融機関同士が緩やかなクロス・ファイナンスを実施することを推進している。この結果、アジアにおいては、日本の信用金庫を1つの核として、それと緩やかなクロス・ファイナンスで連結したアジアの多くのコミュニティ・ファイナンスを行う金融機関が1つのネットワークを構築することになる。そのようなネットワークは、GIN で言う産業コミュニティのネットワークの中核的機能を果たすグローバルなネットワークとなる可能性がある。

グローバリゼーションの進展とともに、巨大な商業（for-Profit）金融機関が世界の広い領域で事業を展開していくようになることは、反グローバリゼーションの議論を待たずとも明確なことである。しかしながら、それら巨大な商業金融機関の国際的な事業展開の進展は、各地における産業コミュニティの振興をある程度は推進するものとなると予想されるものの、産業コミュニティの振興の中核的な主体が中小企業であることを考えるならば、必ずしも十分に推進するかどうか

は不明である。すなわち、現下の東アジアでは、GIN 上連結する各地の多くの産業コミュニティを振興するためのグローバルな枠組みが不明確であると言える。

これに対して、ACFi が志向するように、グローバルなコミュニティ・ファイナンスのネットワークが成立し、かつそのネットワークでは相互に緩やかなクロス・ファイナンスを実施するとすれば、各地における産業コミュニティ振興は画期的に進むものと期待することができる。

なお、このように各地における産業コミュニティ振興と並行して、グローバルなコミュニティ・ファイナンスのネットワークが発展して行くとすれば、それは、ネグリ (Negri, Antonio) の「帝国」論で言う、マルチチュードの1つの例となる可能性がある。ネグリは、現在の世界システムを、国民国家の解体と、「帝国」内部におけるさまざまな市民の活動のネットワーク (マルチチュード) の勃興という2つのダイナミズムが重畳する枠組みで捉える「帝国」論を展開した。ネグリ自身は、そのようなマルチチュードの例として、インターネットを通じて地球規模に連帯する市民運動を挙げている。一方 GIN の枠組みで考えれば、今後の世界システムの態様を決定する重要な要因の1つは (「帝国」内) 各地における産業コミュニティ振興であり、その主体は中小企業 (地域企業) であるため、その発展を促すコミュニティ・ファイナンスのグローバルなネットワークの重要性は強調し過ぎることはあり得ない。

マルチチュードとしてのコミュニティ・ファイナンスのグローバルなネットワークが発展した暁の世界システムのあり方に関する分析は、別の機会の課題としたい。ここでは、上記のような ACFi の成果に期待するにとどめたい。

4 おわりに

以上、グローバルな生産ネットワークが発達する東アジアの地域における適切な発展戦略として、グローバルな生産ネットワーク自体を一層発達させる政策 (経済統合政策) と、各地域における産業コミュニティ構築措置 (ICBM) とを並行して進めるデュアルな政策を提案し、その基礎作業としてグローバルな生産ネットワークに関する GIN の概念を提示し、さらに ICBM として、高度産業人材育成のための高等教育システム、中小企業コネクティビティ及びコミュニティ・ファイナンスの3つを挙げて、分析を行った。

ここで示された分析により、GIN という視座の有用性と、それを基盤として生みだされる ICBM として総括される諸政策が、21 世紀における東アジアの均衡ある持続可能な経済発展を支える重要な政策であることを示せたものと考えられる。

今後は、このような成果を踏まえ、引き続き GIN 及び ICBM に関する理論的研究を進めるとともに、それらを基盤とするアジア型の新たな世界システム論の構築にも取り組みたい。

参考文献

- [1] Richard Baldwin “Trade and industrialization after globalization's 2nd unbundling: How building and joining a supply chain are different and why it matters”, Graduate Institute, Geneva and University of Oxford, October 2012
- [2] Automobile and its Parts Manufacturing Industry in ASEAN and its Contribution to the Progress of Regional Integration : Ed. Prof. Hideo Kobayashi and Prof. Hidetoshi Nishimura , <http://www.eria.org/Research%20Summary%202013%20Final%20%28%29.pdf>.
- [3] ERIA(Economic Research Institute for ASEAN and East Asia “Mid-Term Review of the Implementation of AEC Blueprint”, ERIA, October 2012.
- [4] アントニオ・ネグリ+マイケル・ハート, 『帝国—グローバル化の世界秩序とマルチチュードの可能性』, 以文社, 2003 年.
- [5] アントニオ・ネグリ+マイケル・ハート, 『マルチチュード—帝国時代の戦争と民主主義 (上・下)』, 日本放送出版協会 NHK ブックス, 2005 年.

Automatic recognition of theorem environments of mathematical papers in L^AT_EX format

Take-Yuki Nagao¹⁾

Abstract

Theorem is one of the most important elements of mathematical scholarly paper. Although L^AT_EX provides theorem environments to markup theorems, it is quite difficult to automatically recognize the statements of theorems from the source code with high precision, due to the fact the actual arguments passed to these environments can arbitrarily be complicated. This study proposes a novel method to recognize the theorem environments from the source code, by hooking declaration of theorem environments.

Keywords: T_EX, L^AT_EX, document structure analysis, Mathematical Knowledge Management

```

1 \newcounter{mycounter}
2 \newtheorem{definition}{Definition}
3 \newtheorem*{remark}{Remark}
4 \newtheorem{theorem}{Theorem}[section]
5 \newtheorem{note}[mycounter]{Note}
6 \newtheorem{corollary}{C{\hskip 0pt\footnotesize
7 \bf OROLLARY}}
8 \newtheorem{my{e{n}v}}{My Theorem}

```

Fig. 1 Declaration of theorem environments

```

1 \begin{theorem}[Sample Theorem]
2 The statements of the theorem.
3 \end{theorem}
4 \begin{remark}
5 This is a remark associated with the above theorem.
6 \end{remark}
7 \begin{my{e{n}v}}
8 An exceptional case.
9 \end{my{e{n}v}}

```

Fig. 2 Utilization of theorem environments

1 Introduction

There has been an increasing number of research articles of mathematics available on the Internet via online journals or preprint servers. It is a challenging task to increase the utilization of such existing manuscripts. An important step toward this is to make such a scholarly document processable by computer and let computer recognize its logical structure.

Theorem is one of the most important logical elements of mathematical paper, and its statements have condensed information on the outcome of research. The most common way to markup a theorem with L^AT_EX is to utilize theorem environments. Authors of a manuscript declare their own theorem environments as shown in Fig. 1, and then utilize them (see Fig. 2).

It is, however, difficult for a computer to analyze the source code to locate the beginning and ending

of theorem environments in practice. A major difficulty lies in the variety of parameters to these environments. In the case of declaration, the parameters passed to `\newtheorem` are mostly alphanumeric with some white spaces as shown in lines 2 to 5 of Fig. 1, but it is possible to include control sequences or even curly brackets as in lines 6 to 8 of Fig. 1. In short, the choice of the parameters completely depends on the authors, and the actual arguments can arbitrarily be complicated. It is thus impossible to locate a theorem by a single regular expression. A minor difficulty is caused by the `\input` control sequence which allow sourcing of external files. Similar arguments apply to the utilization as well.

This work focuses on the recognition of theorem of mathematical paper written with L^AT_EX and proposes a method to detect the location of theorem inside the source code. The organization of the paper is as follows. Section 2 briefly describes research results related to structure analysis of mathematical docu-

Received on 2013-10-10.

¹⁾ Advanced Institute of Industrial Technology

ments. The preprints of the arXiv project is briefly summarized in Section 3 along with the description of the dataset utilized in this study. The main idea of this work about recognition of theorems is presented in Section 4. An experimental result is shown in Section 5.

2 Related work

Numerous research efforts have been made to make mathematical scholarly document machine-understandable in the context of Mathematical Knowledge Management. Adams described the differences between digitized mathematics, digitally represented mathematics, and formalized mathematics [1]. Nakagawa et al. proposed a system to scan printed mathematical document using Optical Character Reader (OCR) and recognize theorems using keyword matching and the uniformity of the formatting style[2]. Asperti et al. proposed distributed repositories of formal mathematical knowledge [3].

More recently, the arXMLiv build system is proposed, which converts manuscripts written with \LaTeX to XML documents [4, 5]. The XML-based approach of arXMLiv project has become a common way for analysis of scholarly \LaTeX documents. For example, Solovyev et al. defined the Mocassin ontology which provides mathematical logical elements such as theorem, proposition, and lemma including the relation between them [6]. There are also projects to publish documents with mathematical symbols as linked data [7]. In addition, a method has been proposed for extracting definitions of mathematical expressions using machine learning [8].

Although the arXMLiv project provides a good corpus and tools for analyzing the logical structure of a \LaTeX document, there are certain areas of applications that XML-based approach does not work very well. For example, it is difficult to extract the statements of theorems from a mathematical paper and to store the result in a single PDF document. This problem could be solved if there were a simple macro to record the start and the end line of a theorem environment. Such analysis tool would facilitate creation of derived works from existing \LaTeX documents for other purposes as well. This is the motivation of the present work.

3 Summary of the Preprints of arXiv

The arXiv provides more than 810 thousand preprints at the time of this writing, starting from the year 1991 to the present time. The project provides not only the typeset documents in Portable Document Format (PDF), but also the source code of them. A public bulk data access service is provided as well, which enables downloading of the source code of most articles [9].

Most of the source code is stored in a compressed image (using GZIP format) of directory structure containing \TeX or \LaTeX files along with some image files for figures. There are some exceptional cases as well. Some projects have PDF as the source code. For example, the PDF documents converted from rich text formats, such as Microsoft Word, fall into this class. One can find a few other formats including Hyper Text Markup Language (HTML) and PostScript, although the frequency is very low.

3.1 Sample Dataset

For the sole month of January 2012, there are 6687 preprints of which 91 percent are in compressed formats and the rest are in PDF. This study utilizes the former as a sample dataset.

In order to properly analyze the source code contained in a compressed file of arXiv, one needs to identify the actual archive type, as it cannot be detected from the file extension. For instance, the archive `1103.4682.gz` is actually in `tar.gz` format, viz. a single archive file that contains a directory structure, but it is not indicated by the filename. One thus needs a tool like the `file` command to identify the actual format.

The frequency distribution of archive types observed in the dataset is shown in Table 1. The result indicates that, in dealing with archived source code, it is mostly enough to consider `tar.gz` format and `tex.gz` format, the latter being a compressed image of a single \TeX or \LaTeX source file.

3.2 Domination of \LaTeX

The source code of preprint provided by arXiv does not contain a build script of any kind, and so one has to figure out which is the main \TeX or \LaTeX file of a project out of the files in each archive. By a main file we mean a \TeX or \LaTeX source file with file extension `.tex` that can be compiled with any of `tex`, `latex`,

Archive Type	Frequency	%	Cumul. %
tar.gz	4645	69.46	69.46
tex.gz	1441	21.55	91.01
pdf	595	8.90	99.91
(Others)	6	0.09	100.00
Total	6687		

Table 1 Archive types of preprints of January 2012

Compiler	Compilable main files
latex	4708
pdflatex	5274
tex	18
pdftex	35
Any of above	5832
latex and pdflatex	4168
tex and pdftex	18
latex or pdflatex	5814
tex or pdftex	35

Table 2 Main files compilable by standard build commands of T_EX and L^AT_EX

Declaration	Frequency
<code>\documentclass</code>	5762
<code>\documentstyle</code>	44
Unknown	8
Total	5814

Table 3 Control sequence used in document class declaration

pdftex or pdflatex command, which are standard build commands bundled with most of the T_EX distributions. A single archive may have multiple main files. Table 2 shows the number of main files in the dataset that can be compiled by combinations of the aforementioned compilers. The result implies that L^AT_EX is dominating in the source code. In fact, out of total 6687 preprints, 5814 items are compilable by latex or pdflatex, meaning that almost 87 percent of the preprints are written with L^AT_EX.

3.3 Document Classes

Generally speaking, the articles distributed by preprint services like arXiv originate from various fields of research, including mathematics, physics, computer science, and so forth. In the case of articles written with L^AT_EX or T_EX, an issue arises as to how to collect the class and style files used by the authors.

Rank	Class Name	Frequency	%	Cumul. %
1	article	2006	34.81	34.81
2	revtex4	1048	18.19	53.00
3	amsart	864	14.99	68.00
4	revtex4-1	686	11.91	79.90
5	mn2e	185	3.21	83.11
6	aa	132	2.29	85.40
7	IEEEtran	116	2.01	87.42
8	iopart	99	1.72	89.14
9	svjour	81	1.41	90.54
10	jpconf	55	0.95	91.50
11	PoS	35	0.61	92.10
12	elsart	24	0.42	92.52
13	svjour3	22	0.38	92.90
14	report	22	0.38	93.28
15	scrartcl	20	0.35	93.63
16	LCWS11	19	0.33	93.96
17	epl2	18	0.31	94.27
18	appolb	17	0.30	94.57
19	siamltex	16	0.28	94.85
20	(Others)	297	5.15	100.00
Total		5762		

Table 4 Ranking of document classes of January 2012

Different fields have different styles for an article and the way the styles are distributed depends on the field, on the journal, or on the authors.

Some journals distribute the formats using the Comprehensive T_EX Archive Network (CTAN) [10], which is the most commonly used service to share programs and documents related to T_EX. There are, however, journals that share class or style files on their own Web sites. To resolve the issue, some styles and class files must be collected by hand, but it is quite difficult to find and gather all of them. In this study, the above process was actually carried out before the statistics given in Section 3.2 was collected.

For the information of the reader, the ranking of observed class files in the dataset is presented in Table 4. The data show that more than 79 percent of the cases are covered by the standard article class of L^AT_EX, the REV_TE_X of the journals of the American Physical Society [11], and AMS-L^AT_EX of the American Mathematical Society [12]. The data in Table 4 are collected from the main files that invokes `\documentclass`. As is

shown in Table 3, it is quite rare these days to use `\documentstyle`, which is a deprecated macro to declare a document style. It should also be noted that a different class might define a different version of `\newtheorem`.

4 Recognition of Theorem

The idea of this work is to redefine a `\newtheorem` control sequence so that the arguments to `\newtheorem` are recorded to an external file with the filename and the line number of each occurrence of `\newtheorem`.

The role of the original `\newtheorem` is to declare a new environment with the name passed by its first argument. For example, line 4 of Fig. 1 defines the control sequences `\begintheorem` and `\endtheorem`, which are invoked internally at lines 1 and 3 of Fig. 2. The modified version of `\newtheorem` redefines the control sequences like `\begintheorem` and `\endtheorem`, in such a way that an invocation of such a control sequence records the current filename and the line number. This enables the recording of the occurrence of theorems.

A \LaTeX macro package to hook the invocation of `\newtheorem` is implemented in Fig. 3 and the functionality to record the occurrence of theorems in Fig. 4. In order to execute these macro files without modifying the existing \LaTeX file, one can create a format file, say `sthmlatex.fmt`, by compiling Fig. 5, and then invoke `latex` command specifying `sthmlatex.fmt` as the format file.

Some macro packages redefine `\newtheorem` on their own. If this is the case the redefinition of `\newtheorem` introduced by Fig. 3 is overridden by another implementation. A typical example is the `amsthm` package provided by $\text{AMS}\text{\LaTeX}$, which has its own implementation of `\newtheorem`. To resolve this problem, one can redefine `\newtheorem` again after each invocation of `\usepackage` or `\RequirePackage`. This is implemented in the macro `\@onefilewithoptions` (see lines 61–64 of Fig. 3).

5 Experiments

There are many preprints that are unrelated to mathematics, and thus one needs a way to find out papers related to mathematics from among numerous preprints. Especially the ones that contain theorems

Relation	Frequency
$p = g$	5622
$p > g$	138
$g > p$	54
$g \neq p$	192
Total	5814

Table 5 Comparison of the number of detected declarations (p and g resp. denote the number of detected declarations by the proposed and the `grep` method resp.)

Relation	Frequency
$p = g$	5621
$p > g$	119
$g > p$	74
$g \neq p$	193
Total	5814

Table 6 Comparison of the number of detected start of a ‘theorem’ environment (p and g resp. are the results by the proposed and the `grep` method resp.)

are of interest of this study. A main file that has the keyword ‘Theorem’ ignoring cases, is regarded as ‘theorem-aware’. An experiment shows that out of 5814 main files of the dataset, 2879 items fall into this class. This means that almost the half of the preprints are theorem-aware. In average, a single main file contains 12.75 occurrence of the above keyword. The fact that some authors publish books on preprint servers makes the average value larger than one might expect.

Tables 7 and 8 respectively show the ranking of observed display names (with 1119 distinct values) and names of theorem environments (with 1875 distinct values) respectively. These results were obtained by the proposed method. Environment name has stronger dependency on the user than display name, since the cumulative percentage of display name increase much faster with rank than that of environment name.

Table 5 compares the results obtained by pattern match using the command `grep '\newtheorem'`, and the one by the proposed method. The result indicates that the `\newtheorem` control sequence is correctly hooked in around 97 percent of the cases. A similar comparison for the environment with name ‘theorem’ shows that occurrences of `\begin{theorem}` are recognized up to 97 percent

(see Table 6). Another experiment shows that out of 2879 theorem-aware main files, 2034 items (about 71%) contain at least one occurrence of a theorem-like environment, where an environment is called theorem-like if it is a theorem environment with the environment name or the display name matching any of the keywords below (ignoring cases): theorem, proposition, corollary, lemma, and claim. This indicates that good portion of people utilize the above five kinds of environments to markup theorems.

6 Conclusion

The result of this work enables the extraction of theorems from existing preprints of mathematics. This would facilitate the community to create derived works from existing scholarly papers. For example, one can create a tool to convert the contents of a bunch of mathematical papers into an electric book consisting only of theorems. The resulting material can be used for research, education, etc. This would increase the utilization of the existing scholarly documents of mathematics and makes it easier for people to locate and read the academic results of interest from among ever-expanding piles of papers.

References

- [1] Andrew A Adams. Digitisation, representation, and formalisation digital libraries of mathematics. In *Mathematical Knowledge Management*, pp. 1–16. Springer, 2003.
- [2] Koji Nakagawa, Akihiro Nomura, and Masakazu Suzuki. Extraction of logical structure from articles in mathematics. In *Mathematical Knowledge Management*, Vol. 3119 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 276–289. Springer Berlin Heidelberg, 2004.
- [3] Andrea Asperti, Luca Padovani, Claudio Sacerdoti Coen, and Irene Schena. Helm and the semantic math-web. In *Theorem Proving in Higher Order Logics*, pp. 59–74. Springer, 2001.
- [4] Heinrich Stamerjohanns and Michael Kohlhase. Transforming the arXiv to xml. In *Intelligent Computer Mathematics*, pp. 574–582. Springer, 2008.
- [5] Heinrich Stamerjohanns, Michael Kohlhase, Deyan Ginev, Catalin David, and Bruce Miller. Transforming large collections of scientific publications to xml. *Mathematics in Computer Science*, Vol. 3, No. 3, pp. 299–307, 2010.
- [6] Valery Solovyev and Nikita Zhiltsov. Logical structure analysis of scientific publications in mathematics. In *Proceedings of the International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics*, p. 21. ACM, 2011.
- [7] Catalin David, Michael Kohlhase, Christoph Lange, Florian Rabe, Nikita Zhiltsov, and Vyacheslav Zholudev. Publishing math lecture notes as linked data. In *The Semantic Web: Research and Applications*, pp. 370–375. Springer, 2010.
- [8] Giovanni Yoko Kristianto, Minh-Quoc Nghiem, Yuichiroh Matsubayashi, and Akiko Aizawa. Extracting definitions of mathematical expressions in scientific papers. In *The 26th Annual Conference of JSAI*, 2012.
- [9] arXiv Bulk Data Access — Amazon S3. http://arxiv.org/help/bulk_data_s3.
- [10] The Comprehensive TeX Archive Network. <http://www.ctan.org/>.
- [11] REVTeX Home Page. <http://publish.apso.org/revtex>.
- [12] AMS-LaTeX. <http://www.ams.org/publications/authors/tex/amslatex>.

Rank	Display Name	Freq.	%	Cumul. %
1	Theorem	2242	11.38	11.38
2	Lemma	1980	10.05	21.43
3	Corollary	1865	9.47	30.89
4	Proposition	1853	9.40	40.30
5	Definition	1757	8.92	49.21
6	Remark	1624	8.24	57.46
7	Example	1181	5.99	63.45
8	Conjecture	800	4.06	67.51
9	Claim	443	2.25	69.76
10	Problem	360	1.83	71.58
11	Notation	343	1.74	73.33
12	Question	335	1.70	75.03
13	Exercise	270	1.37	76.40
14	Assumption	218	1.11	77.50
15	Fact	177	0.90	78.40
16	Algorithm	175	0.89	79.29
17	Axiom	144	0.73	80.02
18	Condition	137	0.70	80.71
19	Observation	123	0.62	81.34
20	Case	118	0.60	81.94
21	Remarks	111	0.56	82.50
22	Conclusion	110	0.56	83.06
23	Criterion	109	0.55	83.61
24	Acknowledgement	103	0.52	84.14
25	Solution	102	0.52	84.65
26	Summary	100	0.51	85.16
27	(Empty)	87	0.44	85.60
28	Examples	81	0.41	86.01
29	Note	70	0.36	86.37
30	Property	59	0.30	86.67
31	Hypothesis	54	0.27	86.94
32	Convention	50	0.25	87.20
33	Main Theorem	49	0.25	87.44
34	Construction	48	0.24	87.69
35	Proof	37	0.19	87.88
36	Step	35	0.18	88.05
37	\bf Theorem	24	0.12	88.17
38	Sublemma	23	0.12	88.29
39	Acknowledgments	22	0.11	88.40
40	\definitionname	21	0.11	88.51
41	Theorem A	21	0.11	88.62
42	\protect \theoremname	19	0.10	88.71
43	\bf Lemma	19	0.10	88.81
44	Result	19	0.10	88.91
45	Open Problem	19	0.10	89.00
46	Theorem B	18	0.09	89.09
47	Acknowledgements	18	0.09	89.18
48	\theoremname	17	0.09	89.27
49	Notations	17	0.09	89.36
50	Acknowledgment	17	0.09	89.44
51	(Others)	2080	10.56	100.00
Total		19,704		

Table 7 The observed display names of theorem environments

Rank	Environment Name	Freq.	%	Cumul. %
1	lemma	1300	6.60	6.60
2	theorem	1252	6.35	12.95
3	definition	1026	5.21	18.16
4	corollary	1007	5.11	23.27
5	remark	986	5.00	28.27
6	proposition	970	4.92	33.20
7	example	787	3.99	37.19
8	prop	673	3.42	40.61
9	cor	603	3.06	43.67
10	thm	589	2.99	46.66
11	lem	489	2.48	49.14
12	conjecture	448	2.27	51.41
13	claim	385	1.95	53.36
14	rem	383	1.94	55.31
15	defn	315	1.60	56.91
16	problem	287	1.46	58.36
17	notation	276	1.40	59.76
18	conj	250	1.27	61.03
19	question	198	1.00	62.04
20	ex	174	0.88	62.92
21	exercise	161	0.82	63.74
22	defi	150	0.76	64.50
23	fact	149	0.76	65.26
24	assumption	146	0.74	66.00
25	axiom	139	0.71	66.70
26	algorithm	139	0.71	67.41
27	condition	119	0.60	68.01
28	case	111	0.56	68.57
29	criterion	103	0.52	69.10
30	acknowledgement	103	0.52	69.62
31	conclusion	101	0.51	70.13
32	solution	100	0.51	70.64
33	summary	97	0.49	71.13
34	theo	86	0.44	71.57
35	coro	82	0.42	71.99
36	rmk	80	0.41	72.39
37	observation	75	0.38	72.77
38	Lemma	72	0.37	73.14
39	prob	71	0.36	73.50
40	remarks	69	0.35	73.85
41	xca	67	0.34	74.19
42	Def	65	0.33	74.52
43	note	62	0.31	74.83
44	Cor	61	0.31	75.14
45	Theorem	58	0.29	75.44
46	dfn	57	0.29	75.73
47	Remark	55	0.28	76.00
48	Prop	54	0.27	76.28
49	Definition	52	0.26	76.54
50	Example	50	0.25	76.80
51	examples	47	0.24	77.04
52	(Others)	4525	22.96	100.00
Total		19,704		

Table 8 The observed environment names of theorem environments

```

1 \def\@oparg#1[#2]{\ifnextchar[{\#1}{\#1[#2]}}
2 \newcounter{c@hook@thm}
3 \def\nthm@pre#1#2#3{
4 \def\nthm@post#1#2#3{
5 \def\nthm@pre@#1#2{
6 \stepcounter{c@hook@thm}
7 \edef\hook@thm@lineno{\the\inputlineno}
8 \nthm@pre{#1}{#2}{\the\value{c@hook@thm}}
9 \def\nthm@post@#1#2{
10 \nthm@post{#1}{#2}{\the\value{c@hook@thm}}
11 \def\h@newtheorem{
12 \@ifstar{\h@xnthm *}{\h@xnthm \relax}
13 \def\h@update@hooks{
14 \ifx\newtheorem\h@newtheorem
15 \else
16 \let\s@newtheorem\newtheorem
17 \let\newtheorem\h@newtheorem
18 \fi}
19 \def\hooknewtheorem#1#2{
20 \def\nthm@pre##1##2##3{
21 \ifx\relax#1\relax
22 \else#1{##1}{##2}{##3}
23 \fi}
24 \def\nthm@post##1##2##3{
25 \ifx\relax#2\relax
26 \else#2{##1}{##2}{##3}
27 \fi}
28 \h@update@hooks}
29 \hooknewtheorem{}}
30 \def\h@xnthm#1#2{
31 \let\@tempa\relax
32 \expandafter\@ifdefinable\csname #2\endcsname{
33 \ifx *#1
34 \def\@tempa##1{
35 \nthm@pre@{#2}{##1}
36 \s@newtheorem*{#2}{##1}
37 \nthm@post@{#2}{##1}}
38 \else\def\@tempa{\@oparg{\h@ynthm{#2}}[]}
39 \fi}
40 \@tempa}
41 \def\h@ynthm#1#2#3{
42 \ifx\relax#2\relax
43 \def\@tempa{\@oparg{\h@xthm{#1}{#3}}[]}
44 \else
45 \def\@tempa{
46 \nthm@pre@{#1}{#3}
47 \s@newtheorem{#1}{#2}{#3}
48 \nthm@post@{#1}{#3}}
49 \fi}
50 \@tempa}
51 \def\h@xthm#1#2[#3]{
52 \ifx\relax#3\relax
53 \nthm@pre@{#1}{#2}
54 \s@newtheorem{#1}{#2}
55 \nthm@post@{#1}{#2}
56 \else
57 \nthm@pre@{#1}{#2}
58 \s@newtheorem{#1}{#2}{#3}
59 \nthm@post@{#1}{#2}
60 \fi}
61 \let\h@onefilewithoptions\@onefilewithoptions
62 \def\@onefilewithoptions#1#2[#3]#4{
63 \h@onefilewithoptions#1#2[#3]#4
64 \h@update@hooks}
65 \endinput

```

Fig. 3 hooknthm.sty — a macro to hook theorem declaration

```

1 \RequirePackage{currfile}
2 \RequirePackage{hooknthm}
3 \newcounter{h@thm@n}
4 \let\@x\expandafter
5 \def\@onbeginthm{}
6 \def\@onendthm{}
7 \def\newtheorem@post@dump#1#2#3{%
8   \edef\h@nthm@from{\the\inputlineno}
9   \immediate\write\h@thmsfile
10    {"DECL", "\unexpanded{#1}", "\unexpanded{#2}", %
11     "#3", "\h@nthm@from", "", "\currfilename"}%
12   \@x\let\@x\tmp@a\csname#1\endcsname
13   \@x\let\@x\tmp@b\csname end#1\endcsname
14   \@x\def\csname#1\endcsname{%
15     \stepcounter{h@thm@n}
16     \def\tmp@v{\the\value{h@thm@n}}
17     \edef\h@thm@from{\the\inputlineno}
18     \@onbeginthm{#1}{#2}{#3}{\tmp@v}{\h@thm@from}
19     \let\h@next\tmp@b
20     \tmp@a}
21   \expandafter\def\csname end#1\endcsname{%
22     \def\tmp@v{\the\value{h@thm@n}}
23     \edef\h@thm@to{\the\inputlineno}
24     \h@next
25     \@onendthm{#1}{#2}{#3}{\tmp@v}{\h@thm@from}
26     {\h@thm@to}}
27 \def\@onendthm#1#2#3#4#5#6{%
28   \immediate\write\h@thmsfile
29   {"OCCUR", "\unexpanded{#1}", "\unexpanded{#2}", %
30    "#3", "#4", "#5", "#6", "\currfilename"}}
31 \AtEndDocument{\immediate\closeout\h@thmsfile}
32 \hooknewtheorem{}{\newtheorem@post@dump}
33 \newwrite\h@thmsfile
34 \immediate\openout\h@thmsfile=\jobname.thms.csv
35 \endinput

```

Fig. 4 storethm.sty — a macro to record occurrence of theorems

```

1 \makeatletter
2 \def\@documentclasshook{%
3   \ifx\@normalsize\undefined
4     \let\@normalsize\normalsize
5   \fi
6   \RequirePackage{currfile}
7   \RequirePackage{hooknthm}
8   \RequirePackage{storethm}
9 \makeatother
10 \dump

```

Fig. 5 The source code of the L^AT_EX format used to invoke the recognizer

既存 RT コンポーネントを 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

泉井 透¹⁾ 加藤 由花²⁾ 土屋 陽介²⁾ 成田 雅彦²⁾

Study of technology that uses the RSNP to publish on the Internet the existing RT-Components and Development of environment mapping service.

Toru Izui¹⁾ Yuka Kato²⁾ Yosuke Tsuchiya²⁾ Masahiko Narita²⁾

Abstract

RT middleware OpenRTM-aist that implements the OMG RTC Specification uses CORBA technology as the basis for communication between RT components. Thereby it provides a local network communication method between components RT. It is difficult to expose through the Internet and/or cloud services for various existing RT components developed in the next-generation robot intelligence technology development project (Intelligent RT Software Project). In this paper, in order to enable RT-Components to publish to the Internet, we propose a generalized method based on RSNP (Robot Service Network Protocol) for that purpose. And we prototype and evaluate whether our methods is effective.

Keywords: RSNP, RTC, the Internet, robot services, RTMiddleware

1 はじめに

OMG RTC Specification を実装した OpenRTM-aist の RT ミドルウェア (以下 RTM, *1) は RT コンポーネント間の通信の基盤に CORBA を使用しており, ローカルネットワーク環境を前提とした RT コンポーネント間の通信手段を実現している. この方式では NEDO 知能化プロジェクト RT コンポーネント集 [1] 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サービスとして公開することは難しい.

本稿では既存の RT コンポーネントをインターネットに公開できるようにする為に, RSi (Robot Services initiative) が提唱するインターネットを活用しロボットサービスを行えるプラットフォーム RSNP (Robot Service Network Protocol 以下 RSNP) [2][3] を用いて, RT コンポーネントをインターネットに公開できる方式の検証と試作を行い, それを用い環境地図作成サービスの開発を検討する.

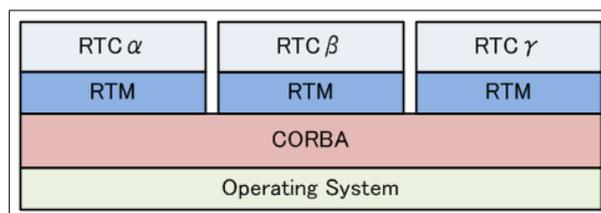


図 1 OpenRTM-aist のイメージ

2 RT コンポーネントの通信

2.1 RT コンポーネント間で行われている通信方法

RT コンポーネントをインターネットを通じてサービスとして公開する方式を検討する前に, RT コンポーネント間の通信がどのように行われているのかを説明する. OpenRTM-aist は CORBA を通信基盤として使用しており, 各 RT コンポーネントは CORBA 経由にて通信を行っている (図 1). RT コンポーネント間の通信は, 2 つのデータ通信方法がある.

1. データポート
2. サービスポート

Received on 2013-10-10.

1) エボルブアイティワークス株式会社
EvolveITWorks Corporation.

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

*1 <http://openrtm.org/openrtm/ja/content/rt> ミドルウェアとは? -0

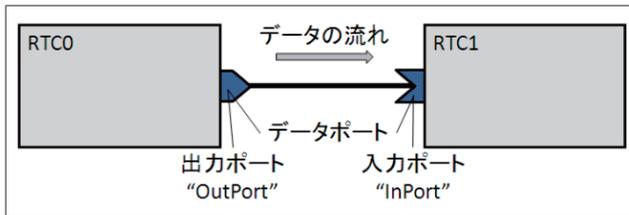


図2 データポート データポート-基礎編から抜粋

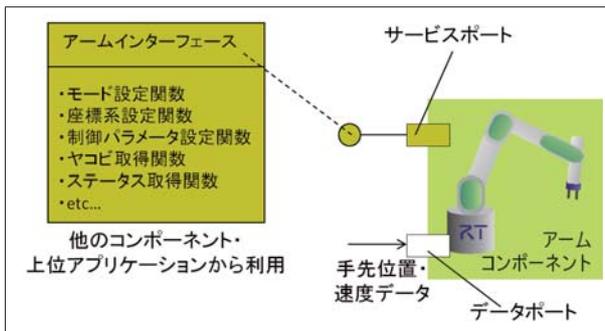


図3 サービスポート サービスポート-基礎編から抜粋

2.2 データポート

データポートとは、連続的なデータを RT コンポーネント間でやりとりするためのポートである (図2)*2。データを他の RT コンポーネントへ送信するためのデータポートを出力ポート (OutPort), 他の RT コンポーネントからデータを受信するためのデータポートを入力ポート (InPort) と呼ぶ。OpenRTM-aist では、データポートに持ち要る CORBA のインターフェースは RT ミドルウェアが内包しており、開発者が独自に iDL (Interface Description Language 以下 iDL) を定義する必要はない。

2.3 サービスポート

サービスポートとは、コマンドレベルのコンポーネント間のやりとりを行うための仕組みを提供するポートである (図3)*3。サービスポートのインターフェースは RT コンポーネントの開発者が iDL にて定義し、それを CORBA のインターフェースとして使用しているため、OpenRTM-aist の実装上サービスポートは CORBA のインターフェースと同等である。

3 先行研究

3.1 先行研究の調査

RT コンポーネントを、インターネットを通じて公開や接続する方式の先行研究として、

1. RawTCP/IP を用いる方法 [4]

*2 <http://www.openrtm.org/openrtm/ja/content/データポート-基礎編>

*3 <http://www.openrtm.org/openrtm/ja/content/サービスポート-基礎編>

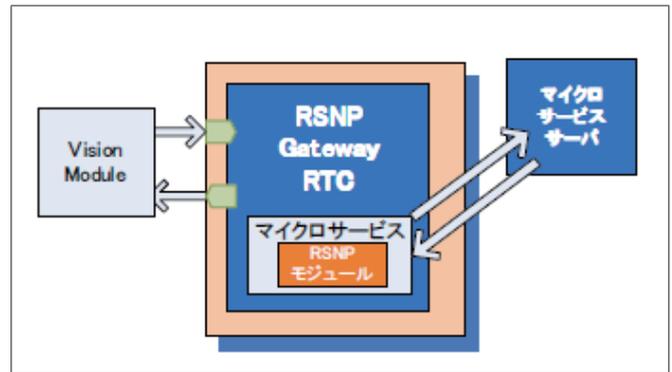


図4 RSNP Gateway RT コンポーネント 概要

2. RSNPGateway[5]

がある。

3.2 RawTCP/IP を用いる方法

RawTCP/IP を用いる方法では、Inport, Outport の通信に CORBA を用いず TCP/IP を使用しているため、その検討内容を応用すればインターネットを通じて RT コンポーネントの公開は可能であるが、サービスポートに対する検討が行われていない。

3.3 RSNPGateway

RSNPGateway 方式では (図4 参照), 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 MicroService プロファイル上 [6] にの独自プロトコルの実装を行っており、他の RT コンポーネントにその実装の適用が出来ないため、接続したい RT コンポーネントが多岐にわたる場合にその RT コンポーネントに対して MicroService プロトコル上に新たな独自プロトコルを随時作成する必要がある。

4 通信方式の方針検討

4.1 方針検討

既存の RT コンポーネントのインターネット公開を実現するために、

1. OpenRTM-aist の通信基盤とする CORBA を RSNP で接続する RSNP over CORBA 方式 (図5)
2. RTM 自体の通信方法, RTM が CORBA の代わりに RSNP を通信基盤として使用する RTM+RSNP 方式 (図6)
3. RTC を 2 分割する RTC ブリッジ方式 (図7)

の通信方式を検討した。

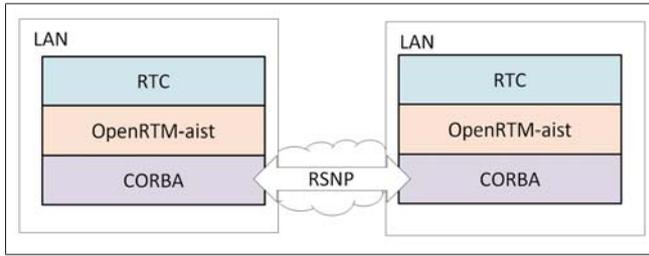


図5 RSNP over CORBA 方式

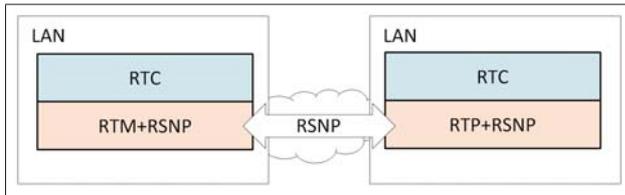


図6 RTM + RSNP 方式

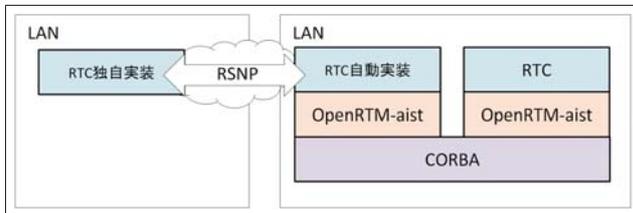


図7 RTCブリッジ方式

4.2 検討した通信方式

4.2.1 RSNP over CORBA 方式

RSNP over CORBA 方式とは、RT コンポーネント間の CORBA 通信を RSNP にて Proxy を行う方式である (図 5)。この方式だと、公開対象の既存 RT コンポーネントに修正は必要ではないが、OpenRTM-aist で行われる CORBA の通信方式が変更になった場合に追従が容易ではない。

4.2.2 RTM+RSNP 方式

RTM+RSNP 方式とは、RT コンポーネント間で行われている CORBA 通信を RSNP にて代替する方式である (図 6)。この方式の場合、RT コンポーネントで実装されているサービスポートの実装が CORBA に大きく依存しているため、公開対象の既存 RT コンポーネントをこの方式に対応させるには RT コンポーネント自体に修正が必要になることになる。

4.2.3 RTCブリッジ方式

この方式では、RT コンポーネントを独自実装部分と自動実装箇所に分けて、その間を通信でブリッジする RT コンポーネントを 2 分割する RTCブリッジ方式である (図 7)。この方式では、RT コンポーネントの独自実装部分の実装に際して開発者の負担が考えられるが、公開対象の既存 RT コンポーネントの修正は必要ではない。

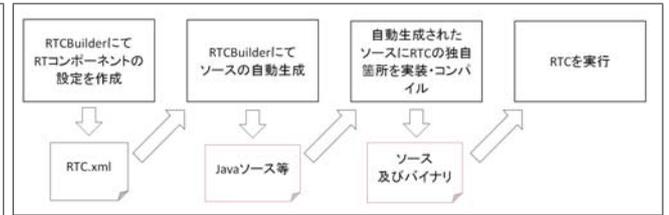


図8 現状の RT コンポーネントの試作

4.2.4 方式検討結果

検討した通信方式として、RSNP over CORBA 方式 (図 5)、RTM+RSNP 方式 (図 6)、RTCブリッジ方式 (図 7) を示した。前述の通り RSNP over CORBA 方式は、OpenRTM-aist で行われる CORBA の通信方式が変更になった場合に追従が容易ではなく、RTM+RSNP 方式は既存の RT コンポーネントをこの方式に対応させるには RT コンポーネントに修正が必要になることになるため、一番影響範囲が小さい RTCブリッジ方式の実装の検討を進めることにした。

5 通信方式の実装検討

5.1 現状の RT コンポーネントの試作

通信方式の実装の検討を行うにあたり、現状の RT コンポーネントを試作した。現状の RT コンポーネント作成 (図 8) は、RTCBuilder の GUI を使用し、各種設定 (サービスポートが必要であればそのインターフェースの iDL も必要) を行い、設定ファイル (RTC.xml 等) を作成し、その設定ファイル (RTC.xml) を基にソースの自動生成を行い、自動生成されたソースにその RT コンポーネント独自の実装を行い、RT コンポーネントが作成されることが分かった。

5.2 現状の RT コンポーネントの作成方法を RSNP 上で実現する方法

5.2.1 実現方式検討の流れ

RT コンポーネント開発者の負担を抑えるため、現状の RT コンポーネント作成方法を RSNP を用いて実現するには、

1. 自動生成された RT コンポーネントに対する独自実装の付与を行う。
2. ソース自動生成及びコンパイルを RSNP にて自動的にを行い、RT コンポーネントの起動を行う。
3. RT コンポーネント間で行われた通信結果を、独自実装箇所 RSNPブリッジにて通知を行う。
4. 独自実装箇所から RT コンポーネントの終了処理を行う。

を実現する必要がある。上記の方式を纏めると、図 9 の通りになる。検討に際して、株式会社富士通研究所が実装を行った RSNP2.3 対応のライブラリ FJLIB を使用することを前提とした。

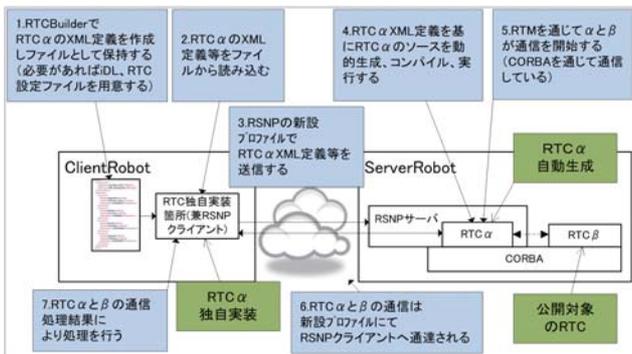


図 9 実現方式の詳細

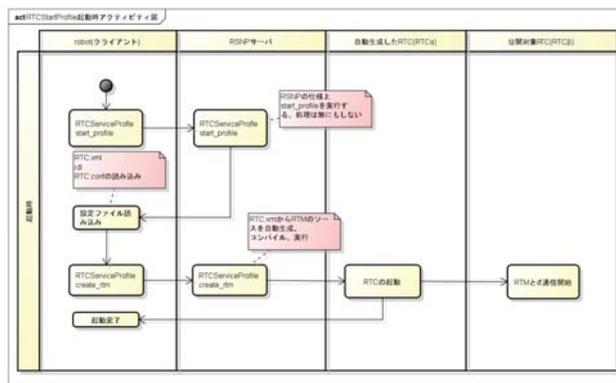


図 12 RTCStartProfile 起動時アクティビティ図

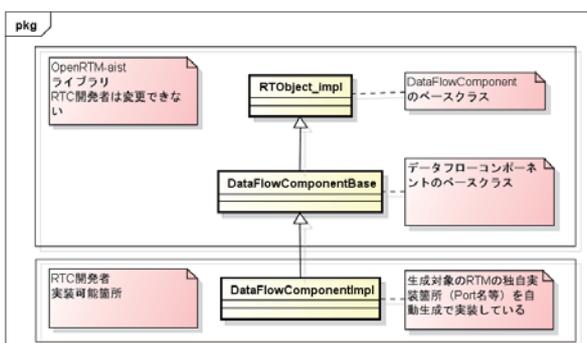


図 10 RTC 通常のクラス図

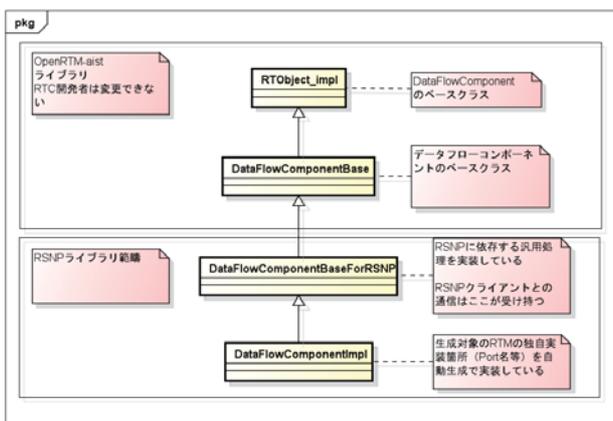


図 11 RTCブリッジ方式 クラス図

5.2.2 自動生成された RTC に対する独自実装の付与を行う方式の検討

自動生成された RT コンポーネントに対して、その RT コンポーネント独自の実装を行う必要があるが、既存では自動生成されたソースに対して直接ソースを修正し実装を行っている (図 10)。これを直接ソース修正するの必要が無いように RT ミドルウェアに依存しないようにすることにより、自動生成・自動コンパイルが可能になるようにする (図 11)。

5.2.3 ソース自動生成及びコンパイルを RSNP にて自動的に行う方式の検討

RTCBuilder を使用してソースを自動生成する場合、ソースの自動生成に必要なファイル 2 つ、RTCBuilder で生成される RTC.xml, iDL ファイル (シリアルポートを使用する場合のみ) である。このファイル群さえあれば RT コンポーネントのひな形となるソースの自動生成は可能であるため、既存の RTCBuilder の仕組みとその設定ファイル群を利用することが RT コンポーネント開発者の負担軽減につながる。このファイルを公開対象 RT コンポーネントに接続したい RT コンポーネント (以後 RTC α と呼ぶ。) を起動時に、新設した RSNP の新プロファイル RTC.Start_profile の start_profile と create_rtm (表 1) を使用しコンパイルを行いバイナリを出力する。既存の RT コンポーネントはシェルなどから起動を行うが、RSNP サーバにてコンパイルを行った RT コンポーネントのバイナリを自動で起動する。実行に際しては JavaVM (JavaVirtualMachine) を新たに起動し、その JavaVM 上で実行するようにし、RT コンポーネント起動による影響を最小限にする。その際の Activity を図 12 に、RT コンポーネント独自実装箇所の実装例を図 13 に示す。

5.2.4 RTC 間で行われた通信結果を、独自実装箇所にて RSNP ブリッジにて通知を行う。

RT コンポーネント間で行われる通信の処理は、従来の RT コンポーネントでは図 10 で示す DataFlowComponentImpl で行われるが、RTC ブリッジ方式ではその通信結果を RTC 独自実装に RSNP を通じて処理を行う。今回実装を行ったのは、データポートの入力ポート (InPort), 出力ポート (OutPort) である。入力ポート (InPort) は従来の RT コンポーネントの場合 DataFlowComponentImpl に実装を行う DataListener に通知がされるが (図 16)、この通知を、新設する RTCStartProfile の dataProt プロファイルを使用し (図 17)、RT コンポーネント独自実装にデータの内容の転送を行う (図 14, 表 2)。出力ポート (OutPort) の場合、従

```

public static void main(String[] args) throws IOException {
    ConnectionInfo connectionInfo = new ConnectionInfo();
    String epn = "http://localhost:8080/ServiceSample/services";
    connectionInfo.set_endpointname(epn);
    InvokerProfileFactory factory = null;
    try {
        // ファクトリの取得
        factory = InvokerProfileFactory.newInstance(connectionInfo);
        // 接続
        factory.connect();
        // ここでRSNP通信処理をする
    }

    IBasic_profile bp = factory.getBasic_profile();
    Ret_value ret = bp.open("levin", "ae88");
    BasicProfileHelper helper = new BasicProfileHelper(ret);

    if (helper.getResult() == RESULT.SUCCESS.getResult()) {
        long conv_id = helper.getConv_id();
        System.out.println("認証成功 conv_id:" + conv_id);
        bp.close(conv_id);
        IRtc_service_profile profile = factory.getRtc_service_profile();
        profile.start_profile(conv_id);

        String path = "D:\\workspace_rtc\\GenerateForRSNP\\RTC.xml";
        InputStream is = new FileInputStream(path);
        int b = 0;
        ByteArrayOutputStream bos = new ByteArrayOutputStream();
        while (b = is.read() != -1) {
            bos.write(b);
        }
        bos.flush();
        is.close();

        AttachedFile file = new AttachedFile();
        file.set_byte_array(bos.toByteArray());
        file.set_mime_type("text/plain");
        AttachedFiles files = new AttachedFiles();
        files.add_attached_file(file);

        profile.create_rtm(conv_id, "RobotMainテスト", files);

        // Socketに接続があるまで停止
        ServerSocket serversock = new ServerSocket(8000);
        System.out.println("localhost の8000番ポートに接続すると終了します。");
        serversock.accept();

        //接続があると終了する
        profile.end_profile(conv_id);
        System.out.println("localhost の8000番ポートに接続終了。");
    } else {
        System.out.println("認証失敗 " + helper.getDetail());
    }
}

```

図 13 RTC 独自実装箇所での RSNP 実装例

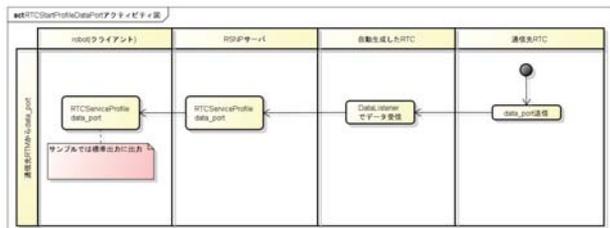


図 14 RTCStartProfile dataPort アクティビティ図

来の RT コンポーネントの場合 DataFlowConpoentImpl に実装を行う onExecute メソッドに、データ出力の実装を行うが (図 18), この処理を RT コンポーネント独自実装に行い, RTCServiceProfie の on.execute プロファイルにてデータ通信の処理を行えるようにする (図 15, 表 2, 図 19).

5.2.5 独自実装箇所から RT コンポーネントの終了処理を行う

RT コンポーネントを終了させたい場合は, RT コンポーネントの独自実装から endProfile (表 1, 図 20, 図 13) を呼び出し, RT コンポーネント自動実装に終了処理を通知する. RT コンポーネント自動実装箇所は, RT コンポーネント本来の終了処理を呼び出し終了処理を行う. その際に, 起

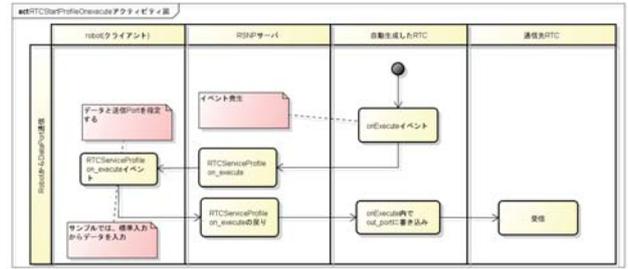


図 15 RTCStartProfile onExecute アクティビティ図

```

class DataListener extends ConnectorDataListener<TimedLong> {
    public DataListener(final String name) {
        super(TimedLong.class);
        m_name = name;
    }

    public void operator(final ConnectorBase.ConnectorInfo arg,
        final TimedLong data) {
        ConnectorBase.ConnectorInfo info = (ConnectorBase.ConnectorInfo)arg;
        System.out.println("-----");
        System.out.println("Listener: " + m_name);
        System.out.println("Profile:name: " + info.name);
        System.out.println("Profile:id: " + info.id);
        System.out.println("Data: " + data.data);
        System.out.println("-----");
    }

    public String m_name;
}

```

図 16 従来の RTC 上での DataListener 実装例

```

@Override
public Ret_value dataPort(long conv_id, String metadata, AttachedFiles attached_files) {
    logger.info(String.format("dataPort metadata=%s, metadata));
    AttachedFile file = attached_files.get_attached_file(0);
    TimedLong timedlong = DataPortUtil.getPortData(file);
    logger.info(String.format("dataPort timedlong=%d", timedlong.data));
    Ret_value ret = new Ret_value();
    DataPushProfileHelper helper = new DataPushProfileHelper(ret);
    // 依頼結果の返却
    helper.setResult(RESULT.SUCCESS.getResult());
    // 正常終了時は詳細コードの値が不定
    helper.setDetail(CodeManager.DC_INDEFINITE);
    // 注意の文字列を設定
    helper.setDetail("依頼結果=正常終了");
    return ret;
}

```

図 17 RTC 独自実装箇所での dataPort 実装例

```

@Override
protected ReturnCode_t onExecute(int ec_id) {
    if (m_inIn.isNew()) {
        m_inIn.read();
        System.out.println("Received: " + m_inIn.v.data + " ");
        System.out.println("TimeStamp: " + m_inIn.v.tm.sec + "[s] ");
        System.out.println(m_inIn.v.tm.nsec + "[ns] ");
    }
    try {
        Thread.sleep(1);
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return super.onExecute(ec_id);
}

```

図 18 従来の RTC 上での onExecute 実装例

動時に立ち上げた javaVM を終了させる.

6 通信方式の検証

通信方式を検証するために (図 6) で示す実装を行った. この検証ではインターネットに公開したい RTC β を Server-Robot 内で動作させ, その RTC β に ClientRobot の内の RSNP から接続を行い, Inport, OutPort インターフェースの通信が可能かを確認する.

1. ClientRobot 内の RSNP クライアントから RTC β に

```

@Override
public Ret_value onExecute(long conv_id, String metadatas, AttachedFiles attached_files) {
    Ret_value ret = new Ret_value();
    OutPortParam opp = new OutPortParam();
    if (type == TYPE_IN_PORT) {
        logger.info(String.format("onExecute start metadatas=%s", metadatas));
        System.out.println("Please input number: ");
        BufferedReader buff = new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
        int data = 0;
        try {
            data = Integer.parseInt(buff.readLine());
        } catch (NumberFormatException e) {
            System.out.println("Input number Error!");
        } catch (IOException e) {
            System.out.println("Input number Error!");
        }
        System.out.println("Sending to subscriber: " + data);
        //データを戻す
        TimedLong timedLog = new TimedLong();
        timedLog.tm = new Time();
        timedLog.data = data;
        opp.setOrder("WRITE");
        opp.setName("outDataPort");
        opp.setData(timedLog);
        logger.info(String.format("onExecute end metadatas=%s", metadatas));
    } else if (type == TYPE_OUT_PORT) {
        opp.setOrder("UNKNOWN");
        opp.setName("UNKNOWN");
    } else {
        opp.setOrder("UNKNOWN");
        opp.setName("UNKNOWN");
    }
    DataPushProfileHelper helper = new DataPushProfileHelper(ret);
    // 依頼結果の印刷
    helper.setResult(RESULT_SUCCESS.getResult());
    // 正常終了時は詳細コードの値が不定
    helper.setDetailCode(DetailCodeManager.DC_INDEFINITE);
    // 任意の文字列を設定
    helper.setDetail("依頼結果=正常終了");
    AttachedFile file = DataPortUtil.getAttachedFile(opp);
    helper.setAttachedFile(file);
    return ret;
}
    
```

図 19 RTC 独自実装箇所での onExecute 実装例

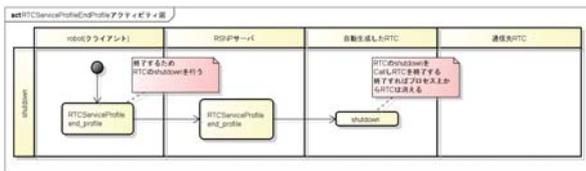


図 20 RTCServiceProfile endProfile アクティビティ図

接続するための RTC α の XML 定義 (RTC.xml) を RSNP を通じて ServerRobot 内の RSNP サーバに送信する。

- XML 定義 (RTC.xml) を受け取った RSNP サーバはその定義を元に RTC α を自動生成・実行し、RTC β と接続が出来るようにする。
- RTC α と RTC β との接続が完了すると、RTC β との通信が RSNP を通じ ClientRobot と送受信できるようになる。

この検証実装にて RTC β の Inport, Outport インターフェースが外部の RTC α から使用できることを確認した。

7 実用化への取り組み

既存 RT コンポーネントへの適用を行い、RT コンポーネントを外部から使用できるようにサービス化する取り組みとして、MRPT を用いた環境地図作成用 RT コンポーネント [7] を用い、環境地図を作成する Service の検討 (図 21) を行っている。

このサービスを、インターネットを通じた外部から使用する際にはクライアントのロボットとして Odometry や深度情報を取得する機器が必要となるが、購入・価格が容易な

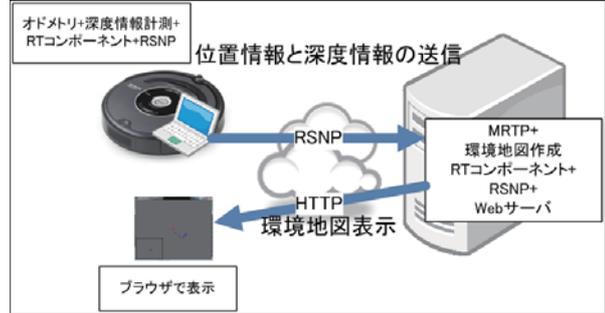


図 21 Service 実用化検討



図 22 Kinect と Roomba

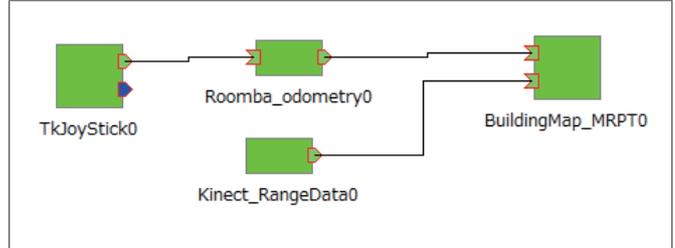


図 23 Roomba と Kinect の RT コンポーネント化

iRobot 社の Roomba[8] と、Microsoft 社の kinect[9] を用いて行うこと (図 22) を前提とし研究を行っており、

まずは Roomba と Kinect の RT コンポーネント化及び、環境地図 RT コンポーネントとの接続・環境地図の作成を行っている (図 23)。

8 おわりに

本論文では NEDO 知能化プロジェクトの既存 RT コンポーネントを、RSNP を用いてインターネット上に公開する技術の検討と、その技術を既存のコンポーネントに適用する通信法式の検証と、適用事例のサービスを提示した。これからは既存コンポーネントとの適用を進め、サービスとして公開する取り組みと、他の既存コンポーネントにも適用を行えるようにするため、OpenRTM-aist のサービスポート対応を行い、適用範囲を増やしていきたい。

参考文献

- [1] NEDO 知能化プロジェクト RT コンポーネント集. <http://www.openrtm.org/openrtm/ja/node/4599>.
- [2] 成田, 村川, 植木, 岡林ほか. インターネットを活用したロボットサービスの実現と開発を支援する RSi (Robot Service Initiative) の取り組み. 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 7, pp. 829–840, 2010.
- [3] 成田, 島村, 日浦, 山口. ロボットサービスイニシアチブの活動を通して実現したロボットサービスの実証と仕様策定. 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No. 7, pp. 67–75, 2008.
- [4] 安芳次 久保田貴也 大川猛 平野聡安藤慶昭. 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), pp. 3B2–1, 2006.1.
- [5] 岡部泉, 奥平直仁, 内藤裕幸, 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開発～ステレオビジョンモジュールをインターネットに展開するゲートウェイ RTC の開発と AR 技術を組み合わせたサービスの考案～. 計測自動制御学会 SI 部門講演会 (SI2011), pp. 1K4–1, 2011(12). <http://www.openrtm.org/openrtm/node/4580>.
- [6] Yuka Kato Masahiko Narita and Chuzo Akiguchi. En-hanced RSNP for applying to the Network Service Plat-form,. *4th International Conference on Human System Interaction (HSI2011), Yokohama, Japan,, 2011(5)*.
- [7] 吉本公則, 西諒一郎, 上田悦子. MRPT をいた環境地図作成 RT コンポーネント. , 計測自動制御学会 SI 部門講演会 (SI2011), pp. 1G3–2, 2011(12). <http://www.openrtm.org/openrtm/ja/node/5188>.
- [8] iRobot, アイロボット, Roomba, ルンバ, は iRobot 社の登録商標または商標です. <http://www.irobot-jp.com/>.
- [9] iRobotKinect は, 米国 Microsoft Corporation および / またはその関連会社の登録商標または商標です.

表1 新設する RTC_Service_Profile の詳細 Invoker

Profile	クライアント側実装内容	サーバ側実装内容
public Ret_value start_profile(long conv_id) throws RSiException;	サーバ側の start_profile をキックする	cov_id の発行のみを行う
public Ret_value create_rtm(long conv_id,String metadatas,AttachedFiles afs);	添付ファイルに「RTC.xml」「iDL」「RTC 起動時設定ファイル」を指定し実行する。実行されるとサーバに添付ファイルを送信する	クライアントから送られてきた添付ファイルを元に 1.RT コンポーネントのソースを生成 2. 生成したソースのコンパイル 3. コンパイルした RT コンポーネントを起動し、正常値を返却する
public Ret_value end_profile(long conv_id) throws RSiException;	サーバ側の end_profile をキックする	起動してある RT コンポーネントのシャットダウンし、正常値を返却する
public Ret_value get_permission(long conv_id,String account,String password) throws RSiException;	使用していない	使用していない

表2 新設する RTC_Service_Profile の詳細 Acceptor

Profile	クライアント側実装内容	サーバ側実装内容
public Ret_value dataPort(long conv_id, String metadatas,AttachedFiles attached_files);	Acceptor 経由で添付ファイルが渡される	サーバ側の dataPort プロファイルは RTC 上の DataPort の Listner から呼び出される。呼び出された際に受信したデータ内容をプロファイル経由でクライアントに送信する。AttachedFiles の詳細は、ファイル名=受信データポー名、バイナリ=受信データのシリアルズデータ、になる。
public Ret_value dataPort(long conv_id, String metadatas,AttachedFiles attached_files, IResultResponseTool tools);	上記の非同期用	上記の非同期用
public Ret_value onExecute(long conv_id, String metadatas,AttachedFiles attached_files);	RTC 上で onExecute が発生した場合、Acceptor 経由で呼び出される	RTC 上の onExecute イベントが呼び出された場合に実行され、透過的にクライアントに通知される

A highly versatile hierarchical interconnection network visualisation software illustrating Scheme flexibility

Antoine Bossard ¹⁾

Abstract

Recent supercomputers like the Fujitsu K are made of hundreds of thousands of computing nodes. As a result, node interconnection is getting more and more challenging. Effectively, data transmission could easily become a bottleneck and harm global performance. To address this connection issue, advanced, complex network topologies have been proposed in the literature as interconnection networks of massively parallel systems. In this paper, we propose a highly versatile and interactive visualisation system for such topologies aiming at facilitating the understanding of these complex networks.

Keywords: HIN, educational system, interactive, versatile, Racket, functional programming

1 Introduction

Modern supercomputers are made of hundreds of thousands of computing nodes (processors); the million-node barrier has even been crossed recently with the IBM Sequoia [1]. Because of the huge number of nodes involved, node connection is a critical issue to retain high performance. Effectively, a non-optimised network could easily lead to data communications creating a bottleneck situation, and thus harm the system global performance.

Therefore, interconnection networks are an actively research topic, and several advanced network topologies have been proposed in the literature. While simple topologies like hypercubes [2] sufficed in the early days of supercomputing, they are not suitable any more for physical reasons like the number of links per node (i.e. network degree). Advanced topologies thus aim at connecting a huge number of nodes while retaining the degree and diameter of the network as low as possible. For example, where a hypercube requires an impractically high degree of 20 to connect $2^{20} \approx 1$ million nodes, a hierarchical hypercube (HHC) [3, 4, 5] of degree 5 suffices to connect that same number of nodes. Notably, hierarchical interconnection networks (HINs), like HHCs, are very popular thanks to their ability to retain a low degree and a small network di-

ameter.

While these advanced network topologies have many critical advantages compared to more simple ones like the hypercube, they are obviously more difficult to apprehend. Indeed, their definitions are sometimes very complex (some may say overly complex), and it is very difficult, even for the trained eye, to gain understanding of the structures of such networks. As an example, we can also cite hierarchical cubic networks [6, 7], metacubes [8, 9] and star graphs [10]. By noticing this fact, it appeared to us that a system allowing for the visualisation of, and interaction with, such networks would be of great help for students and researchers. Thus, in this paper, we describe a highly versatile and interactive visualisation system of any kind of networks. Importantly, this system is well suited to work with hierarchical interconnection networks, enabling the separate visualisation of the different layers present in the network.

We give in Section 2 a general overview of the proposed system, giving some details regarding software design as well as user interface and interactions. Then, we present in Section 3 how we achieved a high degree of versatility: we designed a system of *rules* to describe a network topology. Finally, this paper is concluded in Section 4.

2 System overview

In this section, we give details regarding the software design of this system, as well as information re-

Received on 2013-10-10.

¹⁾ Advanced Institute of Industrial Technology, Tokyo, Japan

garding the user interface and interactive content.

2.1 Software engineering aspects

We have built our system using the DrScheme (now DrRacket) integrated development environment [11] providing an implementation of the R5RS Scheme functional programming language [12]. As a result, our system is featuring the robustness and simplicity of Scheme, and, importantly, is portable to a variety of platforms.

DrRacket provides us with many useful libraries, including a GUI library (`racket/gui`) that we used to build the user interface of this system. Furthermore, this GUI framework is based on the delegate event model allowing for a simple and straightforward usage of interface controls. Additionally, in order to easily manipulate network graphical representations (graphs), we are using the `mrlib/graph` library. Concretely this library provides useful functions to insert nodes, and links between nodes, into a drawing canvas.

Since this system is enabling users to define their own topologies as detailed in Section 3, we are also providing additional graph-related functions that can be used in addition to library functions already loaded. For instance, we have defined a function `util-H` calculating the Hamming distance between two integers, as well as a function `util-bar` computing the complement of a binary sequence.

Lastly, several networks are preset into the system to act as feature demonstration as well as examples. Concretely, we have predefined symbols corresponding to several topologies; these symbols are used to initialise the system (GUI controls) at launch time.

2.2 About the user interface

The graphical interface of the system can be divided into two main parts: on the left, the interactive visualisation pane that displays the generated network, and on the right, the input area where the user can either select a predefined network topology, or, define one from scratch as detailed in Section 3. An overview of the interface can be seen in Fig. 1.

Regarding the input area, it consists of five distinct elements:

- Network topology selection (combo-box)
- Generating rule and its parameters (see Section 3.1)

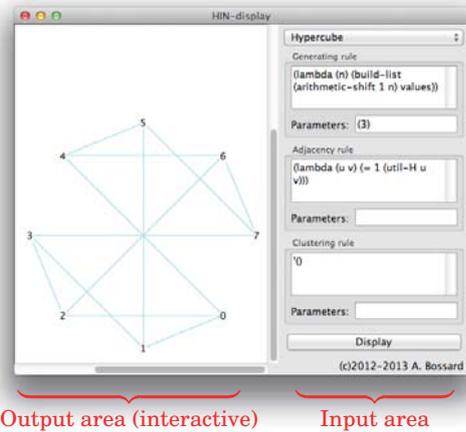


Fig. 1 User interface: on the left the interactive visualisation pane, and on the right the input area (preset or manual input both possible).

- Adjacency rule and its parameters (see Section 3.2)
- Clustering rule and its parameters (see Section 3.3)
- A “Display” button

Selecting a predefined network topology will automatically fill-in the other fields (rules and parameters), so that the user only needs to press the Display button to generate the network. Additionally, parameters can be modified before display.

As for the output area (on the left), it consists of a single canvas with the particularity of enabling user interaction: network nodes can be freely moved with a drag-and-drop operation. Links between nodes will be automatically updated to reflect the node position change. This is useful when the user wishes to reorganise nodes or change the point-of-view on the network, aiming at, for example, designing a new clustering rule. Additionally, nodes are grouped into clusters as defined by the clustering rule; a cluster is materialised by a same colour for its nodes.

3 Maximising system versatility: a set of rules

In order to define one network topology, our system is making use of a set of three rules: a generating rule, an adjacency rule and a clustering rule. These rules are discussed in details in Sections 3.1, 3.2 and 3.3, respectively. Without going into details, a rule is defined as an anonymous function of variable arity, usually de-

pending on the network parameters, like the network dimension. This way, by defining each network topology using such a set of rules, we are able to achieve great genericity and versatility: users can create their own rules to use the system with any topology.

In practice, rules are written in Scheme so as to benefit from the flexibility of this language. Effectively, Scheme is able to interpret itself (i.e. Scheme code) very easily at runtime by using the powerful combination of `read` and `eval` procedures, which respectively “parses its input as data” and “evaluates a Scheme program expressed as data” [12]. Such rules, once evaluated, are injected into the system execution environment and directly accessible from within the source code as any other object. Rules thus become the main parameters of the network display function.

Now, in order to facilitate the understanding of these rules, let us consider one network topology example that will support the explanation of each rule: star graphs [10]. A star graph of dimension n is a permutation-based network: its nodes are the $n!$ permutations of the symbols $0, 1, 2, \dots, n - 1$; two nodes u and v are adjacent if and only if there exists in v (i.e. in the permutation corresponding to v) a symbol that when swapped with the first symbol gives u (i.e. the permutation corresponding to u). Additionally, two nodes having their last symbols in common are inside the same cluster. One of the purpose of the system is to help the user understand such a topology definition.

3.1 The generating rule

The first rule, called the generating rule, is used to generate all the nodes of the network. So, the parameters of this rule are usually the same as those of the network itself. Concretely, the generating rule is a function that returns a list of nodes. The rule is initialised by using the parameters given in the neighbouring text-field: parameters are provided as a list of values.

For example, let us look at the generating rule for a star graph of dimension n :

```
(lambda (n)
  (util-p (build-list n values)))
```

This anonymous function takes one parameter, n , the dimension of the star graph. It first computes a list of n values (`build-list` function), and returns all the permutations of this list (`util-p` function).

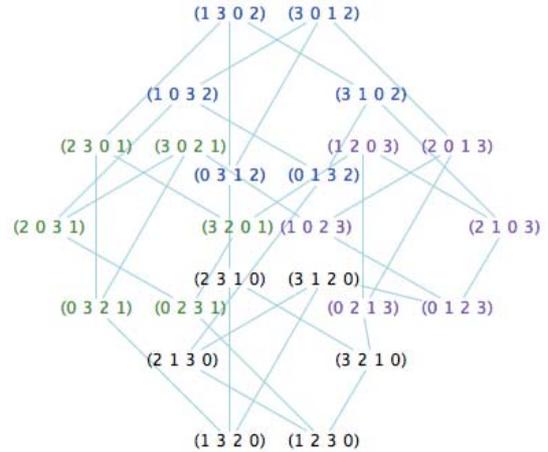


Fig. 2 A 4-star graph as pictured by the system: clusters are emphasised with colours.

Now, if we want to generate a star graph of dimension 4, the “Parameters” text-field is set to (4) , that is a list of one parameter: 4. In this case, `(build-list 4 values)` returns the list $(0\ 1\ 2\ 3)$, and `(util-p '(0\ 1\ 2\ 3))` returns the list of all the permutations of the four symbols 0, 1, 2 and 3, that is the list of all the nodes of a 4-star graph.

This generating rule is illustrated in Fig. 2; another generating rule producing a different type of node is given in Fig. 3.

3.2 The adjacency rule

The second rule, called the adjacency rule, is used to check whether two nodes are adjacent or not. Concretely, the adjacency rule is a binary predicate, that is a function returning true or false, to indicate whether the two nodes given as parameters are connected or not in the network. One should note that such a predicate may depend on the other parameters of the network, such as its dimension. In this case, the adjacency rule is a function, taking as parameter, say, the dimension of the network, and returning a binary predicate (which is using the network dimension as variable). Thus, again, the rule is initialised with the parameters provided as a list of values. If this list is empty, then the adjacency rule is simply a binary predicate.

For example, let us look at the adjacency rule for a star graph of dimension n :

```
(lambda (u v)
  (let* ([r (map (lambda (ui vi) (if (=
    ui vi) #f (cons ui vi))) (cdr u) (cdr
    v))] [r2 (filter values r)])
    (and (not (null? r2))
          (null? (cdr r2))
          (= (car u) (cdr (car r2))))))
```

This anonymous predicate takes as parameters two nodes u and v of a star graph. It returns true if and only if u and v satisfy the adjacency conditions of a star graph mentioned previously. One should note that this rule is not depending on the dimension of the star graph, and thus the “Parameters” text-field for the adjacency rule is left empty. Again, this rule is illustrated in Fig. 2.

3.3 The clustering rule

Lastly, the clustering rule impacts the way nodes are displayed (arranged) in the output area. Effectively, since this system has been optimised for hierarchical interconnection networks, the clustering rule enables the grouping of nodes of a same cluster. Additionally, clusters are materialised by the usage of a distinct colour to draw nodes of a same cluster.

Similarly to the adjacency rule, the clustering rule is a binary predicate indicating whether two nodes are inside the same cluster or not. In the case of a star graph of dimension n , the clustering rule is simply expressed as:

```
(lambda (u v)
  (= (last u) (last v)))
```

This predicate takes as parameters two nodes u and v of a star graph. It returns true if the last symbol of u is equal to the last symbol of v , which is the unique condition for two nodes to be in the same cluster as mentioned earlier. Again, this rule is not depending on the dimension of the star graph, and thus the “Parameters” text-field for the adjacency rule is left empty. This clustering rule is illustrated in Fig. 2; for comparison, the result of another clustering rule is given in Fig. 3.

4 Conclusions

Due to the huge number of processors involved, hierarchical interconnection networks are becoming more and more popular in modern parallel and distributed systems. At the same time, the topologies used as interconnection networks are getting more and more

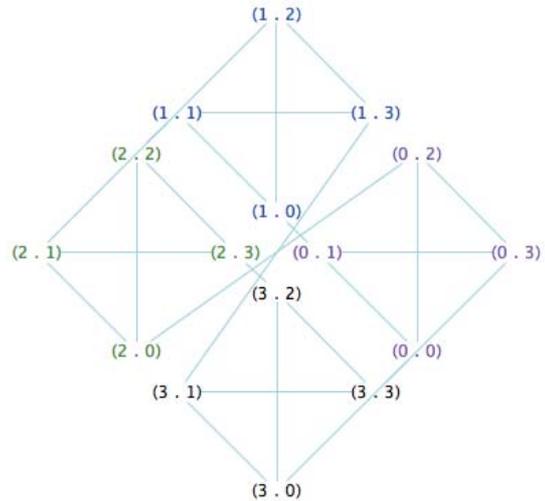


Fig. 3 A hierarchical cubic network of dimension 2 as pictured by the system.

complex and difficult to understand. We have described in this paper an interactive educational system aimed at facilitating the understanding and learning of hierarchical interconnection networks. The proposed system is portable and highly versatile: users can input themselves new topologies to be visualised.

Future work includes conducting an empirical evaluation of this system by surveying users regarding the ease-of-use and relevance of the system.

Acknowledgements

The author wishes to thank the reviewers for their comments.

References

- [1] TOP500. Lawrence livermore’s sequoia super-computer towers above the rest in latest TOP500 list. <http://top500.org/blog/lists/2012/06/press-release/>, 2012. (visited on 2013-10-22).
- [2] C. L. Seitz. The cosmic cube. *Communications of the ACM*, Vol. 28, No. 1, pp. 22–33, 1985.
- [3] Q. M. Malluhi and M. A. Bayoumi. The hierarchical hypercube: a new interconnection topology for massively parallel systems. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 5, No. 1, pp. 17–30, 1994.
- [4] A. Bossard, K. Kaneko, and S. Peng. A new node-to-set disjoint-path algorithm in perfect hierarchical hypercubes. *The Computer Journal*,

- Vol. 54, No. 8, pp. 1372–1381, 2011.
- [5] A. Bossard and K. Kaneko. The set-to-set disjoint-path problem in perfect hierarchical hypercubes. *The Computer Journal*, Vol. 55, No. 6, pp. 769–775, 2012.
 - [6] K. Ghose and K. R. Desai. Hierarchical cubic network. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 427–435, 1995.
 - [7] A. Bossard and K. Kaneko. Node-to-set disjoint-path routing in hierarchical cubic networks. *The Computer Journal*, Vol. 55, No. 12, pp. 1440–1446, 2012.
 - [8] Y. Li, S. Peng, and W. Chu. Metacube - a versatile family of interconnection networks for extremely large-scale supercomputers. *The Journal of Supercomputing*, Vol. 53, No. 2, pp. 329–351, 2010.
 - [9] A. Bossard, K. Kaneko, and S. Peng. Node-to-set disjoint paths routing in metacube. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems*, pp. 289–296, Marina del Rey, CA, USA, 2010.
 - [10] L. Gargano, U. Vaccaro, and A. Vozella. Fault-tolerant routing in the star and pancake interconnection networks. *Information Processing Letters*, Vol. 45, No. 6, pp. 315–320, 1993.
 - [11] R. B. Findler, J. Clements, C. Flanagan, M. Flatt, S. Krishnamurthi, P. Steckler, and M. Felleisen. DrScheme: A programming environment for scheme. *Journal of Functional Programming*, Vol. 12, No. 2, pp. 159–182, 2002.
 - [12] R. Kelsey, W. Clinger, and J. (eds.) Rees. Revised⁵ report on the algorithmic language scheme. *Higher-Order and Symbolic Computation*, Vol. 11, No. 1, 1998.

A hierarchical task allocation method for dynamic distributed computing system

Satoshi Takahashi ¹⁾ Tokuro Matsuo ²⁾

Abstract

This paper studies flexible divided and conquer method for a network based virtual distributed computing system. The network based virtual distributed computing is one of important technologies of green computing, which is a newly research area of computer science. The previous researches of network based distributed computing are assumed that number of computers and its specs are constant and that given a set of tasks already. Their assumptions are not realistic. In the real situation, many computers do not connect to the Internet consistently. Therefore it is not necessarily the case that user ensures the number of computers and spec. We should consider the allocation system which includes their complication conditions. In this paper, we formulate a task allocation problem with complication condition and propose a multi-steps allocation method for speed-up and reduce total electronic power cost. Also we discuss information integration particularly computation result data.

Keywords: Distributed computing system, Task allocation problem, Hierarchical model

1 Introduction

In recent years, mathematical problems for solving real problems get complication. For example, some scheduling problem[3, 4] and resource allocation problems[1]. Their problems are discussed by applied mathematics as instances of combinatorial programming[5]. However, since it is difficult to compute on time the problem by using a single computer, there is a few researches which are became commonplace. There is the case in which these large-scale problems are solved by using a distributed computing system[11, 12].

A distributed computing system has many active processors. In realistic problem, to create the distributed computing system is very expensive, and nobody creates easily. This problem gets fixed since the Internet blooming. That is to create the system on the network which uses the end-users' computers instead of to create static environment. However there are some problems.

The network-based system has a problem that it is difficult to make up the same environment. In gen-

erally users that connect to the Internet every time are very few. Also, the computational results of same problem are not similar at different time, since each computer's spec is not the same and its loads change for time. There is a few researches which considers these complication condition for distributed computing system, therefore, we should consider the condition for applying this system to commonplace.

We should consider how does divide and allocate the problem. For example, it is not advisable that the gathering computational result time is longer than the computation a problem. Also we should consider the structure of the problem such that the problem has a recursive structure.

In this paper, we propose a software agent based hierarchical distributed computing method which models the complication distributed computing system. The software agent is artificial software that observes network condition and situation of computers and allocates the tasks to the computers. Also we introduce an efficient allocation method for solving the task allocation problem with many constraints.

This paper has two contributions to the distributed computing system. One is that we consider a dynamic condition when each machine is not same performance. Also each machine is not a professional use

Received on 2013-10-10.

¹⁾ The University of Electro-Communications

²⁾ Advanced Institute of Industrial Technology

but only personal use computer. Hence the machine has several other tasks such as browsing the Internet and some office tasks. Our system monitors their amount of spaces to use solving a part of large scale task. We are able to establish a dynamic allocation system by employing combination of the monitoring system and agent software. The other is that we does not consider a simple matching model but hierarchical model for solving task allocation problem. We separate a large scale task into some small tasks, then we allocate these small tasks to some machines. The analogy of this method is divided and conquer algorithm introduced in [7]. The divided and conquer algorithm divides the problem into some subproblems based on tree structure such that each subproblem has same size. However our system divides the task into several size of sub tasks, it means that each sub task has different size, since the system should allocate the sub task to adaptable machine.

2 Problem setting

The problems in society are often large-scale and complication. It is difficult to solve the problem, therefore, there are many research to solve the problem efficiency[10]. For instance, resource allocation problems for product management and staff shift scheduling problems have been trying formulating many situations in mathematical programming and also researchers proposed efficient algorithm for the problem[6]. However, these formulations are simple structure and special case of social problems, because these problems are theoretically. In commonplace, the problems have complication constraints and the many constraint which does not represent as formula. The complication problem might not solve efficiency on the single computer.

There is a method in which the multiple computers compute the large-scale and complication problem distributive. The distributed computing system is the system which solves large-scale problems rapidly by using distributed computers. In realistic problem, to create the distributed computing system is very expensive, and nobody creates easily.

In the case of network based virtual distributed computing system, we should consider many constraints. This paper considers following situations.

Every computer has not the same spec. In generally, the computers' spec is not the same, and there is the computer who has a very computational resource. It is important to ensure the many computers whose spec are similar in the case of dividing the problem. For example, when operating system or CPU is different, we have to make the private task for each computer. It is not efficiency.

The computational resource is changing dynamically.

We need to know the number of computers in the network. In generally users that connect to the Internet every time are very few. Therefore, the number of computers changes by time. There is an increasing and decreasing of feasible computational resources by timing of allocation.

The load of a computer is changing by time. Since the allocatable computer is not private use, the computer processes another task, for example, mail, text edit and multimedia direction. In this case, it is potential not to terminate until the limit time. Thus we need the task allocation method which considers the load of computer.

When we allocate the tasks to the computers, we need to solve the task allocation problem. The task allocation problem is the problem which computes the minimum cost allocation, given the computers and the task. Let $T = \{t_1, \dots, t_i, \dots, t_n\}$ be a set of tasks, and $M = \{m_1, \dots, m_j, \dots, m_k\}$ be a set of the computers. we denote the cost as c_{ij} where the task t_i is allocated to computer m_j . Given the cost matrix C as follows.

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1k} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2k} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ c_{n1} & \cdots & \ddots & c_{nk} \end{pmatrix}$$

The task allocation problem is formulated by following optimized problem.

$$(P) \begin{cases} \min & \sum_{l=1}^n \sum_{s=1}^k c_{ls} x_{ls} \\ \text{subject to} & \sum_{s=1}^k x_{ls} = 1 \quad \forall l; t_l \in T \\ & x_{ls} \in \{0, 1\} \quad \forall l; t_l \in T, s; m_s \in M \end{cases}$$

The problem (P) is a simple problem which focus on only the cost. But in practical use, we add the many constraint to the problem (P) and change the objective function. For instance, when we want to not only minimize the cost, but also minimize the total computational time, given a processing time p_{ij} for all com-

puters, the objective function is changed.

$$\min (1 - \lambda) \sum_{l=1}^n \sum_{s=1}^k c_{ls} x_{ls} + \lambda \sum_{l=1}^n \sum_{s=1}^k p_{ls} x_{ls}$$

Note that $\lambda \in [0, 1]$ is a parameter which shows priority of the objective function. For example, $\lambda = 1$, then we ignore the cost and only focus on the processing time.

We can add the ensuring a computational resource constraint to the problem. Thus there is a lower bound of the computational resource for solving the problem. Let $v = (v_1 \dots v_k)$ be a vector of each computer's resource, and B be a lower bound of the computational resource for solving the problem. We add the following constraint to the problem (P).

$$\sum_{l=1}^n \sum_{s=1}^k v_s x_{ls} \geq B$$

We can represent various models by adding some constraint to the problem (P)

However, the complication problem is difficult to solve, it spends many times to compute the allocation. We describe the multi-steps task allocation method for solving these troubles.

2.1 Multi-steps task allocation method

Since it is difficult to solve the complication task allocation problem, that goes against our goal which processes the tasks rapidly in the virtual distributed computing system. Our research proposes a multi-step task allocation method which divides the task in multi-steps for scale down the problem's size. Since our proposed system is configured on the Internet, it is easy to treat the computer as hierarchically. We do not allocate the tasks at one time but allocate to multi-steps like Figure. 1. And we solve the problem each step. We can decide an allocation rapidly, since the each step's problem is smaller than (TAP). Also, our model can represent the emergent reallocation model when the computer hung-up.

We should consider a thing that the allocation must not to break the problem's construction in multi-steps task allocation method. For example when the problem have a recursive construct, the system uses the architecture for solving faster. The stratified processing reuses the lower hierarchy's information that is computational result or solution. For instance, the merge sort is well known as one of data sorting algorithms. Since the merge sort algorithm uses divided and con-

quer, we should stratify the computers as tree structure.

Next section, we describe a task allocation model and method for the virtual distributed computing system. Also we describe the system protocol.

3 Model

In this section, we describe a virtual distributed computing system by using a multi-steps task allocation method. Our virtual distributed computing system is considered the past conditions, which each computer used by distributed computing system has not the same specs, and does not connect to the Internet every time. Also computers' loads are changing dynamically.

3.1 Definition and formulation

Let T be a divisible task, \mathcal{M} be a finite set of computers and $M_\tau = \{m_1, \dots, m_k\} \subseteq \mathcal{M}$ be a set of task allocatable computers on time τ . Each computer's spec is described by

$$v_j^\tau = v_j d_j^\tau p_j^\tau$$

where $v = (v_j \mid m_j \in \mathcal{M})$ is a load vector with normal condition, d_j^τ is a load on time τ and an event probability p_j^τ . Load d_τ is real value between 0 to 1, and the more d_τ is small value, the more load is big. Let B is a necessary computational resource for solving the problem, and e_i be a necessary spec for solving divided task t_i^τ . So we suppose that $B = \sum_{i=1}^n e_i$.

Let C_τ be a matrix of cost which is necessary to solve on time τ .

$$C_\tau = \begin{pmatrix} c_{11}^\tau & c_{12}^\tau & \cdots & c_{1k}^\tau \\ c_{21}^\tau & c_{22}^\tau & \cdots & c_{2k}^\tau \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ c_{n1}^\tau & \cdots & \ddots & c_{nk}^\tau \end{pmatrix}$$

Also, let u_{ij}^τ be a computing time of task t_i^τ on time τ . u_{ij}^τ is a function of v_j^τ .

We formulate a task allocation problem (TAP) as follows.

$$(TAP) \left\{ \begin{array}{l} \min \quad F(\tau, n) = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^n \sum_{m_j \in M_\tau} c_{ij}^\tau x_{ij}^\tau \\ \quad + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{m_j \in M_\tau} u_{ij}^\tau x_{ij}^\tau \\ \text{s. t.} \quad \sum_{m_j \in M_\tau} x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n \\ \quad \sum_{i=1}^n \sum_{m_j \in M_\tau} v_j^\tau x_{ij} \geq B \\ \quad v_j^\tau x_{ij} \geq e_i, \quad i = 1, \dots, n, \forall m_j \in M_\tau \\ \quad x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n, \forall m_j \in M_\tau \end{array} \right.$$

The problem (TAP) is a minimization problem of the costs and processing time, given a time τ and number

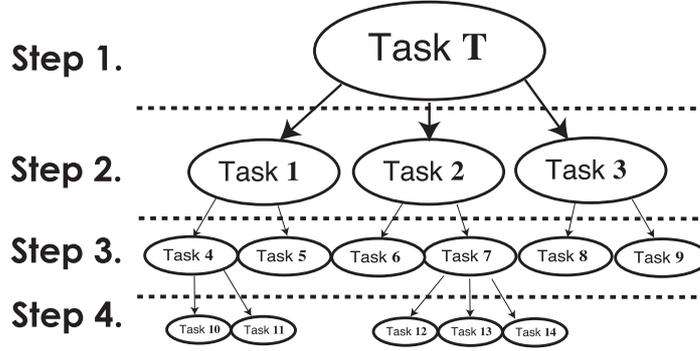


Fig. 1 Multi-steps task allocation.

of divided tasks n . x_{ij} is a decision variable, if a task t_i^T is allocated to a computer m_j^T then $x_{ij} = 1$, otherwise $x_{ij} = 0$.

Since we expect to get the better solution of problem (TAP), we have to solve the problem roundly with changing number of divided tasks. Also we does not ignore the computer's spec and the calculation of processing time. Thus it is not efficiency to solve the problem (TAP) amenably. We solve the following problem (TAP)' without spec constraints.

$$(TAP)' \left\{ \begin{array}{l} \min F(\tau, n) = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^n \sum_{m_j \in M_\tau} c_{ij}^T x_{ij}^T \\ \quad + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{m_j \in M_\tau} u_{ij}^T x_{ij} \\ \text{s. t. } \sum_{m_j \in M_\tau} x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n \\ \quad x_{ij} \in \{0, 1\}, i = 1, \dots, n, \forall m_j \in M_\tau \end{array} \right.$$

The problem (TAP)' is ignored the spec constraint, and calculates the allocation which is minimum cost and processing time. The number of divisible tasks given in the problem (TAP)' is a small size for solving quickly. Since the problem (TAP)' ignores the spec constraint, the allocation is infeasible on the problem (TAP). In this case, we re-divide the infeasible elements (task) into some smaller tasks. Let $T' \subseteq T$ be a set of re-divided tasks. So we reallocate tasks T' to other computer which is not allocated the task. We iterate this process until all tasks are feasible. To consider the problem without spec constraints can be faster to compute the allocation. This process seems that the system allocates the tasks to the computers in multi-steps.

Also we employ the software agents to compute the computer's spec and processing time. Every computer who participates in the virtual distributed computing system installs the software agents. The agents observe the computer's spec dynamically. We are able to gather the necessary information to compute the al-

location by using the software agents (Figure. 2).

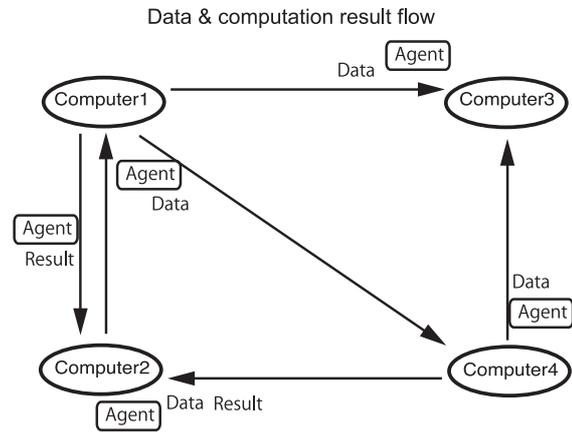


Fig. 2 Data & computation result by using agents.

Since an agent-based system processes task reallocation and gathering computation result extemporarily, they can compute the problem without decrease in performance. We describe our proposed virtual distributed computing system's processing protocol as follows.

- Step. 1 The user inputs the problem (task) and beginning number of divides into the system.
- Step. 2 The system get the information from feasible computers by using software agents, which is the number of computers and its specs on this time.
- Step. 3 The system computes the problem (TAP)' which ignores the spec constraint, and allocates the tasks to the computers. Allocated computers determine whether the task is feasible or infeasible. If the task is infeasible, then the computer re-divides the task into some smaller tasks, and the agent compute the sub problem (TAP)' by using unallocated computers.
- Step. 4 The allocated computer which has feasible

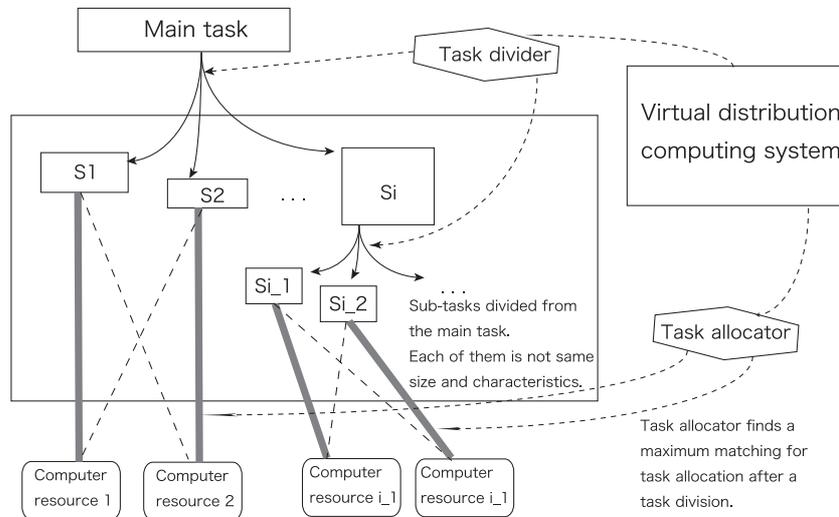


Fig. 3 Virtual distributed computing system architecture

task processes the task in Step. 3. And the computer returns the result to another computers and user through the software agents.

Step 5. When all task are processed completely, the system terminates.

4 Discussion

4.1 Efficiency of our model

In this section, we discuss the efficiency of the proposed system and method. Firstly, we consider the efficiency of multi-steps task allocation method. The case of solving the problem (*TAP*) has a trouble in which the time is spent until the processing start. Therefore, to allocate the tasks to the computers without the spec constraint is able to short the computing time. Because some tasks can be computed while the task reallocation step. Since the terminated computer is able to receive another task, we can allocate multiple tasks to one computer.

Second, the software agent based system architecture has advantages that are observation of computers' specs and reallocation the tasks individually. So it means that the other computers do not stop the process until the reallocation steps. Also, data integration and collaboration between each agent are shown by previous researches of multi-agent system[2, 8].

In our proposed system, the mathematical formulation does not include sequences of the processes. We anticipate the problem include the sequences are more complication and difficult. However, there is a chance

that considerable the sequences by using the software agent. Since our system is network based, we do not consider the information paths and the computer get information directly by using the software agents cooperate about the data integration and reuse.

4.2 Hierarchical model

We consider a hierarchical model for solving task allocation problem. We separate a large scale task into some small tasks, then we allocate these small tasks to some machines. The analogy of this method is divided and conquer algorithm introduced in [7]. The divided and conquer algorithm divides the problem into some subproblems based on tree structure such that each subproblem has same size. However our system divides the task into several size of sub tasks, it means that each sub task has different size, since the system should allocate the sub task to adaptable machine. The difference between our system and the divided and conquer algorithm is a method of division and a structure of hierarchy. The divided and conquer algorithm divides the large scale problem into some same sized subproblems and creates a binary tree structure. On the other hand, our system divides the large scale task into several different sized tasks and creates a hierarchical directed network, since some tasks' results are recalled by higher ordered tasks. Therefore, our system has an advantage that division of task is more flexible than the divided and conquer algorithm in point of division and configuration.

4.3 System implementation

For implementation of our protocol, we define a system architecture of our system. Figure 3 shows how to allocate and divide the tasks. Our system consists of the task divide and allocation engine, information collection function and task management function. Firstly, the system divides an inputted task into some subtasks. The system gets the information from computers, which the computer can process the task. Then the system makes a bipartite graph. Suppose that $G = (M_\tau, T', E)$ is the bipartite graph, which consists of a vertex set M_τ and T' and an edge set $E = \{\{m, t\} \mid m \in M_\tau, t \in T'\}$. The system finds a maximum matching H on the bipartite graph G . The maximum matching H associates with the task allocation. Now we focus on an edge $(m^*, t^*) \in H$. Let $resource_{m^*}$ be an available resource of the computer m^* and $demand_{t^*}$ be a demand resource of the task t^* . If $resource_{m^*} \geq demand_{t^*}$, then the task t^* can be processed on the computer m^* . If $resource_{m^*} < demand_{t^*}$, the system re-divides the task t^* into some subtasks.

5 Conclusion

In this paper, we model the virtual distributed computing system based on the network for solving large scale complication problem, and formulate the task allocation problem with complication conditions. The task allocation problem (TAP) is a difficult problem to solve, thus we propose a fast allocation method which ignores the spec constraint as multi-steps task allocation method.

We also discuss the efficiency of software agent based system that gathers and reuses the computational result and given data.

Our feature work is that formulation of the modified task allocation problem with process sequence. Also we make an algorithm for solving the problem.

References

[1] A. Balasubramanian, B. Levine, and A. Venkataramani. Dtn routing as a resource allocation problem. *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, 37(4):373–384, 2007.

[2] J. R. Chen, S. R. Wolfe, and S. D. Wragg. A distributed multi-agent system for collaborative information management and sharing. In *CIKM '00: Proceedings of the ninth international confer-*

ence on Information and knowledge management, pages 382–388, New York, NY, USA, 2000. ACM.

[3] Wang Lei, Wang Tongsen and Yang Ronghua. Data Compression Algorithm based on Hierarchical Cluster Model for Sensor Networks. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 2:71–84, 2009.

[4] Adrian Brezulianu, Monica Fira, and Lucian Fira. A Genetic Algorithm Approach for a Constrained Employee Scheduling Problem as Applied to Employees at Mall Type Shops. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 14:1–14, 2010.

[5] Ding-Zhu and P. M. Pardalos(Eds). *Handbook od Combinatorial Optimization*, volume 2. Kluwer Academic Publishers, 1998.

[6] A. Ikegami and A. Uno. Bounds for staff size in home help staff scheduling. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 50(4):563–575, 2007.

[7] J. Kleinberg and Éva Tardos. *Algorithm Design*, volume 1. Addison-Wesley, 2006.

[8] T. Matsuo. A new pooled buying method based on risk management. *IEA/AIE 2007, LNAI 4570*, pages 953–962, 2007.

[9] C. H. Papadimitriou and K. Steiglitz. *Combinatorial Optimization -Algorithms and Complexity-*. Endlewood Cliffs, 1998.

[10] A. Tamura and M. Muramatsu. *Optimization Method (in Japanese)*. Kyoritsu Publisher Co. LTD, 2002.

[11] J. Waldo, J. Waldo, G. Wyant, G. Wyant, A. Wollrath, A. Wollrath, S. Kendall, and S. Kendall. A note on distributed computing. *Technical report, IEEE Micro*, 1994.

[12] Asgarali Bouyer, Mohd Noor MD SAP, Mohammadbager Karimi and Mansour Jalali. A new Approach for Selecting Best Resources Nodes by Using Fuzzy Decision Tree in Grid Resource Broker *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 1(1):49–62, 2008.

[13] A. Y. Zomaya. *Parallel and Distributed Computing Handbook*. McGraw-Hill Professional, 1995.

都立動物園・水族園のための ICT 利活用に関する研究

小山 裕司, 加藤 由花¹⁾

A Study of ICT Applications for Tokyo Metropolitan Zoological Gardens and Aquariums

Hiroshi Koyama and Yuka Kato¹⁾

Abstract

We have investigated and studied ICT applications for Tokyo Sea Life Park according to the direction of "The master plan of Tokyo Metropolitan Zoological Gardens". This study has been conducted as an activity of "The study group of ICT applications for Tokyo Sea Life Park" in AIIT, and applications and services with additional value have been investigated. In this paper, we summarize the results and discuss the future vision of Tokyo Metropolitan zoological gardens and aquariums.

Keywords: ICT utilization, aquariums, zoological gardens, information architecture, Tokyo

1 はじめに

産業技術大学院大学「葛西臨海水族園 ICT 利活用研究会」では、「都立動物園マスタープラン」[1]の取り組みの方向性に対し、より高い付加価値を検討すべく、2012年度より、葛西臨海水族園での ICT の利活用の調査・研究を進めている。本稿では、その調査結果をまとめ、今後の都立動物園・水族園のあるべき姿について議論する。

葛西臨海水族園は、平成元年 10 月 10 日に開園した。開園当時は年間 380 万名の来園者を記録したこともあるが（設計想定は年間 140 万名程度）、各種の要因から来園者数は減少傾向にあり、現在は年間 150 万名程度となっている。今後、当園の整備・改修が行われ規模が拡張された場合、床面積が 2 倍になった場合で約 280 万名の集客が期待される。旭川市旭山動物園（北海道）、沖縄美ら海水族館（沖縄）等は、創意工夫を凝らした動物の展示、施設のリニューアル等で集客に成功し、平成 14 年 11 月にリニューアルした沖縄美ら海水族館は、上野動物園以上の約 300 万名の来園者を集めている。都立の水族園は、単純に来園者数を増やすことを目的としてはいないが、都民に対する高い価値の提供、安心・安全なサービスの提供等、検討すべき課題は多い。

以下、ICT 関連の新しい技術を積極的に活用するための、調査・研究・議論の結果を報告する。

2 調査の方法

2.1 概要

本稿の目的は、葛西臨海水族園の付加価値を ICT の要素技術の観点から高めることであるが、その前提として、当園が目指す姿、運営及び事業上の観点から、顧客である来園者及び、来園の可能性のある潜在的顧客に提供する価値を分析する必要がある。これは、新規に導入した設備・機能を継続的に活用するためにも、また、当園の次回の見直しの段階で、継続・廃止を判断するためにも重要である。そのため、本稿では、以下の流れに従い、当園の経営方針に相当する「都立動物園マスタープラン」から、当園の内外環境、課題、ICT 技術要素等を整理した。なお、課題を整理していく際には、IIBA BABOK (Business Analysis Body of Knowledge) [2]を参考にした。

- (1) 経営方針（「都立動物園マスタープラン」）の把握
- (2) 内外環境及び課題の確認
- (3) 現状の確認（視察等）
- (4) ICT 技術要素の確認
- (5) 課題に対する解決手段の提示
- (6) 提案の整理

2.2 経営方針の把握

経営方針としての「都立動物園マスタープラン」を参考に、担当者に対するヒアリング結果等を取り込み、都立動物園の目指すべき姿と取り組みの方向性を下記のとおり整理した。

Received on 2013-10-10.

¹⁾ 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

表1 PEST分析

政治 (Political)	<ul style="list-style-type: none"> ・来園者を増やしたい ・東京都の目玉にできると素晴らしい
経済 (Economics)	<ul style="list-style-type: none"> ・景気が悪い(若干好転の兆しあり) ・比較的娯楽・子どもの出費は許される
社会 (Social)	<ul style="list-style-type: none"> ・動物保護にもかかわってほしい ・動物との接点が少ない(そもそも動物園に行く認識が少ない潜在顧客がいる可能性) ・スマートデバイス・ゲーム・ICTへのバウンダリーは低い ・子どもの数が減っている、日本の人口が減っている
技術 (Technology)	<ul style="list-style-type: none"> ・ICT技術が継続的に急速に発展及び普及 ・デジタルサイネージ等で効果が期待できる

- 目指す姿1: 飼育繁殖技術を世界に発信し、東京、日本そして野生動物の保全に貢献する動物園となる。具体的には、希少野生動物の保護繁殖(生息域外保全)に積極的に取り組み、生息地の保全活動(生息域内保全)にも貢献する。
 - 希少動物の保護繁殖を推進
 - 調査研究機能を充実
 - 高度な飼育繁殖技術を継承・発展
- 目指す姿2: 動物や自然への感性を育み、人々と野生動物との架け橋となる動物園となる。具体的には、多様な野生動物の生態や生息地の環境を伝え、来園者の興味や関心を引き起こし、野生動物の保全活動の理解者と担い手を育む。
 - 生態や生息環境の再現
 - 環境学習の場としての機能強化
 - 都民等との協働事業の充実
 - 都立動物園における環境への配慮
- 目指す姿3: 新たな魅力で観光に寄与し、多くの人が繰り返し訪れ、賑わいを創出する動物園となる。具体的には、魅力あふれるサービスの提供により、都民だけでなく、世界中から多くの来園者を迎え、東京の観光や地域振興にも貢献する。
 - 安全・安心、快適な空間の提供
 - ホスピタリティあふれるサービスの提供
 - 環境の拠点づくり

2.3 内外環境及び課題の確認

前節の結果から、内外環境の分析を行った。外部分析(PEST分析)の結果を表1に、内外環境分析(SWOT分析)の結果を表2に示す。

2.4 現状の確認

葛西臨海水族園を視察し(図1参照)、ブレインストーミングを行った結果、以下の着眼点と課題が抽出された。

(1) 「都立動物園マスタープラン」に掲載されている活動

- 希少動物の保護
- 生物環境の再現
- 環境学習の場
- 環境への配慮
- 安全・安心、快適な空間
- ホスピタリティ
- 観光

(2) 「都立動物園マスタープラン」に掲載されている葛西臨海水族園の目指す姿

- 「生態」から「食育」までを楽しく学べる水族園
- 巨大マグロの群泳、大海藻やサンゴ礁等海の生態系をありのままに再現
- 東京湾(江戸前)を始めとする各地の食文化や歴史を通じて、海の恵みの大切さ

(3) 水族園利用者側からのリクエスト

- 展示物・掲示物を工夫してほしい
- 学ぶための環境・仕組みを提供してほしい
- 混雑を緩和するために動線等を工夫してほしい
- 再入場したい(観覧車に乗ってまた戻ってくる等)
- 保全活動に貢献し、それを自慢したい
- 安心・安全に園内で滞留したい(子ども連れ等)
- 飽きずに何度でも来園したい(飽きられない仕組み)

(4) 水族園運営側に対する提案

- 鍵の管理等、運営・管理の負担を軽減する提案
- 迷子の安全対策等に関する時代に即した仕組み
- 利用者からのリクエストに応じるための負担軽減
- 収益を確保するための仕組み

(5) 課題の整理

これらの着眼点から、顧客に対して価値を提供するための内容及び活動を、「遊び」「学び」「出資」「保全」「安心・安全」「快適性」の6点に整理した。このうち、「遊び」「学び」「出資」「保全」は、当園が近隣の競合施設に対して価値提供が図れる点である。また、「安心・安全」「快適性」は、競合施設がすでに取り組んでいる内容であり、弱みの解消の意味でも考慮すべき点である。

2.5 ICT技術要素の確認

ここでは、現状及び数年後に活用できる技術として、以下の技術要素及び事業案が提案された。

- ゲーミフィケーション
- 交通カード連携
- ハンズフリー(ICカード・RFID)
- 情報システム(混雑・誘導)
- デジタルサイネージ(大型ディスプレイ)
- スマートデバイス
- IA技術(情報構成)

表2 SWOT分析

	機会 (Opportunity)	脅威 (Threat)
強み (Strength)	・動物保全活動を行っている ・コンテンツは充実している	・マスタープランの実行
弱み (Weakness)	・動物保全活動を行っているが知名度が低い ・動物保全活動の出資に関する制限がある	・首都圏は各種の娯楽が多い ・設備が古い

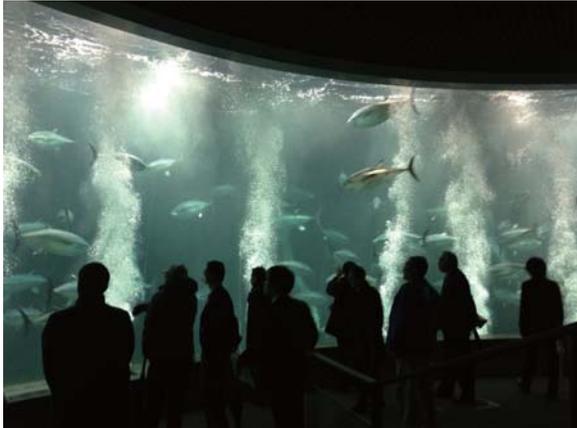


図1 視察の様子

- AR 技術 (拡張現実)
- エンターテインメント (アトラクション・映像投影等)
- O2O (ソーシャルメディア・Web サイト等)
- 無線 LAN (広域インターネット接続)
- ウェアラブル端末
- 映像解析
- データミュージアム (仮想水族館)
- コンテンツ (魚図鑑)
- フリーミアム
- マイクロペイメント

2.6 課題に対する解決手段の提示

経営方針(「都立動物園マスタープラン」)の把握、内外環境及び課題の確認、意見・情報交換から、解決すべき課題(目指すべき価値)を明らかにした。また、これら課題に対する解決手段(ICT ソリューション)を整理し、提供する価値をまとめた。結果を表3に示す。価値提供する際には、「集客」「滞在」「継続」という活動ごとに解決手段を整理し、ICTの利活用によりこれらの「提供する価値」を実現する。

2.7 提案の整理

以上より、解決すべき課題、提供する価値、ICT 技術を以下のように整理した。

(1) ICT 利活用に対する目指すべき価値の解釈

- 「飽きられない」場所を目指す
- エンターテインメントは継続性が大切である
- 魚・動物・情報の提示・表示の工夫

- 動物の保全活動の認知度を高める
- 「東京らしさ」を提供できる場所を目指す
- 世界の規範を目指した場所づくり

(2) 複数の技術要素から構成されるソリューション

本研究では、解決すべき課題に対して多数の ICT 技術要素が提案されたが、これらを単独で導入するより、複数の技術要素を連携してソリューションを設計したほうがはるかに効果的である。実際の情報システムでも、情報を「収集」し、これらを「蓄積」し、知識を「抽出」し、実際に活用するという流れが重要である。具体例を挙げれば、混雑の情報を収集し、それを運営側が把握するだけでは効果が薄い。これらを来園者に示し、誘導に反映し、これから訪れようとしている顧客候補に結び付ける仕組みを設計・構築することが重要である。

3 調査の結果

本章では、ICT を活用したソリューションとして、調査結果のうち主なものを紹介する。

3.1 集客

まず、集客のための仕組みとして「ゲーミフィケーション」を取り上げる。ゲーミフィケーションは、何かに没頭してもらうためにゲームで使われている要素をゲーム以外の領域に活用することを指す言葉であり、例えば以下が挙げられる。

- 航空会社の優良顧客(多頻度顧客)優遇制度:年間指定マイル以上搭乗した場合、次年度の各種の条件が向上する等、顧客の達成感を巧みに制御している。
- くら寿司の「ビックらポン」:5皿食べれば1回スロットくじ(ビックらポン)を実行できる。子どもがスロットくじで遊びたがり、5の倍数の皿まで食べることが多い。
- 米ナイキの Nike+:米ナイキは歩数・消費カロリー等の活動記録を計測する Nike+ ガジェットを何種類か発売している。これらのガジェットは、計測した情報をクラウド上に記録し、利用者は活動を自分で確認する他、Facebook 等のソーシャルメディアに投稿できる。

ゲーミフィケーションでは、目標が達成可能であり、さらに達成感を得られることが重要である。水族園では、全ての魚の写真を集める等の目標を設定し、来園を楽しみに変換する仕組みがあると良い。従来のスタンプカード類でも類いの

表3 課題と解決手段の関係

	集客（来園してもらおう）	滞在（楽しんでもらう）	継続（再び来園してもらおう）
遊び	スマートデバイス エンターテイメント O2O	ゲーミフィケーション デジタルサイネージ スマートデバイス O2O エンターテイメント	ゲーミフィケーション スマートデバイス O2O
学び	スマートデバイス O2O データミュージアム コンテンツ	ゲーミフィケーション デジタルサイネージ スマートデバイス IA 技術 AR 技術（ジオラマ） O2O データミュージアム コンテンツ	ゲーミフィケーション スマートデバイス O2O データミュージアム コンテンツ
出資	フリーミアム マイクロペイメント	交通カード連携 フリーミアム マイクロペイメント	フリーミアム マイクロペイメント
保全		ウェアラブル端末	
安全・安心		映像解析 ハンズフリー	
快適性	交通カード連携 映像解析	情報システム デジタルサイネージ スマートデバイス 無線 LAN IA 技術	

ことが実現できるが、ICT を活用することで、効果的にまた運用の負担を軽減して実現が可能になる。その他、交通系 IC カードを活用した交通機関連携、顔認証技術を活用した来園者管理、映像投影・イルミネーション等のエンターテイメント、ソーシャルメディア連携等も集客に効果がある。

3.2 混雑・誘導

教育効果の拡大や収益性の観点からは、多くの来園者を集客することが望ましいが、エンターテイメントでの集客に関しては「程よく」対処することが難しい。そこで、たくさんの来園者を集客することを目指しつつ、過度の混雑を防止し、多くの来園者を適切に誘導するための仕組みが重要になる。まず、混在状況を把握するために ICT を利活用する手法として、以下を挙げておく。

- 監視カメラの入力に基づく混雑状況の把握：セキュリティの目的で設置された監視カメラを活用する。顔認証技術と組み合わせ、どの来園者がどの時刻にどの展示にいたかを大まかに把握することが可能になる。
- 二酸化炭素センサを利用した混雑状況の把握：2010年4月から2013年3月まで東京大学が実施したデジタルミュージアムプロジェクトにおいて、二酸化炭素濃度測定による混雑情報提供の実証実験が東京都現代美術館で行われた。本実験は、「呼吸する美術館」[3]と題した展示の1つとして用意されたものであるが、この手法は来

園者の誘導に利用できる。

- RFID を利用した混雑状況の把握：館内での動線管理のために RFID を付加した仕掛けを導入する等の手段によって、来園者の位置情報をリアルタイムに管理することも可能である。完全非接触型の入退管理方式を利用すれば、利用者に ID カード操作を求めることなく、ゲートの中を歩くだけで通過したか否かを把握できる。

蓄積された来園データに基づいて今後の混雑状況を予測することも可能である。県立ぐんま天文台では、来園者の混雑を回避するために、とくに混雑が集中しそうな日を中心として混雑予測を提示し、過度の集中を回避する策を講じている[4]。また、葛西臨海水族園に隣接するディズニーリゾートでは、マニアがアトラクションの待ち時間等の情報をインターネットに掲載している例がある。

さらに一歩踏み込み、局所的な混雑状況を回避するために積極的な誘導を行うことも必要である。ICT を活用した来園者のコントロールを適切に行うためには、施設全体を考慮した動線設計が重要である。動線の例を図2に示す。約300万名を目標にするのであれば、動線として3ルート程度を考えておき、混雑状況を提示することで、来園者が自由にルートを選択できるとよい。提示情報としては、混雑情報（アトラクション等の予約、見学にかかる時間）、目玉情報（餌等のイベントの時間）、体験済み情報等が考えられる。

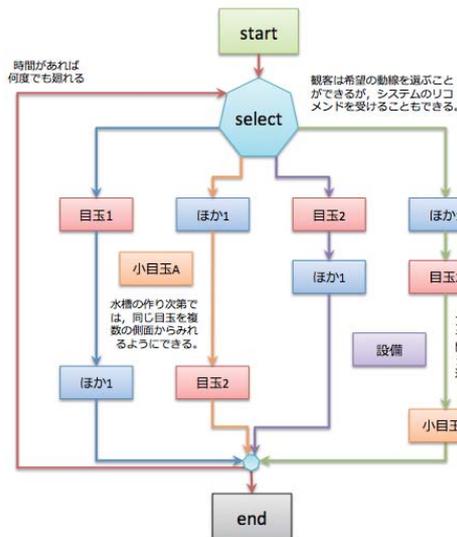


図2 複数の動線の例

3.3 情報整理・表示

葛西臨海水族園では、各自が自分の観点で見学ができるよう「水族園魚タッチングシート」を準備している。また、魚の珍しい生態に関する映像資料も豊富に揃っている。これらの情報は、実物の目の前で見てもらうと効果的であり、スマートデバイス等のICT技術の活用が有効である。

3.3.1 デジタルサイネージ

展示している水槽内の生き物に興味を持ってもらうために、水槽横に大型ディスプレイを設置し、生き物に関する特徴的な生態映像を放映する。また、小型タッチパネル型ディスプレイと連動させ、見たい映像を探し出せる図書館・博物館のサイネージにすることも考えられる。デジタルサイネージの活用イメージを図3、図4に示す。

3.3.2 スマートデバイスの活用

スマートデバイスは、デジタルサイネージのデバイスとして活用できるが、アプリケーション次第で、魚図鑑、魚判定、AR等各種の目的に利用できる。各自が所有するデバイスに水族園側で準備したアプリをインストールしてもらう。

3.3.3 利用者に応じた情報提供

音声ガイド・映像コンテンツ等は、通常大人向けと子ども向けに整備する。あらゆる来園者に同じ情報を提供するのはなく、年代、性別、興味、レベルに応じた情報提供ができると良いが、各自がスマートデバイスを所有する環境であればこれが可能になる。また、何度も来園することによって、次第に深い（レベルの高い）情報を表示させることもできる。

3.3.4 情報の整理・構成

情報を整理し、構成し、表示することに関する専門分野にIA（Information Architecture）があり、博物館・美術館等から地下鉄の路線図、地図等の分野で実績がある。水族園でも、来園者のためにはどのような情報を表示すると効果的か

を工夫してみるとよい。大型ディスプレイ及びスマートデバイスが普及し、動的に表示するコンテンツを変更できる現在、これらのデバイスの特徴を効果的に活かした情報提供を検討する必要がある。

3.4 教育

3.4.1 水族園での教育

都立動物園は、子どもたちの感性を育みながら学んでいく機会を提供するため、自然に触れる機会の少なくなった子どもたちへ、動物や自然に接する楽しさを伝えている。誰もが気軽に楽しめる飼育係員による動物の解説（キーパーズトーク）をはじめ、こども動物園やふれあいコーナー、タッチプール、夏休みを利用した小学生向けの動物観察や飼育体験イベント（サマースクール）等を実施している[5]。

現行の教材としては、紙やPDFで配布される「水族園魚タッチングシート」がある。水族園は水槽の数が非常に多いため、すべての水槽を網羅的に見学しても深い学びに結びつけることは難しい。また、水槽で珍しい現象が起こっていても、これを理解するためには基礎知識が必要であり、ガイド等の補助が必要である。本シートはこれを補助し、各自のテーマで水槽内の生物を見学することをサポートする。備え付け端末を利用した映像資料も豊富に揃っているが、実物を目の前で見ることの効果は絶大である。そのため、既存の教材をICT化し、スマートデバイス等のアプリケーションとして、デバイスに配信できると良い。

教材の準備のほか、学び方を工夫することも重要である。これには、クイズあるいは質問を順番に解答していくことで自然に学ぶことができる環境を構築する等、遊びから学ぶ仕組みを提供することが考えられる。前述したゲーミフィケーションの考え方も参考になるであろう。

3.4.2 園外での教育

ICTの活用は、特に園外での教育において有効である。園内では実物を見て学ぶことが原則であるが、様々な事象の理解には事前知識が不可欠である。ICTを活用した事前の学習、事後の復習、出張授業等により、学びが深化する。このとき、来園するとオリジナルのコンテンツをもらうことができれば、持ち帰って家族に紹介する、次の来園に結びつける等が期待できる。具体的なシステムとしては、葛西臨海水族園が三菱総合研究所と連携して1999年に行った実証実験「ハイブリッド水族館」[6]等がある。ここでは、来館前にWebにアクセスしてもらい、なぞなぞコンテンツを見ながら見学コースを選択し、興味や疑問を持ってもらう。その後、来館し、携帯情報端末を持って水槽の前に立つと自動的に位置を捉え、Webアクセス結果に従ったその水槽の音声解説、補足的画像が提供される。サーバに記録された水槽位置と日時データによって順路案内をするほか、個人の巡回履歴Webページを生成し、来館後、自宅や学校からこのWebページを見ながら感じたこと、わかったことを振り返る。こ

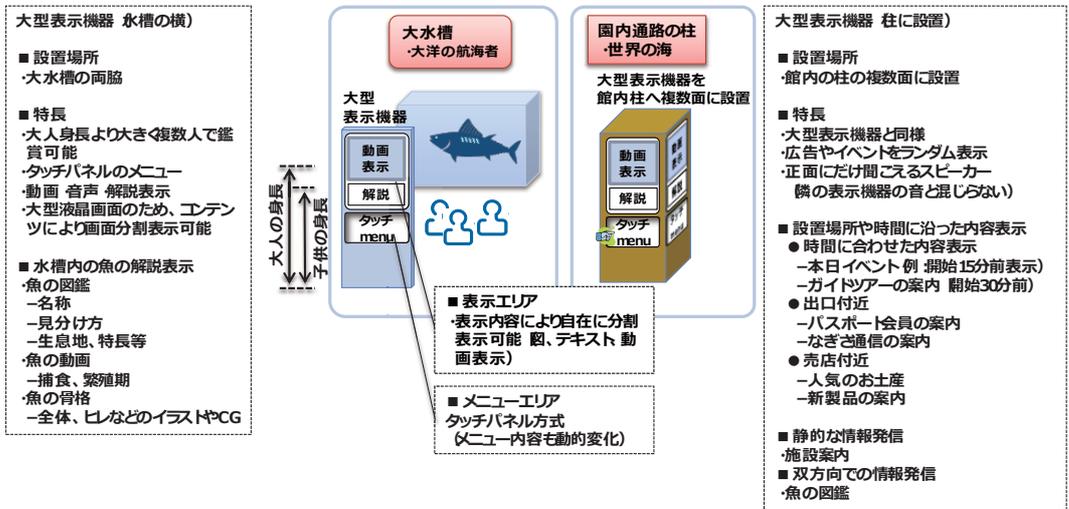


図3 デジタルサイネージ・大型表示機器

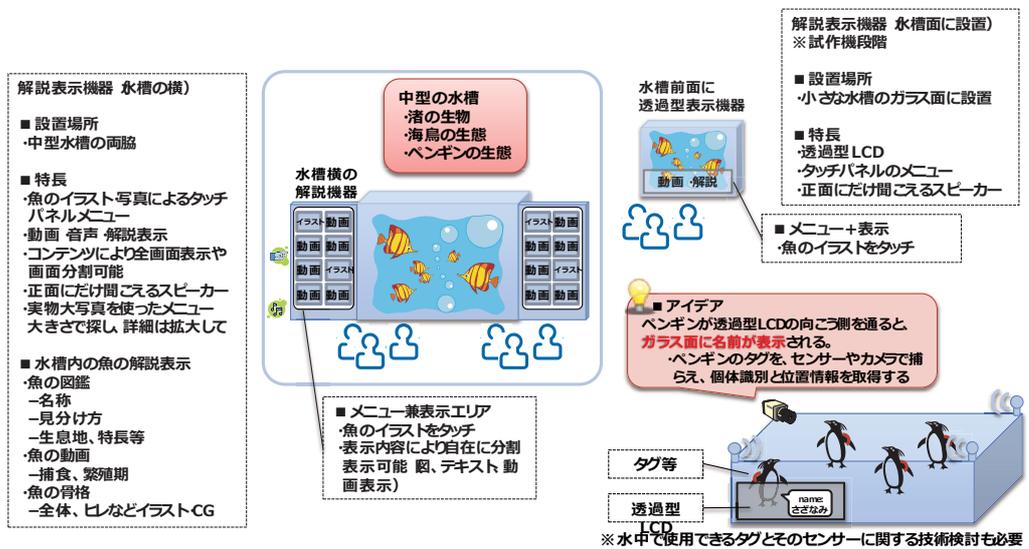


図4 デジタルサイネージ・水槽横の解説表示機器等

のほか、現在では、学校等の団体には、水族園見学の前にビデオを貸し出し、事前学習を促している。

来園と直接結びついた学習のほか、飼育員を含む水族園の保有するリソースを活用した園外教育として、出張授業がある。野外観察会のようなオフラインの出張授業のほか、オンラインでの出張授業も可能である。

3.4.3 生涯学習

ここまで主に、水族園の学校教育向けの機能について述べてきたが、水族園のもう1つの側面として、成人を対象とした生涯学習機関としての役割がある。本項では、この生涯学習へのICTの活用として、スマートフォン向け魚図鑑構築アプリ「Ikesu」[7]を取り上げる。これはスマートフォンの中にオリジナルの魚図鑑や水槽が作れる展示サービスで、株式会社プリリアントサービスと個人デザイナー秋葉秀

樹氏が開発した水族館向けO2O (online to online) マーケティング用アプリである。サンシャイン水族館で2013/2/7から4/7までの期間限定で提供された。来館者は「Ikesu」が動作するスマートフォンを用いて本サービスを利用する。「Ikesu」アプリは、水槽脇に設置された魚名板に取り付けられたNFCタグやQRコードを利用して、魚の情報をスマートフォンに取り込む。魚の情報を集めてオリジナルの魚類図鑑のように使うことができ、またスマートフォン画面を水槽に見立てて集めた魚を泳ぎ回らせ、水槽に「サンゴ」や「岩」等のアイテムを配置して楽しむこともできる。

3.5 ドネーション・ファンディング

ICTの普及に伴い各種の決済の仕組みが現れ、急速に普及している。特に、クレジットカードの普及からインターネット上の決済手段の選択肢が広がり、手数料も下がったこと

から気軽に少額の支払いを行うことができるようになった（マイクロペイメント）。また、各種のポイント類も普及し、これらが事実上の仮想通貨・電子通貨として機能している。インターネットでは、従来は広告収入のみがマネタイズの手段であったが、各種の決済が可能になったことから、通常の商い以上のマネタイズの機会が生まれている。これは ICT を利用した各種の分野でも同様である。

ニューヨークのブロンクス動物園 [8] の「コンゴ・ゴリラの森」では、動物園の入園料とは別に 5 ドルの観覧料を支払う仕組みがある。展示の最後に動物園が関わる各種のプロジェクトが紹介され、支払った 5 ドルを何にいくら寄付するかを選ぶことができる。従来の支払いの仕組みでは、経費がかかるため現実的ではない、実際に金銭の授受を実現する必要がある等の障壁があったが、現在では簡単に少額で決済（寄付）を行う仕組みを実現できる。日本では交通系 IC カードでの決済が普及しているため、それを使用した仕組みや、スマートフォンアプリでの課金システム等が考えられる。

最近、日本でも活発になりつつあるクラウドファンディングを利用して寄付を集める方法もある。クラウドファンディングの特徴は、最初にプロジェクトで設定した募集期間内に目標額が集まらなると決済は実行されないという点にある。水族園が展示したい、あるいは来園者が見たい生き物に寄付を募り、展示ができた際に「〇〇のおかげで購入・展示できました」という表示を Web 等で行う方法が考えられる。例えば、愛知県名古屋市の東山動物園では、2013 年 1 月 16 日から「コアラ応援プロジェクト」[9] をクラウドファンディングで立ち上げ、3 月 17 日現在で 460 万円強の資金を集めている（目標額 100 万円）。

3.6 職員のための ICT 活用

これまで見てきた ICT 活用は、集客、エンターテイメント等、主に水族園の利用者を対象としたものであった。もう一つの視点に、水族園の運営を支援する ICT 活用がある。

まず、職員の業務管理として、IC カードを利用した鍵管理（入退管理）がある。現状では多数の鍵を持つ必要があり、煩わしさ、紛失のリスク等問題が多い。近年では、IC カードを利用した鍵管理、権限設定等のシステム化は広く普及しており、導入の敷居も低くなっている。当初、入退管理システムは、企業や大学の研究施設等の部外者侵入防止システムとして発展してきたが、現在では個人情報保護法や内部統制等の企業が果たすべき社会的責任への対応手段として、勤務管理、所在管理による機密情報や個人情報の漏洩防止を目的とした導入が進んでいる。ハンズフリー入退・在籍管理システムは、水族園の業務に適した形態であると言える。

もう一つの管理業務として、水族園の本来業務である水生生物の個体管理がある。現在でも IC チップによるペンギンの個体管理等が行われているが、新しい ICT 技術要素を活用し、手間が軽減できるものと思われる。

職員の業務を直接支援するもの以外に、来園者の管理がある。ポイントを貯めることにより再度の来園を促す仕組みや、個人を識別することによりパーソナライズ化されたサービスを受けることができる仕組み等が考えられる。都営交通版マイレージサービスである「ToKoPo」[10] などの IC カードの活用や、顔認証技術を活用したチケット確認等である。例えば、ユニバーサル・スタジオ・ジャパンでは、2007 年 11 月より年間スタジオ・パスの個人認証システムに顔認証技術を導入している [11]。エントランスで、年間スタジオ・パスをカードリーダーにかざし、モニタ画面に顔を向けることにより、約 1 秒で認証が完了する。本システムには、非接触で認証ができる手軽さ（利便性）のほか、年間スタジオ・パスを迅速に発行できる、パスの紛失時等の悪用を防止できる等、多くの利点がある。

その他、監視カメラや各種センサ機器を機能的に連携させた総合的なソリューションとしてのパブリックセーフティ、調査研究機能の ICT 化（非接触型計測機器を用いた生体情報の取得など）なども重要である。

3.7 情報基盤

インターネットの様々な利点を活かした水族園を実現するためには、無線 LAN 環境の整備が必須である。近年、通信事業者の提供するネットワーク基盤の利用が可能になり、水族園が独自に基盤の構築、運用を行う必要がなくなってきた。共用型アクセスポイント [12] と呼ばれ、共通基盤は通信事業者（NTT-BP 等）が整備し、それを利用したい事業者（docomo, softbank, 水族園）がシェアして利用する。運用コストを含めたコスト、安定稼働、電波の干渉等の面で優れているためである。さらに、葛西臨海水族園及び葛西臨海公園は防災拠点でもあるので、災害時の無線 LAN 無料開放の仕組みも考慮したい。共通基盤方式であればこの実現も容易である。

3.8 その他

ここまで述べてきた事項の他、以下の項目についても調査を行った。

- エンターテイメント・アトラクション
- インターネット
- 食育
- 東京らしさの実現
- その他の各種提案

4 考察

本稿で取り上げた ICT 技術は、すぐに導入できるもの、今後さらなる調査が必要になるものなど様々である。ICT 技術の進展は速く、数年後には時代遅れの技術になっている可能性も高い。実現可能となる時期、実現コスト等を見積もった上で、導入検討を行う必要があるだろう。このとき、本稿

での提案を、既存施設を利用した実証実験という形で先行導入することも考えられる。来園者の反応を見ながらデータを取得し、効果を測定することは非常に有益である。「キャンペーン」という形で実証実験を行う、コンテストという形でアイデアを募集する等、様々な実現方法が存在する。企業・大学等が参加する可能性も高く、水族園としても、これらの組織と ICT に関する連携を模索できるメリットがある。

さらに、新しい試みは、継続的に効果を測定し、改善すべき点を明らかにすべきである。目標値・評価基準等を適切に設定し、当初の想定レベルの価値提供ができてきているのか、価値提供がされなくなった場合にどのような対応をするべきか、来園者の利用状況・感想等を定性・定量的なデータとして計測・評価を行い、改善項目として管理する必要がある。

5 おわりに

本稿では、産業技術大学院大学「葛西臨海水族園 ICT 利活用研究会」で実施した、葛西臨海水族園での ICT の利活用に関する調査・研究の結果をまとめ、今後の都立動物園・水族園のあるべき姿について議論した。実証実験の実施等、提案の実現に向けて、今後も検討を続けていく予定である。

なお、調査結果の詳細については、別途「葛西臨海水族園 ICT 利活用研究会 2012 年度報告書（産業技術大学院大学、2013 年 3 月 31 日）」を作成し、報告している。必要に応じてご参照頂きたい。

謝辞

本稿の内容は、葛西臨海水族園 ICT 利活用研究会における議論、検討を基にしています。研究会委員（付録参照）の皆様に対し、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 都立動物園マスタープラン. http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/kouen/zoo_masterplan/, 2011.
- [2] IIBA. *A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge Version 2.0*. IIBA, 2009.
- [3] 呼吸する美術館. <http://nae-lab.org/~yabird/jp/>, 2010.
- [4] 県立ぐんま天文台. <http://www.astron.pref.gunma.jp/guidance/crowded.html>.
- [5] 東京ゾーネット. <http://www.tokyo-zoo.net/>.
- [6] ハイブリッド水族館. <http://easy.mri.co.jp/20000321.html>, 2000.
- [7] 水族館拡張サービス「Ikesu」. <http://www.brilliant-service.co.jp/service/nfc.html>, 2013.

- [8] ブロンクス動物園. <http://www.bronxzoo.com/>.
- [9] 東山動物園コアラ応援プロジェクト. http://www.higashiyama.city.nagoya.jp/02_events/02_01events/20130116_koara.html, 2013.
- [10] ToKoPa: 都営交通のポイントサービス. <http://www.kotsu.metro.tokyo.jp/tokopo/>.
- [11] ユニバーサル・スタジオジャパン・年間スタジオパス. <http://www.usj.co.jp/apass/facecertification.html>.
- [12] 共用型アクセスポイント. <http://www.ntt-bp.net/service/network/>, 2013.

付録 A 研究会委員名簿

氏名	所属 (2013/3/31 現在)
会田 圭	富士通(株)東京支社 第一営業部
安藤 尚彦	(株)ニッケナック 代表取締役
飯尾 淳	(株)三菱総合研究所 未来情報解析センター
大島 剛人	電撃ネットワーク (GYUZO)
加藤 由花	産業技術大学院大学 情報アーキテクチャ専攻 教授
鳥谷 重光	(株)東芝 総合営業推進部 部長代理
久保田 昌史	(株)NTT データ リージョナルビジネス事業本部
神津 広相	NEC ソフト (株) 技術統括部 教育エキスパート
小山 裕司	産業技術大学院大学 情報アーキテクチャ専攻 教授
坂本 和弘	葛西臨海水族園 副園長兼飼育展示課長
庄司 昌彦	国際大学 GLOCOM 講師
新富 啓明	NEC ソフト (株) 技術統括部 リーダー
杉野 隆	葛西臨海水族園 飼育展示課 教育普及係長
杉光 史朗	(同)ChangeMakers 代表
鈴木 敦弘	東日本電信電話(株) 経営企画部 事業戦略部門 担当部長
鈴木 仁	東京都建設局 公園緑地部 計画課 動物園担当係長
滝澤 達	東京都建設局 公園管理担当部長
福岡 義弘	NEC ソフト (株)
茂木 健緒	東京都建設局 公園緑地部 計画課 動物園担当
山口 知子	(株)HRP 取締役

レジリエントな社会を実現する新規サービスの提案

—平成 24 年度 PBL 型学修によるサービス設計プロジェクト—

川田 誠一¹⁾ 陳 俊甫¹⁾ 平澤 一樹¹⁾ 小山 啓一¹⁾ 小川 祥平¹⁾ 黄 博¹⁾

A Proposal of the resilient life service system

Seiichi Kawata¹⁾ Junfu Chen¹⁾ Kazuki Hirasawa¹⁾ Keiichi Koyama¹⁾ Syohei Ogawa¹⁾ Bo Huang¹⁾

Abstract

This is a result of Service Design Project in PBL studies at AIIT. The project focuses on designing new service systems. In this paper, we propose a new mutual-aid service that consists of borrowing and lending each other through our defined service system. To build this service main concept, the notion of the resilience is introduced in this study. And proposed service system is a kind of network service. The SysML is used to design our proposed service and discrete event simulation results estimate the effectiveness of our proposed new service.

Keywords: PBL, Resilience, Network service, SysML, Discrete event simulation

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、レジリアンスの概念を用いた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ができる。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、評価など学協会に発表した内容を中心に取りまとめた。

2 プロジェクトの背景と目標

本プロジェクトを実施する前提として、災害などからの柔軟な復帰を目的とした概念として「レジリアンス」を導入した。レジリアンスという言葉は弾力のある、すぐに立ち直れるといった意味を持つ。また、Erik Hollnagel[1], [2]はレジリアンスを「何かが起こる前にシステムがやるべきことを調整し、何かが起こっている最中や事後は、状況が予想したものであっても、予想外のものであっても、その機能を継続す

ることができる能力」と定義している。これらの意味や定義から、災害や震災など大きなダメージからの回復を目指す研究分野で用いられることが多い。そして我々はレジリアンスやそれに類似した設計工学などの調査を行い、レジリアンスを「何かダメージがあったときでも必要な機能を果たすことができるシステム」と定義した。この定義はダメージの大小に関わらず、災害などの大きなものから生活に密着した比較的小さなダメージからの回復を目指す。

このようなレジリアンスを実現する一つの考え方として、インターネット上の貸し借りサービスについて検討した。インターネットにより、売買を中心とした消費構造が変化してきた。まさに、ドラッカーが提唱した「工業社会から知識社会への移行」が実現されつつある[3]。このような状況で、豊かさを生成する消費体験は高度経済成長の過程では大きな価値を發揮したが、現在はモノの飽和により、物品を買い増やすことが豊かさ、サービスの価値であると言い切れなくなっている。何かが必要となった場合、解決する方法には「購入」と「借用」の二つがあり、「購入」は個人の要求を「金銭」で解決することを求めるのに対し「借用」は 2 者間での助け合いの精神と謝礼という形で成り立っている。そこには「助けられることもあれば、助けることもある」といった相互関係の均衡を保とうとする人間本来の性質が介在している。また、貸し借りは「必要な時に必要な物を借り、必要が無くなれば返す」「使っていない時間は誰かに利用してもらおう」といった時間軸上で物事を整理することで高い合理性を産んでいる。こうした合理性は「醤油の貸し借り」に代表

Received on 2013-10-10

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

され、突発的なアクシデントや一時的なニーズへの対応策として認められてきた考え方である。近代社会においては古い習慣とみなされがちなこうした考え方を、ネットワークやシステムを講じる事で、時代ニーズにあったサービス、物流、そして習慣を創造する可能性があると考えられる[4], [5], [6], [7]. このような背景から、人同士のネットワーク・コミュニティを利用することが重要であると考え、新しいレジリアンスサービスを実現することを本提案の目標とする。

3 SysML

SysML (System Modeling Language)とはシステムモデリング言語の一種で、複雑なシステムを定義、分析、設計及び検証するための汎用的な図式モデリング言語である[8], [9], [10]. SysMLでは、ソフトウェア以外でもシステムと呼べるものであれば、組織や会社内の仕組み、地域のインフラなどについてもモデルにすることが可能である。主にソフトウェアのモデリングで用いられるUMLの一部を踏襲しているが、UMLが前提としているソフトやオブジェクト指向は用いず、また世界的に共通の表記法を定義し、様々な分野の技術者が利用できる共通言語として存在している。SysMLの特徴として、要求を表現するための要求図、制約を表現するためのパラメトリック図の2つの図が追加されたこと、そしてオブジェクト指向を前提としないことで、UMLとは違い他のさまざまな開発手法と合わせて使用できるといったことが挙げられる。今回は提案サービスのシステム設計にSysMLを利用している。

4 提案するサービスの概要とモデリング

「もちつもたれつサービス」は物品等を必要とする個人に対し、それ以外の不特定の個人または、企業が必要とされるモノを貸すことをサポートするサービスである。「借りる側」と「貸す側」に対し、ネットワーク上での2者間のスムーズな交渉を誘導し「借りる側」の要求を安全に満たすこと、また「貸す側」のメリットを引き出していくことをサービスの目的とする。「貸す側」「借りる側」双方が、定められた条項に合議し「もちつもたれつサービス」への会員登録を行い、「貸す側」は遊休資産となっているモノや利用者のメリットとなるモノをシステム上に登録し、「借りる側」の要求を待つことを基本とする。服や自転車、一過性のある幼児用の玩具など、様々な要求に対し「貸す側」と「借りる側」の条件が一致すると「サービス側」からの案内によって配送などの補助、誘導を受け、貸し借りが成立する。

提案するサービスの要求図とブロック定義図をそれぞれ図1, 図2に示す。

4.1 登録

会員登録終了後「貸す側」は自分が所有するモノの中から他人に貸すことができるモノの登録を行う。その際に貸して

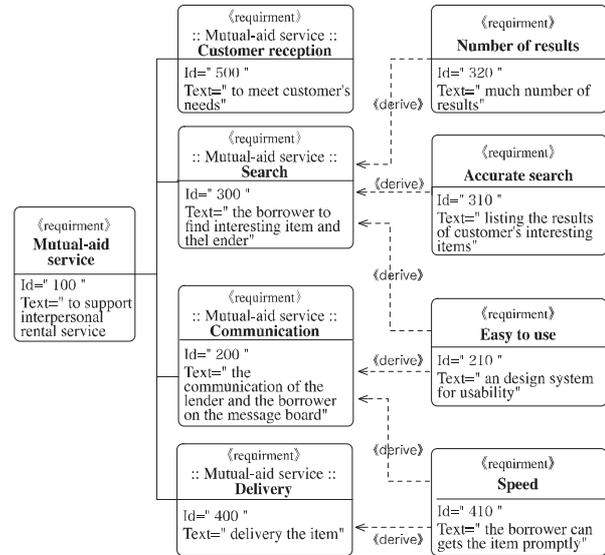


図1 要求図

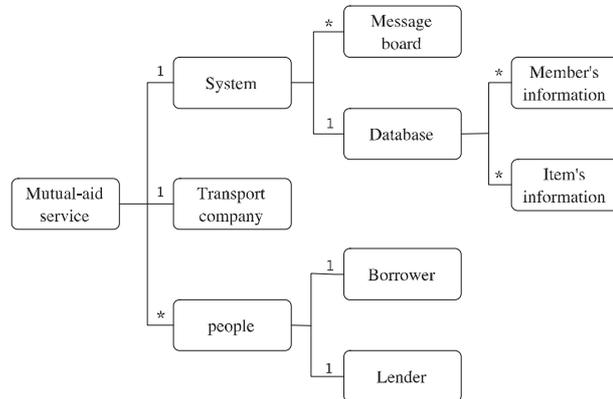


図2 ブロック定義図

もいいモノの、名前・写真・カテゴリの設定や状態などの補足説明といったモノの情報に加え、利用可能時間・金額・受け渡し方法・保証金等、モノを貸す条件の登録を行う。

4.2 検索

図3に「検索」におけるアクティビティ図、図4にシーケンス図を示す。「借りる側」は、フリーワードやカテゴリにより検索をかけ、目当てのモノを貸してくれる人を見つけ出す必要があり、「検索」はこのサービスのユーザインタフェースとして最も重要な項目である。フリーワードによるカテゴリ検索やダイレクト検索機能のほかに、条件による絞り込み機能や、似た製品・オスズの製品を表示するといった機能を搭載している。また、機能ごとにカテゴリ分けされた「機能分類」からの検索方法を考えた。機能分類からの検索では「移動に使用したい」「レジャーで使用したい」といった「借りる側」の欲する機能ごとに選択することが可能になる。例えば「借りる側」がキャンプで使用するモノを全て「もちつもたれつサービス」で借りたいという際に有効に

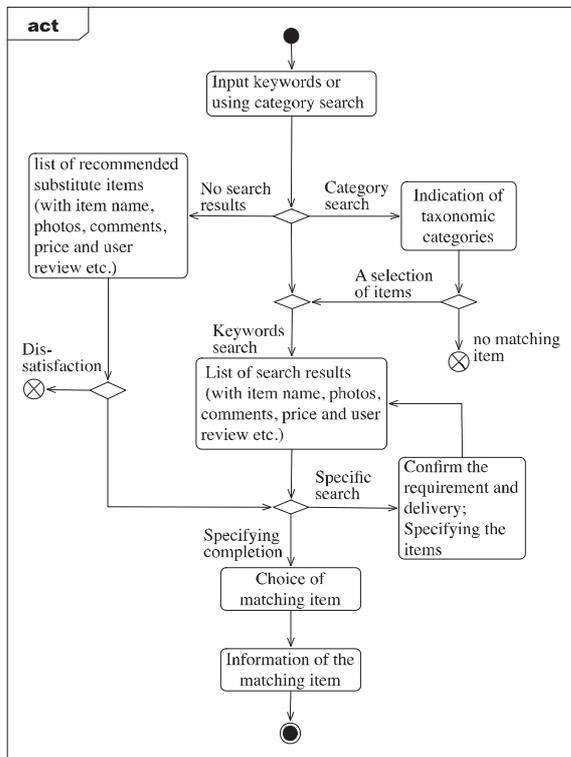


図 3 アクティビティ図

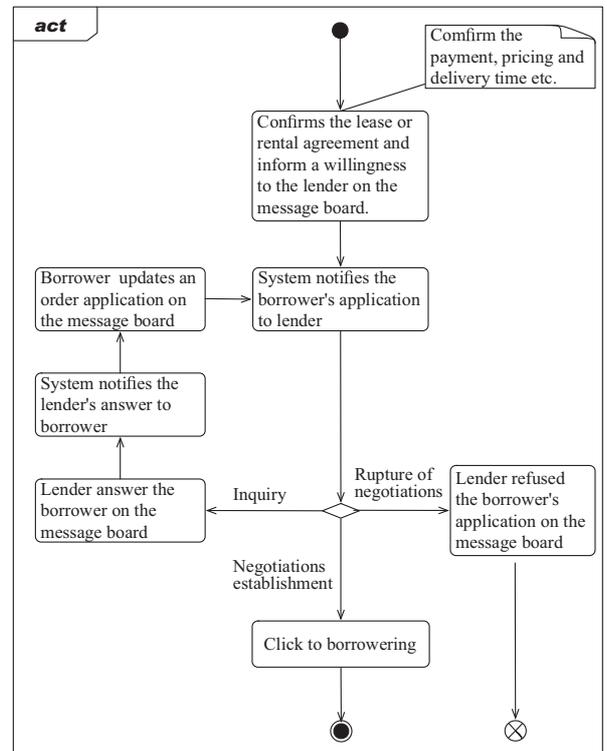


図 5 「連絡」のアクティビティ図

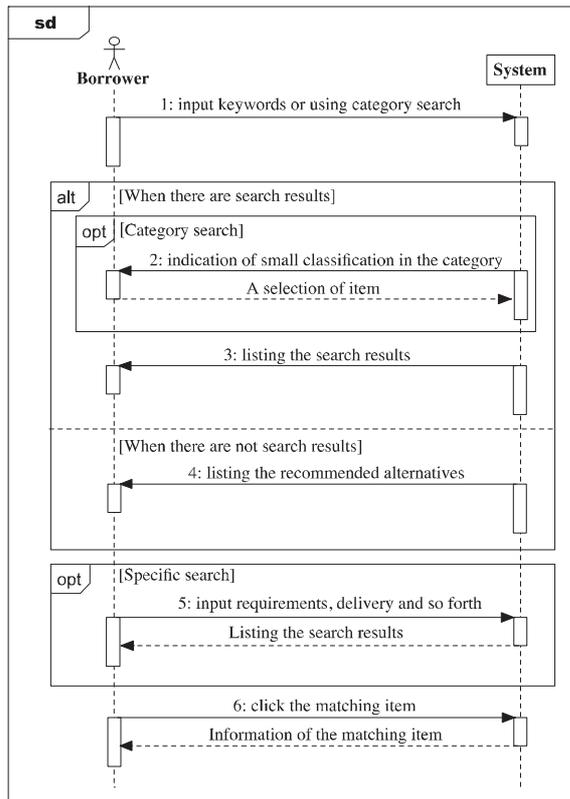


図 4 シーケンス図

コンロなどキャンプに必要な様々なモノを検索することができる。これらの機能により、容易に検索ができ、すばやくユーザの求めるものを提示すると共に、ユーザの潜在欲求を引き出すといった価値の高いサービスを提供できると考えられる。

4.3 検索

「連絡」におけるアクティビティ図を図 5、シーケンス図を図 6 に示す。図に示したように、特定された「貸す側」に対し「借りる側」がその意思表示を行う場合、システム上にある「相手との連絡掲示板」を利用し、相手とのやりとりを開始する。連絡掲示板に「借りる側」から連絡があった旨が携帯電話等にメールにて送られる。これにより、連絡掲示板を確認した「貸す側」は提示された条件を確認、ここで 3 つの判断により、フローを分ける。1 つは条件の不一致による「交渉の決裂」。この段階で新たな「貸す側」を選出するか、サービスの利用を諦めることになる。2 つ目は双方の条件が完全には一致していないが、調整が可能な場合である。この場合は、掲示板での書き込みを繰り返すことで合意を得る。3 つ目は双方の条件が合致し「貸す側」が貸すことを意思決定する場合である。この際、画面上の「貸す」をクリックする事で貸すことの意味表示と同時に双方で合意した受け渡しの方法が明示される。配送で受け渡しを行う場合、「システム側」からそれまで行われた「借りる側」と「貸す側」のやりとりを参考にした引き取り日時、場所そして受け渡し日時、場所などの配送計画が明示される。双方には相手の住所など

利用することができる。「レジャー」→「キャンプ」と機能ごとのカテゴリを移動することでテントやバーベキュー用の

の個人情報が開示されることは無い。この掲示板でのやりとりはシステムチックに「システム側」に監視されており、これによって取引を公的なモラルの上で成り立たせることができると考えられる。明らかに悪質なやりとりに対し、「システム側」が交渉の強制停止、ペナルティの発生などを行う。「借りる側」と「貸す側」の関係において感情の介入を避けたいと考える場合 AI 機能をもったシステム内の「エージェント」に交渉代行を行わせることも考えられる。「借りる側」はあらかじめ許容範囲をもった条件をシステムに入力することで、範囲内での交渉をシステムが行うというものである。

4.4 受け渡し

図 6 に「受け渡し」のアクティビティ図、図 7 にシーケンス図を示す。「もちつもたれつサービス」ではシステム経由での受け渡しと手渡しとの 2 種類の受け渡し方法を考えている。以下でそれぞれの受け渡し方法の詳細を示す。

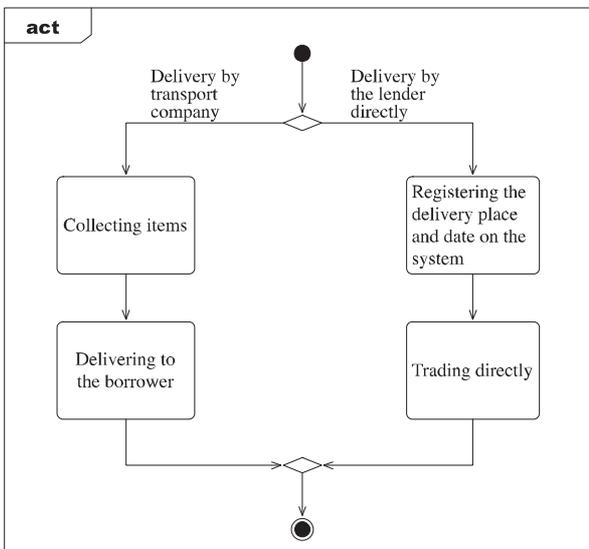


図 6 アクティビティ図

4.4.1 本システム経由で受け渡し

「もちつもたれつサービス」では「貸す側」と「借りる側」との直接的な個人情報のやりとりを極力行わないように運営を進めていく。そこで我々は既存のサービスの受け渡し方法とは違った、配送手続きの代行を考えた。具体的には「貸す側」から「借りる側」へ貸すという決定がされた際、その旨を「もちつもたれつサービス」へ送信することで、「もちつもたれつサービス」と提携した配送業者が「貸す側」へ集荷を行う。その後モノを「借りる側」へと配送する。同様に返却する際も「借りる側」へ集荷を行い、「貸す側」へと配送し返却する。この際に使用される氏名や住所などの個人情報は「もちつもたれつサービス」と配送業者間でのみ利用されるため個人情報を他人に譲渡する必要がなくなる。

4.4.2 手渡し

「もちつもたれつサービス」は「貸す側」、「借りる側」

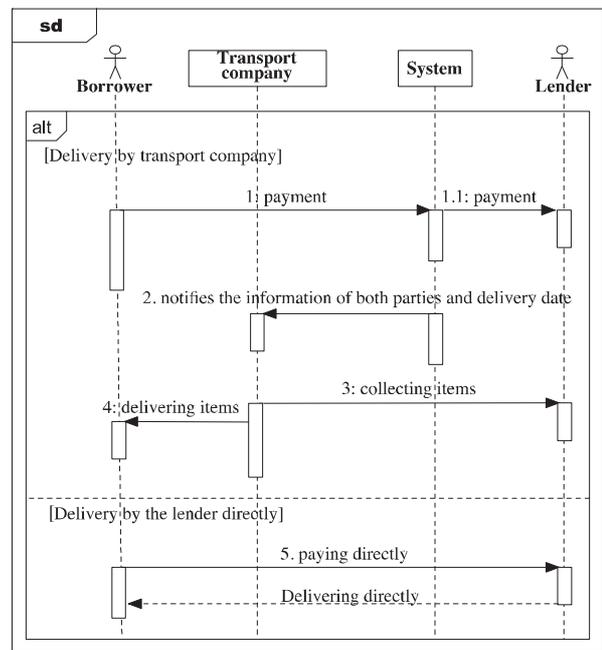


図 7 シーケンス図

を保護することを基本とするが、双方の合意がされる場合に限って、直接「手渡し」で受け渡しを行うことを可能とする。双方が理由を明確にした上で手渡しを要求し相手が合意した場合、システム上に手渡しする場所・時間などをエビデンスとして登録することで、手渡しが可能になる。

5 サービスシミュレーション

本サービスのシミュレーションは次の手順で実行する。

- ステップ1: 顧客のペルソナモデルの作成
- ステップ2: 顧客満足度関数の作成
- ステップ3: シミュレーションプラットフォーム ARENA 上にサービスシステムを構築する
- ステップ4: シミュレーションの実行と結果の評価

以下に詳細を述べる。

5.1 ペルソナモデル

サービス設計において、顧客が何を必要とし、何を望んでいるかを知ることが重要であることはサービスマーケティングの観点から重要である。これを知るには顧客を特定することができない状況では困難なことである。

このような状況で、ペルソナと呼ばれる顧客のモデルを作成し、顧客の特性をできるだけ詳細に具体化することで顧客を理解する方法が用いられる [11]。

本サービスシステムの設計には 6 体のペルソナを制作した。以下に 3 体の例を示す。

ペルソナ 1:
 [年齢] 65 才
 [性別] 女性
 [職業] 無職
 [性格] 温厚であるが、生活を楽しむことには積極的である。
 [趣味] ガーデニング、ジャムづくり、俳句、友人との語り
 [居住地] 東京
 [家族構成] 娘（別居）
 [収入] 月収 ¥110,000 と遺産相続による資産
 [日常生活] 近隣のクラブ活動を楽しんでいる。また、友人との交遊を楽しんでおり、一人暮らしながら生活をエンジョイしている。

ペルソナ 2:
 [年齢] 21 才
 [性別] 男性
 [職業] 大学生
 [性格] 活動的、休日は家で過ごさない。
 [趣味] 釣り、キャンプ、アウトドアスポーツ
 [居住地] 東京の郊外
 [家族構成] 一人住まい、両親と兄弟は大阪に住んでいる。
 [収入] 月収 ¥100,000、この収入は両親からの仕送りとアルバイトによるのである。
 [日常生活] 就職活動のため多忙である。良い就職先が見つかるかどうか不安に感じている。

ペルソナ 3:
 [年齢] 32 才
 [性別] 女性
 [職業] 主婦
 [性格] 素直で親切
 [趣味] 映画鑑賞、演劇鑑賞、ヨガ、テニス
 [居住地] 大阪
 [家族構成] 夫、娘
 [収入] 年収 ¥5000,000
 [日常生活] 友人とのテニスを楽しんでいる。

以上のペルソナについて共著者で討論し顧客満足度関数を記述した。以下にそれを示す。

5.2 顧客満足度関数

顧客満足度関数を数学的に記述する方法として、狩野モデルやプロスペクト理論を用いることが有効であることが知られている。特に、吉光らがサービスモデリングにこれらの考え方を導入しており、本研究ではこれを用いている。[12]、[13]

本研究で用いた顧客満足度関数を以下に示す。

$$S = \frac{1}{1 + e^{-a(av-b)}} \tag{1}$$

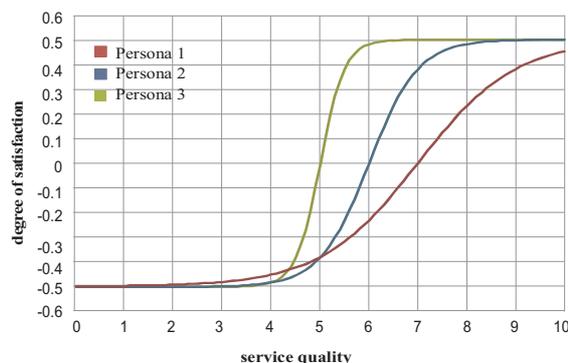


図 8 顧客満足度関数

式(1)において変数 S は顧客満足度関数（期待値）であり、変数 v は価値に関する変数である。定数 a と b は顧客の特徴を顧客満足度関数に反映させるためのパラメータである。この値はペルソナの特徴から想定して決定した。

図 8 に先に示した 3 体のペルソナに対する顧客満足度関数の値を図示した。

6 シミュレーション結果

以上までで設計したサービスシステムの有効性を離散事象シミュレータ ARENA を用いて検証する[14]。検証のためのパラメータなどを表 1 と表 2 にまとめて示す。

表 1 顧客に関する値（借り手）

	Persona	Occurrence	Speed of delivery			Quality of goods		
			concern	expectation	priority	concern	expectation	priority
Urgent	1	0.3	7	2	80[%]	2	3	20[%]
	2	0.45	10	1	50	3	3	50
	3	0.25	8	2	70	3	2	30
Normal	1	0.3	1	7	30	5	6	70
	2	0.45	2	6	40	6	7	60
	3	0.25	4	5	50	4	7	50

表 2 顧客に関する値（貸し手）

	Persona	Occurrence	Speed of delivery			Quality of goods		
			concern	expectation	priority	concern	expectation	priority
Urgent	4	0.4	5	5	40[%]	7	7	60[%]
	5	0.2	8	7	60	6	8	40
	6	0.4	6	6	50	7	7	50
Normal	4	0.4	5	5	30	8	8	70
	5	0.2	8	7	50	7	9	50
	6	0.4	6	6	40	8	8	60

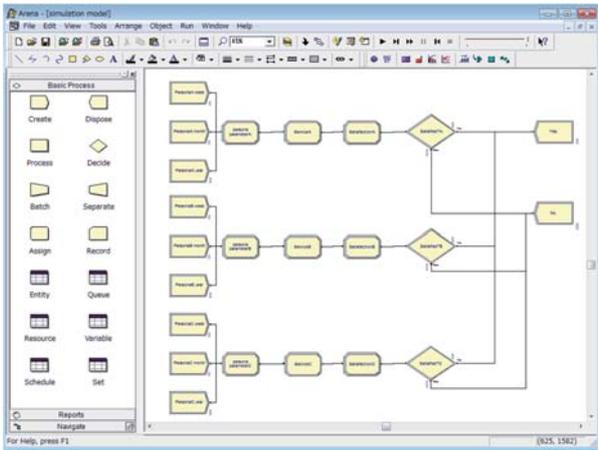


図 9 シミュレーションモデルのスナップショット

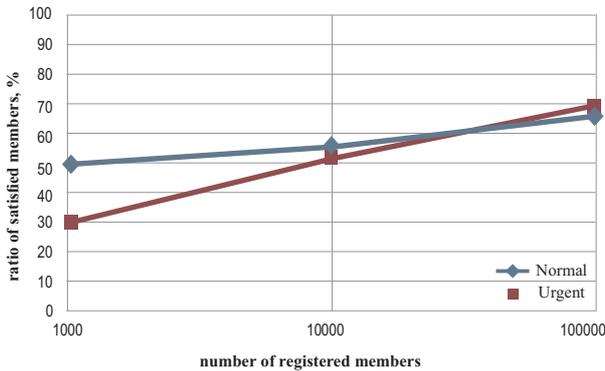


図 10 シミュレーション結果 (借り手, ケース 1)

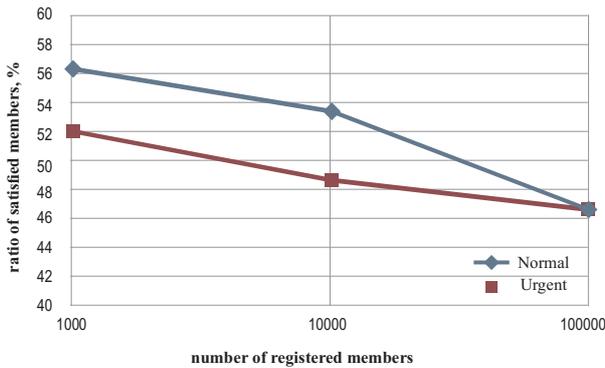


図 11 シミュレーション結果 (貸し手, ケース 2)

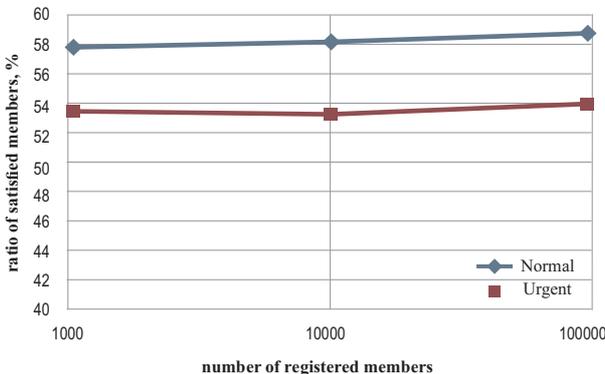


図 12 シミュレーション結果 (貸し手, ケース 3)

図 9 は AREN 上のシミュレーションモデルのスナップショットである。

まず、登録顧客の数は 1000, 10,000, 100,000 の 3 通りを考えた。登録顧客の数が増えると、必要なものを借りる相手が見つかる確率が高くなり、結果として借り手の顧客満足度が高くなるように条件を設定した。また、借りる物の品質も顧客数の増加とともに良くなるものと設定した。

シミュレーションはケース 1 からケース 3 までの三種類とした。

ケース 1: 借り手の顧客満足度 (図 10)

表 1 に示す 3 種類のペルソナのパラメータについてシミュレーションした結果である。シミュレーションにおける発生頻度とは、借り手の発生頻度を意味する。

ケース 2: 貸し手の顧客満足度 (図 11)

表 2 に示す 3 種類のペルソナのパラメータについてシミュレーションした結果である。このシミュレーションでは、貸し手が貸すことの対価に期待しないことを前提としてシミュレーションした結果を示している。

ケース 3: 貸し手の顧客満足度 (図 12)

この例は、ケース 2 とは異なり貸し手が貸すことの対価を期待する場合の結果を示している。

図 10 と図 11 を比較すると、登録者数の増加に対する顧客の満足度が貸し手と借り手で異なることがわかる。登録者が増えると、登録されている物品の種類が増え、また量も増えることから、質が高いものを早く借りられる場合が増えることから借り手の顧客満足度は高くなっている。一方、貸し手側からすれば、登録者が増加すると物品が正常に返却されない場合も増えることや、貸出価格が低下することなどから顧客満足度が減る状況を示している。図 12 は貸し手が貸出価格を期待しない場合であり、顧客満足度は登録者数とは関係しないことがわかる。

7 おわりに

平成 24 年度の産業技術大学院大学におけるサービス設計に関する PBL の成果を取りまとめて報告した。本プロジェクトを実施することで、学生は SysML によるモデリングを効果的にサービス設計に用いていることがわかる。また、離散事象シミュレータを用いたシミュレーションにより設計したサービスシステムについて有効性などを推定することができた。

参考文献

[1] Erik Hollnagel, 安全文化ーセーフティ・マネジメントとレジリアンス・エンジニアリング, 第 I 部 20 周年記念講演集, 3/44

- [2] Hollnagel, E., Woods, D.D., Leveson, N., 2006, Resilience Engineering: Concepts And Precepts, Ashgate Pub Co.
- [3] P. F. Drucker, ポスト資本主義社会 10 章, ダイヤモンド社(1993)
- [4] Liang, T-P., Huang, J-S., An empirical study on consumer acceptance of products in electronic markets: a transaction cost model, Decision Support Systems Vo. 24, 1998, 29–43
- [5] Bauer, H. H., Grether, M., Leach, M., Building customer relations over the Internet, Industrial Marketing Management Vol. 31, 2002, 155– 163
- [6] Huang, Y., Chung, J-Y., A Web services-based framework for business integration solutions, Electronic Commerce Research and Applications Vo. 2, 2003, 15–26
- [7] Jøsang, A., Ismail, R., Boyd, C., A survey of trust and reputation systems for online service provision, Decision Support Systems Vo.43, 2007, 618– 644.
- [8] OMG SysML, OMG Systems Modeling Language, Version 1.2, <http://www.omgsysml.org/>.
- [9] 長瀬嘉秀, 中佐麻記子, SysML による組み込みシステムモデリング, 技術評論社(2011)
- [10] Tamura, Y., Nishigaki, H., Miyoshi, K., Huang, H., Kawata, S., 2012, A Proposal of Home Continuity Plan Service System, Modeling by SysML and Validating by Discrete Event Simulation, Proceedings of SICE Annual Conference (SICE), Yamagata, Japan, 20-23 Aug: 137 - 144.
- [11] Pruitt, J., Adlin, T., 2006, The Persona Lifecycle: Keeping People in Mind Throughout Product Design (Interactive Technologies), Morgan Kaufmann.
- [12] Yoshimitsu, Y., Hara, T., Shimomura, Y., Arai, T., 2006, Development of Service CAD System based on Service Engineering (24th report) –Evaluation method for Service in the point of customer’s view-, Proceedings of the 2006 JSPE Autumn Meeting, 993-994 (in Japanese).
- [13] Narui, T., Tateyama, T., Shimomura, Y., Kawata, S., “Design-value Tuning System for efficient Service Design”, The 22nd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2008 (in Japanese).
- [14] Kelton, W.D., 2009, Simulation with Arena (5th revised), McGraw-Hill.

社会人のためのプロジェクトマネジメント教育 —産業技術大学院大学における PM 教育の事例—

酒森潔¹⁾

Project Management Education for Business Person

— An example of PM education at Advanced Institute of Industrial Technology —

Kiyoshi Sakamori¹⁾

Abstract

Although it is important for each project to complete in success, Many projects end in failure. Because we are not given at the good opportunity when I can really utilize methodology and the tool which we learned by business, there are many examples to be forced to own way and the temporary management. Practice a simulation project whose scale is big and has environment applying various methodology and tools including project practice such as PBL unable students to aim for the being acquired a project management practice

Keywords: Project Management, PBL, Simulation, PM Competence

1 はじめに

産業技術大学院大学は産業技術分野での実践力の教育を目的として 2006 年に東京都が設置した専門職大学院である。学生の大半は企業に所属した社会人であり、企業で活用できる高い技術を得るために学習に取り組んでいる。

体系化した 40 以上の講義から各自のスキルや目的に合った講義を受講し、2 年次は希望する専門分野の PBL チームで 1 年間徹底的な PBL 活動を行う(図 1)。本大学院では修士論文の代わりに PBL 活動を修了要件としているが、これも PBL 方式による実践力修得を重要視したものである。

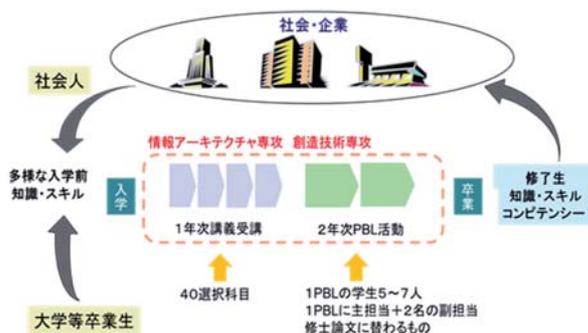


図 1 産業技術大学院のカリキュラム

情報アーキテクチャ専攻の教育課程も PBL 方式による教育を核として構成されている。1 年次は情報技術を網羅的に

2 PBL 教育の目的

2.1 PBL で教育するコンピテンシーとは

まず、修士論文に置き換えるほど教育の成果を評価されている PBL 教育の目的を考えてみよう。よく PBL の目的は学生のコンピテンシーを養う事であると言われている。社会でチーム活動ができる人間を育てようということから、産業界と連携するなどして実務で実際におこなわれている業務を学生に実施体験させることも行われている。

身につかせようとする「コンピテンシー」にはさまざまな定義があるが、教育のレベルを「知識」、「スキル」、「コンピテンシー」と分類するのがわかりやすい。知識とはそのことを知っているということであり、スキルとはその仕事を実践できる能力であり、コンピテンシーとは、特に優れた実践ができる人の行動特性のことである。

通常の講義や演習では、「知識」は身につけることができるが、「スキル」や「コンピテンシー」を身につけることが難しい。PBL 教育を行う理由は業務を実践するスキルや、さらにその分野の高度な業務遂行ができる「コンピテンシー」

Received on 2013-10-10

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

を身に付けさせるようことにある

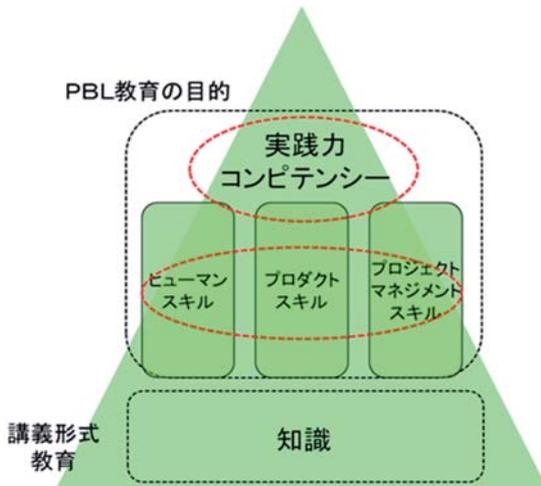


図2 PBL教育の目的

2.2 PBLで教育したい能力の分類

PBLの目的は学生に業務を実践できる能力を身に付けさせることともいえるが、その能力は大きく3つに分けることができる。一つ目は、計画にしたがって作業を進めることができる「プロジェクトマネジメントスキル」、2つ目はそれぞれの成果物完成させる「プロダクトスキル」、3つ目がチームや関係する人との間をうまく進める「ヒューマンスキル」である(図2)。

プロジェクトマネジメントスキルは計画にしたがって仕事を進める能力と言われているが、プロジェクトは「有期性」と「独自性」という特徴を持っている。言い換えるとこれまでになかったことが無い仕事を決められた期間内に行うというものである。したがって最初に計画を立てることも難しいし、計画通りにいかないことが数多くある。プロジェクトマネジメントの能力はこのような初めて行う業務を予定通り進める能力である。

プロダクトスキルは、成果物を作成するスキルである。その成果物によってそれを完成させるための異なった手法が存在する。このスキルは技術的な要素が強くそれぞれの分野に関する知識に大きく依存するものである。たとえばソフトウェア作成の分野ではウォーターフォールモデルやアジャイル開発モデルなど開発手法を理解し実施する能力がその例である。

ヒューマンスキルはその名のとおり人間力のことであり、コミュニケーション能力が最も議論されることが多いが、ネゴシエーション能力、コンフリクトマネジメント、エクスペクテーションマネジメントなどもヒューマンスキルである。また、マネジメント能力だけではなく、人をひきつけ引っ張っていくリーダーシップもヒューマンスキルの一つとされる。

これらの3つの能力はお互いに強く関連し合うものであり、

どの要素も無くてはならないものである。しかし、PBLの目的によってどの能力を主として教育すべきか焦点を当てることは可能である。たとえば、高校や大学の学部では、コミュニケーションやチーム活動の能力の教育に焦点を当て、即戦力となるプログラミング力を身に付けさせたいPBLではプロダクトスキルに焦点が当たっている。

2.3 コンピテンシーの教育

先に述べたようにコンピテンシーとは、単にものを知っているとか、ある作業を実施できるというだけでなく、ハイパーフォーマーと呼ばれる人の卓越した実践力のことである。したがって、コンピテンシーの教育をするためには、ただ何かを実践する訓練を行うだけでなく、高い行動力を身に付けさせる必要がある。

PBL活動でこれを実現するには、チームに与えるテーマ、チーム構成、作業環境、期間、指導者など様々な視点で、教育の目的が知識や実践力だけでなく、コンピテンシーを教えるものであるという認識が重要になる。

2.4 PBL活動の制約

PBL活動は企業内で行われるOJT(On The Job Training)等とは違い実際の現場で行うものではない。そこには実環境とは違った制約条件も存在する。中でも最大の制約は期間と作業工数である。教育の期間は限られており、また参加できる要員数も実社会と比較すると十分ではない。

例えば産業技術大学のPBLは修士の学習期間の半分を費やす規模のものであるが、チームで集まれる時間は週に9時間、自宅作業時間を入れても週に18時間という活動時間である。これを1年間続けても社会人の仕事に費やす時間に換算しても3ヶ月程度の仕事量である。5人のメンバーで実施するとしても15ヶ月の規模となる。もちろん実社会の業務においてもこの大きさの仕事は存在するが、大規模な実社会の仕事と同じレベルの作業は求められない。

チームメンバーやそのほかのステークホルダーの所属やお互いの関わり合いも実社会とは大きく乖離している。PBLのメンバーは同じような学習意欲を持つ上下関係の無いフラットな関係であり、大学の教員が指導者が活動を支援している。顧客や上司といったステークホルダーは存在せず、成果物に対する完成責任も実社会とは考え方の違いがある。

さらに、PBL活動では修士を与えるための学習成果を把握するために、学習の成果を客観的に評価する仕組みが組み込まれている。たとえば、通常作成する会議の議事録などのプロジェクト活動に必要な文書とは別に、修士としての評価のための作業報告書や学習の進捗に関するアセスメントの作成などが求められる。また、活動内容を学会などで発表するといったことも奨励されており、社会におけるプロジェクト活動とは異なった作業も存在する。このような様々な学生生活に依存する資料作成のための学生負荷もPBL方式の学習の制約である。

3 PBLによるプロジェクトマネジメント教育

3.1 プロジェクトマネジメントを学ぶ PBL の考慮点

それでは、このような PBL 教育によってプロジェクトマネジメントの能力を身に着けさせるためにはどのような考慮点が必要であろうか。PBL は文字通りプロジェクト活動がベースとなった教育手法であり、プロジェクトマネジメントを必要としている。PBL の最終目標が 2.1 で述べたようにソフトウェア開発力のようなプロダクトスキルであったり、コミュニケーション力などに代表されるヒューマンスキルであってもプロジェクトマネジメントの実施が必要であり、言い換えるとすべての PBL 教育でプロジェクトマネジメント能力を育成することが可能である。

しかし、ここではプロジェクトマネジメントのコンピテンシーの育成を第一目標とした PBL 教育について議論したい。限られた PBL 活動の時間をプロジェクトマネジメントの学習に集中し、成果の高い教育を行うにはどのような方法が考えられるだろうか？

もちろん、プロジェクトマネジメントの能力といってもいろいろなレベルがある。たとえば、小学生や中学生に教えるようなプロジェクトマネジメントのリテラシーといったもの、新入社員に教えるチームでのリーダーシップといったものもプロジェクトマネジメント能力の一つである。さらには、複雑な状況下においてもうまくプロジェクトを実施できる課題対応力といったコンピテンシーもプロジェクトマネジメントの能力の一つとされている。

このような多様なプロジェクトマネジメント能力の育成が考えられるが、ここでは実務レベルの大規模プロジェクトを実施するプロジェクトマネジメントコンピテンシーの育成方法に焦点をあてて議論する。企業において最も重要であり欠けているのが、大規模なプロジェクトを任されるプロジェクトマネジャーの教育といえるからである。

3.2 プロジェクトマネジメントコンピテンシー

まず、プロジェクトマネジャーのコンピテンシーを育成するにあたって、教えるべきコンピテンシーとはどのようなものなのか定義する必要がある。その定義をするにあたってはプロジェクトマネジメントについて世界でもっとも権威のある団体である PMI(Project Management Institute)が発行した PMCDF(Project Management Competency Development Framework)[5]が広く知られている。PMCDF の定義では、PM のコンピテンシーは「知識」「実践力」「人間力」に分類されている。コンピテンシーはこれらの能力の総合力であるとしており、知識やスキルも含めた幅広い意味も持っている。そこで、「知識」「実践力」「人間力」という視点でどのように教育方法があるか考えてみよう(図 3)。

まず、知識は教育や経験によってもっとも教育しやすいも

のである。ただし、大学までの教育カリキュラムの中で体系だったプロジェクトマネジメントの教育が行われている例は少なく、企業での社内教育にゆだねられている。しかし、多くの企業ではプロジェクトマネジメントを教育によって教えるというより、実務経験によって身に付けるものとしている。もちろん知識を定着させるためには経験は重要な要素であり、企業における経験による教育は、プロジェクトマネジメント教育の核となっている。

実践力も知識を教えることから始める必要があるが、実際の実務を正しく実践することで身に付くものであり、その能力向上には個人を取り巻く環境や経験が大きく影響する。先にあげたプロジェクトマネジメントの団体 PMI では「良い実務慣行」をまとめた PMBOK®Guide[4]を発行している。これはプロジェクトマネジメントのバイブルともいわれているが、ここに記載された手法をそれぞれのプロジェクトに合わせて適用する能力がプロジェクトマネジメントの実践コンピテンシーであるとしている。

3つめの人間力の教育も、ただ知識を教えるというだけでは身に着くものではない。この能力は、個人の持って生まれた資質に依存し教育することは難しいという説もあるが、環境や経験によって十分育成可能なものとする。ただし、現在のところどのような手段や仕組みで教育すればよいかその方法が確立されておらず、良い環境の中で良い先輩について学ぶものとされている。

プロジェクトマネジメントのコンピテンシーの育成は、これらの3つの要素をそれぞれ独立して行うものではなく、相互に関連し合ったものでなければならない。それぞれの要素の教育に共通に出てくる「良い経験を積む」という事がもっとも効果的な方法であると想像できる。

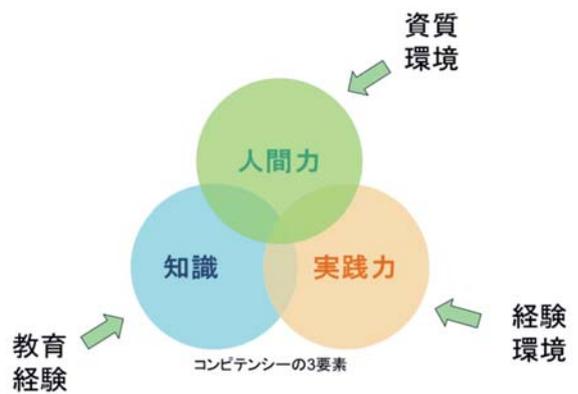


図 3 PM のコンピテンシーと教育方法

プロジェクトマネジメントはそれぞれのプロジェクトに合わせて知識やスキルを正しく適用できる能力だとも言われている。したがって、数多くのプロジェクトを経験することが最も効果的な PM の育成方法である。いろいろな修羅場を体験させて初めて一人前のプロジェクトマネジメントが出来る

るようになるということである。企業では大きなプロジェクトに入って、先輩 PM の活動に接しながら経験を積んで良い PM が育っていくと考えられた。しかし、昨今プロジェクト規模が小さくなって、先輩の経験を見ることなく一つのプロジェクトを任されるケースが増えている。このような環境から企業活動の中で PM 教育を行う事が難しいとされている。

3.3 PBL 活動に求められるもの

それでは、このようなプロジェクトマネジメントの教育に専門職大学院の PBL はどのように役にたつのであろうか。

PBL 活動でプロジェクトマネジメントの教育を行う目的は、学生に創造力を身に付けさせる、できるだけ多くの事例を経験させる、予想できない突発的な状況に対応する訓練を多く取り入れることなどが考えられる。また高いレベルのコンピテンシーを身に付けさせるためには、実務レベルの作業を経験豊かな指導者によって指導することも必要である。

4 産業技術大学院大学の PM 能力修得の PBL

4.1 シミュレーション型 PBL

産業技術大学院大学では、大規模なプロジェクトに対応できるプロジェクトマネージャーを育成するため、PBL を活用している。それは、現場レベルのプロジェクト活動を、限られた環境で実践できるシミュレーション型 PBL である。シミュレーション型教育は実環境を作れないような業務の訓練に様々な業界で取り入れられている。

たとえば操縦士が利用するジャンボジェット機のフライトシミュレータはその代表的な例である。パイロットはいきなり操縦桿を握るのではなく、シミュレータで操縦訓練を十分に行ったのち空に飛び立つのである。もっと身近な例としては自動車学校の教習所があげられる。自動車免許を取得するには、座学で知識を覚えたのち教習所のコースで様々な運転の訓練を行う。使用する自動車そのものはシミュレータではなく実際に道を走っている車であるが、教習コースは実社会の交通環境をシミュレーションするものといえる。

プロジェクトマネジメントも、本来は模擬環境での訓練を

十分に積んだのち実務に携わるべきである。このような訓練を行わずに OJT と称していきなりプロジェクトマネジメントを任されていることが、プロジェクトの失敗の要因の一つともいえる。

PBL による教育は教育現場において、実際のプロジェクトを経験することで実践力を養うものとされており、模擬的なプロジェクト実施では十分な教育はできないという考え方もある。しかし、高度で複雑な実環境での業務を教育するには、事前にシミュレーション型の教育を行う事も重要といえる。大規模プロジェクトのマネジメント教育のためにはシミュレータ型の PBL の実施は大変効果が期待できるものである。

4.2 産業技術大学院大学におけるプロジェクトマネジメントを学ぶ PBL

産業技術大学院大学ではプロジェクトマネジメントの教育として PBL でシナリオ型の模擬プロジェクトを実施している。ここではその概要について紹介する。

この模擬プロジェクトは、100 人月規模のシステム開発プロジェクトを 15 のステップに分けて実施するものである(表 1)。ストーリーは、架空のコーヒー飲料メーカーのシリアス社が自社の戦略に従った「ポータルシステム構築プロジェクト」を開始するところから始まる。ステップ 1 とステップ 2 は発注者側に立ったプロジェクトの RFP を作成するプロセスである。

ステップ 3 からステップ 7 まではベンダー企業であるパイナップル社が RFP に基づいたプロジェクト計画を作成する場面である。ここでは学習者は、プロジェクトマネジメントの基本に沿って、スコープ定義、WBS の作成、スケジュール作成、要員計画、コスト計画という一連の作業を進めていく。各ステップでは事前学修問題やそのステップの学習目標などが指示され、さらにフローチャートで作業の進め方を示しているのでこれまでにプロジェクトマネジメントの経験が無い初学習者でも、正しいプロジェクトマネジメントプロセスを学ぶことができる。

ステップ 8 から 14 まではプロジェクトの実施場面でプロ

表1 模擬プロジェクトのステップ構成

立上げ	計画	実行と監視コントロール	終結
<p>1.発注者プロジェクト企画と立上げ 2.発注者のプロジェクト背景の理解</p> 	<p>3.プロジェクトの立案 4.要員計画とコスト見積 5.リスクマネジメント計画と提案書作成 6.提案活動と契約締結 7.契約締結後のプロジェクト計画書の見直しと協力会社との契約</p>	<p>8.プロジェクト計画の完了と実行開始 9.デザインレビューの計画と実行、変更管理 10.テスト計画・品質計画 11.進捗管理・リカバリー報告実施 12.仕様凍結後の変更要求対応 13.移行計画 14.結合テスト・受入検収テスト</p>	<p>15.本番移行・プロジェクト終了・完了評価</p> 

プロジェクトマネジメントの管理業務を経験する。ここではプロジェクト実施中によく発生する障害が準備されており、学習者はその障害に対する判断を求められる。

ステップ 15 でプロジェクトは終結するまで、ステップごとの目標や作業プロセスが指示されているので、学習者は正しいプロジェクトマネジメントプロセスを体験することができる。

各ステップではさまざまな資料が準備され、学習者はそれらの資料を見ながら、指示されたプロセスを実施し成果物を作成する。その成果物は後のステップで使用されるものがあるが、後のステップでは学習者が前のステップで作成したものは使わず、事前に準備された模擬プロジェクトのストーリーに合ったものを使用する。こうすることで、模擬プロジェクトのストーリー展開を崩さず、学習の質を高めることを目指している。学習者にとっても、安心して実務ではできないようなチャレンジをすることが出来るのである。

図 5 に例としてステップ 3 の作業の進め方を示すフローチャートを示す。学習者は与えられたプロジェクト憲章やプロジェクトスコープ記述書などをインプットとして、検討を繰り返しながらプロジェクトスコープ記述書や体制図などを作成する。ただ成果物を作成するだけでなく、フローチャートの最後の指示のように作成した WBS やスケジュールの上司レビューを行うプロセスもある。

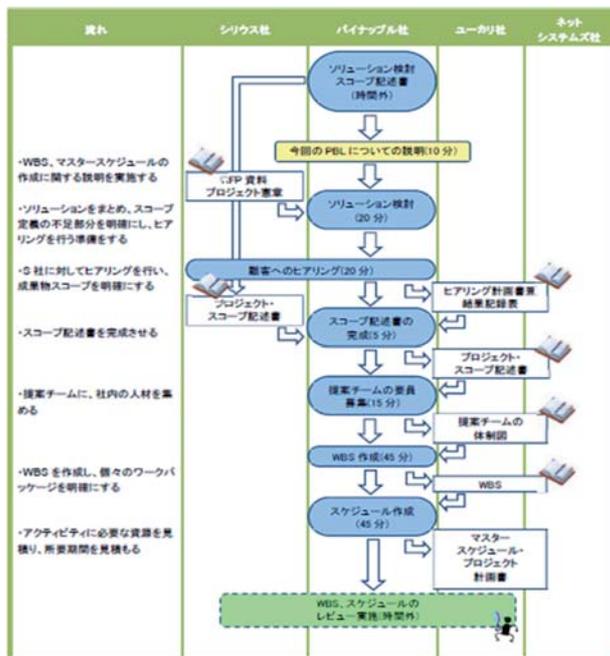


図 5 ステップ 03 プロジェクトの立上げ

学習者はすべてのステップで、実プロジェクトと同じレベルのドキュメントの作成や、上司レビュー、顧客説明などの場を体験する。

4.3 模擬プロジェクトのまとめ

全工程の中に準備されているインプット資料は 50 種以上、作成するドキュメントは 60 種類に及び、上司レビュー18回、テクニカルレビュー5回、チーム会議 53 回、顧客報告 18 回を体験する。学習者が作成するプロジェクトマネジメントのための各種文書はそのテンプレートが準備され、短期間で高いレベルの成果物作成が可能である。PBL の指導者が上司役や顧客役になって実務のシミュレーションを行なうことで、実プロジェクトと同様の臨場感でプロジェクトを実施することも可能になっている。

模擬プロジェクトは、このように様々な状況下でのプロジェクトマネジャーの判断やマネジメント業務を体験できるよう工夫されている。受講者は全員がプロジェクトマネジャーという立場で各場面の課題に取り組み、お互い意見交換をしながらプロジェクトマネジメント業務をこなしていく。

4.4 シミュレーション型 PBL のメリット

このような模擬プロジェクトをシナリオに沿って実施して行くシミュレーション型の PBL には、次のようなメリットがある。

4.4.1 プロジェクト活動において標準的な正しいプロセスを学ぶことが出来る

教科書で学んだプロジェクトマネジメントの基本的なプロセスを実務で実行しようとしても、どのように実施してよいかわからないことも多い。そのためにプロジェクトを実際に経験することが重要であるが、経験したプロジェクトでは正しいプロセスを網羅的に実施しているとは限らない。したがって、正しいプロセスを知らずに自己流でプロジェクトマネジメントに携わり失敗をするケースも多い。

このような失敗をしてこそコンピテンシーが身に付くという考えもあるが、まずは正しいプロセスを訓練したのち実務で体験すべきである。

4.4.2 短時間で多くのプロジェクトマネジメント要素を体験できる。

プロジェクトマネジャーのコンピテンシーに限らず、一般にコンピテンシーを身に着けるには、場数を踏むことであるとされている。つまり数多くの経験をするのがコンピテンシーを身に着ける方法であると言われている。しかし一つのプロジェクトを実施しても学べることは少なく、数多くのプロジェクトを経験して、プロジェクトマネジメントとしての判断材料の「引き出し」が充実するのである。しかし、この考えだとコンピテンシーを身に着けるには長い年月が必要となるのである。

シナリオ型 PBL はこの問題の解決策の一つを提供する。模擬プロジェクトであれば、限られた期間に多くの経験を組み込むことが可能なのである。自動車教習所の狭いコースで実際の道路で必要な、踏切発進やクランク、縦列駐車など様々な要素を体験できるように、シナリオ型模擬プロジェクト

トでは短い時間に、多くの体験をすることができる。

4.4.3 チームで話しあいながら実務レベルの成果物を作成したり判断したりすることができる

OJT などの実プロジェクトでは、自分で判断することが必要なケースが多い。したがってベテランがメンターとしてプロジェクトマネジャーを指導するケースも多い。しかし、この模擬プロジェクトにおいては、チームでプロジェクトマネジメントの活動を話しあいながら進めることができる。教師はメンターとしての役割を持つが、グループで議論しながら進めることによる学習効果は教員の指導に勝るものがある。

4.4.4 プロジェクトの失敗を恐れず実行ができる

実プロジェクトは計画にしたがってプロジェクトを予定通りに成功させることが第一の要件である。したがって、できるだけリスクは避け確実な方法を選択しがちである。新しい技術が生まれても、最初にその技術を利用するのは控えて、技術がある程度こなれたら採用するというのが一般的である。

しかし、模擬プロジェクトでは失敗を恐れる必要は無い。自分が最も良いと判断した方法を選択して進めることができる。企業ではまだ実用化されていない新しい技術にチャレンジできるのも模擬プロジェクトの活用ポイントである。

4.4.5 学生の評価を行う事が実プロジェクトよりも容易である

OJT など実プロジェクトを使ってプロジェクトマネジャーの訓練をした場合、その達成度を測ることが難しい。実プロジェクトは様々な制約や環境があり、それを達成したとしても客観的な評価指標を策定することが難しい。

これに対して模擬プロジェクトは、受講者の評価指標を埋め込むことが可能である。必要であれば各プロセスを実施するための前提知識の確認試験を行っても良いし、多くの受講生が同じ模擬プロジェクトを実施することで、評価指標を改善していくことも可能になる。

4.5 シミュレーション型 PBL のデメリット

もちろん、シミュレーション型 PBL にはデメリットもありそれに対してはそれぞれ次のように考えている。

4.5.1 実際にプロダクトを作成しない

模擬プロジェクトは確かに成果物を作成しない。プロダクトプロセスはダミーの張りぼてになっている。実際の環境では何が起るかかわからないので、そのような想定外のものに対応出来る能力を身に付けさせるのは PBL の本来の目的であるという意見もある。

しかし、逆にプロダクトを作成しないことによるメリットも大きい。ハリウッドの映画撮影ではハリボテのセットによって、様々な感動的なシーンを撮影できるのである。模擬プロジェクトの良さを最大限に生かすことで、実環境で無いというデメリット以上のものがある。

大学生レベルで実環境の体験が目的であるような PBL は、実環境がより良い効果を得られるがプロジェクトマネジメン

トの教育は模擬的な環境での高い効果が期待できる

4.5.2 シナリオに従って進めるため学生の創造性の訓練にならない

シナリオ型の模擬プロジェクトは、シナリオに沿って進めればよいので、受講者はあまり考えることなく実施できるので「創造力」を養うことが難しいかもしれない。

しかし、まずはシナリオを提示して正しいプロセスを教えることが最優先である。シナリオ型の PBL でも、シナリオの各ステップの中で小刻みな課題を与えており、十分な実務レベルの創造性を訓練することが可能である。

5 まとめ

産業技術大学院大学においてはこのようなシミュレーション型の PBL を 7 年間実施してきた。のべ 40 人の社会人学生がこの PBL でプロジェクトマネジメントを学び、実務で活用している。その結果プロジェクトマネジメントを体系的に実践練習できたことが最も多い学生の評価である。今後も、シミュレーションの状況設定を多く準備し実務レベルのプロジェクト活動により近づけ、PBL 教育の評価方法の確立を継続して実施して行きたい。

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, 2012
- [2] 酒森潔, PBL によるプロジェクトマネジメント教育, 日工教講演論文, 2013
- [3] 酒森潔, 情報処理 Vol.53 No.5 May, 産業技術大学院大学情報アーキテクチャ専攻の PBL, 2012
- [4] Project Management Institute (PMI), PMBOK® Guide Ver5, Project Management Institute (PMI), 2012
- [5] Project Management Institute (PMI), PMCDF Ver2, Project Management Institute (PMI), 2007

ランニングプロトタイプ “Super Cell” のモデル製作

及び開発プロセスの研究報告

小山 登¹⁾ 村尾 俊幸²⁾ 村田 桂太¹⁾ 相馬 利昭¹⁾ 大屋 周¹⁾ 今城 孝文¹⁾ 松本 和也¹⁾

Study for Developing Design Process through Making of Running Prototype Model “Super Cell”

Noboru Koyama¹⁾ Toshiyuki Murao²⁾ Keita Murata¹⁾ Toshiaki Soma¹⁾ Amane Oya¹⁾

Takafumi Imagi¹⁾ and Kazuya Matsumoto¹⁾

Abstract

This paper summarizes the results of a project by research funds, which was given at the Advanced Institute of Industrial Technology (AIIT) in the academic year of 2012. The project theme is based on the development for running prototype model of PBL outcome. It called that the study for developing design process through making of running prototype model “Super Cell”. This has been made possible multi-direction movement by use of a new unique chassis. And also, it is trial for student to learning a professional skill process through making running prototype model such as “Super cell” model.

Keywords: Running Prototype, Design Process, Mobility, Presentation Tool

1 はじめに

今回の研究テーマは、平成 24 年度の傾斜的研究費（全学）のテーマである「PBL 成果モデルのランニングプロト開発及び製作」の研究成果をベースに発展させまとめたものであり、研究テーマを「ランニングプロトタイプ “Super Cell” のモデル製作及び開発プロセスの研究報告」とした。

本学では、2 年次になると PBL (Project Based Learning) として、チーム毎に 1 年間の課題解決型プロジェクトを実施し、実務遂行能力（コンピテンシーと呼ぶ）を育成することが大きな特徴となっているが、今回の研究では、本来の研究者に加え、この PBL の主に後半で実施される、ものづくりのトレーニング教育を兼ねて、ものづくりに興味を持っている 1 年生の有志に、ものづくりのプロセスを経験させるということを試みた。特に創造技術専攻では、アイデアを具現化し、新しい造形や新しい価値観を顧客に対し提案するという人材を育成することを目的にしているため、このことを意識

した教育プロセスは重要であり、今回のプロセスではプロフェッショナルな教育思想を随所に織り込んだ新しい材料やものづくりの手法、更には新しいプロセスにも取り組んだ。

この研究プロジェクトに取り組んでいただいた研究者並びに学生は以下の通りである。

研究代表者： 小山登（総合プロデューサー&デザイナー）
研究分担者： 村尾俊幸（プロデューサー&設計）
研究協力者： 村田桂太（製作デザイナー&設計）
学生協力者： 相馬利昭，大屋周，今城孝文，松本和也
矢口雄大，高橋純一，徳永康介
（製作スタッフ）

次に、ランニングプロトタイプモデルとして開発したプロジェクト “Super Cell” は次世代のモビリティとしてデザインされたが、詳しくは 2 章で紹介する。

2 プロジェクトの概要

2.1 “Super Cell” のコンセプト

このプロジェクトは、スマートコミュニティ社会を意識し

Received on 2013-10-10

- 1) 産業技術大学院大学
Advanced Institute of Industrial Technology
2) 早稲田大学
Waseda University

た都市空間におけるトランスポーターとしてのパーソナルモビリティと位置づけ、ユニットバッテリー（Cell）で駆動し、都市空間におけるコミュニティー内を、自由自在（Super Movement）に動き回ることができるという新しい時代の乗り物として考えた。

このパーソナルモビリティの計画寸法諸元は、以下のよう
に考えている。

＜Super Cell の寸法諸元＞

- 全 長： 2900 mm
- 全 高： 1500 mm
- 全 幅： 1600 mm
- W/B： 1900 mm
- Tread： 1275 mm
- Power Unit： リチウム電池とホイールインモーター

（注）これらの諸元は、あくまでも仮定のもので、実際の
目的沿っての変更は可能。

2.2 “ Super Cell ” の特徴

コンセプトにもあるように、自由自在に動くということを実現するために、様々なシャシーを調査・研究し、この車両にふさわしいか検討を重ね、その結果、この車両に最もふさわしいシャシーを見つけ出すことができた。この調査には、研究分担者の村尾先生にご尽力いただき、幅広く、いろいろな分野にわたり調査していただき、改造を前提で、あるメーカーのメカロボット（当時は試作機）にたどり着いた。

それは、（株）土佐電子のメカナムロボットで、その試作ホイールとキットを改造して使用することにより、この車両のユニークな動きを実現している。その結果、このモビリティの動きは、タイヤをステアすることなく全方向（前進、後進はもちろん、斜め前進・後進、左進・右進、左右回転など）自由自在の動きが可能となっている。

また、このパーソナルモビリティのユニークなシャシーの操作は、Android 端末を利用して、タッチパネルでの簡単な操作、すなわち、全方向の矢印アイコンにより操縦できるように工夫してある。これは、ラジコンの操作のように熟練性を問わずに、誰にでも簡単に操作することができることを狙いとして開発した。

これらのことにより、コンセプトである都市内で使用するパーソナルモビリティの条件である、狭い道路での走行や、駐車場での車庫入れなど、コンピューターとして使うモビリティに最適な動きを実現している。

3 ものづくりプロセス

3.1 全体プロセスについて

まず始めに、今回のランニングプロトタイプモデルの製作の全体のプロセスを紹介する。図 1 に示すように、大きくは 4 つのプロセスで開発を進めた。

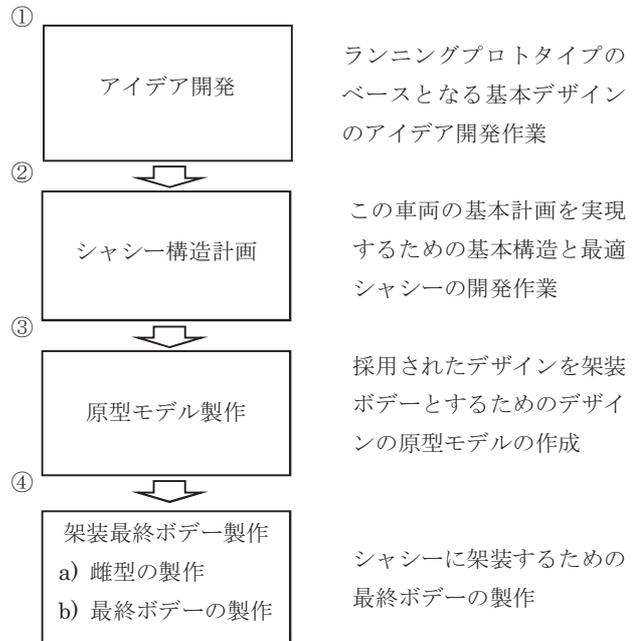


図 1 プロトタイプ製作プロセス

3.2 各プロセスにおける製作過程

次に、各プロセスにおける製作段階ごとのものづくりについて、解説することにする。

①アイデア開発

車両のコンセプトにふさわしいデザイン（カタチ）を、アイデア展開し、一つのデザインの方向を決定した。今回は、モデルづくりに主眼を置いた開発の研究なので、アイデアの詳細の開発記録は別の機会にするが、決定までには、多くのスケッチ描き、デザインを決定したことを報告しておく。

図 2 は、選択決定したデザイン案のレンダリングであり、車両のイメージを把握することができる。



図 2 選択決定したデザイン案

このレンダリングを基に、詳しいモデルを作製するための、より正確な寸法チェックするために、三面図に落とし込ん

だものが三面エレベーションレンダリング (図 3) と三面図 (図 4) である。



図 3 エレベーションレンダリング

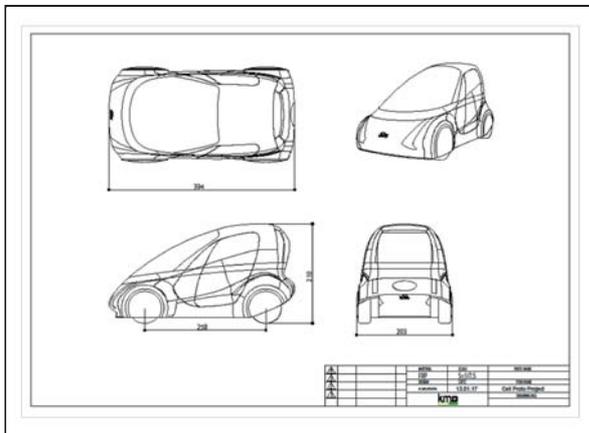


図 4 三面図

上記のデータで、各種チェックを重ね、CAD (Rhinceros) で詳細の立体情報を作成し CAD データを完成させ、加工でモデル原型を作成する。この工程は③で詳しく紹介する。

②シャシー構造計画

次に重要な工程は、この車両コンセプトである、自由自在に走行するという狙いを実現するためのシャシー開発であった。世の中にある色々なシャシーから、このモデルのコンセプトを実現させることのできるものを調査研究し、たどり着いたものが、2.2 にて、すでに紹介した土佐電子が開発していた試作シャシーであった。(図 5 参照)

基本の構造は、通常のタイヤと異なり、特殊な小さなローラータイヤを45度に配置して、4輪の駆動をコントロールさせて、タイヤをステアすることなく、前進・後進はもちろん、斜め前進・後進、左進・右進、左右回転など自由自在の動きが可能とさせている。

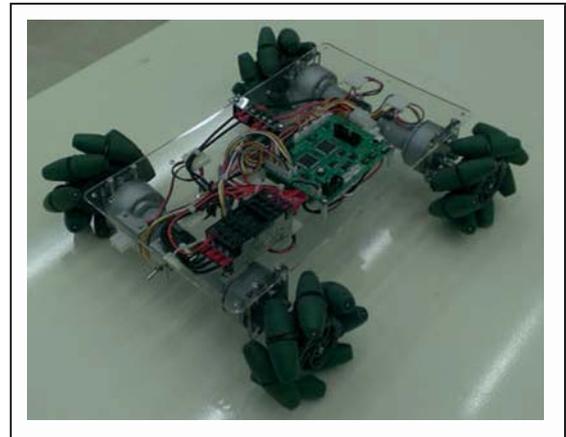


図 5 採用したシャシー (オリジナル)

これは、この車両にうってつけのシャシーであり、早速、試作機を購入し、車両のデザインの完成に合わせて、後に、改造を施し、この車両に適合するようにした。

③原型モデルの製作

上記②で作成した CAD データを元に、小型加工機 (図 6 参照) でケミカルウッドを切削し原型とする工程であるが、小型加工機ゆえ、何分割かに分割して作らざるを得なかった。(おそらくは、ほとんどの学校でも大型加工機はないと思われるので、同じ悩みを持っていると思われる)。

分割によるパーティングラインが複雑な面に出ないように考慮し、今回は多分割にして、加工することとした。(図 7)



図 6 小型加工機でのケミカルウッドでの加工

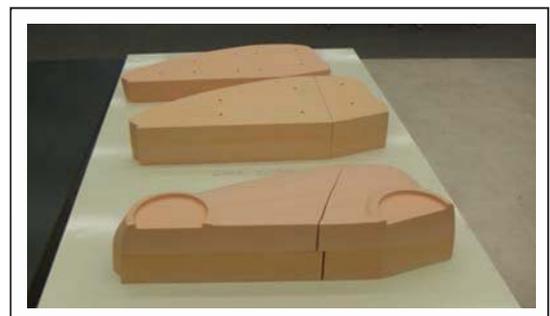


図 7 多分割で加工された原型モデル

最終的に、表面をきれいに加工されたモデルを、更に滑らかにするため、ニスコーティング（図 8）を施し、その上で、サフェーサー（図 9）により、表面を整えて、雌型の原型を作り出す。



図 8 ニスコーティング



図 9 サフェーサー仕上げ

通常の大学教育では、このモデルづくりまでで終了することがほとんどで、通常の課題のプロジェクト期間では、このプロセスまでが求められる。しかし、今回はランニングプロトタイプ（自走モデル）を作製するため、このモデルを原型として、FRP モデルを製作し、②で開発したシャーシに架装することで、最終目的であるランニングプロトタイプモデル（自走モデル）を完成させることを目的としている。このことは、1年間通して実施する PBL だからこそ対応できるモデル製作の工程であると思う。

④ 架装最終ボデーの製作

③で作製された原型ボデーを基に、最終ボデーの雌型を製作し、その雌型から、最終ボデーの形状を作り上げる工程で、一番神経を使い仕上げていく重要な作業となる。そのため、前工程のモデルの品質や作業の段取りが大変重要となるが、事細かなフローチャートでミスなく作業工程を進めることも大きな狙いの一つであった。

a) 雌型の製作

まず、雌型製作では、FRP の収縮を考慮し、雌型を求める最終ボデーより若干大きめに型取りして、シャーシとの組付

けにも配慮した。図 10 は雌型の作製風景である。



図 10 雌型製作風景

雌型は、3分割で製作し離ししやすいよう工夫を凝らして作製した。その3分割した雌型を組み合わせたのが、図 11 である。最終形状を積層した後、型取りの容易さも考慮した計画になっている。



図 11 雌型組立完成形

b) 最終ボデーの製作

今回は、ランニング（自走）させるため、軽量に作る必要があり、強度のいる部分以外は、できるだけ肉薄に仕上げる必要があった。特に、強度が必要な部分は、アンダーボデーのシャシーと連結する部分で、そのため、全体の軽量化を考慮しながら FRP の積層を厚めにするなど工夫を凝らした。

図 12 は、最終ボデーを雌型からはずして、水研をしているところであるが、成形の表面形状が、良い面品質で完成していることがうかがえる。



図 12 雌型から離形し水研中の最終ボデー

次に、仕上げの工程で、最も重要である塗装工程である。ここは、プロにしっかり教えることが大切と思い、日野自動車のデザイン部門の方に来校いただき、学校の設備を使うことを前提で、塗装のレクチャーを受けながら、モデルへの塗装を実施した。このレクチャーの内容は、今後のトレーニングの資料として活用できるよう取りまとめている。

図 13 は、下塗り塗装の作業で、図 14 は、ウインドウ部分をマスキングしてのボデーの塗装作業風景である。



図 13 ボデーの下塗り作業



図 14 ボデーの塗装風景

3.3 シャシーと最終架装ボデーの組付け

シャシーの製作は大変なものであった。オリジナルのシャシー（図 5）を今回のモデルのスペックに合わせる工程である。

特に改造に当たっては、新たに部品を作製する必要があり、3-D プリンター（Rapid Prototype）を活用し、その利便性や活用方法も学ぶことが出来た。ホイールベースが異なるため、それぞれの駆動ユニットを外し、新たなシャシーへの取り付けのための改造をする必要があり、そのために、光造形機にて新シャシーに合う構造物を作る必要があった。また、エレクトロニクス関連の部品の再配置なども必要となり、全体として、大幅な改造を施し、この車両向けのシャシーを完成させることができた。（図 15）

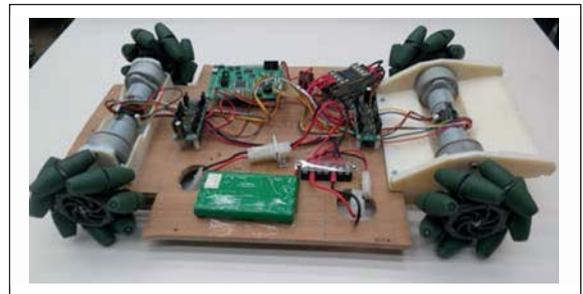


図 15 完成したシャシー

最終ボデーは、より実在感のあるように、外板色（パールホワイト）とウインドウ部分（ブラック）に塗り分けられ、更には、ピラーやドア見切り、ホイールカバーなどの簡易の艀装を施し、図 15 の最終シャシーに架装して完成させることができた。

図 16 は、完成した最終モデルのフロントスリークオーバービューであり、図 17 は、リヤスリークオーバービューである。

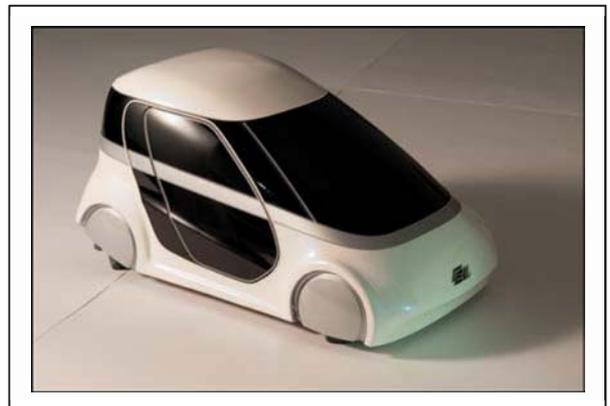


図 16 完成モデル（フロント）



図 17 完成モデル (リヤ)

3.4 ランニング (自走) デモ

この車両を駆動するソフトは、Android 端末に組み込んだソフトで行い、Bluetooth にて送信して、モデルを操縦する。実際にデモ走行をしている写真 (図 18) はベトナムでの「日本モノづくり展」で実演したものである。



図 18 「日本ものづくり展」でのデモ風景 (ベトナム)

4 おわりに

本研究速報は、平成 24 年度の産業技術大学院大学傾斜的研究 (全学) でのプロジェクトを取りまとめたもので、研究者のほかに、多くの学生に協力をいただき、完成できたものである。学校教育の中で、ランニング (自走) するモデルを作ることは、多くの時間を必要としたが、それ以上に、ものづくりの多くの課題を、その場その場でクリアしていくことで、たくさんの経験を積むことができた。これらの体験を積んだことは、学生にとっては、今後の PBL やものづくりの場面で、大変有意義なものとなるであろう。また、研究者にとっても、実践的なものづくりの教育プログラムづくりに、参考となる貴重な知識や経験を得ることができた。今後の教育に生かしていきたい。また、学生達には、このプロジェクトで経験したことを、2 年次の PBL に活かして欲しい。

5 謝辞

このプロジェクトを推進するにあたり、研究分担者である村尾俊幸先生 (前本学助教、現早稲田大学研究員) には、このパーソナルモビリティに関するシャシーのメカ等を調査・研究いただき、最適のシャシーを選定戴いたことに深く感謝したい。

また、研究協力者である村田桂太先生 (本学非常勤講師) には、このプロジェクト全体の推進役として、あらゆるプロセスで、事細かに対応していただき、かつ、学生への指導もきめ細かくして戴いたことに敬意を表したい。更には、ボランティアとして数多くの学生たちが、このプロジェクトに関わってくれたことは、本来の目的でもある PBL の試行教育ができたことでもあり、感謝申し上げたい。

終わりに、(株) 土佐電子様には、開発中の試作機を購入することを快諾いただき、改めて感謝したい。

参考文献

- [1] 協力：(株) 土佐電子, www.tosadenshi.co.jp/
- [2] 協力：日野自動車 (株) デザイン部門

日本政府の IT 戦略に対する考察

戸沢 義夫¹⁾

On new IT strategy of Japan Government

Yoshio Tozawa¹⁾

Abstract

IT strategy of Japan Government started in 2000 when the Basic Law of IT (Basic Law on the formation of Advanced Information and Telecommunication Network Society) was enforced. e-Japan strategy was decided in 2001, followed by e-Japan II strategy in 2003, followed by i-Japan strategy in 2009. Almost of all Japanese, however, do not believe that the strategy was successful. In 2012 government CIO was appointed and it became legal by the law of Government CIO in 2013. The cabinet decision on Japan Revitalization strategy 'Japan is back' was made on June 14, 2013. At the same time the cabinet decision of Declaration of Creating the World's Most Advanced IT Nation was made. This is the current IT strategy of Japan Government. Japan is now very serious in executing the strategy.

Keywords: IT strategy, Japan Government, Declaration of Creating the World's Most Advanced IT Nation

1 はじめに

日本政府の IT の取り組みは遅れている、政府の電子化は進んでいないと思っている人は多い。国連の世界電子政府ランキング[1]では 2012 年は 18 位であった (図 1 参照)。IT 技術の進歩は著しいし、IT にかかるコストは急激に下がっているにもかかわらず、行政がそのメリットを享受しているように見えないのが多くの国民の実感である。

(国連とは独立に、早稲田大学電子政府・自治体研究所が発表した「早稲田大学電子政府世界ランキング 2013」[2]によると、日本は 6 位である。)

マイナンバー法案が 5 月 24 日に成立したので、マイナンバーについての報道は多いが、日本政府としての IT 戦略についての報道はあまりされていない。e-Japan や i-Japan など日本政府に IT 戦略はあったのだが、内容を知っている人は多くない。

日本政府の IT 戦略がうまく機能していないのは、政府自身も認めていることで、それに対するアクションが必要になる。しかし、政府が今後何をしようとしているかについてわかりやすい情報があまり提供されていないので、ここで筆者の見解を含めて述べる。

2 日本政府の IT 戦略と IT 基本法

IT 基本法は平成 12 年 (2000 年) 1 月 29 日に成立した法律であり、日本政府の IT 戦略の基礎になる法律である。

Rank	Country	E-government development index
1	Republic of Korea	0.9283
2	Netherlands	0.9125
3	United Kingdom	0.8960
4	Denmark	0.8889
5	United States	0.8687
6	France	0.8635
7	Sweden	0.8599
8	Norway	0.8593
9	Finland	0.8505
10	Singapore	0.8474
11	Canada	0.8430
12	Australia	0.8390
13	New Zealand	0.8381
14	Liechtenstein	0.8264
15	Switzerland	0.8134
16	Israel	0.8100
17	Germany	0.8079
18	Japan	0.8019
19	Luxembourg	0.8014
20	Estonia	0.7987

図 1 UN World e-government rankings 2012

Received on 2013-10-18

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

正式名称は「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法」で通称「IT 基本法」と呼ばれている。目的は「情報通信技術の活用により世界的規模で生じている急激かつ大幅な社会経済構造の変化に適確に対応することの緊要性にかんがみ、高度情報通信ネットワーク社会の形成に関する施策を迅速かつ重点的に推進すること」となっている。この法律で「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（通称 IT 戦略本部）」が内閣に設置され（平成13年1月6日）、本部長は内閣総理大臣と規定されている。IT 戦略が特定の省庁に属するものではなく、すべての省庁を含む形になっている点に、IT の特質が法案に反映されている。

3 e-Japan 戦略

IT 基本法に基づき IT 戦略本部が IT 国家戦略として平成13年（2001年）に制定したのが e-Japan 戦略である。「5年以内に世界最先端の IT 国家となることを目指す」と宣言していたが、これは達成できなかった。

3.1 戦略の経緯表題

(1) 平成12年11月27日 IT 基本戦略

IT 基本法が成立する2日前に、当時の IT 戦略会議が策定した

<http://www.kantei.go.jp/jp/it/goudoukaigi/dai6/pdfs/6siryouu2.pdf>

(2) 平成13年1月22日 e-Japan 戦略

IT 基本法が成立後、IT 戦略本部が策定した戦略で e-Japan 戦略と名付けられているが上記の IT 基本戦略と同じものである。

http://www.kantei.go.jp/jp/it/network/dai1/pdfs/s5_2.pdf

(3) 平成15年7月2日 e-Japan 戦略 II

e-Japan 戦略を2年半後に見直し、戦略のレベルで改訂したもの

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/030702ejapan.pdf>

(4) 平成18年1月19日 IT 新改革戦略

e-Japan の名前を止めたわけではないが、戦略レベルの改訂をしたので IT 新改革戦略と名付けた。「いつでも、どこでも、誰でも IT の恩恵を実感できる社会の実現」という副題が付いている。

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/060119honbun.pdf>

(5) 平成21年7月6日 i-Japan 戦略 2015

～国民主役の「デジタル安心・活力社会」の実現を目指して～との副題が付いている。その英語が Towards Digital inclusion & innovation となっており i-Japan に合わせて i が強調されている。

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/090706honbun.pdf>

(6) 平成25年6月14日 世界最先端 IT 国家創造宣言

i-Japan 戦略以降、戦略の見直しはなく停滞していた。政権が変わってから動きがあり、アベノミクスを支える重要な要素として IT 戦略が位置づけられ「世界最先端 IT 国家創造宣言」が出された。e-Japan 戦略で「世界最先端の IT 国家となる」と謳っておきながら実現できなかったが、再び「世界最先端 IT 国家」を目指すことが戦略の土台になっている。は和文ならびに英文とする。英文原稿の場合は、和文表題を記述する箇所に英文表題を記述し、英文表題の箇所は削除すること。

3.2 実行計画の経緯

和文上記の各戦略に対して、年度ごとに戦略の実行計画が策定されている。実行計画は、政府がどこに予算を割り振ろうとしているかを知る上で参考になる。

(1) 平成13年6月26日 e-Japan2002 プログラム

e-Japan 戦略の最初の実行計画であり平成14年(2002年)に行うべきことが書かれている。

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/010626.html>

(2) 平成13年11月7日「e-Japan 重点計画、e-Japan2002 プログラムの加速・前倒し」

当初の実行計画を前倒しで行うプランである。

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dai7/pdfs/7siryou09.pdf>

(3) 平成14年6月18日 e-Japan 重点計画-2002

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/020618honbun.pdf>

(4) 平成15年8月8日 e-Japan 重点計画-2003

e-Japan 戦略 II に対応した実行計画である

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/030808honbun.pdf>

(5) 平成16年2月6日 e-Japan 戦略 II 加速化パッケージ

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/040206ejapan.pdf>

(6) 平成16年6月15日 e-Japan 重点計画-2004

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/040615honbun.pdf>

(7) 平成17年2月24日 IT 政策パッケージ-2005

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/050224/pac.pdf>

(8) 平成18年7月26日 重点計画-2006

IT 新改革戦略に対応した実行計画である

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/060726honbun.pdf>

(9) 平成19年4月5日 IT 新改革戦略 政策パッケージ

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/070405honbun.pdf>

(10) 平成19年7月26日 重点計画-2007

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/070726honbun.pdf>

df

(11) 平成 20 年 8 月 20 日 重点計画-2008

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/080820honbun.pdf>

IT 戦略本部が策定していた実行計画は「重点計画-2008」までで、**e-Japan** 戦略の実行計画がどこでどのように策定されていたかははっきりしない。

3.3 e-Japan 戦略の失敗

e-Japan 戦略は世界最先端の IT 国家になるためのものであったが、実現できなかったという点で失敗であった。目的が達成できなかったのは、戦略そのものが悪かったのか、戦略は良かったけれど実行計画が悪かったのか、実行計画は良かったけれど計画通り実行できなかったのか、いくつか理由が考えられる。

e-Japan 戦略に書かれていることは間違っているとは思えない。しかし、**e-Japan** 戦略が期待されたようには実行されなかったことは事実であり、戦略の実行の失敗が **e-Japan** 戦略失敗の原因だと考えられる。

IT 戦略本部は IT 戦略を策定しており、この戦略に基づいて、重点計画や政策パッケージを策定している。重点計画や政策パッケージは各省庁の予算確保や実施事項の裏付けとして利用された。しかし、IT 戦略本部は戦略や実行計画を策定しても、それを実行する権限は持っていない。

IT 戦略本部長は内閣総理大臣である。総理大臣が本腰を入れて実行するよう指示を出せば IT 戦略は実行できたかもしれない。**e-Japan** 戦略は閣議決定ではないが、IT 戦略本部長が総理大臣であることから、IT 戦略本部の決定は実質的に閣議決定と同等と当初は思われていた。実態は、IT 戦略本部の決定は閣議決定とはほど遠いものだった。残念ながら、戦略はその通りに実行されたようには思えない。

IT 戦略を受けて各省庁は実施することを決める。総務省は何をする、経産省は何をする、というように、戦略の実行は各省庁にまかされてしまっている。内閣総理大臣であれば、各省庁に指示する権限はあるが、IT 戦略室は省庁へ指示する権限を持っていない。実行計画を作っても権限が無い限り、縦割り省庁の壁を乗り越えるのは極めて困難である。

3.4 ボトムアップの意思決定

欧米の意思決定がトップダウンであるのに対し、日本の意思決定はボトムアップであると言われる。一般に、組織はピラミッド型をしており、縦割りになっている。縦割り組織の弊害はいろいろ言われている。縦割り組織で仕事をすると、仕事の目的別にダイナミックに組織を作る「プロジェクト」という考え方が浸透してきている。プロジェクトには終わりがあるのが普通の組織との大きな違いである。

IT 業界では、縦割り組織は残っているものの、現在ではほとんどの仕事がプロジェクトとして行われるようになっていく。しかし、政府では（普通の意味での）プロジェクトは

ほとんどない。組織は法律によって決められるのでダイナミックなプロジェクトには合わないからである。

従って、戦略を実行する場合に「プロジェクトを起こす」という考え方にはならない。あることをやろうとすると複数の組織にまたがる場合があり、それらの組織間の調整が必要になる。トップダウンの意思決定であれば、トップがやると決めたことを下位組織は自分に与えられた役割の部分を実行すればよい。

ところが、日本では組織間の「調整」という言い方に表れているように、トップの意思決定より、下位組織の調整過程で意思決定されることが非常に多い。トップが意思決定するというよりは、下位部門が意思決定を行い、上位の管理職は下位が決めたことを追認する形である。

欧米の企業組織では、CEO が絶対的な権限を持っていることが多く、リーダーシップのある CEO が率いている企業で成功した例は多い。例えば、IBM を立て直したルー・ガースナー、GE のジャック・ウェルチ、アップル社のスティーブ・ジョブズなどである。創業者でなくても、トップダウンの意志決定がきちんと行える組織であれば、リーダーシップのあるトップが組織をコントロールすることができる。

e-Japan 戦略がうまく機能しなかったのは、総理大臣によるトップダウンの意思決定がなく、各省庁（IT 戦略本部から見た時の下位組織）が意思決定を行ったからだと思われる。ボトムアップ意思決定であるため、上位の IT 戦略本部は各省庁が決めたことを「追認」する形になり、**e-Japan** 戦略の本来の目的が置き去りにされてしまった。

トップが意志決定して、トップダウンの指示で組織全体が動くケースと、各部門が独自に意志決定して社長が調整するケースでは、組織の意志決定メカニズムが基本的に異なっている。各部門が独自に意志決定するというのは、日本の政府組織で「省益あって国益なし」と言われることがあるのを思い浮かべればわかりやすい。これらは、日本の典型的な意思決定がトップダウンではないことを示している。

3.5 CIO 補佐官

各省庁には CIO 補佐官がいる。**e-Japan** のような IT 戦略を実施するには IT 知識に精通している人が必要になる。しかし、官僚で IT に精通している人はほとんどいないし、定期異動があるので戦略が実行されたかどうかを見届けることが難しい。プロジェクトの体制がとれないことと関係している。

このようなことから、IT の専門家をフルタイムではなく、期間限定で仕事をしてもらえるようにした制度が CIO 補佐官である。「各府省は、2003 年（平成 15 年）12 月までに、府省内の業務・システムの分析・評価、最適化計画の策定にあたり CIO 及び各所管部門の長（業務改革関係部門、情報システム統括部門）に対する支援・助言を行う CIO 補佐官を配置する」とされた。

CIO 補佐官の明確な職務記述書はなく、権限も与えられていない。各省庁に属しているため内閣府とは直接関係がない。内閣府の e-Japan 戦略にどの程度責任があるかはあいまいであった。e-Japan 戦略の失敗は CIO 補佐官にあるという意見は、一理はあるが、CIO 補佐官の位置づけがはっきりしていなかった組織上の問題も大きいと思われる。

4 政府 CIO

e-Japan 戦略失敗の反省から、政府の IT 戦略を策定し実行するには、政府 CIO (政府情報化統括責任者) の設置が必要との認識が高まってきた。政府 CIO は政権交代前の民主党政権で決められ、2012 年 8 月 10 日に、リコージャパン顧問の遠藤紘一氏を起用すると発表した。

その後、阿部政権になって「政府 CIO 法」が平成 25 年 5 月 24 日に成立し、法的な裏付けと府省横断の権限を持つようになった。政府 CIO 法についてのまとめを図 2 に示す。

政府 CIO が任命されたことで、各省庁の CIO 補佐官は政府 CIO 室 (IT 総合戦略室) に属することになり、政府 CIO の直属の部下になった。また IT 戦略本部は IT 総合戦略本部と名前を変えた。この組織変化のインパクトは大きく、政府 CIO が各省庁に対する横断機能を発揮する基盤になると思われる。

5 世界最先端 IT 国家創造宣言

世界最先端 IT 国家創造宣言は平成 25 年 6 月 14 日に閣議決定された。同じ日に閣議決定された日本再興戦略と対をなしている。日本再興戦略はアベノミクスの基本戦略であり、英語で Japan is Back と副題が付いている。日本再興戦略と世界最先端 IT 国家創造宣言は次のサイトで読むことがで

きる。

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou1.pdf>

日本再興戦略はマスコミにも大きく取り上げられたが、アベノミクスの IT 戦略である世界最先端 IT 国家創造宣言の報道はあまり大きくなかった。これは、政府が海外へ発信するメッセージにも表れていて、日本再興戦略は英語によるわかりやすいチャートが作られている (図 3) が、世界最先端 IT 国家創造宣言の方は英語化したものは公開されていない。

世界最先端 IT 国家創造宣言の政府内部での英訳は“Declaration of Creating the World's Most Advanced IT Nation”となっている。日本語の説明チャートは用意されており図 4 (全部で 7 ページあるうちの最初のページ) に示す。

「目指すべき社会・姿を実現するための取組」として次の 3 つを挙げている。

- 革新的な新産業・新サービスの創出と全産業の成長を促進する社会の実現
- 健康で安心して快適に生活できる、世界一安全で災害に強い社会
- 公共サービスがワンストップで誰でもどこでもいつでも受けられる社会の実現

「利活用 of 裾野拡大を推進するための基盤の強化」として次の 4 つを挙げている。

- 人材育成・教育
- 世界最高水準の IT インフラ環境の確保
- サイバーセキュリティ

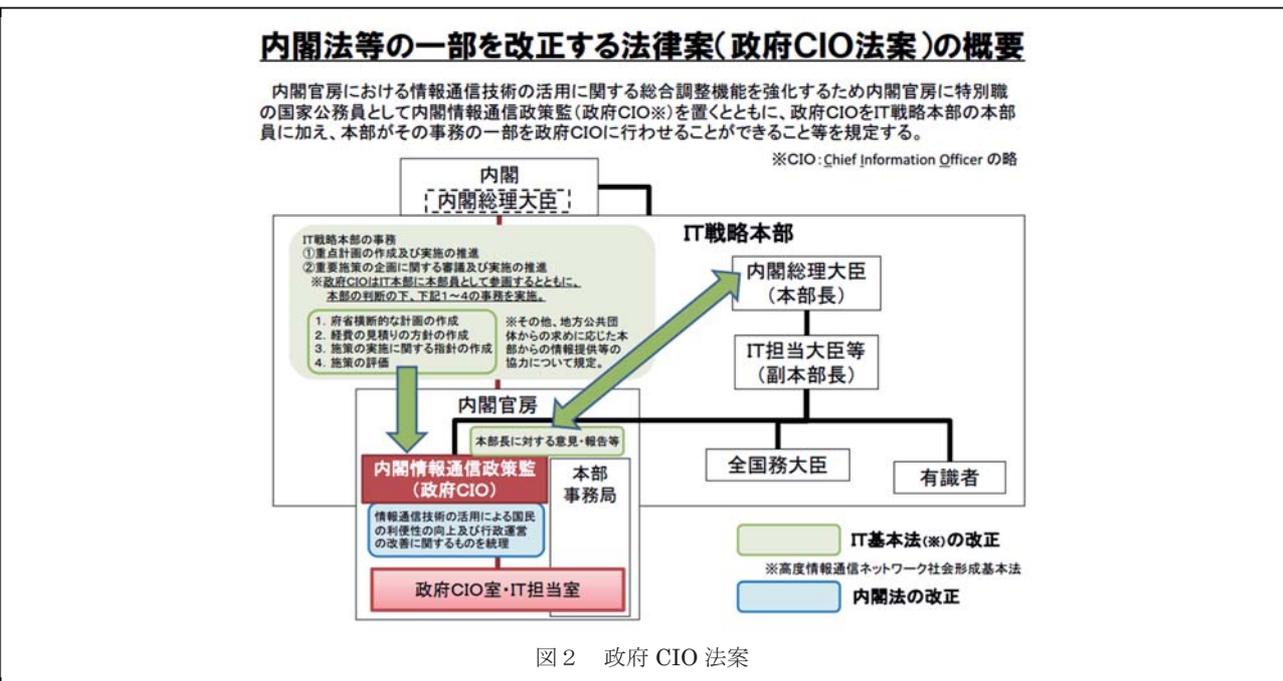


図 2 政府 CIO 法案

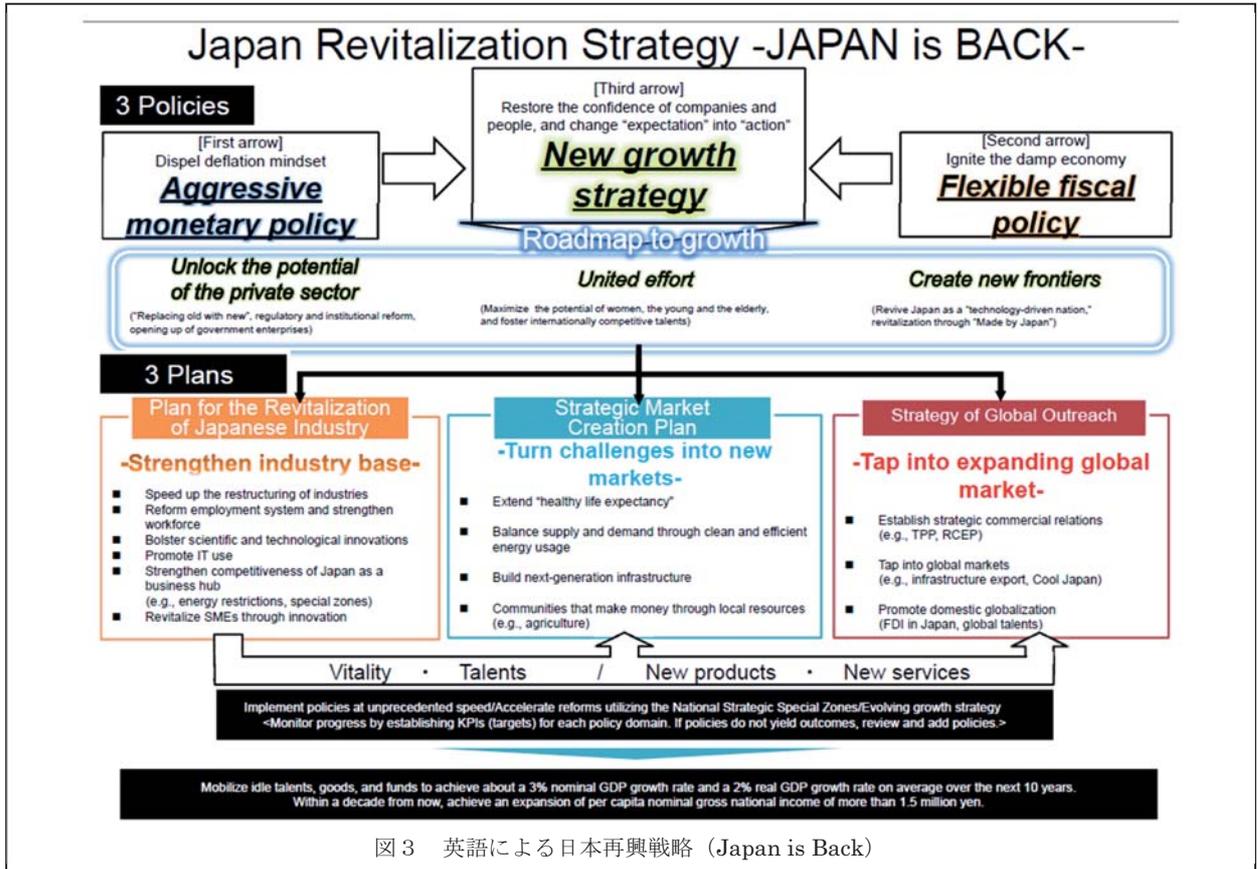


図3 英語による日本再興戦略 (Japan is Back)

・ 研究開発の推進・研究開発成果との連携
表現は抽象的であるが、戦略として必要なことは網羅されていると思われる。

IT 戦略を語る場合、ビジネス戦略ぬきに IT 戦略を語っても意味がない。e-Japan 戦略が失敗した原因のひとつは、それに対応したビジネス戦略がはっきりしなかったことが挙げ

「世界最先端 IT 国家創造」宣言 (案) 資料 2-1

～第二次安倍内閣の「新たな IT 戦略」～

1

I. 基本理念

1. 閉塞を打破し、再生する日本へ

- 景気長期低迷・経済成長率の鈍化による国際的地位の後退
- 少子高齢化、社会保障給付費増大、大規模災害対策等、課題先進国
- 「成長戦略」の柱として、IT を成長エンジンとして活用し、日本の閉塞の打破、持続的な成長と発展

2. 世界最高水準の IT 利活用社会の実現に向けて

- 過去の反省を踏まえ、IT 総合戦略本部、政府CIOにより、省庁の縦割りを打破、政府全体を横串で通し、IT 施策の前進、政策課題への取組
- IT 利活用の裾野拡大に向けた組織の壁・制度、ルールの打破、成功モデルの実証・提示・国際展開
- 5年程度の期間 (2020年) での実現

II. 目指すべき社会・姿

世界最高水準の IT 利活用社会の実現と成果の国際展開を目標とし、以下の 3 項目を柱として取り組む。

- 革新的な新産業・新サービスの創出と全産業の成長を促進する社会の実現**
 - 公共データの民間開放 (オープンデータ) の推進、ビッグデータの利活用推進 (パーソナルデータの流通・促進等)
 - 農業・周辺産業の高度化・知識産業化、○ オープンイノベーションの推進等
 - 地域 (離島を含む。) の活性化、○ 次世代放送サービスの実現による映像産業分野の新事業の創出
- 健康で安心して快適に生活できる、世界一安全で災害に強い社会の実現**
 - 健康長寿社会の実現、○ 世界一安全で災害に強い社会の実現
 - 効率的・安定的なエネルギー・マネジメントの実現、○ 世界で最も安全で環境にやさしく経済的な道路交通社会の実現
 - 雇用形態の多様化とワークライフバランスの実現
- 公共サービスがワンストップで誰でもどこでもいつでも受けられる社会の実現**
 - 利便性の高い電子行政サービスの提供、○ 国・地方を通じた行政情報システムの改革
 - 政府における IT ガバナンスの強化

図4 世界最先端 IT 国家創造宣言

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dai61/siryou2-1.pdf>

られる。

6 オープンデータ

ほとんど注目されていないが、日本政府の IT 戦略にとって重要な部分にオープンデータがある。公共データの民間開放（オープンデータ）の推進は、世界最先端 IT 国家創造宣言に含まれており、閣議決定された日に、IT 総合戦略本部は電子行政オープンデータ推進のためのロードマップを決定している。

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou3.pdf>

6月18日のG8サミットでは首脳コミュニケの中で「オープンデータ憲章」に合意したことが発表された。この合意は次のサイトに記されている。

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/densi/dai4/siryou3.pdf>

これは海外へのコミットであるので、オープンデータ憲章について外務省が発表しているのもおもしろい。

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/page23_000044.html

オープンデータ憲章の骨子は次の5つである。

- Open Data by Default
- Quality and Quantity
- Useable by All
- Releasing Data for Improved Governance
- Releasing Data for Innovation

東日本大震災で、政府が保有しているデータをオープンにできれば、もっと多くの有効な活用方法のあることが明確になった。一方、国益を考えるとすべてのデータをオープンにすべきではないという意見もある。どのデータがオープンになるかは未定であるが、政府は先ずデータカタログのポータルサイトを構築する計画である。

オープンデータを推進するにあたって、オープンデータを活用できるスキルを持った人材が少ないという問題がある。データサイエンティストと呼ばれる人たちであり、IT知識を重要視するのではなく、統計処理の基礎を身につけた人たちである。こういう人材が日本に少ないのは、大学での数学教育制度に問題があるとの指摘がある。「統計学科」のように統計を専門に教える学科を持っている大学は（海外に比べて）極めて少ない。IT戦略の話が大学での数学教育のあり方に影響する時代になってきている。

7 おわりに

e-Japan 戦略は失敗した。その経験を踏まえて、どのようにすれば戦略を実行できるかに焦点を当て、政府 CIO 法案が作られ、政府 CIO が任命された。各省庁の CIO 補佐官は政府 CIO の管理下になり、縦割り意識の強い政府組織に、横串を通す機能が形成された。

現時点では、世界最先端 IT 国家創造宣言の下に具体的に

何を行うかについては、各省庁が今やっていることをとりまとめただけとの印象がぬぐえない。政府 CIO のトップダウンのリーダーシップはこれからである。

しかし、今までとは違い、アベノミクスの日本再興戦略に位置づけられて IT 戦略が策定されているので、それが実現されれば日本が「世界最先端 IT 国家」になる可能性は充分にある。

参考文献

- [1] United Nations Department of Economic and Social Affairs, “E-Government Survey 2012”, <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan048065.pdf>
- [2] 早稲田大学電子政府・自治体研究所, “主要 55 カ国「第 9 回早稲田大学電子政府世界ランキング 2013」”, 2013 http://www.waseda.jp/jp/news12/130323_egov.html

東南アジアにおける伝統的住居の発展過程に関する研究

— ハノイ、バンドルスリブガワンの伝統的住居のフィールドワーク報告 —

佐々木 一晋¹⁾

Understanding spatial development of urban growth in Southeast Asia

— In the case of fieldworks in Traditional Village, Hanoi and Bandar Seri Begawan —

Isshin Sasaki¹⁾

Abstract

The paper explores the growing tensions between the development of urban growth in Southeast Asian countries, the designing for modern development and the need to secure a balance between western planning philosophies and local traditions. The report concludes that as a result it will become increasingly important to focus and visualize local design process through improvement, enhancement, protection and increased public awareness, if traditional resources and communities in Hanoi and Brunei, such as Kampong Ayer, are to be adequately conserved and sustained for the future prosperity of the country.

Keywords: urban development, urban growth, urban community, urban conservation

1 はじめに

1.1 東南アジア圏における伝統的住居の開発事情

近年の経済発展に伴い、都市化が進む ASEAN 諸国（主にブルネイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム）では、都市開発に際して伝統的な都市型住居の維持ならびに地区保全のあり方が大きく問われている。

急速な経済発展により都市化が加速し、人口が急増したこともあり、伝統的な市街地の多くは、都市基盤の整備（主に衛生設備の不備や構造躯体の劣化への対応など）が間に合わずに老朽化が進行しており、住居形式そのものの維持管理や保全の枠組みづくりについて議論が進められている。近年は、こうした東南アジア圏における都市空間において特異的な住居形態を留める伝統的な市街地は、地域産業や文化ならびにローカルなコミュニティを形成する貴重な存在として位置づけられており、地域の文化的遺産としての価値が改めて問われ直している。

本研究では、こうした状況を踏まえて、東南アジアの都市市街地に現存する伝統的住居を対象としてフィールドワークを行い、その実態の調査を進める。伝統的住居の建設と維持、

その活用に対する地域住民の関わり方に着目し、地域コミュニティと都市空間の開発計画のプロセスを明らかにすることを目的とする。

1.2 東南アジア型の開発事情

東南アジア圏における伝統的な市街地の特徴は、一見、無秩序のようにさまざまなモノや人が大量に集積しており、その都市活動は複雑な様相を呈していることである。近年、ASEAN 諸国をはじめとする急速な経済発展に伴い、新たに開発された建材や建築技術の導入、グローバル化する産業社会やその社会情勢に伴う生活様式の変化、文化的遺産としての環境保全や法規制、伝統的市街地に対する政策的支援など、さまざまな影響を受けて都市空間は絶えず変化を迫られてきた。

こうした状況の中で、関連行政機関は都市市街地における複雑かつ大規模な諸活動や機能を計画するためにマスタープランを策定し、都市計画区域を定めて市街化区域の開発、整備及び保全を進めてきた。マスタープランを策定することで、機能的かつ区分（ゾーニング計画）を行い、都市基盤を効率的に配することを目指すものである。

しかし、こうしたマスタープランを指針とするトップダウンのレベルから都市空間を計画的に策定していく手続きは、主に西洋型の都市モデルにおいては有効とされてきた。一方、東南アジアに現存する伝統的な居住地における再開発計画や

Received on 2013-10-10

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology

その保全策として、有効な手法であるか否かについては実証されておらず、近年、開発途上国や移行経済地域における地域開発問題や課題への対応策についてはさまざまな討論が交わされている[1].

2 東南アジアの伝統的居住地の発展事情

2.1 開発と保全計画が引き起こす諸問題

80年代以降、東南アジア圏の都市化が進行し、都市開発がもたらす社会的かつ倫理的価値が問われ直されてきた。都市化が引き起こすさまざまな問題が顕在化されてきた一方で、都市開発を行うことならびに伝統的な都市住居の保全を進めること、その双方の価値に関して議論が進められてきた。近年まで、急速に発展を続ける東南アジア圏においては、経済発展に伴う都市開発計画と、伝統的な市街地の保全計画の間には大きなジレンマが生じていることが Kong と Yeoh[2]らによって指摘された。関係行政機関は、伝統的な市街地の老朽箇所部分的改善を促すための助成プログラムや、特定の地区を代替する新たな居住区を開発するなど、生活環境の維持・改善を試みるさまざまな試行的な方策を重ねてきた。しかし、このような取り組みの中で、伝統的な市街地において類例のない規模の開発は、地域コミュニティに対して新たなさまざまな問題（コミュニティの社会的断絶や分散、移住、経済的变化、そしてスラムの急増や不法占拠者の問題）を引き起こしていることが Drakakis-Smith[3], Fuchs[4]らによって報告された。現存する伝統的な都市型住居の多くは、東南アジア特有の伝統的な地域産業や都市活動と密接な関わりもちながら地元住民によって形成されてきたものであり、地域コミュニティと切り離して進められた市街地開発によって新たに引き起こされた問題への対応策が検討されることとなった。

90年以降は、東南アジア圏で先駆的に発展したシンガポールやマレーシア、日本における大規模な開発政策に基づく先例的成果が参照されることになる。タイや台湾、ベトナムでは都市型住居に対して保全政策を新たに導入し、開発計画が引き起こすローカルな問題への対処方法を探ってきた。しかし、現在までの東南アジア諸国にみる伝統的な市街地の多くでは、未だ開発に伴う諸問題の多くを解決するには至っておらず、開発後の市街地活用の実地検証を進めると同時に、開発手法そのものの有効性についての検証が必要とされている。

一方、近年は環境問題に関連して都市遺産等に関する新たな問題が浮上してきており、都市開発計画に加えて、レジャーやスラムツーリズム[5]などさまざまな分野と連携した開発計画を模索する動きが見受けられる。

2.2 アンチ・マスタープランとしての都市計画的試論

一般的に、大規模かつ複雑な対象（都市空間など）を計画する際には、先ず基本計画（マスタープラン）を策定する必

要があるとされてきた。しかし、このようなマスタープランによって形成された都市空間は、その策定当時のある一時期の社会的・政策的要請によって導かれた都市モデルであり、こうしたマスタープランを50年、100年、200年を越えて変容を続ける都市空間に対して変わらずして適用していくことは有効ではないことは明らかである。

こうした状況の下、マスタープランに代わる設計手法が検討されてきた。Alexander[6]は、マスタープランに基づく開発計画では部分を寄せ集めた総体性（totality）を創造することができても、全体性（whole）は創造することはできないと指摘した。ここでの全体性とは、有機的な秩序（Organic order）によって形成されるものであり、その有機的な秩序は漸進的な成長（Piecemeal growth）によって生み出される。つまり、将来の構想を描いたマスタープランによる法規制や文化的な制約を受けて実行されるトップダウン型の開発計画では全体性は創造されることはない。地域住民をはじめとする地域コミュニティによる合意と計画、その一步一步の施工の積み重ねによって実現される開発プロセスにおいてのみ全体性が創出されると指摘する。

設計対象が複雑かつ大規模である程に、設計当初の全体計画の質が重要になるとされてきた一方で、伝統的な住居においては、マスタープランに依拠することなく、地域コミュニティの趣向や合意に基づき地元の技術者が漸進的に施工と修繕を重ねることで、複雑かつ大規模な都市空間が見事につくりあげられてきた。こうした東南アジア圏の伝統的な都市型住居が有する全体性は、トップダウン型のデザインプロセスに依拠することなく、地域住民が自らで診断を行い、世代を超えて建設・修復を重ねることで独自の空間の秩序がつくりだされてきたと考えられる。

2.3 都市型居住におけるパタンとローカルな枠組み

都市型住居が世代を越えて継承されていく過程において、繰り返し出現する可能性のある課題が見つけ出され、その空間形成の秩序をゆるやかに束ねるローカルな枠組みが創造されてきた。Alexander は、主にこうしたローカルな枠組みをパタンという小さな単位の集合による記述を試みた。パタン・ランゲージ[7]によると、253のパタンの中から建設を試みるテーマに沿ってパタンを探し出し、そのパタンを構成する建設的単位の組み合わせを参照する。例としては「街路を見下ろすテラス」や「小さな人だまり」、「座れる階段」など、建設的狀態に言及する語りを記録・編集することによって、空間のパタンが拾い出されていく。こうしたパタンの多くは魅力ある街並みや生活様式に共通して観察されるものであり、従前は当たり前の存在であったものが、近代の都市開発によって捨象されてきたものである。オレゴン大学の計画[8]においては、プロジェクトを進める前に、パタンを支える原則的なルールが制定される。このルールは、プロジェク

トの遂行においてさまざまな活動の原則を示したものであり、①有機的秩序、②参加、③漸進的成長、④パタン、⑤診断、⑥調整とされる。パタン・ランゲージによる住宅の建設[9]においては、①アーキテクトビルダ、②ビルダーズヤード、③共有地の共同設計、④個々の住宅のレイアウト、⑤一步一步の施工、⑥コストコントロール、⑦プロセスの人間的なリズムとされる。パタン・ランゲージは、文書の形式のことでなく、時間を越えて建設を継続していくための活動を支援する手法として考えられる。こうした都市空間に対する分析的理解の試みは、都市全体を要素還元的に捉えるものではなく、そのままを理解しようと試みようとする点において複雑系に依拠する課題へのアプローチと捉えられる。複雑な対象としての都市の部分をつくり動かしながら理解を獲得していく点においては、パイロットプロジェクトは構成論的なアプローチと捉えられるだろう。近年、パタン・ランゲージの概念モデルは、建築・都市分野のみならず複雑で相互作用の多く現象を扱う手法としてソフトウェア・パターンに援用される事例が見受けられ、建築や都市空間における多様かつ複雑なコミュニティを形成するための一手段として期待されている。

近年、東南アジア圏の市街地では、伝統的な都市型住居が姿を消しつつあり、大規模開発によって都市空間は均質化・没個性化していく傾向にある。本稿で参照するベトナム・ハノイ、ブルネイ・バンダルスリブガワンでは、伝統的な都市型居住区の一画に新たな再開発が進められており、こうしたマスタープランによる開発計画と東南アジア特有のローカルな建設の手法が混在する稀有な都市空間といえる。以降は、ベトナムのハノイの旧市街地ならびにブルネイのカンポン・アイル（水上集落）を対象に、都市型住居の開発事情ならびに建設過程にみられるローカルな枠組みを参照していく。

3 東南アジアの都市型住居の発展

3.1 ベトナム、ハノイの旧市街地の伝統的な都市型住居

ベトナム、ハノイ 36 通り地区には、1ha あたり約 1000 人が居住する伝統的な旧市街地区（図 1）が存在している。都市活動を営むための路面店を確保するために全住戸の間口は 2.5~5.5m 程に細分化されており、その細分化した各住戸（奥行きは最大で 60m 程）は界壁 1 枚を隔てて隣棟と隣り合っている。隣棟との物理的距離は極めて近接しているが、実際に隣棟に足を運ぶためには移動距離が長くように計画され、高密度に居住しながら物理的かつ心理的にプライバシーを確保することができる。また、高温多湿かつ高密度環境下においても、空調設備を必要とせず街区中心部まで自然換気や自然光を取り込むために各住居内に居空間を分節

する共有庭が複数計画されており、都市空間において人々が集い快適に住まうためのローカルな計画的工夫が現地住民によって開発されてきた。また、衛生環境に関しては、全住戸の生活排水が街区中域（細長型住戸の端が交わる箇所）に集積して劣悪な環境を引き起こしていたため、関連行政機関の支援を受け、現在では下水処理が配備されてきた。

しかし一方で、近年は都市人口が急増したことを受けて、元来、大家族用の町家として使われていた伝統的な住居は、別家族と一緒に住む共同住宅と化し、不法な増築が横行しプライバシーの確保や防犯のために多くの窓が塞がれて通風や採光が確保されないなど、スラム化に近い状態に達しており、その変化に対応することが困難な状況となっている。



図 1 ハノイ 36 通り旧市街地，右図：建物内部空間の配置図



図 2 東南アジア諸国におけるパイロットプロジェクトの事例

左図) ベトナム、ハノイの都市型居住モデル(2003)。竣工後 10 年が経ち、集合住宅から大学の建築学科の製図室・研究室へと改修が行われ、使い手自らによって間仕切り壁や居室の改修・増築が行われている。

右図) ブルネイ、バンダルスリブガワンの水上集落の新規開発区 (1994)。伝統的な工法で作られた水上集落の脇の一画で新規開発が進められている。

近年、ハノイの伝統的な旧市街地では、伝統的な街並みを一変させる大規模の開発計画が急増したことを受け、旧市街地の街並みを維持するために、関連行政機関は法規制を制定し、地区開発の規制を進めてきた。しかし、こうした法規制に基づく仕様の下で営利目的とする新規計画が数多く進められており、その街並みや生活様式は大きく変わりつつある。

経済活動ならびに建築・環境技術のグローバル化の波は、開発途上にある伝統的な市街地を均質化・没個性化へ向かわせており、都市化が進む市街地において伝統的な空間をはじめとする地域文化を継承していく価値が改めて問われ直している。

一方、高等教育機関が主導となり、ローカルな都市居住の可能性を検討するための取り組みとしてパイロットプロジェクトが立ち上がり、実験的なモデルの検証も進められている。ハノイ 36 通り地区を対象とした居住区モデル (図 2-左) では、伝統的な生活様式や現地の資材・工法を活かしつつ、環境負荷低減型の高密度居住を実現するための立体的な空間モデルを新たに構築し、現在の延床規制に代わる増床要求仕様の提示を試みている。単なる一開発にとどまらずに、現地の要求を組み入れ、伝統的居住地の全体性を持続的に維持していくための手法として発展的につながることが期待されている[10].

3.2 ブルネイ、バンドルスリブガワンの水上集落

ボルネオ島に位置するブルネイ (5° N, 114° E) の首都、バンドルスリブガワン(BSB)を流れるブルネイ川流域には、ブルネイの総人口の 1/4 を占める約 3 万人の人々が暮らす世界最大規模の Kampong Ayer (マレー語で「水の村」の意味) (図 3) が存在している。ブルネイ川の沿岸 3km に渡り約 4000 戸の建物が水上に建て並び、都市機能を満たすためにモスクや小中学校、警察や消防署、病院、水上タクシーのための船着場 (各地区に 1 箇所配置されている) やガソリンスタンド、船の製作場までもが完備されている。1521 年、探検家マゼランの船隊の一員として寄港したイタリア人探検家は、航海記でその繁栄ぶりを「東洋のベネチア」と喩えるほど、その規模は集落ならず都市に類するに値する。



図 3 ブルネイの水上集落旧市街地, 右図: 建物内部空間の配置

補注) 図 1,2 の右図は同縮尺

3.3 Kampong Ayer・水上集落の計画的変遷

石油や天然ガスに恵まれた資源国として、1000 年以上前からアジアの海上交通の要衝として栄えた水上国家である。王国は 14 世紀に基礎を築き、15~16 世紀にボルネオ島全域やフィリピン南部に統治を広げ、全盛期を迎えた。王国は 19 世紀末、英国の保護領となり、1984 年に完全独立を果たした。都市経済の発展に際して、内陸部は西洋型の都市開発の影響を受け、水上集落は王国建国時からの姿を留めている。

近年迄に、水上集落の構造的劣化ならびに都市環境を整備することを目的に、水上集落から内陸部への移住計画が政府

によって起案された (1950)。しかし、半ば強制的に水上集落の住民を内陸部へと移住させる計画であったために、一部の移住を除いて、地域コミュニティから強い反対を受けて破棄されることになる (1967) [11]。後に、移住計画に新たに社会保障制度を組み入れた草案が作成され、開発省によって水上集落の総合計画ならびにマスタープランが策定 (1982) されることになる。現状の水上集落の高密度化、構造の劣化、居住環境の劣悪化、既存集落への延焼対策などの諸問題を解決するための策として Sultan Haji Hassanal Bolkiah Foundation の支援を受けてパイロットプロジェクトが立ち上がり、Kampong Ayer の沿岸部にあらたに水上集落 (Kampong Bolkiah) (図 2-右) が施工された (1994)。伝統的な住居とは建材や設備、構造や配置が大きく異なっており、全住戸は規格化された均質な住居形態をとり、RC の杭基礎の上にグリッド状に配置されている。当時、初期に入居した 3 つのコミュニティの住民らはその目新しさから居住空間を好んで使っていたことが記録されている [12]。

こうしたパイロットプロジェクトにより、住居内環境・設備の改善ならびに延焼の防止策、構造的強化などの問題は解決に向かう一方で、近隣の住民を含めた集落全体として居住環境に対する社会的な新たな問題が顕在化されることになった。具体的には、伝統的な水上集落では大事にされてきた家族や地域コミュニティとの社会的・歴史的なつながりを育むための場に対する建設的な配慮が欠如していた。

近年は、東南アジアの発展途上国ならびに移行経済圏において、都市計画レベルからと地域計画への戦略的な枠組みの構築、ならびに文化的資産としての地域コミュニティの発展と伝統的な都市環境の保全施策を視野に入れた開発の必要性について議論が進められている (AWPNUC[13])。

4 Kampong Ayer・水上集落のフィールドワーク

バンドルスリブガワンの水上集落の生活共用空間の現地フィールドワークを行った。以下、基礎調査の概要を記す。

表 1 調査概要

現地調査: 2013 年 1 月 27 日~1 月 29 日までの 3 日間
対象地域: ブルネイ, ダルサラーム国の首都バンドルスリブガワンの水上集落 (Kampong Ayer).
調査方法: GPS 受信機を用いて水上集落の水上タクシーの航路ならびに歩行履歴の記録。市街地住民ならびに水上集落の現地住民へのヒアリングならびに住居内調査, 旅行代理店 Freme Travel Services へのヒアリング調査, Kampong Ayer Cultural Center での資料調達を行った。主に、住居と共用空間の配置構成と利用状況の実態調査

4.1 水上集落の生活環境

一見、水上集落の外観はスラムのように見えるが、家屋内

部に足を踏み込むと薄型テレビやカラオケ、エアコンが完備されており住居内環境は良好である。一方、下水処理設備に関しては、学校などの公共施設では整備されているが、一部の地区を除いて未だ設備が整わず、台所やシャワー、トイレの排水はブルネイ川へ直接放流されている。一般ごみの回収は有料（15Brunei dollars/month）で行われているが、一部ごみは川へ投下されており満潮時には川岸に滞留している（図 6-左）。水上集落居住者の多くは、水上タクシーで対岸の駐車場へ移動した後に自らが所有する自動車で内陸部の職場へ向かう。近年は内陸部に開発された郊外住宅地でのコミュニティが希薄化していることを受け、水上集落への居住を 선호する傾向がみられる。また、水上集落の移住計画に伴い開発省が実施した水上集落住民へのアンケート調査（1987）[14]によると内陸部への移住を拒む理由として、親族関係のつながり（41%）が最重要視されており、次いでBSBへのアクセス（18%）、買う余裕が無い（13%）と続いている。親族を含む家族や地域コミュニティとの社会的かつ空間的接近性が優先事項としてあげられる。一方、郊外住宅地へ移住を希望している理由としては、火災による延焼・倒壊（29%）、内陸への居住を希望（21%）、増床可能な空間の欠如（12%）、衛生環境（10%）などであり、住民全体の約43%程であり、構造的かつ設備衛生的な問題に端を発することが多くみられる。

4.2 建設と修繕の技法

長年、水上集落では近隣住民で協力し合い家屋を拵え、地区コミュニティによって集落が整えられてきた。子が結婚した際には、実家の近くに新居を増築して住み込むことが風習とされ、その結果、親戚一同が近隣に集まることになり、家族構成が拡大化すると同時に集落もより拡大・高密度化することとなった（図 5-左）。水面に空きが見つからない場合には、住居を2階建てに建設するによって増床を図るケースも見受けられる。集落を構成する各クラスター（地区）は、主に親縁に基づくコミュニティによって組織されており、そのコミュニティの特性や地理的要因を受けて、個別の地区形態（壁色や植栽、デッキの配置など）が特質化されている。

現在は、高密度化による居住環境の悪化や延焼被害を防ぐため、新たに増築・建設する場合には開発省による法規制に従って新たに申請手続きが必要となる。現存する伝統的住居は法規制を受けることはないが、住民自らが修繕を行うことが求められる。こうした地域コミュニティが有する「建設と修繕の技法」は、漸進的試行を通じて受け継がれたものであり、地域文化とコミュニティを形成する重要な要因として考えられる。

4.3 ささまざまな開発段階が混在する居住環境

60年代から、政府は水上集落の都市基盤（水道管や衛生

設備、下水処理施設など）の整備を進めてきた。現在までに特定地区に限定して整備事業が施行されてきたために、水上集落ではさまざまな住環境を見ることができる。既存のペDESTリアンデッキを活用して上水管を組み込む整備事業（図 6-右）、強風や火災による倒壊跡地を対象にして地区一帯の移住を図る支援事業（図 7-右）、新規開発された居住区の下部に住民自らが増築した作業空間（図 5-右）など、開発省による施策と住民自らによる改変の手続きが入り混じり、水上集落は複雑な様相を呈している。

地区一帯の新規開発を試みた初期モデル（1994）では、規格化された建材を用いて一定の性能を有する住居を量産的に生産し、水上居住の質の向上を目指してきた（図 2-右）。しかし、ここでの計画は住居内環境の改善に留まり、地区コミュニティの活動を構想に組み入れたものではなかった。そこで次期開発モデル（2011）（図 7-右）では、近隣住民の商いの場や憩いの場として活用されることを目指して、各住居の前方に共有スペースが計画された。また、隣接する集落への延焼を防ぐために地区の境界域には大きな空隙が設けられており、他地区から孤立した配置となっている。水上の集落にも関わらず、住居群の建物本体は郊外住宅地と同様の画一的な住居が水上に配されており、引き上げられた地盤面と水面との間の空間には、住民自らの手によって必要とされる船着場や作業場、ペDESTリアンデッキや倉庫、橋桁などが、新たに漸進的に建設・増築されはじめている。



図 4 水上集落における構造的欠陥

左上：水上集落の Kg.SetiaB 地区に住む高齢の職人が住居前のデッキで配筋作業を一人で行う。塩ビ管を型枠にして自らがコンクリートを流し込み RC 丸柱（異形鉄筋使用）を打設する。

右上：基礎部の RC 杭を継ぎ足すために塩ビ管をつなぎ打設する、その簡易処理された接合部は崩壊が進み柱（基礎）の機能を満たしていない。
 左下：RC 杭基礎が傾き、住民自らが構造支持材で簡易補強を行っている。
 右下：火災による住居の焼失後は RC の基礎だけが無残に残り手がつかない状況で放置されている。

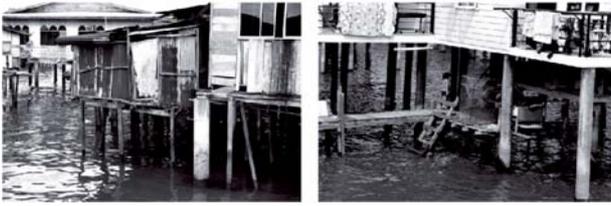


図5 水上集落の住民自らによる増築と修繕

左：水上集落 Kg.Peramu 地区における増築部。家族拡大のため床面積が狭くなったために、住居脇スペースに木造柱を埋め込み住民自らで増築を行う。

右：新規開発された2階建て住宅地の下部空間（水上タクシーや漁船を繋留するための空間）を活用して、伝統的住居と同様の工法によって、ペDESTリアンデッキや作業場を増築。



図6 水上集落における生活環境

左：Kg.Pekilong Muara 地区の沿岸部には、日常生活の廃棄物が溜まり臭いを放つ。

右：生活用水を引き込むための給水管が水上集落内部に敷設されている。政府の支援プログラムによって事後的に設置されたため、既存のペDESTリアンデッキの脇に新たに上水道のための架橋（RC）が併設されている。設置が困難な場合は、歩行者用のデッキの上部に設置される場合もみられる。



図7 火災による被害とその経過

左：水上集落 Kg.SetiaB 地区での火災現場の翌日の状況。消防隊が到着する前に、地域住民で協力し合い消火活動にあたり15分ほどで火災を消し止めたが、10戸の住居が焼失した（2013年2月）。原因は漏電による。年2回ほど火災が発生している。同地区では増築により住居群が連結して密集しており、延焼が拡大する傾向にある。政府は高密度地区での建設の際には法規制を順守するように促している。

右：火災により延焼した住居の基礎（手前）と新規開発された2階建て住宅地。伝統的な工法でつくられた水上集落の脇の一区画に新規開発が進んでいる。

5 おわりに

東南アジア諸国の伝統的な都市居住地では、今も尚、地域住民自らで現地の建材（主に木材）を用いて工法を見つけ出し、現地環境や風土に応じて独自の生活様式をつくりあげている。こうした伝統的住居が、恒久的なものとしてではなく、絶えず住民レベルで手が加えられる形態として修繕と増築が重ねられ、次世代へと技法と共にコミュニティが継承されてきたことは特筆すべきことだろう。

本調査は基礎的な考察に留まるが、今後も東南アジア諸国の伝統的な都市住居の発展過程に着目し、都市居住環境の変化と地域コミュニティとの関係を実証的に記述していくことが必要となるだろう。開発が進む東南アジア圏の都市空間において地域住民と伝統的な生活様式との関係を考え直し、新たな都市政策を提案するためのローカルな開発・保全モデルの枠組についての基礎的な知見となりうるだろう。

参考文献

- [1] 国際連合地域開発センター（UNCRD）が刊行する Regional Development Dialogue では、開発途上国や移行経済地域における地域開発問題や課題などについて討議する場が提供されている。
- [2] L. Kong and B. Yeoh, Urban conservation in Singapore: A survey of state policies & popular attitudes. Urban studies 3, 1993, 247-65.
- [3] D. Drakakis-Smith, The Third World City. London: Methuen, 1987, pp. 10, 43, 52, 74.
- [4] P. Fuchs, (ed.) Urbanisation and urban policies in Paciéc Asia. London: Westview Press, 1987, pp. 38-42.
- [5] Ma, Bob, A Trip into the Controversy: A Study of Slum Tourism Travel Motivations. 2009-2010 Penn Humanities Forum on Connections, 2010
- [6] C. Alexander, The Timeless Way of Building, Oxford Univ. Press, 1979. 平田翰那訳, 「時を越えた建築の道」, 鹿島出版, 1993
- [7] C. Alexander, et al, A Pattern Language, Oxford Univ. Press, 1977, 平田翰那訳, 「パタン・ランゲージ」, 鹿島出版, 1984.
- [8] C. Alexander, The Oregon Experiment, Oxford University Press, 1975. 宮本雅明訳, 「オレゴン大学の実験」, 鹿島出版, 1977.
- [9] C. Alexander, et al, The Production of House, Oxford Univ. Press, 1985. 中埜博監訳, 「パタンランゲージによる住宅の建設」, 鹿島出版, 1991.
- [10] 小嶋一浩+東京理科大学小嶋研究室+東京大学生産技術研究所曲淵研究室, Space Block Hanoi Model, 未来開

拓学研究推進事業研究プロジェクト「高温多湿気候に適応する環境負荷低減型高密度居住区モデルの開発」,2003

- [11] D.McGarrigle, Unsettling Brunei. Australian Planner 31 No. 3 (1994) 159-64.
- [12] Ministry of Development, Kampong Ayer Planning Study. B.S.B. Brunei: Dept T.C.P., August, Section 4, (1994), pp. 4.1-4.32.
- [13] AWPNUC: Asian and West Pacific Network for Urban Conservation

Teaching computer science in English to professional IT master students in Japan: a successful experience

Antoine Bossard ¹⁾

Abstract

Recently, we have experimented giving a computer science lecture in English to professional IT master students in Japan. After facing initial reticence mainly from the *terra incognita* stress, this still uncommon initiative has been acclaimed by both students and educators. In this paper, we propose to review and analyse this experience, aiming at re-conducting and expanding such a practice.

Keywords: education, Japanese, foreign, language, tongue, lingual, globalisation

1 Introduction

Embracing globalisation, the Advanced Institute of Industrial Technology (AIIT) has been actively promoting international activities as for both education and research. Founding member of the Asia Professional Education Network (APEN), AIIT has multiplied initiatives in this direction [1], notably proposing an international development and management course [2].

More generally, English education, concretely courses in English, is a further step being trialled, if not implemented yet, by several higher education institutions in Japan, including AIIT. In a country where English remains a challenge to the majority and its education methods extensively researched [3, 4, 5], it is always interesting to look at the results of such an implementation of English education, and discuss the methods employed to achieve these results, either positive or negative.

Starting in April 2013, we have been in charge of an optional 15-session (90min each) computer science course dealing with functional programming and algorithms. This lecture was integrally conducted in English; it is part of the master program of information systems architecture at AIIT [6]. Students profile are heterogeneous: due to the professional orientation of AIIT, students profiles range from very recently graduated students to long-career, trained professionals,

which is important and interesting information when analysing the acceptance of English education in this IT environment. Additionally, few Chinese students joined this course.

We propose in this paper to review and analyse this English education experience inside such a specific environment. Concluded by very positive and encouraging results, we aim at promoting the re-conduction and expansion of such an initiative.

2 Language considerations

The first challenge encountered when setting up a course given in English is the mostly negative perception by the students. This can be explained by assumed increased difficulty regarding lecture understanding, participation and eventually success chances in obtaining the credits associated with the course. Furthermore, the fact that such a course is listed as optional in the master curriculum will definitely not incite students to enlist themselves in this class. As a result, the number of students who register for such course will be relatively low. Let us see how we can limit this initial disaffection.

If by chance, students are free to attend the first session(s) without registering, or if a course presentation is given before academic start, it is a great time for the educator to try to convince the most candidate-enlistees possible. Because we are in the case of a computer science course, we believe that the language concern imagined by students should be addressed by stressing that... there is no concern at all. Effectively, the content of the course is more logical than lingual:

Received on 2013-09-30.

¹⁾ Advanced Institute of Industrial Technology, Tokyo, Japan

most of the time the focus will be on programming, algorithms or similar topics. Hence, the words and expression employed during the course will be invariably the same, that is a very small set of subject-related terms such as *pointers*, *functions* or *memory*. And fortunately, at least in Japan, these words are usually left untranslated in the local tongue, thus used as-is, directly from English. Because these terms are relatively modern, this must be the case in many other languages. This point, regarding a very small vocabulary set redundantly used, is from our experience one important notion to be explained to alleviate students perceived language concerns.

Lastly, during the lecture, one should not hesitate to utilise proper English, that is not exaggeratedly simplified. Lecture materials, and interaction with these, are here to support students' understanding (see Section 3). And importantly, the English level of the class is very unlikely to be homogeneous, so leveling-up is the most desirable solution, eventually endorsed by students themselves, see Section 5.

3 Lecture contents and materials

Students will likely be struggling with the lecture content and/or language. So, it is critical to retain students "afloat" as much as possible. We present in this section several "buoys" that proved efficient.

First, regarding text material, it is very positive to give it some contrasts: the usage of **colours** or other typographical **hints** will be of great help for students to distinguish key words amidst text flow. Obviously, keeping the amount of text as low as possible is critical as explained below.

Second, it is important to get distant from the language as often as possible, and instead direct students attention towards visual elements of the lecture materials. This way, students are more likely to stay focus and to bind a new term they have just heard or read to its definition. It will thus be easier for them to picture what they heard but not fully understood. Such a sample slide is given in Fig. 1.

Then comes the interactions with students. They are also of great help, either for students obviously, but also to help the educator to assess the degree of understanding reached by students. An example of such an interaction is the handing out of small exercises to be solved during the class, with the educator here to

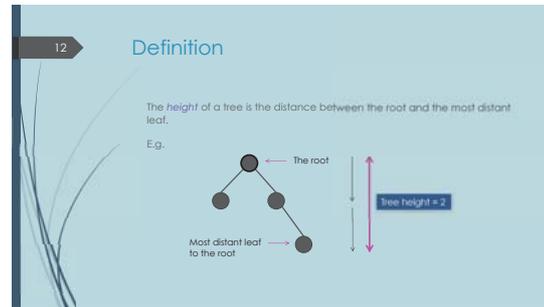


Fig. 1 Relying on visual elements to support definitions.

answer questions and support needing students. Additionally, in the case of computer science, it is easy for the educator to demonstrate the behaviour of an algorithm or of a program. Interactions follow: for instance, students are asked to give the next, yet undisclosed, intermediary result, or the reason of such a program behaviour. It is the role of the educator to stress key words in his questions; this way, thanks to the visual demonstration, students will mostly overcome their understanding difficulties. Once a student tries to answer, one ought let him speak uninterrupted so that he feels comfortable and with minimum stress. It is critical to maintain an atmosphere opened to dialogue.

4 Course evaluation (exam)

In this section, we focus on course evaluation: tests and exam.

Because it is hard to assess the level English of the whole class, it is highly recommended to conduct at least one intermediary evaluation, like a small test, to have a better idea of the challenges faced by students, either language-related and content-related. We would advise to conduct a computer-assisted evaluation at first (e.g. programming exercises), so that students are in a relatively familiar environment.

Generally, similarly to lecture materials, the educator ought keep the amount of text on the examination sheet as low as possible. Also, providing examples of what you are expecting as answer is critical. These are two key points; they are illustrated in Fig. 2.

In the case students are expected to answer with English text, rather than, say, source code, it will be easier to formulate the problem in a way leading to an answer that is based on keywords. For example, "What is the difference between augmenting recursion and tail

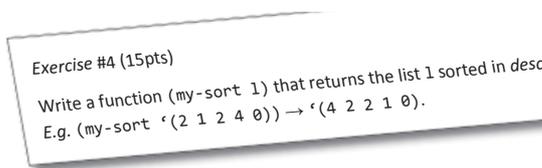


Fig. 2 One exam exercise: a short text and an example.

Table 1 Excerpt of student feedback.

Delivery	Interest	Satisfaction	Total [†]
83%	83%	82%	83%

[†] Average of 14 criteria.

recursion?"; possible answers keywords include "accumulator", "argument", "parameter", "stack", "overflow", and so on. It is then up to the educator to judge whether enough keywords are given in the answer and if the answer makes sense as a whole.

Lastly, one should note hesitate giving exam problems that include visual elements as in the lecture materials. This will again support students understanding, likely better than plain text. Also, because it may not be instant to students, exercises and their respective questions should be clearly separated, possibly numbered. In a language like Japanese relying on ideograms, thus allowing for a quick textual overview to the trained eye, alphabetical texts are more difficult to preview for Japanese students. Physically enhancing breaks and other typographical blanks are undoubtedly of great help.

5 Student feedback

Let us review in this section the post-course feedback provided by students. Feedback was formally gathered once the course completed as a questionnaire handed out individually to the 14-registered students. An excerpt of this data is given in Table 1: speech delivery, interest, satisfaction and global score regarding this course are quantified.

The first important thing to note is that students did really enjoy this new experience. For most of them, it was the first time to attend a computer science course integrally done in English, or even to attend a course in English. The end of this program once the trimester over was lamented and calls for the re-conduction of such an initiative were made.

Part of these positive feelings can be explained by

the fact that many students initially did not believe they would be capable of understanding such a course and have the chance to succeed at the final examination. Post-course they realised their achievements, including improved English skills, and express their satisfaction as course feedback. This is also one reason why leveling-up the English standard used in class is better than exaggerated language and expressions simplification.

6 Conclusions

We have conducted an empirical analysis of English education in a special environment: a computer science course for professional IT master students in Japan. For various reasons, an English lecture in such environment can hardly be deemed attractive. However, we have shown through this study that beyond initial reticence, student feedback has been very largely positive, even indicating a wish to extend this linguistic (*xenoglot*^{*1}) experience.

Now, we are confident that the results obtained can be generalised to a wider, less specific environment. Effectively, the heterogeneity regarding students nationalities in this study is a good indicator towards this conclusion.

Acknowledgements

The author wishes to thank the reviewers for their comments.

References

- [1] Shintaro Ishijima. Toward the establishment of global learning community -Challenge of APEN-. *Bulletin of Advanced Institute of Industrial Technology*, Vol. 5, pp. 69–73, 2011.
- [2] Mitsuhiro Maeda. *Syllabus: International Development & International Management courses*, pp. 202–205. Advanced Institute of Industrial Technology, 2013.
- [3] Phillip R. Morrow. The users and uses of English in Japan. *World Englishes*, Vol. 6, No. 1, pp. 49–62, 1987.
- [4] Charles M. Browne and Minoru Wada. Current issues in high school english teaching in Japan: An exploratory survey. *Language, Culture and Cur-*

^{*1} *xeno*: foreign, *glot*: language

riculum, Vol. 11, No. 1, pp. 97–112, 1998.

- [5] Hiroko Matsuura, Reiko Chiba, and Paul Hilderbrandt. Beliefs about learning and teaching communicative English in Japan. *Japan Association for Language Teaching (JALT) Journal*, Vol. 23, No. 1, pp. 67–82, 2000.
- [6] Antoine Bossard. *Syllabus: An algorithmic approach to functional programming*, pp. 12–13. Advanced Institute of Industrial Technology, 2013.

製品アーキテクチャから見るビジネスモデルの変化

— 日系企業の中国戦略の変化に関するケーススタディ —

吉田 敏¹⁾

Dynamics of Business Model from View Point of Product Architecture

— Case Study of Strategy of Japanese Company in China —

Satoshi Yoshida¹⁾

Abstract

Architecture Concept is design information created by designers. Every designer should collect a lot of information and knowledge about his target, and consider the structure of that. Architecture is based on the structure of artifacts, and it is possible to understand characteristics of designer's ideas. In this paper, dynamics of business model is analyzed with Architecture Concept, because business model should be adjusted to the situation in every time. This means that designers of business model should understand the characteristics of the business field, business area and business period. In this paper, this point is discussed with an example of one of Japanese companies in China.

Keywords: Architecture Concept, Integration, Modular, Design Information, Emerged Function

1 はじめに

現在、製品を創りだしている様々な産業や企業において、既存のビジネスモデルに対して将来への不安感が生じている面があることは否定しきれない。製品のパフォーマンスを上げることを目標とすれば良い状況から、使い手が真に求めるものの供給へと、つくり手に求められる内容が変化してきた。

本稿では、製品アーキテクチャに注目しながら、企業のビジネスモデルの変化について理解していくものである。

2 ものづくりにおける製品アーキテクチャ

2.1 製品アーキテクチャから見えるもの

既に広い分野で使用されている学術的なツールに、アーキテクチャという考え方がある。これは、人間がものを創造するときの思想の傾向を捉えた考え方である。このアーキテクチャ概念は、1990年代を中心に米国で積極的に進められ、国内でも藤本隆宏を中心に経営学分野を中心に使われている。この「アーキテクチャ」という言葉は、「建築」という意味が最もよく使われるものであるが、ここでは全く違う意味で

あり、概念である。端的に言うと、成要素間の相互依存性の傾向を創り出す人間の思考方法にかかわる概念として考えていくものである。その基本を創ったのは H.サイモンや C.アレグザンダーであると考えられ、それらの発想はすでに 20 世紀半ばに示されている[1,2]。この考え方は、主に経営学の領域でコンピュータ産業や自動車産業などを対象に複雑な企業活動についての洞察に使われている[3,4]。

特に設計思想が反映されている可能性を持つ製品の構成を対象とするとき、それを製品アーキテクチャと呼び、多くの議論がなされてきた[5,6]。ただし、注意を払わなければならない点は、この製品アーキテクチャが製品の構成に直結する以上、つくり手の思想のほかにも多くの方面からの影響を受けた結果である面を持っていることである。要するに、ライバル製品が出ればその影響を受けて設計内容が見直され、新しい技術が生み出されればそれを取り入れるために見直され、社会が重視しているものが変化すればそれに対応しようとする面があるということである。つまり、製品の構成要素間の関係性の傾向を理解しても、つくり手である設計者の思想だけが見えるわけではないため、製品アーキテクチャによって設計思想を完全に理解し、評価できると考えるのは危険であるということになる。

その反面、同じ時期に同じ目的で作られた製品に、場合によっては大きな品質や価格や売上げの違いが出る場合も少な

Received on 2013-10-10

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

くない[7]. このような場合に、製品アーキテクチャが他製品との比較に重要な意味を指し示す可能性を持つことになる。つまり、それぞれの製品のつくり手が持っている情報がほぼ同じ場合、設計者の考え方や判断が、製品の特徴の形成に大きな影響を及ぼす可能性があるということである[8].

2.2 設計上の思想の傾向と製品アーキテクチャの相性

ここまで述べた製品アーキテクチャの特性を前提にしながら、つくり手の思想の傾向との関係性を抑えておきたい。一般的につくり手の持っている設計上の得意なパターンは変化しない傾向があり、また、地域ごと、国ごとにその得意なパターンが偏っているということが指摘されてきた[9].

本稿では、一つの事例として、実際の企業活動をこの製品アーキテクチャに当てはめ、大きな利益が上がったビジネスモデルと、その次の発展を望んで創られたビジネスモデルを見ていくものである。

3 ケーススタディとしての日系企業の中国戦略

3.1 A社の中国での事業展開

ここでは、国内大手空調機メーカーの一つを、A社として取り上げる。A社は、現在空調機の分野では国際的にリーディングカンパニーの一つとして認識されており、特に海外における躍進が著しい。本稿では、このA社を取り上げ、その中でも売上高、利益率の著しい伸びを達成している中国市場における戦略や事業の考え方に注目していくものである。以下、2008年と2012年に訪問したA社中国拠点でのヒヤリング、および参考文献[10]、[11]による内容を参考に議論していく。

A社は1990年代半ばに上海のメーカーと合弁の形で現地企業を設立している。この時期には、国内の主要な空調機メーカーはすでに中国で事業展開しており、A社は中国の空調機市場においては後発企業という立場であった。また、ここでは、空調機の中でも主なカテゴリーとして、家庭用のルームエアコンと、業務用のビル用マルチ型エアコンを主な対象として議論していくものとする。

ルームエアコンの市場は大きく、当時の日系企業は殆どこの市場に参入していった。ただし、この市場には現地企業も数多く、技術的成熟度が比較的低い中国系企業でも市場に浸透する可能性がある製品をつくることができ、過剰供給による苦戦を強いられる側面があることは否めなかった。また、大きな市場を掌握するには、地理的に広大な中国において、広範囲な販売網、メンテナンス網を強いていく必要があり、後発企業にとっては不利な要素の一つであった。(この点について、特にA社は、条件面の検討から現地の空調機ではない機械メーカーと合弁企業をつくっており、既存のネットワークの利用などの機会も殆ど無い状態であった。)

このような中、A社は中国において、業務用エアコンの事業を進めていった。参入時、A社はいくつもの戦略を進めて

いる。商習慣の違いによるリスクを低減させるため、既存の代理店を中心とした商流を利用するのではなく、自社独自の特約店のネットワークを築いている。また、当時の中国市場に殆ど無かった天井埋め込み型室内機を用いることとなった。これは、当時、中国においては床置き型が主流だったが、国内においては床置き型から進化した結果として天井仕上げの内部に埋め込む考え方となっており、高級機としての位置づけを狙ったものであった。また、提携したのが空調機メーカーではなかったということは、中国での空調機に関する殆どの設計過程、生産過程に関する既存のシステムを持ち合わせていない状態であり、それらを独自に構築していかなければならない状況であったわけである。これらは、多くのリスクを抱えていたことを示している。

このような中で、結果としてA社の海外展開の中でも後発事業であった中国への進出によって、高い利益率実現することに成功したのである。

一方、A社の最近の事業方向性の変更、家庭用エアコンへの進出がある。これは、中国の拠点を確実なものとした中、得意な製品分野だけでなく、市場が大きい製品分野へ乗り出し、より大きな売上高を確保しようとしたものである。2012年のA社中国拠点でのヒヤリングでは、中国メーカー2社が年間約2000万台を生産する中、A社は約300万台の生産を目指すというものである。このような方向性の展開は、既存の大きな市場を抑えている中国メーカーへインバーターに関する技術を提供し、その見返りに大量生産、大量販売における商流や物流に関する機会の供与を受けるものであった。ただし、インバーターの技術知識は進化のスピードも奥深さもキャッチアップが容易なものではないという認識もあり、簡単にコピーを許さないものであるという認識もあったようである。要するに簡単に教えられる内容だけでは、高度なインバーターをつくることは困難であるということである。そのため、A社は、ルームエアコンの巨大市場の中でも、比較的高価な上位機種市場を狙うというものである。また、これまでの中国市場はインバーターというものが殆ど存在しなかったため、このインバーターの認知度を上げ、市場に認められることもA社の戦略としてうたわれている。

3.2 製品アーキテクチャから見る変化

上記のように、中国におけるA社の空調事業については、大きく分けて中国進出時から続く業務用エアコンに関する戦略と、今日の新しい戦略としてのルームエアコンに関する理解をすることが必要となる。この2つについて、製品アーキテクチャを記述しながら、その相違点について理解していきたい。

ここでは、3階層にわたるアーキテクチャを議論していく。これは、当該製品そのものを理解した後、その製品がどのようなシステムの中で活かされているのか(上位階層の確認)、その製品がどのような末端部品によってつくりこまれている

のか（下位階層の確認）を理解していくためである。

① 中国の業務用エアコンの製品アーキテクチャ

A社製の中国市場における製品を対象として考えていく。まず、上位階層を理解する。中国の業務エアコンの主な市場に、高級マンションへの設置がある。これは、国内では考えにくい位の面積、予算を持つ物件へのエアコンの設置という傾向が認められるためである。特に中国では、マンションは施主に内装や設備機器が無い状態、いわゆるスケルトンという概念に近い状態で引き渡される。施主は十分な予算を持っている場合、最高の設備機器を、仕様だけでなく、外見、メンテナンス、故障し難さなどの観点から選び、的確な位置に設置していきたいということになる。この役割は内装設計者が担うことになる。この階層は、さまざまな企業のさまざまな設備機器や内装仕上材を広く選択できる。つまりオープン、モジュラーな階層であると解釈できる。

次に、中位階層、つまり製品そのものの主要な部位を解釈していく。これは、それぞれの製品独自の主要部位で構成され、それぞれを微妙に調節しながら全体をつくり上げているという擦り合せ型の特徴を呈している。

また、下位階層については、主な末端部位がカスタマイズされている点を確認できるため、要素を擦り合せていることが理解できる。

これらは、設計者を含む技術者へのヒヤリングにおいても、同様の設計思想の傾向が認められ、矛盾は認められない。

② 中国のルームエアコンの製品アーキテクチャ

つぎに、中国企業における中国市場のルームエアコンの製品アーキテクチャを対象とする。

上位階層である中国の建築は、既存の建築を前提とするわけであるが、国内の建築と比較した場合、標準的な取まりを比較しても、それぞれの要素を擦り合わせることはなされてい

ない。そのため、中国の建築はモジュラー型であると解釈できる。

中位階層である主要部位については、構成要素の標準化が進んでおり、モジュラー型であるという解釈ができる。

また、下位階層である製品の末端部位については、標準製品の組み合わせによってつくられていると解釈することができる。これは、インバーターの構成要素を含むものである。

一方、A社製の中国におけるルームエアコンそのものを考える。上位階層については中国メーカーの場合と同様でモジュラー型である。

中位階層については、標準化が進んでおり、国産メーカーを含めてモジュラー型の様相を呈していると考えられる。

下位階層については、インバーターの制御レベルの知見を含め、いくつもの擦り合せ型の傾向、構成要素の相互依存性を高めることによって全体のパフォーマンスを高めることが行われている。

3.3 顧客視点からの変化

前節の内容をまとめ、他の事例を加えたのが表1である。この表は、自分の製品の設計上の方向性をアーキテクチャの視点から整理したものである。モジュラー化が進むと、開発や変更も部分の検討に集約することができ、部品や情報に関して多くの選択肢ができ、生産コストも抑えられる可能性が生じるなど、様々なメリットが得られる。しかし、その反面、モジュール単位の寄せ集めで最終製品をつくり上げることが可能となり、製品の差別化が難しくなり、価格のたたき合いなどの厳しい環境も生じることになる傾向がある。そのため、顧客視点での議論が重要となる。つまり、少々高くても差別化された良い製品が必要とされるのか、製品の差別化の認識が難しく価格と外見などによって取捨選択されるのか、製品

表1 製品アーキテクチャにおける3階層

	A	B	C	D
上位部品	擦合せ	擦合せ	擦合せ	擦合せ
自分の主要部品	擦合せ	擦合せ	モジュラー	モジュラー
自分の末端部品	擦合せ	モジュラー	擦合せ	モジュラー
事例	自動車主要部品 国内のビルマル スーパーコンピュータ		国内のルームエアコン	

	E	F	G	H
上位部品	モジュラー	モジュラー	モジュラー	モジュラー
自分の主要部品	擦合せ	擦合せ	モジュラー	モジュラー
自分の末端部品	擦合せ	モジュラー	擦合せ	モジュラー
事例	ソノのギア 中国の日本製ビルマル 日本製ノートPC	日本製デスクトップPC	中国の日本製ルームエアコン	自転車主要部品 中国の中国製ルームエアコン アメリカ製ノートPC アメリカ製デスクトップPC

分野ごとに見極める必要がある。

この時、最も重要となるのが、つくり手が顧客視点を持つことである。この指摘は、大変に多くの局面で繰り返されている。しかし、本当に顧客視点に立つことができたつくり手は殆どいないと考えるべきであろう。理由は、大変にシンプルである。

つくり手は、基本的につくり手視点をもっている。これには、知識や情報、考え方、判断力などに独自性や価値観を持ち、その基本となっているのが製品をつくることと製品を売ることである。要するに、対象を良く知っていて、つくりやすいかどうかを無意識に考えてしまい、最終価格などを気にしてしまうのである。このような判断が無意識で行われる以上、顧客視点など本当に持つことができるのだろうか。

製品の機能の創出に際して、つくり手が描くストーリーと、使い手が描くストーリーは、全く異なる[10]。つくり手は、使い手の率直な要望や使い方を知ることに対して、どうしてもつくり手の視点が混在することにより、まっすぐに見ようとしないう傾向があるようである。開発主旨を理解させたい、品質の違いを理解させたい、つくるプロセスにおいて課題を解決しながら進んだものづくりの真髄を理解させたい、ということを経営に考えている面があることが否めない。しかし、それらの考え方は、使い手には何の意味もない内容である。

このような観点から、A社の2つの戦略について、製品アーキテクチャを通して見直していきたい。

3.4 戦略の変更に伴う顧客視点からの変化

① 業務用エアコン展開時のショールーム

A社は上海等に、ショールームをつくっている。このショールーム機能は企業と顧客を結びつけることが含まれていると言えるため、顧客視点が理解されているかどうかは、ショールームの設計内容に表出する面があると考えられる。そのため、このショールームがどのように構成に設計されているかについて注目していく。

まず、2008年に上海のショールームを見学し、ヒヤリングを行った。このとき、主な対象製品は業務用エアコンであった。当時のショールームは、主に、外見のサンプルの展示、内部の部品の陳列、システムの説明、実装の相談などが目的とされていた。これらは、つくり手の視点が殆ど入っていないものであったと解釈できた。バルコニーに置く室外機のサンプルには床面積が記載されており、部品の陳列には素材や細部の説明がなされ、無響音質が用意され騒音が確認でき、自分のマンションの図面を出せば機種を選択から設置か所まで図面に落としてくれるのである。バルコニーの床面積は、マンションの値段がバルコニーの面積も反映されているために、設置機器の床面積が小さいということがマンション購入者の強い興味を引くことになる。部品や素材については、その当時多くの日本製のものが使われており、明らかに中国製のそれらと違いがあったことを使い手に明確に認識しても

らっていたのである。使い手は十分な予算を持った富裕層であり、自分の新しいマンションに最高の機器を設置したい人達が多く含まれる。彼らは、せっかく設置した機器が、すぐ壊れたり、騒音を立てたりしないことを強く願っているのである。そして、どの設備機器をどこに設置すればよいのか、内装設計者に任せるわけだが、出来てみないと満足なものかはわからないという気持ちを持っているわけである。そのため、ショールームでは内装設計者も紹介し、A社と一緒に加わって内装を決めていくシステムを提供しているのである。

それらは、まさに使い手が欲しい内容であり、使い手視点のショールームができていたと考えることができる。

② ルームエアコン展開時のショールーム

2012年に再び上海を訪れ、A社のショールームを見学した。これは、対象が増え、業務用エアコンに加えルームエアコンまで本格的に扱うようになった後である。

同じ場所ではあったが、スタッフの事務所を移し、使える面積は大きくなっていった。ショールームの構成は、業務用は少々簡潔になっていたが実例などは充実していた。特に、ルームエアコンについては、壁釣りの室内機の表面に写真をプリントできるシステムの展示が中心となっていた。これは、顧客が撮った家族写真などをパソコンに取り入れ、特殊なプリンターで室内機の表面にプリントするものであり、使い手にとっては壁に設置されたエアコンの表面にお気に入りの写真を入れることができるというものであった。

ここでの問題点は、2008年は顧客が欲しい内容が展示として並べられていたのに対し、2012年は供給側が供給したいものから選んで並べられた内容となっている。

また、大きくなったショールームの一部は、何にも使われておらず、空いている空間となっており、2008年には所狭しとレイアウトされていた様々な情報やアイデアと比較すると、少々薄目の情報発信となっていた。

③ ショールームを通じたアーキテクチャの検討

まず、2008年時の業務用エアコンの展示について考える。展示内容については、部品やシステムが構成要素を擦り合わせされたものであり、既存の素材や部品や情報を組み合わせただけではつくり上げることができないことが理解できる内容であった。要するに、そう簡単に他の企業がコピーすることができないものであり、この内容が欲しいならA社のエアコンを購入するしかないということが容易に理解できるものであったわけである。

それに対して2012年の展示内容の主要な変更点の一つだったルームエアコン室内機へのプリントについては、ソフトもパソコンもプリンターもモジュラー化されたものであり、寄せ集めでできてしまうシステムであった。少なくとも、ある程度の技術があれば、数日でコピーすることが可能な面を持つシステムであったと言える。

また、顧客から見た場合、室内機の表面のプリントアウト

は魅力的で良いアイデアであるとも考えることもできる。しかし、他製品でもできるのではないだろうか、ということはいかに誰にでも想像つく内容である。要するに、このアイデアが A 社の製品を買う理由になりにくいということが言えよう。この点に関しては、製品アーキテクチャの分析を行うことにより、モジュラー化の様相を認めることになり、そのモジュラー化がどのような理由で、どのような効果を伴うことを理解することにより、A 社の持つ製品のつくり込に関する強さを損ない、価格のたたき合いなどの危険な競争環境に足を踏み入れる可能性を事前に認識することができる。もちろん、「何となく危険なことはわかる」などの意見はあると思うが、客観的、論理的に理解することにより、重要な点を見出すことができる可能性を高めることになる。そして、このプリントシステムは、本当に顧客視点なのだろうか。「こんなこともできます」というつくり手視点の典型ではないだろうか。

3.5 戦略の方向性に関する考察

以上のような議論から、A 社が行った中国における 2 つの戦略、業務用エアコンと、ルームエアコンについて、いくつかの様相からアーキテクチャ概念によって分析することができる可能性を得た。ここでは、その可能性を前向きにとらえ、得られた内容から示唆できる可能性がある内容を明示し、実際の戦略に関する議論を進めてみたいと思う。

① 得意分野への特化

これは、ここまで繰り返してきた製品アーキテクチャの内容から直接まとめることができる内容である。

業務用エアコンは各階層がインテグラル型である。これが上層がモジュラーの中国の建築の中では、標準部品のようにどの建築にも適合でき、また、製品そのものは擦り合せ型で他社がコピーしにくいということになる。

ルームエアコンについては、A 社は、中層モジュラー、下層擦り合せであり、中国企業は、中層モジュラー、下層モジュラーである。この場合、A 社が摺合せしている部分によって決定的な製品の差別化がなされる場合は、A 社にとって極めて良い競争環境と考えられる。ただし、コストは多くかかる傾向にあるため、製品のパフォーマンスの差が市場に認められないと、極めて厳しい競争環境に陥ることになる。

この点については、技術者からは、前述のようにインバーターに決定的な差がある、という意見が出ていた。もしそうなのであれば、なぜそれを展示し、徹底的に顧客に知らしめないのかが不思議である。ただし、そのインバーターの差を顧客が理解できないような差であれば意味がなくなる。また、理解できても、欲しくない差であれば、価格が安い製品に流れることになるわけである。

② 徹底的な顧客視点

ここでは、顧客視点のビジネスモデルがどのように成立していたかを考えていく。これは、製品は基本的に多くの使い手が満足することにより市場に浸透することが重要であり、

そのためには真の顧客視点による事業展開が重要であるということが否めないことから議論していくことが必要であるということから注目するものである。

2008 年当時の上海のショールームを考えると、徹底的な顧客視点によって、事業モデルが組み立てられていることが示されていた。このショールームは、前述のように A 社と顧客を結びつけることが目的であったと言えるが、それが高いレベルで達成されていたと考えることができる。当時の主要な顧客は、高級マンションを購入した富裕層であり、彼らの欲しい情報が何かを検討しつくし、それだけが並べられていた。多くの企業のショールームは、顧客のためにつくられたはずなのに、つくり手が見てもらいたいものだけが並んでいる。常に開発した新製品を並べるのが典型である。すごい新製品をつかったから見てくれ、ということであるが、多くの顧客が欲しい情報は常に新製品だけであるとは言えない。むしろ、それらは、評論家や専門家だけが欲している情報ではないだろうか。展示内容の決定は、社内の各部署が展示してもらいたいものを取捨選択して決定する企業が極めて多い。それは、顧客が欲しい情報ではなく、社内各部署が、せっかくなからアピールしたい、と主張しているだけではないだろうか。

2012 年に上海の A 社のショールームを訪れたら、説明してきたように、明らかな変化があった。あれほどきれいに並んでいた業務用エアコンの純粋な顧客視点の情報は減少し、何も展示されていない空間が存在し、ルームエアコンに関しては他社がすぐにコピーできる内容などが展示されていた。

③ 意思決定のプロセス

業務用エアコンについては、A 社が初めて中国に乗り込んで、中国拠点サイドが中心となって、手探りを繰り返しながら事業モデルそのものをつくり上げたものであると考えられる。中国の事業が安定する前に派遣された社員へのヒヤリング中に、権限と責任を持たされ、何としても成功させるしかないという感覚があったというものもあった。また、その後の展開でも、業務用エアコンの事業モデルが確立されていく事業展開において、中国支社側からの要望で事業の方向性が決定されていった面は少なくないと言える。このことは、後から顧みると、顧客視点の事業モデルの確立、市場に対するそれぞれの時点での的確な対応、中国における設計内容、生産方法の最善策の検討など、いくつもの優れた事業展開を実現させた一要因であったことは明らかであろう。

ルームエアコンについては、同じことが展開されるのだろうか。ここ数年で、答えが見えてくることになる。

もちろん、マーザー工場、R&D の集散などの議論もある。ただ、一樣な答えがあるのであろうか。これまで数多くの産業で起こってきた現象を把握し、要点を理解し、過去から学ぶことは重要である。そこからどのような可能性があり、どのような発展への阻害要因があるのかを前提にしながら、一

一つの事業環境に存在する多くの与条件に対し、的確に対応していく必要があるのではないであろうか。

4 まとめ

アーキテクチャの検討から、実際の事業方向性に関する議論を試みた。ここで取り上げたのが、他社、他地域では考えられないような売上高の伸び、高い利益率を打ち出した A 社の中国地域での事業モデルであった。その事業の中において、アーキテクチャの分析で直接理解できる内容、それらをヒントに考えられる内容を議論してきた。これによって、国内企業が海外での事業展開において重要となる要点の一部が見えてきた可能性を得た。ただし、今回取り上げた A 社中国地域の事業方向性の変更の結果については、政治的、社会的、技術的等の不確実性に加え、中国企業のモジュラー化した製品の大量生産、大量販売の戦略的優位さなどが存在する可能性も否めず、今後様々な要因を含め、新たな成功事業モデルの生成に関する期待感を持ちつつも、客観的に注視していく必要がある。

今後は、このような試論に基づく内容を元に、学術レベルの議論を行っていくことにより、重要な知見を確立することができると考えている。

なお、A 社の国内サイド、中国サイドで複数のヒヤリングをさせて頂いた。大変に貴重な機会を得たことに対し、ここに厚く謝意を申し上げたい。また、内容に関する事実誤認は、全て筆者の責任に帰すものである。

参考文献

- [1] Simon H., *The Science of the Artificial* -3rd Edition-, [1996], The MIT Press.
- [2] H. Takeuchi and I. Nonaka. The new new product development game. *Harvard business review*, Vol. 64, No. 1, pp. 137-146, 1986.
- [3] C. Y. Baldwin and K. B. Clark, *Design Rules* Vol. 1, The MIT Press, 2000, (安藤晴彦訳、『デザイン・ルールーモジュール化パワー』、東洋経済、2004年)
- [4] 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) . 「IT 人材白書 2012」行動こそが未来を拓く～進むクラウド、動かぬ IT 人材～.独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) ,2012年.
- [5] 青島矢一、武石彰：「アーキテクチャという考え方」、藤本隆宏、青島矢一、武石彰編、『ビジネス・アーキテクチャ』、有斐閣、pp27-70、2001年。
- [6] 青木昌彦、安藤晴彦、『モジュール化』、東洋経済、2002年。
- [7] 藤本隆宏、安本雅典編著、『成功する製品開発』、有斐閣、2000年。
- [8] 藤本隆宏：「アーキテクチャの産業論」、藤本隆宏、青島矢一、武石彰編、『ビジネス・アーキテクチャ』、有斐閣、pp3-26、2001年。
- [9] 藤本隆宏、『日本のもの造り哲学』、日本建材新聞社、2004年。
- [10] Ulrich, Karl T., "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm," *Research Policy*, 24, pp.419-440, 1995.
- [11] 楠木建、チェスブロウ H.W.、「製品アーキテクチャのダイナミック・シフト」、藤本隆宏、青島矢一、武石彰編、『ビジネス・アーキテクチャ』、有斐閣、pp263-285、2001年。
- [12] 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、計画系論文集 NO.589 pp.169-176 2005年。
- [13] Yoshida S., Yashiro T. *Concept model of module based system for sustainable production*, Plea2004 - The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, Vol1, pp.599-604, 2004.
- [14] 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態的な適合関係」、日本建築学会計画系論文集 第 598 号 pp189-196、2005年。
- [15] 前田正史、柘植綾夫、北澤宏一、吉田敏 他、『Beyond Innovation : 「イノベーションの議論」を超えて』、丸善プラネット株式会社、2009年。
- [16] 吉田敏編著、『技術経営：MOT の体系と実践』、理工図書、2012年。
- [17] 吉田敏、「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年。
- [18] Satoshi Yoshida, *Technology diffusion with strategy of the technological information of Japanese companies*, PICMET2009 (on CD-ROM)

ベトナム国家大学およびブルネイ大学とのグローバル PBL

土屋 陽介¹⁾ 加藤 由花¹⁾ 成田 雅彦¹⁾Global PBL with Vietnam National University, Hanoi and
Universiti Brunei DarussalamYosuke Tsuchiya¹⁾ Yuka Kato¹⁾ Masahiko Narita¹⁾

Abstract

In Advanced Institute of Industrial Technology, we have been carrying out the global PBL to develop software in collaboration with the Vietnam National University, Hanoi from 2008. And this year, Universiti Brunei Darussalam also participates in the global PBL. Therefore we designed a curriculum, which carry out the global PBL at the multiple locations in parallel. 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]. 本年度で 6 年目となる本学のグローバル PBL ではこれまで Vietnam National University, Hanoi（以下、VNU）と共同でソフトウェアを開発する PBL を実施してきた。これまでのグローバル PBL では主に開発を VNU に任せる、いわゆるオフショア開発型で実施してきた。日本の企業が海外展開する際、これまでは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ため、その人材を育成するという目的でオフショア開発型の PBL を実施してきた。しかし、近年では日本および世界の情勢が変化し、日本企業の海外展開というと製品/サービスの新しい受注先の確保のための展開へ変化してきた。これは、これまではコストが低かった海外拠点の人員費が増加したことにより、海外で生産するメリットが薄れてきたことが考えられる。

そこで、今年度のグローバル PBL では、この情勢の変化に対応し、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に変更した。また今年度はさらに Universiti Brunei Darussalam（以下、UBD）とも共同で PBL を実施することとなった。そのため、2 カ国の大学と並列で実施できるカリキュラムを考案した。これにより同じテーマで PBL を同時に進められるようになり、少ないスタッフで運営できるようにした。

またさらに、今年度のグローバル PBL では enPiT（分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク）[3]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こととなった。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した。

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、本年度のグローバル 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。これまでのグローバル 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

Received on 2013-10-10

1) 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

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。実施期間としてはそれぞれ1ヶ月～2ヶ月である。

3 本年度のグローバル PBL

3.1 グローバル PBL の概要

本年度のグローバル PBL はこれまで共同で PBL を実施してきた VNU に加え UBD も参加することとなった。しかし担当教員の数は変わらないため、同じテーマで2か国の大学相手に同時に進められるようなカリキュラムを考案した。また、本年度は 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。これにより学生の確保を狙った。本章では本 PBL 全体のカリキュラムおよびテーマについて説明する。

3.2 グローバル PBL のテーマ

2か国の海外大学と同時に PBL を実施できるテーマとして、「RSNP を利用した新しいロボットサービスの開発」というテーマを選定した。これ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 を利用して、Web サービスとしての新しいロボットアプリケーションを海外大学と共同で考案しそれを開発するものである。このテーマを選定した理由としては、現在ロボット分野は注目度が高い分野の一つであり、それをインターネットに接続することで様々なアイデアが生まれることを期待したためである。さらに考案するサービスの条件として Roomba と Android タブレットを組み合わせたネットワークロボットであることと定めた。実際に入手しやすいデバイスを開発に用いることにより、サービスのイメージをつけやすくするという狙いがある。

3.3 グローバル PBL の目的・目標

本 PBL は複数の国と共同でロボットサービスを考案する PBL であるため、様々な国の文化や特徴を活かしたロボットサービスを共同で開発することを目的とした。これにより複数の国のチームにおいて同じテーマで PBL を実施しながらも違ったサービスが作られることを期待した。さらにこの PBL で考案したサービスのアイデアを RSNP コンテスト[4]に応募することも目的とした。これにより対外的にアイデアの評価を受けることとなる。

RSNP を利用したネットワークロボットサービスの開発を通して、Web 開発技術だけでなく、実機を使った開発技術も修得することを目指した。

3.4 本年度のグローバル PBL の狙い

本年度のグローバル PBL は、2章で述べたこれまでのグローバル PBL から開発体制を大きく変更した。それは日本の企業の海外展開の変化に対応したためである。これまでの開発体制としては、日本の企業の多くが低コストな生産拠点の確保のための海外展開がメインだったため、図1に示すように日本側でサービス設計、要件定義を行い、実装を海外側が担当していた。そして作成された製品を日本側で評価するという、いわゆるオフショア開発型で実施していた。しかし近年では、これまで開発を委託していた国の経済発展および円安などの影響により、委託のコストが増加傾向にある。そのため、日本の企業としても海外に実装を委託するという形から製品/サービスの新しい受注先の確保のための海外展開という形に変わってきている。そこで、本 PBL でもその社会情勢に合わせ、図2に示すように、海外側でサービスの設計を行い、それを日本側で要件定義としてまとめる。その要件定義を元に日本側で実装し、作成した製品を海外側に評価してもらうという、いわゆる開発を日本側が受注するという形に変更した。

これにより、日本側の学生には製品/サービスを受注し、開発するスキルの修得が見込め、海外側の学生には製品/サービスを発注するスキルの開発が見込めることになる。さらに、この PBL を実施することにより将来的に学生がその国から仕事を受注するきっかけをつくることも狙っている。

3.5 グローバル PBL のチーム体制

本年度のグローバル PBL は、参加大学が2カ国に増えたため、チームを2つ作成しそれぞれ AIIT-VNU チーム、AIIT-UBD チームに分け、この2チームが同時並行的に PBL を実施する形とした。

この2チームのスタッフの配置を図3に示す。まず、日本側には本 PBL 全体を総括する教員および、両チームの英語のコミュニケーションをサポートするスタッフを配置した。これにより全体のプロジェクト活動が円滑に進められるよう

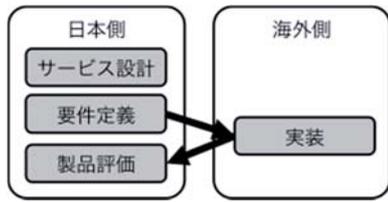


図 1 これまでの開発体制

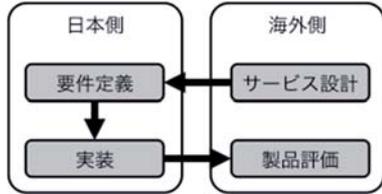


図 2 今年度の開発体制

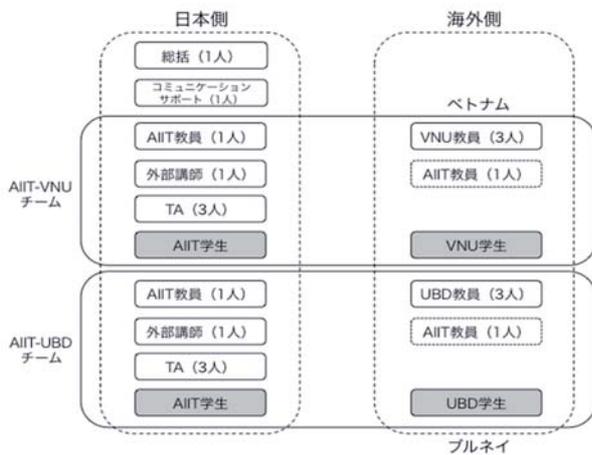


図 3 今年度のチーム体制

にする。各チーム日本側には主担当として AIIT の教員 1 名、副担当として外部講師 1 名、技術的なサポートとして TA3 名を配置した。外部講師にはこれまで本学でグローバル PBL を実際に体験した修士が担当した。また、海外側には現地の教員 3 名の他に、学生への技術的なサポートおよび PBL の実施方法の説明のため本学の教員がミニ PBL の期間だけ滞在した。特に UBD では PBL を初めて実施することになるため、UBD の教員も PBL の経験がない。そこでミニ PBL の期間に本学の教員が現地から PBL に参加することで、現地の学生だけでなく現地の教員にも PBL の運営の仕方について理解してもらった。

3.6 スケジュール

本年度のグローバル PBL は図 4 に示すように 2 つの Phase で PBL を実施した。これは enPiT のカリキュラムに合わせたためである。

まず、Phase 1 では 8 月 5 日から 17 日までの 2 週間でミニ PBL を実施した。ここでは計 5 回の遠隔会議を行い、ロボットサービスのアイデアを議論し、そのアイデアを要求仕様書としてまとめた。ここでの要求仕様書は国際的な標準に



図 4 全体スケジュール

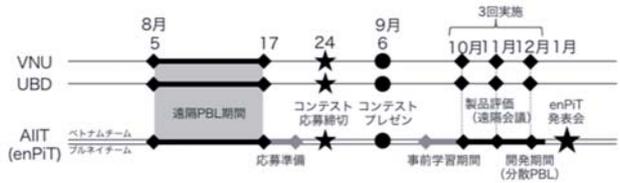


図 5 詳細スケジュール

則って、IEEE Std. 839-1998 に準拠した要求仕様書とした。このミニ PBL で作成した要求仕様書を RSNP コンテストに応募し外部からの評価を受けた。Phase 2 として 10 月から約 3 ヶ月間の分散 PBL を実施する。この分散 PBL ではミニ PBL の期間に作成した要求仕様書を元に日本側で実装を行う。さらにこの期間の間に計 3 回海外側の学生と遠隔会議を実施し、日本側で作成したロボットサービスの評価を受ける。ここでの成果物は実装したロボットサービスとなる。詳細スケジュールを図 5 に示す。

3.7 グローバル PBL の活動内容

グローバル PBL の具体的な活動内容は以下の通りである。

- Phase 1
 - アイデアの持ち寄り
 - アイデアについての議論と相互評価
 - アイデアのブラッシュアップ
 - 要求仕様書の作成
- RSNP コンテスト
- Phase 2
 - 提案サービスの開発
 - 製品の評価

Phase 1 では、まず双方の拠点からアイデアを持ち寄り、プレゼンを行う。ここで海外側は自分の国で求められるサービスを考え提案し、日本側は相手の国の文化・環境を調査しその国で必要と思われるサービスのアイデアを提案する。次に提案されたアイデアについて議論をし、相互評価をしていくことで提案されたアイデアを 1 つに絞り込む。その後アイデアをブラッシュアップし、実現可能なアイデアに仕上げていく。最後に要求仕様書という形でアイデアを実現化する。

この要求仕様書と考案したサービスを紹介する概要書を RSNP コンテストに応募する。コンテストではプレゼン審査発表会に参加し、外部からの評価を受ける。

Phase 2 では、Phase 1 で作成された要求仕様書を元に日本側でロボットサービスの開発を行っていく。その開発期間中に 3 回程度海外大学と遠隔会議を行い、作成したロボットサービスの評価を受ける。

3.8 成果物

本グローバル PBL での成果物を以下にまとめる。ミニ PBL の成果物は RSNP コンテストに応募する作品となる。

- ・ ミニ PBL の成果物
 - ・ 要求仕様書 (IEEE Std. 830-1998 準拠)
 - ・ サービスの概要書
- ・ 分散 PBL 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

3.9 オンラインコミュニケーション

本年度のグローバル PBL ではオンラインコミュニケーションのツールとして Google Hangout を利用した。これは遠隔地との TV 会議が出来る無料のツールであるが、特別なハードウェアが必要なく、海外からでも容易にアクセスできるため海外との遠隔 PBL に適していると考え導入した。Google Hangout では TV 会議機能の他に、デスクトップ画面の共有機能や、テキストチャット機能も備わっているため、このツール一つで遠隔会議に必要な機能がまかなえるという点に特徴がある。

4 ミニ PBL の実施結果

本論文執筆時点では本年度のグローバル PBL はまだ継続中であるが、現時点で完了している Phase 1 のミニ PBL についてその結果を報告する。

4.1 参加学生

日本側の学生は enPiT の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り、本学の学生でもある修士 1 年生 7 名が参加した。その 7 名をさらに 2 チームに分け、AIIT-VNU チーム 3 名、AIIT-UBD チーム 4 名の構成にした。海外側の学生として、VNU からは 6 名の学生が参加した。内訳としては、学部 2 年生 1 名、学部 3 年 4 名、修士 1 年 1 名である。一方 UBD からは 9 名の学生が参加した。その内訳としては、学部 1 年 7 名、修士 1 年 1 名、博士課程 1 名である。

4.2 活動実績

ミニ PBL の活動実績を図 6 に示す。8 月 5 日には本学の教員が現地の大学を訪問し、現地の学生にグローバル PBL 開始にあたってのテーマおよび活動内容を説明した。その後、計 5 回の遠隔会議と、2 回の日本側だけの活動を実施した。

ここで、当初のスケジュールでは 8 月 5 日から 8 月 17 日までの 2 週間であったが、AIIT-UBD チームは予定を変更して 19 日まで実施した。この理由としては、現地の大学が 8 月 8 日から 13 日までが休みであったため、急遽予定を変

AIIT-VNU チーム

5日(月)	6日(火)	7日(水)	8日(木)	9日(金)	10日(土)	11日(日)
☆ (加藤)		○夜間		○夜間	●午後2	
12日(月)	13日(火)	14日(水)	15日(木)	16日(金)	17日(土)	18日(日)
○夜間		○夜間		○夜間	●午後2	

AIIT-UBD チーム

5日(月)	6日(火)	7日(水)	8日(木)	9日(金)	10日(土)	11日(日)
☆ (土屋)		○夜間* 18:00-21:00			●午後2	
12日(月)	13日(火)	14日(水)	15日(木)	16日(金)	17日(土)	18日(日)
		○夜間			○午後1 ●午後2	
19日(月)	☆: 現地教員ミーティング 午後1: 13:00-14:30 ○: 遠隔テレビ会議 午後2: 15:00-16:30 ●: 日本側活動 夜間: 20:00-21:30					
○夜間						

図 6 ミニ PBL の実績

更して 7 日に 2 回分、19 日に追加の 1 回分を実施した。

4.3 最終成果物

ミニ PBL での両チームの最終成果物として、要求仕様書とサービス概要書を作成した。成果物はすべて英語で作成しており、AIIT-VNU チームは要求仕様書 13 ページ、サービス概要書 4 ページの分量となった。また AIIT-UBD チームは要求仕様書 16 ページ、サービス概要書 4 ページの分量となった。これらの成果物を RSNP コンテストに応募した結果、AIIT-UBD チームが奨励賞である APEN 賞を受賞した。

5 おわりに

本年度のグローバル PBL は enPiT の枠組みを利用し、VNU と UBD の 2 カ国の大学と同時並行的に実施した。PBL のテーマとしてはそれぞれの国の文化や特徴を活かした新しいロボットサービスを開発するというものであり、これを海外側のアイデアを日本側で要求としてまとめ、実装をおこなうといういわゆる受注型の開発体制で実施した。本論文執筆時点では Phase 1 のミニ PBL で要求仕様書を作成したところまで実施し、その成果を RSNP コンテストしたところ AIIT-UBD チームが APEN 賞を受賞した。今後は Phase 1 のミニ PBL で作成した要求仕様書を元に Phase 2 の分散 PBL で日本側チームが実装をする予定である。

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] 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 2013-09-30)
- [4] RSNP コンテスト: <http://robotsservices.org/contest/2013/> (visited on 2013-09-30)

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

國澤 好衛¹⁾

PBL study on Innovation Design for the Small-sized Business

Yoshie Kunisawa¹⁾

Abstract

"The design development simulation program" that Itabashi-ku implemented from 2009 as design application program is an action to design solutions (development of a new technology, a new product, the new service) for regional problems. And this program was operated by collaboration between small sized company, academia and local government. This was intended to design new product that led to the business innovation for the small sized company through demand side approach. In addition, program member could learn design development competency. This paper is a report of "The design development simulation program" that was PBL project in 2009-2011 year. And also reported the relation between project process and learning of design development competency.

Keywords: Innovation Design, Project Based Learning, Collaboration between small sized company, academia and local government, Design development competency

1 はじめに

本学は、専門的知識と体系化された技術ノウハウを活用して、新たな価値を創造し、産業の活性化に資する意欲と能力を持つ高度専門技術者の育成を目的として、主として1年次は講義を中心とした授業科目を配置し、必要な知識・スキルの獲得を学習・教育目標としている。さらに、最終年次には、PBL型プロジェクト演習科目のイノベーションデザイン特別演習1・2を配置し、1年次に獲得した知識・スキルを総合的に実践して応用する能力と、業務遂行能力を獲得することを学習・教育目標としている。PBL (Project Based Learning) は、数名の学生がプロジェクトチームを組み、明確な目標の基にできるだけ実際の業務に近いプロジェクトを完遂するプロセスの中で、コンピテンシー (実践力) の修得を目指すものである。PBL は、実社会で即戦力として活躍できる人材を育成するために有効な教育手法であり、本学の革新的な教育の一つである。

本報は、PBLのプロジェクトとして2009年から2011年の3カ年、板橋区の「デザイン開発シミュレーションプログラム」に取り組んできた内容を概説するとともに、PBLの内容とPBLにおけるコンピテンシー (実践力) の修得の関係について論ずることを目的としたものである。

この「デザイン開発シミュレーションプログラム」は、

2009年度より板橋区が実施しているデザイン支援事業で、区内の中小企業と大学などが連携し、区内の社会課題、行政課題、住民課題などの解決のためのソリューション (新技術・新商品・新サービス) を開発する取り組みである。地域課題の解決というデマンドサイドを起点に、ビジネスイノベーションにつながる新たな価値の開発を企図したデザイン力を活用したプログラムである。

デザイン力を活用したプログラムとは、デザインの重要な役割である、変わりやすさを探索するプロセスを通じて、未だ存在しない人工物、製品、慣行を計画、設計するものづくりを指す。また、文化的 (精神的)、心理的視点を重視した課題解決による変革的なプログラムでもある。さらに、非言語操作によるコミュニケーションを利用するものである。

この「デザイン開発シミュレーションプログラム」は、実在するステークホルダーとフィールドを対象にしており、PBLが目指すコンピテンシーの修得の実効性を高めるのに最適と言えよう。

2 デザイン力を活用したモノづくりモデル

デザインは、本来、身の回りのさまざまな事実の観察を通じて得られた仮説 (事実を説明する物語) を、未来を予感させる、新たな意味を与える物語に描き換えることを目的とする変革を促す行為であって、その実現のための解決策を創造する活動である。さらに、ステークホルダーに新たな意味を正しく理解してもらうために、非言語操作を用いたコミュニ

¹ Received on 2013-09-30

1) 産業技術大学院大学

Advanced Institute of Industrial Technology



図 1 サプライサイドモデル



図 2 デマンドサイドモデル

ケーションを重視するものである。したがって、製品の色や形に関わる審美的な問題や、製品をエルゴノミクスの視点から見直すための解決力をデザインの本質として利用するだけではない。

ここでとりあげる「デザイン開発シミュレーションプログラム」は、このデザインの本来の機能を中小製造業の商品力向上に活かすプログラムである。それは、図1のような既存製品の商品性の向上と地域未利用資源の活用などに力点を置いたシーズを起点に用途開発を進めるサプライサイド（供給者側）からのデザイン力活用の試みを、図2にある身近に存在する問題をもとにデマンドサイドが期待する価値を見つけ出し、その価値のデザインを通して、中小製造業の商品開発につなげていくモノづくりモデルに変換するものである。都市部の中小製造業にとっては、新たな価値を求めるユーザーが身近に存在するわけで、彼らや彼らを取り巻く環境が抱えている問題は、まさに商品開発の起点となるものである。さらに、ここで生み出されるソリューションは、都市部における共通の課題の解決策として広く有効なものとなるはずである。

そこで、このモノづくりモデルを「地間地答」と命名し、プロジェクトを通じてモデル化を試みることにする。「地間地答」とは、地域の問題を地域の資源を活用して解決するという概念を表現した造語である。図3は、この地間地答の流れを示したものである。

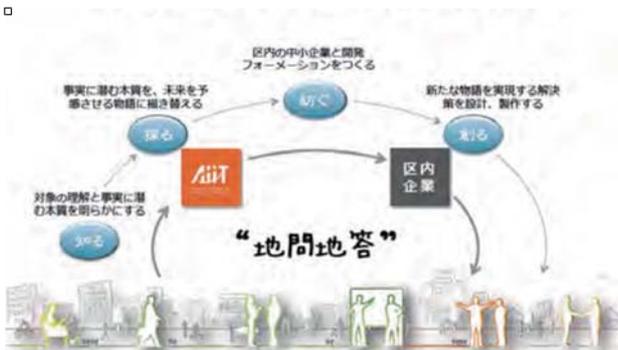


図 3 地間地答のプロセス

3 「地間地答」によるデザイン開発

板橋区と実施した「デザイン開発シミュレーションプログラム」は、「地間地答」のコンセプトに基づき、2009年度から2011年度にかけて3カ年実施した。

以下に、これらの概要を「地域再生プロジェクトを通じた産学連携」の事例として述べる。

3.1 2009年度のプロジェクト

2009年度のプロジェクトは、「自転車の走行環境の改善」をテーマにとりあげ、未だ実用化例の少ない「自転車用方向指示器」の開発と検証をおこなった。

このテーマは、区内のリサーチで掘り起こされた、区の重点施策にも重なる自転車問題対策の一つであり、特に今日的には、自転車問題の関心が放置自転車対策から事故防止のための走行環境の改善にシフトしてきていることから選ばれたものである。

今回の取り組みでは、自転車用方向指示器のプロトタイプを2種開発した（図4）。

1つは、自転車のサドル下部に取り付ける専用器具タイプで、内蔵したLEDの点滅により背後からの視認性と側面から路面に照射する光で、自転車運転者の意図が自動車運転者に的確に伝わるよう工夫したものである。

操作部は自転車ハンドル部に取り付け、無線でコントロールすることを想定している。

2つ目は、1と同様にサドル下部に取り付けるタイプだが、サドルバックとの共用のタイプになっている。区内の企業が持つ導電性の繊維を織り込んだひもの技術を利用してLEDを点滅させ方向を指示するものである。こちらも操作部は自転車ハンドル部に取り付け、無線でコントロールすることを想定している。

プロジェクトにより開発・検証されたプロトタイプは、実用化に向けてのさらなる検討が必要となるが、中小製造業の開発目標として自転車用方向指示器の可能性を明らかにできたことは一定の成果といえる。

しかしながら、開発を担う中小製造業の多くは、ビジネスモデルがB2Bであり、これを大胆にB2Cモデルに転換す

るのは容易ではない。そのため、実用化に向けては製品化のための詳細な検討と同時に、ビジネスモデルの段階的な転換のためのシナリオの検討が必要となることも明らかとなった。

3.2 2010 年度プロジェクト

2010 年度にとりあげたテーマは、板橋区が率先して取り組んでいる、子育て環境の改善につながる商品開発である。

板橋区は 2006 年より、外出時でも手軽に授乳やオムツ替えができる施設として「赤ちゃんの駅」の整備を進めている。区立の保育園や児童館などを手始めに、大学や高齢者施設、NPO 運営施設などにも設置が進み、2010 年 6 月現在で 135 か所に拡大している。また、「赤ちゃんの駅」は、ネーミングのわかりやすさと導入しやすさが評価され、全国の自治体にも波及している。

しかし、定着が進む「赤ちゃんの駅」であるが、その実情はといえば、規模やレイアウト、関連什器（オムツ替え用ベッドや授乳用ソファ、パーティションなど）の整備状況もまちまちであり、改善すべき点も多い。また、こうした施設のための専用什器は存在せず、どの施設も既存のもので対応するか、新たに購入するとしても汎用的なものを調達していることが判明した。

そこで、今回のプロジェクトでは、心理的負担が少なく安心してオムツ替えや授乳ができる快適な子育て支援施設向け専用什器の開発を行うこととし、2 種類のプロトタイプを開発した。

1 つは、オムツ替えも授乳も行えるパーティション型の専用什器である。オムツ替えや授乳のための専用空間を確保できないケースを想定したものである。オムツ替えのためのベッドと授乳のための椅子がパーティションに内蔵されており、上段はオムツ替え用のベッドとして、下段は授乳用椅子として使用できるようデザインしている。パーティション型にしたことで、特別に囲われた授乳・オムツ替えのスペースを用意しなくても、人目を遮断したスペースを簡単に確保することが出来るという利点がある。

もう 1 つは、オムツ替え用ベッドと授乳のための椅子の機能を両方備えたソファ型の専用什器である。

これは、狭いスペースでもオムツ替えと授乳ができるよう、可能な限りコンパクトにすることを追求したもので、可動式の背もたれによりオムツ替え用のベッドとしても使用可能となる 2 ウェイのソファになっている。

2 つ目のタイプは既に改良が加えられ、共同開発した区内の家具メーカーと商品化を前提に機能検証をおこなっている(図 5)。

3.3 2011 年度プロジェクト

2011 年度のテーマは「商店街の自転車問題の解決」である。

板橋区の東武東上線大山駅前には全国的にも有名な大規模商店街がある。この商店街は度々メディアなどで紹介される



図 4 自転車用方向指示器のプロトタイプ



図 5 オムツ替えと授乳のためのソファ



図 6 商店街の自転車問題改善のための提案

ほど大変賑わいのある商店街である。しかし、それ故に、あまりの人の多さ、自転車の多さで、繁忙時は落ち着いて買い物ができないほどの混雑ぶりである。これは、例えば周辺からの買い物客の大半が自転車利用者で、その人たちが処かまわず自転車を停めて買い物をすると、お店が競い合うよう

に店先に商品を陳列し、はみ出した商品が道路を塞いでしまっているといったことなど、様々な行き過ぎが原因である。だからといって、単純に自転車は危険だから立ち入り禁止とか、店先の陳列は邪魔になるので禁止といったやり方で強引に解決しようとするれば、利用客の利便性は損なわれ、商店街の魅力は半減、結果賑わいも減ってしまう。

商店街の主役であるお店と買い物客、その中でも徒歩での買い物客と自転車での買い物客というステークホルダー3者の全てにメリットがある解決策が期待される場所である。

そこで、「相利共生」というコンセプトを設定することとした。「相利共生」とは自然界で別の生物同士が一緒に暮らすことで双方が利を得る状態、有名なところではヤドカリとイソギンチャクの関係などを指すものである。

こうした視点で商店街を観察し直すと、自転車での買い物客は買った荷物を自転車のかごに入れて運ぶので商店街を自転車でうろろろすることや、買い物の途中で路上に頻繁に駐輪するが、自転車の止め方は一見乱雑なようでいて、隣接する自転車と同じ向きに停めるようにするなど、まったく無作為ではないことなど、真に改善すべき点が見えてきた。

最終的には、「買い物の方法」と「駐輪の方法」という「相利共生」に結びつく自転車問題のための次の2つの有力な改善策を導きだした。

1つ目の「買い物の方法」の改善策としては、徒歩での買い物を快適にする「商店街内共通カート」の採用である。自転車で来た買い物客は、最初で買い物する店の前に自転車を止め、そこでカートを借りる。そして、カートを使って何軒かの店をハシゴして買い物する。買い物が終われば、最初の店に戻り、買った荷物を自転車のかごに乗せ替えて借りたカートを返却する。こうした一連の買い物行動を新たな慣行とすることによって、重くて大きな自転車で荷物を運ぶ必要がなくなり、また買い物の際にいちいち荷物を自転車のかごから出し入れすることもなくなる。当然商店街内の自転車のトラフィックは減り、歩行者も安心して買い物に集中できる。また、この小型のカートはお店の中にも入れることができるため、大型スーパーでの買い物のように商品を購入しやすくなり、お店の売り上げアップも期待できる。

2つ目の「駐輪の方法」の改善策は、整列された斜め駐輪を促す「店頭駐輪ガイドポスト」の導入である。前述のカートが採用されても商店街内に自転車を停めるスペースを確保しなければならない。大型の駐輪場が用意できれば、それも対策ではあるが、現状からすれば、店先に駐輪して買い物するのが利用者には便利に違いない。店先は道路である場合もあり積極的に肯定はできないが、店先に駐輪する際、できるだけ邪魔にならないように、道路へのはみ出し防止とつつましく整列駐輪することをアフォードする装置がこのガイドポストである。

実際にその効果を検証したが、自転車利用者はガイドに

沿ってごく自然に自転車を斜めに整列して駐輪し、自転車に占領されていた店先に余裕ができ、通行の妨げを防止する効果があることが確認できた。図6は、開発したプロトタイプの検証状況である。

今後は、これらのプロトタイプをリファイニングし、最終デザインを確定するとともに、商店街としての導入プログラムの検討や導入後の運用、管理の方法などを確定しなければならない。

4 「地問地答」のプロセス

さて、このプログラムでは実施した開発プロセスをモデル化することも重要なテーマである。それは、今後同様の実践の継続に不可欠なチュートリアルになるからである。

「地問地答」は、デザインの本質である身近な問題を発見することを起点に、変わりやすさを探索するプロセスを通じて、未だ存在しない人工物、製品、慣行を計画、設計するものづくり手法を利用しようとするデマンドサイドのプロセスである。

プロジェクトでは、この問題を探り答えを導くというプロセスを「知る」「探る」の地問と「紡ぐ」「創る」の地答の4つのステージに分けて推進した。

なお、次ページの図7は、この4つのステージの内容を視覚的に表現したものである。

4.1 知る

「知る」は、様々な資料の調査、関係者へのヒアリング、フィールドの観察といった事実の収集を通じて、対象を深く理解し、事実と潜む本質を明らかにするステージである。

さまざまな資料から行政の施策や実態を把握したうえで、エクスカッションやエスノグラフィーなどのフィールド調査を繰り返す、丹念に事実を収集していくと、徐々にプロジェクトとして取り上げるべき核心が浮かび上がってくる。

そして、この時に、キャプション評価法などのデザイン収集手法を用いて設計段階で必要となる優れたデザインボキャブラリー（非言語の語彙）の収集を同時に行うことが重要である。

最終的な解決策となり得るデザインイメージが掴めないままに進めることは、結果として巧言を弄することになりかねないからである。

4.2 探る

「探る」は、明らかとなった事実と潜む本質を、未来を予感させる、新たな意味を与える物語に描き替えるための最初のステージである。さらに調査を重ねながら、なぜその事実が観察されたのか、根本的な原因はどこにあるのか、どのようにすれば改善できるかなどを議論する。当然、新たな物語は、ステークホルダーの期待に応えるものでなければならぬから、場合によっては、フォーカスグループインタビュー

や評価グリッド法などを含めたユーザー調査が必要となる。

実際のところ、こうした一連の作業では、k j 法、概念地図法（コンセプトマッピング）、ブレインストーミング（集団発想法）、ベネフィットカードを用いたユーザー価値の抽出手法などを試行し、新たな物語を描き上げている。

4.3 紡ぐ

「紡ぐ」は、描き出された新たな物語（デザインコンセプト）を基に、区内の中小企業と連携してプロトタイプを開発するためのフォーメーションづくりのステージである。ここでは、区の事業の性格から、連携企業は公募によって決定することとし、デザインコンセプトに共感し、共同でのソリューションの開発に意欲的な企業を募る。

3 カ年とも、公募においては、板橋区の支援を受け、区の H.P に公募情報を公開するとともに、区内施設へのポスター掲示を行い、応募者の中から面接により連携企業を選定した。併せて、描き出された新たな物語の具体化にあたり先行事例の調査も行っている。

4.4 創る

そして、最後のステップは「創る」である。まさに、地域のリソースを借りて、新たな物語を実現するために必要不可欠な解決策の設計から製作までを行うステージである。

生み出されたデザインは、未だ存在しない人工物や製品、慣行であり、それらが受け入れ可能かについての検証も併せて行う。

このステージにおいては、QFD などの設計手法や感性品質を確定するためのイメージボードやテストチャートなどが用いられる。

5 PBL におけるコンピテンシーの修得について

ここまで、PBL のプロジェクトとして取り組んだ板橋区の「デザイン開発シミュレーションプログラム」について、その内容を述べてきたが、3 年間の PBL プロジェクトを通じて明らかとなった「地問地答」モデルにおけるコンピテンシー修得との関係性について以下にまとめる。

5.1 創造技術専攻の修得すべきコンピテンシーと水準

本専攻は、東京都の専門職大学院として、ものづくりに関する普遍的な知見に精通し、技術マネジメント能力と、デザインマネジメント能力を融合し、新しい製品やサービスを創造できる高度なデジタルデザインスキルを持ったプロデューサー型人材の育成に取り組んでいる。そして、ものづくり人材に必要な業務遂行能力を 3 つのメタコンピテンシー（①コミュニケーション能力、②継続的学修と研究の能力、③チーム活動）と 5 つのコアコンピテンシー（①発想力、②表現力、③設計力、④開発力、⑤分析力）としてその修得を目指している。

さらに、PBL（Project Based Learning）型科目において

□



図 7 地問地答の 4 つのステージ

は、修得すべきコンピテンシーの水準について専門職大学院の教育レベルとして適切であるよう、その水準を表 1 のように定め、修了時の目標をレベル 3 以上としている。

表 1 修得すべき水準

水準	基準
1	商品企画の提案から製品設計、製造にいたる業務に必要な基礎的知識・スキルを有しているが、業務を行うレベルに達していない
2	商品企画の提案から製品設計、製造にいたる業務を指導者などの指示に基づきアシストできる
3	商品企画の提案から製品設計、製造にいたる業務を自身の専門領域を中心に単独で行うことができる
4	商品企画の提案から製品設計、製造にいたる様々な業務を単独で行うことができる
5	商品企画の提案から製品設計、製造にいたる様々な業務を単独で行うことができ、かつ関係者を指導できる

5.2 「地問地答」モデルにおけるコンピテンシーの修得

PBL プロジェクトとして取り組んだ板橋区の「デザイン開発シミュレーションプログラム」は、実在するステークホルダーとフィールドを対象にしていることから、PBL が目指すコンピテンシーの修得に有効な実践的な体験が可能となる。そして、この「地問地答」モデルによる実践的取り組みを PBL でのコンピテンシーの修得に合わせ計画的に設計することで、その実効性は格段に向上する。

この実践型プロジェクトとコンピテンシーの修得との関係は表 2 の通り設計されている。

表 2 プロジェクトとコンピテンシーの修得との関係

修得すべきコンピテンシー	「地問地答」ステージ
コミュニケーション能力	プロジェクト全体 紡ぐ
継続的学習と研究の能力	プロジェクト全体
チーム活動	
発想力	探る
表現力	探る, 創る
設計力	創る
開発力	創る
分析力	知る, 創る

PBL を受講した学生は、この実践型プロジェクトの 4 つのステージを体験することを通して、現状の調査、課題の設定、解決方法の提案、合意形成、提案のプロトタイピング、事業化手法の検討、手法のモデル化と評価という一連のプロジェクト業務に取り組み、PBL が目指す総合的なコンピテ

ンシー（コミュニケーション能力、継続的学習と研究の能力、チーム活動、発想力、表現力、設計力、開発力、分析力）を修得することになる。

これまでの 3 年間の指導からは、この取り組みから、地域振興型の産学連携プロジェクトの経験の無い学生が加わっていたにもかかわらず、全ての学生について、前述の修了時 3 以上の修得ができたという評価ができた。

PBL において獲得すべきコンピテンシーの修得には、プロジェクトの業務を、PBL でのコンピテンシーの修得に合わせて計画的に設計することがポイントと言える。

6 おわりに

PBL は受講者のコンピテンシー修得に焦点を当てたプログラムであり、その実効性をあげるにはプロジェクトのリアリティが重要であることは既に述べたが、実際の産学連携プロジェクトを PBL のテーマに取り上げることは、プロジェクトのプロセスや成果の面から、PBL による取り組みの妥当性を検証することも重要である。

そこで、3 年間の「デザイン開発シミュレーションプログラム」を通じて明らかとなった実践的プロジェクトを PBL テーマに取り上げる際の課題を整理したい。

- テーマ：PBL として相応しい内容か
- 取り組み：学生の主体性が活かせるか
- 期間：PBL 期間（1 年間）で完結できるか
- 成果：学生の能力で解決可能か
- 関係者：教育プログラムであることを理解しているか

最後に、今回のプロジェクトでは多くの方のご協力をいただくことができた。結びにあたり、ご協力いただいた板橋区、連携企業、プロトタイプの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・団体などの皆様に、この場をお借りしてお礼申し上げる。

なお、本報は、第 4 回横幹連合総合シンポジウムで筆者が発表した「都市型中小企業のためのデザイン力を活用したモノづくりと人材育成」に加筆したものである。

参考文献

- [1] 國澤好衛, 都市型中小企業のためのデザイン力を活用した新たなモノづくりモデルの開発, 産業立地, 2010.9 号
- [2] 國澤好衛, 都市型中小企業のためのデザイン力を活用したモノづくりと人材育成, 第 4 回横幹連合総合シンポジウム, 2012.11
- [3] 國澤好衛, 赤ちゃんの駅などの子育て支援施設のための什器の開発, 産業技術大学院大学紀要第 6 号, 2012.12
- [4] Klaus Krippendorff (原著), 國澤好衛 (共訳), 意味論的展開 (Semantic Turn),

色温度の評価に生活リズムが与える影響

中島 瑞季¹⁾ 横井 聖宏²⁾ 山中 敏正³⁾

The Influence of Life Rhythm to The Evaluation of Color Temperature

Mizuki NAKAJIMA¹⁾ Takahiro YOKOI²⁾ Toshimasa YAMANAKA³⁾

Abstract

We investigated whether we would affect an evaluation of a color temperature when life rhythm differed from the subjective and the objective evaluation twice in night and morning on the same day. As a result, even if there was no difference in the result of a subjective evaluation, the result of an objective evaluation has a difference. And it was suggested that the daylight color impression measure in a morning especially has a difference.

Keywords: Color temperature, Life rhythm, Evaluation.

1 はじめに

本報は、紀要第 6 号の続報として研究を進めたものである。本研究の目的は、光の代表的な生理的作用であるサーカディアンリズムが色温度の評価に与える影響を、主観評価と客観評価としての脳血流計測から調べ、光の生理的作用と印象の関係を確認するもので、前報では同日に朝と夜 2 回評価し、計測時間帯が評価結果に与える影響を確認した。

本報では、さらに人の行動特性としての生活リズムを考慮し、生活リズムが異なることで、色温度の評価に影響を与えるのか、同日の朝夜 2 回の評価から調べる。

なお、詳細な実験の概要に関しては、前報を参照のこと。

2 実験

2.1 実験目的

本実験は、色温度と照射位置から構成される空間の印象に対して、人間の生活リズムは評価結果へ影響を与えるのかを確認することを目的に、同日の朝 10 時と夜 18 時に計測を行い、計測時間と生活リズムの関係を調べる。

2.2 被験者

本実験は筑波大学・人間総合科学研究科研究倫理委員会において承認を得て行われ、被験者には研究の概要、データの扱いについて理解してもらい、同意を得た上で実験を行った。大学生は生活リズムのずれが顕著である[1]という報告から、被験者は 20 代の大学、及び大学生を対象に男性 10 名、女性 8 名、計 18 名、平均年齢 23.6 歳で全員右利きであることを確認した。さらに全員正常な視力、あるいは矯正視力を有しており、色覚異常を有していない。

既存研究より解析に必要な人数を満たしていると考えられる。

さらに、本実験は生活リズムが変わることによって、評価に与える影響を確認するため、被験者の生活リズムを把握する必要がある。そのため、Morningness-Eveningness Questionnaire (朝型-夜型質問紙: MEQ) [2]と体温測定を併用して、被験者の生活リズム把握した。体温測定は、柳本らが[3]、よほどの環境変化が起きない限り本質的に崩れない概日リズムとして体温と心拍をあげるように、簡便に生活リズムの差を確認できる。その結果、適度な朝方 1 名、中間型 11 名、適度な夜型 4 名、明らかな夜型 2 名に分類された。(表 1)

体温測定はテルモの電子体温計 C231 を用いた。計測方法はより正確な体温を測定するため予測式ではなく実測式で 10 分程度の時間をかけた。外的な影響を考慮し、室温 25 度の実験控室で 5 分程度安静に着席してもらった後計測を開始した。結果は m2、m5、m6、m7 以外は位相の変化が確認できた。m2、m6、m7 に関しては MEQ において夜型で

Received on 2013-10-10

- 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
- 3) 筑波大学大学院 人間総合科学研究科
University of Tsukuba Graduate school of

あるという結果が出ているため位相の頂点のずれが考えられる。m5に関しては風邪を引いているとの自己申告をうけているため体調の影響を受け位相の変化を確認できなかった。

表 1 被験者の生活リズムと朝夜の体温

性別・番号	年齢	朝方・夜型	体温朝	体温夜	性別・番号	年齢	朝方・夜型	体温朝	体温夜
m1	23	中間型	36.6	36.9	f1	28	45 中間型	36.2	36.5
m2	24	33 適度な夜型	37.1	36.9	f2	23	48 中間型	36.3	37.1
m3	27	45 中間型	36.2	36.5	f3	24	49 中間型	36.2	36.8
m4	22	30 明らかな夜型	36.7	37	f4	25	44 中間型	36.8	37.2
m5	28	46 中間型	36.8	36.5	f5	21	35 適度な夜型	36.9	37.1
m6	23	30 明らかな夜型	36	36.7	f6	23	43 中間型	36.1	36.4
m7	21	31 適度な夜型	36.6	36.5	f7	22	46 中間型	36.6	36.8
m8	23	61 適度の朝方	35.8	36.9	f8	21	44 中間型	36.6	36.8
m9	24	35 適度な夜型	36.3	37					
m10	23	51 中間型	36.5	37.1					

以上より、適度な夜型、明らかな夜型、中間型と判断された被験者を抽出し、比較検討を行う。採用した被験者は以下の通りであった。(表 2)

表 2 中間型と夜型の被験者

中間型	夜型
m3	m2
m5	m4
m10	m6
f1	m7
f2	m9
f7	f5

2.3 実験刺激

本実験は、実生活における照明デザインを想定し実験をおこなっているため、色温度は照明学会の住宅照明設計技術指針により、暖(3,300K以下)、中間(3,300K~5,300K)、涼(5,300K以上)の3つのグループで、順に電球色、昼白色、昼光色とも呼ばれる分類にならって[4]、電球色、昼光色の2種類を採用し、東芝ライテック株式会社のネオボールZリアル、電球型蛍光灯を使用した。電球色の平均演出評価数は83 Ra、光度は59 cd、光束は810 lm。昼白色の平均演出評価数は83 Ra、光度は53 cd、光束は73 lmであった。(図1)

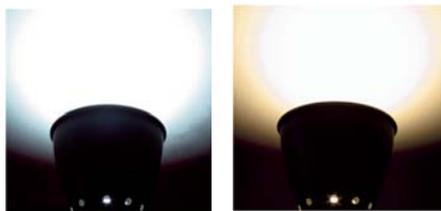


図 1 実験刺激に使用した電球型蛍光灯

さらに光源を直接見るような刺激からは光のグレアより不

快感を感じる恐れがある。そのため乳白色のカバーを装着し、照度の極端な差から不快感を与えないよう配慮した。刺激の光源は垂直方向 50cm 毎、5つ設置した。(図 2)

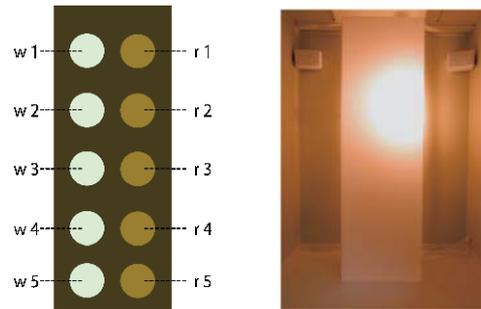


図 2 各刺激位置と名称、提示例

2.4 実験環境

壁面は、色温度が色彩の影響を受けないように白地の無地にした。さらに生理的負荷を減じるために無音に近い状態とし、自然な体勢で椅子に着座して空間に光が照射される様子を見ることができる体勢で行った。実験室内の温度は 25℃、湿度は 50%に設定した。色彩照度計コニカミノルタ CL200A を使用し、計測した各刺激内での照度と相関色温度を下記の表に示す。(表 3) (図 3)

表 3 各光刺激と照度、相関色温度

刺激	照度	相関色温度
w1	37.2lx	4967k
w2	27.9lx	5002k
w3	26.1lx	4697k
w4	23.1lx	4569k
w5	21.8lx	4472k
r1	33.3lx	2434k
r2	31.2lx	2418k
r3	26.9lx	2341k
r4	25.0lx	2320k
r5	24.3lx	2354k

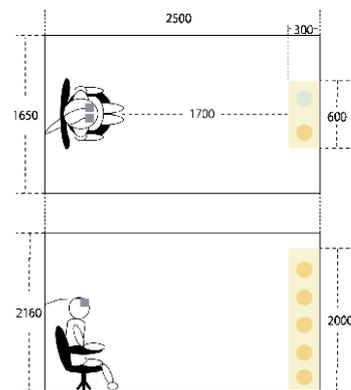


図 3 実験室の環境

2.5 客観評価

イメージや嗜好の評価のような曖昧さが含まれる印象評価には、感性評価の研究が多く行われている[5]。そこで本研究でも感性評価手法に着目した。感性評価は、獲得したい評価結果に至るまでに各人固有の評価構造が存在すると言われていた。それは脳内に現れる身体的な機能であると言われて、さらに直感的な評価であるため、必ずしも言語化しているわけではないことが考えられる[6]。

そこで本実験においては、客観評価を定量的かつ数値的に生理的影響に関するデータを取得する必要があるため、脳血流計測が最適なのではないかと考える。

脳血流計測には NIRS（近赤外線分光法）を使用する。NIRS とは脳活動に伴うヘモグロビン変化量を測定する装置で、人の情動の評価に有用であると言われている[7]。

2.6 脳血流計測及び解析

脳血流計測には、日立メディコ製の ETG-4000 を用いた。計測は国際 10/20 法に基づき、Fz 部を中心に左右 2 カ所、24 チャンネルを記録した。本実験は、被験者の情動の変化を計測しているため、計測位置は高次な活動を司っている前頭連合野とした。（図 4）

計測時の体動や、緊張、興奮、疲労による発汗に配慮することで、計測結果に対する脳活動以外の血流変化の影響を最小限に抑えた。

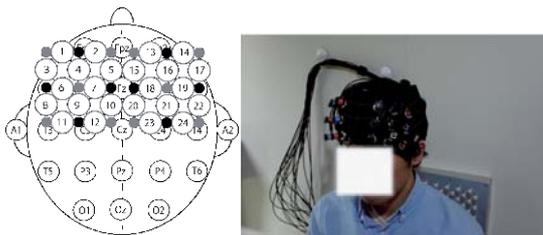


図 4 プローブの配置と国際 10/20 法の比較

NIRS 装置によって計測したデータは、w3, r3 の平均値と当該刺激の平均値の差分を各刺激による変化量と定義した。

各刺激提示時間内の RAW データのグラフが 30 秒でトレンドの変化が見られる項目が多数あることから、刺激提示開始 0 秒から終了までの 60 秒、0 秒から 30 秒、30 秒から 60 秒までの 3 パターンで解析を行った。

2.7 主観評価

刺激提示中は、脳血流計測への配慮として、顔の向きが変化することによって血流が偏る恐れがあることから、特定のタスクに従事するのではなく対象をただ観察させることが望ましい。さらに長時間の計測で、プローブと頭皮の間に汗を

かくことで計測結果への影響が懸念されることから、計測終了後に実験室を出たところで口頭により質問した。先入観をもって照明空間を観察しないように脳血流計測前に被験者に対して終了後に評価をしてもらう旨は伝えていない。そのため、抽象語で詳細な印象を取得するのは難しいと考えたため、「一番好きな照明空間」「一番嫌な照明空間」を口頭で答えて貰った。しかし事前実験において、光源が上方に 5 段階あることを認識できた被験者が少なく、上、中、下で回答することが多かった。そのため、図 5 で示すように刺激位置を再設定した。

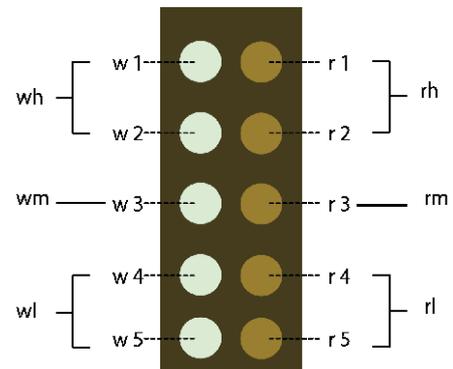


図 5 再設定後の刺激名称

2.8 実験のシーケンス

実験は以下の手順で行われた。

1. 被験者は所定の位置に着席する
2. 実験実施者より刺激、実験についての説明をうける
3. 実験について不明な点を残さず説明した後、実験を始める
4. 実験協力者に光トポグラフィーのプロープを装着後、実験室の扉を閉め消灯
5. 実験協力者は安静閉眼 60 秒後開眼し、室内空間を見る
6. 60 秒の刺激提示×刺激数行う
7. 実験室の扉を開け、点灯後プロープを外し退室する
8. 主観評価項目に対して口頭で回答し、実験終了

※朝 10 時、夜 18 時の 2 回計測を行う。計測時間の設定については広重が体温は起床時数時間前に最低温となり以後次第に上昇して夕方最高温を示す概日リズムがあることがあきらかになっている[8]と報告することをふまえ、気象庁の時にたいする用語から[9]、1 回目の計測を被験者の起床時刻が朝の時間帯となるように 10 時に設定し、夕方と夜のはじめ頃と定義されている 18 時を 2 回目の計測時刻に設定した。

なお、刺激は提示順序の影響を受けないよう被験者ごとに異なるよう配慮する。

3 分析・結果

3.1 主観評価の結果

中間型、夜型に分けられた 12 名の被験者の主観結果は以下の通りである。(表 4)

表 4 中間型と夜型の被験者の主観評価結果

性別・番号	年齢	朝好き	朝嫌い	夜好き	夜嫌い
m2(夜型)	24	rl	wm	rh	wl
m3(中間型)	27	rl	wm	wl	wm
m4(夜型)	22	rh	wl	rh	wm
m5(中間型)	28	rl	wm	rl	wh
m6(夜型)	23	rm	wh	rl	wh
m7(夜型)	21	rl	wm	rh	wl
m9(夜型)	24	rm	wl	rm	wl
m10(中間型)	23	rl	wm	rh	wl
f1(中間型)	28	rl	wm	rl	wm
f2(中間型)	23	rl	wm	rl	wm
f5(夜型)	21	rh	wm	wh	wm
f7(中間型)	22	rl	wl	wm	wl

全回答を通して、色温度に対しては電球色がより好まれ、昼光色が嫌われる傾向にある。朝夕の時間帯の差は色温度の好みにはあまり影響を与えなかった。

朝の計測時間帯で、中間型と夜型それぞれの回答から、中間型は電球色の低い位置からの照明を好み、夜型は電球色の中央、上部を好む傾向が認められた。夜の計測時間帯は、中間型、夜型共に回答がばらける傾向にあった。

以上より、計測時間帯は、色温度の好みにはあまり影響を与えないが、照射位置に関しては影響を与えることが示唆された。

3.2 客観評価の分析・結果

中間型と夜型の被験者から、全 8 刺激分の朝夜の脳血流変化のデータを取得した。ETG-4000 により近赤外線の反射が不十分とされた ch, 体動によりアーチファクトが混入したと見られる ch, はずれ値を含む ch を解析対象外とした。解析対象外 ch は以下の通りである。(表 5)

表 5 朝と夜の計測結果における解析対象外 ch

解析除外ch	朝		夜	
	朝	夜	朝	夜
f5	2.5	m9	1.11	
f7	13.15.20	f7	8.14.17.19	

計測時刻、主観評価の結果毎に各刺激を要因として、刺激提示時間における各chのZ-oxyHbの平均の差が統計的に有意であるか5パーセント水準で多変量の分散分析を行い、刺激計測時刻、生活リズムの差が脳血流変化に及ぼす影響について検討した。さらに有意な交互作用があった要因間で、どの

組み合わせの変動が大きかったのか確認するために、単純主効果の検定(Bonferroni法)を行った。詳細な比較対象と要因は表の通りである。(表6)

表 6 生活リズムに差があった被験者に対する比較要因

比較対象	比較要因
生活リズムに差があった被験者の朝夜2回分の計測結果	色温度・Color = r(電球色), w(昼白色)
	照射位置・Height = 1,2,4,5
	時間帯の差・Time = m(朝の計測), e(夜の計測)
	生活リズムの差・m-e=m(中間型),-e(夜型)

3.3 生活リズムに差がある被験者群の分析結果

上記の分析を行った結果、5パーセント水準で有意な差が認められた ch を以下の表にまとめた。(表 7)

表 7 生活リズムに差があった被験者の朝夜 2 回の計測に対する分析結果

生活リズムの差		
多変量の分散分析	m-e(朝型夜型)	Color(色温度)
0-60秒	ch.6 -m<-e, ch.7 -m<-e, ch.8 -m<-e, ch.9 -m<-e, ch.11 -m<-e, ch.13 -m<-c, ch.14 -m<-e, ch.16 -m<-e, ch.19 -m<-e, ch.22 -m<-e, ch.23 -m<-e, ch.24 -m<-e.	ch.2 r<w, ch.3 r>w, ch.5 r<w, ch.7 r<w, ch.8 r>w, ch.9 r<w, ch.13 r<w, ch.23 r<w.
0-30秒	ch.8 -m<-e, ch.14 -m<-e, ch.16 -m<-e, ch.22 -m<-e, ch.24 -m<-e.	有意差無
30-60秒	ch.7 -m<-e, ch.9 -m<-e, ch.10 -m<-e, ch.11 -m<-e, ch.19 -m<-e, ch.21 -m<-e	ch.3 r>w, ch.9 r<w, ch.11 r<w, ch.23 r<w.
	Height(照射位置)	Time(計測時間帯)
0-60秒	有意差無	ch.1 m>e, ch.11 m>e.
0-30秒	有意差無	ch.20 m<e.
30-60秒	ch.18 1<5	ch.1 m>e, ch.11 m>e, ch.13 m>e, ch.14 m>e, ch.20 m>e.

交互作用	m-e*Color	m-e*time	m-e*Height
0-60秒	ch.4, ch.11, ch.14, ch.15, ch.16, ch.19, ch.21.	ch.1, ch.3, ch.9, ch.14, ch.16.	ch.17
0-30秒	有意差無	有意差無	有意差無
30-60秒	ch.3, ch.5, ch.6, ch.11	ch.3, ch.5, ch.6, ch.8, ch.11, ch.14, ch.17.	有意差無
	Color*time	m-e*Color*Time	
0-60秒	ch.9	ch.1, ch.3, ch.10, ch.13, ch.14, ch.16, ch.17, ch.19, ch.20	
0-30秒	有意差無	有意差無	
30-60秒	ch.9, ch.10, ch.23	ch.3, ch.11, ch.17, ch.19, ch.22.	

■-m-e (朝型夜型)

すべての刺激提示時間帯において、有意差のある ch が認められた。

0-60 秒は ch.6,7,8,9,11,13,14,16,19,22,23,24 において、-

e に平均値が高い有意差が認められた。

0-30 秒は ch.8,14,16,22,24 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.7,9,10,11,19,21 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

以上より、生活リズムの差で活性化する脳部位に差があり、刺激提示中の経時変化と共に活性化する脳部位が変化することが認められた。

■Color (色温度)

0-60 秒と 30-60 秒の刺激提示時間帯において、有意差のある ch が認められた。

0-60 秒は ch.3,8 において w に平均値が高い有意差が認められ、ch.2,5,7,9,13,23 において w に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.3 において r に平均値が高い有意差が認められた。ch.9,11,23 において w に平均値が高い有意差が認められた。

以上より、色温度の差で活性化する脳部位に差があり、刺激提示中の経時変化と共に活性化する脳部位が変化することが認められた。

■Height(照射位置)

30-60 秒の提示時間帯において、有意差のある ch が認められた。

30-60 秒は ch.8 において 1 より 5 の平均値が高い有意差のある ch が認められた。

以上より、照射位置の差で活性化する脳部位に差があり、刺激提示中の経時変化と共に活性化する脳部位が変化することが認められた。

■Time (計測時間帯)

すべての刺激提示時間帯において、有意差のある ch が認められた。

0-60 秒は ch.1,11 において m に平均値が高い有意差のある ch が認められた。

0-30 秒は ch.20 において e に平均値が高い有意差のある ch が認められた。

30-60 秒は ch.1,11,13,14,20 において m に平均値が高い有意差のある ch が認められた。

以上より、計測時間の差で活性化する脳部位に差があり、刺激提示中の経時変化と共に活性化する脳部位が変化することが認められた。

交互作用は-m*e と Color 間、-m*e と Time 間、-m*e と Height 間、Color と Time 間、-m*e と Color と Time 間で認められた。

単純主効果の検定 (Bonferroni 法) を行った。(表 8)

表 8 単純主効果の検定結果

生活リズムの差		
単純主効果の検定	m*e*Color r,w (色温度の差)	
	r	w
0-60秒	ch.1 -m<-e, ch.3 -m<-e, ch.6 -m<-e, ch.7 -m<-e, ch.8 -m<-e, ch.9 -m<-e, ch.11 -m<-e, ch.13 -m<-e, ch.14 -m<-e, ch.15 -m<-e, ch.16 -m<-e, ch.17 -m<-e, ch.19 -m<-e, ch.20 -m<-e, ch.21 -m<-e, ch.22 -m<-e, ch.23 -m<-e	ch.24 -m<-e.
0-30秒	有意差無	有意差無
30-60秒	ch.3 -m<-e, ch.6 -m<-e, ch.7 -m<-e, ch.9 -m<-e, ch.10 -m<-e, ch.11 -m<-e, ch.16 -m<-e, ch.17 -m<-e, ch.19 -m<-e, ch.21 -m<-e, ch.22 -m<-e.	ch.1 -m>-e, ch.3 -m>-e, ch.7 -m<-e, ch.17 -m>-e, ch.22 -m>-e.
m-e*Color -m,-e (生活リズムの差)		
	-m,	-e,
0-60秒	ch.1 r<w, ch.2 r<w, ch.7 r<w, ch.9 r<w, ch.11 r<w, ch.13 r<w, ch.14 r<w, ch.15 r<w, ch.16 r<w, ch.21 r<w, ch.23 r<w.	ch.3 r>w, ch.6 r>w, ch.8 r>w, ch.19 r>w, ch.24 r<w.
0-30秒	有意差無	有意差無
30-60秒	ch.9 r<w, ch.10 r<w, ch.11 r<w, ch.16 r<w, ch.17 r<w, ch.19 r<w, ch.20 r<w, ch.23 r<w.	ch.1 r>w, ch.3 r>w, ch.6 r>w, ch.17 r>w, ch.19 r>w, ch.22 r>w.
m-e*Time m,e (計測時間帯の差)		
	m	e
0-60秒	ch.1 -m<-e, ch.3 -m<-e, ch.6 -m<-e, ch.7 -m<-e, ch.8 -m<-e, ch.9 -m<-e, ch.11 -m<-e, ch.13 -m<-e, ch.14 -m<-e, ch.16 -m<-e, ch.18 -m<-e, ch.19 -m<-e, ch.20 -m<-e, ch.21 -m<-e, ch.23 -m<-e, ch.24 -m<-e.	ch.3 -m>-e, ch.16 -m<-e, ch.22 -m<-e.
0-30秒	有意差無	有意差無
30-60秒	ch.3 -m<-e, ch.5 -m<-e, ch.6 -m<-e, ch.7 -m<-e, ch.8 -m<-e, ch.9 -m<-e, ch.11 -m<-e, ch.14 -m<-e, ch.19 -m<-e, ch.21 -m<-e.	ch.1 -m>-e, ch.3 -m>-e, ch.8 -m>-e.
m-e*Time -m,-e (生活リズムの差)		
	-m,	-e,
0-60秒	ch.3 m<e	ch.1 m>e, ch.3 m>e, ch.8 m>e, ch.11 m>e, ch.16 m>e.
0-30秒	有意差無	有意差無
30-60秒	有意差無	ch.1 m>e, ch.3 m>e, ch.6 m>e, ch.8 m>e, ch.11 m>e, ch.13 m>e, ch.14 m>e, ch.17 m>e, ch.20 m>e, ch.23 m>e.
m-e*Height 1,2,4,5 (照射位置の差)		
	1,2,4,5	
0-60秒	ch.1 4 m>e, ch.17 5 m>e.	
0-30秒	有意差無	
30-60秒	有意差無	
m-e*Height -m,-e (生活リズムの差)		
	-m,	-e,
0-60秒	有意差無	有意差無
0-30秒	有意差無	有意差無
30-60秒	有意差無	有意差無
Color*Time r,w (色温度の差)		
	r	w
0-60秒	ch.8 m>e.	ch.1 m>e.
0-30秒	有意差無	有意差無
30-60秒	ch.1 m>e, ch.8 m>e, ch.11 m>e, ch.12 m>e, ch.20 m>e, ch.23 m>e.	ch.1 m>e, ch.10 m<e, ch.13 m>e, ch.14 m>e.
Color*Time m,e (時間帯の差)		
	m	e
0-60秒	ch.8 r>w, ch.13 r<w.	ch.2 r<w, ch.3 r>w, ch.5 r<w, ch.9 r<w, ch.23 r<w.
0-30秒	有意差無	有意差無
30-60秒	ch.3 r>w.	ch.3 r>w, ch.7 r<w, ch.9 r<w, ch.10 r<w, ch.11 r<w, ch.12 r<w, ch.20 r<w, ch.23 r.w.

■単純主効果の検定

-m*e*Color

--r,w (色温度の差)

0-60, 30-60 秒の刺激提示時間帯において、有意差のある ch が認められた。

-r

0-60 秒は ch.1,3,6,7,8,9,11,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.3,6,7,9,10,11,16,17,19,21,22 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

-w

0-60 秒は ch.24 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.1,3,7,17,22 において、-m に平均値が高い有意差が認められた。

以上より、0-30 秒以外は有意差のある ch が認められた。r において有意差の認められた ch は-e に平均値が高かったことに対し、w において 30-60 秒に有意差の認められた ch は-m に平均値が高い。

-- -m-e (生活リズムの差)

0-60, 30-60 秒の刺激提示時間帯において、有意差のある ch が認められた。

-m

0-60 秒は ch.1,2,7,9,11,13,14,15,16,21,23 において、w に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.9,10,11,16,17,19,20,23 において、w に平均値が高い有意差が認められた。

-e

0-60 秒は ch.3,6,8,19,24 において、r に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.1,3,6,17,19,22 において、r に平均値が高い有意差が認められた。

以上より、0-30 秒以外は有意差のある ch が認められた。-m において有意差の認められた ch は w に平均値が高い事に対し、-e において有意差の認められた ch はほとんどが r に高い平均値を示す。

色温度の種類が変わると、経時変化とともに変化する脳部位が変化するが、生活リズムの差により違う変化がおこることが認められた。

--- -m-e*time

--m,e (計測時間帯の差)

0-60, 30-60 秒の刺激提示時間帯において、有意差のある ch が認められた。

-m

0-60 秒は ch.1,3,6,7,8,9,11,13,14,16,18,19,20,21,23,24 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.3,5,6,7,8,9,11,14,19,21 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

-e

0-60 秒は ch.3 において、-m に平均値が高い有意差が認められ、ch.16,22 において、-e に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.1,3,8 において、-m に平均値が高い有意差が認められた。

以上より、0-30 秒以外有意差のある ch が認められた。m において有意差の認められる ch は-e に平均値が高いことに対し、e の 30-60 秒は-m に平均値が高い。

-- -m-e (生活リズムの差)

-m の 0-60 秒の刺激提示時間帯において有意差のある ch が認められ、-e の 0-60 秒、30-60 秒において有意差のある ch が認められた。

-m

0-60 秒は ch.3 において、e に平均値が高い有意差が認められた。

-e

0-60 秒は ch.1,3,8,11,16 において、m に平均値が高い有意差が認められた。

30-60 秒は ch.1,3,6,8,11,13,14,17,20,23 において、m に平均値が高い有意差が認められた。

以上より、-m の 0-30 秒、30-60 秒、-e の 0-30 秒以外有意差のある ch が認められた。-m において有意差のある ch は e に平均値が高く、1ch しか有意差のある ch が認められなかったことに対して、-e において有意差のある ch は m に平均値が高く、有意差のある ch は多数ある。

計測時間帯が変わると、経時変化とともに変化する脳部位が変化するが、生活リズムの差により違う変化がおこることが認められた。

--- -m-e*Height

-- 1.2.4.5 (照射位置の差)

0-60 秒に有意差のある ch が認められた。

-4

0-60 秒は ch.1 において、-m に平均値が高い有意差のある ch が認められた。

-5

0-60 秒は ch.1 において、-m に平均値が高い有意差のある ch が認められた。

以上より、0-60 秒で有意差のある ch が認められ、-m に高い平均値を示した。

照射位置が変わると、経時変化とともに変化する脳部位が変化するが、生活リズムの差により違う変化がおこることが認められた。

--Color*Time

--r,w (色温度の差)

0-60 秒, 30-60 秒の刺激提示時間帯において, 有意差のある ch が認められた.

-r

0-60 秒に ch.8 において, m に平均値が高い有意差のある ch が認められた.

30-60 秒に ch.1,8,11,12,20,23 において, m に平均値が高い有意差のある ch が認められた,

-w

0-60 秒に ch.1 において, m に平均値が高い有意差のある ch が認められた.

30-60 秒に ch.1,13,14 において m に平均値が高い有意差のある ch が認められ, ch.10 において e に平均値が高い有意差のある ch が認められた.

以上より, 0-30 秒以外で有意差のある ch が認められ, r,w ともに有意差の認められる ch のほとんどが m に高い平均値を示した.

--m.e (時間帯の差)

0-60 秒, 30-60 秒の刺激提示時間帯において, 有意差のある ch が認められた.

-m

0-60 秒に ch.8 において r に平均値が高い有意差のある ch が認められ, ch.13 において w に平均値が高い有意差のある ch が認められた.

30-60 秒に ch.3 において, r に平均値が高い有意差のある ch が認められた.

-e

0-60 秒に ch.3 において r に平均値が高い有意差のある ch が認められ, ch.2,5,9,23 において w に平均値が高い有意差のある ch が認められた.

30-60 秒に ch.3 において r に平均値が高い有意差のある ch が認められ, ch.7,9,10,11,12,20,23 において w に平均値が高い有意差が認められた.

以上より, 0-30 秒以外で有意差のある ch が認められ, e に有意差のある ch はほとんどが w に高い平均値を示した.

色温度の種類が変わると, 経時変化と共に活性化する脳部位が変化し, 計測時間帯により違う変化がおこるが, すべての被験者を対象にした結果, 主観評価の結果に差がある被験者群の結果と違う変化がおこることが認められた.

4 考察

生活リズムに差がある, 中間型 (-m) と夜型 (-e) の被験者群を比較すると, 刺激提示開始から経時的に活性化する

脳部位と色温度の関係も変化することから, 脳活動に差があることが示唆された.

夜型 (-e) は朝の計測時間帯 (m) に脳活動が活性化し, 特に電球色 (r) を見たときに脳活動が活性化する傾向が確認できた. 一方中間型 (-m) に関しては, 夜の計測時間帯 (e) に脳活動が活性化し, 特に昼光色 (w) を見たときに脳活動が活性化する傾向が確認できた. しかし, 朝の計測時間帯 (m) ほど中間型 (-m) と夜型 (-e) の脳活動に差はない. つまり, 朝の計測時間帯 (m) において, 夜型 (-e) が電球色 (r) を見たときに, 特に脳活動が活性化するということが考えられた.

その原因として, 朝の計測時間帯 (m) の夜型 (-e) は, 日常と違い早起きしているため覚醒度が低いと考えられる. 白川が光は強い覚醒刺激であることを報告し[10], 勝浦は[11], 高い色温度では, 交感神経の活動が亢進されると報告することから, 昼光色 (w) を見たことで覚醒が促され, 強い不快感を覚えたと考える. さらに, 石田らが, まぶしさの評価は色温度に影響され, 20~2000lx では 6700K よりも 3000K のほうがまぶしくないと感じる[12], と報告するように主観評価の結果から好感度の高かった電球色 (r) を見ている際の脳活動との差が際立ったのではないかと考える.

次に, 夜型 (-e) は電球色 (r) を見たときにより脳活動が活性化し, 中間型 (-m) は 昼光色 (w) を見たときにより脳活動が活性化する傾向があった. どちらの群も主観評価の結果では, 電球色 (r) のほうに好感度が高かったことから, 生活リズムが違う被験者は, 色温度を評価する際の評価構造に差があることが考えられる. 例えば, 中間型 (-m) は太陽の上がっているうちに活動を開始するため, 太陽光を採り入れた屋内空間で生活し, 夜型 (-e) は活動を開始するときにはすでに太陽が傾き, 必然的に人工光に頼って生活をしていると考えられる.

5 結論

本実験は, 色温度と照射位置から構成される空間の印象に対して, 人間の生活リズムは評価結果へ影響を与えるのかを確認することを目的に, 同日の朝 10 時と夜 18 時に計測を行い, 計測時間と生活リズムの関係を調べた.

その結果, 以下のことが示唆された.

- 1). 朝夜の計測時間帯の差は, 主観評価の結果から好感度があった電球色に対してはあまり影響を与えないが, 昼光色に関しては, 朝と夜で受ける印象が変化することから, 計測時間帯の影響をうけることがわかる.

- 2). 色温度を評価している人の覚醒状態で、評価構造に差が生じ、脳活動が変化することが考えられた。
- 3). 生活リズムの差は、朝の計測時間帯に影響を与えやすい。特に夜型の場合、朝の計測時間帯において、色温度の差が脳活動に影響を与える。

以上より、朝と夜では主観評価に大きな差はなかったが、脳活動においては明確な差を確認し、1日の時間の流れは色温度の評価構造に大きく影響を与えることがわかった。特に昼光色に関しては計測時間帯の影響を受けやすく、人に覚醒作用をもたらす可能性があるため、朝の時間帯に眠気を感じていたり、生活リズムが夜型だったりすると、強い不快感を感じる可能性がある。しかしその反面、好みが電球色であったとしても、活発に活動している状態であれば、昼光色を使用することで効果的な屋内空間を演出することができると考える。そこで、空間を使用する時間帯を考慮し、評価する時間帯、評価者の生活リズムを確認し評価することによって、印象が評価結果に正確に反映されると考える。

本実験において、生活リズムの差が評価構造に与える影響が確認できた。今後、評価語に抽象的な概念を使用することで、評価構造と主観評価の関係を詳細に把握できれば、さらに人の印象を評価に正確に反映できると考え、今後の課題とする。

参考文献

- [1] 高橋敏治 昼間部と夜間部の学生における睡眠・覚醒状態の比較検討 法政大学紀要 49 pp.65-74 2004
- [2] 石原金由 宮下彰夫 犬上牧 福田一彦 山崎勝男 宮田洋 日本語版 朝型-夜型質問紙による調査結果 心理学研究 57 pp. 87-91 1986
- [3] 柳本有二 戎利光 サーカディアンリズムと行動体力との関係 体育学研究 38 pp.437-445, 1994
- [4] 照明学会編 住宅照明設計技術指針 第2版, 照明学会, 2007
- [5] 能登原英代 山口有美 山口晴久 デザインのふさわしさの認知特性に関する基礎的研究 (その2)デザイン情報の視覚認知概念の構造化 岡山大学教育実践総合センター紀要 第4巻 pp.101-113 2004
- [6] 森典彦 デザインにおける感性工学 日本ファジイ会誌 Vol.11 No.1 pp.52-63 1999
- [7] 日立メディコ 光トポグラフィユーザー会資料 2010
- [8] 広重佳治 人のサーカディアンリズムと心理学 心理科学 第20巻 第2号 11 1998
- [9] 気象庁HP
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/toki.html
- [10] 白川修一郎 人間の睡眠・覚醒リズムと光(心地よい眠りと目覚め) 照明学会誌 第84巻 6号 pp.354-361 2006
- [11] 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
- [12] 石田享子 井上容子 季節と色温度か光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

フリーハンド・スケッチによる発想と展開

福田 哲夫 1)

Idea generation in freehand sketching.

Tetsuo Fukuda 1)

Abstract

This paper details the method of using freehand sketching for idea development.

Firstly, the preparation which encompasses the environment, the drawing tools, and the inner preparedness of the person. Secondly, the origin of an idea, which is in the emotional reaction and/or deep impressions associated with observation. Thirdly, the accumulation of a reference stock of ideas through repeated observation and sketching. Finally, through this process, initial ideas can incubate and mature leading to further inspiration.

This document explains these concepts simply by using extensive sketches, analogies and metaphors.

Keywords:: Observation, Idea generation, Analogy, Metaphor, Freehand sketch

1. はじめに

本稿は紀要5号と6号に続く続編である。5号ではサムネイルのための自由な描画方法について、6号では透視図を基にしたフリーハンドによる描画法についてそれぞれ概説してきた。本稿ではデザインの初期段階から、詳細設計を意識したものまで、フリーハンドによる描法の心構えと発想法について補足するものである。

1.1 スケッチは発想の原点

デザインプロセスにおけるスケッチの役割は、新鮮な感動や観察の記録から、会話のメモ等の簡単な確認用まで、また何よりも思いつきの考案を即座に可視化可能なところにその特徴がある。小さいものは“サムネイル”としてイメージ創出やアイデア展開など初期段階に使われることが多い。(詳細は参考文献[1, 2, 3]に記載)

実際のデザイン現場では手描きの線描画に加え、コンピュータ・グラフィックスによる陰影や色彩で仕上げを施したレンダリングも全盛である。しかし実際はブラシツールも含めて描画の基本が理解出来なくては説得力ある表現は望めない。スケッチは作り手の情熱が直接伝わり、最も短時間で描画可能な省略描画方法として有効である。

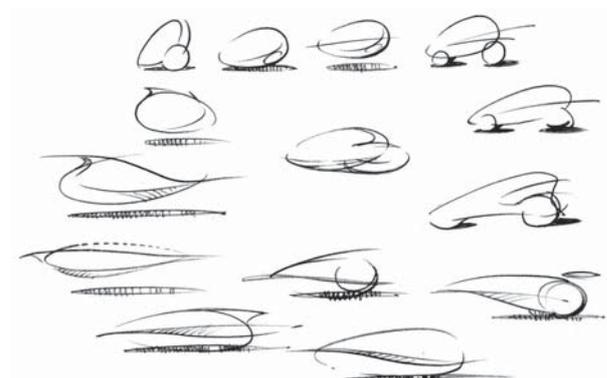


図1 単純な表現がアイデアの展開を促す

1.2 スケッチで夢を描く

単純化されたスケッチは、細部表現がなくてもなお魅力的でエレガントな表現が可能であることは、すでに影絵他、白描画から漫画の世界まで周知の事実である。

またスケッチは、技術的、時間的、費用的制約を受けないため、図2の“浮く”例のようにモックアップでは再現しにくい“動き”でも簡単に描くことができる。しかしデザインにおけるスケッチは、発想から玉成まで必須の工程として組み込まれ、その効果が期待されいながら、一見小型で簡素な表現のためかデザイナー個人の感性や技量に委ねられているのが実情であり、有効な描画解説は極めて少ない。



図2 現実には難題でもスケッチでは楽に描ける

魅力的なスケッチは、未来に対する具体的で明確なビジョンを描けなければ意味がない。夢につながる新しいモノやコトはスケッチの中でいつでも可能なのである。

2 描画の準備

2.1 描画に最適な作業環境を工夫する

最適作業空間は、自分自身の手でしつらえたい。広さに余裕が無くても、風通し良く空気を入れ替え頭をスッキリとさせる。たまには場所を替え四季折々の風を感じることで五感を刺激しリラックスしたい。照明灯具と光源の種類は、目に優しく疲労を抑える工夫だけではなく、体調に合わせて照度(Lx.)や色温度(K.)にも配慮し、調整をするといふ。最適な音源は、気分を和げまた高揚させるのに効果的である。BGMとしての工夫は、思い出の

名曲から最近の流行曲まで、好きな選曲がイメージーションを増幅させる。また適度な水分補給は、手が休まり心を緩和させる。中でもお茶は種類も豊富で、鎮静作用から興奮作用、芳香効果による清涼感などから能率向上が期待できる。

描画作業台は、傾斜テーブルにすることで背筋が伸び描画姿勢が安定する。特に透視図全体の確認と歪み補正には、眼と筆先との距離が調整できるため便利である。

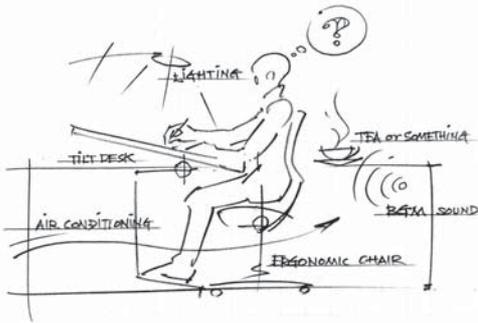


図3 最適描画環境は自ら工夫する

2.2 目的に合わせた線描用硬筆の選択

スケッチの描画用には鉛筆が相応しい。理由は、硬筆でも筆圧や速度の変化に対応した濃淡等、表情豊かな線描が得られること、乾材のため作業が早いことなどによる。

図4の説明としては、

- 鉛筆：硬度 2B から 6B 程度の柔らかい芯の方が濃度もあるので、再現性に優れて使い易い。
- 替芯型鉛筆：芯径の太さは 0.5 mm より 0.9 mm の方が折れ難く、滑らかで再現性も良い。
- ホルダー付き 5 mm 芯鉛筆：サムネイル用から大型のスケッチまで対応が可能で、小細工はできない分、むしろ大胆な線描により省筆となることで使い易い。

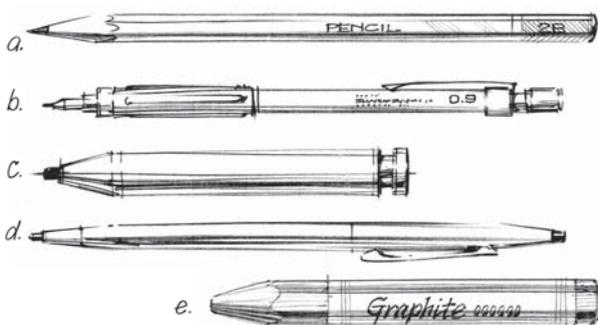


図4 多様な硬筆の線描用具

d. 極太ボールペン：油性マーカーとの併用でインクは溶けるが、その滲みを活用した陰影のグラデーション等による効果的な表現も期待できる。

e. クレヨン類：ホルダーはなく、全芯黒鉛など棒状で太軸となる。したがってこれも小細工はできないので省筆となり、工夫次第ではパステル等との併用も効果が期待できる。

図5は、図4の a., b., c., d., e. による線質と線幅である。



図5 用途に合わせた線質の選択

2.3 線描から面仕上げまでの多用途マーカー類

硬筆の他にも表情のある線描は可能だ。フェルト類を穂先に用いた芯は、材料の質感など多様なテクスチャーまで表現することができるので表現内容に合わせた筆記具を選択したい。

図6の説明としては、

- 水性インクを用いたマーカー：毛筆のように柔らかな表情のある線が期待できるものもある。
- 速乾性インクを用いたマーカー：細線や中太線から地塗りまで幅広く使えるので便利である。
- は b と同様、更に幅広い面積を一気に地塗りできる極太線が可能である。筆先の描画角度により線幅は自由に変えられるので、用途に合わせて使い分けるとよい。
- 白の修正液：仕上げのハイライト用として便利である。絵の具を溶くことなく速乾性で使い勝手がよく、アイデアの発想と展開に集中することができる。

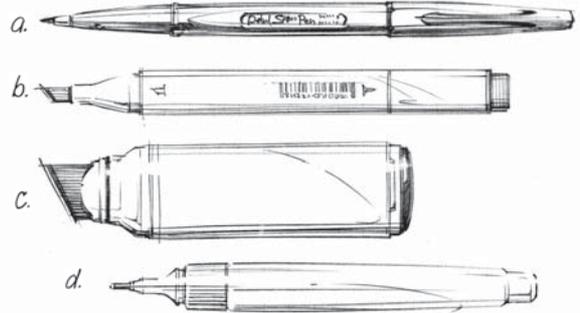


図6 線描から面仕上げまで多様な表現が可能

図7は、図6の b., c. による線幅である。

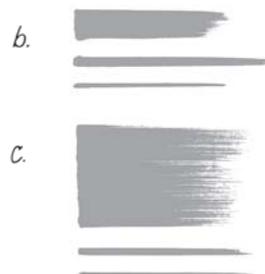


図7 明瞭で多様な線幅

2.4 用紙との組み合わせで多彩な表現

発想と展開に必要な用紙は、クロッキーブックなど薄くて丈夫な紙ならば種類を問わない。マーカーを用いる際には滲みの少ない専用紙もあるが、むしろ筆記具の特性を生かし、描画内容に相性の良い用紙を選択すればよい。繊維が長く粗面の水彩紙などはカスレやボケあるいはニジミなど多彩な表現が可能となる。(図8)



図 8 用紙との組み合わせで表情のある線質

描くことは“夢”の始まりである。筆記具と用紙は、描画体験から気に入るものを選択すればよい。但し描く対象物の表現内容に合わせた品質感が得られるよう、自分自身の筆触を確かめながら選ぶことが大切だ。

3 運筆の心構え

3.1 運筆の心構えは“書道”に通じる

紙と鉛筆という簡素な用具ながら、その表現内容は運筆次第で十分に意思を伝えることができる。

1. 「意在筆前」: 運筆前に画面全体の空間を意識する。(図 10)
2. 「一气呵成」: 一筆目は神経を集中し筆成りで描く。(図 11a, b.)
3. 「奔放自在」: 迷いがなく豊かな流れを意識して描く。(図 12)
4. 「疾風迅速」: 線と面との合力は形に勢いを感じさせる。(図 13)
5. 「流暢連綿」: 線は離れても心の一貫性で繋がる軌跡。(図 14)

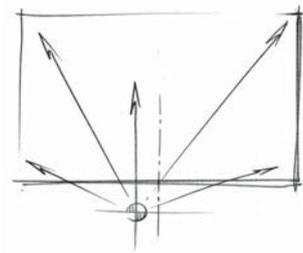


図 10 “意在筆前”

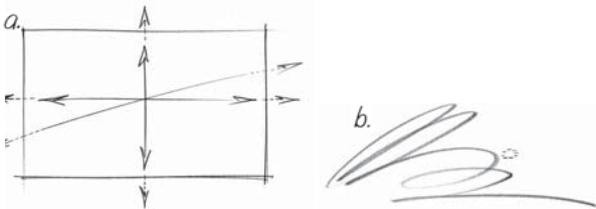


図 11 “一气呵成”

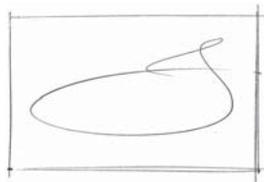


図 12 “奔放自在”

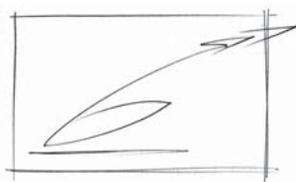


図 13 “疾風迅速”



図 14 “流暢連綿”

描画に当たっては、常に全体を意識しながら筆先にイメージを集中し、最小の運筆で最大効果を狙うことにある。考えるより先に手の自然な動きで描けるように訓練をすることが基本となる。

突然の“ひらめき”は、アイデアが消えないうちにスピード感のある速筆で一気呵成に描き進める必要がある。描き易いところから筆を動かせばよいが、描き込み過ぎないように、またどの時点で筆を置いても完成しており理解できるように、常に省筆表現を心掛けたい。

3.2 正しい握り方が上達のコツ

鉛筆など筆記具の正しい握り方とは、自由で滑らかな運筆のためである。この滑らかな運筆は、人差し指、中指、そして親指の三点保持とともに、掌の中に卵一個分の空間を造り柔らかく握ることにより可能となる。(図 15 の c.)

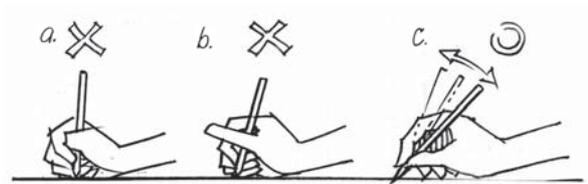


図 15 掌に卵一個分の空間を作り柔らかく握る

3.3 滑らかな運筆は“目標を定めること”から

滑らかな運筆は、線種を問わず肩と肘の力を抜き、手首と指先で柔らかく筆記具を握り、常に全体の流れを意識して描く(図 16)。手元の筆先位置を確認した後、描画の目標点を注視したまま“一气呵成”に描くことにより得られる(図 17)。この時に手元を見ながらの運筆は、常に目標に合わせてようとする確認作業と、筆先の軌道修正作業が入ることで描く時間は遅くなる。したがって迷いが生じるため、滑らかに描くことができない。

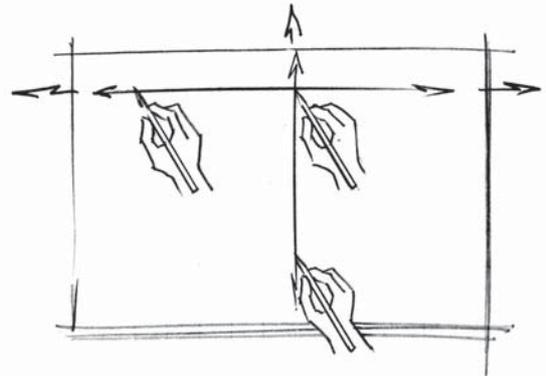


図 16 手首と指先は柔らかく固定し肩と肘の力を抜く

一筆一筆のバランスが取れた描画は、常に画面全体を意識しながら描くことで得られる(図 10)。また淀みなく滑らかな運筆には、画面をはみ出すほどの筆勢とストロークが必要である(図 11)。審美的線描には、その筆跡を維持しながら、画面上には必要な箇所だけ筆触させることで得られる(図 16)。

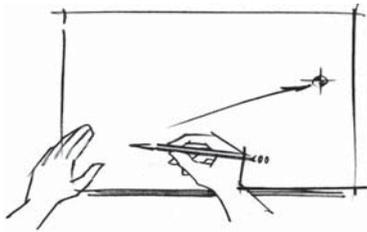


図 17 左手は右手のための基軸となる

右利きの人の運筆の際には、左手で描画用紙の端を押さえるが、運筆の心構え(3.1)を前提とした描画にはこのバランス感覚が重要で、描画の基軸として左手の存在が欠かせない。また画面を傾けての描画では、平衡感覚が得られず画面構成上バランスの良い描画は得られない。(図 18)

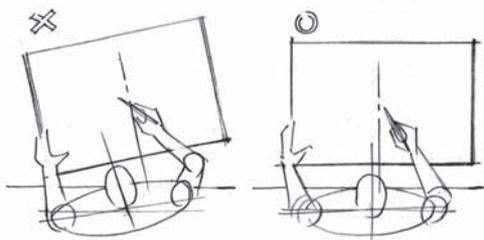


図 18 斜めでは正しいデッサンができない

3.4 “省筆”と“速筆”が発想を豊かにする

二点間を結ぶ線分 ab は、開いた線分と閉じた線分とに分けられるが、描画速度はほとんど変わらない。したがって描画が完成するまでの時間は、線分の長さにはあまり関係がなく、数の少ない方が早く描けることになる。(図 19)



図 19 点間で開いた線分と閉じた線分

図 20 では、的確なイメージの表現方法として発想の効率を上げることを狙いとした“省筆法”とともに、時間を掛けずに多くのアイデア展開が期待できる“速筆法”について定義し解説をしている。a は線の太さで強弱を、b 以降は斜断面相当の位置に線描、ストローク数を一筆ずつ増やしている。d、e は投影と陰影により立体表現をしている。(詳細は参考文献[1, 2])



図 20 無駄のない線数による省筆と速筆

描かれる対象物を省略しても尚、それと特定できるのかは、精密描写と素描を繰り返す省筆の訓練からしか会得できない。自分自身の表現法と技術を極めたい。(図 21)



図 21 省筆と速筆による独自の表現方法を…

3.5 運筆速度はカタチの表情を変える

図 22 の筆跡 a は遅くゆっくりとした渋滞線で、微細な歪みとともに柔らかく味のある表情を作り出し、静的で落ち着いた表情に仕上がる。

一方、素早い筆跡 b は迷いがなく滑らかな線で、強弱など太さの表現により立体感が得易い。やや硬質な線は、また動的で艶のある新鮮な表情に仕上がる。(参考文献[1] [2])

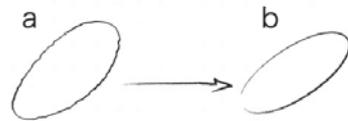


図 22 運筆の速度により線質が変わる

したがって、柔らかな素材表現には遅い運筆、硬質な素材表現には速い運筆が適していることが解る。フリーハンドである以上、歪みは問題にはならない。むしろ大胆な発想や構成など、訴求したい初期の概念を省筆と速筆によりアイデアを整理し、いかに最終のイメージまで可視化作業を進めることができるかが重要となる。(参考文献[1, 2]) (図 23)



図 23 運筆速度を変えて素材を描き分ける

速筆の場合、線には勢いがあるので、描かなくても筆跡で暗示させることができる。(参考文献[1, 2]) (図 24)

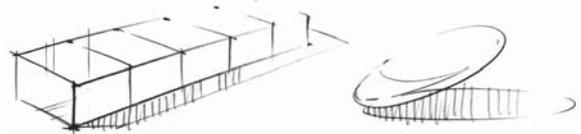


図 24 描かずに暗示させる空気遠近法とハイライト効用

4 形態の立体表現と展開

4.1 遠近表現と立体感

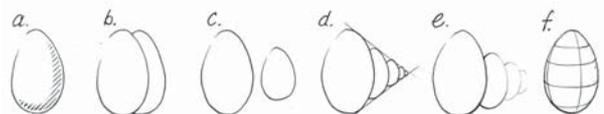


図 25 遠近表現と立体感

簡便に遠近表現や立体感が得られる方法が図 25 で、一般的な透視図法を用いない省略描法として実用的である。

a は光と影による立体表現, b は重ねによる奥行き, c は大小の差, d は b+c に消失点を加え, e は d+空気の濃淡, f は中心線と断面等を用いて, それぞれ対象物を浮き上がらせるなどの立体表現方法がある。(詳細は参考文献[1])

4.2 点・線・面の移動から立体感

点は動けば線になる。そして線は動いて面になり,面は動き立体として簡単に描画を完成することができる。(図 26~29)



図 26 点の単純な線描でも表情は豊かに…



図 27 線の移動による面への展開



図 28 平面の移動による立体への展開



図 29 平面と点を結び立体への展開

5 “観察”が発想の原点

5.1 アイデアは観察と描画の繰り返しから孵化

ジェームス・ウェブ・ヤング著「アイデアのつくり方」(参考文献[6])に発想の五段階がある。第一段階は一般的知識を含む資料の収集,第二段階は資料の咀嚼とある。その後の第三段階は問題を忘れる…心の外へ追いやる…と続き,第四段階では,どこからともなくアイデアが浮かぶのを待つとある。モーシェ・F・ルビンシュタインは,ステージ1:準備・要素の洗い出し,ステージ2:孵化,ステージ3:インスピレーション,ステージ4:検証とある。更にヘルマン・ヘルツフォルムによると,1. 準備 2. 孵化 3. 解明とある。(図 30)

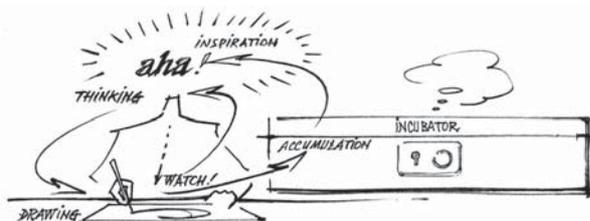


図 30 発想を止めて“ひらめき”を待つ

5.2 “ひらめき”の瞬間は突然にやってくる

いずれの方法論も,アイデアの“ひらめき”までの時間については,“孵化”する期間を経て,ある時突然にやってくると述べている。

孵化させるためには,デザインプロセスの初期段階において,対象の観察と精密描写を繰り返す中から,その本質を十分に理解しておくことが欠かせない。

その一瞬の動きなどの観察でしか得られない感動体験は,表情やイメージを構造化し,基本形態(8.1)の中に取り込み,生き活きとしたスケッチとして可視化,整理し蓄積しておくことが次の“ひらめ”きに通じる。(図 31)

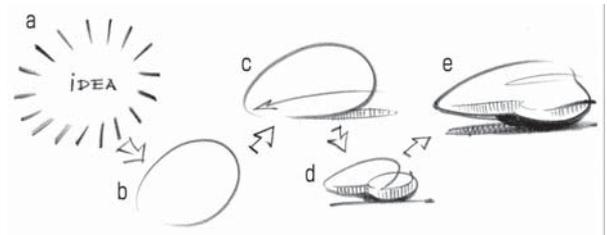


図 31 アイデアは蓄積されて孵化を待つ

5.3 “観察”をしているから描ける

問題意識を持つということは,デザインプロセスの上で発想を促す原動力として重要である。また観察するということは,物事を深く知ることによる驚きの感動体験から,それに続けて何故だろうという疑問とともに,調査・分析して理解しようとする一連の取組姿勢にある。

見る意志があり“観察”をしているからこそソリューションとしてのスケッチを描くことが可能となる。(図 32)

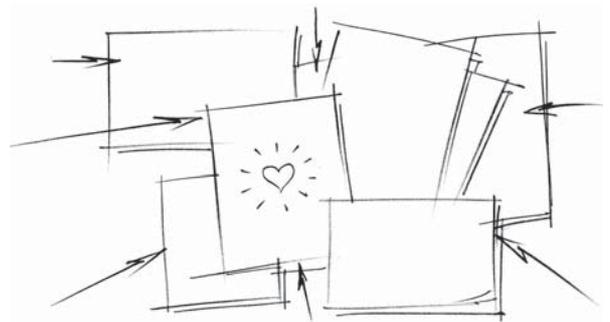


図 32 様々な感動体験が発想を促す

5.4 観察眼は発想を促す力となる

観察眼は,精密描写により得られた知見を頼りに,物事の状況や変化を客観的に注意深く見て,道理やしぐみを理解する能力である。感動体験をスケッチに記録することは,上手に描くためではなくその観察眼を養うことにあり,感動体験が旨く再現できないのは,物事を良く観察できていないことと同じだ。

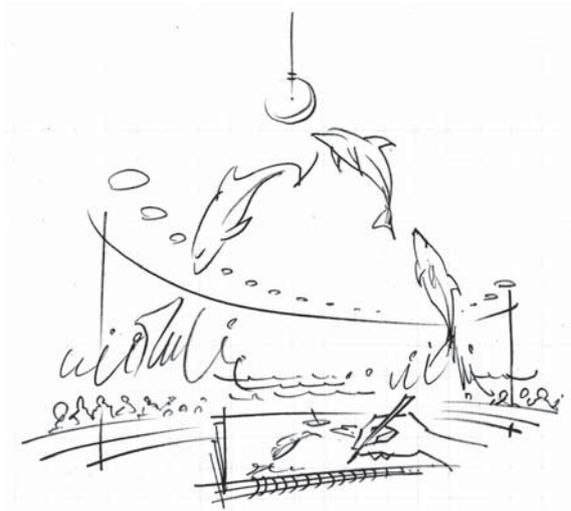


図 33 観察スケッチは常に主観的…

図 33 のようなスケッチによる感動体験の具象的な記録は、一見客観的な記録のように見える。しかし実際にはその逆で、感動して焦点を絞ったこと以外の事象は省略され記録していない訳であるから、感動体験のスケッチ描画は、主観的な記憶として残されていることになる。

このスケッチによる感動体験の繰り返しは、自身の記憶の中で反芻する時間を得て孵化する。そして形態に対する抽象的で主観的なイメージはいつでも引き出すことができるよう、暗黙知として脳に記憶されていく。(図 34)



図 34 感動体験を抽象化して描く

5.5 想像は創造のエネルギー源

生命体の観察から、感動した形態と機能の統合による造形展開を試みる。過去に刺激されて描いたスケッチとともに再現してみるが、常に生み出されるアイデアは暗黙知として蓄積されてきたイメージと反応しながら進化してゆく。前回より変化していても構わない。むしろ現時点でのテーマに対する成長した姿や視点の差異に注目したい。

描くことは、単なる記録ではなく記憶すること、そして記憶は想像を促し、想像力は創造のエネルギー源となる。(図 35)

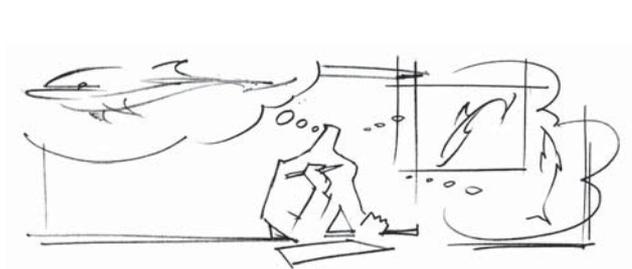


図 35 想像しながら印象で描く

6 形態には意味がある

産業革命以来、モダンデザインにおける形態の推移は、機械加工が容易な理念的幾何形態を用いて装飾を排除し、目的とする機能を表現する形態が主流となる。一世紀を経た二十世紀の後半には、大量生産を背景にして製品意味論への流れがおき、やがて機能の概念は心理的・社会的・文化的文脈を内包することで形態に意味を持たせることとしている。そしてアナロジー（類似・明喩）、メタファー（比喩・隠喩）、あるいは複合的な方法を用いながら形態表現の幅を広げている。(参考文献 [3])

6.1 “生物のかたち”からの発想

流行の形を探るスタイリングとは別のアプローチとして、アニマル・テックやバイオミクリーあるいはバイオミメティクス等と呼ばれるような自然界の生物たちからヒントを得た発想と展開も盛んに行われている。

中でも魚類は、全長に対して先端部から 36%付近の断面積が最大となる…(参考文献[7])ことから導き出される形態の比率は合理的である。水中を泳ぐ最適解としての形態を我々に教示してくれると同時に、航空機の翼断面等にも通じる。生物のかたちや構造からは、目的に合わせた機能を表現するとともに、日常の暮らしに活かせる機能と審美的魅力を併せ持つ可能性のあることを示唆している。(図 36)



図 36 見立てから描画を繰り返す

コンセプトは的確に表現できているのか。速筆と省筆の手法はここで生きてくる。はじめに三分間で約 20~30 個のアイデアを描いてみる。(図 37)

大切なことは、時間内に大量の描画を課すことであり、頭で考える余裕を与えず、まず先に手を動かしてアイデアを誘発できるように訓練をすることからはじまる。

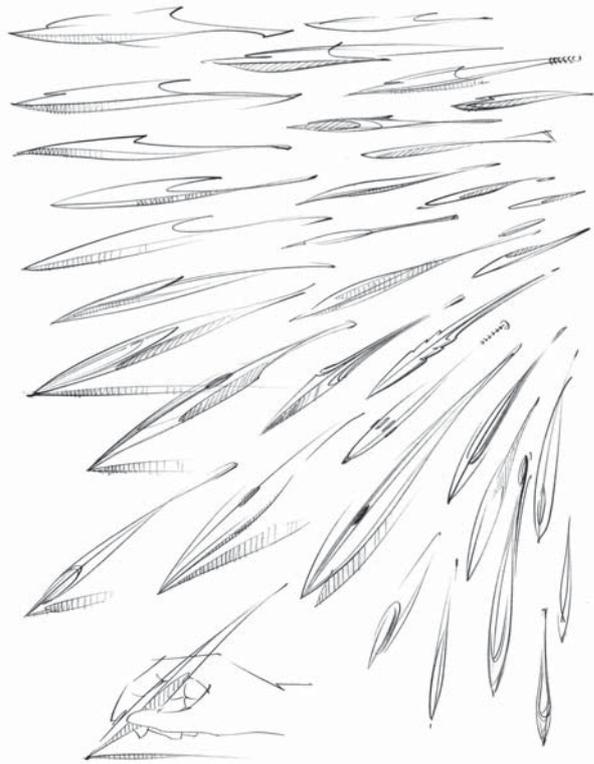


図 37 描画により発想を促す訓練

6.2 画面の中央から描くことで発想は四倍に増幅

サムネイル段階では、ブレン・ストーミングのように幅広いアイデアを数多く発想することが要求される。この際、関連のアイデアは描画用紙の中央から描き始めることにより、全方位への展開が可能となる。(図 38)

ひとつの原点から展開されたアイデアが生まれるということは、反対の極方向にも一対の発想を促せるため、アイデアの倍増が期待できることになる。

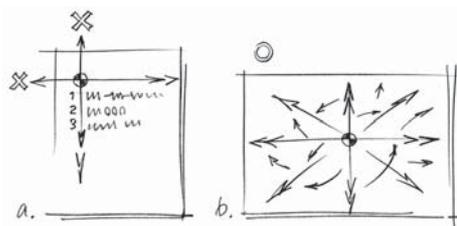


図 38 中央から全方位へのアイデア展開

一般的な論理的ノートの取り方や議事録などは、時間進行に合わせて左上から順番に下方へ向かい記述していくが、アイデアの展開用には向かない(図 38)。発想は常にノンリニアであり、様々な画面上の事柄に触発され融合や統合を繰り返しながら最終案へと導かれる。全体を俯瞰し、画面全体を有効に使うためには中央から描くことで可能性は360°に広がる。すなわち図 37 の発想からは象限の四分の一だけの発想に留まっていることが解る。図 38b の応用例としては、グループワークの際、皆でアイデアの描き込みが可能となり、コラボレーションで新たな展開も期待できる。

6.3 設計条件を加えて発想の拡散から収斂へ

図 37,38 からは、スケッチの描画枚数を重ねることで手や身体が馴れ、自然と身体が反応するようになれば線の勢いも生まれ、更に洗練された案として飛躍の展開も期待できる。

アイデアの収斂方法は、1.コンセプトに基づくマッピング。2.マッピングされたサムネイルから同項案を集め、それぞれの特徴や機能別にキーワードを求める。3.評価軸を設けて整理。4.評価軸上にゾーニングされたキーワードから漏れ抜け等を検証して不足領域など必要があれば可視化しておく。(図 39)

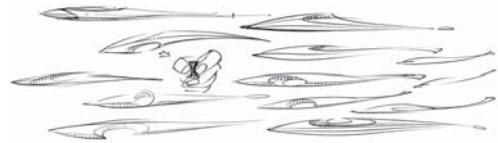


図 39 詳細部位からのアプローチ

使い勝手などユーザビリティは、感性表現によるスタイリングからのアプローチとともに詳細設計へと進むが、素材やテクスチャの吟味、色彩構成、構造的考察から、加工組み立て方法まで、工学的アプローチが欠かせない。(図 40)

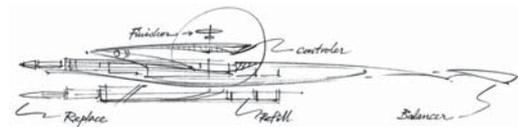


図 40 構造や機能からのアプローチ

6.4 観察と描画による品質向上

サムネイルは、“観察と描画の繰り返し”を基本とするが、いわゆる品質向上のための PDCA サイクルの手順に置き換えてみると、P(設計・改良)観察, D(試作・造形)描画, C(評価・分析)観察, A(行動・可視化)描画となる。このスケッチによる方法からは約 2 倍量のスケッチ成果と発想展開サイクルの速度が期待できることが解る。(図 41)

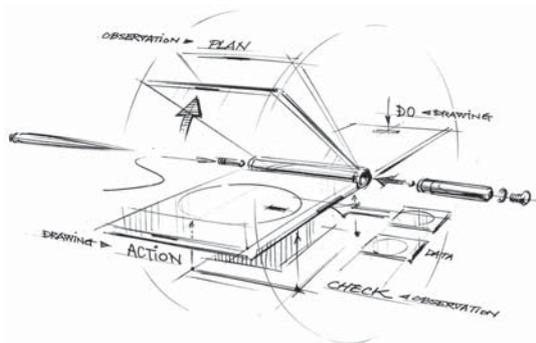


図 41 文字・矢印情報を補い発想速度を促す

6.5 スケッチの繰り返しによる玉成へ

スケッチ群の中から数案に着目して、何故魅力的なのか。あるいは良い発想であると思いつながら何故魅力的にならないのか。次ぎのステップでは、全体の比例など審美的領域に至るまで微妙な違いを描き分け玉成を目指す。(図 42)

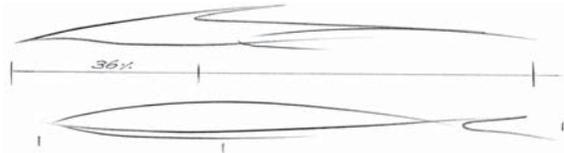


図 42 目利きとしての審美眼

6.6 スピードシェイプへの昇華

感動体験は、形態にその印象を残しながら洗練されてゆく。“達意簡明”に心掛け形態を磨き上げた時、もはや魚類ではなく鳥類でもない。残されているのは感動体験から大切にしていた動態としてのスピード感覚であり、審美的形態として玉成される。(図 43)

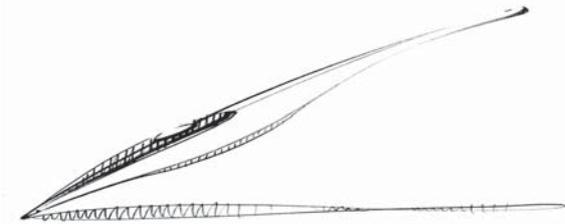


図 43 スケッチによる玉成

7 “観察”が発想の原点

7.1 原点に還り“タマゴ”を描く！…と

古来より“コロンブスの卵”は有名でも、一般的な卵を描けば図 44a のようにヨコ位置が自然なはずである。

これまでに筆者は、『タマゴを描く！』というテーマで数十年にわたり演習を繰り返してきた。大学での講義や講演会、あるいはワークショップなどの経験からは、小学生から高齢者まで幅広い年齢層と、プロのデザイナーから一般社会人まで分野を超えた受講者のうち数パーセントの人を除きほとんどの解答がタマゴを図 44b のようにタテ位置に描くことに気付いている。



図 44 自然な姿は？

7.2 “コロンブスの卵”は…日常

では何故ほとんどの人がタテに描くのであろうか。理由のひとつには、産みだての卵を見る機会がほとんど無いことのようなのだが、むしろ無意識のうちに、何気なく日常の行動を観察していたとも考えられる。確かにスーパー・マーケットやコンビニエンス・ストアなどの売り場では、流通に便利な小型のプラスチック容器の中でタテに並べて包装され売られている(図 45a)。一般家庭の冷蔵庫の中で専用保存場所にタテ位置で収納されることから十分に想像ができる。

閑話休題、日本の伝統的パッケージには藁を使った卵五個

入りのものが知られている(図 45b)。現代に流通するカタチとは違い自然なままのヨコ位置で垂直に組上げられ吊るされている。先人たちの感性には頭が下がる。

図 44a,b による比較からの発想は、空間を生かした新しい陳列方法の可能性や循環可能な素材のあり方など、流通全体の、あるいは文化として次世代へのあり方も示唆してくる。“アイデアとは在来要素の新しい組み合わせ”(参考文献[8])であるとすれば温故知新、先人達の智慧にも目を向けて、もつ

と多く
のこ
を学
取り
たい。

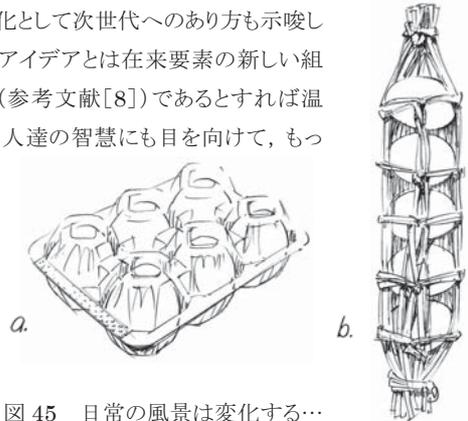


図 45 日常の風景は変化する…

7.3 日常の観察と固定観念からの脱却

前述の“タマゴ”を描くという課題は、その受講者のほとんどがタテ位置で描いており、その種類もまた鶏卵で描かれることがほとんどであった。これらは、無意識のうちに言葉のイメージがタマゴ＝鶏卵と固定され、魚や昆虫あるいは両生類等の卵を描くという発想には至らなかったことを表している。

アイデアの発想と展開には、これまでの固定観念にとらわれることなく、常に命題の原点に戻り考える癖をつける日頃からの訓練が大切である。

a. 日常での観察：

言葉からの発想は、単絡的にならないよう 2 回 3 回と推敲し、言葉の持つ曖昧さや意味の多面性に気付き、答えはひとつではないことを意識しておきたい。(図 46)



図 46 日常から得やすい知見にも限界が…

b. 非日常での観察：

自然観察による精密描写がスケッチの基本である。自然に接する時間の無い都会人には、せめて動物園、水族館、昆虫館などで実物に向かい実感し、また博物館、美術館、図書館、関連資料館などでは古典の収集品から現在に至る系譜など積極的に出掛け学びたい。新しい発見や感動体験が得られるまで繰り返し観察し、スケッチとして記録しておくことにより暗黙知として体内で熟成されてゆく。(図 47)

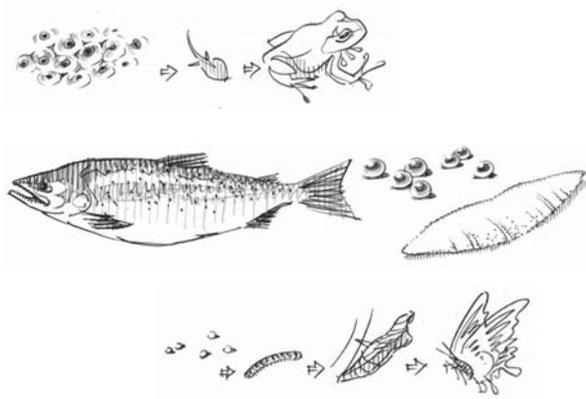


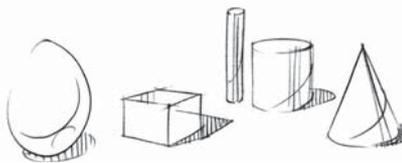
図 47 形態は同根でも進化は異なる…

8 基本形態からの発想と展開

8.1 概念イメージから基本形態の選択

アイデアの展開には、コンセプトから導き出されたイメージ言語に合わせた基本形態を選択し、見立てや尺度、比例、複合、誇張、変形、視角、反転など意識しながら発想の幅を広げてゆく。人工物では直方体や円柱など幾何形態の組み合わせから、自然物では卵形や生物の形からそれぞれ発想をして、素早い描画による展開を繰り返し磨いてゆく。(図 48)

図 48 基本となる理念的幾何形態の選択



8.2 有機的基本形態からの発想と展開

a. 基本形態からの見立てによる発想と展開:

基本形態から受けるイメージを様々な機能や用途に見立て、必要な詳細仕様を加筆して仕上げていく。(図 49)

図 49 見立てによる発想と展開



b. スケール感を変えた発想と展開:

大胆な発想や飛躍した展開には、虫の視点や鳥の眼からの柔軟な発想で、イノベーションを期待したい。(図 50)

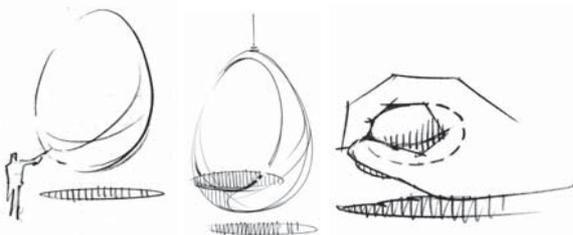


図 50 尺度を変えた発想と展開

c. 比例を変えての発想と展開:

素材特性から制作工程に学び、溶融、成型、切断、研磨他の加工方法とともに、複合される形態との比例や均衡も吟味しながら審美的形態へと導いていく。(図 51)



図 51 素材加工や比例の吟味による発想と展開

d. 形態の複合による発想と展開:

基本形態には、機能の付加や組み立てあるいは分割線など必要な寸法を吟味しながら審美的考察を重ねていく。(図 52)

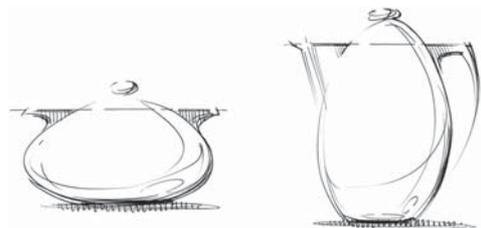


図 52 形態の複合による発想と展開

e. 部分の誇張と変形による発想と展開:

基本形態の一部分からも見立ては可能だ。持つ、握る、摘む、など機能として必要な部分を伸縮、曲げ、折る、切る、磨く等の加工を施しさらに使い易く仕上げる。(図 53)

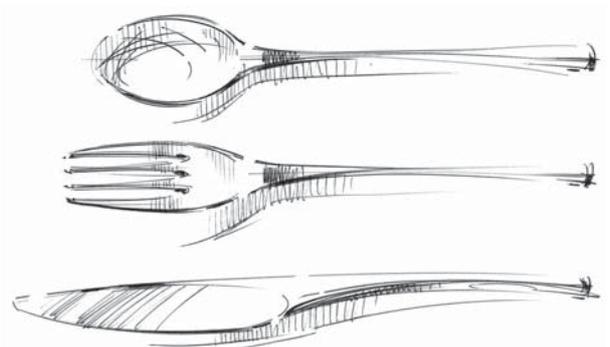


図 53 誇張変形による発想と展開

f. 視角を変えた発想と展開:

描画された角度から想像を逞しくして、反対側を考える。また視角を変えて描画を繰り返すことで思いがけない発見に結びつくこともある。(図 54)

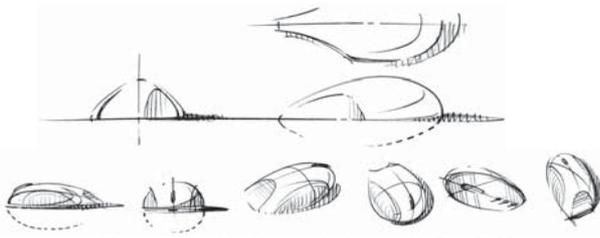


図 54 視角を変えて吟味する発想と展開

g. 反転・逆転による発想と展開：

車輪，器，部屋など形有るものが便利に使われるのは，空虚なところがその働きをするからだ…と老子の言葉にもあるが（参考文献 [10]），基本形態と周辺空間とを反転することで新しい発見もある．図 55 は昔の地下水路の断面である．少ない水量でも流れが滞らない工夫は，設計や施工効率よりも保守を含む運用機能を優先した例として秀逸であり，反転の発想からは無限の可能性のあることを示唆している．

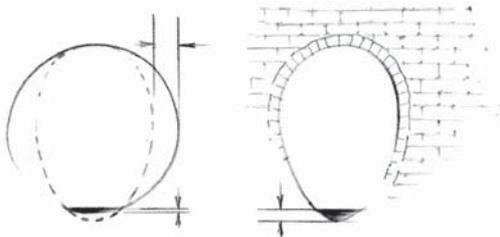


図 55 反転による新機能の発見と展開

スケッチはデザインの出発点である．俳句あるいは短歌における発句のように，基本形態の見立てからカタチを描いただけではまだ全体像は把握されない．具体的イメージを掴むまで探求する行為であり，素描の中に潜むアイデアの原石に触発されながら根気よく磨き上げる作業でもある．

9 スケッチの可能性は無限大

9.1 一枚のスケッチでも以心伝心

一枚のスケッチは，第三者にとって平面情報としか見えないのかもしれない．しかし訓練された設計者やデザイナーは，シンプルな描画や筆跡を通じて全体の完成イメージを伝たり，読み取ることができる．また自動車などを専門とするクレイ・モデラーは，デザイナーが描いたフリーハンド・スケッチから面形状を理解し，魅力的で表情のある立体として再現する能力を身に付けている．フリーハンドによる一本の線のカスレ，ボケ，ニジミなどを伴う素早い仕上がりには，コンピュータと異なる感性表現が可能である．音楽のような律動感とともに，ファッション性や，アート感覚が求められる。(図 56)



図 56 デザイナーとモデラーとの対話ツールとして…

勿論，簡易的な断面図や三図面による表現は，スケッチとともに次工程への展開用にコミュニケーションツールとして不可欠であり，自分自身での簡易モックアップ制作等の段取りとしても有効であることは言うまでもない．

9.2 ものづくりを超えた分野での対話法

本稿のような速筆による特徴を捉えた主観的表現は，デザインプロセスだけでは終わらない．古くから生物学や医学領域でも観察記録として点描等による写実的表現が用いられてきた．現在では写真やCG技術で変換され，より写実的で客観的表現が可能となっているが，更に医療現場におけるカルテを通じた医師と患者との対話，医師間の治療前後の情報共有，また介護他筆談を要する対話現場まで様々な用途開発が考えられる．

21世紀はサービス産業などの伸びが期待され，感性領域のデザインで括る時代となった．対話に必要な，見る，聞く，話すことの記録用としては言葉から文字情報へ，身振り手振りは図像情報へと移っている中，言葉の壁を越えた対話も益々重要になってくる．スケッチの役割とその展開可能性は無限大である．

10 おわりに

デザインプロセスの初期における大胆なアイデアの創出には，綿密で具体的な作業による品質向上策まで，継続的な“観察と描画の繰り返し”による審美眼の養成が大前提である．本稿の省筆と速筆画法による発想法について，スケッチへの取り組み姿勢とともに理解していただければ幸いである．

参考文献

- [1] 福田哲夫，サムネイル・スケッチによる有機的形態の発想と展開，産業技術大学院大学・紀要 5 号，2012.
- [2] 福田哲夫，フリーハンド・スケッチによる形態の操作と展開，産業技術大学院大学・紀要 6 号，2012.
- [3] 日本インダストリアルデザイナー協会編，プロダクトデザイン・商品開発に関わるすべての人へ，ワークスコーポレーション，2009.
- [4] 陳廷祐，成家徹郎訳，書の美学，東京書籍，1992.
- [5] Thomas C. Wang, Projection Drawing, Van Nostrand Reinhold Company, 1984.
- [6] ジェームス W. ヤング，今井茂雄訳，竹内均解説，アイデアのつくり方，阪急コミュニケーションズ，1988.
- [7] ダーシー・トムソン，柳田友道，遠藤勲，古沢建彦，松山久義，高木隆司訳，生き物のかたち，東京大学出版会，1973.
- [8] ジャック・フォスター，青島淑子訳，アイデアのヒント，阪急コミュニケーションズ，2003.
- [9] 岡秀行，日本の伝統パッケージ ころの造形，美術出版社，1974.
- [10] 老子，峰尾邦夫訳注，岩波書店 2008.

編集後記

紀要第7号編集委員長

小山 登

この度、産業技術大学院大学紀要第7号を発刊する運びとなった。この紀要は、情報アーキテクチャ専攻と創造技術専攻の26名の先生方の日頃の研究成果を、論文・論説・研究速報等として、タイムリーに報告するものであり、これらの中には多様な研究成果が含まれている。

この意味で、紀要原稿は、決められた期限内に収集し、査読委員により速やかで効率的な査読をして編集することが重要となってくる。今回は、8月にアナウンスをしてから、先生方に書き上げていただき、年内に発行することが重要な使命であり、特に、計画通りにスケジュールを進めることが、編集委員に課せられた役割でもあった。この点に関しては、今回、事務局との連携を密に取りながら、編集委員で査読の方法に工夫を凝らし、結果として、ほぼ予定通り発行するに至ったことは、先生方を初め、事務の方々、編集委員の方々のご努力に他ならない。この場を借りて改めて感謝したい。

終わりに、本学紀要も第7号と歴史もできつつあるので、紀要のフォーマットが、毎年少しずつ変更されることなく定着し、紀要の発行が毎年計画通りに実施されることを希望してやまない。

紀要編集委員会

編集委員長	小山 登	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 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
	中 鉢 欣 秀	産業技術大学院大学産業技術研究科 情報アーキテクチャ専攻 准教授
	陳 俊 甫	産業技術大学院大学産業技術研究科 創造技術専攻 助教
	土 屋 陽 介	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
	松 尾 徳 朗	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

2013年度 産業技術大学院大学紀要

2013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/>
