

情報処理

2021
11

Vol.62 No.11
通巻 680 号

特集

オンライン

観光情報学

—スマートツーリズムに向けた研究動向—

特別解説

暗号資産の現在と将来

オンライン ネットの誹謗中傷問題は解消するのか?~プロバイダ責任制限法改正と今後の課題~

オンライン 大学入学共通テスト実施大綱の予告に関する本会の意見について

報告

オンライン 未踏の第27期スーパークリエイターたち



巻頭コラム

Changing the World
城戸淳二

電子版もご覧ください



電子版を読む(会員無料)
情報学広場



iPhoneなどで読む(有料)
Kindle



電子版を購入(有料)
Fujisan



Web公開(無料/有料)
note

オンライン デジタルプラクティスコーナー: DXのプラクティス~ニューノーマル時代を生き延びる~

教育コーナー: べた語義

連載: 5分で分かる!? 有名論文ナナム読み / 情報の授業をしよう! / 先生, 質問です! / ビブリオ・トーク

トピックス: オンライン 2020年度研究会推薦博士論文速報

会議レポート



一般社団法人

情報処理学会

Information Processing Society of Japan

intel software

インテル® oneAPI 2021 ベース & HPC ツールキット

エンタープライズ、クラウド、HPC、AI 向けのスケーラブルで
高速な C++、Fortran、OpenMP*、MPI アプリケーションを開発

intel

1

oneAPI

HPC TOOLKIT

インテル® Parallel Studio XE に含まれていたコンパイラーをはじめ、CPU、GPU、FPGA、その他のアクセラレーターをサポートするように機能拡張された新しいコンパイラーなどの各種コンポーネントが含まれる、インテル® Parallel Studio XE の後継製品です。

■ CPU、GPU、FPGA で共通のプログラミング

現在の標準 C++ と Khronos SYCL* に拡張機能を加えた標準ベースのクロスアーキテクチャー言語、データ並列 C++ (DPC++) により、これまでの C/C++ プログラムから始めて、インテル® CPU、GPU、FPGA 向けに効率よく動作させることが可能なプログラムを作成できます。

DPC++ 対応のインテル® oneAPI DPC++/C++ コンパイラー、OpenMP* ディレクティブによるオフロード機能でインテル® GPU を利用可能なベータ版インテル® Fortran コンパイラーに加えて、従来のインテル® C++/Fortran コンパイラーも含まれます。

すでに CUDA* で記述されたコードがある場合は、DPC++ への移行を支援するツールを利用できます。

対応ハードウェアがない場合も、インテルの開発サンドボックス環境、oneAPI 向けインテル® DevCloud (devcloud.intel.com/oneapi) (英語) を利用してインテル® GPU および FPGA 向けの開発をすぐに試せます。

■ 最適化済みライブラリーの適用

以下のような、さまざまな処理の関数を含むライブラリーが提供されます。CPU 向けに最適化されるほか、主要な処理はインテル® GPU 向けにも有効です。

- C++ 並列アルゴリズム
- 数学 (線形代数や高速フーリエ変換など)
- データ処理と機械学習
- マルチスレッドとフローグラフ
- ビデオ処理ライブラリー
- 集合通信ライブラリー
- ディープ・ニューラル・ネットワーク向け基礎関数
- 信号・画像処理向け基礎関数
- MPI ライブラリー

■ 高速化の可能性と効果を検証

以下のような、さまざまな性能解析 / デバッグツールにより、関数ごとの処理時間や、時系列の CPU と GPU、メモリー帯域幅の利用率など、調整個所の特定や対応方法の検討に役立つ情報が得られます。

- インテル® VTune™ プロファイラー
- インテル® Advisor
- インテル® Cluster Checker
- インテル® Inspector
- インテル® Trace Analyzer & Collector
- インテル® ディストリビューションの GDB

■ 日本語での技術サポートを利用可能

インテル® oneAPI ベース & HPC ツールキットの有償製品の購入者は、新旧バージョンのソフトウェアのダウンロード提供、および日本語での技術サポートを受けられます。

■ インテル® oneAPI ツールキットの中核製品

インテル® oneAPI ツールキットには、インテル® oneAPI ベース & HPC ツールキットに加えて、C++、データ並列 C++ アプリケーションおよび oneAPI ライブラリー・ベースのアプリケーションを構築するためのインテル® oneAPI ベース・ツールキット、ネットワークのエッジで実行する、効率的な、信頼性の高いソリューションを構築するためのインテル® oneAPI ベース & IoT ツールキット、ハイパフォーマンスで高忠実度のビジュアライゼーション・アプリケーションを作成するためのインテル® oneAPI ベース & レンダリング・ツールキットなどの各種ツールキットが用意されています。

各ツールキットの詳細は、製品ページをご覧ください。お問い合わせフォームからお問い合わせください。

製品の詳細に関するお問い合わせ先 :



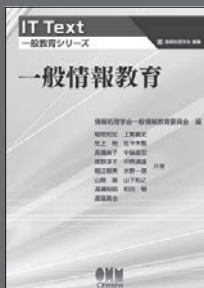
インテリソフト 株式会社

Tel: 03-5440-7875 Fax: 03-5440-7876 E-mail: intel@xlsoft.com
お問い合わせフォーム : www.xlsoft.com/jp/qa

製品詳細、評価利用はこちらから
www.xlsoft.com/intel/ipsj10



© Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、その他のインテルの名称やロゴは、アメリカ合衆国および/またはその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。性能は、使用状況、構成、その他の要因によって異なります。詳細については、<http://www.intel.com/PerformanceIndex/> (英語) を参照してください。XLSoft のロゴ、XLSoft は XLSoft Corporation の商標です。Copyright © 2021 XLSoft Corporation. * その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。



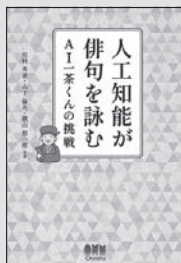
情報処理学会編集の教科書シリーズ!

IT Text(一般教育シリーズ) 一般情報教育

情報処理学会一般情報教育委員会 編 / 稲垣知宏・上繁義史・北上 始・佐々木 整・高橋尚子・中鉢直宏・徳野淳子・中西通雄・堀江郁美・水野一徳・山際 基・山下和之・湯瀬裕昭・和田 勉・渡邊真也 共著
A5判 / 266頁 / 定価2,420円(税込) ISBN 978-4-274-22595-6

情報処理学会一般情報教育委員会で編纂した、これからの一般情報教育に対応した標準テキストです。情報ネットワークや情報機器の基礎知識から、プログラミングの考え方、情報倫理、データサイエンス等、社会生活で不可欠な教養ともいえる知識を幅広く網羅します。

現在の人工知能はどこまでできて、できないのかを、俳句を詠むAIの開発を通して迫る!



人工知能が俳句を詠む AI-茶くんの挑戦

川村秀憲・山下倫央・横山想一郎 共著
四六判 / 296頁 / 定価1,760円(税込) ISBN 978-4-274-22733-2

実際に俳句を生成する人工知能である「AI-茶くん」を研究・開発している著者らが、現在の人工知能技術の動向から創作分野における人工知能の展開、俳句をどのように人工知能に解釈させ、生成するのかを具体的に解説します。現在の人工知能がどこまで達成し、なにができていないのかまで見ていきます。

自然言語処理の標準モデル、BERTを使いこなせるようになる!



BERTによる自然言語処理入門 Transformersを使った実践プログラミング

ストックマーク株式会社 編 / 近江崇宏・金田健太郎・森長 誠・江間見亜利 共著
B5変判 / 200頁 / 定価2,970円(税込) ISBN 978-4-274-22726-4

本書は、自然言語処理の近年における発展に大きな役割を果たし、かつ応用上も有用であるBERTの入門書です。前半で自然言語処理や機械学習について概説したのち、BERTによって実際にさまざまなタスクを解いていきます。BERTを自分で使えるようになることを目標とします。

プログラミング未経験でも、作曲未経験でも、簡単にAI作曲を試せる!



Magentaで開発 AI作曲

斎藤喜寛 著 / B5変判 / 264頁 / 定価3,300円(税込) ISBN 978-4-274-22731-8

「プログラミング経験がなく、AIでさえ言葉を聞いたことがあるくらい」「音楽の知識が全くないから作曲なんてもつてのほか」という人でも理解できるように、AI作曲を解説しています。コードをマネると曲が生成されることに感動し、読み進めていくうちにコードの記述方法だけでなく、作曲のための音楽の知識も身につきます。

コンピュータの計算力を目いっぱい使う本! 検算にも!



Pythonで超らるかに数学をこなす本 簡単な計算でも複雑な計算でも瞬く間に解く

明松真司 著 / A5判 / 248頁 / 定価2,420円(税込) ISBN 978-4-274-22739-4

PythonのモジュールであるSymPyを使い、式の展開結果を得たり、計算を行う方法を解説。専門家でもなければ、せつかく長時間をかけて身に付けた数学力も年月を経るごとに忘れてしまいがちですが、Python+SymPyを使えば、忘れてしまっても、そもそも苦手でもサクサクと解け、式の展開に時間を使うことなく、結果が得られます。



オーム社

〒101-8460 東京都千代田区神田錦町3-1
TEL 03(3233)0853 FAX 03(3233)3440

www.ohmsha.co.jp

定価は変更になる場合があります。

大学・高専・専門学校の教科書をお探しの先生方へ

弊社HPにて、教科書としてご検討いただける書籍を一般的な講義名称からお探しいただけます。

弊社HPヘッダー（右上）のリンクか右記二次元コードからご覧ください。

教科書採用に関するお問い合わせのほか、リモート講義に関するご相談、

教科書採用者向け講義資料のご請求（一部書籍）など承ります。

お気軽にお問い合わせください。



新刊・関連書籍のご案内

（電気・電子系 教科書シリーズ 22）

情報理論（改訂版）

三木成彦・吉川英機 共著/A5判/214頁/定価2,860円

リレーショナルデータベースの 実践的基礎（改訂版）

速水治夫 著/B5判/160頁/定価2,750円

入門 サイバーセキュリティ 理論と実験

—暗号技術・ネットワークセキュリティ・
ブロックチェーンから Python 実験まで—
面 和成 著/A5判/232頁/定価3,300円

研究に役立つ

JASPによる多変量解析

—因子分析から構造方程式モデリングまで—
清水優菜・山本 光 共著/A5判/192頁/定価2,750円

基礎から学ぶ級数論

—フーリエ級数入門—
長嶋祐二・福田一帆 共著/A5判/208頁/定価2,970円

確率・統計から始める

エンジニアのための信頼性工学

—身近な故障から宇宙開発まで—
山本久志 編著/A5判/222頁/定価3,300円

（メディア学大系 14）

クリエイターのための映像表現技法

佐々木和郎・羽田久一・森川美幸 共著/A5判/256頁/定価3,630円

（バイオインフォマティクスシリーズ 2）

生物ネットワーク解析

浜田道昭 監修 竹本和広 著/A5判/222頁/定価3,520円

データベースの基礎（改訂版）

—MariaDB/MySQL 対応—
永田 武 著/A5判/192頁/定価2,640円

マルチメディア情報符号化の 基礎と応用

—情報伝達の効率化と信頼性の確保—
杉浦彰彦・岡村好庸・小暮 悟 共著/A5判/252頁/定価3,630円

ヒューマンコンピュータ インタラクション

—人とコンピュータはどう関わるべきか？
人間科学と認知工学の考え方を包括して解説した教科書—
米村俊一 著/A5判/238頁/定価3,410円

Pythonと実例で学ぶ微分方程式

—はりの方程式から感染症の数理モデルまで—
神永正博 著/B5判/200頁/定価3,520円

（シリーズ 情報科学における確率モデル 8）

確率的ゲーム理論

菊田健作 著/A5判/254頁/定価4,070円

（計測・制御セレクションシリーズ 1）

次世代医療AI

—生体信号を介した人と AI の融合—
計測自動制御学会 編 藤原幸一・久保孝富 編著
/A5判/272頁/定価4,180円

プログラムが コンピュータで動く仕組み

—ハードウェア記述言語・CPUアーキテクチャ・
アセンブラ・コンパイラ超入門—
中野浩嗣・伊藤靖朗 共著/A5判/10月下旬刊行予定

科学技術と共に歩む



株式会社 コロナ社

〒112-0011 東京都文京区千石4-46-10
TEL (03)3941-3131 (代), -3132, -3133 (営業部直通)
https://www.coronasha.co.jp FAX (03)3941-3137
E-mail eigyo@coronasha.co.jp



サイエンス社 近刊・新刊のご案内



コンピュータのしくみ 情報活用能力とは何かを考える

佐藤一郎著 定価1980円

初等教育から始まる情報系の教育改革が進む現代において、教養となる基礎的な部分を、専門家が一般読者向けにやさしく解説。コンピュータのしくみや使われ方の背景となっている考え方に焦点を当てた。



コンピュータで広がる インターネットリテラシ入門

小口正人著 定価1210円

初等教育から始まる情報系の教育改革が進む現代において、教養となる基礎的な部分を、専門家が一般読者向けにやさしく解説。社会生活において不可欠なインターネットの重要性を学ぶことができる。

近刊

計算理論とオートマトン言語理論 [第2版] コンピュータの原理を明かす

丸岡 章著 予価2200円

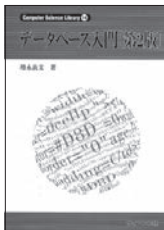
初学者でも分かるよう証明を含め丁寧に記述し、全面的に見直しを行った著者渾身の改訂版。「なるほど、そういうことか」を繰り返し体験して楽しみながら学ぶことができる。章末問題すべてに解答をつけた。



楽しく学ぶ みんなのCプログラミング 基礎からしっかり学ぼう

皆本晃弥著 定価2640円

プログラミング経験のない人を対象とした、基礎からしっかりと学べるC言語の入門書。「分かりやすさ」を優先し、パソコンの基本的な用語やプログラミングをする上でのポイントについても解説。みやすい3色刷。



データベース入門 [第2版]

増永良文著 定価2145円

「ザ・DBテキスト」ともいえるデータベースの入門書。構成は旧版を踏襲しながら、新たにビッグデータとNoSQLについて論じている。加えて、随所に理解を深められる改訂を行い、演習問題を充実させ全てに模範解答をつけた。

数理工学社 新刊のご案内 発売：サイエンス社



数値解析の初歩

C言語と数式処理系 (Maxima, Python) による

行木孝夫著 定価1925円

C言語やJava言語など手続き型の高水準言語によるプログラム作成を学んだ人に好適な入門書。C言語によるプログラムを段階を踏んで提示。Maxima, Pythonも紹介する行き届いた教科・参考書。

Rプログラミングマニュアル [第2版] (電子版)

Rバージョン3対応
間瀬 茂著 定価4620円

*弊社ホームページのみでご注文を承っております。ご注文の際には「電子書籍ご利用のご案内」をご一読頂きますようお願い致します。

〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷1-3-25 TEL 03-5474-8500 FAX 03-5474-8900
ホームページで注文ができます。 <https://www.saiensu.co.jp> *表示価格は全て税込みです。

サイエンス社



PREFACE

巻頭コラム

- 590 Changing the World 城戸淳二

SPECIAL ARTICLE

特別解説

- 592 ■ 暗号資産の現在と将来 岩下直行

お知らせ

特集記事はオンラインのみの掲載となります（本誌には「編集にあたって」「概要」のみ掲載されます）。オンライン記事（電子図書館）の閲覧方法につきましては本誌 603 ページに掲載しておりますのでご確認くださいませようお願いします。

※ Vol.62 No.8 より PDF 版に加えて EPUB 版も掲載開始しました！（特集本編のみ）

SPECIAL FEATURES

特集

観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—

- 598 編集にあたって 中村 哲
600 概要

DIGITAL PRACTICE

デジタルプラクティスコーナー

DX のプラクティス～ニューノーマル時代を生き延びる～

- 604 編集にあたって 境 真良・吉野松樹・藤瀬哲朗
606 概要

教育コーナー：ぺた語義

- 609 ■ 教育 データサイエンスカリキュラム標準（専門教育レベル）の公開について 加藤 浩
610 ■ 教育 大学入学共通テスト「情報」サンプル問題を題材とした研究協議
～令和3年度愛知県高等学校情報教育研究会研究協議を通して～ 高田真弥
614 ■ オンライン授業導入の舞台裏～東京大学のオンライン授業を支えた一教員の視点から～ 吉田 壘

連載：情報の授業をしよう！

- 619 ■ 中学校技術科における双方向通信ネットワークおよび計測・制御の授業実践 草野正義

連載：★ Jr. ビブリオ・トーク—書評—

- 626 ソフトウェア工学から学ぶ機械学習の品質問題 石井一夫

連載：★ 5分で分かる!? 有名論文ナメ読み

- 628 Simeone, A.: Substitutional Reality: Using the Physical Environment to Design Virtual Reality Experiences
高嶋和毅

632 連載：★ 先生、質問です！

会議レポート

- 634 ACM CHI 2021 会議報告 (2) 小山裕己

《記号の説明》

■ 基礎 ■ 専門家向け
■ 応用 ■ 一般（非専門家）向け ★ Jr. ジュニア会員向け
 ※各記事に指標がついていますので参考にさせていただきます

情報処理

常時更新中!

「情報処理」オンライン版 目次

https://www.ipsj.or.jp/magazine/contents_m_e.html

※オンラインでのみ掲載している記事の目次を掲載しております (目次から電子図書館の各記事へリンクしております)。



■ Vol.62 No.11

特集：観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—

- e1 1. ポストコロナにおける観光 (安本慶一・中村 哲)
- e6 2. 観光情報のオープンデータ化 (奥野 拓)
- e12 3. UGC を利用した観光資源の発見と推薦 (馬 強)
- e18 4. 参加型観光情報の収集 (藤本まなど)
- e25 5. 人流クラスター解析 (田中宏季・中村 哲)
- e31 6. 観光ナビゲーション (安本慶一)
- e37 7. 観光のための動画キュレーション (諏訪博彦)
- e43 8. 観光とチャットボット—自動 FAQ, 推薦, 行動変容対話— (吉野幸一郎)
- e49 9. 観光客の心理状態推定—観光に対する感情・満足度の定量的な推定に向けて— (松田裕貴)

特別解説

- e55 ネットの誹謗中傷問題は解消するのか?~プロバイダ責任制限法改正と今後の課題~ (小向太郎)
- e62 大学入学共通テスト実施大綱の予告に関する本会の意見について (萩谷昌己)

報告

- e67 未踏の第27期スーパークリエータたち (竹内郁雄)

トピックス

- e154 2020年度研究会推薦博士論文速報 (e154~CS領域/e240~IE領域/e304~MI領域)

デジタルプラクティスコーナー：DXのプラクティス~ニューノーマル時代を生き延びる~

- 1. [解説論文] DX先進企業から見るDXの現在地, 構造, 方向 (三部良太・林 航平・河野太基・鎌田高輝)
- 2. [招待論文] 急激な環境変化に対応する「DX時代のイノベーション創出プログラム」—リコグループのアクセラレータプログラム TRIBUS (トライバス)— (小笠原広大・大越球美・森久泰二郎・西脇祐介)
- 3. [招待論文] 顔認証とDigital IDを活用したサービス社会の実現に向けて (太田知秀)
- 4. [招待論文] 事例から見るRPA導入の課題とその解決 (三浦盛生・鈴木 岳)
- 5. インタビュー：DXのプラクティス~ニューノーマル時代を生き延びる~ (インタビュイー：境 真良・三部良太 インタビュアー：吉野松樹・藤瀬哲朗) グロッサリ

提携団体推薦論文

- [ユニシス研究会] 新しい生活様式に適したセキュアなリッチクライアントの実装~Windows10およびMicrosoft365の標準機能の活用事例~ (樋口将公)
- [日立ITユーザ会] 建設現場のデジタルシフト~IoTデータの収集から活用に至るプロセスの構築~ (天沼徹太郎・小山尚晃・角川友隆)

「情報処理」note

<https://note.com/ipsj>

※人気記事や最新記事のチラ見せ, 無料で読める記事などさまざまなコンテンツを公開していきます。



- 603 【ご案内】会誌「情報処理」のオンライン記事について
- 631 論文誌ジャーナル掲載論文リスト/論文誌トランザクション掲載論文リスト/デジタルプラクティス論文リスト
- 637 会員の広場
- 640 人材募集
- 641 会告

- 642 [重要] 過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について/IPSJカレンダー
- 645 英文目次
- 646 編集室/次号予定目次/アンケート
- 647 掲載広告カタログ・資料請求用紙
- 648 賛助会員のご紹介

■会誌編集委員会

編集長：稲見 昌彦
副編集長：大山 恵弘・加藤 由花・中田真城子
担当理事：井上 創造・高橋 尚子
本号エディタ：
五十嵐悠紀・伊藤 将志・井手 広康・稲垣 俊介・上松恵理子・
江渡浩一郎・大石 康智・大島 浩太・太田 智美・折田 明子・
桂井麻里衣・金子 格・川上 玲・楠 房子・櫻 惇志・
酒井 政裕・清水 佳奈・白井詩沙香・須川 賢洋・関谷 貴之・
袖 美樹子・高木 拓也・中島 一彰・中村 哲・坂東 宏和・
西川 記史・橋本 誠志・福地健太郎・細野 繁・堀井 洋・
水野加寿代・山本ゆうか・湯村 翼

理事からのメッセージ：

https://www.ipsj.or.jp/annai/aboutipsj/rjij_message.html

■情報処理学会事務局本部

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F
Tel(03)3518-8374 (代表) Fax(03)3518-8375
E-mail: soumu@ipsj.or.jp <https://www.ipsj.or.jp/>
郵便振替口座 00150-4-83484
銀行振込 (いずれも普通預金口座)
みずほ銀行虎ノ門支店 1013945
三菱UFJ銀行本店 7636858
名義人：一般社団法人 情報処理学会
名義人カナ：シヤ) ジョウホウシヨリガツカイ

■規格部 情報規格調査会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館308-3
Tel(03)3431-2808 Fax(03)3431-6493
E-mail: standards@itscj.ipsj.or.jp <https://www.itscj-ipsj.jp/>
■支 部 北海道/東北/東海/北陸/関西/中国/四国/九州

電子版
-DIGITAL VER-



Kindle



Fujisan



情報学広場



Changing the World

■ 城戸 淳二



今から32年前の1989年、私は1台のMacintoshコンピュータを背負って、ニューヨークから山形県米沢市にやってきました。5年間の大学院博士課程を終え、新進気鋭の若手研究者として山形大学工学部に着任したわけです。

そのころNECや互換機が研究室では使用されていて、主に一太郎を使ったワープロとして使われていた記憶があります。一方、山形大学初の私のMacは、マウスで操作し、ワープロだけじゃなく、化学構造を描いたり、実験結果をプロットしたりと、まるで未来から来たコンピュータのように学生たちの目には映ったようです。

ある日、学生の1人が報告資料に使いたいのので、実験結果を図にして欲しいとやってきました。チャチャッとマウスを操作して、ものの5分で図を印刷してあげると、小躍りして戻って行きました。その学生が切り貼りして書類を仕上げ、報告会で紹介したときのこと、教授が図を見て一言「コンピュータなんか信用しちゃいかん。図は手で描きなさい」。そのときのことは、今でも忘れられません。

当時、Macintoshは、おしゃれで、使いやすくて、ただ値段が高いことから一部のマニアしか使わない市場占有率も数%しかないコンピュータでした。しかし、Jobsは、いいものは必ず普及すると信じていたのでしょう。私のデスク横のキャビネットに貼ったアップルのステッカーには、こうありました。

Changing the World

One Person at a Time

■ 城戸 淳二
山形大学大学院有機材料システム研究科

1984年早稲田大学工学部応用化学科卒業。1989年Polytechnic University(現ニューヨーク大学 Tandon School of Engineering)博士課程修了。1989年より山形大学。2002年高分子学会賞, 2013年紫綬褒章, 2015年米国情報ディスプレイ学会 K.F.Braun 賞, 2021年日本化学会賞, 藤原科学財団藤原賞受賞。



私は高分子化学を学び、特に機能性有機材料、高分子材料の研究を行ってきました。電気を流したり、光ったりする有機材料を使って、有機EL素子の研究を始めたのが、そのころです。

当初、有機薄膜に電気を流すと、発光するものの、ぼんやり程度の明るさで、寿命も3分と持ちませんでした。口の悪い先輩には、有機ELは研究としては面白いけど、実用化なんて無理だから、と何度バカにされたか分かりません。なぜなら、有機半導体はすでにコピー機のドラムに用いられており、その劣化特性から見積もると、電流駆動型の有機ELでは実用的な明るさだと理論上数分と持たないからです。

しかし、有機ELの分野では大学や企業の若手研究者を中心に、そのような逆風もどこ吹く風、有機ELで世界を変えようと、液晶やプラズマディスプレイの研究者らの白い目にも耐えながら、劣化原因を明らかにし、新規な高性能有機分子の設計から合成、長寿命素子構造の開発など、とにかく有機物が電気で光る、ことが面白くて楽しくて、研究開発を続けました。その努力が実り、スマホやタブレット、折り畳めるノートパソコンや大型テレビの画面にも使われ、テレビコマーシャルでも見るようになりました。

32年前とは生活環境も一変し、有機ELに対する期待も高まっています。今は、印刷技術で有機EL壁紙を安く製造して、自宅やオフィスの壁を高精細ディスプレイにして、人と人々がFace-to-Faceの等身大コミュニケーションをいつでも誰とでもとれるような世界にしたいと思っています。

Changing the World

One Molecule at a Time

暗号資産の現在と将来



岩下直行 | 京都大学

最近の暗号資産の値上がりの背景には、暗号資産が将来、伝統的金融機関の提供する決済サービスにとって代わるのではないかと、という期待があるように思われる。暗号資産への注目の高まりを反映して、各国では中央銀行デジタル通貨の発行が検討されており、いくつかの国では実際に試行が始まった。しかし、暗号資産は既存の金融機関を代替するものではなく、脱税や犯罪収益の移転、テロ資金供与のリスクも考えれば、その無制限な発展が今後も放置されるとは考えにくい。本稿では、さまざまな視点から暗号資産の現在と将来について検討し、そのインパクトについて解説する。

ビットコインの誕生

暗号資産の歴史は、2008年にナカモト・サトシを名乗る正体不明の人物が2008年にビットコイン論文¹⁾を公表し、2009年に最初のバージョンを公開したのを嚆矢とする。それは、インターネット上で利用可能な電子現金を作ろうという野心的な実験であった。

ビットコインは、電子情報に公開鍵暗号技術によるデジタル署名を付与して権利者の意思を確認しながら、インターネット上での個人間での匿名送金を実現しようというプロジェクトだった。「センター

を持たない」システムが、どこからも支援を受けず、長年稼働し続けてきた。

このようなビットコインの技術的な構造は、情報技術に詳しい人間には特に魅力的に感じられたのだろう。開発された当初2～3年間は、一般の人々から注目されることはなかったが、パソコンマニア (geek) の間のちょっと知的なお遊びとして、ひっそりと実験が続けられていた。

ビットコインの誕生以前から、電子現金という構想も、それを実現するための技術は存在していた。たとえば、1992年に誕生したSurety社の「Digital Notary」は、ハッシュ値を連鎖させることで電子的なタイムスタンプ性を実現するサービスである。また、1994年に誕生したDigiCash社の「ecash」は、「blind signature」という暗号技術を使い、取引の匿名性を実現した closed-loop 型の電子現金である。また、我が国でも、1996年に、日本銀行とNTTの共同実験により、デジタル署名のチェーンにより転々流通可能な電子現金が開発され、実際に銀行が発行する円建ての電子現金として実証実験が進められた。

つまり、ビットコインの誕生前から、「乱数とデジタル署名を用いた電子現金」「分割可能性、open-loop 性、匿名性の付与」「ハッシュ関数や署名の連鎖による改竄防止」について、さまざまな技術が考

案され実装されていたのだ。

しかし1990年代から2000年代にかけては、電子現金が広く普及することはなかった。ecashを発行していたDigicash社は、1998年に倒産してしまった。これに対して、ビットコインが「成功」したのはなぜだろうか。

ビットコインが開発された2008～2009年頃になると、CPU、ストレージ、通信のコストが大きく低下しており、個人が趣味でボランティアとして参加するプロジェクトにおいて、十分強力なコンピュータ・リソースが利用可能となっていた。また、オープンソースの文化が普及していたから、利用者自身がソースコードや取引履歴を検証することで、一定の信頼性を確保することができた。こうした環境において、競争的マイニングという手法を導入することで、システム維持費用の「自給自足」が可能な仕組みを構築できたことが、現在の「成功」の一因と考えられる。

誰も責任を持ってシステムを維持管理しているわけではないが、開発されてから12年間以上、ほぼ安定して稼働を続けている。こうした実績が積み重なることで、徐々に信頼を勝ち得て、無価値であったビットコインを法定通貨と交換する相場が形成され、徐々に価値のあるものとして取引されるようになったのである。

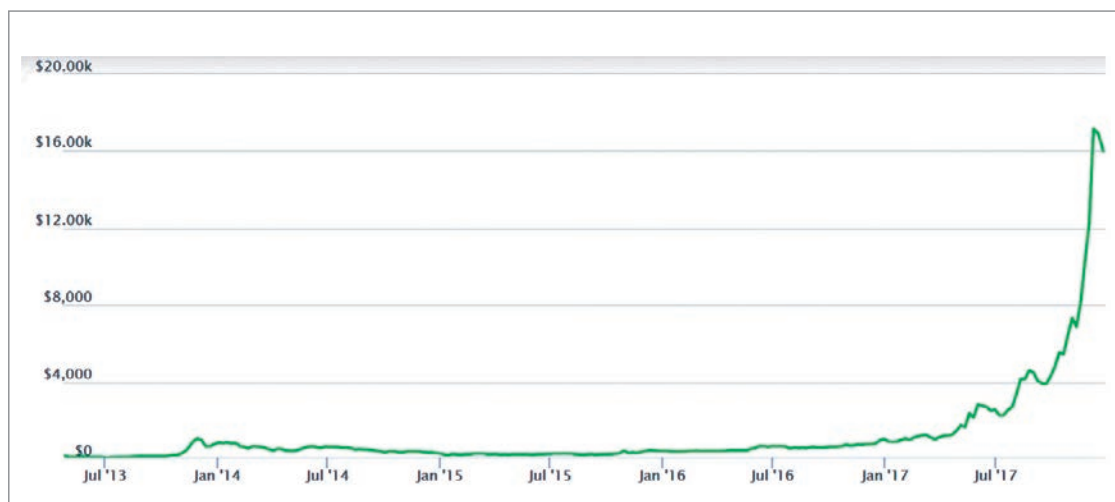
ビットコインの相場推移 (1) ICOブームを受けた2017年の高騰

ビットコインが実用性のある投資対象として初めて認識されたきっかけは、2013年3月のキプロス危機であった。キプロスで金融危機が発生し、キプロスから資金を海外に移動させる手段としてビットコインが送金に利用された。とはいえ、当時の相場は200ドル程度にすぎなかった。

ビットコインが大きな注目を集めたのは、2017年であろう。年初は1,000ドル程度で推移していたが、2017年12月の最高値は20,000ドルと20倍近い値上がりとなった(図-1)。

2017年のビットコインの大相場をどう理解すればいいのだろうか。暗号資産市場全体に占めるビットコインのシェアは、85%から40%弱へと半減した(図-2)。

暗号資産の2017年の相場高騰の原動力は、ICO(Initial Coin Offering)であったと考えられている。ICOとは、「企業等が電子的にトークン(証券)を発行して、公衆から資金調達を行う行為の総称²⁾」である。世界中で行われたICOは、2017年に6.6億ドル、2018年には21.6億ドルに拡大した。ICOが増えると、イーサリアムの需要が増え、相場が上昇する。その結果、ICOの発行が急増した2017年



■図-1
ビットコインの
価格の推移
(2013～2017年)

5月を起点にICO発行額とイーサリアムの相場が急騰することになったと考えられる(図-3)。

ビットコインとイーサリアムが値上がりすると、それ以外の暗号資産も値上がり期待されることになる。それまでほぼ無価値であった多くの暗号資産が、一斉に値上がりを始めたのが、同じく2017年5月であった。株式相場が上昇基調にあるときの、「低位株の循環物色」のような現象が発生したのだ。これが、2017年にアルトコインが高騰したメカニズムであり、それがビットコインの相場も引き上げ

たとえられる。

ビットコインの相場推移(2) コロナ環境下における再高騰

ビットコインの相場は、2018年の暴落後の「ビットコインの冬」の時期を経て、しばらく低迷するが、2019年には1万ドル前後の相場を取り戻していた。その後、2020年3月のコロナショックで一時的に5,000ドルにまで下落するが、その後再高騰し、

2021年4月には既往ピークの6万4千ドルを記録した(図-4)。

ビットコインはなぜ再び値上がりしたのだろうか。2020年に、ビットコインへの投資家行動が、それ以前と比べて大きく変化したとは考えにくい。かつては、「未来のお金」と囃されたものの、実際には通貨としては利用できないものであることは広く知れ渡ってしまった。投資家の顔ぶれを見ても、海外ではプライベート・エクイティなどのファンド筋が投資していると言われているが、伝統的な金融機関や大手の機関投資家は、引き続き暗号資産への投資を見送っている。暗号資産に投資しているのはセミプロを含む個人投資家が主体であることは変わらない。

2020年の後半から異様な伸びを示している計数が存在する。分散型金融(Decentralized Finance: DeFi)と呼ばれる新しいスタイルの暗号資産の取引が活発化しており、暗号資産の売買や貸借の仲介、ステーブルコインの発行等が行われている。といって

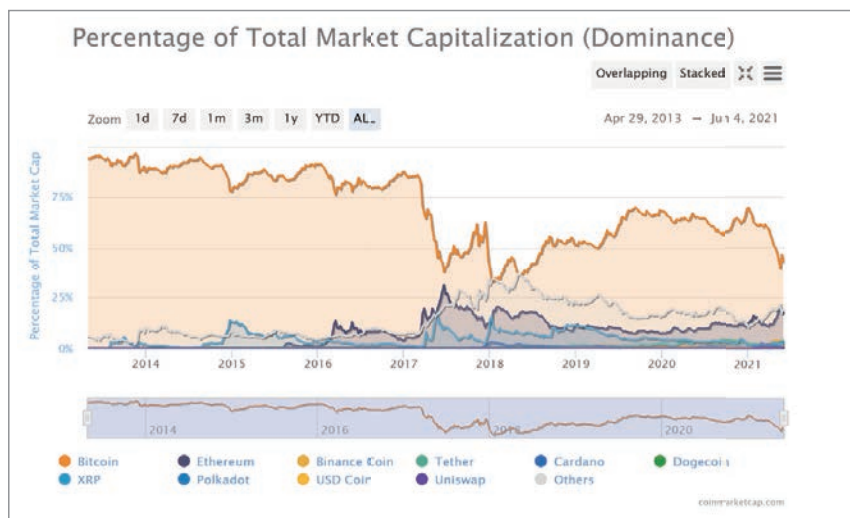


図-2 暗号資産の種類別流通総額の構成比の推移(2013~2021年)

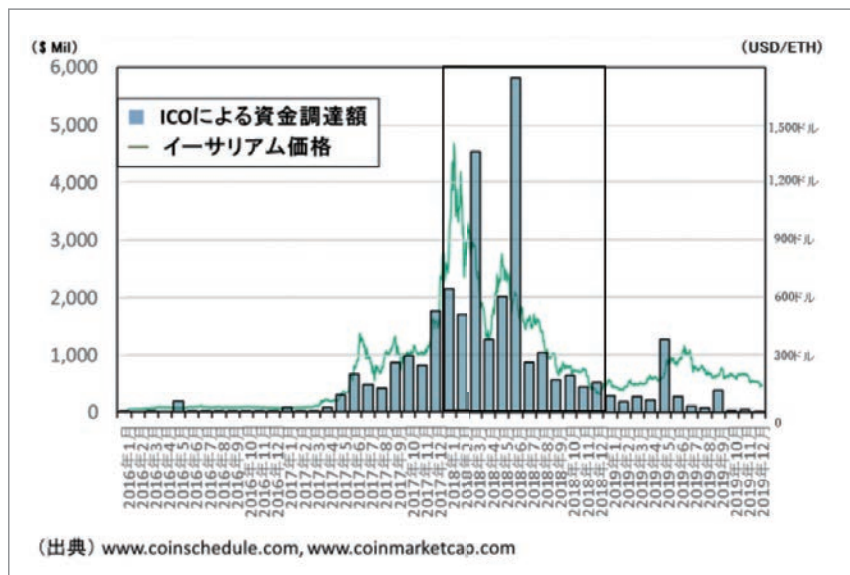


図-3 ICOによる資金調達額とイーサリアム価格の推移

も、これらの取引はスマートコントラクトによって実行され、暗号資産のエコシステムの中で、自律的に作動していると説明される。そして、これらの取引のために利用される DeFi トークンと呼ばれる暗号資産の流通残高が急拡大している (図-5)。

ICO は 2017 年から 2019 年にかけて、300 ～ 400 億ドルを調達したと言われていたが、DeFi トークンの流通総額はわずか数カ月で 1,500 億ドルに達しているから、その規模はすでに ICO を凌駕している可能性が高い。DeFi トークンはきわめて短期間に普及し値上がりしたため実態が十分に知られていないが、今後の展開を注視する必要があるだろう。

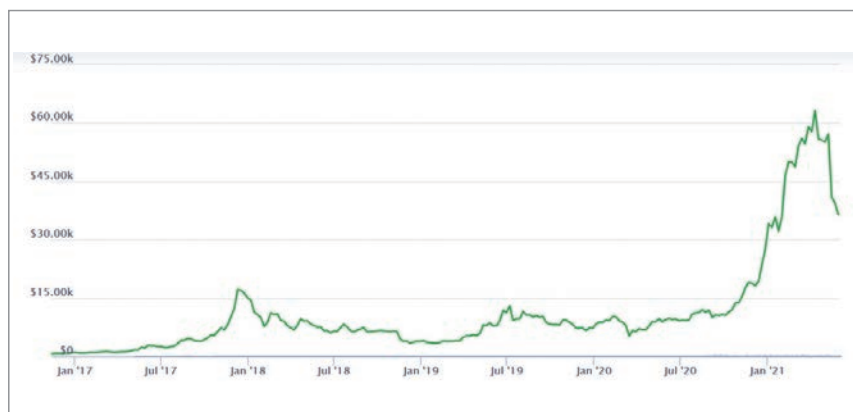


図-4 ビットコインの価格の推移 (2017～21年)

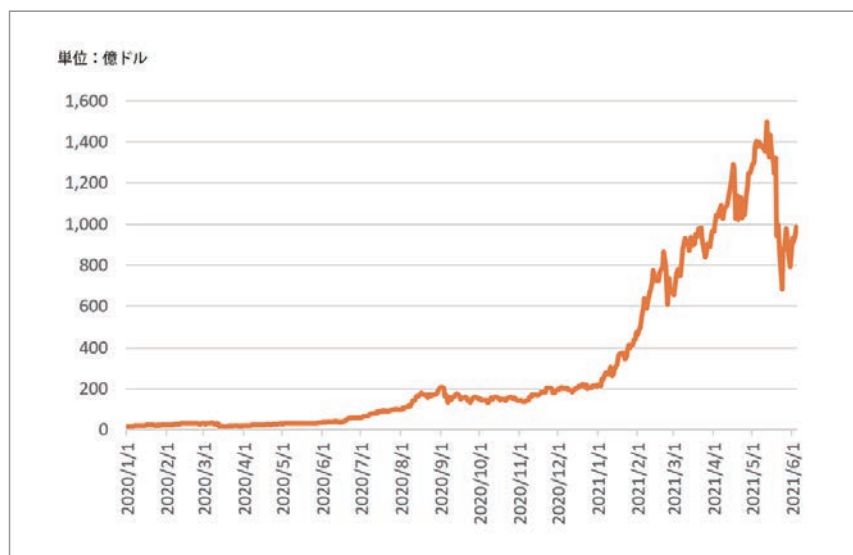


図-5 DeFi トークンの流通総額の推移 (2020～2021年)
(データ) Top 100 DeFi Coins by Market Capitalization (<https://www.coingecko.com/>)

暗号資産に対する伝統的な金融業界の受け止め方

暗号資産に対する伝統的な金融業界の人間、たとえば銀行員や証券マンなどの反応は、概して冷淡であることが多い。以下では、その背景について考えてみよう。

ビットコインが誕生してから、その価格がどのように生成されるのかについては、さまざまな言説が見られる。基本的に暗号資産を伝統的な金融商品である株式や公社債と類似のものだと位置付けるならば、価格は資産が稼ぎ出す将来の収益の総和に等しいというのが基本的な考え方になる。

これをファンダメンタル価格と言う。もちろん実際の金融商品の価格はファンダメンタル価格の通りに変動するわけではなく、そこから大きく乖離することはしばしばあるが、考え方のスタートラインとしては、金融資産は将来生み出すキャッシュフローによってその価値が決定するというのが基本となる。

この点、ビットコインをはじめとする暗号資産は、その仕組みとしては所有者に何の利益ももたらさない。満期に償還されるわけでもなく、配当が支払われるわけでもない。このような資産は、基本的には、ファンダメンタル価格を計算することはできない。すなわち、理論価格はゼロということになる。ビットコインの価格が大きく高騰していることに多くの金融人はとまどいながらも、「一時的なバブル現象であり、その価格は早晩また低くなる」と考えるのが

支配的であるように思う。

金融当局の人間や株式市場、為替市場のコメンテータが暗号資産について語ることはきわめて稀だが、何かの拍子に暗号資産について語らなければならないときには、苦笑を浮かべて突き放したようなコメントをすることが多い。ファンダメンタル価値の存在しない資産が一部の投資家によって高値で取引されていることに、金融のプロとして呆れた表情をすることが、1つのお作法になっているかのようである。

とはいえ、最近の暗号資産の急激な高騰や暗号資産の流通総額が200兆円を超える大きな存在になってきた結果、金融人の態度も変化しつつある。株式や債券の価格も、ファンダメンタル価格からの乖離が常態化する現象が観察される。人々がそこに何らかの価値を見出している以上、暗号資産の価格が高騰するメカニズムを分析していく必要があるだろう。

暗号資産の価格が高騰するメカニズム

金融商品と類似のものと考えれば理論価格が計算できない暗号資産が、一定の価格がついて人々の間で交換されているのは、暗号資産が金融商品とは異なる特徴を持つからである。暗号資産の取引の実態はすべてが明らかにされているわけではないが、いくつかの仮説を考えることは可能である。

最も基本的な仮説は、暗号資産が持っている匿名取引の特徴を利用した犯罪目的での利用価値があるということである。2013年のキプロス危機において国際送金が可能になったということがビットコインの相場を大きく引き上げたことは有名であるが、同じく2013年に米国で摘発されたシルクロード事件³⁾においても、ビットコインがさまざまな武器や麻薬の取引の決済手段として利用されていたことが知られている。現在でも、国際的な麻薬取引やマネーロンダリング事件の報道において、暗号資産が使用されたと報じられることは多い。ランサムウェ

アでビットコインが要求される事件も頻発している。暗号資産が犯罪者にとっての便利なツールになっていることは否定できない。こうした利用価値があるのであれば、プラスの価格が付くことも理解できる。

しかし、もし暗号資産の利用価値がそうした犯罪目的だけなのならば、暗号資産がここまで公のものとなり、多くの投資家に投資されているのも不思議である。暗号資産の犯罪利用を規制する動きは世界各国で強化されつつあり、犯罪者にとって利用しにくくするための努力が続けられている。そうした努力が有効であり、犯罪目的が唯一の利用目的であるならば、暗号資産の相場が高騰していることは矛盾する。

もう1つの仮説は、暗号資産には、犯罪行為以外にも、インターネット上で経済活動を行う際に有用な利用価値があり、新たなビジネスを生み出し、社会の効率化や高度化に寄与するというものである。新たなプロジェクトによって暗号資産の有用性が高まれば、暗号資産の価格の上昇を何某か正当化できるかもしれない。

とはいえ、これまでのところ、暗号資産が生み出す新たなビジネスについての事例は限られている。存在するプロジェクトも、暗号資産が高値で取引されることを出発点として、新たな暗号資産を次々に生み出すようなものが多い。ビットコインには発行上限額が存在し、マイニングで新規に生成されるビットコインは4年ごとに半分に減少するという希少性の源泉であったはずなのだが、ビットコインから派生した新たなコインやトークンの類が次から次へと生み出され、ビットコインと似たような値動きをする新たな暗号資産が増えているというのは、果たしてビットコインの理念と整合的なのだろうか。

また、そうしたプロジェクトは概して短命であり、試行錯誤の連続のように見える。もとより、新たな産業を生み出すイノベーションのためには、失敗はつきものだ。しかし、暗号資産関連のプロジェクトは、そもそも金融に近いビジネスであることもあつ

て、プロジェクトを通じて資金調達を行うことが可能である。結果として、多くの一般投資家を巻き込み、失敗すれば損失を与えることになる。通常の産業であれば金融機関を通じて規制を受けて行う資金調達を、規制を受けずに自ら実行できることはよいことなのだが、その分、投資家保護が十分ではないということになる。

結局のところ、取引されている暗号資産の根源的な価値らしきものを遡っていくと、それは暗号資産の取引による値上がり益の期待に帰着するという、自己回帰的な説明になってしまう。確かに暗号資産の相場は急速に上昇したけれど、とはいえ現在でも暗号資産に価値があるということについて納得できている人は少ないと思われる。

だとするとこの暗号資産に基づく新しい金融という考え方は砂上の楼閣であり、ベースとなる暗号資産の価値が本当に存在するのか、それらのものが人々によって維持され得るのかという点については疑義がある状態である。

暗号資産が大きく値上がりしたことによってあたかもその価値が永続するかのような感覚が出始めているけれど、健全な常識に基づく正確な理解と十分な警戒が必要ではないだろうか。

参考文献

- 1) Nakamoto, S. : Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- 2) 金融庁：ICO（Initial Coin Offering）について～利用者及び事業者に対する注意喚起～（2017.10.27）。
- 3) Bearman, J : SILK ROAD: THE UNTOLD STORY (2015). <https://www.wired.com/2015/05/silk-road-untold-story/>

(2021年5月19日受付)
(2021年7月29日note公開)

■岩下直行 iwashita.naoyuki.7e@kyoto-u.ac.jp

1984年、慶大経卒業、日銀入行。情報技術研究センター長、下関支店長、金融高度化センター長、FinTechセンター長を歴任。2017年、日銀を退職。京大教授に就任。金融庁参与および内閣府規制改革推進会議委員を兼務。





特集

観光情報学

—スマートツーリズムに向けた研究動向—



編集にあたって

中村 哲 | 理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム / 奈良先端科学技術大学院大学

2020年コロナ禍の発生により世の中が一変する前までは、インバウンドツーリズムが大きく伸び、消費額も約5兆円と地域振興のための大きな産業の柱としてフォーカスされた。政府目標では2020年度4,000万人、2030年度6,000万人の訪日外国人数を目指していた。ところが、2020年からのコロナ禍は世界的に人の移動、接触を厳しく抑制し、特に訪日外国人の数は大きく減少している現状である。しかし、コロナ禍の状況であってもツーリズムへの欲求は依然大きい。このような時代にこそ、新たな情報技術を活用したスマートツーリズムが必要と思われる。

スマートツーリズムを考える際には3種類の利用者がいると考えている。

第1の利用者は、旅行者である。旅行者の目的に適った観光地、訪問地をいかに効率的に探し出し訪問するかという課題である。旅行者はスマートフォンのいろいろなアプリを使って、人気のある観光地やレストランを見つけ、他の旅行者のレビューコメントを見て訪問するかどうかを決める。ただ、人によって興味対象も異なり、季節、天気、時刻でも状況は変わるため、正確な情報を得ているとはいえない。

第2の利用者は、旅行者にサービスや商品を提供するサービスプロバイダである。これには、移動サー

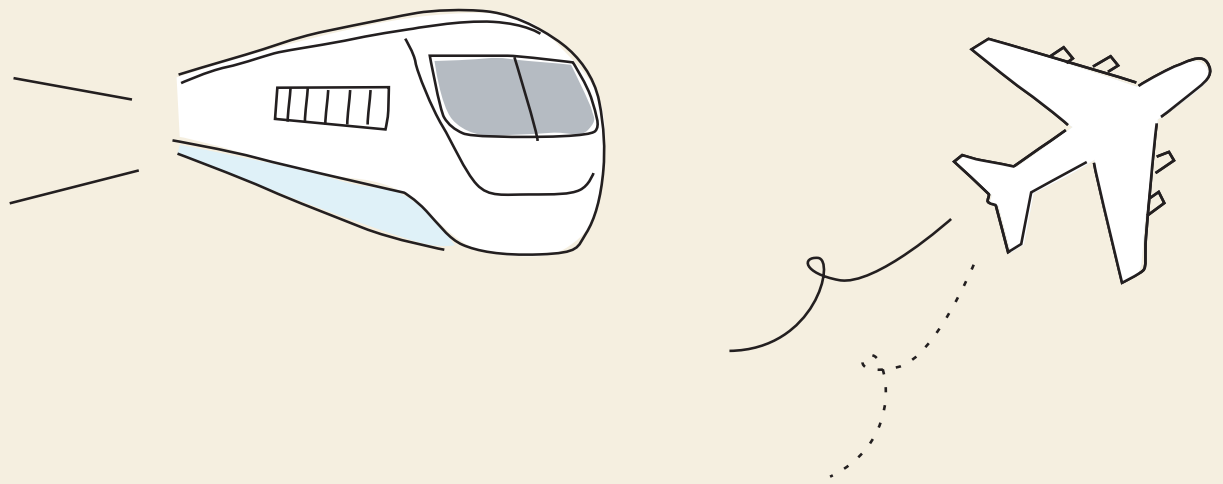
ビス、宿泊サービス、食事サービス、土産品サービス等の提供者が含まれる。旅行者の属性だけでなく興味・関心や感情・満足度を知ることで適切なサービス提供が可能となる。

第3の利用者は、地方自治体である。コロナ禍前は旅行者の数が許容範囲を超え、オーバーツーリズムという状況を発生させていた。有名観光地に集中する旅行者を分散させ渋滞を緩和させること、さらに、十分知られていない観光地や体験型施設に旅行者を誘導するなどの一種の行動変容が重要な課題となる。

そして、この3種類の利用者のために、観光ビッグデータをどのように蓄積するか、共有化するか、そのための観光ビッグデータのプラットフォーム、プライバシーを保護しつつデータを共有する仕組み、これらの観光ビッグデータを分析、可視化、自動処理する仕組みが求められている。

一方、観光庁の資料^{☆1}によると、コロナ禍の発生にもかかわらず、2030年の訪日外国人数の目標値は6,000万人を目指すと記載されている。今後のウィズコロナ、ポストコロナ時代に再び訪日外国人を増加

^{☆1} 「観光庁 観光ビジョン実現プログラム 2020」,
https://www.mlit.go.jp/kankochu/news02_000419.html



させる、そして国内の旅行を回復させる施策が次々に実施されるのであろうと予想される。

ところで、コロナ禍はリモート作業環境を強制的に導入させた。我々の多くの会議はリモートのWeb会議システムで行われ、多くの仕事が在宅でできるようになった。これは、ツーリズムでも同様で、VR/ARやWeb会議システムを使った実際に訪問しないツーリズムが現実味を帯びてきた。加えて、ポストコロナ時代の旅行の中心になるのはデジタルネイティブの世代ともいわれていてスマートツーリズムが大きな役割を果たす可能性が大きい。ということで、コロナ禍はスマートツーリズムを加速するトリガーになっており新たな時代の観光には不可欠な技術になりつつある。

本特集では、先に述べた3種類の利用者を考慮しつつ、基盤技術となる、データの収集、データの活用、ユーザからのフィードバックに焦点をあて、観光データの収集、人流解析、行動変容を伴う観光推薦、サマリー動画生成、観光チャットボット、観光推薦評価について解説していただくこととした。

まず、第1章「ポストコロナにおける観光」において、観光の現状とスマートツーリズムに関して、安本慶一氏と著者が述べる。

第2章以降ではスマートツーリズムに必要な技術について述べる。まず、第2章では、観光オープンデータの推進と利用を進めている奥野拓氏より「観光情報のオープンデータ化」について述べる。

観光情報の収集という観点から、UGM (User Generated Media) を利用した観光情報の研究を進めている馬強氏より「UGCを利用した観光資源の発見と推薦」について第3章で述べ、そして、参加型観光情報の研究を進めている藤本まなと氏より「参加型観光情報の収集」について第4章で述べる。

第5章では、深層学習を用いた人流クラスタリングの研究を進めている田中宏季氏と著者より「人流クラスタリング解析」について述べる。人流のクラスと属性が分かれば、第2、第3の利用者に適切な情報を提供できる。

ナビゲーションとキュレーションという観点から、観光ナビゲーションの研究を進めている安本慶一氏より「観光ナビゲーション」について第6章で述べ、観光の事前、事後サマリー動画の生成の研究を進めている諏訪博彦氏より「観光のための動画キュレーション」について第7章に述べる。

観光客へのインタラクション、観光推薦の評価という観点から、対話システムの研究を進めている吉野幸一郎氏より「観光チャットボット—自動FAQ, 推薦, 行動変容対話—」について第8章で述べ、第9章では、旅行者の満足度推定、観光推薦の評価の研究を進めている松田裕貴氏より「観光客の心理状態推定—観光に対する感情・満足度の定量的な推定に向けて—」について述べる。

(2021年7月30日)

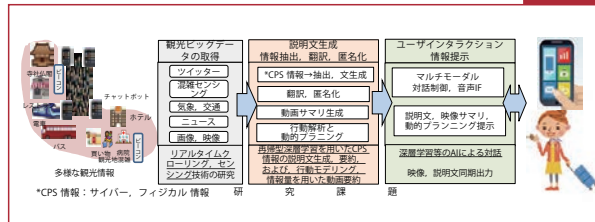


1 ポストコロナにおける観光

安本慶一
中村 哲

理化学研究所革新知能統合研究センター（AIP）観光情報解析チーム／
奈良先端科学技術大学院大学

スマートツーリズムは、ICT 技術を駆使して、観光地のコンテンツ・状況、訪問者の体験、さらにはビジネスプロセスまでもデジタル化・共有し、新たな価値を関係者の共創により創出することを目指している。理化学研究所革新知能統合研究センター（AIP）観光情報解析チームでは、サイバーフィジカルシステム（CPS）技術と AI 技術を用いてスマートツーリズムを実現する種々の研究を進めている。このうち、人流解析技術と人流誘導技術を概説する。



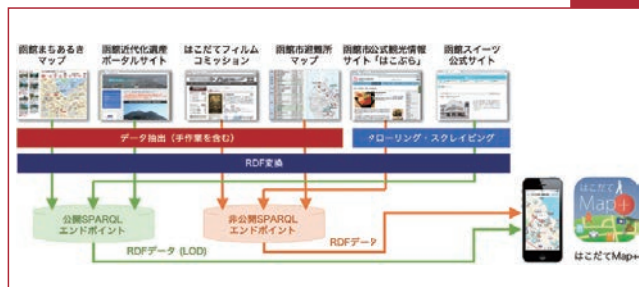
応
般

2 観光情報のオープンデータ化

奥野 拓

公立はこだて未来大学

着地型の観光情報を活用するための手段の1つとして、自治体などが保有する観光情報のオープンデータ化がある。その推進には、アプリケーションによる有効性の実証が重要である。本稿では、PBLによる地域観光情報のオープンデータ化と観光アプリ「はこだて Map+」の開発の事例、および、地域の学芸員団体との連携によるオープンデータ化を前提とした文化財アーカイブ「南北海道の文化財」の事例について紹介する。



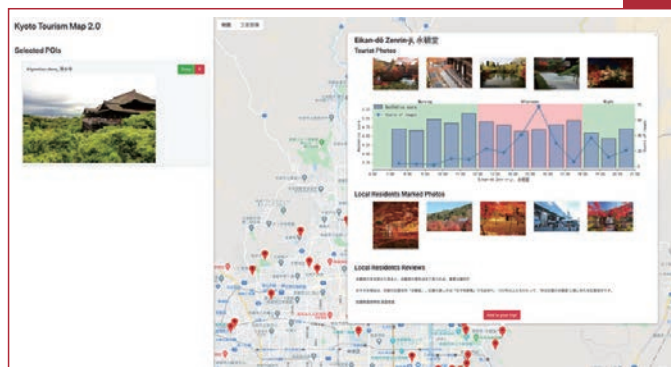
応
般

3 UGC を利用した観光資源の発見と推薦

馬 強

京都大学大学院情報学研究科

ブログや SNS など公開されているユーザー生成コンテンツを対象に、観光に関する集合知のマイニングおよび観光集合知を用いた観光支援を、ユーザ視点の観光地図、観光スポットと観光ルートの推薦・プランニングの技術を中心に、「どんなところなの?」と「どこへどうやって行けばいいの?」の2つの観点から、説明する。



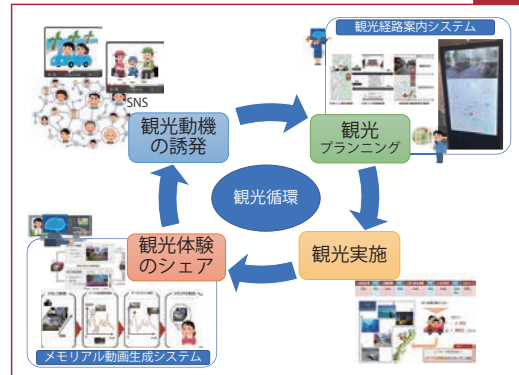
応
般

7 観光のための動画キュレーション

応
般

諏訪博彦 | 理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム/奈良先端科学技術大学院大学

観光は多様化しており、観光客は多くの選択肢の中から自分が気に入った観光プランを見つけなければならない。それをサポートするのが観光動画キュレーションである。キュレーションとは、キュレーターと呼ばれる情報の編纂者（人またはシステム）がさまざまな情報を独自の判断で収集・整理し、新しい価値を持たせて共有する仕組みである。本稿では、観光経路案内システムとメモリアル動画生成システムについて紹介する。

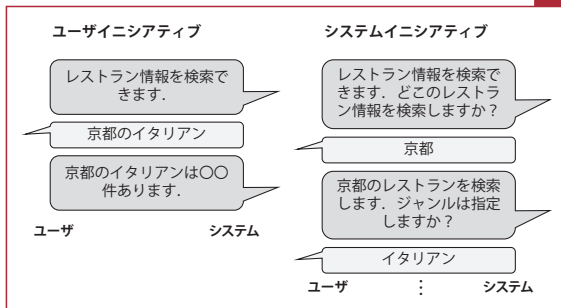


8 観光とチャットボット —自動 FAQ, 推薦, 行動変容対話—

応
般

吉野幸一郎 | 理化学研究所 情報統合本部 ガーディアンロボットプロジェクト (GRP)

自然言語を入力として対話的に情報を得るチャットボットはさまざまな場面で利用されるようになっており、観光情報案内においても利用の検討がなされている。観光情報案内においては、ユーザの意図要求が明確な場合、不明確な場合に合わせたチャットボットの振る舞いが必要である。また、対話を通じた行動変容の促しによってユーザの観光体験をより良いものにできる可能性があり、これらの可能性と問題点についても議論する。

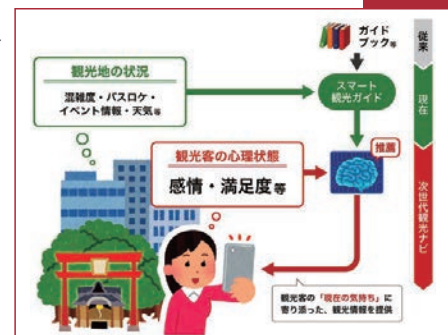


9 観光客の心理状態推定 —観光に対する感情・満足度の定量的な推定に向けて—

応
般

松田裕貴 | 理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム/奈良先端科学技術大学院大学/JST さきがけ

スマートツーリズムでより個人に合わせた観光支援を実現するためには、観光客の満足度や感情、興味関心といった心理状態を認識し、提供する情報を調整することが重要となる。また、観光の評価はこれまでユーザレビューやアンケートが主流であったが、今後はより多様な人からの評価やオンサイトでの評価が求められる。本稿では、センシングに基づく観光客の心理状態推定について紹介し、その活用可能性について展望を示す。



[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

1 ポストコロナにおける観光

応
般

安本慶一 中村 哲

理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム/
奈良先端科学技術大学院大学

ポストコロナ観光の課題

観光の現状

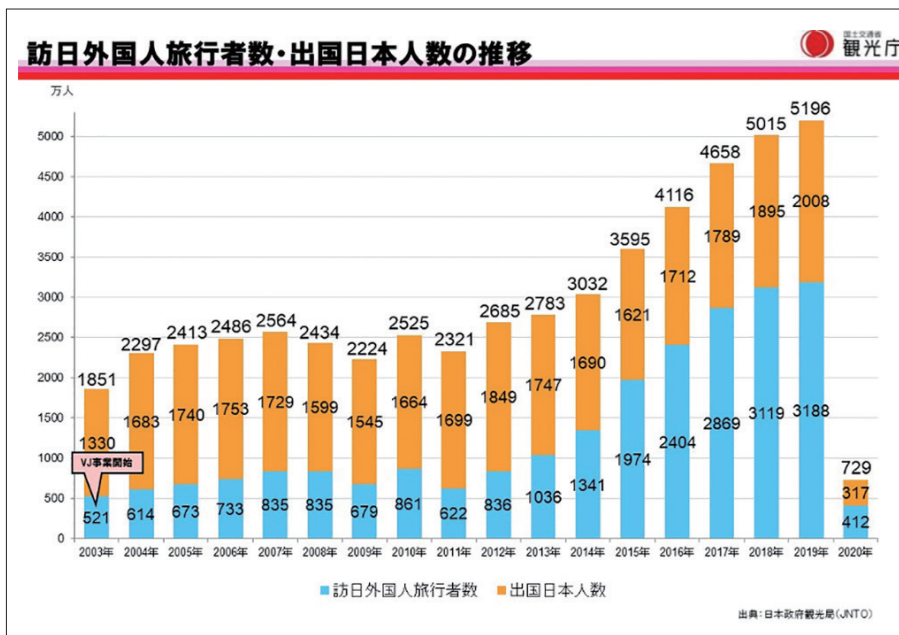
2019年まで右肩上がりに増加していた訪日外国人旅行者数・出国日本人数は、2020年以降コロナ禍による行動制限により激減した(図-1)。これにより、国内外の観光業および関連産業は計りしれないダメージを受けている。

一方で明るい兆しも見え始めている。最近になって、世界中で新型コロナウイルスワクチンの接種割合が上がり、一部の国や地域では行動制限の解除が始まっている。欧州連合(EU)理事会は、EU域内

への観光目的での渡航を認めるEU域外の国のホワイトリスト(新型コロナウイルス感染リスクが低い安全な国)を設定しており、2021年6月には、日本もリストに加わった(その後、日本での感染拡大に伴い9月に除外)^{☆1}。一方、我が国においては、2021年7月現在において、新型コロナウイルスの海外からの感染を防ぐ水際対策による入国制限が継続している。ワクチン接種率の上昇に伴い、早期の訪日観光客の受け入れ再開が期待される。一方で、コロナ禍収束後においても、従来の形態では、観光客が以前のように戻らないことが懸念されており、ポストコロナにおける観光への取り組みが

さまざまに検討されている。

観光庁は、令和3年版観光白書¹⁾において、観光のトレンドの変化についての調査結果を報告している。興味深い点として、滞在型観光、分散型旅行、近場での修学旅行、オンラインツアーといった新たな旅行スタイルが登場していることが挙げられる。有名観光エリアにおいて限られた時間で複数の名所を効率よく訪問する従来の物見遊山型観



■ 図-1 訪日訪日外国人旅行者数・出国日本人数の推移
(国土交通省・観光庁, https://www.mlit.go.jp/kankochu/siryou/toukei/in_out.html)

☆1 <https://www.travelwith.jp/roadtraveler/post-65946/>

特集 Special Feature

光と異なり、滞在型観光では、1つの地域に滞在し、文化や暮らしを体感じじっくり楽しむ。分散型観光は、人数・時期・時間帯・場所を分散することで、いわゆる3密を避けた行動をとり、混雑を回避する。分散型観光は、特定時期の一斉休暇取得・短い宿泊日数といったこれまでの慣習を改めることが必要である。旅行需要を分散すべく、官民一体となって分散型観光の促進キャンペーンが実施されている(図-2)。

修学旅行は、行き先が県内など近場に変更され、地域の歴史などに着目した新たな修学旅行向けコンテンツが造成されている。オンラインツアーは、介護や仕事でリアルでの訪問が難しい人が気軽に参加できるものであり、訪問意欲向上や地域物産品の販売促進に寄与している。

このように、ポストコロナの時代においては、観光のトレンドが変わっていくことが予想され、観光は今後、より多様化し、パーソナライズされ、効率化されていく必要がある。そのためにDX(デジタルトランスフォーメーション)技術の活用が必須であり、観光コンテンツのデジタル化・インタラクティブ化、さらに、観光客の行動変容を促進する技術の登場が求められる。

スマートツーリズム

スマートツーリズムは、高度なICTを活用したサービスを統合することで、新たな観光体験

を創出することを目的としている。Gretzelら²⁾は、スマートツーリズムを支える3つの基本要素として、スマートデスティネーション、スマートエクスペリエンス、スマートビジネスエコシステムを挙げている。スマートデスティネーションとは、「持続的な発展を保証する最先端技術のインフラ上に構築された、誰もがアクセス可能で、訪れた人がインタラクションでき、観光体験の質を高め、住民の生活の質を向上させるような、革新的な観光地」と定義されている。スマートエクスペリエンスは、「テクノロジーを介した観光体験と、パーソナライゼーション、コンテキスト認識、リアルタイム・モニタリングを通じたその強化」のことである。スマートビジネスエコシステムは、「さまざまなステークホルダーがダイナミックに相互接続され、ビジネスプロセスがデジタル化・アジャイル化され、観光資源の交換や観光体験の共創を創造・支援するエコシステム」を指している。

すなわち、ICTのさまざまな技術を駆使して、観光地におけるコンテンツ・状況、訪問者の体験、さらにはビジネスプロセスまでもデジタル化し、リアルタイムに共有し、関係者の共創により新たな価値を創出することが目指されている。

共創を実現するためには、観光地や自治体が提供する情報のオープンデータ化や、観光客自身が観光情報を提供する仕組みである「参加型センシング」、ユーザによって作られるUGC(User Generated Content)の果たす役割は大きい。また、観光客からより深く詳細なデータを収集するためには、チャットボットを介したデータ収集や心理状態推定などの技術も組み合わせて用いることが考えられる。このようにして得られた、よりリッチな観光情報を、異なるステークホルダーの共創によりキュレーションし、その知恵をAI化していくことで、真のスマートツーリズムが達成できると思われる。



■図-2 分散型旅行のキャンペーンロゴ
(<https://goto.jata-net.or.jp/small-travel/>)

ポストコロナ観光における スマートツーリズム

ポストコロナの時代にも、観光のトレンドは時代やさまざまな出来事によりどんどん変化していくと考えられる。変化に適応するためには、ICTを用いて観光にまつわるさまざまなモノや事象をデジタル化し共有するスマートツーリズムの進展が望まれる。本稿では、先に述べた「分散型観光」に注目し、スマートツーリズムに基づくDXにより促進する方法を検討する。

分散型観光では、混雑を避けた観光を行うことが主要な目的の1つである。そのためには、各観光地における時間帯ごとの訪問者数を把握できる技術、混雑を回避しながら行きたい観光地にナビゲーションする技術が求められる。一方で、混雑を避けることによって観光の質が下がってしまう状況は望ましくない。そこで、観光客の観光に対する評価（観光地やナビに対して抱く感情や満足度）をリアルタイムに収集した上で、最適な推薦内容を提案する技術も併せて求められる。

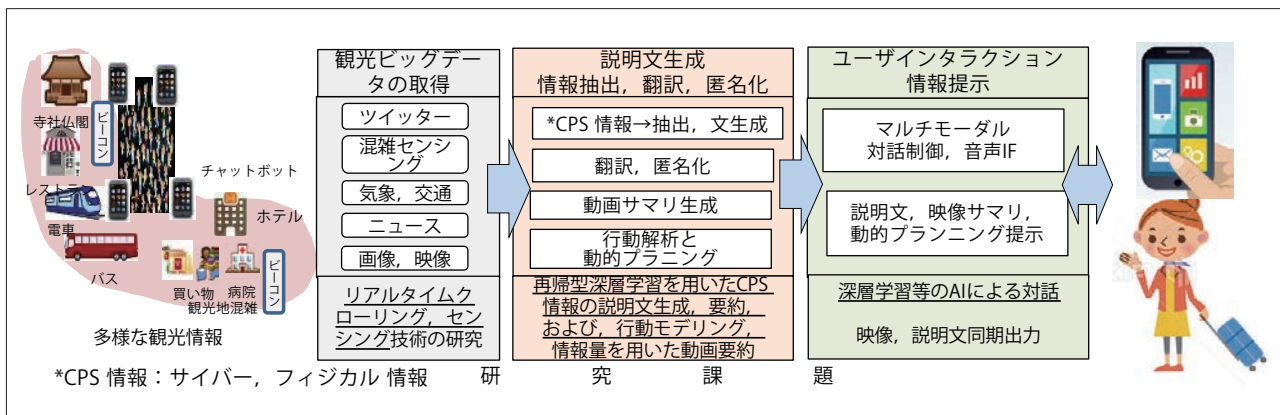
これらの状況を鑑みて、理化学研究所革新情報統合研究センター観光情報解析チームでは、[図-3](#)に示すように、サイバーフィジカルシステム(CPS)技術とAI技術を用いてこれらの課題を解決すべく種々の研究を進めている。具体的には、時系列深

層学習モデルを用いた人流クラスタリング法、センシング情報から深層学習法を用いた説明文自動生成法、スマートフォンアプリによる参加型POI(Point of Interest)情報収集法、観光の事前プランキュレーション動画作成法、思い出動画の自動作成法、体力・時間・予算を考慮した観光ルート動的推薦法、また、推薦システムの評価法、推薦観光情報の種々の評価法などである³⁾。

観光行動の理解

観光においては、どのような旅行者が、いつ、どこに訪問するのかが、旅行者にとっても、現地におけるサービス提供者にとっても、移動や宿泊を提供する業者にとっても、さらにはコロナ禍以前に問題になっていたオーバーツーリズムでもとても重要である。これらの情報を収集する方法としては、自治体や観光客自身が提供してくれるオープンデータ(本特集の第2章)やUGC(第3章)、参加型センシング(第4章)の活用が考えられる。また、観光客全体の移動をマクロ的に把握する方法として、人流解析(第5章)がある。人流解析には、いろいろな計測手段が用いられてきているが、その1つに、スマートフォンのアプリから緯度経度を収集する方法がある。

この方法により収集されたデータは、携帯電話キャリア企業から、ドコモモバイル空間統計、



■ 図-3 理研 AIP 観光情報解析チームの取り組み

KDDI Location Data, Agoop 流動人口データとして、個人情報匿名化し、本人許諾を得た上で提供されている。これらのデータから特定の面積中の利用者数を一定時間ごとに可視化することで、人流の変化が可視化できる。しかし、現状の地点ごとの人の滞在頻度を利用した人流データの可視化では、ユーザの行動ルートとしての解析ができない。人の移動履歴全体を情報として利用する行動ルートの解析ができればさらに詳細な人流解析ができる。

Crivellari⁴⁾らの研究では、自然言語処理分野の技術を適用し、行動近接性という行動そのものの意味的な近さを考慮することで、観光客の行動から得られる訪問した観光地やPOIの分散表現(データの多次元連続空間での表現)を獲得した。また、得られた分散表現と再帰型ニューラルネットワークを用いることで、行動系列間の類似度が計算できることを示した。不定長の行動系列の類似性が定義できれば行動系列のグループ化、属性予測ができる。さらに、行動系列の精密なモデリングができれば、次行動予測、異常行動の検知にも発展できる。これらの情報を活用することで、サービス提供者や地方自治体に適切なサービスの提供が可能となる。

観光客の行動変容

観光客の観光行動を理解した後は、理解に基づく観光客への情報提供により、行動変容を促すことができる。分かりやすい例としては、観光ナビゲーション(第6章)がある。ナビゲーションシステムは、現在地から目的地への最短時間経路等を算出し、画面に地図と現在地、目的地への経路を重畳することで、直観的にユーザを目的地へと誘導する。Google Maps や HONDA internavi, Pioneer SmartLoop は各道路区間の通行実績情報を収集・蓄積することで、目的地への正確なトラベルタイムの予測を可能にしている。また、道路の混雑を赤や橙色で可視化する

ことで「気づき」を与え、人々が混雑を避ける経路を選択するよう行動変容を促す。これら既存のナビシステムは、観光においても、各観光スポットに移動するための支援ツールとして大変有用である。

CT-Planner^{☆2)}は、観光エリア、移動手段(徒歩+電車, ドライブなど)、出発地・出発時刻・観光時間、観光スタイルなどを入力するだけで、複数観光スポットを効率良く訪問する観光プランを算出してくれる。オンサイト観光ナビは、観光客の現在地、観光に対する嗜好、スポットの混雑状況等を考慮し、次に訪問する観光スポットを推薦する⁵⁾。しかし、これらのシステムでは、スポットへの訪問適時性が低かったり(夜景がきれいなスポットを昼間に訪れるなど)、あるスポットを訪問することによってもっと行きたかった別のスポットを訪問する時間がなくなってしまったり、という問題が発生する。そのためには「どこを訪れるのか」という観点だけでなく「いつ訪れるのか」や「どういう順序で訪れるのか」といった時間を考慮した観光推薦や、提示された観光推薦に対する観光客の評価・フィードバックによるアルゴリズムの改良が重要となる。

また、ポストコロナの時代の観光において重要と考えられる分散型観光を実現するためには、システム側がすべての観光客の観光行動を把握または予測し、特定のスポットがある時間帯に混雑してしまわないように、観光客の訪問先を時空間的に分散することが求められる。これを実現するためには、観光スポットの常時モニタリングと混雑の予測、観光客の行動予測、混雑を平準化するための均衡解の算出、均衡解に誘導するための行動変容技術などが求められる。さらに、行動変容の効果を高めるために、観光動画キュレーション(第7章)や観光客と対話するチャットボット(第8章)の導入、観光客の心理的・身体的な状況を把握し(第

☆2 <https://ctplanner.jp/ctp5/>

9章), それに応じて観光行動の変容を促すナッジなども重要である。

スマートツーリズムの動向

スマートツーリズムについては、日本各地で進められているところである。経済産業省が2020年3月にまとめたスマートリゾートハンドブックに、現在適用が試みられている技術、事例、また、鎌倉市や会津若松市の取り組みなどが紹介されている。

筆者の研究チームはけいはんな学研都市に位置していることもあり、京都府、奈良県の2つの自治体のスマートツーリズムに協力している。京都府では、(一社)京都スマートシティ推進協議会を2018年9月に発足させ、データ利用を活用する活動を進めている。この中で、京都ビッグデータ活用プラットフォームという大学・研究機関、企業、観光連盟・観光地域づくり法人(DMO)、行政等の多様なプレーヤが参画する官民プラットフォームを構築し、新たなサービスやアライアンスの創出を支援している。スマートツーリズムは課題別ワーキンググループの1つであり、筆者らは京都府と協力して、嵐山地域の観光のスマート化について、サイネージ、スマートフォンアプリを用いた観光地案内、ルート探索、参加型センシングなどの技術開発を進めてきた。

奈良県においても、奈良県、奈良市観光協会、奈良交通、南都銀行などと協力関係を築きつつ、観光に関するスマート化の種々の試みを同様に行ってきた。観光動画キュレーションで紹介するデジタルサイネージを用いた観光経路案内システムでは、観光地の選定やバス動画の撮影協力、設置場所の選定など、多様な協力を得ている。ほかにも、Bluetooth Low Energy (BLE) を用いたバス車内の混雑度推定実験を奈良交通の協力のもと実施している。

スマートツーリズムといえば、VR/ARを用いた遠隔観光体験を想像するが、ツアープランナ、旅行推薦チャットボット、デジタルサイネージ、参加型情報共有などについても実用が進んでいる。また、観光といえども都市全体でセンシング、データ共有をする必要が出てくるため、スマートシティと同様の技術開発と見なすこともできる。スマートシティも現在多くの施策が行われており、それらの軸になるスマートシティリファレンスアーキテクチャホワイトペーパーが2020年3月に内閣府から公開されている。スマートシティをプラットフォームと考えれば、スマートツーリズムはその1つのアプリケーションと考えることもできる。

参考文献

- 1) 国土交通省観光庁：令和3年版観光白書，https://www.mlit.go.jp/kankocho/news02_000447.html
- 2) Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z. and Koo, C. : Smart Tourism : Foundations and Developments, *Electronic Markets*, 25(3):179-188 (2015).
- 3) 中村 哲，諏訪博彦，須藤克仁，Sakti Sakriani，田中宏季，吉野幸一郎，藤本まなど，松田裕貴，安本慶一：理研 AIP における人流データ解析と行動変容，観光情報学会第21回研究発表会 (Dec. 2020).
- 4) Crivellari, A. and Beinat, E. : From Motion Activity to Geo-Embeddings : Generating and Exploring Vector Representations of Locations, Traces and Visitors through Large-Scale Mobility Data, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol.8 (2019).
- 5) Hidaka, M., Kanaya, Y., Kawanaka, S., Matsuda, Y., Nakamura, Y., Suwa, H. and Yasumoto, K. : On-site Trip Planning Support System Based on Dynamic Information on Tourism Spots, *Smart Cities*, 3(2), 212-231 (2020).

(2021年7月30日受付)

■安本慶一 (正会員) yasumoto@is.naist.jp

理化学研究所革新知能統合研究センター観光情報解析チーム・奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科教授，モバイルコンピューティング，ユビキタスコンピューティングに関する研究に従事。

■中村 哲 (正会員) satoshi.nakamura.vr@riken.jp

ATR，情報通信研究機構などを経て，現在，理化学研究所革新知能統合研究センター観光情報解析チームリーダー，奈良先端大データ駆動型サイエンス創造センター長，教授。観光情報解析，音声言語情報処理の研究に従事。本会業績賞。本会，IEEE，ISCA フェロー。

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

2 観光情報のオープンデータ化

応
般

奥野 拓 公立はこだて未来大学



地域観光情報のオープンデータ化の動向

国内におけるオープンデータ推進の黎明期より、観光に関連する情報が広くオープンデータ化の対象とされてきた。それは、多くの地域において、観光情報の発信が地域活性化の手段として重要であることを反映したものであろう。

オープンデータの大きな推進力であるシビックテックにおいても、市民生活や政治に関するデータと同様に観光データが対象とされてきた。地域の歴史・文化資源を現地や図書館で調査し、ウィキペディアに掲載するウィキペディアタウンや、まち歩きにより地域の情報をオープンライセンスの電子地図 OpenStreetMap に掲載するマッピングパーティなどのワークショップが各地で行われてきている。これらにおいては、地域住民が地域資源を再認識すると同時に、その成果物の多くは観光への活用が意図されている。

また、オープンデータ推進を目的としたコンテストにおいても、観光に関するオープンデータが多数エントリーされている。たとえば、2011年度から毎年開催されているオープンデータの総合コンテストである「LOD チャレンジ」のデータセット部門においては、2020年度までの全エントリーのうち観光に関連する作品が約 1/4 を占めている。

自治体による観光情報のオープンデータ化

自治体によるオープンデータ推進は、鯖江市、横

浜市、流山市などにおいて先進的な取り組みが始められ、その後、主に政府の主導により全国の自治体において地域情報のオープンデータ化が進められてきた。2014年10月には、全国の公共データを集約するデータカタログサイト DATA.GO.JP が正式に運用開始された。また、翌年には「公共クラウドシステム」が運用開始された。このシステムは、自治体の保有するオープンデータを集約し、Web API などにより統一的に提供するプラットフォームである。本システムを利用する Web サービスは見られたものの、広く活用されるには至らず、2020年3月で運用を停止している。活用の阻害要因として、自治体によるデータ数やデータ内容の粗密の差が大きかったこと、データ形式が扱い難いものであったことなどが考えられる¹⁾。

一方、2017年12月に政府より、自治体による公開が推奨されるデータセットと準拠すべきデータ形式などをとりまとめた「推奨データセット」が公開されている。絞り込まれたデータ項目とデータ形式の具体例により、自治体の負荷軽減に配慮したものとなっている。観光に関しては、「観光施設一覧」、「イベント一覧」、が含まれている。2020年末の調査²⁾によると、回答団体数 1,714 に対して、360 団体 (21%) が観光に関するデータセットを公開している。そのうち、199 団体 (55%) が推奨データセットに準拠したデータセットを公開している。今後、推奨データセット準拠のデータセットが増加していくことにより、よりオープンデータの活用が進むことが期待できる。

地域観光オープンデータの活用

倉田らによる 2016 年 8 月の調査によると、Android 端末向けの観光客向けご当地アプリと見なせるものが 852 本確認され、そのうち、オープンデータを使用しているものは 15 本であった³⁾。

政府 CIO ポータルには「オープンデータ 100」として自治体などのオープンデータ活用事例が掲載されている。2021 年 7 月時点で掲載されている全 82 件のうち、観光に関連する事例は、民間が 1 件、自治体などが 5 件である。

市民向けの生活情報や防災情報などと比較して観光向けの活用事例が少数にとどまっている要因として、データセットの多くが飲食店や民間の商業施設を含んでいないこと、データ項目が所在地や営業時間、アクセス方法などの基本情報に限定されていることがある。飲食は観光の重要な要素であり、観光客の興味を惹くには、口コミやレビュー、取材記事など、価値判断を含む情報が有効である。つまり、観光アプリを現状のオープンデータのみから構築するのは現実的ではなく、他の観光コンテンツと相補的に用いるなど、効果的な活用方法を見出していく必要がある。

以降では、地域情報のオープンデータ化と併せてそれらを活用する観光アプリケーションを構築している 2 件の事例を紹介する。

システム開発 PBL を通した地域観光情報のオープンデータ化

公立はこだて未来大学では、PBL 型システム開発演習のテーマの 1 つとして、2012 年度より、着地型観光情報のオープンデータ化と、それらを活用する観光モバイルアプリの開発に取り組んできた。これはソフトウェアエンジニアを目指す学生を対象とした演習であり、サービスの立案から、データホルダへの提案、データモデリング、データセット作成・公開、モバイルアプリの開発・リリース・運用まで

の一連の活動を含む。以降では、このテーマの最初の成果物であり、2019 年度まで開発・運用が継続された「はこだて Map+」の活動について紹介する。

はこだて Map+

はこだて Map+ のコンセプトは「新たな発見があるまち歩きアプリ」である。まち歩きルートを辿る途中で、周辺の観光スポットや人気のあるカフェ、レストランなどを知ることができる。また、周辺がロケ地である映画の情報や、近代化遺産の歴史的エピソードなどを知ることができる。

前述の通り、観光客にとって利便性の高い情報提供をオープンデータのみによって実現することは難しい。そこで、はこだて Map+ では、飲食店情報を含む観光スポットの基本情報と取材記事については、非オープンデータである函館市公式観光情報サイト「はこぶら」のコンテンツを利用し、観光アプリとしての一定の利便性を担保した上で、「+α 情報」を重畳するというアプローチをとっている。最初のリリースでは、オープンデータとして、函館市が配布しているモデル観光ルートマップ「函館まちあるきマップ」、函館工業高等専門学校の PBL 授業で制作された Web サイト「函館近代化遺産ポータルサイト」のコンテンツを用いている。また、非オープンデータとして、映画のロケ地情報を提供する Web サイト「はこだてフィルムコミッション」のコンテンツを用いている。

図-1 に、はこだて Map+ の主要な画面遷移を示す。函館まちあるきマップのまちあるきコース画面(図-1 c)で地図上にマーカとして表示されている観光スポットを選択すると、観光スポット画面(図-1 d)に遷移する。「元町配水場」の場合は、「桜の名所」であるという情報に加えて、映画「Little DJ」などのロケ地であるという情報や、近代化遺産「日本最古の配水池」であるという情報が併記される。また、それぞれの解説画面(図-1 e, g)の「もっと見る」から情報提供元の Web サイトの該

特集
Special Feature

当ページ（図-1 f, h）を閲覧することができる。つまり、このアプリは、既存の観光コンテンツへの新たな接点としても機能する。

次節では、アプリで用いているデータの作成について述べる。

着地型観光コンテンツの RDF データ / LOD 化

本演習では、複数の観光コンテンツをリンクトオープンデータ (LOD) 化し、それらを連係させてアプリのコンテンツとしている。LOD では、RDF 形式のオープンデータを、SPARQL 言語によりデータ取得可能なサーバ (SPARQL エンドポイント) に配置することにより、データの連係利用を実現する。本演習では、アプリにおいてデータを統一的に扱うために、すべての観光コンテンツを RDF 形式のデータセットに変換する。そして、公開 / 非公開の SPARQL エンドポイントに分けて配置する。これらよりアプリが必要な RDF データをオンデマンドで取得することにより、データの更新がリアルタイムにアプリのコンテンツに反映される。

「はこだて Map+」の最初のリリースでは、前節で述べた 4 種類のコンテンツを用いている。2 年目以降の活動において、函館市避難所マップの津波避難所情報 (非オープンデータ) と、函館スイーツ推

進協議会の店舗・商品情報を掲載する「函館スイーツ公式サイト」のコンテンツ (オープンデータ) の RDF データセットを追加している。以上のコンテンツからのデータ生成は具体的には次のように行っている (図-2 参照)。

紙媒体と PDF ファイルのみで提供されている「函館まちあるきマップ」と「函館市避難所マップ」、および、スポット数が少なく更新頻度の低い「はこだてフィルムコミッション」については、抽出したテキストを一部手作業で整形してデータを作成している。一方、「はこぶら」と「函館スイーツ公式サイト」については、スポット数が多く、不定期に更新されるため、定期的なクロール・スクレイピングによりデータを自動抽出している。以上のすべてのデータを、コンテンツの種類に応じて設計した RDF データモデルに従って RDF に変換するスクリプトを用いて RDF データセットを生成する。

演習では、開発したアプリのリリース許諾を得るために、データホルダへの提案プレゼンテーションを行う。その際、地域情報のオープンデータ化の効果についても説明し、オープンデータ化を提案する。LOD 化されているデータセットは、その成果である。一方で、「はこぶら」のような観光スポットの取材記事や、はこだてフィルムコミッションのよう



■図-1 「はこだて Map+」の画面遷移

特集
Special Feature

に他メディアの著作物を含む場合などは、アプリ内での利用許諾にとどまっている。以上述べた通り、地域オープンデータの推進において、コンテンツの二次利用によるメリットを観光アプリとして可視化することの効果は大きい。

地域文化財アーカイブのオープンデータ化

南北海道の文化財

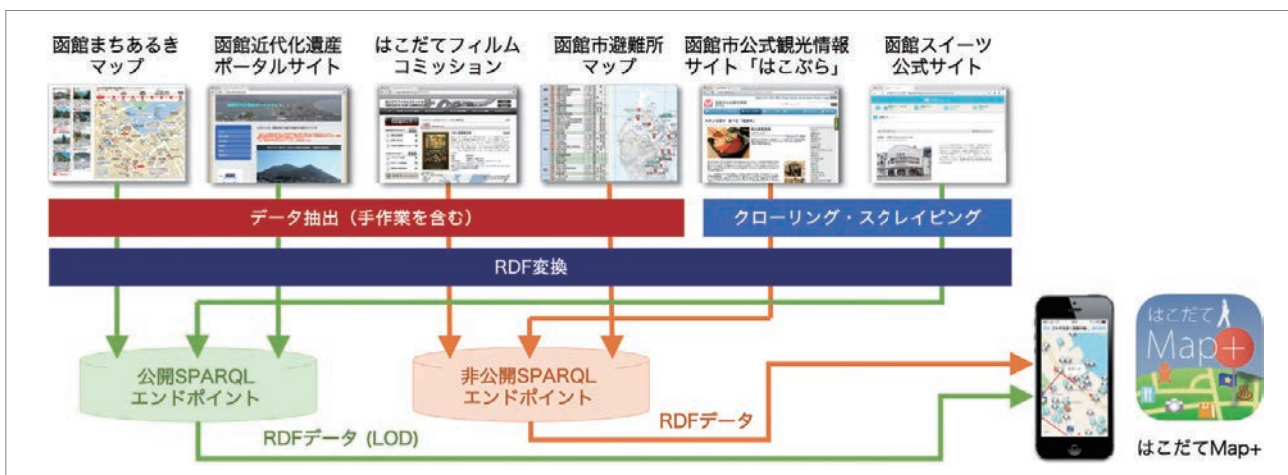
道南地域の学芸員組織「道南ブロック博物館施設等連絡協議会」では、地域文化財にまつわるエピソードやイベントなどの情報をブログにより活発に発信している。しかしフロー型の情報発信では、恒久的な価値を持つ文化財情報を十分に活かさない。そこで、マップを中心としたストック型のWebサイトにより地域文化財の情報を蓄積・発信する取り組みを、公立はこだて未来大学との協働により開始した。この取り組みでは、Webサイトをフィールドワークや市民協働に活用するとともに、コンテンツをオープンデータ化し、観光アプリケーションで活用（二次利用）されることを目指している。2017年3月に「南北海道の文化財」Webサイトの一般公開運用を開始した（図-3）。2021年7月末時点の登録文化財は714件である。図-4に文化財「伊能忠敬北

海道最初の測量地」の解説記事を示す。碑文をテキスト化して掲載しているため、碑文の一部から検索することもできる。

アクセス解析によると、サイトへのアクセスの約80%が検索エンジン経由であり、文化財の名称や人名、地名、歴史的な出来事などのキーワードで検



■図-3 「南北海道の文化財」のトップページ



■図-2 「はこだて Map+」で使用している RDF データ / LOD の生成

特集 Special Feature

索している。また、相対的に知名度の低い文化財が継続的に高いアクセス順位となる傾向がある。そのような文化財として、「ハーバー遭難記念碑」、「箱館通宝銭座跡」、「もりたの池碑」が挙げられる。これらに共通するのは、Web上では「南北海道の文化財」以外からは十分な情報が得られないという点である。知名度が低い文化財であっても、継続的な需要が一定数あるという事実は、網羅的に地域文化財の情報を収集・蓄積し、Web上で長期的に公開し続けることの意義を示している。

地域文化財情報のオープンデータ化

サイトへの文化財記事の投稿は、オープンデータとしての公開を前提として行われている。著作権の問題が発生しないように配慮し、解説文章は各地域の学芸員が新たに書き起こし、写真も新たに撮影することとしている。サイト全体の著作権は協議会の帰属とし、文化財記事単位で選択的にCC BYライセンスを表示する方式を取っている(図-4右図参照)。2021年度より、全文化財コンテンツのCSVデータをエクスポートする機能をサイトに追加して運用している。CSVデータセットは毎日深夜に自動生成される。

文化財コンテンツを二次利用する際の課題として、地域による文化財数の偏りがある。100件を超える文化財を掲載している市町がある一方で、郷土資料館などの施設のみという市町もいくつか存在する。

これは、協議会は蓄積・公開の「場」を提供し、文化財記事の投稿は各地域の学芸員に一任されていることによる。文化財数の地域差をどのように埋めていくかが課題である。

文化財オープンデータを活用する歴史観光Webアプリケーション

筆者らは、「南北海道の文化財」のコンテンツを観光分野に活用するユースケースの1つとして、スマートフォンから利用する歴史観光Webアプリケーション「文化財巡りルートマップ」を試作している。このアプリケーションは、文化財に対する興味を喚起し、新たな文化財との出会いを促進することを目的としている。アプリケーションの主要な画面遷移を図-5に示す。

このアプリケーションでは、そのコンテンツのすべてを、「南北海道の文化財」とウィキペディアのコンテンツから自然言語処理技術を用いて自動作成している。たとえば、テーマ選択画面に表示するテーマは、文化財の説明文から抽出した特徴語を意味的な近さに基づいてクラスタリングして決定している。意味的な近さは、単語の分散表現技術の1つであるWord2Vecにより算出している。テーマの名称は、ウィキペディアの概念階層を用い、各クラスタに含まれる特徴語の上位概念として求めている。この方法により、「漁業」「芸妓」「祭り」など意外性のあるテーマも生成される。従来の固定的なモデルルートとは



■ 図-4 文化財解説ページ(伊能忠敬北海道最初の測量地)

異なり、多様性のある観光ルートのテーマ設定が可能となり、セレンディピティ効果も期待できる。

このアプリケーションでは、文化財の追加をトリガーとして、すべてのコンテンツを自動的に再生成する。その結果、文化財の増加に応じて、観光ルートのテーマや候補となる文化財も変化していく。このアプリケーションにより、観光オープンデータの数と多様性の拡大が与える効果が可視化される。

観光オープンデータの今後

これまで述べてきたように、地域の観光オープンデータは、シビックテックを始めとするさまざまな地域活動・連携を通して作成され得る。しかし、その主体となるのは、やはり自治体の観光部署であり、地域の観光協会を始めとする観光関連団体である。それらが適切に責務とコストを分担することにより、観光データが多重管理されることなく、かつ、即時的に共有されることが理想である。

COVID-19の影響により、飲食店や各種施設の営業時間が不定期に変更されるようになり、インター

ネット上の情報が実態に即していない。結果として、消費者の利便性が損なわれるとともに、事業者にも多大な機会損失が生じることとなった。これからの観光復興に向けて、即時性が求められる観光情報の網羅的な収集・共有を低コストで実現する地域観光オープンデータ共有基盤が必要である。その構築・運用には、産官学の観光ステークホルダの協業が不可欠である。

参考文献

- 1) 奥野 拓：観光情報 LOD, 人工知能, Vol.31, No.6, pp.825-832 (2016).
- 2) 内閣官房情報通信技術 (IT) 総合戦略室：地方公共団体へのオープンデータの取り組みに関するアンケート回答一覧 (2021).
- 3) 倉田陽平：観光客向け「ご当地アプリ」の現況, 人工知能, Vol.31, No.6, pp.839-843 (2016).

(2021年7月30日受付)

■奥野 拓 (正会員) okuno@fun.ac.jp

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・情報アーキテクチャ学科・教授。観光情報、デジタルアーカイブ、オープンデータ、ソフトウェア工学などに関する研究に従事。



■図-5 文化財巡りルートマップアプリケーション

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

3 UGCを利用した観光資源の発見と推薦

応
般

馬 強 京都大学大学院情報学研究科



「四方よし」の観光へ

観光の経済波及効果は大きく、雇用拡大や地域活性化に大きな効果が期待できる。しかしながら、現状において、観光客は東京・大阪・京都などの特定の有名な観光都市に集中し、社会インフラなどの負担および住民・観光客のストレスが大きく、オーバーツーリズムが地域観光の発展・存続の大きな障害になりかねない。そのため、従来の「三方よし」（観光業者よし、観光客よし、地域よし）に“未来よし”を加えた「四方よし」の持続可能な観光を目指す取り組みが増加している。

「四方よし」の持続可能な観光社会の実現には、観光客はもちろん、住民も含めたより多くの人々が満足できる仕組みが必要である。そのため、より多くの人々が旅を楽しむための観光の個人化、および、地域住民の日常生活への副作用を最小限に抑えて快適性を維持し、観光の恩恵を地域全体に届けられる観光の分散化が、重要な課題である。そのため、SNS (Social Network Services: ソーシャルネットワークサービス) やブログなどで生成される UGC (User Generated Content: ユーザ生成コンテンツ) を対象に、利用者視点から観光地に関する観光集合知をマイニングし、観光推薦に利活用する観光情報学 2.0 に関する研究が行われている¹⁾。観光情報学 2.0 では、SNS やブログで公開されている位置情報付きのテキスト、画像、動画などさまざまなコンテンツとその関連情報から、観光客の行動パターンや観光地域の特徴など観光に

関する集合知をマイニングする。観光地を再発見するとともに、それらを観光体験・観光地の推薦や観光ルートのプランニング・推薦に利活用している。

本稿では、観光客の知りたい「どんなところなの?」、「どこにどうやって行けばいいの?」を支援するための観光情報学 2.0 の技術を紹介する。

観光地モデリング：どんなところなの?

既存の観光支援システムは、すでに開発・整備された観光地（場所・スポット）を対象としていることが多い。金閣寺や清水寺などよく知られている観光名所がその代表である。これに加えて、観光情報学 2.0 では、観光客をはじめ一般ユーザの行動記録でもある UGC から、たとえば、タイ人観光客の口コミによって富士見の新名所となった新倉富士浅間神社のように、新しい観光資源を発見することもできる。

位置情報付きの UGC から観光スポットの発見手法は、1) スポットの再発見と 2) 新しいスポットの自動生成に分けられる。

スポットの再発見

訪問回数や滞在時間に基づいてユーザ（特に観光客）にとって興味ありそうな場所（POI: Point of Interest）を発見する方法である。たとえば、Foursquare などの LBSN (Location-Based Social Networks: 位置情報ベースのソーシャルネット

ワーク)でのチェックイン履歴を利用して、人気のあるPOIを発見することができる。また、観光客より地元住民のチェックイン情報が多いなどを仮定して分析すれば、地元住民がよく行く、地元文化に触れあえる観光スポットを発見できる。

新しいスポットの自動検知

UGCの位置情報を用いて、Mean-shiftやDBSCANなどのクラスタリング手法を適用して得られるクラスタを新しいスポットとする手法が多く開発されている。たとえば、写真の撮影方向などのメタデータを分析して、富士山のような景勝地や富士見スポットのような視点場を発見する手法が開発されている。

Mean-shiftやDBSCANなどのクラスタリング手法を適用するには、適切なパラメータの設定が必要であるが、それは容易ではない。そこで、既存の観光名所の面積や規模の大きさに合わせて新しいスポットの大きさを自動調整する手法が開発されている²⁾。

図-1で示すように、この手法では、まず、既存の観光名所(main spot)に対してあらかじめその範囲(s_1, s_2, s_3)を定めておく。図-1の点は位置情報付きデータであり、クラスタリング手法DBSCANによりデータ点のクラスタ(c_1, c_2, \dots, c_5)を得たとする。既存観光名所の範囲(s_i)とクラスタ(c_j)の重複

領域($r_{i,j}$)に基づく相関係数($d(s_i, c_j)$)を算出し、この相関係数の平均をクラスタリングの精度(DSC)とし、これが最大になるようなDBSCANのパラメータを調整する。

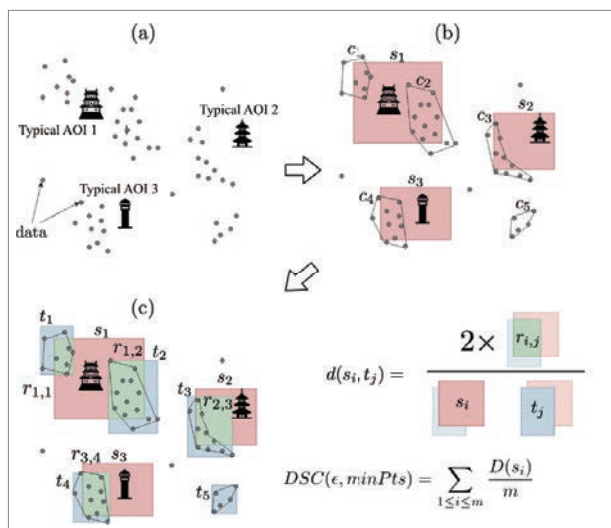
観光スポットの特徴分析

位置情報付きのUGCを対象にクラスタリング手法を適用して新しいスポットを検知することができるが、検出したスポットは駅やバス停など交通の要所・ハブである可能性があり、それらのスポットが観光の対象であるかどうかについてはさらなる検証が必要である。

たとえば、嵐山駅は多くの観光客で賑わうスポットの1つであるが、その多くは嵐山へのアクセスの主要な交通機関である京福電気鉄道・阪急電車を利用するためのものであって、嵐山駅を観光目的地とした観光客は少ない。また、京都駅周辺には店舗等が集まっているため観光スポットとして適しているが、新幹線の時刻を待つため時間を潰している観光客も多い。平均滞在時間が長くなるため、観光客の実際の興味よりも人気度のランキングが高くなってしまふことがある。

そこで、観光客から採取した軌跡データを用いてスポットネットワークを構築し、HITS(Hyperlink-Induced Topic Search)を適用してスポットの性質を分析する手法が提案されている。HITSを利用することで、スポットに対して交通の要所度合いを示すハブ値と観光スポットとしてのコンテンツ力を示すオーソリティ値の2つの軸で分析できるようになり、スポットや観光ルートの推薦精度の向上が期待できる³⁾。

また、評判分析手法を利用してスポットに訪れた訪問客の満足度を分析したり、スポット周辺で撮れた写真などを対象に画像処理の技術を駆使して景色や景観物を分析したりすることで観光価値について評価する試みがある。また、これらのスポットに訪れるユーザの属性を推定する手法も開発されている。たとえば、訪問する場所・時間の分布の違いから訪



■ 図-1 都市適応型クラスタリング手法の概要

特集
Special Feature

問客を住民と観光客に分類する手法や、Wi-Fiの利用状況や顔認識で外国人・在住者を識別する手法が開発されている。観光価値と訪問客の分布の2つの軸からスポットを評価することで、まだ知られていない穴場を発見することが可能である(図-2)¹⁾。

ユーザのチェックイン情報や移動履歴を分析して、地域やスポットの機能や相互関係について分析する手法の開発も進んでいる。ユーザが地域Aから地域Bへ移動するのは、一定の目的や要求があり、そして、地域Bにはそれを満足する特徴(機能・設備、etc.)があると仮定できる。これをもとに、ユーザの移動履歴データから移動行列を構築して地域の特徴を発見する行列分解モデルが提案されている⁴⁾。

図-3は北京市を対象に分析した結果例を示している。図-3(a)では、青いグリッドの多くはショッピングエリアであり、赤のグリッドから青のグリッドに移動してショッピングする関係を示唆している。

図-3(b)は図-3(a)の四角に囲まれた領域を拡大している。Aにはショッピングモール、Bには広場、Cには有名なショッピングストリート、Dには時代広場がある。Eはあまり知られていないが、銀行のATMが多くあるためショッピングエリアであると推定できる。図-3(c)と図-3(d)は、別の2つの興味深い関係の例を示している。図-3(c)では空港高速道路を検出している。図-3(d)は、中関村の分析結果を示している。中関村のグリッドは仕事・教育・買い物・居住など複数の役割を担っている可能性が高いが、居住地(G)と教育(H)のような機能や関係が正しく検出されている。このように分析される地域の機能や移動関係は観光のみにとどまらず、地域生活や都市計画などにも有用である。

観光知を利用した観光支援：
どこへどうやっていくの？

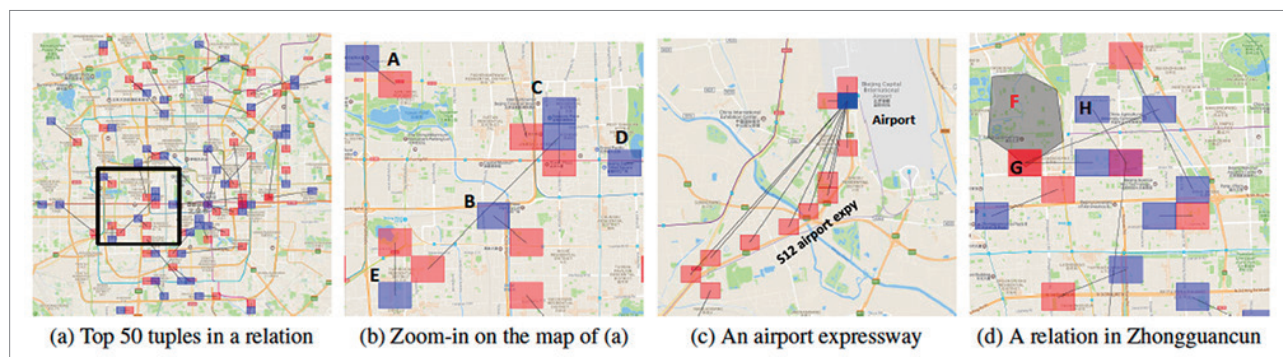


■ 図-2 観光価値とユーザ分布からの観光スポット分析

UGCから得られた集合知を用いた観光支援としては、新しい観光地図の作成、観光スポットと観光ルートの推薦・プランニングが考えられる。

観光集合知の可視化：
新しいタイプの観光地図

図-4はCOVID-19前に筆者が

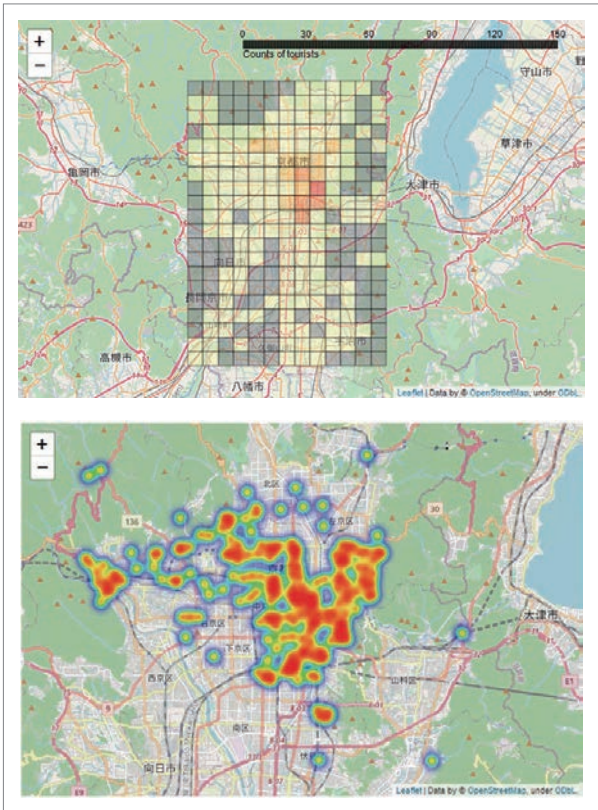


■ 図-3 ユーザの移動履歴から地域の機能と相互関係の分析結果例

特集
Special Feature

ループが収集した Flickr の写真データから推定された観光客のある特定時刻における場所分布を、京都市の各グリッドおよびスポットのヒートマップで示

した例である。30分ごとの変化が見られ、時間・場所ごとの人気度や混雑状況の分析・推定に利用できる。

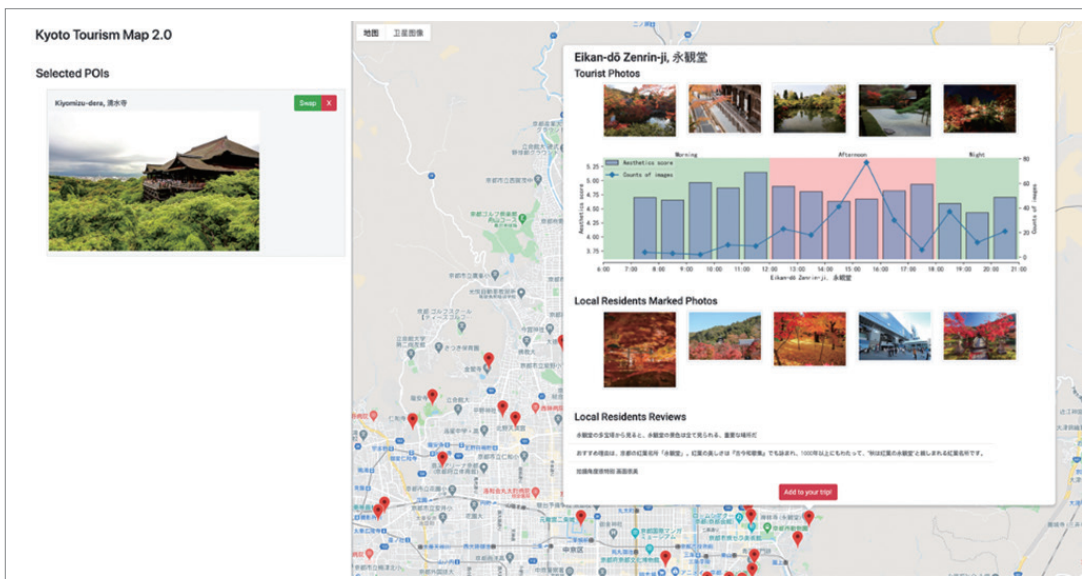


■ 図-4 京都市における観光客の訪問場所分布例 (グリッド表示とスポット表示)

図-5 は我々が Google マップを利用して開発中の京都観光マップ 2.0 を示している。京都観光マップ 2.0 は UGC の分析をもとにした、ユーザ（観光客と住民）視点の新しいタイプの観光マップである。右部分は地図の本体であり、地図上に表示されているスポットをクリックすると、上から順に、Flickr にアップされている時間帯ごと（午前、午後、夜）の写真、時間帯ごとの写真数（棒グラフ）とそれらの写真の良さを表すスコア（折れ線グラフ）、アンケートで収集した住民が選んだ写真およびアピールポイントが表示されている。ユーザがこれらの情報に基づいて自分の行きたい場所を選んで左側のリストに追加することで、それらのスポットを周遊できるルートが自動生成される。

観光スポットの推薦：どこへ行けばよいの？

観光推薦システムで最も問題となるのが、観光データのスパース性である。ショッピングサイトや映画・音楽などに関する情報推薦システムではユーザの評価に関する情報の少なさが問題であるが、POI 推薦の



■ 図-5 京都観光マップ 2.0

特集

Special Feature

場合、ユーザが訪問した場所が現実社会に存在する場所のほんの一部であるため、より深刻である。そのため、推薦の精度や再現率の改善余地が大きい。また、従来のPOI推薦は、ユーザの日常生活圏を対象としたものが多い。普段の生活圏では決まった行動をとりやすいが、非日常である観光においては行動パターンが大きく異なる。たとえば、日常生活では気に入った店によく訪れるが、観光地ではより多くの新しいことを体験したい欲求があり、同じ場所に何度も行くことが少ない。また、観光客はその旅行先を初めて訪問することが多いため、コールドスタート問題^{※1}に陥ってしまう可能性が高い。そのため、観光地・スポットの人気度を用いた手法など、個々の観光客の好みに依存しない手法が主流である。

一方、個人観光客の増加に伴って個々のユーザのニーズを反映した個人適応型観光推薦が求められている。そのため、ユーザ属性などを用いて観光客をグルーピングするグループベースの推薦手法や、美術館や寺・ショッピングモールなどPOIのジャンル属性を利用して観光客の好みにあった観光地・スポットを推薦する手法が多く提案されている。

また、場所のジャンルだけではなく、その場所のできる旅行体験に着目した推薦手法も提案されている。たとえば、観光は「光」を「観る」ことであることに着目した景観物の分析手法とそれに基づく観光地の推薦手法が挙げられる。さらに、「観る」以外の観光行動（たとえば、「食べる」「ショッピング」など）へのユーザ体験ベースの推薦手法も提案されている。ユーザ体験は行動の主体を表すWho、時間を表すWhen、場所を表すWhereと行動を表すWhatとし、それらを位置情報付き画像から分析する確率生成モデルが提案されている。このモデルを利用して、新しい観光客が体験したいことを旅行体験を表す画像に対するその観光客の評価から推定し、それに基づいて場所を推薦できるとされている。

※1 新しいユーザや商品に関する情報が少ないため効率良く推薦することが困難とされている問題。

観光ルートの生成・推薦： どうやって行けばよいの？

複数の観光スポットを効率良く周遊するルートの発見は組合せ問題の1つであるTTDP (Tourist Trip Design Problem) としてモデリングされることが多い。これは、できるだけ多くのユーザの興味あるスポットを訪問して、訪問スポットから得られる総報酬（ユーザの満足度）の最大化を目的としている。これらのモデルでは、時間予算、スポット間の距離、スポットの滞在時間・営業時間などの情報がよく利用される。初期のTTDP手法は、距離や時間を最適化するルートを発見する研究が多かった。その後、UGCなどを利用して、スポットの質（美しさ、景色など）やルートの質（混雑度、景観など）およびユーザの嗜好などを分析できるようになり、より多様なルートを生成・推薦できるようになった。たとえば、PersTourは写真データからスポットの滞在時間やジャンルなどの情報を抽出・分析してより個人に適したルートを推薦しようとしている。

多くのシステムがスポット間の移動手段として徒歩を想定しているが、エーゲ海大学のGavalas氏らは複数の移動手段の組合せを考慮したプランニングシステムを提案している⁵⁾。また、Gavalas氏らは観光スポットをクラスタリングして、クラスタ間の移動を少なくするルート生成手法も開発しており、点（スポット）だけではなく、スポット間の移動や交通手段に対するユーザの満足度の向上を試みている。これに対して、軌跡データから観光客の移動パターンを分析し、移動ベースの報酬を導入した手法も開発されている⁶⁾。

また、Photo2Tripなど、ツイート、ブログや画像などSNSで公開されている位置情報付きUGCとその時間情報から、ユーザの訪問スポットとその順序、スポットの滞在時間、スポット間の移動時間などの軌跡情報を抽出して、人気ルートを発見・生成して推薦する手法が提案されている。加えて、Sunらは都市適応型クラスタリング手法²⁾を利用して、

エリア間の移動をガイドするルート (Outer Route) とエリア内の順路を案内するルート (Inner Route) を生成しようとしている (図-6)。

さらに、Web やモバイル端末で利用できるルートプランニングシステムが開発されている。たとえば、TripBuilder, CT-Planner, CityTripPlanner など Web ベースの観光ルートプランニングシステムは、ユーザの条件指定やフィードバックなどの機能が実装されているため、インタラクティブに推薦ルート・ツアーを生成することが可能である。

最近ではユーザ移動の軌跡情報を Seq2seq や GAN などの深層学習モデルに適用してルートを生成する手法も研究開発されている。特に、点ネットワーク (Pointer Networks) を拡張した強化学習ベースのルート生成手法は、学習データのスパース性が顕著である観光分野での応用に注目したい。

ウイズ・ポストコロナの観光へ

パンデミックの脅威が現実になった今、観光業がきわめて危機的な状況に直面しているが、オーバーツーリズムの再来も警戒しないといけない。つまり、パンデミックによる観光崩壊およびオーバーツーリズムによる観光公害の両方に強い持続可能な観光社会を構築する必要がある。ウイズ・ポストコロナ時代の観光の在り方を明らかにして、観光客の観光意欲の維持・向上および安心安全な観光を実現すること

が求められている。そのため、ユーザの生の声である UGC をはじめとする観光客の行動データを収集して、コロナ禍はもちろん、その前後の人々の行動変容を解明することが重要である。しかしながら、UGC では個人から発信される主観的な情報が多く、品質のバラツキが大きいことや信憑性が低いといった問題も指摘されている。そのため、政府、自治体や DMO (観光地域づくり法人) などのデータ、IoT センサデータなどその他の情報源との統合利活用が必要である。

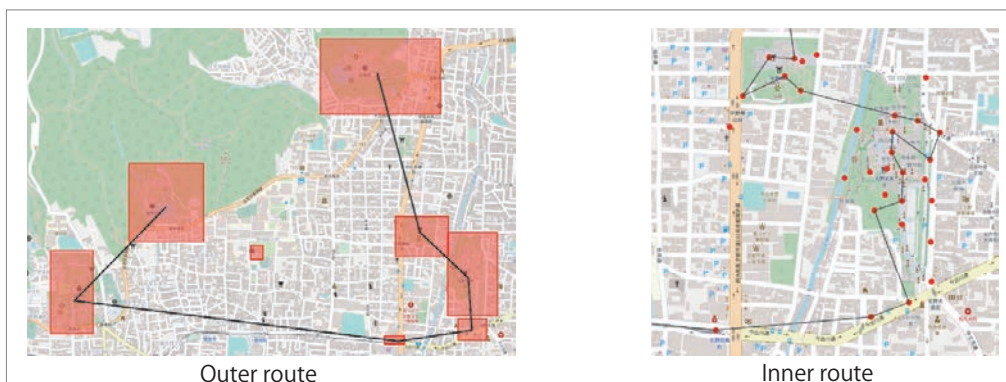
参考文献

- 1) 馬 強 : 観光情報学の最前線—観光の分散化と個人化を促進する集合知活用情報技術—, 情報処理, Vol.58, No.3, pp.220-226 (Mar. 2017).
- 2) Sun, J. J., Kinoue, T. and Ma, Q. : A City Adaptive Clustering Framework for Discovering POIs with Different Granularities, DEXA (1)2020: 425-434 (2020).
- 3) Sun, J. J., Matsushima, Y. and Ma, Q. : Property Analysis of Stay Points for POI Recommendation, DEXA2021 (2021).
- 4) Zhuang, C. Y., Yuan, N. J., Song, R. H., Xie, X. and Ma, Q. : Understanding People Lifestyles : Construction of Urban Movement Knowledge Graph from GPS Trajectory, IJCAI 2017: 3616-3623 (2017).
- 5) Gavalas, D., Kasapakis, V., Konstantopoulos, C., Pantziou, G. E., Vathis, N. and Zaroliagis, C. D. : The eCOMPASS Multimodal Tourist Tour Planner, Expert Syst. Appl. 42(21): 7303-7316 (2015).
- 6) Sun, J. J., Zhuang, C. Y. and Ma, Q. : User Transition Pattern Analysis for Travel Route Recommendation, IEICE Transactions 102-D(12):2472-2484 (2019).

(2021年7月30日受付)

■馬 強 (正会員) qiang@i.kyoto-u.ac.jp

京都大学大学院情報学研究所准教授, 京都情報大学院大学客員教授, 商業・サービス競争力強化連携支援事業技術アドバイザー (京なか(株)). 観光情報学, 投資情報学, 情報栄養学を中心にマルチメディア情報システムに関する研究に従事。



■図-6 Outer Route と Inner Route の生成・推薦

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

4 参加型観光情報の収集

応
般

藤本まなと

理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム/
奈良先端科学技術大学院大学



観光客による観光客のための情報

スマートシティは、ユビキタスコンピューティングの概念を街や都市規模に適用し、さまざまなセクターから得られる情報を集約・編纂することで、人々の生活の質を高め、サービス効率の最適化を実現するための概念として知られている。特に、観光分野は、スマートシティの恩恵を受ける分野の1つとして注目されており、「スマートツーリズム」とも言われている。スマートツーリズムにおいて、観光客は、観光地の情報やレビュー、混雑度やイベント情報に加えて、観光客個人の嗜好や移動軌跡など、多種多様な情報が反映された有益な観光情報を、観光中にリアルタイムに受け取ることができる(図-1)。

スマートツーリズムでは、時々刻々と変化する観光情報を提供するため、よりリアルタイム性の高い

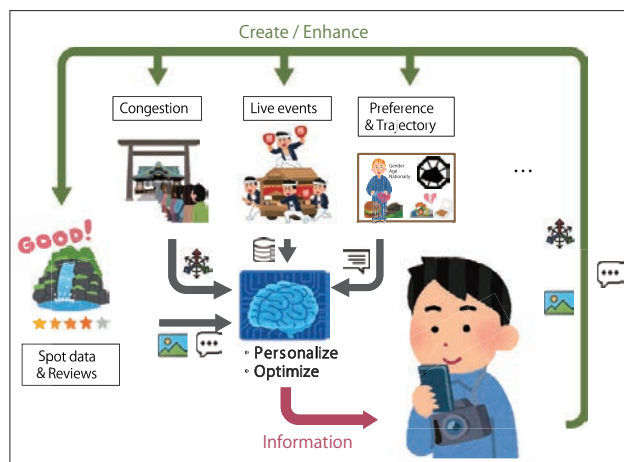
データを収集する仕組みが必要とされている。また、観光客にとっては、観光客の視点からの情報も観光満足度を高めるために必要なものとなるため、観光客ならではの情報も収集する必要がある。

近年、これらのデータを収集するための重要なアプローチとして、ユーザ参加型センシング(以下、参加型センシング)が大きな注目を集めている。ここでは、参加型センシングを用いた観光情報収集に関する取り組みについて紹介するとともに、今後の展望について示す。

参加型センシング

参加型センシングとは?

参加型センシング(Participatory Sensing)¹⁾とは、個人のモバイルデバイスやクラウドサービスを利用して、データを収集・分析し、周囲のさまざまな状況をセンシングして共有するアプローチのことである。近年のモバイルデバイスの普及により、いつでもどこでも低コストかつ広範囲のセンシングができるようになり、夜間の街灯照度、街の環境雑音レベル、大気汚染状況などを容易に収集できるようになった一方、参加型センシングは、ユーザ(参加者)の積極的な参加に依存するため、データの質や量の不確実性や不安定性といった課題が残されている。そのため、継続的かつ安定的に情報を収集するには、機械的に制御できないユーザのモチベーションの維持が非常に重要となる。



■図-1 スマートツーリズムの仕組み

特集

Special Feature

参加型センシングにおいて、ユーザのモチベーションを高めるための代表的な機構として、1) 金銭をインセンティブとする「金銭的インセンティブ」と2) 経験をインセンティブとする「非金銭的インセンティブ」がある(図-2)。前者は、ユーザのモチベーションを高めるには非常に有効であると考えられるが、現実的には報酬の総予算には限界があるという課題がある。一方、後者は、ユーザの貢献に対する報酬として、経験や楽しさを与える。特に、非金銭的インセンティブの手法の1つとして、ゲームデザインの概念を取り入れ、ユーザの参加モチベーションを高める仕組みを導入したゲーミフィケーションがよく利用されている。

ゲーミフィケーションをインセンティブとした参加型センシングの事例

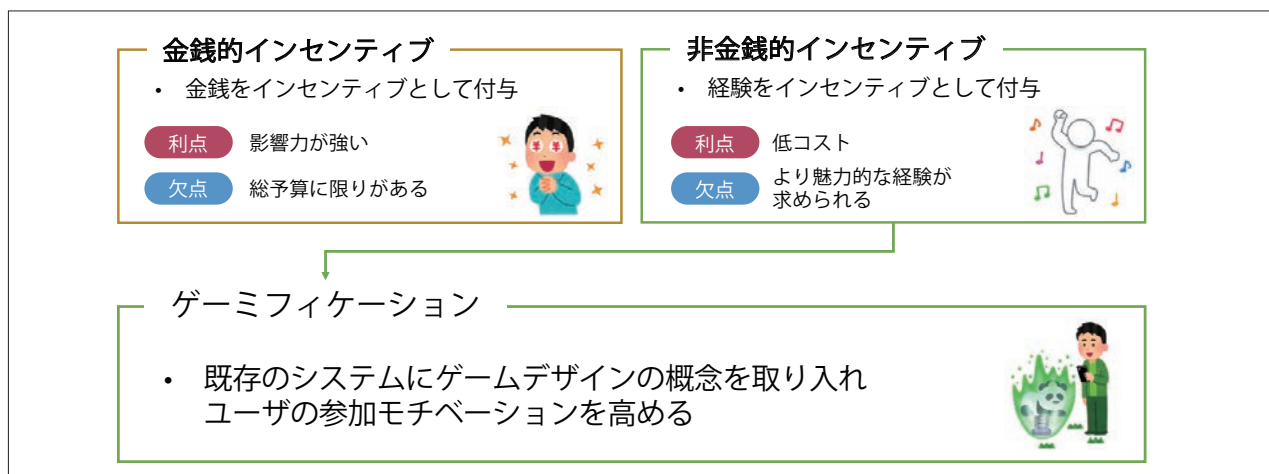
ゲーミフィケーションを参加型センシングに適用した情報収集に関する研究は、いくつか存在する。GeoOulu²⁾は、ゲーミフィケーションが組み込まれたクラウドソーシングアプリケーションである。この取り組みでは、アプリケーションに、アニメーションやスコアボードなどのゲーム要素を組み込むことで、収集されるデータの質や量に改善効果があると報告している。Medusa³⁾では、さまざまな種類のゲーミフィケーションが効果的に取り入れられてい

る。この取り組みでは、ユーザの途中離脱を防ぐため、タスクを実行する代償として逆インセンティブ(具体的には、タスク実行の義務・責任)というコンセプトを採用している。これにより、ユーザがセンシングタスクの途中でシステムから離脱することを抑制できる効果があると報告している。

これらの取り組みにおいて、参加型センシングにおけるゲーミフィケーションの効果は明らかにされている一方、ゲーミフィケーションの妥当性やゲーミフィケーションの手法を観光中の情報収集に適用した例はほとんどない。そのため、観光における持続可能な観光情報の収集を実現するには、観光客を対象とした参加型センシングにおけるゲーミフィケーションのデザインが必要となる。

課題

ここまでの説明をいったん整理する。スマートツーリズムを実現するには、動的な観光情報の持続的な収集が必要不可欠である。そのための方法として、観光客を対象とした参加型センシングが注目されている。しかし、観光客を対象とした参加型センシングに関する研究は、ほとんど行われていないため、実現可能性が明らかにされていない。本プロジェクトでは、観光客の参加型センシングにおいて、ゲーミフィケーションをインセン



■図-2 参加型センシングにおけるモチベーション機構

タイプとして活用し、このような課題を解決するための取り組みを行っている。まず初めに、観光客参加型センシングによる観光情報収集におけるゲーミフィケーションの有効性調査に関する取り組みについて紹介し、その後、奈良県生駒市において実施した市民参加型写真収集に関する取り組みについて紹介する。

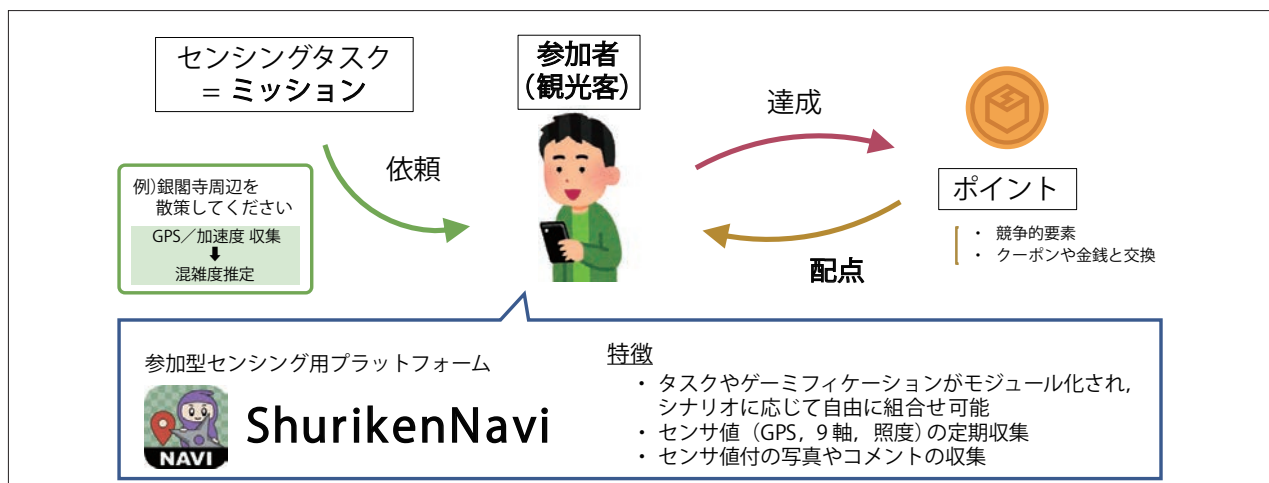
参加型観光情報収集

1つ目のプロジェクトとして、観光客参加型センシングによる観光情報収集におけるゲーミフィケーションの有効性調査について紹介する。本取り組みの最終目標は、参加型センシングによる低コストで持続可能かつ質の高い動的な観光スポット情報（たとえば、混雑度やイベント情報など）の収集の実現である。この目標を達成するための第一段階として、我々は、「参加型センシングによる観光情報収集においてゲーミフィケーションの種類やそれに参加するユーザの属性によって貢献度合いに違いがあるのかどうかを明らかにする」ための取り組みを行っている。具体的には、RQ1)ゲーミフィケーションが観光客の観光行動にどのような影響を与えるのか？、RQ2)観光においてどのようなゲーミフィケーションが適しているの

か？をリサーチクエッションとして掲げ、観光実験を通して検証している。

参加型観光情報収集の仕組み

図-3に参加型センシングによる観光情報収集の仕組みを示す。観光を対象とした参加型センシングの研究はほとんど行われていないため、本取り組みでは、単純にゲーミフィケーションの要素として、ミッションとポイントを導入している。想定される環境としては、観光中にスマートフォンを介してセンシングタスクをミッションとして観光客に提示するというものである。たとえば、「銀閣寺周辺を散策してください」といったものをユーザに提示し、銀閣寺周辺のGPS情報や加速度データなどを収集してもらい、その周辺の混雑度具合の把握に役立つといったことを想定している。観光客がミッションをクリアすると、ミッションに応じたポイントが付与される。このポイントは、競争要素として、あるいは、クーポンやお金との交換を想定している。我々は、上記の想定に基づき、2種類のセンシングタスク（エリアミッションとチェックインミッション）と3種類の配点方法が異なるゲーミフィケーション（一定、重み付き、動的重み付き）を設計し、ユーザ参加型センシングプラットフォーム



■ 図-3 ゲーミフィケーションを活用した参加型センシングによる観光情報収集の仕組み

ShurikenNavi^{☆1} 上に実装している。

ミッションと配点について

ミッション設計と配点方法について紹介する。まず初めに、ミッション設計について説明する。ミッションは2種類設定している。1つ目のエリアミッション(図-4)は、地図上にポリゴンで表示された特定のエリア内を歩き回りながら、センサ値を収集することで、一定時間ごとにポイントが付与される。2つ目のチェックインミッション(図-5)は、地図上にマーカで指定された特定の観光地に近づき、

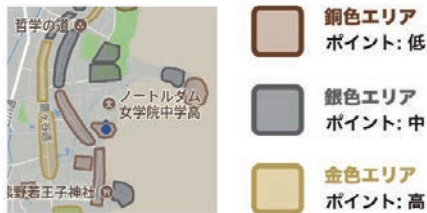
☆1 https://ahcWeb01.naist.jp/papers/conference/2020/202012_STI_s-nakamura/202012_STI_s-nakamura.slides.pdf

エリアミッション

負担 : 軽い

タスク : 地図中ポリゴンで示されたエリア内を歩きながらセンサデータを収集

報酬 : 10秒ごとに付与



■図-4 エリアミッション

チェックインミッション

負担 : 重い

タスク : マーカで指定されたエリアに近づき写真を撮影し、コメントとともに投稿

報酬 : チェックインするたびに付与



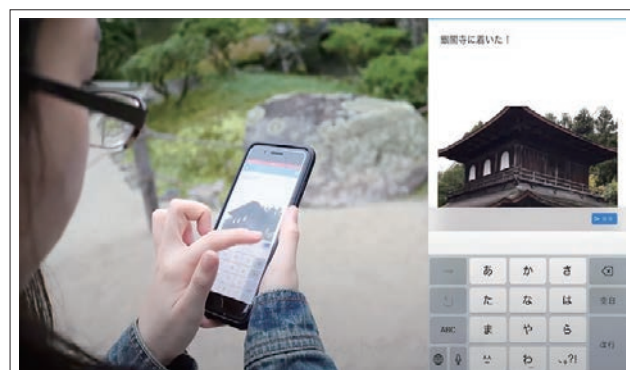
■図-5 チェックインミッション

観光地の写真とコメントを投稿するというものである。ポイントはチェックインする度に与えられる。

次に、配点方法について説明する。配点方法は3種類設定している。1つ目は「一定配点」と呼ばれるもので、タスクの種類に応じて、一定のポイントが各ミッション達成時に与えられる。2つ目は「重み付き配点」と呼ばれるもので、各観光スポットの情報の需要レベルに応じて、ポイントが決定される。3つ目は「動的重み付き配点」と呼ばれるもので収集したデータ量が一定の時間間隔で重みとして反映される。情報の需要レベルは、多角形(図-4)、やマーカ(図-5)の色で表現される。具体的には、金色が最も需要レベルとポイントが高く、銅色が最も需要レベルとポイントが低いものとなる。

京都観光実験

図-6に平成29年11月26日に行った京都観光実験の様子を示す。我々が開発したShurikenNavi上に実装した観光実験用アプリケーションを使用しながら、4間半の観光実験を行った。実験前半をエリアミッション、後半をチェックインミッションとし、それぞれの観光時間を2時間半および2時間と設定し、実験を行った。実験参加者は33名(男性25名、女性8名)であり、京都市左京区周辺(図-7)で行った。黄色い部分がエリアミッションのエリアを示しており、水色の部分がチェックイン



■図-6 京都観光実験の様子

特集 Special Feature

ミッションのエリアを示している。京都観光実験では、実験参加者を事前に（A. 一定配点, B. 重み付き配点, C. 動的重み付き配点）の3つのグループに割り当てている。実験後には、簡単なアンケートも実施している。

実験結果

実験結果をまとめると、エリアミッションおよびチェックインミッションの両方において、配点の違いにより観光スポットの選択や移動経路に影響があることが分かった。また、動的にポイントを変化させた場合、参加者はポイントの高い観光スポットを訪れる傾向があることが分かった。以上より、RQ1に対しては、「ゲーミフィケーションは観光中でも行動変容を促進し、効率的な動的観光情報収集の実現可能性を示唆」できる結果となった。RQ2に対しては、アンケートの自由記述において、「チェックインミッションは観光に集中できない」という意見が多く見てとれた。チェックインミッションは、特定の情報を収集するには効果的な方法ではあるものの、観光を楽しむ以上にミッションをクリアする

ことに注力してしまうため、ユーザの満足度を考慮すると、チェックインミッションは不向きであるかもしれないことが分かった。したがって、観光満足度を維持しながら情報収集するには、エリアミッションの方がよいという結果となった。

市民参加型写真収集アプリ

2つ目の参加型情報収集に関するプロジェクトとして、Webブラウザ上で動作する市民参加型写真収集アプリについて紹介する。市民協働は、新たな街づくりの在り方として、さまざまな自治体において活発な取り組みが行われている。近年、ICT (Information and Communication Technology) やIoT (Internet of Things)などを組み合わせることで、地域課題の解決や街の観光に役立てようとする動きも年々増加しており、今後ますます注目されるものとする。このような取り組みにおいても、参加型センシングの活用が期待されている一方、参加型センシングは、スマートフォンアプリケーションなど「専用のシステム」を参加者が事前に導入しておく必要があり、アプリインストールの手間や初期登録の煩雑さなど、幅広いユーザの参加を実現するには、心理的障壁がきわめて大きい。本プロジェクトでは、市民参加型で写真を収集し、オープンデータ化するという活動を題材として、どのような属性のユーザでも気軽に使えるWebブラウザだけで動作する写真収集アプリを構築し、一般市民を対象としたイベントを通して、本アプリケーションの検証を進めている。

写真収集アプリケーション

図-8に市民参加型写真収集アプリの画面例を示す。本アプリケーションは、幅広いユーザが使用できるよう、1) Webブラウザ (iOS: Safari, Android: Google Chrome など)で動作、2) パスワード不要など最小限の初期設定、3) 25種類のお題



図-7 京都観光実験エリア（京都市左京区周辺）

特集
Special Feature

に合った写真とコメントの投稿, 4) 時系列投稿内容のタイムライン表示, 5) 位置情報に応じた投稿内容のマップ表示, 6) クリア特典応募機能, などの特徴を有している. アプリケーション画面は, 6画面で構成されており, ユーザの関心・意欲を高めるための工夫として, 写真データに対して「いいね」をつける機能も実装している.

ケーススタディ

奈良県生駒市の市制 50 周年記念事業の一環として, 今の生駒市内の様子を写真オープンデータとして未来に残すためのイベント「いこまの写真 de ぶら散歩—スマホでジモト再発見!—」^{☆2}において, 本アプリケーションの運用実験を行った. イベント期間は, 2020年11月3日~12月6日までの約1か月間であり, ユーザは期間内に随時参加していく形態で実施した. 実験の流れとして, ユーザは, アプリから出題される25種類のお題に沿って, 市内全域の任意の場所で写真を撮影し, 位置情報・コメント付きで投稿するというものである.

結果をまとめると, 図-9に示すように, 本アプリケーションを登録した最終的な累積登録ユーザ数は, イベント終了時点で277名であり, 多くのユー

ザに本アプリケーションを利用していただけたことが分かる. 写真投稿数も1,200枚と比較的数多く投稿され, 「いいね」の数も3,584回に上った. 実際の投稿写真を見ると, 生駒市の魅力溢れる数多くの写真が投稿されていることが分かる(図-10). また, 参加者の属性(図-11)を確認すると, 本アプリケーションは, 性別問わず, 非常に幅広い年代のユーザに登録・利用されていることが分かる. これらの結果は, 参加型センシングの抱える参加への心理的障壁を本アプリケーションによって軽減できる可能性があることを示唆している.

今後の計画

本プロジェクトでは, 観光客の参加型センシングにおいて, ゲームフィクションをインセンティブとして活用することで, 観光における持続可能な観

アプリ利用状況



■図-9 アプリ利用状況

☆2 <https://www.city.ikoma.lg.jp/0000023383.html>



■図-8 市民参加型写真収集アプリの画面例

特集
Special Feature

光情報の収集を実現するためのさまざまな取り組みを行っている。中でも、我々は、1) 観光客参加型センシングによる観光情報収集におけるゲーミフィケーションの有効性調査に関する取り組みと、2) Webブラウザ上で動作する市民参加型写真収集アプリ開発に関する取り組みについて紹介した。今後

は、これらのプロジェクトから得られた知見に基づき、あらゆる属性のユーザに使用してもらえよう参加型センシングシステムを構築するとともに、ゲーミフィケーションを用いた参加型観光情報収集の高度化に向け、日本における代表的な観光都市である京都府や奈良県を中心とした大規模な観光実験を通して、本プロジェクトの学術的価値および社会的価値を強く主張していく予定である。



■ 図-10 実際に投稿された写真

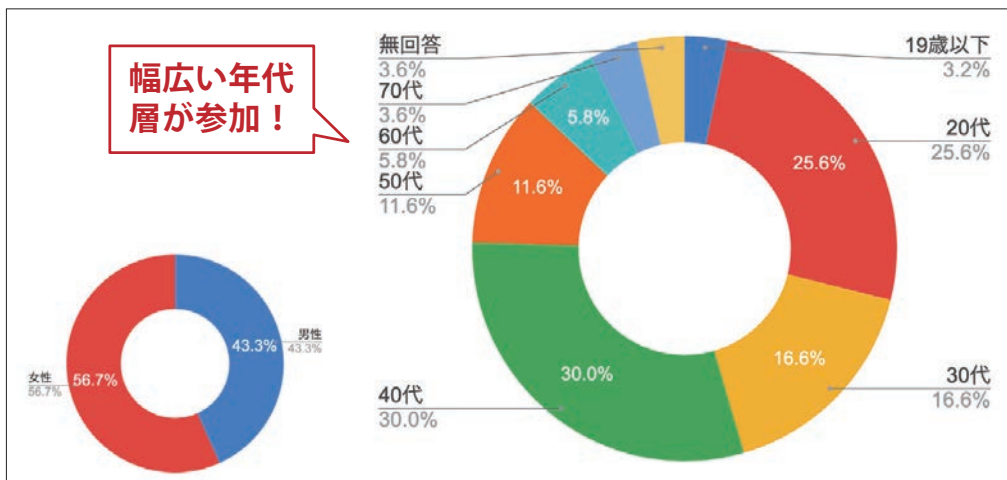
参考文献

- 1) Burke, J. A., Estrin, D., Hansen, M., Parker, A., Ramanathan, N., Reddy, S. and Srivastava, M. B. : Srivastava. Participatory sensing, Center for Embedded Network Sensing (2006).
- 2) Berkel, N. V., Goncalves, J., Hosio, S. and Kostakos, V. : Gamification of Mobile Experience Sampling Improves Data Quality and Quantity, Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol., Vol.1, No.3, pp.107:1-107:21 (2017).
- 3) Ra, M.-R., Liu, B., La Porta, T. F. and Govindan, R. : Medusa : A Programming Framework for Crowd-Sensing Applications, Proc. the 10th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, MobiSys '12, pp.337-350 (2012).

(2021年7月30日受付)

■ 藤本まなと (正会員) manato@is.naist.jp

理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) / 奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科助教。モバイルコンピューティング、高齢者見守り、無線通信に関する研究に従事。



■ 図-11 参加者の属性

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

5 人流クラスタリング解析

応
般

田中宏季 中村 哲

理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム/
奈良先端科学技術大学院大学

人流解析の概要

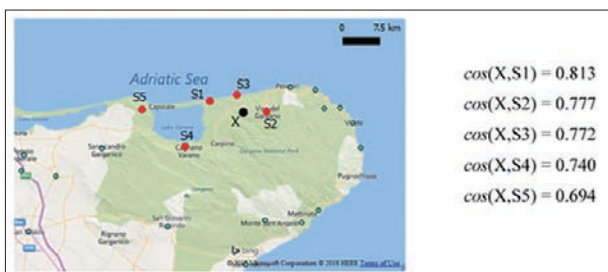
本特集の第1章「ポストコロナにおける観光」でも紹介した通り、観光においては、どのような旅行者が、いつ、どこに訪問するのか、旅行者にとっても、現地におけるサービス提供者にとっても、移動や宿泊を提供する業者にとっても重要である。現在は携帯型機器の普及と位置情報取得の精度向上により、人の移動を容易に追跡可能となった。我々は、理化学研究所 革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チームとして、観光客をはじめとした人流の解析を行い、スマート観光へと繋げていくことを目指している。本稿では、観光における行動変容に必要な要素である人流解析技術について説明する。

携帯型機器から取得される位置情報は移動履歴を知る非常に重要な情報源となり得る。人がどのように移動をするのかを調べるためには、ただ訪問した場所の情報だけでなく移動履歴を考慮することによって、よりよく人流を解釈することができる。これまでの位置情報の解析では、場所間の距離など地理的な近さに着目する研究が中心で

あった。近年の深層学習の発展により、Crivellariらの研究では場所間に存在する行動近接、その行動がその周辺の場所に対してどのような意味を持つ行動なのかということに焦点を当てている^{1), 2)}。

自然言語処理における Word2Vec などの単語の分散表現とは、文章中にある単語の周辺単語を確率的に扱い、単語間の関係を分散表現として獲得する手法である。この考えは人流解析においても応用されてきている。Crivellari らの研究²⁾では、Word2Vec を土台とした手法である Mot2Vec を提案した。移動履歴系列の位置的な距離をただ考慮するのではなく、行動近接性という行動そのものの意味的な近さを考慮することで、移動履歴から得られる訪問した場所の分散表現を獲得した。得られた分散表現により、訪問地間の関係性を議論した(図-1 参照)。また、得られた分散表現から系列長の異なる移動履歴をベクトル化し、コサイン類似度を計算することで、その移動履歴系列間の類似度についての議論を試みている。その他の研究では、分散表現を訪問地クラスタリングに応用している研究など³⁾がある。

移動履歴は時系列データとしても扱うことが可能である。時系列の情報を用いたモデルとして、Long-Short Term Model (LSTM) に基づく手法¹⁾が提案されている。移動履歴系列を学習する際に、LSTM は手動で特徴を抽出することなく、移動履歴系列から直接その行動パターンを捉えることが可能である。LSTM を用いた人流予測では、次の訪問地を予測することによって移動経路パターンを学習す



■ 図-1 コサイン類似度に基づいた訪問地間の関係性²⁾

る。Crivellariら¹⁾の評価では、7カ月にわたるイタリアローマの携帯電話記録データセットを用いて行動パターンの予測を行い、LSTMが他の手法に比べ、予測において有効であるということを示した。

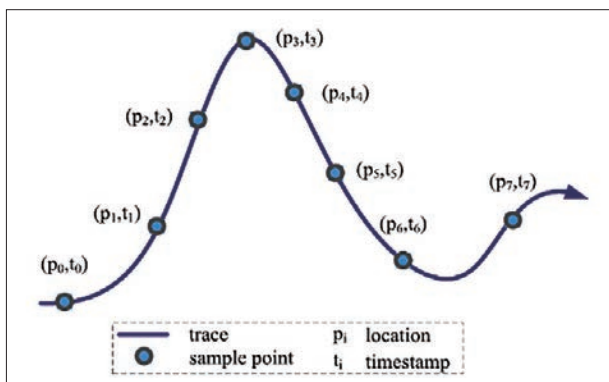
これらの研究群に関して、以下では、人流データの紹介、訪問地予測、内部分散表現ベクトルに基づいた人流クラスタリング、クラスタリングの可視化を紹介する。

人流データ

実際に人流データを解析していく上でのデータの種類、サンプリングなどを説明する。我々は(株)Agoopよりデータ提供を受け研究を行っていることから、そのデータ形式を中心に説明する。

メッシュ型流動人口データ

メッシュの範囲についてある特定時間内でどの程度の人口があるかを記録したデータである。昨今盛んに議論されているCOVID-19関連の主要駅の人流増減についてもこのデータに基づいて計算可能とな



■ 図-2 移動経路のサンプリング⁴⁾



■ 図-3 メッシュIDでのサンプリング(京都市の観光地での例)⁵⁾

る。どの観光地に人出が多いかもこのデータにより分析可能となる。

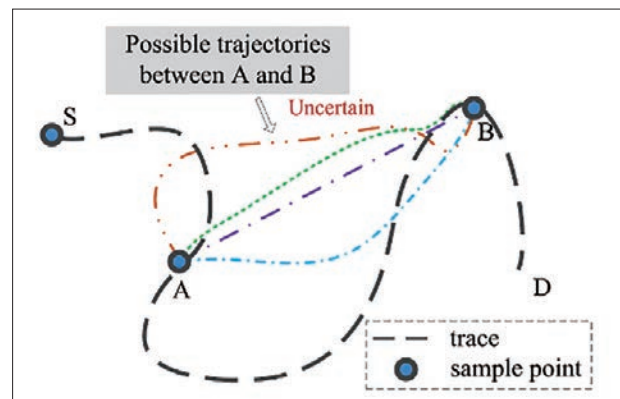
ポイント型流動人口データ

メッシュ型流動人口データよりも、詳細な人の位置情報、軌跡を得ることのできるデータである。データはスマートフォンアプリから取得された多次元のログデータである。データは時間情報および位置情報(緯度・経度)、ユーザ属性(国籍、職場などを含む)である。

サンプリングとプライバシーの保護

データのサンプリングについては携帯端末の仕様によっても変わってくるが、一般的には、30分間隔、あるいは特定のアプリが起動している時間に取得されるなどの処理がなされる(図-2)⁴⁾。緯度・経度、およびそれに付随したメッシュIDが位置を表す情報である。メッシュIDとは、緯度・経度に基づき、100m四方などのある一定の区域に離散的に訪問場所を分類する方法である(図-3)。またサンプリング間隔が空いてしまうと、移動方法を含めた移動履歴の不確実性の問題も残る(図-4)⁴⁾。

また、プライバシー保護は、人流データ解析において重大な問題である。移動履歴データの処理方法と機密情報の保護のために、いくつかの方法が提案されている。たとえば、個人に対して日ご



■ 図-4 サンプリングの時間間隔によっては、移動経路の不確実性が残る⁴⁾

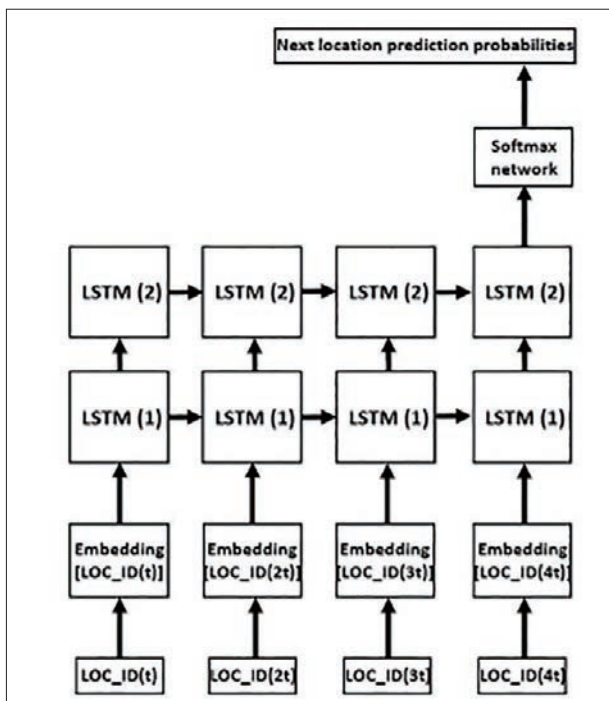
とに匿名 ID を割り当て、日ごとでその ID をリセットすることなどが挙げられる。しかしながら、この方法では同一人物を毎日追跡するような解析は困難となる。

訪問地予測モデル

訪問地予測とは、これまでの移動経路から次の訪問地を予測していく問題である¹⁾。これまでも種々の取り組みがなされてきたが、近年の深層学習の発展により、再帰型ニューラルネットワークを用いたモデルが提案されてきている。ここで、モデル内部の分散表現はクラスタリングに使用することができる。

再帰型ニューラルネットワークを用いたモデル

図-5 に Crivellari らによって提案された LSTM による次の訪問地予測のモデルを示す¹⁾。このモデルでは 2 層の LSTM により、これまで訪問した移動系列の情報を保持し、次に訪問する場所を予測して



■図-5 LSTM によるメッシュ ID 予測の概略図¹⁾

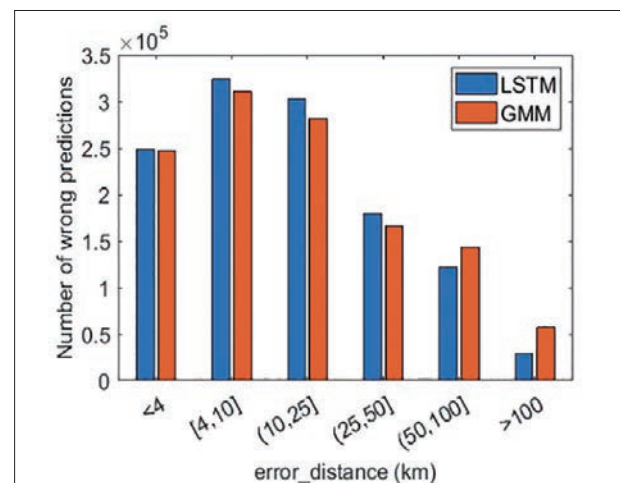
いる。図-6 では、Global Markov model と比較した際の、テスト用データでの訪問地予測の距離毎の誤差を示している。

双方向性再帰型ニューラルネットワークを用いたモデル

久保ら⁵⁾は、解析に使用するデータはすでに人が訪問した行動系列はすべて揃っているということを利用して双方向性 LSTM (Bi-LSTM) を用いることによって訪問地予測を行った。これにより予測精度を向上させるだけでなく、獲得する内部表現についてもより表現力が上がることを期待した。この手法の特徴としては、LSTM と比べて現在から未来の予測だけではなく、現在から過去の予測を双方向的に同時に行うことによる精度向上を図る点である。図-7 にモデルの概略図を示す。図-8 ではモデル学習における学習データと検証データにおける誤差を示している。

久保ら⁵⁾は、このモデルを京都市の海外からの観光客人流データに適用し、次のメッシュ ID 予測を行ったところ、テストデータで 52.8% の精度を得ている。

また、これまでのモデルではメッシュ ID のみを入力としていたため、その離散性から各訪問地の位置的關係や距離等をうまく学習できていない可能性



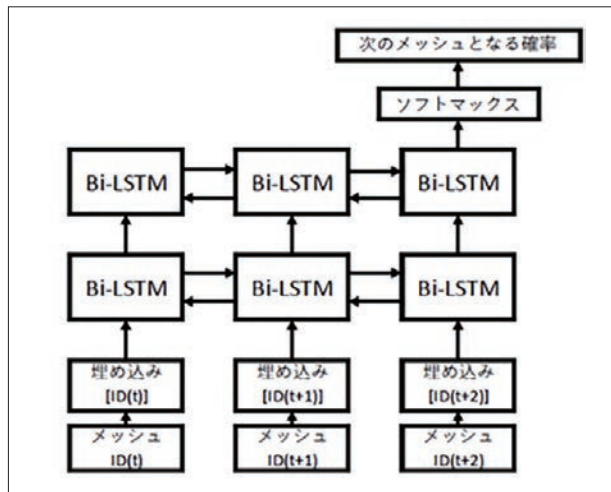
■図-6 距離 (km) ごとの予測誤差¹⁾

特集
Special Feature

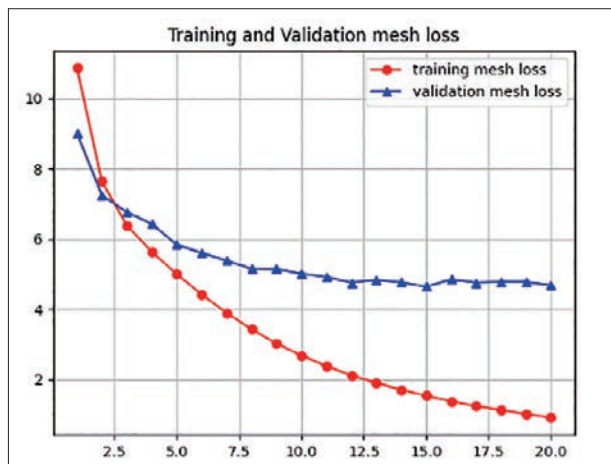
があった。そこで、佐賀ら⁶⁾はニューラルネットワークへの入力として、メッシュ ID だけではなく、連続的な緯度と経度の値を追加することで位置の関係性も学習させ、表現力の向上を試みた。図-9 に手法の概略図を示す。佐賀ら⁶⁾は、このモデルを東京都の次のメッシュ ID 予測に適用し、テストデータで 34% の精度を得ている。ここで、京都と比較した場合東京都では精度が下がっているように見えるが、京都市では全メッシュ ID 数が約 8 千（面積 827.83 平方キロメートル）であるのに対し、東京都では約 2 万（面積 2,193.96 平方キロメートル）であるため、クラスの数異なる。

人流クラスタリング

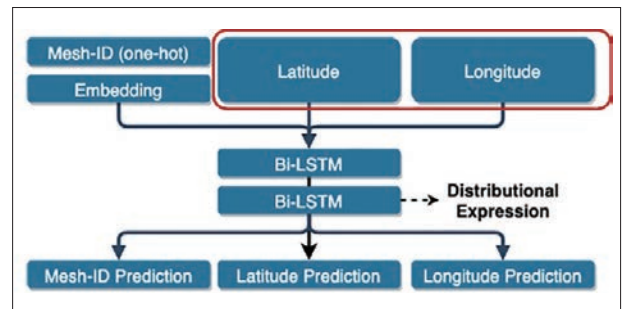
これまでに紹介した、Bi-LSTM を用いて過去の訪問地からある未来の訪問地を予測する問題、および未来の訪問地からある過去の訪問地を予測する問題を解くことによって、各ユーザの分散表現を獲得し、クラスタリングを行うことが可能となる。これまでも、分散表現を入力として、訪問地のクラスタリングに応用する研究³⁾が存在する。Hirota ら³⁾は、K-means アルゴリズムを用いて、クラス数 50 として京都市の訪問地をクラスタリングしている（図-10）。移動履歴は時系列データとしても扱うことが可能であるため、久保ら⁵⁾は、前述した双方向性再帰型ニューラルネットワークを用いて入力系列に対する分散表現として、最



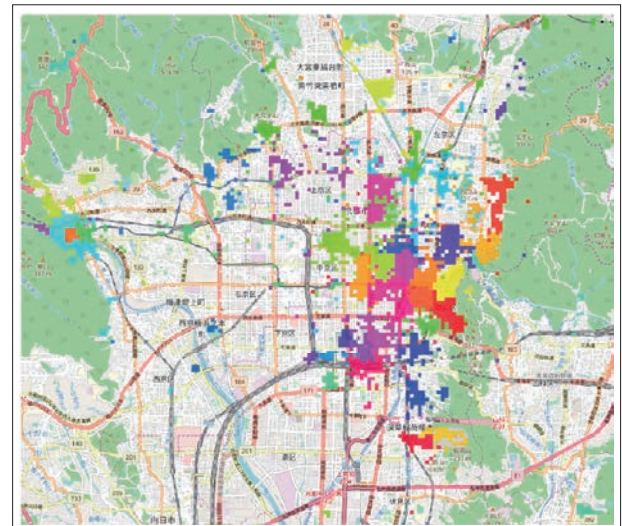
■ 図-7 Bi-LSTM によるメッシュ ID 予測の概略図⁵⁾



■ 図-8 次のメッシュ ID 予測の誤差の学習曲線⁵⁾



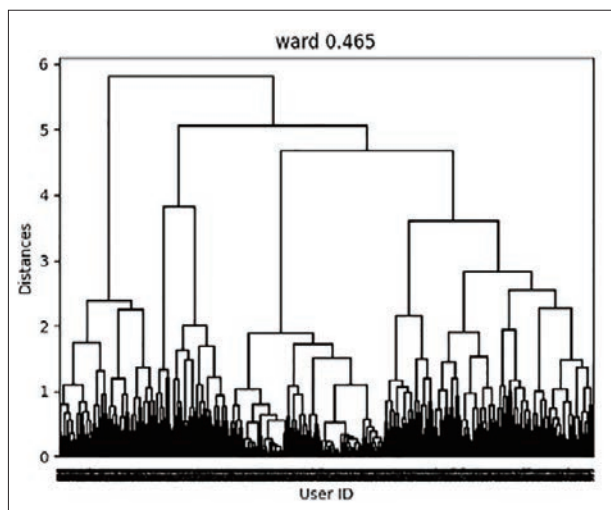
■ 図-9 緯度経度情報を加えた Bi-LSTM によるメッシュ ID 予測の概略図⁶⁾



■ 図-10 訪問地のクラスタリング例³⁾

終層の Bi-LSTM の順方向と逆方向の隠れ状態を用いて、階層的クラスタリングを行った。階層的クラスタリングにおけるクラスタの併合方法の中でも分類感度が高いとされるウォード法（クラスタ数 8）を用いている。評価指標はコーフェン相関係数を用いることで、クラスタ階層の妥当性検証を試みている。図-11 に東京都歌舞伎町（2020 年 2～5 月中）を経由したユーザに限定したクラスタリング結果を示す。

ここで、得られたクラスタの代表的な行動系列について、クラスタの近傍ユーザを分析する。人流クラスタリングでは、正解のクラスタというものがないため、正解と比較した評価はできない。今回、Bi-LSTM の系列表現を階層的クラスタリングすることにより得られたクラスタ 5 および 6 について地図上に経路を描画してその傾向を分析している。ここで、東京都新宿歌舞伎町を経由したユーザのみを事前にフィルタリングし、クラスタリングの対象としたことに注意されたい。クラスタ 5 およびクラスタ 6 の重心値に最近傍のユーザ 1 名の経路を図-12 に描画する。両者とも新宿歌舞伎町を経由しているが、クラスタ 6 では、よりその近郊に滞在していることが分かる。



■図-11 Bi-LSTM の分散表現に基づくユーザのクラスタリング結果

人流可視化システム

我々は、クラスタとユーザがどのように移動するかを示すためのデモシステムを構築した。人流クラスタリングにより得られたクラスタに基づいて、クラスタに属する重心ユーザまたは全ユーザの実際の移動経路を描画できる（図-13）。

まず、各クラスタの分散表現の平均を算出することにより、重心ベクトルを計算した。次に、コサイン類似度に基づいて重心ベクトルから最も近い K 人ユーザを計算する。地図上において、近傍 K ユーザ、または任意のユーザ、それに伴った職場 ID などの属性情報も確認できる仕様となっている。ユーザが異なれば、色も異なり表示される。人流可視化システムには、時間範囲、場所、および地図上に描画される最近傍ユーザの数をフィルタリングする機能が含まれている。



■図-12 東京都、新宿歌舞伎町を経由するクラスタの重心ユーザの移動経路

今後の展望

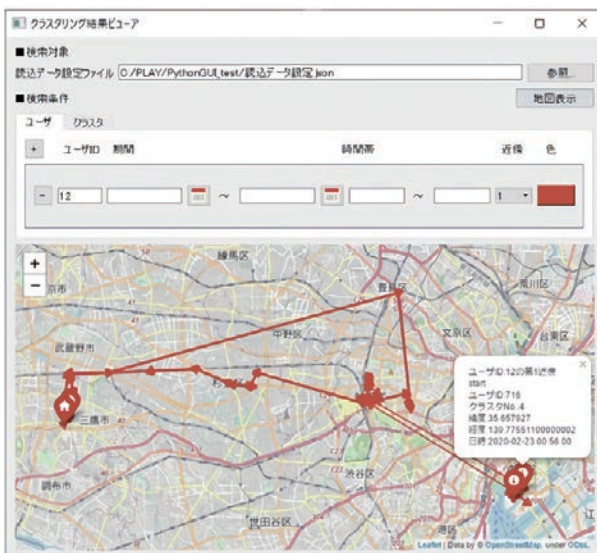
本稿では、人流解析クラスタリングについて、その分散表現の獲得から階層的クラスタリングまでの、これまでの研究群を紹介した。今後の課題として、まずデータ処理に関しては、サンプリング間隔の一貫性や、移動経路の不確実性の問題について考慮しなくてはならない。またプライバシー保護の限界を踏まえ、どのように日ごとの変化の検出をしていくか検討が必要である。モデルに関して、Variational Auto-encoder などを利用した分散表現の高度化の検討も必要である。および、得られたクラスタに対して、クラスタ数の検討、ユーザ属性、国籍、訪問地の Point of Interest (POI) との関連を調べていき、

よりクラスタの解釈性を向上させていく必要がある。今後、行動系列の精密なモデリングができれば、次行動予測、異常行動の検知にも発展できる。これらの情報を活用することで、サービス提供者や地方自治体に適切なサービスの提供が可能となる。

参考文献

- 1) Crivellari, A. and Beinat, E. : LSTM-Based Deep Learning Model for Predicting Individual Mobility Traces of Short-Term Foreign Tourists, Sustainability, Vol.12(1) (2020).
- 2) Crivellari, A. and Beinat, E. : From Motion Activity to Geo-Embeddings: Generating and Exploring Vector Representations of Locations, Traces and Visitors through Large-Scale Mobility Data, ISPRS International Journal of Geo-Information, Vol.8 (2019).
- 3) Hirota, M., Oda, T., Endo, M. and Ishikawa, H. : Generating Distributed Representation of User Movement for Extracting Detour Spots, Proceedings of the 11th International Conference on Management of Digital Eco Systems (2019).
- 4) Feng, Z. and Zhu, Y. : A Survey on Trajectory Data Mining : Techniques and Applications, IEEE Access, Vol.4, pp.2056-2067 (2016).
- 5) 久保 基, 田中宏季, 中村 哲 : 観光行動理解のための分散表現に基づくユーザクラスタリング, 人工知能学会全国大会, pp.1-4 (June 2020).
- 6) 佐賀健志, 田中宏季, 中村 哲 : 緯度経度情報追加による行動履歴分散表現の高精度化, 人工知能学会全国大会, pp.1-4 (June 2021).

(2021年7月30日受付)



■図-13 構築した人流可視化システム

■田中宏季 hiroki-tan@is.naist.jp

2010年旭川工業高等専門学校生産システム工学専攻卒業、2015年奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了。現在、奈良先端大助教、および理化学研究所 革新知能統合研究センター客員研究員。

■中村 哲 (正会員) satoshi.nakamura.vr@riken.jp

ATR、情報通信研究機構などを経て、現在、理化学研究所革新知能統合研究センター観光情報解析チームリーダー、奈良先端大データ駆動型サイエンス創造センター長、教授。観光情報解析、音声言語情報処理の研究に従事。本会業績賞。本会、IEEE、ISCA フェロー。

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

6 観光ナビゲーション



安本慶一 理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム/
奈良先端科学技術大学院大学



観光とナビゲーション

COVID-19 の世界的な感染拡大により、人々の行動が制限され、2019 年まで右肩上がりであった観光客数は 2020 年以降激減した。一方で、混雑を避ける分散型観光が脚光を浴びている。ポストコロナ時代には観光需要は急回復することが見込まれているものの、分散型観光といったトレンドは今後も維持もしくはさらに高度に発展していくものと予想する。そのため、分散型観光や混雑を回避しながら効率良く観光地を訪問することを支援するための、ICT を使った観光スポット推薦や観光ナビゲーションシステム（以降、観光ナビと呼ぶ）がこれまで以上に重要になってくる。本稿では、観光スポット推薦システムと観光客の目的地への移動を効率よく誘導する観光ナビ技術について、筆者らの取り組みを中心に紹介する。

観光スポット推薦と観光ナビ

広く普及したカーナビゲーション（カーナビ）や Google Maps などの地図アプリは、現在地から指定した目的地への最短距離経路（あるいは最短時間経路等）を算出し、カーナビやスマートフォンの画面に現在地を中心とする地図を表示し目的地への経路を重畳する（さらに、必要なときに右左折等をポップアップで指示する）などの方法により、ユーザを

目的地へと誘導する。

これらカーナビや地図アプリは、観光においても、目的地に到達するために大変有用である。一方で、観光では、複数のスポットを次々に訪問するが、どういった訪問順序でどのように移動すれば効率良く観光できるのかまでは教えてくれない。そこで、観光前、観光中に観光客を支援する観光ナビシステムが必要になる。本章では、既存のいくつかの観光ナビシステムを、事前計画派向けと無計画派向けに分けて、紹介する。

事前計画派向け観光ナビ

王道とも言える観光スタイルは、複数有名観光地への物見遊山型^{ものみゆざん}、すなわち、限られた時間で複数の名所を効率よく訪問するというものである。そのため、各観光スポットへの移動、滞在時間を考慮した観光経路計画（観光プラン）を事前に作成する必要がある。観光経路計画は、巡回セールスマン問題（ N カ所の都市を最短経路で訪問する経路を求める問題、 $N!$ 通りの組合せの中から最短経路の探索が必要）よりも難しい（より組合せが多い）問題であり、観光候補地が多いときには実用時間で最適解を求めることが難しいことが知られている。この問題をヒューリスティックアルゴリズムを使って解く観光プランニングツールは古くから存在しており、2004年に発表された P-Tour¹⁾は、遺伝的アルゴリズムを使って、限られた観光時間の制約のもとで、

特集
Special Feature

満足度が最大となる準最適な観光経路を実用時間で算出する機能と、モバイルフォンを使ってユーザをナビゲーションする機能を実現している (図-1)。

CT-Planner²⁾は、ユーザとのインタラクションにより、パーソナライズされた観光経路を算出し(遺伝的アルゴリズムを利用)提供する。最新版であるCT-Planner ver5.9がWebで利用可能^{☆1}になっている。CT-Planner ver5.9では、ユーザは、1. 観光地(代表的観光地リストから選択)、2. 交通手段(ドライブ、徒歩+電車などから選択)、3. 出発地と到着地(駅等のリストから選択)、4. 旅行スタイル(いろいろ、のんびり、子供となど5種類から選択)を入力する。その後、図-2左に示すインタフェースで、旅行時間、開始時刻、歩く速度や、プランの性格(穴場好き、静けさ重視など)を入力することで、瞬時に観光経路(図-2中央)と訪問計画(図-2右)が算出され提示される。パラメタを変更し、推薦される観光経路計画を確認し、さらにパラメタを微修正するといったプロセスを繰り返すことで、自分に最適な観光経路を求めることができる。

これらの観光プランニングシステムは、観光客が事前に観光を計画するためにきわめて有用である一方で、観光中の予定変更に対応しにくいという課題がある。

無計画派向け観光ナビ

2015年に実施されたアンケートでは、事前に綿密な計画を建てる観光客は全体の30%程度であったことが報告されている^{☆2}。よって、その他の大多数の観光客をサポート可能なナビシステムが必要である。次に訪問すべきスポットを観光中に推薦するナビゲーションを「オンサイト観光ナビ」と呼ぶ。オンサイト観光ナビの研究がいくつか行われている。過去の行動履歴の協調フィルタリングにより次スポットを推薦するシステムや、現在地・嗜好・スポットの動的情報(混雑など)を考慮し次のスポットを推薦するシステムがこれまでに提案されている。

これら既存のオンサイト観光ナビシステムは、観光客の好みを反映したスポットの推薦が可能であるが、そのスポットに行くことにより、その後どの別のスポットに行けるかまでは考慮していない。そのため、図-3に示すように、行きたかったスポットに適時に行けない(夜景がきれいなスポットに昼に行ってしまった)、あるスポットに行ったために、行きたかった別のスポットに行けなくなったなどの状況が発生する。

ISO-Tour³⁾は、このオンサイト観光ナビの問題を、「先読み」と「気づき」という2つの戦略によって

☆1 <https://ctplanner.jp/ctp5/>

☆2 <https://ameblo.jp/mediaflag/entry-12018161697.html>



■図-1 P-Tourの概要



■図-2 CT-Planner ver5.9の画面

特集
Special Feature

解決している。

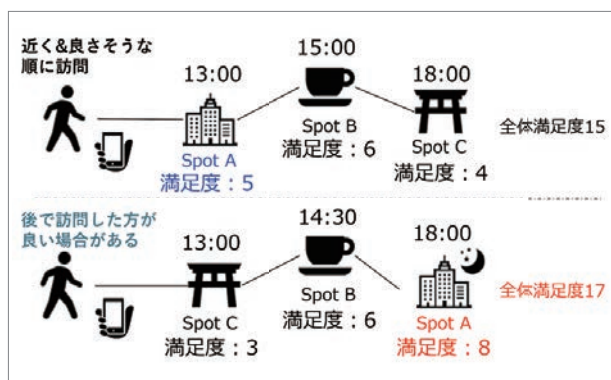
「先読み」では、次に訪問するスポットと、移動時間・残り時間を考慮して、それ以降に訪問可能なスポット群を求め、さらに、実際に訪問可能なスポット群の中で、最も高い満足度が得られるスポットの系列を求めている。具体的には、残り時間および残りのスポット群の中で、最も高い満足度が得られる(訪問時刻, スポット)の組を求め、それを埋めた後の残り空き時間帯に対し、次に高い満足度の(時刻, スポット)を求める。これを、空き時間帯がなくなるまで、繰り返す。ただし、各ステップにおいて、上位k個の候補に対しツリー状に探索することで、局所解に陥りにくくしている(図-4)。図-4では、現在地Iから、次に訪問可能なスポットA~Gが存在する場合に、Aを訪問後に満足度が高くなる(時刻, スポット)の上位3つ(k=3)として、(17時, C), (16時, C), (15時, C)を算出している。(17

時, C)を選んだ際は、空き時間を埋める次の訪問候補として、(15時, F), (15時, D), (15時, E)が算出されている。探索木のすべての探索を終えた後、期待満足度が最大の(13時, A)→(15時, F)→(17時, C)が算出されている。

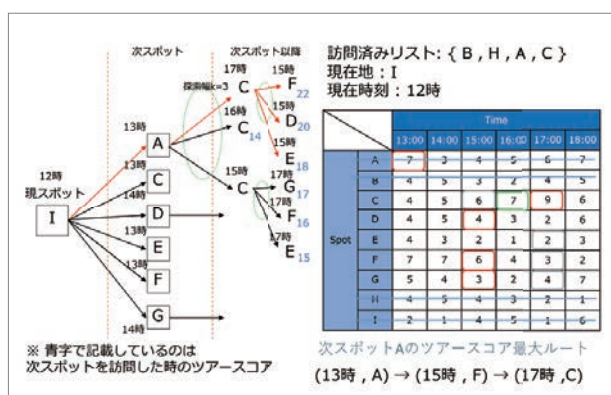
「気づき」では、次に訪問可能なスポットを、それ以降に訪問可能なスポット群と期待満足度とともに表示することで、複数の次訪問可能なスポットを比較できるようにする。

ISO-Tour アプリでは、ユーザが、嗜好タイプ、観光優先タイプ、観光終了時刻、現在地を入力し(図-5左)検索すると、おすすめスポットがいくつか表示される(例では、天龍寺、野宮神社、竹林の小径の3つ)。図-5中央の各おすすめスポットには、訪問することによる期待満足度スコアと、そのスポット以降に訪問可能なスポット群に対する期待満足度が表示される。天龍寺を選択すると、図-5右に示すように、天龍寺訪問後に訪問可能なスポット群はカラーで、訪問できなくなるスポット群はグレーアウトされて表示される。

ISO-Tourの有効性を確認するための実証実験が京都嵐山エリアで行われている。スポットとして、表-1に示す32カ所のスポットが対象となっている。募集した20~60代の56名をA群とB群の2グループに分け、A群には、次スポットだけを考慮した推薦を行い(先読み・気づきなし)、B群には、



■図-3 オンサイト観光ナビの問題点



■図-4 ISO-Tourにおける先読み探索



■図-5 ISO-Tourでの次訪問スポットの推薦

特集

Special Feature

探索幅 $k=3$ で先読みした期待満足度と訪問可能スポット群とともに次スポットを推薦する（先読み・気づきあり）。各群とも合計4時間の観光を行った。比較の結果を図-6に示す。ツアースコア（どれだけ満足したか）、訪問スポット数（いくつのスポットを訪問できたか）、訪問適時性（最良の時間帯に訪問したときに得られる満足度に対する割合）の3点で、B群がA群を上回り、統計的にも有意となった。

このように、オンサイト観光でも、先読みと気づきを導入することで、事前計画に匹敵する観光が可

能になる可能性が示唆された。

観光ナビの今後の展望

スマートツーリズムの進展により、観光ナビは、今後、効率良い観光を支援するだけでなく、観光体験の質を高めるような支援や、安全安心を担保するための支援を観光客に提供していくことが求められる。そのためには、観光地のさまざまな情報だけでなく混雑やイベント、インシデントといった動的状況のリアルタイムの収集と共有、最新情報を用いた人々の誘導のための技術が求められる。

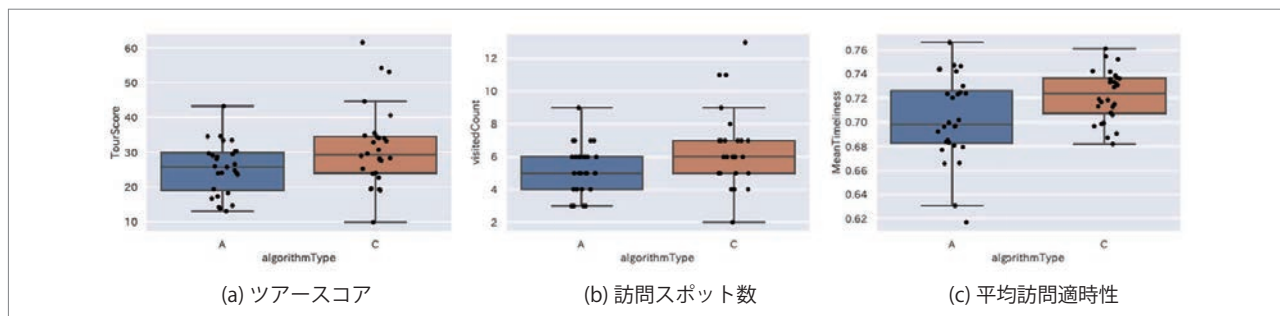
■表-1 嵐山エリアの観光スポット群

Symbol	Description	Symbol	Description
TGB	渡月橋	MBC	マールブランシュ嵐山店
TJT	天龍寺	SST	鈴虫寺
HIT	宝厳院	KZS	車折神社
JJT	常寂光寺	TKSP	東映太秦映画村
NIT	二尊院	SMC	嵯峨嵐山文華館
SRT	清涼寺	AOM	京都嵐山オルゴール博物館
HKT	宝篋院	EXC	eXcafe 京都嵐山本店
NMS	野宮神社	KT	苔寺
CNK	竹林の小径	SYC	嵯峨野湯
DJT	旧嵯峨御所	HK	保津川下り
MSC	ムスビカフェ	CHC	茶寮八翠
RSS	落柿舎	OST	大河内山荘庭園
GOT	祇王寺	MOS	松尾大社
INT	化野念仏寺	HRT	法輪寺
ANC	嵐山のむら	CRC	カフェライブラ
KRT	広隆寺	HKC	廣瀬珈琲店

観光情報のリアルタイム収集

観光地における情報の収集には、「参加型観光情報の収集」の章で紹介されるユーザ参加型センシングが有望である。観光客が、観光地の現況を反映する写真や動画をリアルタイムに提供し、それを必要とする他の観光客（訪問可能性のある観光客）に、タイムリーに共有できれば、オンサイト観光推薦に大いに役立つと考えられる。

しかし、インセンティブの問題、写真や動画に映り込む観光客自身や他の観光客のプライバシーや肖像権の問題が発生する。そこで、写真や動画から写っているオブジェクト（人、屋台、建造物、鹿などの野生動物、草木、夕景夜景など）を認識し、認識されたオブジェクトのリストだけを共有することで、観光客のプライバシーに配慮した観光地の状況



■図-6 A群（先読み・気づきなし）とB群（あり）の比較結果

共有方法が検討されている。これを実現するためには、いくつかの課題を解決しなければならない。

まず、観光地ごとに認識対象が異なるオブジェクト認識モデルをどう学習するかという課題が存在する。学習用データを観光客が提供する方法では、前述のプライバシー問題を解決できない。この課題は、Federated Learning で解決できる可能性がある。Federated Learning は、モデルの重みパラメータや勾配のみが外部（サーバ）に送信され、学習データ自体は外部に送信されないため、プライバシー情報が漏洩しにくいという特徴を持つ。観光客が自身のモバイル端末で自身が持つデータで学習した深層学習モデルを Federated Learning により、他の観光客のモデルと統合し（モデルパラメータである重みや勾配を平均化するなど）、モデルをどんどん賢くしていくというアプローチが提案されている⁴⁾。

もう1つの課題は、観光地の現況を表すオブジェクトリストから、観光地の状況を説明するコンテンツをどう生成するかである。これには、近年急速に発展している GAN (Generative Adversarial Networks) を使った映像生成技術が使用できる可能性がある。筆者らは、観光地のテンプレート画像と現況を表すオブジェクトリストから、GAN を使って、混雑や時間帯、季節などの現況を反映する観光地の映像自動生成方法について検討している⁵⁾。

マルチモーダル経路案内

現代では、移動の手段が多様化している。従来の鉄道、バス、タクシー、レンタカー、ライドシェアに加え、シェアリングエコノミーにより、自転車やキックバイクなども街なかで手軽に借りて乗り捨てができるようになってきている。そうした現状においては、複数の移動手段を組み合わせることで、これまでになかった効率的かつ快適な観光体験を提供できるに違いない。

しかし、複数の移動手段を組み合わせるマルチモーダル経路案内は、膨大な数の組合せから

最適な組合せを求める必要があるだけでなく、観光においては、金銭的費用、観光時間、体力も考えなくてはならない。平野らは、観光にかかる金銭的費用、時間、体力を観光客に課されるコスト、観光で得られる満足度を観光のパフォーマンスとみなし、異なる価値観を持つ観光客が、それぞれの基準でコストパフォーマンスの良い観光経路を求めるための多目的最適化問題を定式化し、多目的遺伝的アルゴリズムである NSGA-II を用いたソリューションを提案した⁶⁾。有名観光地である京都市東山区の31観光スポットを対象としたシミュレーション評価により、提案手法が、異なる嗜好に対応可能なマルチモーダル観光経路を一度の計算で求めることが可能なことが示された (図-7)。

観光における混雑回避人流誘導

これまでに述べた、観光ナビや観光情報のリアルタイム収集システムが普及し、大多数の観光客が使用するようになると、各観光スポットの混雑度がリアルタイムに把握できるようになるだけでなく、今後の混雑度も予測できるようになる。

各観光スポットの混雑状況や今後の混雑予測を観光客に共有することで（すでに Google Maps では、一部スポットのリアルタイム混雑状況や統計的な時間帯別混雑予測情報を提供中）、各観光客が自身の判断で混雑する時間帯を避けるように観光スポットを訪問し、分散型観光が促進されることが期待され



■ 図-7 異なる嗜好に対応したマルチモーダル観光経路 (赤: 徒歩, 緑: タクシー, 青: バス) (左上: 金銭重視, 右上: バランス型, 左下: 時間重視, 右下: 満足度重視)

特集
Special Feature

る。分散型観光の促進のためには、人々に「気づき」を与えて行動変容を促す技術が必要になってくる。

行動経済学の「ナッジ理論」に基づく行動変容の取り組みとして、NTTドコモと東急バスは、バス停留所のデジタルサイネージに「次のバスは見送った方が快適」などのメッセージを配信し、どれだけ効果があるか検証を開始している。これらの取り組みは、あるバス路線といった狭いエリアにおいて少しの行動変容を促すことで混雑を平準化するが、より広域かつ大規模な観光エリアにおける、行動変容と混雑平準化のためには、より抜本的な取り組みが求められる。大規模な混雑度の平準化を実現するためには、利用者全体の行動予測などから、平準化につながる変容行動（均衡解）の算出と、均衡解への誘導を適切に行う基盤技術が必要である。この目的に向け、ゲーム理論のベストレスポンスやナッシュ均衡の算出アルゴリズムを用いたマルチエージェントシミュレーション（MAS）に基づく均衡解の算出方法がいくつか提案されている。しかし、既存研究は、特殊な系の分析が主流であり、現実の大規模な平準化は理論が扱うには複雑すぎて検討が不十分である。今後、現実世界での観光地のセンシング状況と人々の行動計画を時々刻々と取り込みながら、ゲーム理論をもとに均衡解の算出とそれに基づいた行動変容を促す、Digital Twin シミュレーション技術（現実世界そっくりな環境をサイバー世界に再現し、シミュレーションにより将来起こることを

予測し、現実世界にフィードバックすることにより、現実世界を改善していく技術）の開発が切望される。

参考文献

- 1) 丸山敦史, 柴田直樹, 村田佳洋, 安本慶一, 伊藤 実: P-Tour: 観光スケジュール作成支援とスケジュールに沿った経路案内を行うパーソナルナビゲーションシステム, 情報処理学会論文誌, pp.2678-2687 (2004).
- 2) Kurata, Y., Shinagawa, Y. and Hara, T.: Ctplanner5: A Computer-aided Tour Planning Service Which Profits both Tourists and Destinations, Workshop on Tourism Recommender Systems, RecSys, Vol.15, pp.35-42 (2015).
- 3) Isoda, S., Hidaka, M., Matsuda, Y., Suwa, H. and Yasumoto, K.: Timeliness-aware on-site Planning Method for Tour Navigation. Smart Cities, Vol.3, No.4, pp.1383-1404 (2020).
- 4) 富田周作, 中村優吾, 諏訪博彦, 安本慶一: 端末間の近距離通信を使った Federated Learning による観光オブジェクト認識モデルの参加型学習法とその評価, 第 29 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2021) (2021).
- 5) 河中昌樹, 富田周作, 中村優吾, 諏訪博彦, 安本慶一: 観光地のリアルタイム状況説明システムの検討, 第 20 回情報処理学会関西支部大会 (2021).
- 6) Hirano, Y., Suwa, H. and Yasumoto, K.: A Method for Generating Multiple Tour Routes Balancing User Satisfaction and Resource Consumption, Workshop Proceedings of the 15th International Conference on Intelligent Environments, pp.180-189 (2019).

(2021年7月30日受付)

■安本慶一（正会員） yasumoto@is.naist.jp

理化学研究所革新知能統合研究センター観光情報解析チーム・奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科教授、モバイルコンピューティング、ユビキタスコンピューティングに関する研究に従事。

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

7 観光のための動画キュレーション

応
般

諏訪博彦

理化学研究所革新知能統合研究センター（AIP）観光情報解析チーム／
奈良先端科学技術大学院大学

キュレーションによる情報整理

図書館で読みたい本を探すにはどうすればいいだろうか？ 本棚を端からしらみつぶしに探せば、いつかは読みたい本が見つかるかもしれない。しかしそれには、膨大な時間と体力、精神力が要求される。これをサポートするのが図書館司書によるレファレンスサービスである。レファレンスサービスは、資料や情報を求めている人と適切な情報源を図書館司書が手助けして結びつけるサービスである。

現代社会は、とてつもなく大きな図書館の中で生活するような社会である。情報技術の発展により、いたるところで情報が生成・収集され、膨大な情報が日々流通している。溢れかえる情報の中から自分に必要な情報を取捨選択することは、乱雑に配架された図書館から読みたい本を見つけるようなものである。迅速に必要な情報を見つけるためには、ルールに従って配架された図書館およびレファレンスサービスが必要である。

これを実現するのがキュレーション技術である。キュレーションとは、キュレータと呼ばれる情報の編纂者（人またはシステム）がさまざまな情報を独自の判断で収集・整理し、新しい価値を持たせて共有する仕組みである。利用者は、図書館を利用するのと同じように、整理された価値の高い情報を受け取ることができる。身近なサービスとしては、グノシー・スマートニュース・NAVERまとめなどが挙

げられる。

この概念を動画に当てはめたのが、動画キュレーションである。動画キュレーションとは、画像処理や音声処理技術を用いて自動で動画を分割したり、テロップなどを挿入したりすることで、重要な場面を効果的に抽出・強調する技術である。たとえば、複数カメラで撮影したスポーツ映像ストリームの実時間編纂システム（図-1）や、特定の「推し」を追いかけて続ける推しカメラなどがある。

スポーツ動画編纂システムは、複数のカメラで撮影される野球の試合を、試合の場面に応じてリアルタイムに編纂するシステムである¹⁾。各カメラに撮影されている物体（ボール、パット、ピッチャー、バッターなど）を認識し、それらの情報から最適なカメラを選択するカメラワークを実現している。

この動画キュレーションを観光に応用したのが、観光動画キュレーションである。観光における動画キュレーションの活用場面として、観光前のプランニングや道案内、観光後の振り返りやシェアがある。

観光における動画キュレーション

観光経路案内システム（観光前）

観光前は、訪問する観光スポットを決定する観光プランニングが必要となる。その際には、観光スポット間の移動も重要な要素となる。移動経路の様子を把握しておくことは、観光プランニングを助けるだ

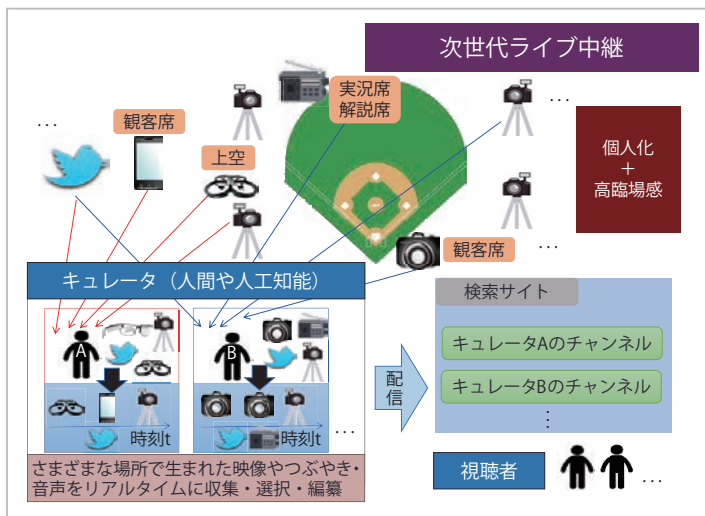
特集
Special Feature

けでなく、迷子になるリスクを軽減することにつながる。移動経路の把握には、マップやストリートビューなどがあるが、いちいち確認するのは手間である。これをサポートするのが、動画キュレーションを用いた観光経路案内システムである(図-2)。このシステムは、デジタルサイネージに表示されたマップから、行きたい観光スポットを複数選択するだけで、その経路を経路動画とともに表示する。

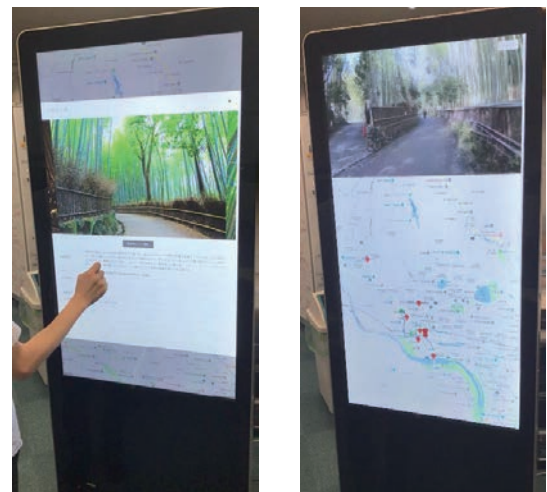
図-3に、観光経路案内システムの画面遷移を示す。このシステムは、基本的にスポット選択画面、スポット詳細画面、経路案内動画再生画面で構成さ

れている。利用者は、スポット選択画面およびスポット詳細画面で、観光スポットの位置や詳細を確認し、気に入ったら訪問スポットとして複数選択する。その後、再生ボタンを押すことにより、経路案内動画再生画面において、経路が表示されたマップだけでなく、経路動画を同時に視聴することができる。経路動画は、重要部分は8倍速、その他の部分が32倍速で再生される。このことにより、利用者は、マップによる位置関係だけでなく、経路移動時の街並みや風景を短時間で直感的に理解できるようになる。

経路動画のキュレーションにおいて、重要部分の



■図-1 複数カメラで撮影したスポーツ映像ストリームの実時間編集システム



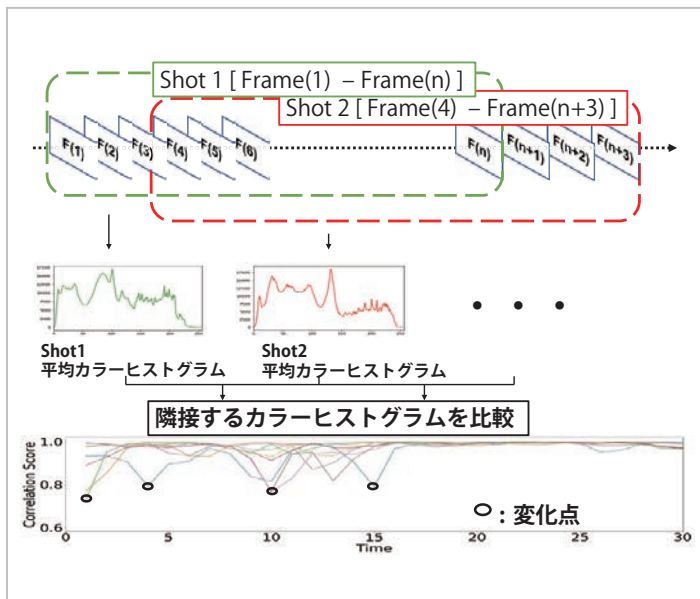
■図-2 動画キュレーションによる観光経路案内システム (左: 経路設定画面, 右: 経路動画&マップ)



■図-3 観光経路案内システムの画面遷移

特集
Special Feature

自動抽出が課題となる。ここでいう重要部分とは、場面が大きく変わるところ（変化点）や、経路の分岐点（交差点）と考える。変化点の抽出には、カラーヒストグラムの変化を利用している。動画の全フレームを9分割し、それぞれのカラーヒストグラムを計算した後、一定フレーム（ショット）ごとに平均し、隣接するショットの相関係数を算出することで変化点を抽出している（図-4）。技術の詳細については、Kanayaら²⁾や平野ら³⁾を参照してほしい。

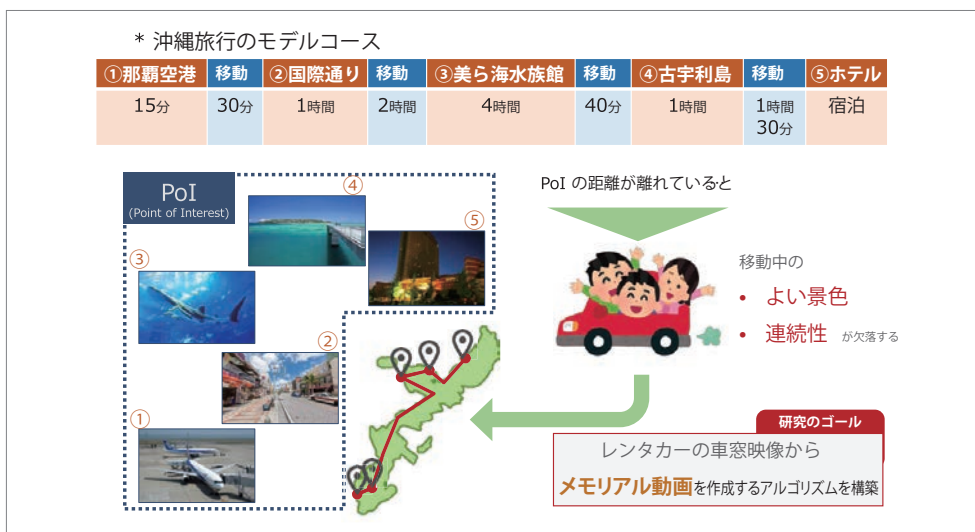


■図-4 カラーヒストグラムを用いた変化点の抽出

メモリアル動画生成システム（観光後）

観光後は、写真や動画により思い出を振り返ったり、SNSなどを通じて他者にメモリアル動画をシェアしたりする。馬⁴⁾が指摘している通り、UGCの活用は観光分野においても盛んになっている。Google社の調査では観光客の約40%以上が観光プランを立てる際に、他の観光客のメモリアル動画などを利用すると報告されている。しかしながら、メモリアル動画の作成は、手間がかかるという課題がある。これをサポートするのが、動画キュレーションを用いたメモリアル動画生成システムである。このシステムでは、ドライブレコーダで記録された移動動画の中から、重要な場面を自動で抽出し、観光スポットで撮影された写真とともにメモリアル動画を生成する。

たとえば、沖縄旅行のとある一日を対象にメモリアル動画の生成を考える（図-5）。沖縄旅行では、その交通事情によりレンタカーを利用した観光が多い。たとえば、空港でレンタカーを借りた後、国際通りや沖縄美ら海水族館、古宇利島を観光した後、ホテルまで移動するという経路が考えられる。この1日を動画キュレー



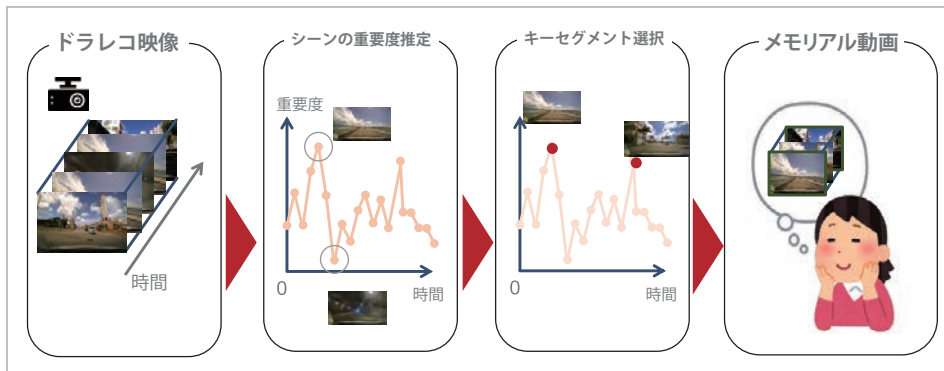
■図-5 沖縄旅行のとある一日

特集
Special Feature

ションしメモリアル動画を作成する場合、各観光スポットだけでなく、レンタカーでの移動（ドライブ）も重要な観光の一部と捉え抽出する必要がある。

メモリアル動画生成システムの概要を図-6に示す。メモリアル動画生成システムでは、レンタカーに搭載されたドライブレコーダで撮影された3秒ごとの動画（セグメント）に対し、景色の良い場面や沖縄らしさを基準にシーンの重要度を算出する。さらに、重要度の高いシーンの中から、連続性や類似性を考慮してメモリアル動画として採用するキーセグメントを選択する。選択されたキーセグメントを観光スポットの画像を繋ぎ合わせることで、ストーリー性のあるメモリアル動画を生成する。

シーンの重要度を推定するためには、判定のための基準が必要である。この基準は、人の感性に依存するため、クラウドソーシングにより構築している。3,768の3秒動画（セグメント）に対して各20人によりメモリアル動画として相応しいかなどを判定してもらい、20人の平均値の3乗をそのセグメントの基準スコアとしている。推定のための特徴量は、画像解析により抽出している。セグメントに映る特定のランドマークや映っているもの（空、建物、道路など）の割合を物体認識やセマンティックセグメンテーション技術を用いて抽出している（図-7）。この基準スコアと特徴量を用いて機械学習することで重要度推定モデルを構築している。技術の詳細については、片山ら⁵⁾を参照してほしい。



■ 図-6 メモリアル動画生成システムの概要



■ 図-7 画像解析を用いた特徴量抽出

観光動画キュレーションの課題

観光動画キュレーションにはいくつか課題がある。1つ目は、素材となるデータ収集である。観光経路案内システムの構築において、現状では、事前にデータ収集している。そのため、すべての経路動画を収集するにはそれなりのコストがかかる。また、データ収集は一度すればそれで終わりというものではなく、一定の期間ごとに更新する必要がある。さらに言えば、天気や混雑度など、その日の状況に合わせた経路動画を生成することができると、観光客にとってより有用なシステムになると考えられる。しかし、収集データの更新をシステム提供者が行うことは負荷が大きい。そのため、馬⁴⁾や藤本⁶⁾が述べているUGCや参加型センシングなどユーザによるデータ収集が考えられる。また、GANを用いて、その日の天気や混雑度、時間帯などに合わせた画像を生成することなども考えられる。

2つ目の課題は、プライバシーの保護や撮影許可の問題である。紹介した2つのシステムにおいては、経路動画やドライブレコーダ動画の中に、通行者として他の観光者や居住者が映り込むことになる。また、撮影を制限している寺社仏閣などもあり、訴訟のリスクとなり得る。通行者のプライバシーについては、画損処理技術によるモザイク処理などが必要になる。また、寺社仏閣については、それぞれに対する許可申請や観光協会との連携などにより、理解を求める必要がある。

3つ目の課題は、カスタマイズの問題である。メモリアル動画生成システムでは、クラウドソーシングを用いて、平均的に高く評価される動画を重要セグメントと判定している。しかしながら、メモリアルの感性は人により異なるため、必ずしも適切なセグメントが抽出されるとは限らない。この解決には、それぞれの観光客の嗜好に合わせたキーセグメントの自動抽出や、選択候補を提示し意思決定をゆだねる半自動キュレーションシステムなどが考えられる。

キュレーション動画による観光循環

本稿では、観光のための動画キュレーションについて紹介した。COVID-19により一時的に停滞しているものの、インバウンドを含めた観光客の多様化によって、観光プランの多様化が求められている。各観光スポットや旅行会社も、かつてのお決まりのコース観光ではなく、さまざまな工夫により差別化を行っている。このように観光情報が多様化する現代では、その大量の観光情報をキュレーションし、観光客に提示することが求められている。

キュレーションの方法として、動画は直感的に伝えるメディアとして有効である。先に述べた通り、観光客の約40%以上が観光プランを立てる際に、他の観光客のメモリアル動画などを利用すると報告されている。スマートフォンの普及・高度化に伴い、動画撮影はますます盛んになっており、今後も「観光動画に基づく観光プランの立案」→「観光実施」「観光体験(メモリアル動画)のシェア」→「観光動機の誘発」→「観光動画に基づく観光プランの立案」→……というサイクルが循環すると考える(図-8)。本稿で紹介した観光経路動画生成システムが観光プランニング・経路案内をサポートし、メモリアル動画生成システムが振り返りや他者の観光動機向上、観光プランニングをサポートする。観光動画キュレーションは、単に観光地の動画を要約するだけでなく、観光の循環を支援する役割を果たす。

今後の発展としては、より臨場感のある観光動画キュレーションが考えられる。現状では、映像・音声という視覚・聴覚情報のみであるが、匂いや温度など嗅覚・触覚情報などの利用が考えられる。COVID-19により、観光産業は大きなダメージを受けている。観光動画キュレーションは、ポストコロナ時代における観光動機の再誘発に有効であろう。加えて、より臨場感のある観光動画キュレーションシステムは、超高齢化社会における観光に行きた

特集
Special Feature

くてもいけないお年寄りなどにとって、新たな観光のスタイルとして期待される。単にキュレーションされた動画の視聴だけでなく、実際の観光地にいるガイドとのインタラクションを併用することにより、実際の観光地ならではの新たな出会いも創出できると考える。

参考文献

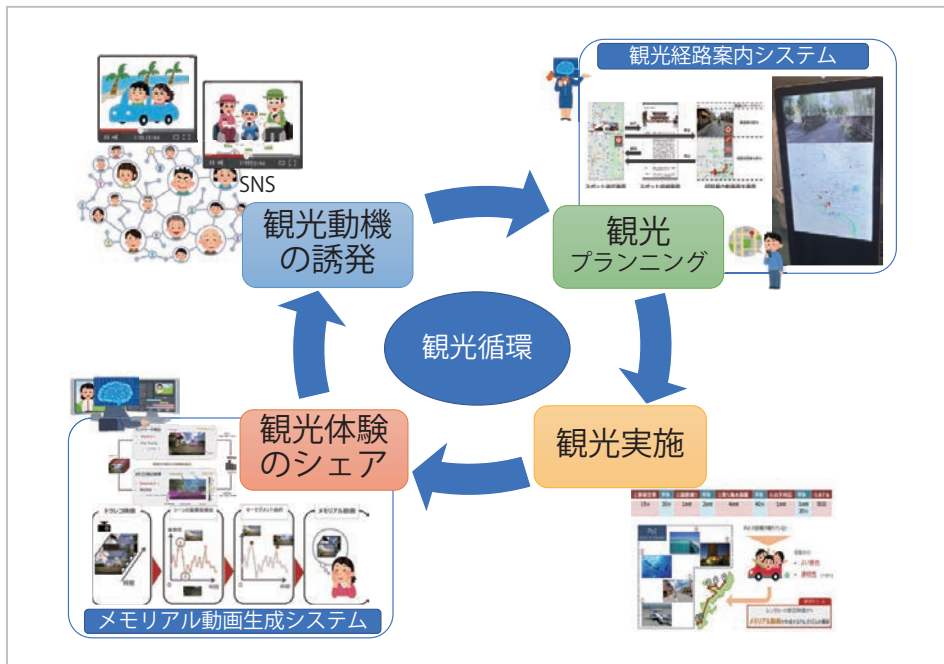
- 1) Fujisawa, K., Hirabe, Y., Suwa, H., Arakawa, Y. and Yasumoto, K. : Automatic Live Sport Video Streams Curation System from User Generated Media, International Journal of Multimedia Data Engineering and Management (IJMDEM) 7(2), 36-52 (2016).
- 2) Kanaya, Y., Kawanaka, S., Suwa, H., Arakawa, Y. and Yasumoto, K. : Automatic Route Video Summarization based on Image Analysis for Intuitive Touristic Experience, Sensors and Materials, Vol.32, No.2, pp.599-610 (2020).

- 3) 平野陽大, 佐々木皓大, 磯田祥吾, 玉置理沙, 福田修之, 諏訪博彦, 安本慶一: 動画キュレーションによる観光経路案内システムの開発と評価, 社会システムと情報技術研究ウィーク (WSSIT20) (2020).
- 4) 馬 強: UGC を利用した観光資源の発見と推薦, 情報処理, Vol.62, No.11, pp.12-17 (2021).
- 5) 片山洋平, 諏訪博彦, 安本慶一: dash-cum: ドライブレコーダを用いたメモリアル経路動画キュレーション, 第27回社会情報システム学シンポジウム (ISS27), pp.1-9 (2021).
- 6) 藤本まなと: 参加型観光情報の収集, 情報処理, Vol.62, No.11, pp.18-24 (2021).

(2021年7月30日受付)

■ 諏訪博彦 (正会員) h-suwa@po.wind.ne.jp

2019年4月よりおよび奈良先端科学技術大学院大学特任准教授。ユビキタスコンピューティングシステム, 社会情報システム学, スマートシティに関する研究に従事。



■ 図-8 キュレーション動画による観光循環

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

8 観光とチャットボット

—自動 FAQ, 推薦, 行動変容対話—

応
般

吉野幸一郎

理化学研究所 情報統合本部 ガーディアンロボットプロジェクト (GRP)



自然言語インタフェースとしての チャットボット

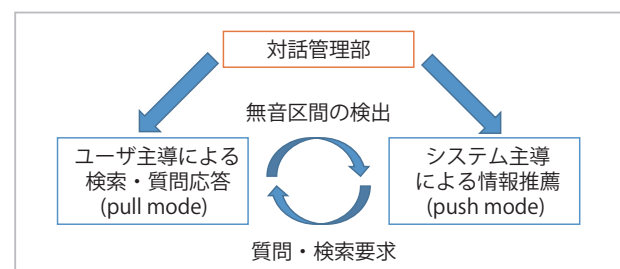
近年チャットボットはさまざまな場面で利用されるようになってきている。これは、人間の意思を伝える道具として最も大切に使いやすいものの一つが自然言語を用いたインタラクションであるためである。こうしたチャットボットを用いる場面として注目されているのが、観光や官公庁における情報案内のタスク・ドメインである。

特に近年の観光を取り巻く状況は、観光客の周りにさまざまな情報が溢れており、選択肢が多様である反面、真に必要とする情報を発見し選択することが容易ではない。Web 検索などで必要とする情報を得たい場合、必要とする情報を得るためのキーワードやハッシュタグを適切に入力する必要がある。適切なキーワードやハッシュタグを知ることは容易ではなく、またキーワード入力によって提示された情報のうち、自分に必要なものを読み取ることが必要とされる。

こうした状況を支援するために、いくつか対話的な支援を行うチャットボットのコンセプトやシステムが提案されてきた。本稿ではこれらのコンセプトやシステムを概観し、観光案内チャットボットに求められる役割や、期待される社会的役割について明らかにする。

情報コンシェルジュ

観光において、気の利いた情報を教えてくれる、必要な予約を行ってくれるといった手伝いを行ってくれる存在としては、コンシェルジュが思い浮かぶ。ホテルのコンシェルジュは顧客の質問や要求に応えるのみならず、さまざまなユーザの潜在的な要求に先回りして応えてくれる存在である。こうしたコンシェルジュの機能を実現しようとしたのが、情報爆発プロジェクトにおける「情報コンシェルジュ」¹⁾である。情報コンシェルジュは、ユーザの発話に含まれる焦点語や、サイネージを見ているユーザの視線の情報などを用いて潜在的なユーザのニーズを明らかにし、さまざまな提案を行うコンセプトとして提案された。このコンセプトでは、システムからの先回りしたプロアクティブな情報推薦 (図-1) によって、従来受動的であったチャットボットの振る舞いに能動的な要素を組み込もうとした。筆者らはこのコンセプトに従い、京都観光案内などを対象と



■ 図-1 情報コンシェルジュで提案されたプロアクティブな情報推薦

したさまざまなチャットボットを研究開発してきた(図-2)。この枠組みでは、対話中にユーザが興味を示した話題についての提示を行い、ユーザの反応、特に質問や無音状態の検出に応じて、質問応答やプロアクティブな情報推薦などさまざまな対話モジュールを呼び出す、Modular-based と呼ばれる構造を採用している。

チャットボットの形態

観光案内などを行うチャットボットを構築する上で、どのようなデバイスで何を入力として想定するかなど、いくつか形態が存在する。ここでは特に、サイネージなどの据え置き型と、スマートフォンなどのモバイル型に分類して説明する。

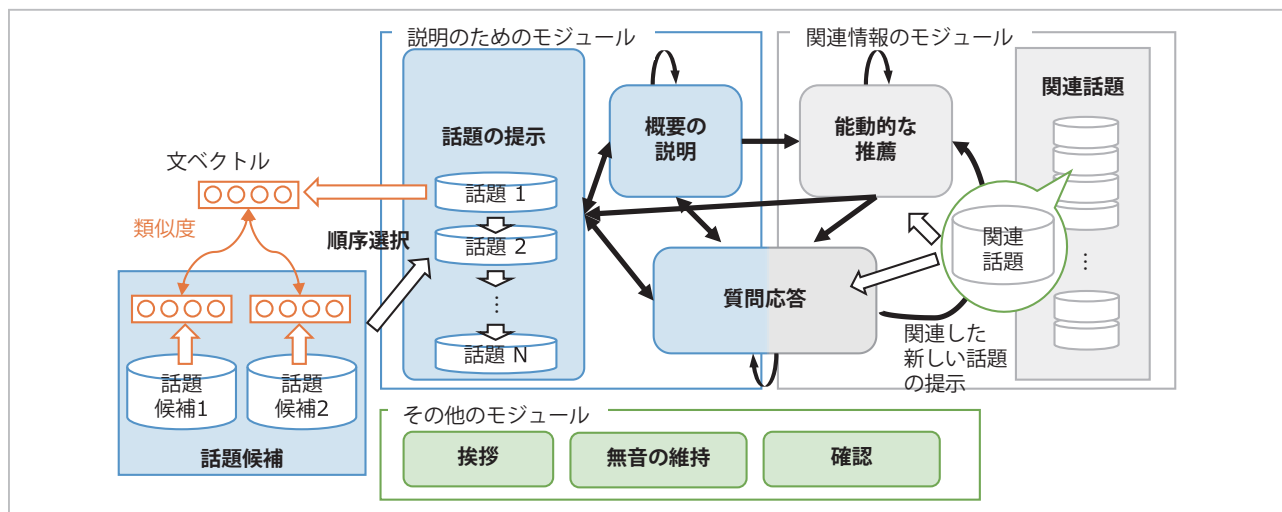
サイネージ・据え置きアシスタント

据え置き型のチャットボットは最も長く研究開発が行われてきたもので、2000年代前半から検討が行われてきた。据え置き型のチャットボットで観光案内を行う初期のもの1つとして、「たけまるくん」²⁾が挙げられる。たけまるくんは、生駒市のキャラクターの実物大筐体の実装された対話システムである。生駒市のコミュニティセンター内で実運用され、生駒の名所や天気などについて尋ねることができた。その後大型液晶パネルが安価に利用できる

ようになったなどの事情から、こうした据え置きエージェントをサイネージ上のキャラクタで置き換えるような枠組みが主流となった。代表的な例はMMDAgent³⁾を用いて開発された「メイちゃん」である。メイちゃんは名古屋工業大学に設置され、天気予報や周辺の情報についての対話を行うことができる。近年はタッチパネル式を搭載したサイネージシステムも増加しており、これに言語を用いたインタラクション機能を追加することでチャットボット相当の機能を実現する実証が行われている。

スマートフォンアプリ

特にスマートフォンが普及して以降、スマートフォンに音声インタフェースやテキストインタフェースを備えたチャットボット機能を実装することが一般的に行われるようになった。これは深層学習普及に伴う音声認識の大幅な精度向上と、スマートフォンの入力インタフェースの性能向上に由来する。スマートフォンなどのモバイル端末を利用する場合、音声認識はモバイル端末上では行わず、ユーザの発話音声、あるいは発話音声を変換した特徴量をクラウド上のサーバに送信し、サーバから音声認識結果を得て利用することが多い。こうした枠組みは単なるWeb検索の音声インタフェース付与からはじまり、「Siri」のようなスマートフォンのネイティ



■図-2 京都観光案内チャットボットの全体像

特集 Special Feature

ブアプリ機能の呼び出しや、「しゃべってコンシェル」のような質問応答機能などが実現されてきた。さらに、観光ドメインにおいても、自治体などでもブラウザアプリやLINE 対話など、さまざまなチャットボットが実現されるに至っている。この一例として、筆者らが実際に京都の嵐山において実証実験を行った観光案内チャットボットなどがある(図-3)。

観光案内チャットボットに求められる役割

自然言語インタフェースとしてのチャットボットが普及したことにより、観光を含むさまざまな場面でチャットボットが利用されるに至っている。しかし、チャットボットが何を答えてくれるか分からず、ユーザからの利用が進まないという問題もしばしば生じている。実際のチャットボットが応答可能な範囲は限られているため、ユーザがどのような発話を行うか想定し、その発話形式にユーザを誘導することは非常に重要である。本章では、対話においてユーザ・チャットボットのどちらが主導権を握るかという観点から、観光案内チャットボットに求められる役割を整理する。



■図-3 京都観光案内チャットボットの対話インタフェース

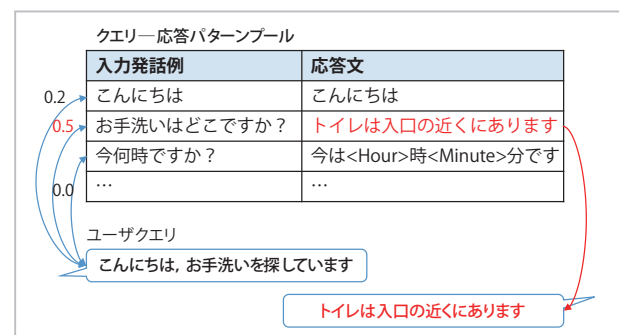
受動的応答

受動的応答とは、ユーザが何かを要求した場合にそれに対応する内容をチャットボットが答えるものである。質問応答や特定のタスク達成を目指すタスク対話などが典型的な例となるが、これらの場合、ユーザの要求は明確であり、チャットボットが行うべき行動も明らかである。チャットボットの目的は、ユーザが求める回答をいかに短時間で提示するかということになる。

これに対し、ユーザの要求が曖昧でユーザ側がクエリ・要求を明確化できない場合に、対話が止まってしまう問題がある。この問題に対応するためには、能動的応答を用いることが有効である。

パターンによる応答

従来のチャットボットの多くは受動的応答を想定しているが、ユーザの発話が多岐に渡り、オープンドメインのさまざまな対話に対応するのが難しいという問題がある。この問題に対応するために、大規模なクエリー-応答のパターンプールを用意し、この中から適切なクエリー-応答を呼び出すという response selection と呼ばれる手法が一般に用いられている(図-4)。図の例では、大量に用意されたクエリー-応答パターンプールの中から、現在のユーザクエリ「こんにちは。お手洗いを探しています」に類似する発話として「お手洗いはどこですか?」を選択し、このクエリに対応する応答である「トイレは入口の近くにありますが」という発話を応答とし



■図-4 Response selection

て利用している。つまり、現在のユーザ発話に最も類似するクエリを検索し、そのクエリに対応付けられた応答をチャットボットの応答として利用するという方法である。こうした枠組みは質問応答などにも用いることができ、さまざまな場面で実際のチャットボットに用いられている。また学術研究として、どのように類似するクエリを取得するか、クエリ-応答ペアになっていない候補からいかに応答候補を取得するかなどが研究されている。

このほかにも、クエリと応答の対応を学習しようとする生成的アプローチの学術研究は存在するが、生成的アプローチはチャットボットが予期しない発話を生成する可能性があるため、社会応用という観点では注意が必要である。

タスク対話（レストラン検索）

またこのほかにも、タスク対話という形が一般に用いられる。タスク対話型のチャットボットは、ユーザの要求する情報を提供するために複数回の対話を行うことを想定する。つまり、対話的に曖昧性を解消しつつユーザの検索目標を実現する。図-5の例では、ユーザの「京都のイタリアン」という発話には場所についての曖昧性がある。ここで京都全域のイタリアンを検索する、あるいは京都駅と絞り込んでしまったイタリアンを検索するという方法も考えられる。しかし、ユーザが指す「京都」の範囲を絞

り込むために問い返すというのが、ユーザ満足度を高めるために有効な手法である。もちろん、これ以外に位置情報などのコンテキスト情報が利用可能であればこれを利用する。ただ、近年商用で利用されているチャットボットの多くではこのような対話の履歴を参照せず、ユーザの期待に沿わない検索結果が出力された場合に、ユーザがクエリを変更して入力しなおすことを期待した実装を行っているものも多い。この場合、先に述べたようにユーザが適切なクエリを入力できない可能性が高まるため、必要な追加情報をユーザに分かる形で表示することが望ましい。

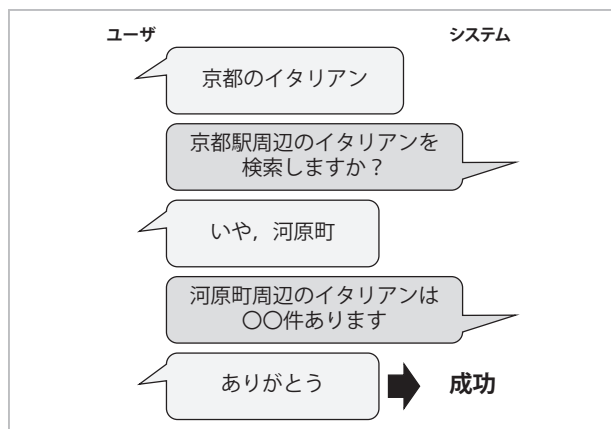
こうしたタスク対話は特に学術コミュニティでは盛んに研究が行われており、Dialogue System Technology Challenge (DSTC) や MultiWOZ などの英語での研究用オープンベンチマークが公開されている。英語においては Microsoft, Facebook, Amazon, Google などの米国 IT 大手がこうしたデータのオープンベンチマーク化を主導しており、日本語においても企業からのデータ公開が期待される。対話データをオープンベンチマーク化する場合、匿名化などの処理が必要であり、プライバシーなどにも十分配慮することが求められる。

能動的応答

ここまで議論してきた受動的応答のパターンでは、ユーザが明示的なクエリをシステムに対して与えている。しかし、実際にはユーザがクエリを思いつかない、あるいはシステムの能力を測りかねて発話を入力することが難しいといった場合も多い。こうした場合に、システムが対話の主導権を持って能動的な情報提供を行う、あるいはユーザに対してどのような情報を求めているか明示することが有効である。

システムイニシアティブ

システムが主導権を握る場合、ユーザにとっては何を話せばよいのか分かりやすい。たとえば、図-6のような例でユーザが主導権を持つ場合(ユー



■図-5 タスク対話の例

ザイニシアティブ), ユーザの発話の自由度は大きく、システムに慣れていないユーザはしばしば戸惑いを感じる。これに対してシステムが主導権を持つ場合、ユーザが何を答えればよいかは明確である。また、システム開発者側もユーザ発話を想定しやすい。しかし一方で、決まりきった対話フローで回答することを求められるのは慣れたユーザにフラストレーションを与える場合もあり、どのようなバランスでシステムが主導権を握るかについては慎重に検討する必要がある⁴⁾。

情報推薦

システムがイニシアティブを持つ場合に、ユーザに情報を求める以外にも、情報の推薦を行うことでユーザの潜在的な情報要求を喚起することができる。たとえば、ユーザが食事のジャンルを思いつかないような場合に、システムから「イタリアンはどうですか？」などと尋ねることによって、イタリアンでよいか、イタリアンよりも中華、などの追加の情報を引き出せる場合がある。こうした行動は人間のコンシェルジュも行っており、対話履歴から得られたさまざまな情報をトリガーとしてユーザが真に求める情報を探っていく。こうした対話を通じた情報の検索は、Conversational search として情報検索の分野でも検討がなされており、対話研究においても重要なトピックである。特に観光案内を対象とする場合、ユーザにとっては多様な選択肢を得ることが必要となる場合も多く、いかにユーザの潜在的欲求

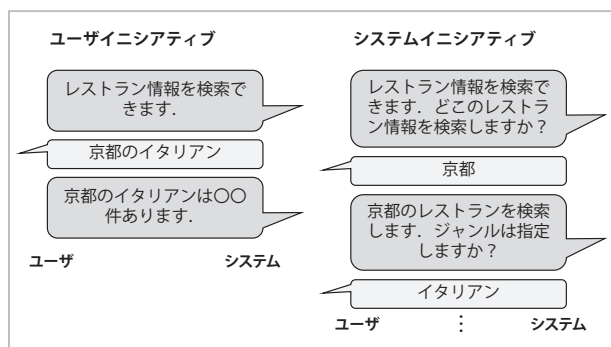
に合致した意外な情報を推薦できるかが重要となる。

対話のゴール

ここまで見てきた受動的・能動的応答を分ける上で、考慮すべき情報の一つが「対話のゴール」である。つまり、ユーザが対話の中で求めているものが何か、その求めているものがユーザの中でどの程度詳細化されているか、という点が、ユーザに対するチャットボットの振る舞いを決定する上で重要である。ユーザの中に明確なゴールがある場合、チャットボットの目的は、利用可能な情報を用いてできるだけ早くユーザの求める情報を提供することとなる。これに対して、ユーザにとってのゴールが曖昧である場合は、まずユーザのゴールを明確化することが対話の目標である。またこの場合は、ユーザの曖昧なゴールに沿う範囲で、システムがイニシアティブを発揮して情報の推薦などを行っても構わない。この点が、次の章で述べる対話を通じた行動変容に繋がってくる。

対話と行動変容

チャットボットは対話を通じてユーザに働きかけを行うことができるため、具体的な行動変容を促すことができる。たとえば、ユーザが休憩したくなるタイミングで「このカフェでは名物の○○が食べられますよ」などの情報を提示する、人流の方向を考慮しつつ全体の人流を緩和するようなルートを提示する、などの行動を行うことで、ユーザの行動変容促すことができる。こうしたユーザの行動変容を促す機械からの対話的介入については、Captology という分野で研究が行われている。特にユーザの行動やゴールの変更を促すチャットボットは説得対話システムと呼ばれ、近年盛んに研究が行われている⁵⁾。



■図-6 イニシアティブの違い

ユーザゴールとシステムゴール

チャットボットが説得対話を行う場合、行動変容の目標としてチャットボット自身(システム)のゴールを定義するということになる。このシステムゴールは、ユーザが持つ対話のゴール(ユーザゴール)としばしば衝突する場合もある。こうしたケースでどのような意思決定を行うかは、対話の方策研究として知られている。

対話の方策

チャットボットは自身の発話によってユーザの振る舞いに影響を及ぼすことができる。つまり、チャットボットの発話をシステム行動、ユーザその他から得られる情報を環境状態として、この系をマルコフ決定過程として捉えることができる。マルコフ決定過程においては、次の環境状態は現在の環境状態とそれに対応した行動によって決定される。この系において、ある特定の状態に達したとき、つまり対話においてはユーザのゴールが達成された、あるいはシステムのゴールが達成された環境状態に報酬を定義する。この将来の報酬期待値を最大化させるように、強化学習を用いて最適行動を求めることができる。つまり、最適なチャットボットの行動を対話のゴールに応じて統計的に学習することができる⁶⁾。

異なるゴールのバランス

先に述べた通り、対話におけるゴールは、特に行動変容対話においてはユーザゴールとシステムゴールが存在し、これらが衝突する場合もあり得る。衝突が生じた場合、ユーザゴールの優先度や明確度に応じてシステムゴールを変更する、システムゴールの優先度の高さによってはユーザと交渉を行うなどの対話が必要となる。こうした場合、チャットボットはユーザの意思決定を主体とする前提に立ち、対話を通じていかにユーザの同意を取り付けるかが重要な課題となる(第6章「観光ナビゲーション」)。こうしたバランスは、ユーザがチャットボットに対して求める役割や、対話内容の深刻さによっても変化するため、注意が必要である。

対話方策の統計的学習と報酬

チャットボットの振る舞いは対話方策として統計的に学習することが可能である。この学習を可能とするためには、ユーザゴールおよびシステムゴールが達成されたことを認識し、強化学習における報酬として用いなければならない。一般にタスク対話においては、ユーザからの「ありがとう」などの発話を報酬として用いる。しかし、ユーザゴールの達成・未達成は明示的に示されない場合もしばしば存在する。これに対して、ユーザの満足度や感情などを利用するアプローチも存在する。特に観光案内チャットボットにおいては、観光中のユーザ感情や満足度をさまざまな要素から推定することにより(第9章「観光客の心理状態推定」)、こうした教示を得ることができる可能性がある。ユーザの感情や満足度はレストラン案内などのタスク対話において研究用途で盛んに用いられているが、今後はより確実な生体指標などを用いることで教示とする検討も進められている。

参考文献

- 1) 河原達也, 川島宏彰, 平山高嗣, 松山隆司: 対話を通じてユーザの意図・興味を探り情報検索・提示する情報コンサルジェ, 情報処理, Vol.49, No.8, pp.912-918 (2008).
- 2) 鹿野清宏, Cincarek Tobias, 川波弘道, 西村竜一, 李 晃伸: 音声情報案内システム「たけまるくん」および「キタちゃん」の開発, 情報研報 SLP63(7), pp.33-38 (2006).
- 3) Lee, A., Oura, K. and Tokuda, K.: MMDAgent - A Fully Open-Source Toolkit for Voice Interaction Systems, In Proc. IEEE-ICASSP, 8382-8385 (2013).
- 4) 駒谷和範, 上野晋一, 河原達也, 奥乃 博: 音声対話システムにおける適応的な応答生成を行うためのユーザモデル, 信学論, Vol.J87-D-II, No.10, pp.1921-1928 (2004).
- 5) Wang, X., Shi, W., Kim, R., Oh, Y., Yang, S., Zhang, J. and Yu, Z.: Persuasion for Good: Towards a Personalized Persuasive Dialogue System for Social Good, In Proc. ACL (2019).
- 6) 吉野幸一郎: ニューラルネットワークによる音声対話制御, 日本音響学会誌, Vol.77, No.8 (2021).

(2021年7月30日受付)

■吉野幸一郎(正会員) koichiro.yoshino@riken.jp

理化学研究所情報統合本部ガーディアンロボットプロジェクト知識獲得・対話研究チームリーダー。音声言語処理および自然言語処理、特に音声対話、ロボット対話の研究に従事。

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

9 観光客の心理状態推定

応
般

—観光に対する感情・満足度の定量的な推定に向けて—

松田裕貴

理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム/
奈良先端科学技術大学院大学 / JST さきがけ

観光の質の評価

観光地の静的・動的な情報を考慮した上で観光情報を生成することで、観光中に有益な情報が得られる「スマートツーリズム」と呼ばれるサービスが提供可能となりつつある。しかしながら、それらの観光情報は必ずしも個々の観光客に最適であるとは限らない。より個人に合わせた観光支援を実現するためには、観光客の満足度や感情、興味関心といった心理状態を認識し、提供する情報を調整する必要がある(図-1)。また、観光の質の評価に関しては、これまではユーザレビューやアンケートといった事後での静的な評価方法が主流であったが、今後はより幅広い人から評価を得ることや、オンサイトでの動

的な指標に基づく評価手法が求められる。本稿では、都市における心理状態推定の手法を概観し、センシングによる観光客の心理状態の推定について紹介するとともに、その活用可能性について展望を示す。

さまざまな心理状態推定アプローチ

心理状態推定(特に感情推定)に関しては、古くより多くの研究者・企業がその実現に向けた取り組みを続けており、研究段階の手法から実用レベルに到達している手法までさまざまなものが存在する。ここでは、観光ドメインに限定せずに、どのような心理状態推定のアプローチがあるのかについて紹介する。

まず、心理状態推定のアプローチとして認知されている手法として、人の「表情」や「声色」に着目した方法が挙げられる。現在では、オープンな動画画像解析ツールが数多く公開されており、容易に表情や声色に関する特徴量を抽出することができるようになっている。表情の例だと、Google社が公開するMediaPipe^{☆1}は顔面をメッシュ状に区切った座標群(Face Mesh)として取得することが可能であるし、カーネギーメロン大学のMultiComp Labが公開するOpenFace^{☆2}は、顔の各パーツの座標(Facial Landmark)や、それらがどの程度動いたのかを示す指標(Facial Action Unit、たとえば、眉毛を上げる、口をへの字にする、など)



■ 図-1 次世代観光ナビの実現には観光客の心理状態推定が必須!

☆1 <https://github.com/google/mediapipe>

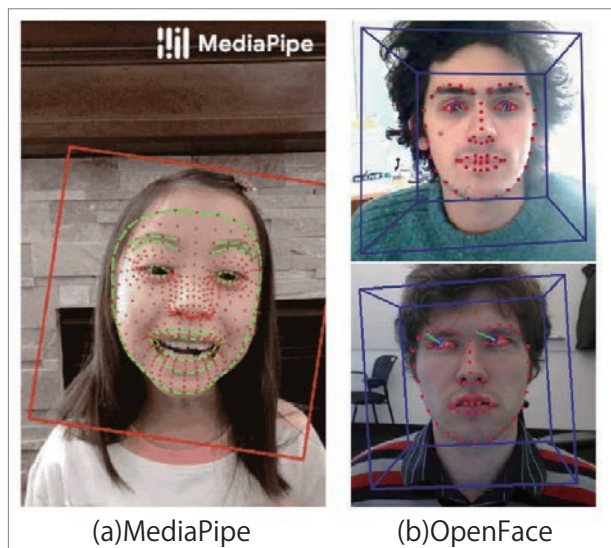
☆2 <https://github.com/TadasBaltrusaitis/OpenFace>

を取得することが可能である (図-2)。音声であれば、ミュンヘン大学・audEERING 社の公開する openSMILE^{☆3} は幅広い特徴量抽出が可能となっており、多くの研究者が利用している。

また、慣性センサや動画像、モーショントラッカを用いて取得可能な「体の動き」に着目する方法がある。これは、心理状態が変化することによって、特定の動作や仕草が現れたり(頭を掻く、など)、既存の動作の様態が変化したり(動作が大きくなる、など)といった影響があることを捉える方法である。加えて、心理状態の変化の影響は体の動きだけでなく「生体反応」となっても現れるという点に注目した方法もある。生体反応としては、心拍・心電図といった心臓の拍動に着目したものや、皮膚電気活動(発汗)・皮膚表面温度といった皮膚上の反応に着目したものなどさまざまである。

さらに、脳波を用いた方法もさかんに研究が進められている。現状は、脳波を正確に測定することが非常に難しく、高価かつ大規模な機材を用いる必要があるが、将来的に脳波計が持ち運び(ウェアラブルデバイスとして装着)できるようになった場合、実生活への活用が大いに期待できる。

☆3 <https://github.com/audeerig/opensmile>



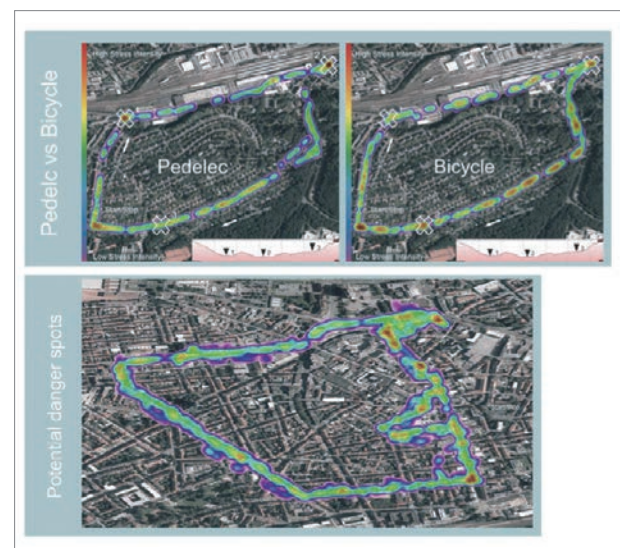
■ 図-2 表情に関する特徴量を抽出するツール(画像はそれぞれツールを公開する Github より引用)

都市と心理状態

都市における心理状態にまつわる研究はこれまで数多く取り組まれている。代表的な例が SNS(ソーシャルネットワーキングサービス)のデータを分析することにより都市の状況把握を図るソーシャルマイニングである。これは、Twitter や Facebook をはじめとする SNS に投稿された位置情報付きの文字列・画像を分析することにより、ある特定の場所における複数人の心理状態が合わさることで複合的に形成される「ムード」を推定することが可能となっている。

Urban Emotions¹⁾ というプロジェクトでは、リストバンド型のウェアラブルデバイスからユーザの身体運動、ソーシャルメディアから収集されるデータを用いた感情収集が実現されている。このプロジェクトでは、都市におけるネガティブな感情(車椅子で通行するときにストレスを感じる場所や自転車で危険を感じる場所、など)に着目しており、得られた情報は都市計画に役立てることが可能である (図-3)。

100 ninmap²⁾ というプロジェクトでは、街歩きイベントを開催し、参加者が街中で位置情報付きつぶやきを投稿することにより、街の様相をオノマト



■ 図-3 UrbanEmotions での危ない個所の可視化例

ペや量的尺度などで表現する方法を提案している(図-4)。都市に対する「人の感じ方」をデータ化することにより、観光スポットごとに誘起される感情を予測し最適な観光プランを提案できたり、引越の際には物件の周辺環境の雰囲気・居心地などを検索の指標として用いることができたり、都市における幅広い応用が期待できる。

観光中の感情・満足度の推定

現状と課題点

「観光」における感情・満足度が、現在どのように集められるのが主流かという点、TripAdvisor や GoogleMap に投稿される「ユーザレビュー」が挙げられる。星〇個といった数値的なレーティングや、自由記述によるコメントなどを一般人が自由に投稿することが可能となっていることから、広く利用されている。しかし、ユーザレビューに基づく方法には(1)極端な感情状態・満足度を得たときにユーザレビューを投稿する動機づけが強化されるためレビューが偏ってしまう点、(2)ほとんどの観光客は観光を終えた後にレビューを投稿すると考えられるため、その観光客をリアルタイムに支援することができない点、といった課題が存在する。こうしたことから、客観的な指標に基づくリアルタイムな感



■図-4 100 ninmap プロジェクトの可視化例

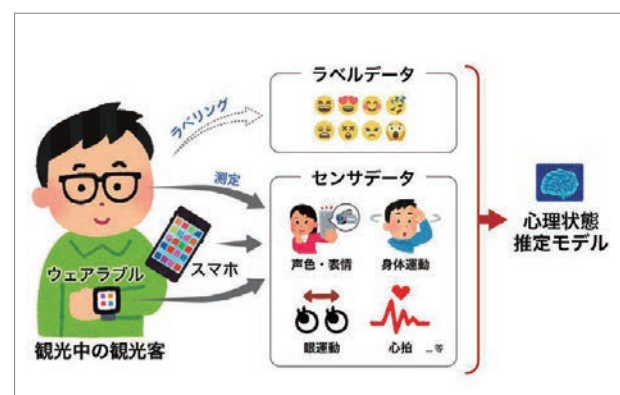
情・満足度の推定技術が必要となる。

しかしながら、観光というドメインにおいては、不特定多数の人々が密集するスポットへの訪問や、屋外を含むスポット間の移動が考えられ、従来の心理状態推定のアプローチをそのまま適用することは難しい。

仕草・生体反応に基づく感情・満足度推定

オンサイトでの観光客の感情・満足度推定の実現を目指す EmoTour プロジェクト³⁾について紹介する。観光中の観光客は、無意識のうちにさまざまな形で自身の心理状態(感情・満足度)を表出していると考えられる。たとえば、興味深いものを見つけた場合は、より詳しく観察しようと立ち止まって同じ対象物を凝視することが考えられる。逆に、つまらない・退屈だと感じているときには、足早にそこを立ち去ったり、スマートフォンなど観光とは関係のない別のものに注目したりすることが考えられる。そういった観光地における関心・態度は、声色や表情、または心拍や発汗などの生体反応として現れる可能性がある。そこで、観光客の無意識下の仕草・生体反応を観測することで客観的な指標に基づく感情・満足度推定が可能であると考えた(図-5)。

リアルタイムな観光支援には、観光スポットごとの感情・満足度が必要である。そこで、図-6に示すように各観光スポットを1セッションという単位として分割し、各セッションに対する感情・満足



■図-5 観光客の仕草・生体反応に着目した心理状態推定

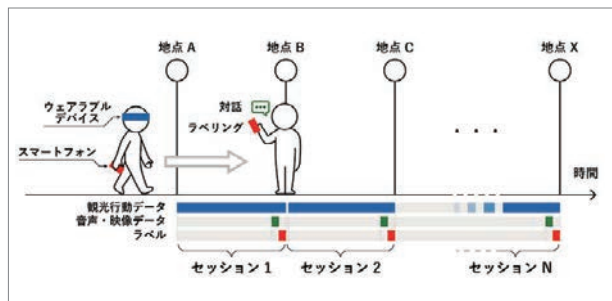
特集
Special Feature

度を推定する機械学習モデルを構築した。セッション中はウェアラブルデバイス（アイトラッカーやモーションセンサなど）で観光行動データを収集するとともに、セッションの終わりには家族や友人に向けたビデオメッセージを想定した自撮り動画を撮影してもらった。また、各セッションに対する感情・満足度をラベルとしてスマートフォンアプリ上で付与してもらった。本例では、感情ラベルとして Arousal (Positive/Negative), Valence (Active/Passive) の 2 軸で感情を表現するラッセルの感情円環モデル, 満足度ラベルとして国土交通省が観光満足度調査に用いている 7 段階リッカート尺度 (0: 不満足 ~ 6: 満足) を使用した。

観光客の感情・満足度推定モデルの評価を行うため、**図-7**に示す特性が大きく異なる3つの観光地で実験を行った: 歴史的建造物の多い「京都・清水エリア」、自然と歴史が共存する「奈良・奈良公園

エリア」、教会を中心に建物が並ぶ「ドイツ・ウルムエリア」。それぞれの様子を**図-8**に示す。実験には46名の被験者が参加した。年齢層は2~30歳代が主で、出身国は計11カ国(ヨーロッパ, アジア, アフリカ等), 男性37名・女性10名であった。なお、被験者はその観光エリアを訪れた経験がない、あるいは以前訪問してから時間が経過している人を対象とした。

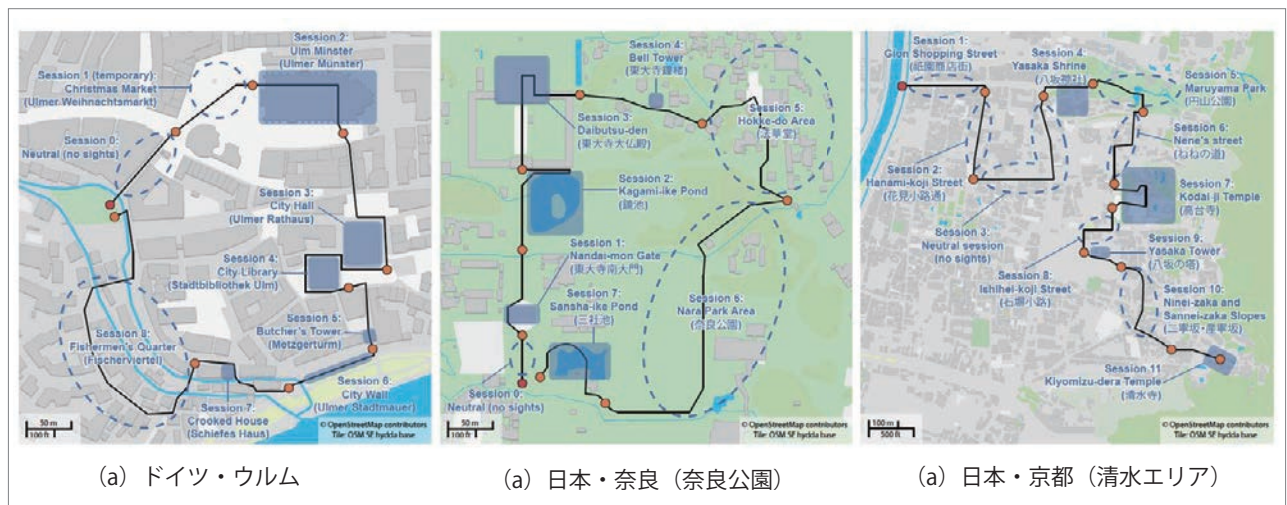
感情推定については Positive/Neutral/Negative の3クラス分類モデル(評価指標は Unweighted Average Recall:UAR を使用), 満足度推定については 0~6 の回帰モデル(評価指標は Mean Absolute Error:MAE を使用) の評価結果を示している。それぞれ, 5分割交差検証によって評価している。現段階



■図-6 データ収集の流れ



■図-8 実験の様子(京都・奈良・ドイツ)



■図-7 実験における観光ルート

での評価結果は表-1の通りである。主成分分析(PCA)を用いた次元圧縮を施した上でSVMモデルを構築したところUAR:69%での感情推定, MAE:1.008での満足度推定が可能であることが確認されている。

感情・満足度推定モデルの汎化に向けた技術的課題

上記では, すべての人に対して適用可能な感情・満足度推定モデルを構築すること想定してきた。しかしながら, 心理状態の表出の方法は人の持つ「属性」の影響を大きく受けると考えられる。EmoTourプロジェクトでは, 実験参加者が多様な国からの来訪者であったことから, 国籍・文化圏の違いによる違いについて分析を行っている。その結果の一例として, 異なる2つの国籍(日本・ロシア)ごとに感情・満足度推定モデルを構築し特徴量の寄与度分析を行ったところ, 日本人参加者は表情・声色, ロシア人参加者は身体運動がより寄与していることが明らかとなった。これは, 生まれ育った地域の文化によって, 心理状態の表出方法が影響を受けている可能性を示唆している。この国籍・文化圏については数ある属性の一例であり, 年齢や性別, 性格や嗜好といったものによっても心理状態の表出方法は影響を受けると考えられるため, 今後どのように感情・満足度推定モデルを汎化させることが可能なのか? という点は技術的な課題として残っている。

観光客に寄り添った観光ガイドの実現に向けた展望

情報技術を活用するスマートツーリズムの広がりによって, 観光はより多様な形態が今後確立されていくと考えられる。異なる観光形態であったとして

■表-1 観光客の感情・満足度推定モデルの評価結果
(2021年6月時点)

	感情 (UAR)	満足度 (MAE)
PCAによる次元圧縮+SVM	69.0%	1.008

も観光客に寄り添った観光ガイド・観光支援システムの必要性は変わらない。ここでは, 観光客の心理状態の情報がどのような形でスマートツーリズムに活用可能かについて展望を述べる。

観光地・観光コンテンツに対する「評価」の自動収集

これまでの観光地・観光コンテンツに対する「評価」は, 観光客からの能動的な行動(ユーザレビューなど)に頼る方法が主流となっている。しかし, 能動的な行動を起こすためにはそれ相応の強い動機が必要となるため, 極端なレビューばかりが投稿されてしまったり, レビューが集まらないスポットが生じてしまったりと, バイアスが生じやすい枠組みであるといえる。これに対し, 観光客が観光するだけで心理状態推定を可能とする技術は, より多様な観光客からの評価を無作為に集めることを可能とするため, これまでの観光地・観光コンテンツに対する「評価」の枠組みを変革できることが期待される。

感情・満足度アウェアなオンサイト・リアルタイム観光ガイドの実現

これまでに想定されてきたスマートツーリズムは動的な情報に基づくスポット推薦やルート案内の機能を有するものも多くあるが, ここで取り扱われる情報は「観光地」に関するものが主である。これにリアルタイムな感情・満足度推定が加わることによって, その人が直近に訪れた観光スポットを「どう感じたのか?」という情報を基に, 推薦すべきスポットやルートが選択可能となる。また, その人に関する情報が蓄積されていくことによって, 観光ガイドを徐々にパーソナライズしていくことも可能となる。

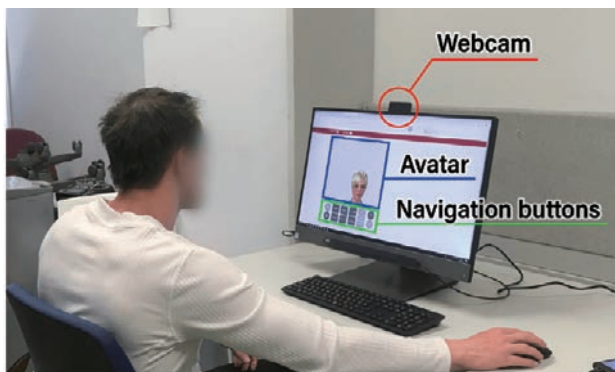
対話型観光ガイドをより心地よくするための感情の活用

スマートツーリズムでは, 何らかの観光支援システム(以降, 観光ガイド)とのインタラクションが

生じると考えられる。しかしながら、観光ガイドはいつでもユーザが望む 100 点の支援ができるとは限らないため、支援内容を動的に調整していくことが重要となる。そこで、観光地に対して抱く心理状態とは別に、観光ガイドに対してユーザが抱く心理状態を推定することが必要となる。ARIA プロジェクト⁴⁾では、提供される話題（たとえば、レストランに対する話題）が、説得力のある・興味をそそられる説明なのかを、Web カメラから得られた動画データから推定する手法を提案している（図-9）。対話を続けていくことで、徐々にその人が望む話題がどのようなものであるかという知識を獲得していくことで、人にとって心地良い観光ガイドを提供可能になることが期待される。

参加型データ収集の効率化への活用

心理状態推定は参加型観光情報収集（本特集第3章）にも活用可能である。これまでは、より多くの情報を効率良く集めるために、金銭的なインセンティブ（クーポンの発行など）や非金銭的なインセンティブ（ゲーム要素や面白さなど）を組み込む方法が数多く提案されている。しかしながら、そういった戦略が意図したとおりに対象者の動機づけにつながっているかどうかのフィードバックを取り込む仕組みが導入されている例は少ない。このフィードバックの1つとして、上述の対話型システムに対する心理状態の推定結果が利用できる。これによって、ある戦略がうまく機能



■図-9 話題を提供する対話システムに対する主観評価（説得力・興味深さ）の推定システム

しなかった場合に、次にどのような戦略を適用すべきかをロジカルに決定できることが期待される。

オンライン観光への応用

COVID-19 の影響により、外に出かける・観光に行くことが躊躇われる状況となっている。この現状を打開するための方策として、「オンライン観光」が注目を集めている。話題になった例では「オンライン修学旅行」と称して、生徒たちが教室でプロジェクタなどに投影される映像を見て擬似的に観光をするものがある。現状では、ただ録画された映像を見る一方通行な仕組みとなっているが、今後コンテンツが充実化されていくことによって、オンラインでしか実現できない観光体験が提供できる可能性がある。たとえば、本特集第7章で取り上げている「動画コンテンツの自動生成・編纂」の技術と心理状態推定の技術を組み合わせれば、個人の心理状態に合わせて観光体験を動的に構築できると考えられる。このように、現地での観光では実現不可能な「観光」の新たな形態を情報技術の活用によって生み出していくことが期待される。

参考文献

- 1) Resch, B., Summa, A., Sagl, G., Zeile, P. and Exner, J.-P. : Urban Emotions - Geo-Semantic Emotion Extraction from Technical Sensors, Human Sensors and Crowdsourced Data, Progress in Location-Based Services 2014, pp.199-212 (2014).
- 2) 荒牧英治, 北 雄介, 宮部真衣, 若宮翔子, 河合由起子, 清田陽司 : 広がり続ける 100 ninmap project - 街歩きから不動産検索まで -, 人工知能, Vol.32, No.4, pp.563-568 (2017).
- 3) Matsuda, Y., Fedotov, D., Takahashi, Y., Arakawa, Y., Yasumoto, K. and Minker, W. : EmoTour : Estimating Emotion and Satisfaction of Users Based on Behavioral Cues and Audiovisual Data, Sensors 2018, Vol.18, No.11:3978, pp.1-19 (2018).
- 4) Rach, N., Matsuda, Y., Ultes, S., Minker, W. and Yasumoto, K. : Estimating Subjective Argument Quality Aspects from Social Signals in Argumentative Dialogue Systems, IEEE Access, Vol.9, pp.11610-11621 (2021).

(2021年7月30日受付)

■松田裕貴（正会員） yukimat@is.naist.jp

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・情報科学領域・助教。スマートシティに関する研究を中心に、ユーザ参加型センシング、都市環境センシング、心理状態センシングなどの研究に従事。

【ご案内】会誌「情報処理」のオンライン記事について

会誌「情報処理」の特集記事は、これまで冊子、オンライン（電子図書館）の両方に掲載しておりましたが、次のとおり オンラインのみへの掲載 に変わりました。また、オンライン限定記事の掲載も始まりました。

◆開始月：2020年11月号（発行日：2020年10月15日）

◆閲覧方法：会員区分によって異なりますので以下をご確認ください。

【個人会員の皆様】

電子図書館（情報学広場：<https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/>）にログインし、該当記事のpdfをダウンロードしてください。すでに電子図書館をご利用いただいている方は今までどおりです。

電子図書館を初めて利用される方は、会員としてのユーザ登録が必要になります。

未登録の方には毎月上旬に次の件名のメールを送信しておりますので、到着次第、登録してください。

- 件名：[情報学広場:情報処理学会電子図書館] ユーザー登録のご案内
- 差出：ipsj-ixsq@nii.ac.jp

【個人会員】



電子図書館
(情報学広場)

★詳細：電子図書館利用方法（個人用）－利用までの流れ（<https://www.ipsj.or.jp/e-library/ixsq.html#anc2>）

ご案内メールをお急ぎの方や閲覧方法が分からない方は、会員サービス部門（E-mail: mem@ipsj.or.jp）に会員番号を添えてご連絡ください。

【賛助会員各位・購読員の皆様】

賛助会員・購読員の企業・大学に所属されている方に「情報処理」（冊子）を貸し出した場合、特集の閲覧方法について照会がございましたら、次の手順をお知らせください。

<手順>

- (1) 「情報処理」の特集ページ（扉または概要ページ）を開く。
- (2) 閲覧申込のURLにアクセスする（またはQRコードを読み取る）。
- (3) 必須事項を入力し送信する。
- (4) 次の件名（11月号の場合）の受信メールに従って、電子図書館から特集のpdfをダウンロードする。
 - 件名：情報処理 2021年11月号（Vol.62, No.11）「チケットコード」とご利用方法のご連絡

★注意事項

- 法人アカウントではご利用いただけません。
- 閲覧される方が電子図書館のユーザIDをお持ちでない場合は、ご自身でユーザ登録する必要があります。

本件に関する問合せ先：一般社団法人情報処理学会 会員サービス部門 E-mail: mem@ipsj.or.jp



特集

DX のプラクティス ～ニューノーマル時代を生き延びる～

編集にあたって

境 真良 | (独)情報処理推進機構 吉野松樹 | (株)日立製作所 藤瀬哲朗 | (株)三菱総合研究所

DX（デジタルトランスフォーメーション）とは、経済産業省の定義によれば、「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」であるとされる。やや幅広い表現だが、90年代後半のインターネットとデジタル通信、特に無線通信が長足に発達する情報通信環境の変化とそれが生み出した社会やライフスタイルの変化を包含するとすれば、このような表現にならざるを得ないだろう。こうした変化が情報産業や情報技術の世界にどのような変革を与えたか、そして新しい技術革新がどのようにこの変化を支えたかについては、ここでもう一度語る必要はあるまい。

しかしながら、言葉を選ばずに言えば、米国を中心とした21世紀の情報革命の中で、日本と日本の産業界は変化を受容する側に立っており、このDXの流れを主導しているとは言い難い。そこには、企業のあり方と情報技術のあり方との相関において問題が存在し、情報技術を十分利活用する姿勢に、いまだ日本企業が立てていないのではないか、という考えから、DX推進政策は生まれた。

DXを政府が産業界に働きかけるゆえんは、それが

個社の運動であるにとどまるのであれば、その効果が十全に発揮されないからである。そもそも我が国の情報化の歴史は古く、多くの企業が自社独自構築のものであれ、既製のものであれ、スタンドアロンのソフトウェア [またはそれに相当するSaaS (Software as a Service)] を利用し、メールやそれに類する連携をユーザが手作業で行っている。そのように分断されたシステムの在り方、システムと分断された業務の在り方は、本来、相互促進的なDXの「面的展開には後ろ向きに働く。したがって、DXを進めるには、産業界全体での変革の促しが必要なのである。

しかし、ただ「DX推進」を叫ぶだけでは、しばしば戒められる。会社の中で部下に「DXしろ」と叫ぶ上司となんら変わらない。政府のDX推進策は、悪く言えば一般論の域を出ておらず、そこから具体的な動きを発想することは簡単でないかもしれない。だからこそ、その上に具体的な推進の方向性を見出すために、DX推進において、プラクティスのシェアは重要な意味を持つ。

本特集の論文について

本特集では4編の招待論文と3編の投稿論文を掲載する。

三部氏らの解説論文「DX先進企業から見るDX

【デジタルプラクティスコーナー】

各記事の概要のみ掲載しております。本文は電子版

<https://www.ipsj.or.jp/dp/contents/publication/48/S1204-index.html> を
ご覧ください。



の「**現在地、構造、方向**」は、(独)情報処理推進機構がDXを推進している先進企業22社にヒアリングを行った結果をまとめている。DX推進に役立つ知見を(1)DXの方向性の合意、(2)デジタル技術の導入、(3)実事業への適用、(4)体制と人材の4つのカテゴリに分類してまとめている。これからDX推進を行う企業、DX推進がうまくいかないで悩んでいる企業にとって参考になる知見が含まれている。インタビュー記事で本論文の内容をさらに深掘りしているので、併せて一読いただくとより理解が深まるであろう。

小笠原氏らの招待論文「**急激な環境変化に対応する『DX時代のイノベーション創出プログラム』**」では、デジタルサービスの会社への変革を目指してリコグループにおいて実施されているTRIBUS(トライバス)と呼ばれるイノベーション創出プログラムについて、プログラム導入の背景、運営体制の工夫、プログラムを盛り上げるためのさまざまな施策とプログラムの成果について説明している。社内だけでなく社外のスタートアップ企業までも巻き込んだ活動となっており、同様のプログラムの導入を検討している企業にとって大変参考となるであろう。

太田氏の招待論文「**顔認証とDigital IDを活用したサービス社会の実現に向けて**」では、顔認証技術とDigital ID技術という要素技術を実世界のサービスに適用するために行った社内での入退管理、南紀白浜での観光サービスという2つの実証実験の経験に基づき、発生した課題とその解決策について説明している。DXの実現のためには要素技術を実世界に適用し使えるサービスにするためのさまざまな工夫が必要であり、本論文からそのためのヒントを得ることができる。

三浦氏らの招待論文「**事例から見るRPA導入の課題とその解決**」では、DXの事例として一般的な

RPA(Robotic Process Automation)の導入による生産性向上に関して、トップダウンで大規模に実施しようとして1度失敗した経験を活かして、再度さまざまな見直しを行い再チャレンジし成功した事例が報告されている。RPAの導入を検討している、あるいは導入したが期待通りの成果が得られていない多くの企業等にとってきわめて貴重な知見が含まれている。

中山氏の投稿論文「**非定型業務における意思決定支援システムの適用ステップの提案と実践**」では、企業等においてRPAなどの適用拡大により定型業務の自動化が進展しても、人間が行う必要のある業務として残る非定型業務に着目している。法人向けのソフトウェア営業を題材として意思決定支援システムの構想段階から予備実験、本実験の結果を報告しており、支援システムによるリコメンドが受注に有効である可能性が示されている。現場の経験、勘をシステム化する試みとして参考になる。

田中氏の投稿論文「**アジャイルマインド学習プログラムの効果把握に向けた受講者の質的データ分析の実践報告**」では、DX案件で広く適用されるアジャイル開発に必要なアジャイルマインドを醸成するために筆者らが社内でも実施している学習プログラムの効果をどのように評価するかについて論じている。受講者のアンケートにおける自由記述の結果を分析し学習プログラムによる受講者の意識の変化が学習プログラムの目的と合致しているかどうかを評価する過程が詳細に説明されている。DXの推進のために行われる意識改革プログラム等の評価において参考になると考えられる。

廣瀬氏の投稿論文「**アジャイル開発を取り入れた協調的分析プロセスの提案と生産工場での実践**」では工場現場のDX実現に向けた協調的分析プロセスを提案し、それに基づき生産現場へのインタビュー、

[特集：DXのプラクティス～ニューノーマル時代を生き延びる～] 編集にあたって

プロトタイプを作成。その結果を基にしたワークショップを繰り返すことで、現場におけるデータ活用を推進した事例を説明している。この事例では、現場サイドからも積極的に改善提案がなされたことが報告されており、現場を巻き込んだDX活動を成功させるための有益なヒントが示されている。

始まりは2018年であったが、DX推進の動きはコロナ禍の中で、産業界だけではなく、政府部門や公共サービスを巻き込んだより大きなものへと拡張され、現在に至っている。DXを後押しする政府支援も、本年からDX投資減税制度が追加されるなど、年々拡充されている。DXは毎年のように打ち出され、そして消えていく。政府の新政策の1つではなく、政府の産業政策の1つの柱として現在進行形の政策領域であるということができよう。

今回、公開された論文が、今後の政府の政策に新たな示唆を与えるものになると期待したい。

(2021年9月6日)

■境 真良 (正会員) m-sakai@ipa.go.jp

1993年東京大学法学部(政治コース)卒業、同年、通商産業省入省。主にコンテンツ産業政策、情報産業政策に従事。東京国際映画祭事務局、早稲田医学大学院国際情報通信研究科准教授、経産省国際戦略情報分析官(情報産業)等を経て、2018年から独立行政法人情報処理推進機構に出向し、DX推進を担当。2020年からIU(情報経営イノベーション専門職大学)准教授(専任)も兼業している。社会情報学会会員。

■吉野松樹 (正会員) matsuki.yoshino.pw@hitachi.com

(株)日立製作所。IoT・クラウド事業部ミドルウェア本部所属。本会論文誌トランザクションデジタルプラクティス編集委員長、資格制度運営委員会副委員長。本会フェロー、博士(情報科学)。

■藤瀬哲朗 (正会員) fujise@mri.co.jp

(株)三菱総合研究所。電気通信大学大学院修士課程修了後、三菱総合研究所入社。現在に至る((財)新世代コンピュータ技術開発機構研究所主席研究員、慶應義塾大学SFC研究所訪問所員、同大学SDM研究所研究員、(独)情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター(主査)。高性能計算にかかわる研究、ソフトウェア工学および高信頼性システムの調査研究、研究開発事業マネジメント業務に従事。

論文誌 デジタルプラクティス「特集：DXのプラクティス～ニューノーマル時代を生き延びる～」はこちらでご覧いただけます(電子図書館)

https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_opensearch&index_id=10705



[特集：DXのプラクティス～ニューノーマル時代を生き延びる～] 概要

1 DX 先進企業から見るDXの現在地、構造、方向

三部良太・林 航平・河野太基・鎌田高輝 ((独)情報処理推進機構)

多くの国内企業がDXの取り組みを行っていないか、部分適用にとどまっている。この状況を打破する知見を得るために、デジタルトランスフォーメーション(DX)を推進している先進企業22社にヒアリングを行った。その結果、(1)DXの方向性の合意、(2)デジタル技術の導入、(3)実事業への適用、(4)体制と人材の各カテゴリに関する共通的な知見を得ることができた。これらの知見を活用し多くの企業のDXが促進することを期待する。





2 急激な環境変化に対応する「DX時代のイノベーション創出プログラム」

—リコーグループのアクセラレータプログラムTRIBUS(トライバス)—

小笠原広大・大越瑛美・森久泰二郎・西脇祐介 (株) リコー

リコーグループではTRIBUS(読み: トライバス)を発足し、非連続な価値創造を生み出す取り組みを開始した。現在、国内社内グループ企業および社外スタートアップ企業から合計457件(2019年度214件、2020年度243件)の応募を集めている。本稿では、本プログラムの取り組みから得られた社内変革について記述していく。



3 顔認証と Digital ID を活用したサービス社会の実現に向けて

太田知秀 (日本電気 (株))

顔認証による Digital ID を活用することで、さまざまな場所やサービスが繋がり、誰もが簡単・安全・スムーズにサービスが利用できる社会を実現したいと考えている。そういった社会を目指すに至った現在の社会背景や課題と、それらを解決し得る顔認証技術や Digital ID を活用したサービスについて紹介する。また、ユースケースとして、NEC 本社ビルにおけるオフィスのデジタル化実証実験と南紀白浜IoTおもてなしサービス実証実験について説明する。



4 事例から見る RPA 導入の課題とその解決

三浦盛生・鈴木 岳 (ヤフー (株))

近年 DX や働き方改革、労働人口の減少等の背景により、RPA の普及が拡大傾向にあるが、RPA は導入時に十分な検討を行わずに導入しては手痛い失敗に終わってしまうこともある。RPA を利用する上での技術やルールを十分に確認した上で、まず小規模に導入し徐々に拡大していくのが望ましいと考える。本稿では実際に行われた RPA 導入の最初の挑戦と、そこから得られた知見を活かした PRA 展開事例について紹介していく。



[特集：DXのプラクティス～ニューノーマル時代を生き延びる～] 概要

●インタビュー：DXのプラクティス
～ニューノーマル時代を生き延びる～

インタビューー：境 真良（独）情報処理推進機構・三部良太（独）情報処理推進機構
インタビューア：吉野松樹（株）日立製作所・藤瀬哲朗（株）三菱総合研究所

（独）情報処理推進機構（IPA）がDX先進企業22社に対して行った調査結果をまとめた解説論文「DX先進企業から見るDXの現在地、構造、方向」の著者である三部氏、本特集号ゲストエディタの境氏に調査結果から見てきたDX成功のための4つのポイント（1）DXの方向性の合意、（2）デジタル技術の導入、（3）実事業への適用、（4）体制と人材、について事例の紹介、IPAの取り組み、今後の展望について話をうかがった。



[提携団体推薦論文] 概要

DPコーナーでは、最新技術をICT産業に普及させていく立場でのプラクティス論文を掲載しています。特に、ICT製品・サービスのユーザの立場で、効率的な利用や経済的な価値を付加するプラクティスをお伝えするため、国内の代表的なICT企業・団体のユーザ会等にご協力いただき、ユーザ視点の論文をご紹介します。

ユニシス研究会

新しい生活様式に適したセキュアなリッチクライアントの実装
～Windows10およびMicrosoft365の標準機能の活用事例～

樋口将公（東北インフォメーション・システムズ（株））

新型コロナウイルス感染拡大防止のために、テレワークの推進が緊急的に求められ、なし崩し的に始まったテレワークはクライアントの利用環境の改善が求められており、情報漏洩対策と生産性・利便性を兼ね備えた、セキュアなリッチクライアントを整備した。本稿では、多くの企業で利用できるWindows10やMicrosoft365の標準機能による情報漏洩対策やログオン認証方式の活用事例を紹介する。

名称	項目	実装機能	活用
情報セキュリティ	デバイスの検知	・ BitLocker ・ Intune	デバイスの検知とし、検知状況を確認する。
	リモートウェブ	Intune	遠隔操作により、障害を早期に検出する。
	最新データの検知	OneDrive	検知したデータから、最新データを検出する。 また、同期対象外のファイルも検知する。
マルウェア対策		・ Defender Antivirus ・ SmartGuard	・ パターンマッチングによる検知機能から検知。 ・ ファイルベースの検知機能により、検知を抑制する。
	データ検知と制御	グループポリシー	外部ネットワークのアクセスを一時的に制限する。 また、検知したデータはサーバーにアップロードする。
アプリケーション管理		・ WDS ・ AppLocker	・ セキュリティポリシーを適用する。 ・ 検知したアプリケーションの検知を抑制する。
	ドメインアカウント認証	Windows Hello	生体情報とパスワード（PIN）の両方を検知して実装する。
ローカルアカウント認証		LAAS	パスワードと生体情報（顔）の両方を検知して実装する。 また、検知したデータはサーバーにアップロードする。
	生体情報のセキュリティ強化	WinB	Windows Helloの検知機能を強化し、ADと連携して認証を行う。
検知情報の保護・制御	API	ファイル検知やアクセス制御による検知を実現する。	

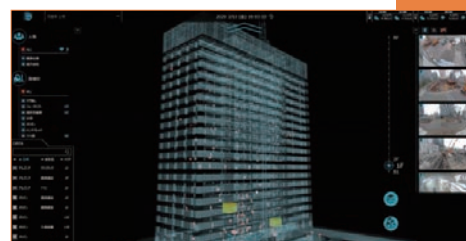


日立ITユーザ会

建設現場のデジタルシフト
～IoTデータの収集から活用に至るプロセスの構築～

天沼徹太郎・小山尚晃・角川友隆（鹿島建設（株））

昨今建設業は作業員不足の問題に直面しており、ICTを活用した生産性の高い現場運営が求められている。本稿では、IoTを活用し建設現場の状況を遠隔から把握するシステムの開発と、取得したデータを2次利用するための仕組みづくりについての事例を紹介する。建設現場における課題を3Dの設計図であるBIM（Building Information Modeling）とIoTを使って解決するまでの過程と、データを2次利用するために必要なメタデータ管理について論じる。



DX先進企業から見るDXの現在地，構造，方向

三部良太¹ 林 航平¹ 河野太基¹ 鎌田高輝¹

¹ (独) 情報処理推進機構

多くの国内企業がDXの取り組みを行っていないか，部分適用にとどまっている。この状況を打破する知見を得るために，デジタルトランスフォーメーション（DX）を推進している先進企業22社にヒアリングを行った。その結果，（1）DXの方向性の合意，（2）デジタル技術の導入，（3）実事業への適用，（4）体制と人材の各カテゴリに関する共通的な知見を得ることができた。これらの知見を活用し多くの企業のDXが促進することを期待する。

1. 国内におけるDXの推進状況

新たなデジタル技術を使ってこれまでにないビジネスモデルを展開するプレイヤーがあらゆる産業に登場し，ゲームチェンジが起こりはじめている。こうした中で，企業は，競争力維持・強化のために，デジタルトランスフォーメーション（DX：Digital Transformation）を進めていくことが求められている。経済産業省が2018年に発表した『DXレポート』[1]によるとDXとは「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し，データとデジタル技術を活用して，顧客や社会のニーズを基に，製品やサービス，ビジネスモデルを変革するとともに，業務そのものや，組織，プロセス，企業文化・風土を変革し，競争上の優位性を確立すること」である。デジタル技術を活用した，企業の内外の変革によって，競争力を得ることである。これは，今後企業がグローバル競争で勝ち残るために必須であるといわれている。

しかしながら，日本国内では，欧米諸国に比べてDXが進んでいるとは言えない状況が続いている。2020年12月に経済産業省が発表した『DXレポート2（中間とりまとめ）』[2]によれば，DXの推進度合いを自己評価するDX推進指標のベンチマーク分析[3]から，「約95%の企業はDXにまったく取り組んでいないか，散発的な実施にとどまっている」としている。さらに本レポートでは，DXをさらに促進するための政策を強化することの必要性和，政策の実行部隊としての独立行政法人情報処理推進機構（IPA）への期待が述べられている。

2. DX事例調査の目的と範囲

2.1 DX事例調査の目的

前章で述べた，期待に応えるために，DX認定制度やDX減税などの国の政策と連動して技術面，人材面，制度面も含めたさまざまなDX推進施策を行っている。その中の1つとして「変革手引書」の策定がある。「変革手引書」は，企業がDXを推進するための処方箋として，次の変革を行うためのガイドラインを記載するものである。

- (1) DX推進の足かせになり得る既存システムの把握
- (2) DXを実践するために満たさなければならない要件をあるべき姿として提示

上記、(1)については、2021年3月に「プラットフォーム変革手引書」[4]として、公開している。

本稿で報告するのは、上記(2)の「あるべき姿」を策定するために、DXが進んでいるとされる企業に対して、DXを推進するためにITシステムのあるべき姿や、DXの推進を阻害する技術的・組織課題とそれを克服した事例を調査したものである。なおこの内容はIPAより手引書として公開される。

2.2 調査の方法

ヒアリング調査は、2020年10月から2021年3月の期間に、文献調査で絞り込んだ国内外のDX先進企業を対象に、DX実行責任者（デジタル化担当役員、デジタル化プロジェクトのプロジェクトマネージャ）を対象に行った。

調査は、図1のプロセスにしたがって行った。まず、Webサイトや新聞、雑誌、書籍などから、デジタル技術を活用する取り組みをしている130社をピックアップし、これを調査候補とした。

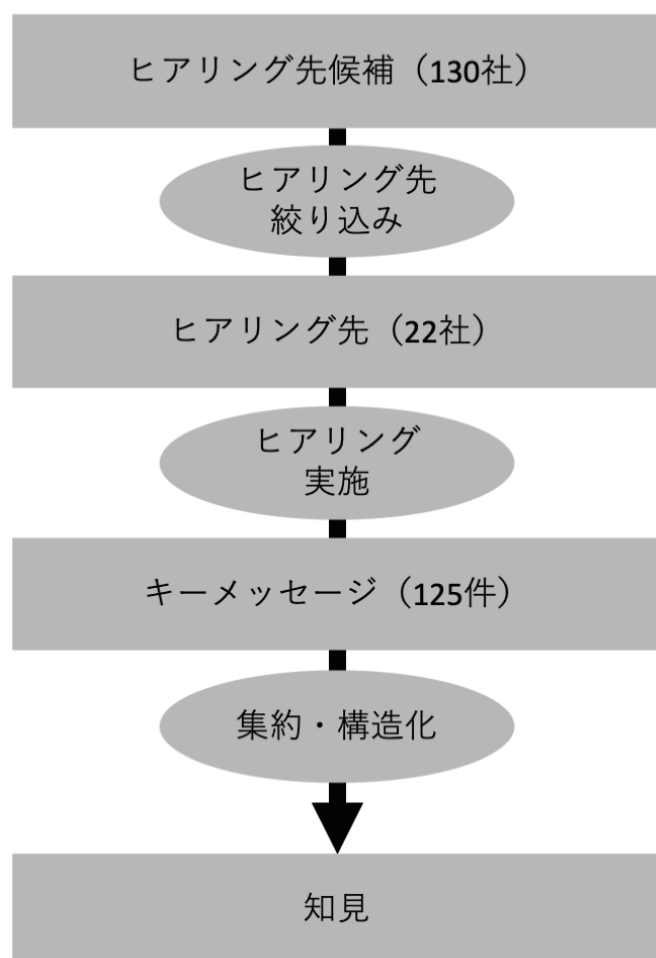


図1 調査プロセス

ピックアップした130社に対して、次の3つの条件でDXの先進性を評価し、業種が極端に重ならないように考慮しながら、国内16社、海外6社（合計22社）に絞り込んだ。

- 条件1：顧客に対して、デジタルならではの新しい体験・価値を生みだしているもの
- 条件2：実施しているだけでなく、具体的な成果が生まれてきていることが確認できたもの
- 条件3：先進的、独自性のある取り組みであり、手引書に記載すべき工夫・秘訣がありそうなもの

2.3 調査項目

絞り込んだ22社の企業へのヒアリングに際して、図4で示す4つの観点のモデルに基づいてヒアリング項目を作成した。

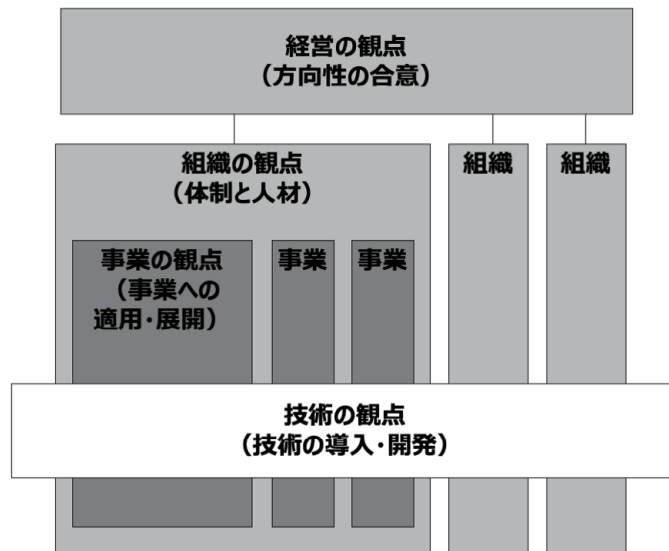


図4 ヒアリングの観点

- ①経営の観点：企業全体としてのDXを含む目指すべきビジョンや方向性を示し合意をとり、適切なリソースを配分する
- ②組織の観点：①の方向性に基づいて、体制を構築し人材を育成確保する
- ③事業の観点：②のメンバでデジタル技術を活用し、市場や業務を変革することにより、より高い価値を生み出し、収益を上げる
- ④技術の観点：③を実現するために、デジタル技術を開発・導入し、それに合わせたIT環境を整備する

DXというと、現在④の技術の観点に注目が集まっている。しかし、先に示した『DXレポート2（中間とりまとめ）』[2]によると、DX推進に向けた短期的な対応として、技術的な要素に加えて、①の経営の観点である「関係者間の共通理解の形成」「CIO/CDXOの役割・権限等の明確化」、③の事業の観点である「業務プロセスの再設計」が必要であるとされている。また、中長期的な対応として、②の組織の観点である「DX人材の確保」が必要とされている。先進企業におけるこれらの取り組みに関する知見をカバーするために上記4つの観点でのヒアリングを実施することにした。

ヒアリング実施後は、各企業から得られた情報の中で、

- 特定業種や個別企業に依存しない広く活用できる情報
- 一般論的な内容だけでなく、実践的なプラクティスが含まれている情報
- デジタル技術活用固有の課題を克服している情報

をキーメッセージとして抽出した。

3. 調査結果

3.1 調査結果の概要

ヒアリングを行った22社で合計125件のキーマッセージが得られた。これらの企業を売上げ規模別に分類したものを図2に、業種別に分類したものを図3に示す。規模別の分布で見ると大企業が中心のヒアリングとなったが、業種別の分布で見ると多様な業種に対して調査を実施することができた。この結果は、現状DXは大企業中心に進んでいるが、特定の業界にとどまらず、さまざまな業界でDXの先進企業が存在することを示している。

売上規模別：ヒアリング実施企業の種類

売上規模別	国外	国内
1. 10億円未満		
2. 10～50億円	1	1
3. 50～100億円		
4. 100～1,000億円	1	2
5. 1,000億円以上	4	13
N/A		

図2 ヒアリング企業の売上げ規模別分布

業種別：ヒアリング実施企業の種類

業種別	国外	国内
1. 水産・農林業		
2. 鉱業・採石業・砂利採取業		
3. 建設業		1
4. 製造業（生活関連）		2
5. 製造業（素材）		
6. 製造業（機器）	1	2
7. 製造業（その他）		3
8. 電気・ガス・熱供給・水道業		1
9. 運輸業・郵便業		3
10. 情報通信業		
11. 卸売業・小売業	4	1
12. 金融業・保険業	1	1
13. 不動産業・物品賃貸業		1
14. サービス業		1
15. 教育・学習支援業		
16. 医療・福祉		
17. 公務		

図3 ヒアリング企業の業種別分布

得られた、125件のキーマッセージから、同義のもの類似するものを、統合、分類、再構成し、最終的に本稿で示す知見に整理することができた。表1にその結果を示す。観点欄の数字はその観点で抽出されたキーマッセージの数を示している。

表1 ヒアリング調査結果

観点	キーマッセージの例	事例
経営 (37)	・デジタル技術で自らのビジネスがどう変革するかを理解してビジョンを発信すべし	サービス業 A社
	・経営の危機は生まれ変わるチャンス。デジタル技術を活用し生き残り策を探せ	建設業 E社
		社会インフ

	<ul style="list-style-type: none"> ・現行事業にとってマイナスのことをせざるを得ない場合も覚悟せよ ・まず、何をすべきかという What を検討せよ ・IT が経営のドライブするには、小さい事例から IT の経営へのインパクトを示し続けるべし 	<p>ラ D 社</p> <p>製造業 F 社</p> <p>製造業 B 社</p>
組織 (37)	<ul style="list-style-type: none"> ・経営、事業、IT の責任者が集まって DX プロジェクトに関する意思決定を行え ・DX プロジェクトをやると決めたら一定期間経営に口をださせるな ・失敗を許容し新しいことに挑戦し失敗から学ぶことが成功につながる ・ゴールや方向性の異なる取り組みは、体制を分けて取り組むべし ・最新技術は外部から、現場適用は内製で行うべし ・経営、事業、IT の 3 つが語れ、リーダーシップをとれる「ヤタガラス人材」が DX を成功に導く ・文化をドラスティックに変えるために、外部からリーダーを呼ぶことも考えよ ・事業の現場の人材を DX プロジェクトに巻き込んでヤタガラス人材を育成せよ ・現場からデータ処理の経験と意欲のあるメンバーを見つけて巻き込め 	<p>サービス業 B 社</p> <p>製造業 D 社</p> <p>製造業 G 社</p> <p>金融業 F 社</p> <p>製造業 Y 社</p> <p>製造業 S 社</p> <p>サービス業 D 社</p> <p>製造業 P 社</p> <p>製造業 Z 社</p> <p>インフラ業 V 社</p> <p>製造業 X 社</p> <p>小売業 U 社</p>
事業 (21)	<ul style="list-style-type: none"> ・スタートのハードルは低くし、継続は将来の変革のインパクトで判断すべし ・システムは作った瞬間から劣化する。最初から完璧なものを作ろうとするな ・最初のフェーズでマネタイズに注力することで、社内の他部署を巻き込め ・顧客に対してデジタルを通じた接点を作れ ・技術や方法論の適用はその本質を理解したうえで、現場にすり合わせよ ・ビジネスの変革はやりたい人が主導すべし ・自社の製品・サービスに思い入れのある人材を巻き込め 	<p>製造業 R 社</p> <p>サービス業 C 社</p> <p>インフラ業 Q 社</p> <p>卸業 N 社</p> <p>製造業 O 社</p> <p>サービス業 P 社</p> <p>製造業 W 社</p>
技術 (30)	<ul style="list-style-type: none"> ・荒唐無稽に思われるアイデアも、デジタルの世界では実現できる ・同業者・近接業種の先進事例から自組織が変革すべきポイントを見いだせ ・デジタル技術を活用したサービスの要件は現場への効果を起点に考えよ ・他社が持っていないデータを持つことが、デジタルの世界で価値を生む ・DX に必要なデータは待っていてはあつまらない。集める努力をすべし ・ごみを除いた生きたデータをため続けることが DX を成功に導く 	<p>卸業 G 社</p> <p>運送業 I 社</p> <p>金融業 H 社</p> <p>運輸業 J 社</p> <p>金融業 L 社</p> <p>金融業 K 社</p> <p>小売業 M 社</p>

3.2 DX先端企業から得られた知見

ヒアリングによって得られたDX先端企業のキーマッセージは図4の観点に沿って、下記のカテゴリに分類した。

- 経営の観点：組織が目指すDXの方向性の合意
- 技術の観点：DXを実現するデジタル技術の導入・開発
- 事業の観点：DXの実事業への適用・展開
- 組織の観点：DXを推進する体制と人材

以降で、それぞれのカテゴリごとにキーマッセージから読み取れたエッセンスを知見として紹介する。

それぞれの知見には、その知見を得るに至った事例を合わせて紹介する。事例の内容は各節の末尾にまとめて記載する。ただし、個別企業名の特定を避けるために、同じ企業の事例複数ある場合でも別のラベル（A社、B社など）を付けている場合がある。

3.3 組織が目指すDXの方向性の合意に関する知見

今回ヒアリングを行った、DXの実践に成功している22社の企業の経営者は、デジタル技術によってもたらす自分たちのビジネスの変革の将来像をビジョンとして発信している。

当初は、IT担当が1名で、基幹システムのトラブルが多発し経営層からITはお荷物とされていた。しかし、経営責任者とデジタル技術の重要性や自社へのインパクトを深く議論することによって、自社のデジタル技術の方向性を合意できた。それを社内外に共有し、浸透させたことより、現在はIT部門は数十人の体制に拡大し、デジタル技術を用いてコロナ禍に対応するサービスを他社に先駆けて提供できるようになった。（サービス業A社）

このように、単純にデジタル技術を導入するだけでDXが実現できるわけではない。デジタル技術のもたらす可能性の本質を理解し、それが自社の経営へどのようなインパクトを与えるかを見きわめて、DXのビジョンを策定する。そして、そのビジョンを目指してDXに向けた各プロジェクトを推進することが成功につながっている。

ビジョンを描く際には、まず自らの組織の現状に危機感を持ち、今のままでは自らの組織がどうなってしまうのかを冷静に分析することから始めている。

熟練工の高年齢化や若手の人材不足が要因で、建設現場での生産性やスキルの伝承が悪化。これに関連して現場での事故リスクも高まっていることが経営上の大きな課題となっていた。この問題をデジタル技術を用いて解決するために、建設現場の設備や部材をデジタルの世界にモデル化し、リアルの世界と連動し、今後の状況をシミュレーションできるようすることで、効率化し、事故リスクを事前に顕在化する取り組みを始めている。（建設業E社）

このように、DXの先進企業は、経営の危機を生まれ変わるチャンスととらえて、自分たちの強みを見つめ直すことによって、デジタル技術を活用した生き残り戦略を見いだすことができている。

ビジョンを描いている中で、競合他社に塩を送るような現行事業にとってマイナスになることを考慮せざるを得ない場合もある。

「Digital Giantを超える企業になる」という経営陣のビジョンに基づき、自社の業務をデジタル化するためにIoT基盤を開発した。この基盤を用いて自社の業務の変革を実現するだけにとまらず、これをプラットフォーム化して、現行事業の競合も含む同業他社への展開を計画し、業界の底上げに貢献しようとしている。（社会インフラD社）

このように、一度現行事業のしがらみを取り払い、客観的に組織の強みを見つめた上で将来像を描き最終的にどちらに向かうべきかを判断していくことがDXの成功につながっている。

ビジョンに基づいて具体的な方向性を検討する際には、何をすべきかというWhatを検討し、明確化した後に、どのようにすべきかのHowを検討する順番で行うことで、目的を見失わないように工夫している。

社内の異なる部署のメンバを集めたチームを立ち上げ、ビジネス課題とアイデアを持ち寄り、自社の将来のためにデジタルを活用して何をすべきか（What）を徹底的に議論するようにした。このチームが核となり具体的なDX施策のHowを検討するプロジェクトを推進することで目的を明確にし、消費者データを活用した商品開発を実現した。（製造業F社）

この事例では、とりあえずAIを導入したり、データ管理のパッケージを入れてみるなどのHowからスタートし、失敗した経験に基づいて、Whatを時間をかけて検討することが成功に結びついている。

ヒアリングしたすべての企業では、ビジョンを描く活動にIT部門（もしくはデジタル化推進部門）が積極的に参加し、経営と議論してビジョンを構築している。しかし、DXが進んでいない企業ではITを業務の効率化の手段としてしか見ていない経営者が存在する。そういう組織で、いきなりDXのビジョンを議論したいといっても、相手にしてもらえない可能性がある。そういう組織では、次の事例のように、デジタル技術を活用した小さな変革を具体的にやって見せることで、デジタル技術の可能性を経営層に実感してもらい、本来のDXの議論をすることができるようになる。

もともとは、あるプロジェクトで特定のデジタルデバイスを自社主力製品に組み込むところからスタートした。ところが次第にそのデバイスを用いたデータの活用に着目するようになり、データから得られる価値を追求するようになった。その結果、主力製品を売るだけでなく、データを活用したサービス事業に進展・発展させることができた。（製造業B社）

3.4 DXを実現するデジタル技術の導入・開発に関する知見

デジタル技術の導入・開発に関する知見には大きく以下の2つのものがあった。

(1) アイディアの創出に関する知見

デジタル技術を自社のビジネスのどこに組み入れると変革を起こすことができるかというアイディアをどのように得るかという知見。

(2) データの活用に関する知見

デジタル技術のインプットとなるデータをどのように収集し、整備し、活用につなげるかということに関する知見。

以降でそれぞれについて説明する。

(1) アイディア創出に関する知見

現場の思い付き・アイディアはDXの原石である。普段の業務の中やアイディアソンを実施するなど、現場社員からアイディアが上がってくる仕掛けを作り、アイディアを拾い上げ、活用するプロセスを構築することで変革の種を見つけることにつながっている。

社内でアイディアソンを実施したところ、「かつての置き薬モデル」を自社製品に応用できないかというアイディアが出た。このアイディアに経営陣が注目し、最新のデジタル技術を組入れることで実行可能な事業としてサービス化を実現することができた。（卸業G社）

そこででてきたアイディアの中に、リアルな世界では荒唐無稽に思われるアイディアがあるかもしれない。

「ドラえもののひみつ道具」のようなことであっても実現できないか検討してみようという発想からスタート。アバターを用いたバーチャルな移動はリアルでは実現できないが、デジタルの世界の中であればある程度できるのではと、それを実現するプラットフォームを開発。病気など

で移動できない人や宇宙領域での作業などへの応用も構想している。（運輸業I社）

今までであれば却下してしまうそのアイディアは、デジタルの世界・バーチャルな世界では実現可能であるものも含まれている可能性がある。このようなアイディアを埋もれさせずに、長い目で見た投資を行うことで、将来の成功の種を植えている。これにより企業の継続的な発展を目指している。

社内だけではなく、先進事例から、自組織が変革すべきポイントを見いだすことも行っている。事例の中から、「ここが違う」という目で差異を探すのではなく、「ここが同じ」という目で見えて共通点を探し、「これをうちに当てはめると」という形でアイディアにつなげている。

デジタル化の進展により自社のビジネス領域がなくなるのではないかという危機感があつた中、中国の同業の事例に刺激を受けて社長が変革の必要性を確信した。事例の戦略に倣い自社の商品と隣接し国内の競合他社が扱っていない領域を見出して、関連企業を買収しデジタル化を進めることで、業務革新を実現している。（金融業H社）

運輸業、製造業という異なる業種の事例で、属人化していた熟練者の暗黙知に頼っていたため、その部分がボトルネックになりがちだった。これをデジタル化することによって、スループットを向上させるという取り組みが行われていた。

輸送設備のエンジンのメンテナンスを、職人が聴診棒にて行っていて、熟練が必要だった。聴診棒を音響的なサンプリングとソフトウェアによる周波数解析に置き換え、特徴量を捉える技術を用いてデジタル化し高精度な状態診断を実現することができた。（運輸業J社）

熟練者のふるまいをセンサ等を用いてデータ化し、これをデジタル技術を用いてモデル化し再現できるようにすることで、熟練者でなければできなかった作業の一部を自動化したり熟練者でなくてもできるようにすることが実現されている。

(2) データの活用に関する知見

DXの先進企業では、他社が持っていないデータを持つことで、新たな価値を生みだすことを認識している。また、そのデータと世の中に出回っているデータや他社のデータを組合せることで価値が増幅することを意識して、戦略的にデータの公開を行っている。

自社のビジネスを行っていることで得ることができるデータをリアルデータと呼び、ネット上で出回っているデータと区別している。自社の強みとなるリアルデータを最大限に活用するために専門チームを用意して、活用できる形にリアルデータを精製することで自社の利益だけでなく社会の役に立つという仮説を立てて推進している。（金融業L社）

今持っていないデータであっても、次の事業・サービス価値向上につながるために必要なデータを収集し、活用していく戦略を立てることが次のステップでの成功につながることを期待して、準備を行っている。

5カ年計画で将来像を描いた上で、それに必要な取引先とのすべてのインタラクションのデータを収集し、サービス業態ごとに設置しているテクノロジーチームにより分析・予測を行いその結果をサービスに反映させている。DXに必要なデータは待っては集まらないものの方が多い。次のビジネスの成功のために、今データを集めるための策を実行する必要がある。（金融業K社）

このようにして、収集したデータを単にためておくだけでは、ストレージ上にごみがたまるだけになってしまう危険性がある。将来の活用方法を想定して、どのような素性のデータであるかを記録するメタデータを付与したり、有効でないデータを取り除くような、収集時にしかできない処理を行っておくことで、データ活用時の精度向上につなげている。

専門チームがデータのパーソナライゼーション化に注力していて、実店舗、オンラインにかかわらずお客様の嗜好に合わせた商品をどのようなお客様にも平等に提供できるようにデータに磨きをかけている。（小売業M社）

3.5 DXの実事業への適用、展開に関する知見

ヒアリングした22件中、20のDXのプロジェクトは、小さくスタートしていた。

1人のエンジニアが細々と研究していた、あるデータを収集できる装置が、主力製品と組み合わせることによって、面白いことができそうだと認知され、応援する仲間が増えた。それにより実用性が見えてくると、一気に予算規模が大きくなり、大きなデジタル事業化につながった。（製造業R社）

三密回避アプリの開発に際して「ITシステムやサービスは作った瞬間から劣化していく」という考え方のもと、初期リリースでは作りこまずに価値を生む最小限の実装を行い、利用状況を踏まえて価値を維持・拡大していくための改善を繰り返している。（サービス業C社）

DXのプロジェクトは、必ず成功するとは限らない不確定な要素を含むので、小さく始めてユーザの反応や将来ビジネスメリットを見極めた上で、拡大していくやり方で進めることで大きな成功につながっていた。

小さく始める際には、リリース後の早い段階で少額であってもマネタイズできることを示すことで、予算の拡大や仲間を増やすことにつながっていた。

オンラインで利用状況を計測できるIoTサービスを立ち上げた際に、まず小さなサービスでマネタイズできることを示した上で、その範囲を広げるアプローチをとった。これにより、社内での大きな反発はなく、継続した投資をしてもらえるようになった。（インフラ業Q社）

既存事業へのデジタル技術の活用には、既存業務のやり方にこだわらず、現場の抵抗に屈しないで、デジタル化された世界においてベストな業務のやり方を見きわめて業務変革をすすめることがDXにつながっていた。

在庫を自社で持つことで、今まで販売店に頼っていた顧客との接点を自社で持てるようになり、顧客情報をデジタルで得られる仕組みを構築した。このことによって、通常の卸業では入手が困難なエンドユーザの購買情報を直接入手することが可能となり、その情報を販売店にも提供し、マーケティングにつなげてもらうことができるようになった。（卸業N社）

ただし、既存事業に変えることができない制約（法令や外部要因など）があり、上記のベストな業務が実現できない場合もある。そのようなときには、その本質を理解した上で、現場に適用できるようにすり合わせることで事業化が実現できた事例もあった。

当初製品と連携したシステムの構築をアジャイル開発を進めることを検討していたが、製品である物理的なモノの開発プロセスとの連携がうまくいかなかった。そこで、開発プロセスを、製品の依存度の高い部分とソフトウェアで実現できる部分とをそれぞれ独立して開発できるようステージを分けることで、既存製品のプロセスには大きな影響を与えずにリアルとデジタルが組み合わせられた製品開発が実現した。（製造業O社）

このようなプロジェクトを推進するメンバ選定に対して、やりたい、やるべきという想いを持っているメンバを仲間にして、高いモチベーションを保ちつつプロジェクトを推進していくことが成功につながっている。

「やりたい人間がやるのが一番品質がよい」という考え方に基づいて、感染症対策のアプリケーションを開発する際には、社内チャットで公募をかけて、応募してきた若手メンバにまかせた。結果として、問題意識をもったメンバが高いモチベーションで取り組んだこともあり、6週間

でリリースすることができた。（サービス業P社）

自社の製品をデジタル対応するにあたり、自社の製品に思い入れが強く自らも愛用しているメンバをプロジェクトメンバに集め、デジタル化によってどうすれば製品がより魅力的になるかというマインドで製品開発プロジェクトを進めている。（製造業W社）

3.6 DXを推進する体制と人材に関する知見

(1) 体制に関する知見

DXプロジェクトに資金とリソースの枠組みを与える際に、経営、事業、技術の責任者がその場で投資の意思決定を行える場を作ることでプロジェクト開始のスピードアップを図っている事例があった。

月に1回、社長、事業責任者、IT担当が集まってプロジェクトのGo/No Goを決める場を設置した。関係者が全員集まって原則その場で結論を出すことで、今まで数カ月かかっていた審議が不要となり、翌日からプロジェクトが始められるようになった。（サービス業B社）

DXはスピードが求められる。あるプロジェクトの実行可否を稟議書を回してハンコリレーをしていると、その間に世の中は変化してしまう。Go/No Goを判断できる経営者（投資の妥当性）、事業責任者（事業インパクト）、技術者（実現可能性）が集まって、迅速に結論を出し1歩を踏み出すことで、グローバルのスピード感に対応できるようになっている。そして、いったんスタートさせたら、一定期間プロジェクトの個別の取り組みに、経営が口を出していない。プロジェクトメンバを信頼して任せていた。

経営層に特例として承認されたデジタルを活用した新サービスのプロジェクトは、従来の製品開発プロジェクトで必須とされていたゲート管理や社内への報告の一部が免除される。このため、一度Goと決まったプロジェクトが報告会対応のための工数を検討・開発に費やすことができるとともに、報告会での指摘などによってプロジェクトが停滞する心配なく推進することができた。（製造業D社）

DXプロジェクトは不確定要素が多いので、失敗する可能性がある。しかし、その失敗を責めては、誰もチャレンジをしなくなり、変革とは程遠い状態に陥ってしまうことを懸念している企業が一定数存在する（10/22社）。

企業風土として、チャレンジを推奨している。そのため失敗するプロジェクトは一定数あるが、それを恐れている新しいことはできないので、新サービスはまずは実施してみる。実施した後で、サービスの利用頻度、利用者の満足度、収益性の基準で評価して継続可否を決めている。（製造業G社）

着手時には、成功するか失敗するか分からないし、何もしなければ、失敗もなければ新たなビジネス創出もないという考え方を持っている。これにしたがって、顧客にとって、よいサービスが提供できるかという点を主軸にプロジェクト化をしている。チャレンジした上の失敗は、失敗したくてしたわけではないので許容されている。（金融業F社）

このように、失敗を責めるのではなく、失敗を受け止め、そこから学ぶことで次の成功につなげていっている。

複数のDXプロジェクトを推進している企業は、ゴールやタイミング、方向性の異なるプロジェクトを、体制や管理方法を分けて推進していた。

社内にDXに関係する次の3つのプロジェクトを立ち上げている（1）社内の経営基盤改革を行うプロジェクト、（2）既存事業をデジタルを利活用することで強化するプロジェクト、（3）新しい価値創造やお客様との協創により未来を創るプロジェクト。それぞれが非常に大きなプロジ

ェクトであり、どれも緊急度・重要度が高いため並行して進めている。そのためにそれぞれの推進体制を分けているが完全に独立しているわけではなく要所要所で協力・連携している。（製造業Y社）

社内システムの刷新と新サービスの創生はどちらもDXにとって重要だが、対象や開発規模、開発期間、目指すべきゴールが異なるので、プロジェクトとしては区別して推進することで、お互いがボトルネックにならないように工夫していた。ただし、システム刷新によって取得しやすくなったデータを活用して新サービスを高度化するなど、プロジェクト間で連携が必要なタイミングがある。ここで整合性をとるために、それぞれのプロジェクトのマイルストーンと外部インターフェースの仕様をすり合わせる場は設けている。

これらのプロジェクトの開発体制は、要素技術に関しては最先端技術の知見を有する外部のベンダを活用するケースがあるが、事業を推進するアプリケーションの開発は、内部メンバを中心とした体制とし、組織の戦略や外部環境の変化に迅速に対応できるようにしている。

AIやVRなどコアな技術は、最新の技術を把握しているベンダを使っているが、実績に基づいてそれぞれの技術が得意なベンダを選定して委託している。事業への適用を行うアプリケーションの開発は基本的には自社のメンバで行うことで、事業状況やユーザの趣向の変化に迅速に対応できるようにしている。（製造業S社）

(2) 人材に関する知見

多くのDXの先進企業では、経営、事業、ITの3つに通じ、リーダーシップを発揮できる「八咫鳥（ヤタガラス）人材」（図5）が中心となりDXの方向性や開発推進、事業適用を牽引していた。経営の言葉で経営者を説得し、事業の言葉で事業部を巻き込み、技術の言葉で開発メンバと実現可能性の議論ができる。そのような人がいることで、スムーズにDXプロジェクトを立案・推進できる。



図5 八咫鳥人材

IT部門のリーダC氏は、先端のデジタル技術の知識を持っているだけでなく、毎月の経営者との定例で、経営陣と新サービスの経営的なインパクトの議論を行い、各事業部の担当者と事業上の課題と解決策の業務への影響範囲の議論を行うことができる人材である。C氏が複数のDXプロジェクトの全体を統括することで、ビジョンで示した方向性に沿った事業変革を行うための投資を引き出し、事業成果に結びつけるように実行できている。（サービス業D社）

1人の人間で、3つの領域の知見がカバーできない場合に、それぞれの知見を持つメンバでチームを作り、チームとして八咫鳥を実現する事例もあった。

自社で弱い情報技術、特にデジタル技術を強化するために大手IT企業からデジタル・IT推進担当役員を招へいた。この役員を核に事業の分かる自社メンバと外部から採用したブランディングなどの経営戦略、データサイエンティストなどのデジタル人材でDXを推進する組織を立ち上げた。この組織が中心となり、ビジョン構築、ビジネス戦略、技術ロードマップ等を用いてプロジェクトを牽引することでデジタル技術を用いた新商品開発の効率化を実現し、製品開発の期間短縮・コスト削減を実現している。（製造業P社）

八咫鳥人材を育てるために、事業の現場の人材をDXプロジェクトに巻き込み、デジタル技術の知見を身に付けさせたり、経営者との議論の場を設けることで、経営の感覚を持たせる取り組みがされている。

各現場で業務を熟知している社員にデータサイエンティストの知識を付けさせる教育を行っている。ただ彼らが現場で孤立してしまえば変革がうまくいかないのので、組織横断的にサポートするCoE（Center of Excellence）的な役割を担う部隊を設置し、さらなる理論武装と他の現場の事例やノウハウを共有し、現場のデジタル化の浸透を加速させている。（製造業Z社）

「どのように開発・運用するか」というHow（問題解決力）だけではなく、そもそも「どのような課題を解決する必要があるか」というWhat（問題発見力）が重要であると考えCxO（Chief x Officer）が自らハンズオンで教育を行っている。（インフラ業V社）

リーダーだけではなく、DXプロジェクトのメンバも事業とデジタル技術の両方を理解する両利き人材を育てようとしている。このような人材を育成するために、事業部とIT部門の人材交流を行っている先進企業も存在する。

人事のローテーション制度を活用し、社員に複数部門を経験させる中で、意図的に事業とITの両方を体験させるようにしている。これによって両部門のお互いの部隊の顔が分かるようになり、両者のコミュニケーションが活性化し、プロジェクト推進を円滑に進められるようになってきている。（製造業X社）

また、ITの知識がない事業の現場の人に基本的なデジタル技術を学ばせることも、デジタルを使える人事のすそ野を広げるための取り組みとして行っている企業が存在する。

IT技術者ではない従業員向けにデジタル教育コンテンツを開発し、教育を通してボトムアップ的な組織の変革を促している。（小売業U社）

4. 事例調査の考察と今後のDXの方向性

前節までで述べた、DXの先進企業のヒアリングによるキーマッセージ分類の結果得られた知見には、技術に関するものと同様に、他のカテゴリに関する知見も多く得ることができた。どの企業も、技術にだけ着目しては、DXの成功に至ることはできず、経営、技術、事業、体制・人材の全体を考慮して組織的な活動を行うことが重要であることが分かった。

今回は、先進企業のヒアリングを行ったが、本来はDXを道半ばで失敗してしまった企業との比較をすることによって、より成功要因を浮き彫りにできるという議論もある。しかし、今回ヒアリングした企業は、順風満帆にDXを実現できたところはなく、知見で示したように、失敗をしてもその失敗を教訓としてトライをし続けた結果として、成功につながっている。その結果、得られた知見は成功要因として、十分に有用であるといえる。

本稿では、経営、事業、技術、組織の観点で先進企業から得られた知見を紹介した。先進企業が、経営、技術、事業にまたがってそれぞれ工夫を行ってDXを実践していることが分かった。一方、これからDXを実施しようとする企業と先進企業の間にはかなりのギャップがある。

図6にDX推進指標[5]におけるDXの成熟度と、変革の規模の関係のイメージを示す。今回ヒアリング対象企業をこのグラフにプロットすると、DXの成熟度が「全社戦略に基づく持続的実施」、変革の規模が「市場」もしくは「事業・製品」の位置になる。一方、日本の多くの企業は左下の領域にいる。そのことを考えると、先進企業の現時点の取り組みをスナップショット的に調査した今回のヒアリングだけでは不十分で、グラフで示した道筋での各ステップで乗り越えたプラクティスを整理することが重要であると考えられる。これにより、各組織が置かれている状況によって、今回紹介した知見のうちどれを先にやるべきであるかが明確になることが期待できる。

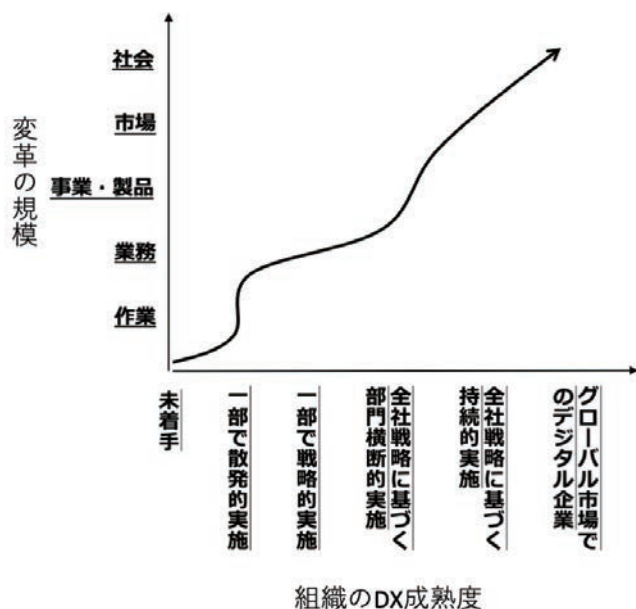


図6 DX成熟度と変革の規模

また、別の論点として中小企業を含むすべての企業が右上の領域を目指すべきかという議論もある。今回紹介した企業は、右上を目指し、大きく変革し続けており、例えるならば、卵⇒幼虫⇒蛹⇒蝶と完全に変態する蝶である。このような大きな変革を起こさなくても、たとえば、卵⇒おたまじゃくし⇒足が生えたおたまじゃくし⇒カエルの変態のように部分的な変革を繰り返すことによって、全体を変革する企業が存在してもよいのではないかと。また、対象とするマーケットが成長領域である企業であれば、不完全変態のバツタの様な見た目も変わらず変革を起こすことなく成長できるかもしれない。それぞれの企業で自らの置かれているビジネスの状況を見きわめて、どのパターンを目指すべきかという方向性を見定め、それによってどの知見を取り入れるべきかが絞り込まれる可能性がある。

IPAでは、2021年度の取り組みとして、上記を調査する予定である。これらの知見を共有することによって日本のDXが加速することを期待している。

参考文献

- 1) 経済産業省：デジタルトランスフォーメーションに向けた研究会，DX レポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～（2019），
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/20180907_report.html
(2021年6月20日現在)
- 2) 経済産業省：デジタルトランスフォーメーションの加速に向けた研究会，DXレポート2中間とりまとめ（2020），
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation_kasoku/20201228_report.htm
(2021年6月20日現在)
- 3) 岡村輝太，河野太基，室脇慶彦，浅野絢子：国内におけるDXの現状と分析—DX推進指標を用いた計測と分析結果の考察—，情報処理学会論文誌，Vol.61 No.11（2020）。
- 4) 情報処理推進機構：社会基盤センター，プラットフォーム変革手引書第1版（2021），https://www.ipa.go.jp/ikc/our_activities/dx.html（2021年6月20日現在）
- 5) 経済産業省：「DX 推進指標」とそのガイダンス（2019），<https://www.meti.go.jp/press/2019/07/20190731003/20190731003-1.pdf>（2021年6月20日現在）



三部良太（正会員）r-mibe@ipa.go.jp

1990年電気通信大学計算機科学科卒業。1992年東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。システム生産技術に関する研究に従事。2018年工学博士の学位を取得。2019年から(独)情報処理推進機構に出向し、DX推進を担当。電気学会会員。



林 航平（非会員）k-haya@ipa.go.jp

2018年慶應義塾大学文学部人文社会学科卒業。同年(株)ワークスアプリケーションズ入社。2020年から(独)情報処理推進機構に出向し、DX推進を担当。



鎌田高輝（非会員） k-kamada@ipa.go.jp

1994年大阪大学人間科学部卒業。同年、セントラルシステムズ（株）（現TIS株式会社）入社。主に、金融系のシステム開発に従事。2020年から（独）情報処理推進機構に出向し、DX推進に関わる手引書の策定を担当。



河野太基（正会員） t-kono@ipa.go.jp

大学院工学研究科修了後、富士通（株）入社。ミッションクリティカルシステムの企画設計構築運用などに従事。近年は社会課題を基軸に先端技術の研究開発から社会実装、基盤技術標準化まで多岐にわたる活動を実施。現在（独）情報処理推進機構 研究員。

受付日：2021年7月1日

採録日：2021年8月16日

編集担当：澤谷由里子（日本大学）

特集号招待論文

急激な環境変化に対応する「DX時代のイノベーション創出プログラム」 ーリコーグループのアクセラレータプログラム TRIBUS（トライバス）ー

小笠原広大¹ 大越瑛美¹ 森久泰二郎¹ 西脇祐介¹

¹ (株) リコー

リコーグループは2019年度より「TRIBUS（読み：トライバス）（以下本プログラム）」を発足し、非連続な価値創造を生み出す取り組みを開始した。現在、国内社内グループ企業および社外スタートアップ企業から合計457件（2019年度214件、2020年度243件）の応募を集めている。本稿では、本プログラムの取り組みから得られた社内変革について記述していく。

1. VUCA時代におけるDXの位置づけ

2018年、経済産業省はデジタルトランスフォーメーション（以下DX）を、「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」と定義している[1]。

国内リコーグループの取り組みである社内起業家、社外スタートアップ企業を対象とする統合型アクセラレータプログラム（以降、本プログラム）を通じて、統合型だからこそ得られる社内DX変革、対外顧客に対するDXソリューション提供の両方の可能性に触れながら、VUCA時代における新規事業創出の取り組みについて紹介する。

リコーはデジタルサービスの会社への転換を掲げており、お客様のDXの実現へ貢献することを目指している。本事例が読者にとって示唆のある内容であることを願う。

本稿の構成は以下のとおりである。まず第2章にてDX時代におけるイノベーション創出が求められている背景と、それを実現するための枠組みについて概観する。次に第3章にて筆者らが取り組んでいるイノベーション創出のためのプログラム「TRIBUS」について述べる。ここではプログラムの

概要だけでなく、実際の運営体制や行った施策、利用しているツールなど具体事例も含めて説明する。第4章では本プログラムを通じて社内外においてどのような変化が現れたかを、そして第5章では今後に向けた課題について述べる。最後に第6章にて本稿をまとめる。

なお本稿で言及する内容に関しては、執筆時点で過去の情報（第1期2019年度、第2期2020年度）について言及するものとする。

2. 環境変化によるイノベーション創出プログラムの必要性の増大

2.1 DXの背景とインパクト

日本におけるDXという言葉が浸透するきっかけとなったのは、経済産業省が2018年に発行した「DXレポート～ITシステム「2025年の崖」」と言われている[2]。レガシー化したシステムを維持し続ける企業は、そのシステムの維持費用が足かせとなり、適切なIT投資に資金・人材を振り向けることが困難になる。DXを推進する企業は、自身が持つデータや公開データなどを組み合わせ、既存ビジネスの変革や新たなビジネスの創出を目指している。このDXに必須となる人工知能（以下AI）とIoT、クラウドサービスの活用について、世界の時価総額ランキングを照らし合わせてみるとその重要性が顕著に見えてくる。平成元年（1989年）に世界の時価総額ランキングではトップ10社のうち、7社が日本企業であった。これが令和元年（2019年）には、1社も存在していない。現在のトップ10の大部分は米国や中国のIT企業である。これらの企業は、データやデジタル技術を活用してビジネスモデルの変革を進めており、グローバルで強い影響力を持つプラットフォーマーとなっている。

経済産業省が推進する「デジタルトランスフォーメーション銘柄（DX銘柄）2020」の評価委員長を務める伊藤邦雄氏は、DX銘柄2020の基調講演にて、「かつての成功体験が邪魔になってしまった」と日本の現状を説明した[3]。続けて、「品質の精度を高めるモノづくりや顧客への丁寧な手作りサービスに集中してしまったことがDXへの着手に遅れた」、「DXが遅れればまさに淘汰されてしまいますし、DXが進展すれば、逆に企業が取り得る戦略的な選択肢が広がっていく」とDXの重要性をうたっている。

2.2 変化へ対応するための新規ビジネス創造のアプローチ

このような変化の中で、どのようにDXを実行していくのか。日本企業における傾向として、AIやクラウドサービスを得意とする人材の獲得が活発化してきている。たとえば、IT企業だけでなく、非IT企業においても、「デジタル人材職」の新卒採用枠を設けたり、技術面での能力に応じて給与が決まる仕組みを導入したりする動きが出てきている。特に非IT企業の多い日本では自社開発に特化した社内システムや高品質主義を前提とした開発プロセスといった面も障害になり得る。ほかにも、社内のDX育成に関する取り組みも日々メディアで取り沙汰されている。企業だけでなく、自民党デジタル社会推進本部でも2021年5月に「2025年度までに175万人のデータサイエンティストやエンジニアの育成の必要が必要だ」と指摘し、近く政府に教育支援の提言をする予定としている[4]。しかしながら、技術人材の育成だけでは、新たなビジネスを創出することはできない。新たなビジネスのアイデアを出し、変革を推進する人材も必要となる。その推進方法は企業の人数規模や業種、組織文

化によって異なる。ここでは、DXの1つの手段として新規ビジネス創造にスポットを当て、そのアプローチについて新規ビジネス創造を担う「挑戦チームとその獲得方法」と、その運営を担う「推進部署」の2つの視点で整理する。

2.2.1 挑戦チームとその獲得方法

新たなビジネス創造に挑戦するチームとして、大きく「自社のみで行う」場合と、「社外と連携して行う」場合の2つに分類できる。「自社のみで行う」場合は、社内の文化を理解し合えた人間関係ができており、提案内容を具現化していく上でのコミュニケーションは容易となる。結果として、将来的な事業シナジーが生まれると期待できる。しかし、同じ組織からのアイデアでは、先入観や思考の偏りが懸念される。「社外と連携して行う」場合は、自社が認識していない強みを生かしたアイデアの獲得が期待できる。一方で、自社の取り組みや方向性を伝える努力や、企業文化の違いを理解し合うことに時間が掛かることが懸念される。

次に、アイデアの収集方法も2つに分類ができる。アイデアを「公募」で集める方法と、特定の人材や企業に「スカウティング」する方法だ。「公募」のメリットとデメリットは先に記述したビジネス創造に挑戦するチーム分類の「社外と連携して行う」場合と類似する。また、「スカウティング」する方法のメリットとデメリットも同様に「自社のみで行う」場合と類似する。これらに対するアプローチとして、スタートアップ企業などと連携したアクセラレータプログラムやCVC（コーポレートベンチャーキャピタル）を通じた取り組み、大企業同士の協業をベースとしたオープンイノベーションの取り組みが盛んに行われている（表1）。

表1 新規事業への最適参入スキーム[5] 経済産業省著p.52の図より転載

新規事業への最適参入スキーム(典型的な考え方)

(市場)	新規・未知	<ul style="list-style-type: none"> 事業会社との提携 	<ul style="list-style-type: none"> ベンチャーキャピタル ベンチャー育成 自社の教育を目的とした買収 	<ul style="list-style-type: none"> ベンチャーキャピタル ベンチャー育成 自社の教育を目的とした買収
	新規・既知	<ul style="list-style-type: none"> 社内での市場開発 買収 (JV) 	<ul style="list-style-type: none"> 社内ベンチャー 買収 ライセンス 	<ul style="list-style-type: none"> ベンチャーキャピタル ベンチャー育成 自社の教育を目的とした買収
	既存	<ul style="list-style-type: none"> 社内での開発 (買収) 	<ul style="list-style-type: none"> 社内での製品開発 買収 ライセンス 	<ul style="list-style-type: none"> ベンチャーとの提携
		既存	新規・既知	新規・未知
(技術・サービス)				

2.2.2 推進部署

従来の組織構造の中で新規ビジネス創造を含めたDXを推進する場合、既存組織の各事業部門や新規事業部門が主導するケース、経営企画部門を含む社長直轄組織による本社が主導するケース、研究開発本部が主導するケースの3つに分類することができる。施策の目的や領域、実施期間により、そ

それぞれメリットとデメリットが存在する（表2）。DXを推進する企業では、これらのメリットを組み合わせたDX推進組織を作る動きも出てきている。

表2 推進部署による分類（筆者ら作成）

	メリット	デメリット
A)部門単位	<ul style="list-style-type: none">事業戦略をもとに具体的に検討を進めやすい投資回収期間を比較的短期に得られる可能性がある	<ul style="list-style-type: none">短期的な視点に陥りやすい他部門を巻き込んだ活動に発展しにくい
B)社長直轄	<ul style="list-style-type: none">アライアンスや投資など経営判断をスピーディーに実施しやすい全社を巻き込んだ活動を推進しやすい	<ul style="list-style-type: none">実施判断が抽象的になり、実行する際の受け入れ部門の調整に時間を有する場合がある
C)研究開発	<ul style="list-style-type: none">自社技術リソースを用いた競争優位性の強いプランを実行しやすい	<ul style="list-style-type: none">知財の開示タイミングや契約形態等の調整に時間を有する場合がある投資回収期間が長期になるケースがある

3. 統合型アクセラレータプログラムTRIBUS

本章では我々が運営しているプログラムの具体的な内容について「プログラム全体構造」を踏まえた上で、「発足背景」「運営体制」「フィロソフィー」「工夫した施策」「コミュニケーションツール」を述べていく。

3.1 プログラム全体構造

本節ではプログラムの全体的な構造について述べていく。

3.1.1 エコシステムの醸成を目指した統合型プログラム

本プログラムは社内起業家とスタートアップ企業双方を対象とし同時に参加する統合型のプログラム構造をとる。プログラムの途中に行われるピッチコンテストも同じ舞台で行われる。社内参加者、社外参加者がお互いが刺激し合うことで成長を加速させること、そして将来的な事業創造のエコシステムの醸成を狙いとしている（図1）。

2つで1つのTRIBUS

IAP：イントレプレナー アクセラレータ プログラム

イントレプレナー：社内起業家を発掘・教育することで、イノベーションを創出するプログラムです。社内の支援体制の整備などを通じて、社内のイノベーションが創出する環境を醸成します。



CAP：コーポレート アクセラレータ プログラム

大手企業などが主催し、社外のスタートアップを支援するプロセスを通じて、スタートアップのバリューアップと同時に自社のイノベーション創出を目指すプログラムです。

図1 プログラム全体像

社内起業家チームには、活動期間に検証資金と工数が付与される。工数は、書類／面談による1次審査後の検証・育成期間は業務時間のうち最大20%、ピッチコンテスト後に行われる事業立ち上げを準備を加速させるアクセラレータプログラム期間は最大100%とプログラムの進捗で変動する。スタートアップ企業には、リコーグループの経営資源、従業員の知識／人的資源等のアセットを提供する。

3.1.2 柔軟性のある単年度プログラム

アクセラレータプログラムは、通年実施しているものから年度単位で実施するものまでさまざまであるが、本プログラムでは、年度単位で実施をしている。年度単位プログラムの場合、期中でのプログラム変更の柔軟性が課題となるが、本プログラムでは期間中に現場で得られる一次情報をもとに、体制を柔軟に修正できる運用にすることで課題をカバーしている。

3.1.3 外部の目を取り入れたスピード感のある審査

自社での判断軸に偏らず外部の視点・知見を入れることを目的として、コンテストの審査員には社内役員だけでなく、社外のベンチャーキャピタリストが担当する。

アクセラレータプログラムに進む社内外チームを決める審査は、大企業の新規ビジネス判断の場で通常行われる数十ページに及ぶ詳細な資料を用いた幾重の長時間のプレゼンテーションではなく、スタートアップ企業が投資家への事業提案を行う際のピッチと呼ばれる数分間（我々のプログラムでは4分15秒）のプレゼンテーションの手法を採用し、既存事業領域を超えた領域に対してスピード感を持った判断を行うことを目指している。

さらに社内起業家に関してはプログラムの最後に事業化に進むチームを決める審査を行う。この場では「事業を任せられるか」を判断の主軸に置き、事前に審査員に配布する事業計画書／資金繰り計画、当日のピッチのみで判断を行う。事前配布資料があるとはいえ、通常の大企業ビジネス判断フローに対して大幅にスピード感を持った仕組みである。

3.1.4 多様な参加者属性

本プログラムでは、挑戦する文化の醸成を目的とし、社員に対して事業提案者以外に多様な参加者属性を用意して、

- ① 挑戦者（リーダー）：自ら手を挙げてチームリーダとして新たな事業テーマを起こしていく。
- ② 挑戦者（メンバー）：挑戦者と一体となり、テーマの実現に向けて邁進する。役割の比重は非常に大きく、実行フェーズにおけるメンバの巻き込まれ力はチームの総合力となる。
- ③ カタリスト：20%までの業務工数を上限としてスタートアップと二人三脚でチームとなり、リコーグループのリソースをどのように使い倒せるかを検討、調整する役割を持つ。スタートアップのルールやスピード感で動くことを求められる。
- ④ サポーターズ（300名以上）：挑戦者を自らの得意なスキルセットを用い、20%までの業務工数を上限として自主的に応援するメンバである。
- ⑤ コミュニティメンバー（1,200名以上）：過去のイベント参加者、サポーターズ、挑戦者などの交流の場となっているMicrosoft Teamsコミュニティ（以下本プログラムコミュニティ）の参加者。アンケートを依頼すると1週間ほどで100件前後は集まるなど支援に前向きなメンバが集まっている。新入社員から、役員までさまざまな社員が登録。

3.2 発足背景

本節では、リコーおよびリコーグループを取り巻く環境を含め、プログラムの発足につながったポイントを述べる。

3.2.1 経営視点と研究開発視点の合致

リコーでは、ニューノーマル時代に新たな提供価値の実現を目指すため、事業変革および事業創造が必要であるという議論が経営視点でなされていた。一方、研究開発組織においても、保有技術のサービス化の手段として、スタートアップ企業との事業連携を模索していた。この経営と研究開発の課題認識と活動の方向性の合致が、リコーグループ全体を対象とした活動として本プログラムが発足するきっかけとなった。

3.2.2 創業の精神の下での社員の共感

グループ企業を対象とする大規模プログラムを発足する際には、関連区の巻き込み方が重要となる。関連区への協力を得る方法として、創業の精神に立ち返るアプローチを行った。

リコーグループの創業者である市村清は「事業というものは、儲けようとするればおのずと限界がある。けれども、道に即してやれば、自然に儲かるものであって、その利益は無限大だ」という経営哲学のもと、社会のニーズに耳を傾け、さまざまな事業を経営してきた。

また、リコーグループは創業の精神として「人を愛し、国を愛し、勤めを愛す」という三愛精神を掲げており、自社という箱にとらわれることなく、社会への価値提供を行うという視点を全社員がDNAとして持っている。

そのような創業の精神および創業者の経営哲学からすれば、社会へ価値提供をする上で事業は必ずしも社内から生み出さなくてはならないということではなく、社外であっても、社内であっても、本当に世の中から必要とされているものをリコーグループとして生み出し、支援していこうという考えが当然に思われる。この考えが「統合型アクセラレータプログラム」というユニークな運用に対して、社内関係者からの合意形成および共感を得る上で重要な役割を果たした。

本プログラムを運営する際にも、この創業の精神を現代の環境に照らし合わせて制度変革をしながら推進していくこととなる。

3.2.3 挑戦を求める社員の声による後押し

本プログラム発足の1年前、(株)リコーの変革推進を経営企画部門が主体となり検討し、社員の声を経営に反映するという目的で、一般社員と役員による意見交換会を実施した。この取り組みの集計結果として、社員から「挑戦する場がない」「過去の前例や既存商品プロセスにとらわれてしまう」という声が複数上がっており、この声に応えるということが本プログラムを発足させる強力な後押しとなった。

本プログラムは、社員の声に応えるプログラムでもあるという側面を持つ。このことは、創業の精神だけではなく、合理的に今なぜこのプログラムに投資をするのか、という点に関する各経営層からの合意形成を行う上で重要な役割を果たした。

このような経営層の合意形成を得られたことが、全社のそれぞれの部門の活動が有機的につながった背景の1つである。

3.2.4 社内副業制度と自律型人材の推奨

新規事業創出プログラムを初めて発足する際は、制度設計が完了する前にプログラムが走るケースが往々にしてある。しかしながら、挑戦をおおるだけでなく、挑戦する人々の目線になり、自ら手を上げて挑戦する社員の不安を少しでも和らげることはきわめて重要である。

本プログラムを意識して始まったものではないが、タイミングを同じくして、2019年度から(株)リコーでは希望者が社内の他部門業務を最大20%の工数まで実施できる社内副業制度を発足させている。本プログラムでは、この社内副業制度を活用することで挑戦する社員の心理的ハードルを下げると同時に、挑戦する社員を輩出する部門との調整のハードルも下げることにつながった。

また、リコーグループは2019年度から自律型人材を推奨していく制度に変革をしている最中である。経営層からこのようなメッセージを内外に発信することもまた、挑戦する社員を後押しし、心理的な安全を確保することに一役買っている。

自律型人材の定義についてここでは詳細を語らないが、変革を推進していく上では、今までのルールや通説に則って業務を遂行するのみではなく、自ら主体的かつ能動的に行動していくことが個人として求められる。

このような全社の動向も受けながら、本プログラムは特に新規事業創出という観点における自律型、すなわち自ら主体的かつ能動的に行動をしていく人物の挑戦の場であり、そういった人物が変わっていく場であるための設計をしている。

(株)リコーでは職務として新規事業を創出することを専門とする組織が存在しているが、このような背景情報を踏まえて、個人の内発的な動機を重視した制度設計として新規事業創出専門部門とは異なるフィロソフィーで設計運用がなされている。

3.3 運営体制

本節では、本プログラムにおける運営体制について記述する。

3.3.1 本プログラム運営全体像

新たな価値創造をする目的を意識して、ルールに縛られず、柔軟に現場で即時に判断できる体制設計を目指した、経営トップがオーナーとなることで、プログラム全体を支援しながら、1次情報を最も早く直接受ける自律的に行動する現場担当チームに大幅に実運用を任せるという、トップダウンとボトムアップ双方の利点を活用したアプローチをとっている。

- オーナー（社内）
各ピッチコンテストでの審査員を務めると同時に、プログラムの全体を支えながら、プログラム推進にかかわる意思決定を事務局に任せる役割を持つ。本プログラムでは社長執行役員・CEOがこれにあたる。
- コア事務局（社内）
主にプログラム全体にかかわる事柄の検討および実行を担う5～6名のチーム。それぞれがプログラム参加中の1～4のチーム・企業を担当する体制とし、全体の活動を俯瞰する役割を持つ。
- 専門事務局（社内）
主にバックオフィスと呼ばれる法務、人事、知財、広報、デザイン、生産、品質、経理、IT等、専門的な領域において、プログラム全体とプログラム参加中の各チーム・企業の案件を適宜対応する役割を持つ。
- アクセラレータープログラム運営支援企業（社外）
主にプログラム設計、プログラム参加中チーム・企業への支援コンテンツ提供およびメンタリングを実施する役割を持つ。本プログラムではゼロワンブースター社がこれにあたる。

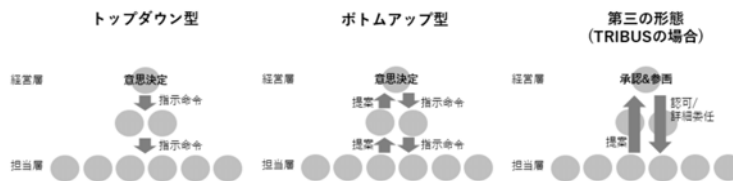


図2 活動発足のアプローチ類型

3.3.2 バーチャル組織による運営

運営は組織体制図には表記されないバーチャル組織として行う。バーチャル組織による運営の利点として、上下関係や報告等のパワーバランスがないフラットな状態で推進ができることが挙げられる。また、アイディアを形にするファブスペースを立ち上げた人物や、新規事業立ち上げの部署に在籍していた人物が本プログラムを推進するコア事務局の一員として請け負っている。彼らのような経験が、社内起業家やスタートアップが挑戦しやすい環境提供を目指す運営で必要であるが、このような人材の登用もバーチャル組織であることで容易となる。

一方で、バーチャル組織であるが故、組織運営上必要な業務についてのフォローが不十分であるというデメリットが挙げられる。この点については、研究開発部門など他部門のリソースを活用することで補っている。

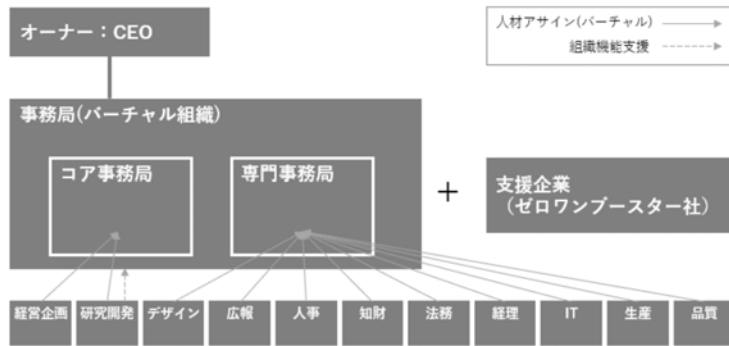


図3 運営体制

3.3.3 バックオフィスを支援する専門事務局

新規事業推進時の課題の1つとして、法務、人事、知財、広報、デザイン、生産、品質、経理、IT等のバックオフィス部門との連携が挙げられる。バックオフィス部門は、現状に則したルールを設定し、管理することが活動の1つとなる。

しかしながら、既存のルールにとらわれずに事業創造を進めていくプログラムとは考え方が異なる。そのため、新しいやり方を検討する際にルールによって阻まれてしまうことがある。この点において、本プログラムではバックオフィス部門を事務局メンバとして参画してもらうアプローチをとっている。コア事務局と専門事務局の間で事前に予想される課題について議論をしておくことで、前例にとらわれることのない運用をバックオフィス部門合意のもと推進することが可能となっている。

これは、本プログラムのための特別ルールを作る訳ではなく、バックオフィス部門が新たな考え方を持つことに繋がり、結果として、全社の風土を変革することに繋がる。

3.4 プログラムのフィロソフィー

本節では本プログラムを構成する根底となる思想について述べる。

3.4.1 事業創造のための挑戦の場

本プログラムは事業創造のための挑戦の場と定義している。一般的に国内大企業の新規事業提案の目標値は売上げとして数百から数千億円とされ、リコーでも従来は同様の認識があった。しかし、新たな事業を生み出し非連続な成長を目指す際には規模を条件として事業アイデアを規定することは発想や挑戦の足かせになるリスクがあり、本プログラムでは企画時の机上の事業規模ではなく行動を伴った挑戦の中で仮説検証を繰り返しながら社会への実装を模索し続けていくことを重視している。そのため、挑戦するチームに意思決定権を委ねる運用とし、プログラム開始時には社長から「ビジネス規模を最初からは求めない」というメッセージを全社へ発信し、共通認識を全社員に共有している。

3.4.2 失敗を許容する考え方

挑戦することに重きを置く場合、失敗を許容するという体制が同時に必要になる。本プログラムでは社内外審査員による審査結果は採択・非採択と活動の中で表現をしているが、非採択はその時点の事業創造活動の状態であり、事業アイデアの否定ではないと定義している。プログラムでの審査による判断で歩みを止めず、気づきを得て、状態を進めることで1年目非採択のチームが事業プランをブラッシュアップし2年目に採択される事例が出てきている。

3.4.3 誰でも参加可能なプログラム

3.1.4項で示したとおり、本プログラムでは一部の社員に限られた固定された形で参加するのではなく、社員それぞれのライフステージやモチベーションに合わせて参加できることを心掛けている。非連続な新規事業を生み出すという取り組みにおける優秀さは、必ずしも既存事業の優秀さとは異なる場合がある。加えて、挑戦する上ではさまざまな人からの支援や協力・理解が必要である。この制度設計により、人によって役割が固定するのではなく、事業プランによって役割を変化させ参加する社員の多様なかわり方が生まれている。あるテーマにはリーダとして参画し、あるテーマにはサポーターとして参画する等のかかわり方のバリエーションが多く生まれている。アクセラレータプログラムのような制度を通じ、社内に眠っている新たな才能の発掘に寄与することができるのである。

3.5 施策

本節ではプログラムを推進する上で工夫した施策についていくつか具体的に紹介する。

3.5.1 専用ブランド

ブランドとは顧客と企業の共通の認識であり、リコーにおいてそれは信頼・品質・安心・満足を提供し続けることである[6]。しかしながら、本プログラムで採択された新規事業の思想とは異なることもある。よって、リコーというブランド名称だけを前面に出していくのではなく、本プログラムには新たに「TRIBUS」という名称をつけた。本プログラム名称は2年目から使用し始めたものでありながら、本プログラムにかかわる挑戦者、サポーターを含め、新しい取り組みに一步踏み出すことの象徴的なブランドとなっている。

3.5.2 専用Webサイト

本プログラムでは社外の方にも活動に関する情報を公開することを第1目標に、専用Webサイト[7]を立ち上げている。このサイトの扉ページではブランドのメッセージを端的に伝えるため、キービジュアルと呼ばれるコンセプト画像を配置している(図4)。



図4 本プログラムWebサイト

掲載記事では、真っ先に注目されがちな挑戦するリーダだけでなく、プログラムにかかわるメンバの等身大の姿や縁の下の力持ちとして活動する専門事務局、非採択となった社内起業家チームについて取り上げた。「人」を中心としたサイト記事を通して、リコーグループが一体感を持って新規事業の創出に取り組む姿を見せ、新たに挑戦したい人の心理的ハードルを下げることも狙いとした。

社外のスタートアップ向けのプログラム参加募集ページも、サイト上に配置している。日頃記事を見ている方への募集の認知度向上を狙いとしている。1年目の募集の際には、掲載記事を含む専用Webサイトができておらず、募集のみを目的としたWebサイトで公開したが、専用Webサイト内に募集ページを構築後は、前年度比150%増の応募数を獲得した。

3.5.3 サポートーズ、コミュニティ制度

3.1.4項で示したサポートーズ、コミュニティについて詳細を記す。大企業では真っ先に挑戦に手を挙げるもの、手を挙げることを不得手とするもの、さまざまなタイプの社員が混在する。どちらかといえば、目標値に向かって実直に行動することを得意とする社員が多い中で、不確実な新規事業開発に喜んで進んでいく挑戦者は珍しい分類に入る。

本プログラムでは自らすぐに挑戦者になるか迷っているメンバに対し、挑戦者を応援するという気持ちを個々人の持つスキルセットとともに登録するサポートーズ制度を設けている。挑戦者はサポートーズリストに記載のスキルセットを参考に、活動に必要な支援をサポートーズに依頼をすることができる。

サポートーズより緩やかなかわりとしてMicrosoft Teams上にコミュニティを立ち上げている。挑戦者のチームメンバ集めや、各人の持つ知識共有だけでなく、コミュニティメンバに向けたアンケートなどさまざまな活動に活用されている。コミュニティメンバに対しては有機的で自発的な相互コミュニケーションの醸成を目指し、コミュニティ参加者の投稿に対して最初のコメントは事務局からは行わないなど、コミュニティの主体が事務局メンバにならないこと意識した運営を行っている。一方コミュニティに投げかけられるトピックスに関し、専門知識を持っているメンバに対しては

事務局から積極的に働きかけ、コミュニティの中の会話の活性化を促している。このコミュニティでのやりとりは本プログラムへの応募テーマに関するトピックだけでなく、ほかの自発的な活動に関するトピックも増えていき、本コミュニティが全社における変革の土台の1つとなっている。

3.5.4 社内イベント

社内起業が当たり前に行われていない企業において、挑戦者にとって目指すべきロールモデルがないことが課題となっている。事業創造のイメージを喚起させ、事業創造へのハードルを下げることを目的として、事業を起こすということがどのようなことなのか、企業に勤めたのちに事業を起こした起業家をゲストに招いてトークイベントを開催している。

このようなトークイベントのもう1つの目的として、横のつながりを醸成するというものがある。自分自身が興味湧くテーマのイベントに参加し、同じように集まってくる参加者同士の交流を重ねることで、無理なく目指す方向性を同じくするメンバと出会う確率を上げることができるのである。このような仕掛けにより、緩やかな関係性と変革への土台を全体に対して築いていくことも、事業創出として重要である[8]。

3.6 コミュニケーションツール

アクセラレータプログラムの短い活動期間において、コミュニケーションをより円滑に行う必要性がある。本節ではプログラムを通じて使用したコミュニケーションツールによる効果について記載する。

3.6.1 多数×多数コミュニケーションの有用性

本プログラムでは、コミュニケーション手段としてチャットツールであるMicrosoft Teams、Slackを主に使用している。2つのツールの使い分けは、社内メンバでのコミュニケーションは全社で導入されているMicrosoft 365を活用する形でMicrosoft Teams、社外が含まれるコミュニケーションについてはSlackを活用するという形で運用している。これらのツールを使用する利点としては、(A) 即時性 (B) 可視化 (C) 偶発性の誘発が挙げられる。

(A) 即時性

チャットツールではメールのように形式的なあいさつ等を省きながら会話のようなコミュニケーションを実現できる。一方で、チーム間コミュニケーションにおいて複数の人間が必ずしも同じ時間帯で情報を即時に共有できるわけではない。

(B) 可視化

チャットツールを用いると、常に履歴が残っていくため、議論に参加できなかった人でも、後から履歴を追って議論に参加することができる。メールでは都度情報が分断され、前後の文脈が読みづらくなってしまうこともあるが、チャットでは分断を抑えることができる。

(C) 偶発性の誘発

本プログラムでは各コア事務局がプログラム参加チームやスタートアップ企業とのやりとりを行っているが、常時コミュニケーションを把握できていないわけではない。そこで、チャットの履歴をさかのぼることで、社内の関連事業部門や社外顧客との橋渡しを適宜行っている。これは、多様な人間を同じ会話に入れられることを示唆しており、多様性を活用した偶発的な会話を誘発させる。

3.6.2 チャットツールの浸透

上記を基本ツールとしたことで、今まで活用をできていなかった社員の中でもチャットツールの利用が広がり、業務中でも活用するケースが多く出てきている。また、一方の社員がチャットツールを使用すると、受け取り側の社員もチャットツールを使用する機会を得るため、チャットによるコミュニケーションが徐々にだんだん深まり広がっていく。このことは社内におけるMicrosoft 365分析結果からも明らかになっている。本プログラムに参加している社員のチャット利用およびチャットツールに対するリテラシーの高さは社内平均よりも高い。全社におけるチャットツール活用を広げている活動の1つとなっている。

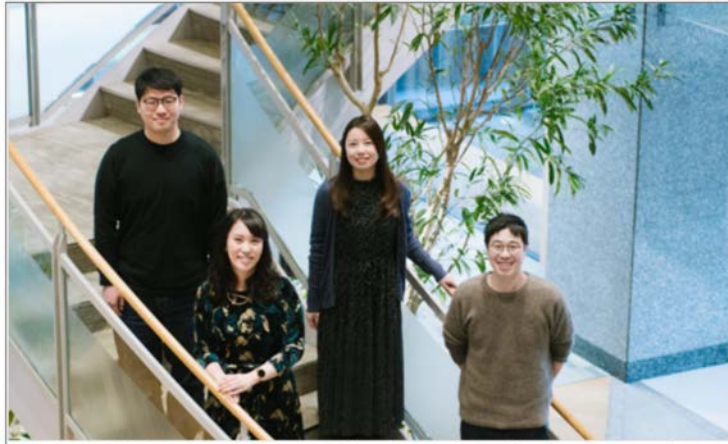
4. 企業文化・風土変革のDX

「1. VUCA時代におけるDXの位置づけ」で記載した通り、経済産業省が2018年に発表したDXの定義には、企業文化・風土の変化についての記述がある。この章では本プログラムを通じて見えてきた変化について記述することで、企業文化・風土変革のDXについて触れていく。

4.1 バックオフィス部門の変化

前述のとおり、本プログラムでは専門事務局としてバックオフィス部門を巻き込む形で設計して運用してきた。このことは、アサインされたバックオフィス担当者にとってはきわめてチャレンジ的な取り組みとなったが、逆にバックオフィス分野における挑戦の場としても機能した。バックオフィス部門がそもそも課題としては認識していながらも、既存の利害関係やルール・運用変更による影響の大きさから実行が難しかった施策を本プログラムでトライできるという、実験的な場所として活用されている。このことは、既存業務におけるバックオフィス部門の在り方や対応の方針にも新しい知見を提供することとなり、実際に新しい取り組みや新しいテクノロジーに当事者として触れることで緩やかではあるが、全社に変革の兆しを生んでいる。

具体的な一例として、このようなプロジェクトで特に議論となりがちな知財面について少し触れる。本プログラムでは基本的なスタンスとして、参加チームの成長促進をする上でどういった知財体制が望ましいかという観点で対応を検討した。また過去の事例が適用できない案件があることを想定し、知財の取得から契約について、知財部門と法務部門が適宜スピーディーに連携することで、知財関連に関して全方位をカバーする体制を準備した。社外から参画するスタートアップ企業との契約についても、スタートアップ企業の成長を促進できるような規定としている。



「・・・どちらかといえばルールが先にあって、その枠の中でやっていけばいいけど、はみ出したら注意するというやり方です。しかし、今回は逆で、事業が先にあって、後ろから法務が追いかけている。法務としてもアグレッシブでないと付いていけないというところがありますね。・・・『新しい事業は作ったけど、法務的にダメ』という“新規事業あるある”があるんですが、そこで押し問答するくらいだったら、最初から一緒にやっておくと。そういうマインドセットは法務の中で共有されていたという背景はありました」

図5 専門家事務局インタビュー（本プログラムオウンドメディア記事）

前鼻「サポーターとは違いますが、既存の組織、部署が前例のないことに対応してくれるようになっていくことも強く感じます。TRIBUS自体が前例のない取り組みなので、これまでのやり方では取まらない部分もあり、『なんとかしましょう』という空気になる。知財、法務関連などでそういう協力を得られるようになったのは大きな変化です」

図6 挑戦者インタビュー（本プログラムオウンドメディア記事）

4.2 最先端のデジタルツールに当事者としてかかわる

本プログラムでのスタートアップ企業への支援ではスタートアップ企業の属性やステージによって求められる内容も異なるが、1つのステップとしてリコグループでの社内実践を通じた検証を行うケースが少なくない。

アクセラレータプログラムで採択させていただくスタートアップ企業の商材は、基本的にはまだ市場に普及する前の商材であることが多く、リコグループとしても使用したことがない物が多い。そのような商材を実際に社内で活用することは、新しい社内DX化および共創を通じた第三者向け商材化の可能性という両面を広げることにつながる。また、スタートアップ企業にとっては、大企業におけるニーズの可視化や業種業務向けソリューション展開の検討、想定ユーザからのフィードバック等を得る重要な機会にもなっている。

通常の業務プロセスでは、新しい商材を社内で導入する際にはセキュリティーチェックや予算、その企業を選定した合理的な理由等を決裁者に求められる可能性があり、検討から仮導入までの時間や工数が多くかかってしまう。一方で、このようなアクセラレータプログラムは期間が限定された活動であり、役員も入って採択した企業の商材であるという特性を持つため、リコーグループにおける多様な組織が前向きにかつ早期にテスト導入を受け入れる可能性を高める。

新しいDX商材に当事者としてかかわっていくことは、DX化という社会の流れにおいてきわめて重要な側面であり、自らが導入部門となることで既存システムの課題などに気づくきっかけともなる。

ここでは、具体的に2020年度の本プログラムにおけるアクセラレータ期間中に行われたスタートアップ企業商材のテスト導入事例を3つ紹介する。

A) (株) Synamon (<https://synamon.jp/>)

VRを展開しているスタートアップ企業であるが、リコーグループで運営しているコワーキングスペースである海老名のリコーフューチャーハウスをバーチャル空間で再現する取り組みを共同で行った。リコーとしては、VRを導入する際の手順や要件を把握することにつながり、Synamon社としてはコワーキングスペースでの導入事例を1つ作ると同時に、大企業における決裁フローおよび導入にかかる工数、提案骨子を明らかにすることにつながった。

B) KBE (株) (<https://app.researchr.work/>)

KBE社はチャットコミュニケーションツールであるMicrosoft Teams/Slackに対応したAI（人工知能）を用いた人事管理システムresearchHR（リサーチャー）というサービスを展開する東工大発ベンチャーである。本プログラムのアクセラレータプログラム期間中に（株）リコーの3部門でのトライアル導入を実施。有用性について触れることで、活用方法のアイデアが広がり、人事システムやタスク管理アプリとの連携に向けても協議を継続している。

C) (株) Studio Ousia (<https://www.ousia.jp/ja/>)

Studio Ousia社は、学習済みモデルを利用することで、導入企業側でデータを用意することなく文章の意味を理解できるAI（人工知能）モデル「Soseki」を展開する企業である。本プログラムのアクセラレータプログラム期間中では（株）リコー内の企業内検索のアップデートとして、リコーから内部データを開示し、「Soseki」の有用性を双方で確認。結果としてITヘルプデスクでの問合せ対応と営業資料（テンプレート）の検索、作成という2つのシーンでの有用性が明確になり、協業を含め継続検討をしている。

4.3 オンラインツールによる多様性と主体性の拡大

2020年度プログラムはCOVID-19の影響からすべてオンラインによる運営としたが、このことは参加社員の多様性を増大させる効果があった。具体的には、沖縄事業所に勤務するリコージャパン（株）の社員や、関西圏に拠点を置くスタートアップ企業の参加などである。多様性が増加することは、運営企業視点では、全社におけるDX推進に向けた文化変革の可能性を高める利点があり、参加するスタートアップ企業の視点では、共創可能性の広がり合わせて、物理的な制約なくさまざまな企業のプログラムにリーチできるという利点がある。

4.4 企業間連携によるDX推進可能性の強化

DXを推進する上で、自社のみで行うのではなく、他社と連携して進めることがより高度なDXに繋がる可能性を高める。

本プログラムでは、スタートアップおよび社内起業家にとって好ましいリソースや文化はリコーグループだけで提供できるものではない、という考えから企業間連携についても意識して推進をしてきた。

2021年6月現在においては、Microsoft社およびKDDI社とスタートアップ支援の文脈で連携をしており、社内起業家向けのワークショップでは多様な企業と合同でのワークショップを実施している。

前述したKBE社は、このプログラム連携を通じてMicrosoft社の支援を受け、アクセラレータプログラム期間中にMicrosoft Teams版のサービスをリリースさせている。このようなことは、1社のみでは実現できず、異なるアセットを持つ企業同士が有機的に連携することで実現される。

また他社の取り組み、他社社員の考え方や文化に触れることは、新たな気づきとモチベーションを参加者が得ることに繋がる。実際に挑戦チーム募集期間中や社内イベントとして、自社だけではリーチできないような課題について、企業間連携を通じて社会課題を理解し、ソリューションを検討するような事例も生まれている。

事例：コペルニク社 (<https://kopernik.info/jp>) 連携

環境汚染やすべてクリーンなエネルギーへのアクセスなど、社会課題に直面する人々の現場を360度カメラであるRICOH THETAで撮影し、現場の状況を360度映像で理解できるコンテンツを制作。通常のカメラで撮影した画像では伝えきれない現場の状況を360度映像で記録し、課題への理解を深めることでソリューションを具体化していくワークショップを実施した。これらの360度映像コンテンツは、コペルニクが構築するVR for SDGsプラットホームに掲載し、コペルニクが連携する企業のリサーチ活動や、大学などの教育現場でも活用されている。



図7 VR for SDGs (コペルニク社Webサイトより)

4.5 オンラインツール活用による気づき

オンラインツールを活用したことで、社員の变化や活動を後からデータとして振り返り分析できるような体制が構築された。このことから得られた示唆をここで共有する。

- 新しいことを進める上ではフォロワーシップが重要である。リーダーシップだけではなく、より多くの人や組織を巻き込めるか、また巻き込まれる人材がどれだけいるかという点が、事業化に向けた活動を前進させているチームの特徴の1つである。
- オンラインツールを活用することは、時間にとらわれずに運営事務局が各チームのコミュニケーション内容にリーチすることを可能とし、報告などを参加チーム・企業から求める必要を大幅に低減させることにつながった。このことは、事業創造に本当に必要な活動に注力できる環境を奪わないという意味で重要であった。
- オンラインツール活用を通じた運営事務局による参加チーム・企業のコミュニケーションへのリーチは、参加チーム・企業がプログラム期間中に実施したいことをリアルタイムに把握することにもつながる。把握した内容は事務局内で共有することで、既存ルールを適用できるか、できない場合はその障害を事前にクリアできにか、という議論を先回りして実施することを可能とし、限られたプログラム期間の有用性を高める。
- 社内起業家チームの活動に関して、報告や指示といったマネジメントスタイルではない運用は、一次情報を得られる現場での活動に注力させることにつながり、結果として報告資料が整っているか否かではない、現場力のあるチームを生み出すことにつながった。

5. 課題

この章ではアクセラレータプログラムの運営を通して見えてきた今後に向けた課題と、それに対する現時点での取り組みを述べる。

5.1 商品化プロセス

本プログラムで扱う新規事業、およびスタートアップ商材はこれまでリコーが扱ってこなかった、いわば飛び地と呼ばれるものであることもある。また、従来の綿密な計画の後に製品を一気に開発して市場に投入するウォーターフォール的なプロセスではなく、実用に足る最小限の価値を備えた完ぺきではない、そこそこの製品（MVP：Minimum Viable Product）をいち早く市場に投入し、そこから得たフィードバックを製品やサービスに反映させながら確実に顧客に受け入れられる製品にアップデートしていくアプローチを新規事業やスタートアップ企業では採用する機会が多い。そのため、従来事業の商品化プロセスやルールに則った運用が難しく、専門事務局や関係部門を交えて、このような背景を共有した上で新たな基準やルールを定めながら進めていく必要がある。

販売面に関して、事業立ち上げ初期段階では社内新規事業、スタートアップ企業のどちらも立ち上げチームが自ら仮説検証を行いながらターゲットとなる市場や最適な販売チャネルの探索を行うことが重要であるが、事業拡大段階においては大企業の持つ営業網の活用が選択肢として出てくる。また、大企業としても現在財務指標だけでなく将来財務指標のバランスをとっていくことが今後ますます重要となってくるため、弊社含めこのような新規商材の取り扱いに対して積極的な傾向は出てきている。しかし、取り扱い商材として採用をされた場合でも個々の営業担当者は売り方の型が決まった成約の可能な高い商材の取り扱いが優先されてしまう傾向があるため、新規商材を扱うことによる営業担当者へのインセンティブ設計が併せて必要となる。

5.2 社内レガシーインフラ

弊社のような多くの社員を抱える企業でのDXにおいては、全社員の業務環境に対して安定した運用を担保することを何よりも最重要視するため、長期にわたる準備を経て一律で新しいデジタルシステムの導入が行われる。しかしこの重厚な導入プロセスが、次々と革新的なデジタルサービスが立ち上がっている変化の激しい世の中において、DX推進の足かせとなっている。日本情報システム・ユーザー協会のアンケート調査[9]も約8割の企業がレガシーシステムがデジタルトランスフォーメーションの足かせになっていると回答している。

COVID-19拡大防止のため、急遽すべてのコンテンツをオンラインで実行することとなった際、弊社の既存システムにおいて真っ先に課題となったのが双方向のオンラインコミュニケーションである。片方向の発表や会議においてはある程度役目を果たすことができるが、あくまでもオフラインの補完的な存在としての機能にとどまっており、オンラインで完結するコミュニケーションには不十分さがあった。一方この課題の解決をすべくさまざまなオンラインミーティングサービスが世界中で立ち上がったが、弊社の従来型プロセスでは全社導入には時間がかかるため、インフラ管理部門と協議の上、特例的に本プログラム事務局として先行導入を行った。その後本プログラムでの運用実績の効果もあり全社イベントや新入社員研修でも活用されるに至っている。

5.3 中間管理職

本プログラムのような公募型プログラムの場合、自由意志により手を挙げやすい風土をいかに作ることが課題となる。この議論の際に見落とされがちなのが手を挙げ参加する社員の上司、いわゆる中間管理職の存在である。全社としては自律的な活動が推奨される一方、マネジメントとしては部下が突如参加を表明することで自身が管理する業務の工数計画に見直しが迫られる板挟みの存在となっており、挑戦する部下を送り出すことのできる上司のケアが変革を生み出す風土づくりには必須となる。本プログラムでは挑戦する社員を送り出した上司を取締役から全社の前で表彰する仕組みを設け、「変革の推進者」という意味を込めて「ChangeDriver賞」と名付けた。この賞の存在は上司の方へのねぎらいだけでなく、トップマネジメント層への変革における中間管理職の存在の重要さの理解の浸透につながっている。

5.4 オフラインの重要性

オンラインのメリットとして距離によらず等しく同じプログラムを受けられるという点が挙げられる。一方でオンラインならではの課題があり、本稿ではその中から2つ事例を紹介する。1つ目はセレンディピティといわれるリアルタイムでの偶発的出会いや交流を深める行ための活動に難しさを感じた。オンラインミーティングツールにはオンライン参加者同士の交流を深めることを目的としてミーティング参加者を少人数に分ける機能（例：Zoom ブレークアウトルーム）が備わっているものがあるが、限られた時間内で主催者によって設定されたマッチングに基づくコミュニケーションが基本となるためマッチングの質が出会いの質に直結する。したがって計画的に偶発性を誘発する工夫がオフライン以上に事務局には求められる。これらの課題に対してオフラインのようにいかに自然に打合せの合間の個別の会話が再現できるかを目指したサービスも現れてきている。（例：Remo, SpatialChat）。

2つ目は体験の共有と一体感の醸成についての制約である。人の体験は五感すべてを通じて形成されるが、オンラインコミュニケーションでは視覚と聴覚による情報に限られてしまい一体感を得ることが難しくなっている。本プログラムでは（一社）Kansei Projects Committee様の協力を得

て、嗅覚に対して体験の共有を図る取り組みを行った。過去に本プログラムに参加した方々のインタビューやワークショップを通じて本プログラムに対しての潜在的な思いや情緒的な共通認識を可視化し主成分分析等の解析手法を活用して本プログラムを象徴する香りを作成した。完全オンラインで行われた2020年度最終成果発表会では発表者、社内外審査員、一部事業所に香りを拡散させるディフューザーを設置し、香りを共有しながらプログラム進行を行うことでオンラインでの新たなコミュニケーションの形を提示した。



図8 実際に配布されたTRIBUSの香りボトル

6. 変革のための継続的な変化の重要性

新規ビジネス創造を含めたDXを推進することは容易ではなく、日々刻一刻と変化する市場に触れながら、過去うまく行ったと思われるアプローチにとらわれることなく、常に柔軟に考え、自らを变容させていく必要がある。本プログラムも変化し続けることを意識しており、オーナーである現社長山下も「TRIBUSは生き物である」と表現している。顕在化したさまざまな課題もあるが、本事例が読者にとって新たな気づきを得られるものであることを願う。

参考文献

- 1) i-Learning: : DX (デジタルトランスフォーメーション) とは? DXの定義と課題を解説, <https://www.i-learning.jp/topics/column/useful/digitaltransformation.html> (2021年5月31現在)
- 2) 経済産業省: DXレポート ～ITシステム「2025年の崖」克服とDXの本格的な展開～, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/20180907_report.html (2021年5月31現在)
- 3) 経済産業省YouTubeチャンネル: 【DX銘柄2020】②基調講演 DX銘柄評価委員長 一橋大学 伊藤邦雄, <https://www.youtube.com/watch?v=HjODbPvR8rk> (2021年5月31現在)
- 4) 日本経済新聞デジタル版: デジタル人材「25年度までに175万人育成を」 自民提言 (2021/5/21掲載)

), <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA21B7Y0R20C21A5000000/> (2021年5月31現在)

5) 経済産業省：事業会社と研究開発型ベンチャー企業の連携のための手引き（第二版），https://www.meti.go.jp/policy/tech_promotion/venture/tebiki2.pdf (2021年5月31現在)

6) (株) リコー：お客様満足のために，<https://jp.ricoh.com/csr/consumer/> (2021年5月31現在)

7) TRIBUSWebサイト：<https://accelerator.ricoh/>

8) GQ JAPAN：<https://www.gqjapan.jp/life/business/20160523/konosuke-matsushitas-allegory>

9) (一社) 日本情報システム・ユーザー協会 / (株) 野村総合研究所：デジタル化の取り組みに関する調査，https://juas.or.jp/cms/media/2020/05/Digital20_ppt.pdf

小笠原広大（非会員） tribus.core@jp.ricoh.com

2009年(株)リコー入社。大手国内営業、海外向け複合機の企画・マーケティング担当を経て、2015年より研究所にてシーズベースの新規事業創造活動に従事。現在はAI技術を活用したソリューション企画を推進。TRIBUSには2019年度第1期にてリーダーとして活動し、現在はコア事務局として参画。

大越瑛美（非会員）

2008年リコージャパン(株)入社。大手顧客向けプリセールスを経て、(株)リコーにおいて新規事業開発業務に従事。主に、PRマーケティング、オープンイノベーションによる事業共創を担当。TRIBUSには2019年度サブリーダーとして参画、2021年度キャプテンとして推進。

森久泰二郎（非会員）

宇宙科学研究所にてX線人工衛星「すざく」の開発の後、2003年(株)リコー入社。複写機制御システム開発、民生用デジタルカメラ開発を経て、産業機器に関する新規事業にプロジェクトマネージャとして従事。TRIBUSには2019年度に挑戦者として参加し、2020年度にリーダーとして活動。現在はコア事務局として参画。

西脇祐介（非会員）

2009年(株)リコー入社。情報システム部門にてITインフラの集約化やネットワーク環境再構築の担当を経て、2017～2021年リコー経済社会研究所でスタートアップの動向や働き方に関するリサーチ活動や広報活動に従事。現在は情報システム部門にてDXの実現に向けたクラウド活用を推進。TRIBUSには社内副業制度を利用し、コア事務局のサポート役として参画。

採録決定：2021年8月18日

編集担当：濱崎雅弘（(独)産業技術総合研究所）

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学
会館4F
一般社団法人情報処理学会 <https://www.ipsj.or.jp>

All Rights Reserved, Copyright (C)
Information Processing Society of Japan



特集号招待論文

顔認証とDigital IDを活用したサービス社会の実現に向けて

太田知秀¹

¹日本電気 (株)

顔認証によるDigital IDを活用することで、さまざまな場所やサービスがシームレスにつながり、誰もが簡単・安全・スムーズにサービスが利用できる社会を実現していきたいと考えている。そういった社会を目指すに至った現在の社会背景やその課題について述べ、それらを解決し得る顔認証技術や、顔認証によるDigital IDを活用したサービスについて紹介する。また、実際のユースケースとして、NEC本社ビルにおけるオフィスのデジタル化実証実験と、南紀白浜IoTおもてなしサービス実証実験について、詳しく説明する。Digital IDを活用したサービスが目指す将来像や発展性を紹介し、本論の締めくくりとする。

1. 社会をとりまく個人識別活用の変化

1.1 サービス利用可否識別の手段の変化

サイバー社会において、Webサービスの普及とともに、IDとパスワードによる利用可否識別が一般化する一方、サービスの増大とともに増え続けるIDとパスワードの管理の負担も大きくなっている。近年では、サービスの利用にあたり、利用可否識別を「認証」と「認可」に分離し、共通のアカウントでさまざまなサービスを楽しむ仕組みが拡大している。たとえば、GoogleやYahooアカウントによる認証IDとパスワードの共通化は、さまざまなWebサービスで用いられており、こういった認証を専門に行うクラウドサービス (IDaaS) も普及し始めている。

一方で、リアル社会のサービスの利用可否識別は、より単純である。たとえば、電車に乗るときは、切符を所持しているかどうかを識別の根拠であり、本人が誰かは問われない。図書館で本を借りるときは、図書カードを提示することで、本を借りることができるかの照会が可能である。サービスを利用できる「証票」となる物理的な何かを所有し、これを提示することで利用できるというのが、リアル社会の基本である。

1.2 識別手段の課題

サイバー社会における認証の最大の課題は、IDとパスワード漏洩に伴う「なりすまし」や「アカウントの乗っ取り」である。一般的にIDは外部に公開されているメールアドレス等であるケースが多く、パスワードは使い回されることが多い。そのため、どこかで漏洩した場合、乗っ取りの対象となるケースが多く、さまざまなサービスで問題が噴出している。現在では、より厳格なセキュリティを求められるサービスについては、2段階認証や2要素認証といった対応により、これらの脆弱性をカバーする動きも高まっている。一方で、利用者側からすれば、サービス利用における手順が複雑化するため、サービスの利用そのものを敬遠するような傾向も表れている。また、Webサービスの手軽さから、近年では、あらゆるサービスがWebサービス化する傾向が高まっている。しかし、上述の複雑な認証手段は、デジタル社会に疎い高齢者世代を中心に、サービスの利用を難しくしている。その結果、誰でも簡単に利用できるサービスを提供したいというサービス提供者の思いとは裏腹に、サービスを楽しむ人々との格差（デジタルデバイド）を生み出している。

一方、リアル社会では、「証票」利用を基本としたサービスの拡大により、大量の会員カードを生み出すことになっている。その結果、会員カードは財布の中に収まる量をはるかに逸脱し、財布の空きスペースの活用に利用者が悩むという事態を生み出している。また、うっかりこれらの会員カードを落としてしまい、それに気付かない場合、カードを拾った第三者に悪用される可能性もある。これらを解決するために、会員カードをスマートフォンのアプリに置き換える動きも加速しているが、問題の本質は変わっていない。スマートフォンのホーム画面がアプリで埋め尽くされるとともに、そのアプリのID・パスワード管理の複雑化とデジタルデバイドというサイバー社会の課題を背負い込むこととなっている。

1.3 COVID-19による新たな課題

2019年に発生し世界的に拡大したCOVID-19の脅威に伴い、サービスの提供モデルは劇的に変化している。リアル社会による活動は停滞し、サイバー社会を中心とした活動は拡大しつつも、人々は情報だけで生きていくことはできない。少なくなったとはいえ、リアル社会における生活環境での人との接触に細心の注意を払う必要性が生じてきた。

「密を避ける」というポリシーを守るため、至るところで「タッチレス」や「接触時間の低減」、「混雑回避」が叫ばれ、それはあらゆる生活習慣やサービス提供の場面で適用が望まれた。さらに、政府のキャッシュレス決済の伸長政策とも重なり、現金以外の決済の拡大、POSレジのセルフ化が一気に加速した。しかし、これらはデジタルデバイドにより取り残された人々にとって、馴染みにくいサービス提供形態であり、利用者目線で考えると、すべてが利便性の向上に繋がっていないと思われる。

2. 顔認証によるDigital IDを活用したサービス

2.1 NECが考える顔認証によるDigital IDを活用したサービスとは

上述の課題の根本原因として考えられるのが、本来個人が有しているサービスの利用可否権利を識別するために、サイバー社会ではID・パスワードといった無形の情報、リアル社会ではカードやアプリなどの「証票」といった代替手段を使って判別せざるを得ないことが挙げられる。代

代替手段が存在するために、それを使った「なりすまし」ができてしまい、代替手段を管理できない人は、サービスそのものを享受できないことになってしまう。これは、本来のサービスを与えたい、受けたい人からしたら無意味な事態である。

NECは生体認証、その中でも特に「顔認証」をこれらの代替手段を統合・補完するものとして活用することで、これらの問題を解決できるものと考えている。生体認証を活用した共通のID（Digital ID）を活用したサービスとして提供するために検証を重ねてきた。その検証の結果について、本報告にて述べたいと思う。

2.2 顔認証の利点

顔認証は顔で本人を識別する技術である。日常生活で誰もが当たり前に行っているように、その人が誰であるかを顔の画像で判別することであり、これを人に代わってコンピュータが行えるようにしたものである。

顔認証はほかの認証手段と何が異なり、こういった利点があるのかを述べていく。

(1) 顔は落とさないし、真似できない

会員カードは落とす危険があり、ID・パスワードは漏洩する危険がある。「顔」は、落としようがなく、誰かがなりすますこともできない。化粧等によるなりすましが考えられるが、顔認証技術の発達もあり、化粧や髪型等の変化に影響を受けず、写真によるなりすましも不可能になってきている。

(2) 膨大なIDやカード、アプリの管理が不要になる

上述した通り、認証のためのIDが統合され、ID管理の負担が軽減しているが、すべてのサービスが統合されるには、まだ多くの時間がかかる見込みである。現実社会においては、ID利権というような言葉に代表されるように、それがビジネスの優位性に直結する要素を孕んでいることから、楽観的な統合IDサービス世界の実現は困難と考えてよい。

一方で、顔認証は統合という概念はなく、顔は1人1つだけであるため、その背後にある認証IDサービスが何であっても、その利用において混乱することはない。利用者からすれば、顔を見せることそのもので、IDの問題が自然と解決する。

(3) 手間いらずで早い

両手が鞆でふさがっているにもかかわらず、レジの前で財布からポイントカードを取り出そうとして、四苦八苦したり、スマートフォンのアプリを立ち上げてログインパスワードを思い出そうとあれこれ考えたり、ちょっとしたサービスを受けるのにも、面倒な場面は多い。

しかし、顔認証は、カメラに顔を見せるだけで行われるため、手間がかからない。最近では、COVID-19の影響でマスクをしているケースもあるが、技術的にマスクを着用したままの顔認証が可能になっており、顔認証の際にマスクを外す必要もない。また、認証スピードも大抵1秒未満で終わるため、非常にスムーズである。

(4) 非接触

COVID-19の拡大で、非接触はNew Normalを形作る必須要素の1つとなりつつある。リアル社会では会員カードをお店の方に渡す、受け取るといった接触機会が発生することからセルフ化が進み始めているが、利用者からすると手間が増えたことによる利便性の低下が問題になる。顔認証は、顔を見せるだけで行われるため、非接触であり、感染の危険性を低減するとともに、手間の増大を抑制するといった効果が期待できる。

(5) デジタルデバイドの解消

顔認証は最初に顔画像や関連する個人情報、利用するサービスの情報と紐付けが必要であるため、完全なデジタルデバイドの解消にはなり得ない。しかし、一度登録してしまえば、実際の利用シーンでは、デジタル機器を利用することはない。そういった意味では、日常シーンにおいて、デジタルデバイドによる利用者選別の影響が発生せず、誰にでも優しいサービスの提供が可能である。

2.3 顔認証の課題

ここまで顔認証の利点について述べてきたが、顔認証にも多くの課題が存在する。

まずは、顔認証は認証の精度において、100%ではないことが挙げられる。認証を行う母数となる対象集団がある程度大きくなると、精度は落ち、誤認証の可能性が高まる。この誤認証をどれだけ防止するのか、また、誤認証とどのように付き合っていくのかが大きな課題である。

また、セキュリティの問題もある。2009年に放映されたTVアニメ『東のエデン』では、主人公が所属する大学サークルで開発した「画像検索エンジン」を積んだSNSにおいて、携帯のカメラに映りこんだ画像とネット上の情報の関連付けを行い、誰でも自由に利用することができる。顔画像に対しても有効で、街角ですれ違った人物の顔画像から、それが誰で、どういった人物なのかが検索できてしまう。これは、顔画像を通じて個人情報の流出を助長してしまう可能性を示唆しており、2021年の現在、これは実現可能な技術となっている。一方で、顔情報を含めた個人情報、あくまでその個人に帰属し、第三者が勝手に検索・閲覧できることは望ましくない。顔情報や個人情報の管理と第三者への提供については厳密な管理と本人の同意が必須である。

3. NECにおけるDigital IDを活用したサービスの取り組み

現実社会において、顔認証によるDigital IDを活用したサービスは、上述の利点に関して適切に機能し、また、課題面がサービス全体へ影響を及ぼさないのか、さまざまなユースケースで検証を進めている。今回はその中のいくつかのユースケースについての検証結果について報告する。

3.1 NEC本社ビルにおけるオフィスサービスへの活用

(1) 取り組みの概要

2020年7月よりNEC本社ビルにてNECオフィスのデジタル化実証を開始し、Digital IDを活用したオフィスサービスの提供を開始した[1]。サービスの概要は以下の通りである(図1)。本サービスの利用者は、専用のスマホアプリを用い、顔ならびにサービスを受ける上で必要な個人

情報（社員番号やクレジット番号等）を本人同意の上、登録する。登録されたデータは、サービス提供プラットフォームで管理され、その情報を用いて、さまざまなサービスを利用できる。



図1 NEC本社ビルのデジタル化の概要

具体的なサービスは以下の通りである。

- NEC Digital IDゲートレスエントランス／NEC Digital ID入退場ゲート（ショールーム入口／正面玄関入口）
- マスク対応レジレス決済（社内売店）
- NEC Digital ID決済POS（社内売店）
- NEC マスク着用検知（通路）
- NEC 居場所お知らせガイド（業務エリア）
- NEC 混雑状況可視化（食堂、エレベーターホールなど）
- 顔認証を活用したロッカー、自動販売機、自動ドア、複合機、共有PC利用システム（業務エリアなど）
- NEC Digital ID ゲストウェルカムサイネージ（会議室エリア）

(2) オフィスサービス活用における検証結果

サービスの開始から利用者は少しずつ増加し、最終的には2,000人弱が利用するサービスとなった。COVID-19の影響で、出社率が大幅に減少した中でのサービス提供となったが、マスクに対応した顔認証エンジンのおかげで、マスクを外すことなく、スムーズな入退をはじめとする各種サービスが多くの人に利用された。クラウドベースのサービス提供から、性能面での懸念があったものの、ストレスを感じるようなケースはほとんど発生せず、おおむね好評であった。

利用者の感想は、以下の通りである。

- 顔を見せるだけでさまざまなことができるので便利になった
- 思っていたよりマスクをつけた状態での認証速度が速い
- 手に荷物を持っているときでも社員証をかざさなくていいのがよい

一方で、想定通り、誤認証の問題も発生した。顔認証は撮影した顔情報を数値化し、データベースに格納された顔情報と比較し、一定の閾値を超えた照合数値を出した人物を選出し、誰であるかを特定する技術である。この際、撮影画像のさまざまな条件によって、この照合値は大きく

異なってしまうため、たとえ本人であっても常にこの閾値を超えとは限らない。閾値を超えなかった場合、再度新たな顔画像による照合を繰り返すため、結果、照合が終わるまでにより多くの時間がかかることになってしまう。一方、閾値を下げすぎると、自分自身ではない他人との照合値が、たまたま閾値を超えてしまうケースも発生してしまうため、誤認証を防ぐためには、閾値を下げすぎないように配慮する必要がある。照合の時間と認証精度のバランスがとれた閾値設定が非常に重要である。

しかし、本実証では、その閾値設定についても机上ではなく、実際の現場活用の場面から検証する意味もあり、当初、かなり低めの閾値をあえて設定し、机上で算出された適正閾値との差異について検証した。その結果、週に数回の頻度で誤認証が発生し、これに気づいた利用者から指摘を受けることとなった（なお、発生したのは入退場ゲートのみであり、誤認証が許されない決済は、顔認証とパターンコードの入力による2要素認証の対策を取り入れていたため、誤認証は発生していない）。

頻繁に発生したのが、そもそも本実験に参加していない社員が、実験参加者と間違われて、顔情報を登録してないにもかかわらず、入退場ゲートを通過できてしまったケースである。（ゲート通過時に判定された本人にプッシュ通知が届くため、ゲートを通ったことに身に覚えのない社員より、問合せが発生した）検証の目的があったため、撮影時の顔画像について記録に残していたものと、登録されている誤認証された社員の顔画像を、目検で比較したところ、半数以上が人間の目で確かめた場合、明らかに別人と判定できるものであった。ただし、顔が異なっているというより、撮影画像の人物の体型や性別といった顔以外の違いで速やかに別人と判別されるケースが多くあった。また、半数以下ではあるが、そもそも本当に別人物なのかどうか判断できない画像もあり、コンピュータの判別であることが問題とは一概には言えない結果となった。さらに、誤認証の画像を分析していくと、そもそもの顔画像の登録時の画像品質が悪い人物は、照合値が不安定になり得ること、ゲート通過時の歩くスピードによる顔撮影時のカメラとの距離の関係から適切な撮影画像をとれてないケースなどがあることが判明した。

（3）検証結果からの改善への取り組み

誤認証の発生率は机上で想定されたものより、若干上回っており、これを参考に最終的に以下の調整を行った。

- 顔登録画像の品質向上（登録時の画像品質チェックを高める）
- 顔撮影焦点距離、撮影トリガーとなる距離の調整
- カメラアングルの固定（ゲートとの固定が緩く、徐々に横を向いてしまっていた）
- 閾値の調整（机上算出値より高め）

これらにより、調整以降誤認証の発生は減少したものの、誤認証の可能性は0ではなく、発生時の対応もまた非常に重要なものであることが判明した。誤認証の申告があった際の、スムーズな対応を実現するためのプロセスや社内ルールの取り決め、本人の不安を低減させる連絡体制など、サービスを運用する部分もまた、大変重要である。ほとんどこれらの事態は発生しないだろうと高を括っていた我々プロジェクトチームは、大いに反省することとなった。

（4）取り組みを通じての考察

誤認証の発生原因となる画像品質のものはさまざまな要因が組み合わさって発生するため、根気よくチューニングを重ねることで、改善をはかることができる。一方で、汎用性を高くし、普及するためには、それらチューニング作業を自動化するなどの簡易に導入できるための仕掛けが必要であり、今後取り組まねばならないと痛感した。また、こういった誤認証を発生させる要因を取り除く「予防」的措置のほか、万が一発生させてしまった場合にどうしたらよいか、これについてもあらかじめ明確にしておくことが、本サービスを導入する上での鍵となる。我々はこれを「3つの対」としており、事前に準備することを推奨したい（図2）。



図2 誤認証の「予防」と3つの「対」

<3つの対>

- 「対応」 誤認証の早期発見（発生した場合にすぐ気づける仕組み）
- 「対策」 シーンに合わせた使い分け（認証精度と利便性のバランス）
- 「対処」 発生時のオペレーション（明確にされた発生時の対処方法）

3.2 南紀白浜での観光サービス活性化への活用

(1) 取組みの概要

2019年1月より南紀白浜エリアで顔認証によるDigital IDを活用した「IoTおもてなしサービス実証」を実施している[2]。サービスの概要は以下の通りである（図3）。本サービスの利用者は、スマートフォンで顔ならびにサービスを受ける上で必要な個人情報（クレジット情報、名前等の個人情報）を本人同意の上、登録する。登録されたデータは、サービス提供プラットフォームで管理され、その情報を用いて、さまざまなサービスを利用できる。



図3 南紀白浜IoTおもてなしサービス実証の概要

具体的なサービスは以下の通りである。

- ウェルカムサービス（空港や観光施設での案内，お出迎え，笑顔判定による記念撮影）
- 手ぶら決済（売店，観光施設，飲食店などでの顔認証決済）
- キーレスドア開錠（宿泊施設における鍵なしでのお部屋の入退出）

(2) 観光サービス活用における検証結果

本実証を通じて検証すべきポイントは，利用者が快適で便利であると感じられるかと，観光サービスを提供している方々の業務負担軽減につながるか，であり，最終的にはビジネスとして成立するかどうか，であった。

利用者の感想は，以下の通りである。

- 未来の体験ができる感じで面白い
- 顔認証は思ったより簡単
- 本当にこれで決済ができていいのか不安
- ホテルの利用時に鍵を持たずに外出できるのは便利（うっかり忘れてしまうという心配無用）
- もっといろいろと使えれば便利なのに中途半端
- どこでサービスが受けられるのか分からない場所もあった

初めて顔認証を体験される利用者が多く，非常に好意的な印象を持っていただいた方がほとんどであった。ただし，まだまだ，本サービスが提供される場所が少なく，また，されていても気付かない，利用の仕方が分からないなどのケースがあり，十分に本サービスに対して満足するまでには至っていない結果であった。

一方，サービスを提供している各事業者の方々の感想は以下の通りである。

- お客様に喜んでいただいております，町の活性化につながるならよい
- 利用者が少ないため，とっさの操作のとき何をしたらいいか忘れてしまいがち
- 今のところ業務負担低減にはつながっていない

年間300万人超が来訪する南紀白浜町で、本実証に参加された観光客はわずか数千人、圧倒的少数派であり、主要観光スポットでサービスは提供されたものの、本格的普及にはほど遠いものであったと言わざるを得ない。

そのため、本サービスによる効果を事業者が実感するレベルには達しておらず、逆に手間が増したとの印象を与える結果になったと思われる。

(3) 検証結果からの改善への取組み

観光サービスでの顔認証によるDigital IDの活用は、一定の効果は確認できるものの、普及には更なる改善が必要と感じられた。利用スポットの増加はもちろん、特にサービス事業者の方の操作性向上は大きな課題である。また、最終目的であるビジネスとしての成立については、さらに深い検証が必要であると感じられた。ビジネスとして成立させるためには、コストの低減もしくは売上の向上に本サービスが貢献しないことにははじまらない。現段階では、利便性や話題性の向上には寄与するが、直接的なコスト低減や売上向上にはつながっていない。そのため、コスト低減には上述の操作性向上の実現がひとつの改善策だが、売上向上について、果たして本サービスが貢献できるかについて、本実証を通じてデータ活用の可能性について検証を行った。

たとえば、利用者（観光客）の行動履歴からマーケティングに活用できる情報を見出すことができれば、将来的に売上向上につながるプロモーション等の施策が実施できる可能性がある。そこで、本実証に参加された方の顔認証の記録情報から、行動パターンを分析した。

これらの結果を受けて、2021年度実証として、行動履歴情報をもとに、適切なタイミングで利用者にプッシュ通知やクーポン配信を行うことで、有効に時間を使っていただき、観光を楽しんでいただく新たな施策を実施予定である。

(4) 取組みを通じての考察

2020年春先よりCOVID-19の感染拡大により、観光産業は大きな影響を受け、南紀白浜も海水浴場の来場客は例年に比べ半減した。積極的なCOVID-19対策の提示とともに、よりお客様一人ひとりに寄り添ったきめ細かなサービスの提供により、リピーターを増やしていくことが重要と考えられる。本取組みをマーケティング領域まで拡大することで、観光客にとってもサービス事業者にとっても、満足度向上につながる事が可能か、引き続き検証を進めていきたい。

4. Digital IDを活用した社会の実現に向けて

4.1 Digital ID活用により実現する社会像

New Normalが叫ばれ、デジタル化が加速していく中、サイバー社会とリアル社会はより密に連携していき、人と人とのコミュニケーション、サービスの提供形態は多様化していく。そのような社会変化の中、デジタル化の恩恵に預かりながらも、デジタルデバイドを抑制し、安全・安心・公平な社会を実現するためにもDigital IDの活用は大変重要になると思われる。Digital IDを上手く活用することで、サービスを大きく変革していくことができると考えられる。Digital IDを活用したサービスのイメージは、以下の通りである。

(1) BtoEサービスへの活用

働き方のスタイルが多様化し、従来当たり前であった「出社」「通勤」は当たり前ではなくなった今、オフィスの位置付けやそこに従業員が集まる意味も大きく変わってきている。オフィスの利用効率の向上という観点からも、オフィスの座席フリー化はもちろん、そもそもの組織と紐づいたフロア管理そのものがなくなる可能性もある。従業員一人ひとりが働きやすい場所で最適なパフォーマンスを実現できる環境・サービスの提供が非常に重要である。

Digital IDを活用することで、場所や組織、サイバー社会とリアル社会の垣根を越えて、サービスを提供できる可能性があるだけでなく、会社の内外をもつなぐことで、従業員がより柔軟で迅速に働ける環境の提供が可能になると考えられる。実際に、Digital IDを活用したサービスの機能の1つにあるマルチID管理機能により、複数のサービスに紐づく個々のIDが管理できる。これにより、外部のサービスIDとの紐付けが簡単に可能である。

NECオフィスのデジタル化の実証でも、外部のラウンジ提供を行っている企業にご協力いただき、従業員の顔認証によるラウンジ利用を期間限定で実現した。このサービスの連携によって、従業員満足度が向上するとともに、ラウンジ側も顧客の誘導・増加につながり、まさにWin-Winの効果を得られることとなった。さらに、顔認証入退による接客の半セルフ化で、業務負担の削減効果も確認できた。

このような、オフィス内部の各種サービスの連携に留まらず、オフィス周辺の街のサービスとの連携により、従業員満足度の向上から街の活性化までつながる、「オフィス城下町」の実現に貢献できるものと考えられる。

(2) BtoCサービスへの活用

BtoCサービスについても、Digital IDの活用は活性化していくと思われる。さまざまな活用が考えられるが、ここではMaaSへの活用について考えてみた。MaaSとは、元々公共交通機関のワンストップサービスの意味が主であったが、人々の移動に伴うあらゆる生活サービスについてもこれに含まれるようになってきた。

まずは南紀白浜に代表される、空港や駅を核とした観光型のMaaSが挙げられる。Digital IDを活用することで、旅行者の利便性を向上するだけでなく、今まで把握しきれなかった旅行者の行動パターンとそれに対応したサービスのタイムリーな提供を実現する可能性を持っているのは上述の通りである。さらに、顔認証によるDigital IDを活用したサービスであれば、スマートフォンを使った難解なサービス利用を強くないため、あまりスマートフォンの操作に慣れてない利用者でも、手ぶらで旅を満喫できる。

一方、通勤などに使われる電車やバスの路線を核とした都市型のMaaSもある。自分がよく使う駅を起点とした街において、店舗やサービスの利用が、会員カードを毎回提示する必要なく、顔認証で利用できるようになることで、人と街のエンゲージメント強化と活性化が期待できる。

(3) 都市サービスへの活用

上述のBtoE、BtoCに共通するキーワードとして「街の活性化」が挙げられる。Digital IDと行政サービスとの連携を図ることで、街のサービスとして一貫したシームレスなサービス提供が可能になると考えられる。特に、行政サービスの利用頻度が高い高齢者は、一層簡易にサービス

を受けられるようになるばかりか、サービスを提供する組織・団体にかかる本人確認等の負担を軽減できることが期待できる。国が積極的に推進しているスマートシティ、スーパーシティにおいても、これが目指す「人が生活しやすい街づくり」に欠かせないサービスといえるだろう。

4.2 まとめ

顔認証によるDigital IDを活用したサービスには多くの可能性がある一方、まだまださまざまな課題が存在する。しかしながら、新たな技術の開発・適用・検証を推進し、これら課題の解決にあたっていくとともに、より多くの利用シーンで実際に活用してみることが重要と考えられる。Digital IDを活用することで、さまざまな場所やサービスがシームレスにつながり、誰もが簡単・安全・スムーズにサービスが利用できる社会を実現していきたいと考える（図4）。



図4 Digital IDを活用して実現する社会のイメージ

参考文献

- 1) NEC : New Normal時代の新しい働き方をDXで実現するデジタルオフィスのプロジェクト始動, https://jpn.nec.com/press/202007/20200713_01.html
- 2) 南紀白浜IoTおもてなしサービス実証 南紀白浜ココだけの顔認証体験, <https://jpn.nec.com/biometrics/face/shirahama-iot/>



太田知秀（非会員）ootatomohide@nec.com

日本電気（株）クロスインダストリー事業開発本部シニアマネージャ。1992年青山学院大学工学部卒業。同年、日本電気（株）入社。以来小売業向けシステム開発、営業に従事。2017年より交通系企業担当の営業部長として、航空業向け事業を推進。2019年より現職でDigital ID事業開発を推進。

採録決定：2021年7月16日

編集担当：荒木拓也（日本電気（株）データサイエンス研究所）

事例から見るRPA導入の課題とその解決

三浦盛生¹ 鈴木 岳¹

¹ヤフー (株)

近年DXや働き方改革、労働人口の減少等の背景により、RPAの普及が拡大傾向にあるが、RPAは導入時に十分な検討を行わずに導入しては手痛い失敗に終わってしまうこともある。RPAを利用する上での技術やルールを十分に確認した上で、まず小規模に導入し徐々に拡大していくのが望ましいと考える。本稿では実際に行われたRPA導入の最初の挑戦と、そこから得られた知見を活かしたPRA展開事例について紹介していく。

1. RPA導入の課題

近年、DX（デジタル・トランスフォーメーション）や、働き方改革[1]、労働人口の減少等の背景により、RPA（Robotic Process Automation）の普及が拡大傾向にある[2]。RPA導入の担当者や関係者は以下のような特徴を期待することが多い。

- RPAはローコード[3]、あるいはノーコード[4]（プログラミングの代わりにGUIや設定を通してシステムが開発できる）ツールであり、非エンジニアでも比較的容易に導入が可能である
- RPAのロボットにより、業務の自動化・効率化が成され、生産性が向上する

これらの特徴は誤りではない。しかし、RPAはこのような効果をただもたらしてくれる魔法の杖でもない。十分な検討を行わず、軽率にRPAの導入を実施しては、手痛い失敗に終わってしまうケースも起こり得る。実際にRPAを導入する過程で、筆者らは次のような知見を得た。RPAを利用する上での技術やルールをしっかりと確認した上で、まずは小規模に導入し、そこから徐々に拡大していくのが望ましい。

本稿では以下のような順序で、実際に筆者らがかかわったRPA導入の最初の挑戦と、そこから得られた知見を活かしたRPA展開事例について紹介していく。まず、第2章「最初に行われたRPA導入の挑戦」では最初に行われたRPA導入の事例について説明する。続く第3章「最初の挑戦から得られた知見」では第2章での挑戦から得られた5つの知見について解説していく。第4章「知見を踏まえて実施した2度目のRPAの展開」では第3章で解説した知見を元に行われた2度目のRPA導入事例について説明する。第5章「2度目のRPA展開の振り返り」では、第4章で述べた

RPA導入事例で得られた気づきについて解説する。第6章「現状の課題と今後の展望」では、第4章と第5章で解説した導入により発生した課題や、今後さらにRPAの活用を広めていくために必要だと考えた内容について述べる。

2. 最初に行われたRPA導入の挑戦

本章ではヤフー（株）のコーポレート部門で最初に行われたRPA導入の挑戦について説明する。筆者らはこのプロジェクトの途中から参加し、主に技術面の支援やマネジメント関連でかかわることとなった。

このRPA導入はトップダウン的に幹部らの意思決定により、大幅な工数削減を目的として実施された。当時、ITツールの活用や業務プロセスの見直しによる、大幅な業務効率化を目指した全社規模のプロジェクトが行われており、その影響によるものだ。そのため、このRPA導入では「RPAによりどれだけの工数が削減できるか」が重視され、KPIには「RPAにより何人月分の工数が削減できたか」という具体的な数字が設定された。そして、その数字をできるだけ大きくすることが求められた。

これにより、このRPA導入はRPA化可能な業務が多い領域を対象とした大規模なものとなった。実際の導入対象として、業務量の多いCS（カスタマーサポート）領域が選ばれ、領域全体に対して業務内容のヒアリングが実施された。また、コーポレート部門では初のRPA導入であったため、ヒアリングはコンサルティング会社の協力の下で行われた。そのヒアリング結果を元に、RPAに置き換えが可能な業務が洗い出され、その業務にかかっていた工数を合算した値として、対象領域の業務工数の約41%に相当する、約10,000時間/月分の業務削減がプロジェクトの目標として設定された。筆者らはこれをかなり大きな目標であると感じた。同時にプロジェクトの期限は1年と設定されていた。この目標達成のためには、短期間で大量のロボットを開発する必要があった。そのため、ロボットの開発は外部の開発ベンダに委託することとなり、目標の規模に比例して関係者の数も増大していった。

このRPA導入はさまざまな要因により上手くいかなかった。その要因に関して、以下のようであったと分析している。

- 目標達成のため業務数にして約200件もの業務のロボットを開発しなければならず、東京や八戸、大分等の複数の拠点[5]で一斉にロボットの開発が行われたため、プロジェクト内での連携が取れなかった
- 期限内に目標を達成するためにはロボットを少しでも早く開発しなければならず、ロボットの要件や技術的な課題に関して明確に解決していないにもかかわらず見切り発車的にロボットを開発しなければならなかった
- コンサルティング会社や開発ベンダ、業務担当者間の連携が不十分で、適切な業務分析や情報共有が出来なかった
- コンサルティング会社の技術者も業務担当者も、社内のインフラ部分（システムの仕様やネットワーク、セキュリティに関するルール等）に明るくなかったため、技術的、あるいは規則的に実現不可能な仕様（表1）でロボットが設計されてしまうケースが多発した

表1 発生した実現不可能な仕様のロボットの例

ロボットの内容	実現不可能だった理由
顧客一覧のようなセキュアな情報を取り扱う業務を行うロボット	万が一にロボットが事故を起こした際のリスクが大きい ため
ネットワーク的に隔離されたエリアで行われていた業務を行うロボット	RPAの開発ツールの認証を行うサーバとの通信ができない ため
ロボットが稼働するサーバからではアクセスできないWebシステムを参照する業務を行うロボット	ロボットがWebシステムにアクセスすることができない ため

最終的に、大量の中止案件と、作られたものの利用されないロボットを生み出す結果となり、実際に業務で利用されたロボットはごくわずかだった。

3. 最初の挑戦から得られた知見

前章での経験からさまざまな知見が得られた。中でも、「業務担当者が推進すること」、
「技術的なインフラの確認」、「事前の社内規則との調整」、「スモールスタート」、「RPAにより自動化する業務の優先順位の設定」、これらは特に重要な知見であるとする。本章ではこの5つの知見について解説していく。

3.1 業務担当者主導での推進

1つ目は、RPAの導入は実際に業務を担当する人が中心となって進める方がよいということだ。RPAのロボットは「デジタルレイバー」と呼ばれることがある[6]。これは、RPAのロボットを人がもともと行っていた業務を代行してくれる労働者のように擬人化する考えに基づいている。つまり、RPAのロボットはもともと業務を行っていた人の分身である、と捉えることができる。業務担当者の分身を他人である技術者が作ることは困難である。業務について最も理解しているのは、その業務の担当者だ。そのため、業務の担当者を中心として導入の判断を行うことで失敗リスクを回避する可能性を高めることができる。担当者からのヒアリングの結果だけで担当者を抜きにしてRPAの導入を判断すると、導入開始後に思わぬ落とし穴が現れるリスクが高くなってしまう。

ここで述べている落とし穴の例として、RPA導入の担当者と業務の担当者が異なることから生じるヒアリング漏れが挙げられる。ヒアリングを行うRPA導入の担当者がRPAの導入に意欲的なのは当然だが、ヒアリングを受ける業務の担当者がRPAの導入に意欲的とは限らない。業務の担当者からすればヒアリングを受けることは「本来の業務とは無関係な面倒事であり、頼まれたから仕方がなく受けているもの」だった。このRPA導入を他人事と捉えてしまうモチベーションの低い状態は、ヒアリングによる業務要件の洗い出しの網羅性を低下させてしまう。また、同時にRPA導入の担当者はその業務について明るいわけではないため、ヒアリングの結果が十分なのかを判断できない。結果として、不十分な要件でロボットの開発がスタートしてしまうこととなり、実際にロボットの開発が完了してレビューを行う段階で、明らかになっていなかった要件が判明し、作業の手戻りが発生することになった。

3.2 技術的なインフラの確認

2つ目は、ロボットを動作させる技術的なインフラの確認が必要なことだ。RPAの製品によって、ロボットにはさまざまな仕様が存在する。たとえば、ロボットはサーバ上で動作するのか、作業者のクライアントPC上で動作するのか。また、ロボットはPCを直接操作して業務を行うのか、ロボット内に組み込まれたソフトウェア上で独立して動作するのか。利用する製品のロボットの仕様を、RPAの導入を行う前に確認しておかなければ、ロボットが期待に応えられないものになってしまうリスクが大きくなる。もしサーバ上で動作するロボットであるなら、ネットワーク的にそのサーバからロボットが利用するシステムにアクセスできるかを確認する必要がある。また、クライアント上で動作してPCを直接操作するロボットであるなら、処理時間が長いロボットを作ってしまうと、ロボットに業務を代行させて空いた時間ではその端末を操作できず、他の業務が止まってしまうことになる。

3.3 社内規則の調整

3つ目は、社内のルールやセキュリティに関する調整の重要性である。RPAにはシステム化された業務や人による手作業とは性質の異なるリスクが存在する。たとえば、RPAのロボットは利用するWebサイトの変化に弱いためそれにより誤作動が発生するリスクや、ロボットに業務を代行させた結果として業務内容がブラックボックス化してしまい、将来的に業務を理解している人間が居なくなってしまうリスクなどが考えられる。RPAは新しい概念であり、既存の社内のルール制定時に考慮されていなかったリスクが顕在化する可能性がある。RPAで業務を自動化する際にはこのようなリスクの存在を考慮し、どのように利用してよいかを事前に明確にしておくことが重要である。ロボットが誤作動を防ぐためにはどんなルールや統制が必要なのか、ロボットにどこまでの業務を代行させてよいのか。この調整を怠ると、ロボットが重大な事故を引き起こしてしまうリスクが高まってしまう。顧客情報を扱う業務をロボットに代行させた所、ロボットが誤作動を起こして顧客情報を消してしまった、というような事態も考えられる。

3.4 スモールスタートの重要性

4つ目は、スモールスタートの重要性である。始めて扱う技術があるプロジェクトでは最初から大きな規模で実施するべきではない。初めて扱う技術については未知の部分や実際に利用してみないと分からない部分が多いからだ。

また、前述した3.2節の技術的なインフラや、3.3節の社内規則に関して、万が一、十分に確認・調整が済んでいない状態で導入を進めてしまった場合、後々になってからこれらの点が指摘され、最悪の場合は導入が中止になってしまうことも考えられる。このようなリスクを最小限にするためにも、スモールスタートで始めることは有効である。

第2章で述べた最初のRPA導入の事例に関しては、最終的な目標を大きく立てたとしても、最初の一步は小さく始めるべきだった。まずは小規模に、1つの業務に対して実務レベルでの導入を実施し、製品に関する理解を深めてから、徐々に拡大していく方法がよい。

3.5 RPAにより自動化を試みる業務の優先順位

5つ目は、RPAにより自動化を試みる案件には優先順位の設定が重要だということだ。3.4節の「スモールスタートの重要性」で述べたように、複数業務へのRPA導入を一度に行うのではなく、まずは小さめの1つの業務に対してRPAを導入するのがよい。この1つの業務を選定する際の優先

順位は社内の規則や業務の内容によるリスクの小さい順に設定するべきだ。

業務をRPAのロボットにより自動化することは、3.3節「社内規則の調整」でも述べたようにさまざまなリスクが存在する。次に述べる理由から、これらのリスクが小さいものから導入していくべきだ。ロボットを開発する際にバグを完全に排除することは難しい。また、初めてRPAを導入する段階では、まだそのRPAの製品に関する理解が不十分である。そのため、実運用時に誤作動を起こす恐れがあり、そうなった場合でも被害を最小限に収めなくてはならない。「もしロボットが誤作動を起こしたら、どうなってしまうか」を意識して業務を選ぶ必要がある。このリスクが小さい業務の特徴については（表2）に記す。3.2節で述べた「技術的なインフラの確認」や、3.3節で述べた「社内規則の調整」を実施した上で、このリスクが小さな業務から手を付けるのがよい。

表2 RPAの最初の導入に適したリスクの低い業務の特徴

業務の特徴	理由	業務の例
データの参照のみを行う業務	データの変更を行わないため。データの更新や登録を行う業務場合、データを変更してしまうため、ロボットのバグにより誤操作があった場合に、間違った変更が行われてしまう。	データを集計し、レポートを作成する業務
業務の関係者・関係組織が少ない業務	ロボットが誤作動を起こした際の影響範囲が小さいため。	特定のチーム内で完結する業務
扱うデータの重要性や機密性が低い業務	ロボットのバグにより、誤ったデータの更新や削除が起きるなど、データの誤送信や流出があっても影響が小さいため。	社外に公開されているデータを扱う業務
業務が停止してしまった際に影響が出るまでに時間がかかる業務	ロボットが参照するシステム側の仕様変更等により、ロボットが動かなくなった際に対処するための時間を確保することができるため。この時間が十分に確保できていれば、その間にロボットの改修や、手作業で業務を行う等の対策を行うことができる。	締め切りが長い業務

4. 知見を踏まえて実施した2度目のRPAの展開

本章では第3章で解説した知見を元に、体制を刷新した上で行った2度目のRPA導入事例について説明する。この2度目の挑戦は、予算規模を縮小し、定量的な数値目標を設定せず、定性的な目標を掲げ、推進した。筆者らは、この2度目の導入ではプロジェクト開始時点から主要メンバーとして参画した。

4.1 「普段使いのツール」を目指す方針

まず、大きな方針としてRPAが「普段使いのツール」となることを目標とした。「普段使いのツール」とは、たとえばExcelやWordのような、多くの人が比較的容易に使えるツールのイメージだ。現実的には、RPAを使いこなすにはRPA自体に関する知識や、参照するシステムによってはHTMLやCSSといったWebに関する知識も必要となるため、本当にExcelのように誰でも使えるようになることは難しい。そのため、これはあくまで理想としての目標である。この方針は、前章で述べた「業務担当者主導での推進」の知見から作られている。「普段使いのツール」として業務を行っている担当者がRPAに習熟することで、自動化の是非の判断、RPAの効果的な利用方法の発見を、現場が主役となって進めていくことができる。このような理想の下に2度目のRPAの導入は進められた。

また、「普段使いのツール」として業務を行っている担当者がRPAに習熟することは、さまざまなメリットを生む。たとえば、RPA活用のスピード感がその1つだ。RPAのロボットの開発は、簡易なものであれば低コストで実装が可能である。たとえば、Excel上の表の内容をWebサイトのフォームに入力して登録ボタンを押す、という作業を繰り返す業務があった。RPAに習熟した者がこの業務を行うロボットを開発した際、最低限の実装であれば2時間程度で実際に動くものを作ることができた。現場主体でRPAを活用できれば、このスピード感を最大限に活かすことも可能になる。

もう1つのメリットとして、RPAのメンテナンスが適切に行えるようになるという点がある。RPAのロボットの意図せぬ挙動は、参照するWebサイトの仕様変更や、開発時点で想定から漏れていた業務の例外的な処理等に起因して発生することが多い。これらの課題は業務を行っている担当者が検知することになるため、業務担当者がRPAに習熟しており直接メンテナンスできるようになっていれば迅速に対応することが可能となる。

以下、「普段使いのツール」を目指す方針を実現するために行った2つの施策、「ボトムアップな導入の支援環境整備」の施策を4.2節で、「ルール・可用範囲の明確化」の施策を4.3節で、それぞれ述べる。導入したRPA群が完全に「普段使いのツール」となったわけではないが、実施した施策は4.4節で後述するように普及効果を上げた。

4.2 ボトムアップな導入を支援する環境作り

4.1節で述べた理想の下に現場主体でボトムアップにRPAの導入が可能な環境作りを行った。これは、専門の組織が他の組織から依頼を受けてRPAの開発を一手に担うような推進方法（図1）ではなく、各組織の業務を行う現場が独自にRPAの開発・運用を行っていくことを促す方法（図2）である。しかし、業務を行う現場は日々の業務で忙しく、新たにRPAを導入するだけのリソースが確保できないことが多い。業務を行う現場にRPA導入の主演となってもらうには、RPAの導入のためのハードルをできる限り下げることが必要である。そのため、RPAの導入のための環境作りとして、RPAの利用を開始する際の障害や疑問を取り除くためのさまざまな施策（表3）を行った。これらの施策は導入のハードルを下げると同時に、「少し興味がある」程度の人にもRPAに触れる機会を設けることができ、結果としてより広い領域にRPAを普及させていくことにも繋がった。



図1 RPAの開発、改修を専任する組織により推進

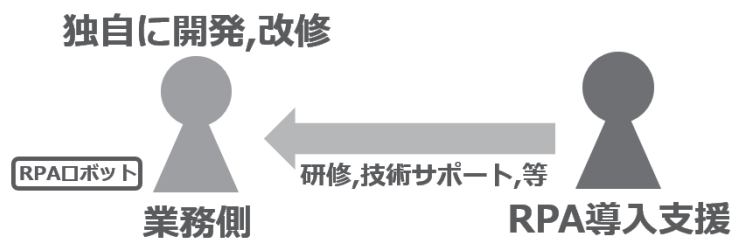


図2 業務側が独自に行うRPAの開発、改修の推進

表3 RPAの導入を支援する施策の例

施策	解説
RPA 研修	RPA の概要や、 利用する上での注意事項やルール、 ロボット開発方法等を動画とテキストで学習してもらう。 これらのコンテンツは社内サイト上に配置し、 いつでも自由に参照できるようにした。
RPA に関する情報交換や相談の場の作成と運用	RPA ユーザ間での情報交換やコミュニケーション、 その他相談を受け付けるため、 社内の Slack (コミュニケーションツール) で RPA ユーザ向けの公開チャンネルを開設した。 RPA のアカウントを発行する際にこのチャンネルにユーザを誘導し、 基本的に全 RPA ユーザにこのチャンネルに参加してもらうようにしている。
ナレッジを蓄積させた Q&A 形式のコンテンツの作成	RPA を利用する上で分かりづらい点や躓きやすい点を Q&A 形式でまとめた社内サイトを作成した。 主に導入の際に自分たちが困った事や、 前述の Slack で受けた相談をまとめている。 また、 この社内サイトでは全社員に編集の権限を与えており、 だれでも追加・編集が出来るようにした。 今の所、 内容は技術的なものが多い。 ナレッジの例 <ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットから Slack に通知を送信する方法 ・ XXX というエラーが出た場合の対処法 ・ デフォルトの方法で HTML 要素が特定できなかった場合の回避策
導入の際のサポート	プロジェクトとしてある程度大きな単位で RPA を導入したい、 というような相談を受けた際には、 アドバイザ的な立ち位置としてそのプロジェクトに参加し、 案件選定やロボットの開発の進め方等を直接サポートした。

4.3 ルールと可用範囲の明確化

さらに、RPAの利用に関するルールを明確に定めた。社内のルール上に不明瞭な部分があっても、安心してRPAを利用することができない。そこで、CISO (Chief Information Security Officer 最高情報セキュリティ責任者) 等のセキュリティに関する組織と協力してルールの明確化を進めた。たとえば、ロボットが想定外の事故を引き起こしてしまった際の影響範囲は小さくし、コントロール可能な範囲に収めたい。その場合、顧客情報のようなセキュアな情報を扱う業務をRPAのロボットに代行させてはならない、というルールを定義する、という具合だ。少なくとも導入初期の段階では、絶対に事故が起きてはいけない領域ではRPAの導入は控えるべきである。このようにリスクや影響範囲を小さくすることを中心に、主要なルールを最初に定義した。

表4の種別がルールとなっている部分にこのルールの一例を示す。

表4 RPAを利用する上でのルールや技術的な可用範囲の例

種別	内容	意図・目的
ルール	開発したロボットはクライアント(業務端末)で稼働させること	サーバ上でロボットを稼働させることも可能だったが、サーバから他システムへアクセスする際のポート管理のリスクや、意図せぬ動作が発生した際の影響範囲を低減させるため
	扱うデータの情報のセキュリティレベルが一定以下の業務であること	導入初期の現段階ではセキュリティレベルが高い情報を扱う業務をロボットが行った際に意図せぬ挙動により大事故につながるリスクをなくすため。
可用範囲	扱うシステムは社内システムや契約した社外のシステムに限定する	ロボットが意図せぬ挙動を行った際に社外への影響を低減させるため。
	研修の受講が完了した人のみライセンスを配布する	RPAに関する考え方やリスクを理解した上で使ってもらうため。

ルールと同様に技術的な可用範囲を明確に定めた。インフラ等の技術的な面でも、不明瞭な部分があっては安心してRPAを利用することができない。そのため、情報システム部等の社内インフラに関する組織と協力して、技術的な可用範囲の明確化を進めた。たとえば、ロボットが意図せぬ挙動で暴走してしまった際に、社外にまで影響を広げたくない。その場合、ロボットが利用してよいWebシステムを社内システムと、契約しているSaaS製品に限定する、という可用範囲を定義する、という具合だ。この可用範囲もルールと同様にリスクや影響範囲を小さくすることを中心として定義した。表4の種別が可用範囲となっている部分にその一例を示す。

4.4 2度目のRPAでの普及状況

このような方針と施策は短期間で爆発的な効果を生むことはできなかったが、代わりに長期的に多くのRPAユーザを生み出すことに成功した。現在では約200名のRPA利用者と約200台のロボットが活躍している。また、コーポレート部門から始まった普及だったが、今ではさまざまな部門で利用されている。図3、4にロボット台数と利用者の増加傾向を示す。横軸は年月を、縦軸はロボット台数と利用者数を示す。図5、6にロボット台数と利用者の所属部門別割合を円グラフで示す。青色の領域は最初に行われたRPA導入の適用対象であったコーポレート部門を、赤・緑・紫の領域は他の部門の割合を示す。

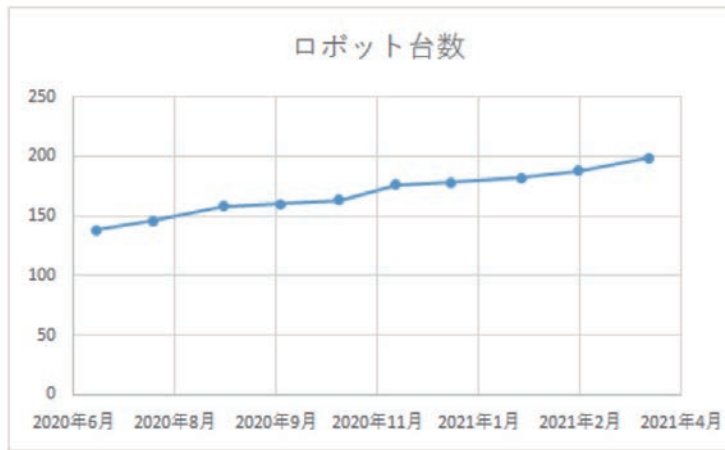


図3 ロボット台数の増加傾向（2020年6月より計測開始）

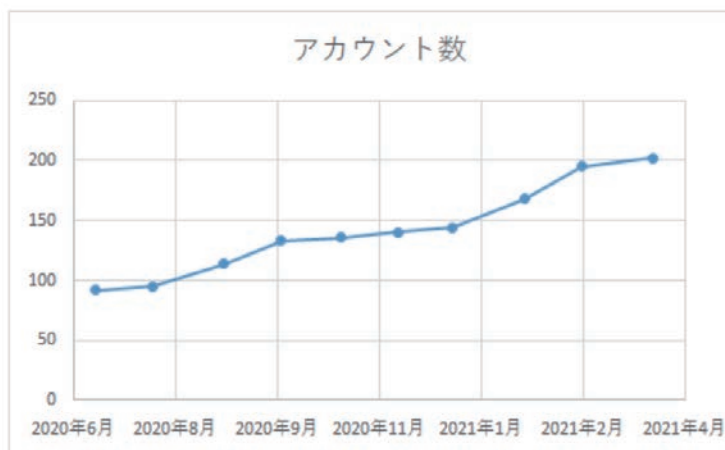


図4 RPA利用者の増加傾向（2020年6月より計測開始）

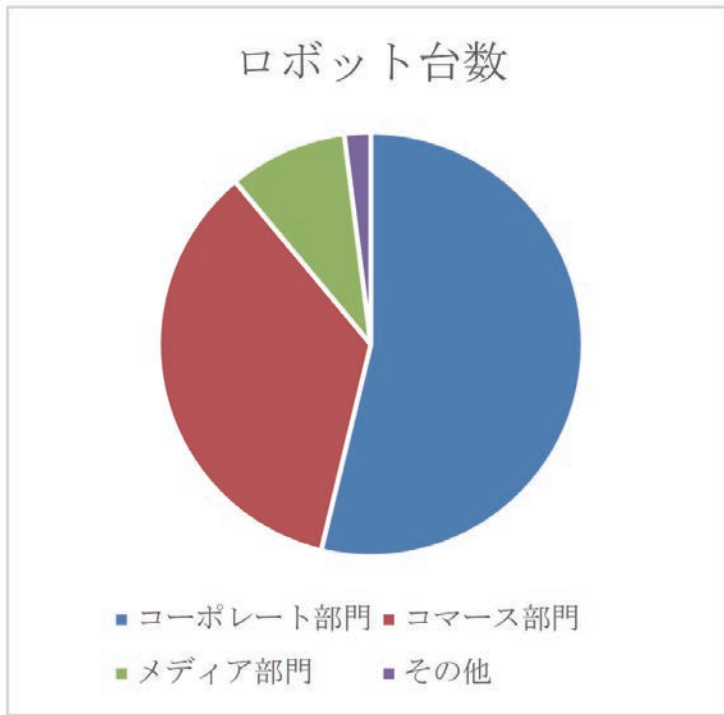


図5 ロボット台数の部門別割合 (2021年3月時点)

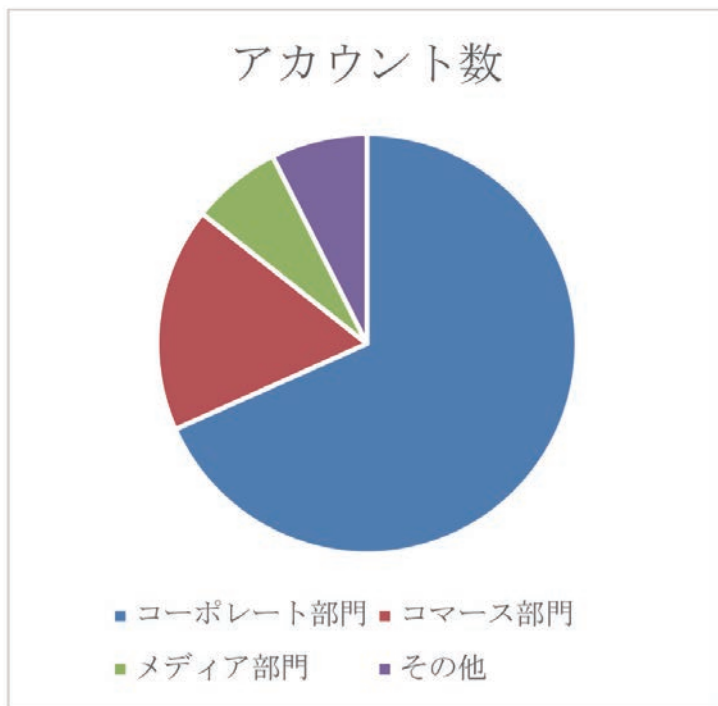


図6 RPA利用者の部門別割合 (2021年3月時点)

5. 2度目のRPA展開の振り返り

本章では、前章で解説した2度目のRPA展開を振り返って得られた気づきについて述べる。

5.1 全社的なRPA利用の統括の影響

2度目のRPA展開では全社的なルールやインフラに関してすり合わせた上で実施されたため、全社的なRPAの利用に影響を与えることとなった。今回のプロジェクトが開始される前からRPAを独自に導入している部門が存在しており、それらに関しても今回のプロジェクトで定めたルールやインフラに合わせる必要が発生した。これには2つの良い面と、1つの悪い面のそれぞれが存在した。

1つ目の良い面は、契約やライセンス管理の集約だ。各部署で独自にRPAを利用している場合、その部署が独自にRPAのプロダクトの契約やライセンス管理を行う必要があった。しかし、今回の導入によりRPAプロダクトの契約やライセンス管理を、RPA導入支援を行う組織で一括管理し、各利用者にアカウントを提供する仕組みが出来上がった。これにより、各部署が個別で管理する必要がなくなり、契約の締結やライセンス管理といった作業のコストを無くすことができた。

2つ目の良い面は、サポートの充実である。各部署が独自にRPAを利用している場合、RPAを使える人間のリソースがロボットの開発と運用のみに割かれてしまいがちで、他の利用者を育成したり、サポートしたりすることに課題を抱えているケースが多かった。RPAのロボットを開発・メンテナンスできる人間が部署内に1人しかおらず、その人が異動となった際にロボットを利用できなくなる、という事例も発生していた。これに対して今回の導入により、RPAを学習するためのコンテンツや技術的なサポートを提供するRPA導入支援を行う組織が部署外に出来たため、部署内でこれらのサポートを行うことが不要になった。

悪い面は、今回定めたルールやインフラと既存のRPAの利用に食い違いが発生したことだ。最初のRPA導入のプロジェクトが発足するより前から、社内には独自にRPAを導入している組織が存在していた。この独自に行われていた導入は全社的なルールがない状態で実施されたため、今回のルールでは利用が許可できないような使われ方をされているケースが存在していた。そのため、今回のルールを定めるにあたって、すでに業務を行っているRPAのロボットとのすり合わせや、場合によってはルールの例外として取り扱うためのリスク受容が必要となった。ただし、これは逆の見方をすれば、社内には存在していた潜在的なリスクを炙り出すことに成功したとも考えられるため、一概に悪い面しかなかったというわけではない。

5.2 RPAのロボット開発者への適性

RPAはローコード、あるいはノーコードなツールであり、プログラミング不要で導入が可能だが、これはしばしば「簡単」あるいは「誰でもできる」と勘違いされがちである。実際には、Webサイトの仕組みや、プログラミングで登場する概念について理解しているかどうかによって、RPAを利用するための難易度は大きく異なる。たとえば、元エンジニアの経歴を持つ企画担

当者は、標準学習時間が2週間のロボット開発者向けの研修を2日程度で完了させるようなこともあった。一方で、業務部門のRPA担当者では、変数や文字列といったプログラミングで登場するような独自の概念がなかなか理解できず、苦戦するケースもあった。

このような視点から考えると、RPAのロボット開発への適性を持つ人材がどのような人材なのかが見えてくる。まず、最も適性を持つのがエンジニア出身の人材や、プログラミングの経験がある人材だ。RPAのロボットの開発者は、プログラムのソースコードを書くことはないが、実質的には姿を変えたプログラムを作っているようなものである。そのため、プログラムで扱う変数やループ処理、アルゴリズムといった概念を理解していれば、RPAを学習する際に大きなアドバンテージとなる。次に適性を持つ人材はExcel等のツールを使いこなすことができる業務担当者だ。Excelで複雑な表計算を行う際に利用する計算や関数の概念は、ものごとをロジカルに考え、筋道を立てて結果を導き出す能力を必要とすることが多い。このような能力もRPAのロボットを開発する際の手助けになる。逆にこのようなITに関する理解やスキルが不足している場合、RPAを使いこなすには苦戦を強いられると思われる。

5.3 RPAへの適性とニーズのある領域とのギャップ

RPAを利用したいというニーズがある領域と、5.2節で述べたRPAのロボット開発者への適性を持つ人材にギャップがあることも、今回のプロジェクトで得られた気づきの1つだ。他社に比べると、筆者らの所属するヤフー（株）には全般的に新しいことをやってみようという文化があると感じている。今回のRPAの展開は大々的な告知なしで進められたプロジェクトだったが、4.4節で前述したように半年で100アカウント近くユーザが増加していることがそれを物語っている。しかし、RPAの需要が高いのは主に定型業務を多く抱える業務部門や企画部門だ。このような領域では、弊社であってもITリテラシーが特別高いわけではない。5.2節で述べたRPAへの適性もそうだが、自動化することのリスクや運用フェーズ以降に必要な作業を想像できず、導入が中途半端になってしまうようなケースも発生してしまった。だからこそ、今回のRPA展開でユーザをサポートしていく際に、ITリテラシーや理解への目線を合わせて並走していくことが特に重要であった。

6. 現状の課題と今後の展望

本章では、第5章で解説した2度目のRPAの展開で見えてきた新たな課題と、今後の展望について述べる。

6.1 RPAの具体的な効果の不明瞭さ

ボトムアップにRPAを展開していった結果、具体的なRPAの効果が見えにくいという課題が発生した。ここで述べている効果とは、RPAのロボットの生産性である。たとえば、ロボットが何人分の働きをしているのか、ロボットのおかげでどれだけの工数が削減できたか、といったものだ。最初に達成すべき効果目標を設定して進める方法で導入していれば、事前に効果の試算を行い、達成・未達成によりどれだけの効果が出たのかを明確に出すことができる。しかし、2度目のRPAの展開では、事前に目標を定めるのではなく、さまざまな業務領域が個別に活動を行っているため、全体での規模感や効果を正確に掴むことができなかった。

また、RPAのロボットに行わせる業務の種類も、効果を明確にすることを難しくしている。筆者らはRPAのロボットに行わせるのに適した業務には大きく分けて2種類あると考えている。1つ目は、すでに人が手作業で行っている業務で、2つ目はRPAのロボットにより新たに行うことが可能になった業務だ。

1つ目のすでに人が手作業で行っている業務については効果を求めるのは難しい。RPAの導入前後でその業務にかかる時間がどれだけ変化したかを計測すればよい。これまで人手で3時間かかっていた業務が、ロボットを活用することにより1時間で終わるようになったのなら、2時間分の工数削減の効果が出ていると言える。

2つ目のRPAのロボットにより新たに行うことが可能になった業務は、効果を求めるのが難しい。たとえば、業務として行いたいのが、処理する件数が膨大で人手では処理しきれず、これまで行われていなかったような作業があった。これは「これまで行われていなかった業務」だ。この業務をRPAのロボットによる自動化によって「実施が可能な業務」にすることができた。しかし、これまで行われていなかった業務であるため、ロボットがどのような効果をもたらしているか、どの程度の価値を生み出しているかを算出することは難しかった。そもそも行われていなかった業務であるため、業務としては必須ではなく、本質的な価値はそれほど高くなかったかもしれない。そのため、単純に人手でやっていた場合の時間を仮定して仮の削減効果を考えてしまうと、本質以上の効果を生み出していることになりかねない。実際にここで述べた業務をロボットで自動化した際に、効果が月に26,000時間となった。通常のロボットの効果を平均すると100時間未満であることを踏まえれば、この数字を同列に扱うのは難しい。

6.2 外部委託活用の検討

また、最初の導入での経験から、ヤフーのRPA推進担当者が外部の開発ベンダやコンサルティング会社を利用することに慎重になりすぎている面があると感じている。最初の導入では、社内にRPAに関する知見がない状態で、大規模かつ並列にものごとを進めてしまったのが、主な原因である。2度目のRPA導入を実施した後では、それなりに社内にRPAそのものやプロダクトに関する理解度が深まりつつあるため、今後は適切に内製と外製を使い分けられるような体制の構築にも挑戦していきたい。

現在は試験的に、要件定義を社内で実施し、ロボットの実際の開発を外部の開発ベンダに委託する、という体制を、比較的小さい案件で実施している。要件定義を社内で実施することにより、どんなロボットを作る必要があるのかを社内の業務担当者が意識的に考える必要があるため、ロボットの開発を行わなくても他人事にはならない。また、その要件定義を開発ベンダに伝える際に、改めて内容を言語化するなど、開発ベンダ側からの視点からの意見を得たりすることで、社内のみで進めるより、品質の高いロボットを作ることができると考えている。このように、RPAを導入する上でより良い体制を組めるよう、今後はさまざまな方法を試していきたい。

6.3 全社的なマインドの育成

最後に、全社的にいわゆるDX的な「改善」のマインドを育てていく必要があると考えている。現場主導でRPAを導入する際に重要になるのは、ただ盲目的に日々の業務を行うだけでなく「こうすればより効率的に業務を行える」とか「こうすれば業務のミスを減らすことができる」

といった「改善」の気づきだ。RPA自体はただの道具であり、ただ使い方を学んだだけでは何か起きることはない。「RPAをここに使えば今より改善できる」というように、「どこでRPAが使えるか」を気づくことができ初めてRPAの導入が進み、効果が生まれる。この「改善」のマインドを如何に育てていくかが今後は重要になると考えている。

7. RPA導入を検討している方への提言

最初のRPA導入の挑戦と、そこから得られた知見、その知見を元にした2度目のRPA展開の方法と、今後さらにRPAを社内に普及させていく上での課題と展望について論じた。RPAを初めて導入する際には、いきなり大きな効果を出そうとし、大規模に実施するのではなく、まずは小規模にリスクが低い所から、業務担当者がしっかりとかかわる形で進めていき、十分にRPAに関する理解が深まってから広く展開していく方法が効果的である。

RPAはまだ比較的新しいツールであり、便利な魔法の杖のように誤解されていることも少なくない。本稿が今後RPAを新たに導入する読者の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 総務省：情報通信統計データベース，RPA（働き方改革：業務自動化による生産性向上），https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin02_04000043.html (May 21, 2021 参照)
- 2) RPA BANK：RPAの普及が急速に拡大，企業の投資傾向と要因が明らかに ETRの調査とオートメーション・エニウェアの顧客分析より，<https://rpa-bank.com/report/51981/> (May 21, 2021 参照)
- 3) ローコード開発プラットフォーム：Wikipedia，<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%82%B3%E3%83%BC%E3%83%89%E9%96%8B%E7%99%BA%E3%83%97%E3%83%A9%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%95%E3%82%A9%E3%83%BC%E3%83%A0> (May 21, 2021 参照)
- 4) ノーコード開発プラットフォーム：Wikipedia，<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8E%E3%83%BC%E3%82%B3%E3%83%BC%E3%83%89%E9%96%8B%E7%99%BA%E3%83%97%E3%83%A9%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%95%E3%82%A9%E3%83%BC%E3%83%A0> (May 21, 2021 参照)
- 5) ヤフー（株）：企業情報，拠点情報，<https://about.yahoo.co.jp/info/base/> (May 21, 2021 参照)
- 6) KPMGジャパン：RPA／デジタルレイバーとは？，<https://home.kpmg/jp/ja/home/insights/2017/04/rpa-digital-labor-movie.html> (July 6, 2021 参照)

三浦盛生（非会員）momiura@yahoo-corp.jp

2013年ヤフー（株）入社。情報システム部門のエンジニアを経験後、CIO室にてシステム企画を担当する。

鈴木 岳（非会員）gsuzuki@yahoo-corp.jp

2005年ヤフー（株）中途入社。広告部門で業務系のシステム企画、PMを経験後、CIO室にてシステム企画を担当する。

採録決定：2021年7月26日

編集担当：新田 清（ヤフー（株））



インタビュー

DXのプラクティス～ニューノーマル時代を生き延びる～

インタビュイー：境 真良（（独）情報処理推進機構），三部良太（（独）情報処理推進機構）

インタビュアー：吉野松樹（（株）日立製作所），藤瀬哲朗（三菱総合研究所）

（独）情報処理推進機構（IPA）がDX先進企業22社に対して行った調査結果をまとめた解説論文「DX先進企業から見るDXの現在地，構造，方向」の著者である三部氏，本特集号ゲストエディタの境氏に調査結果から見えてきたDX成功のための4つのポイント（1）DXの方向性の合意，（2）デジタル技術の導入，（3）実事業への適用，（4）体制と人材，について事例の紹介，IPAの取り組み，今後の展望について話をうかがった。



境 真良（正会員）（（独）情報処理推進機構）

1993年東京大学法学部（政治コース）卒業，同年，通商産業省入省，主にコンテンツ産業政策，情報産業政策に従事，東京国際映画祭事務局長，早稲田医学大学院国際情報通信研究科准教授，経産省国際戦略情報分析官（情報産業）等を経て，2018年から（独）情報処理推進機構に出向し，DX推進を担当。2020年からiU（情報経営イノベーション専門職大学）准教授（専任）も兼業している。社会情報学会会員。



三部良太（正会員）（（独）情報処理推進機構）

1990年電気通信大学計算機科学科卒業。1992年東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了。同年（株）日立製作所入社。システム生産技術に関する研究に従事。2018年工学博士の学位を取得。2019年から（独）情報処理推進機構に出向し，DX推進を担当。電気学会会員。



吉野松樹（正会員）（（株）日立製作所）

（株）日立製作所、IoT・クラウド事業部ミドルウェア本部所属。本会論文誌トランザクションデジタルプラクティス編集委員長、資格制度運営委員会副委員長、本会フェロー、博士（情報科学）。



藤瀬哲朗（正会員）（三菱総合研究所）

（株）三菱総合研究所原子力安全事業本部 兼 科学・安全事業本部、電気通信大学大学院修士課程修了後、三菱総合研究所入社、現在に至る（（財）新世代コンピュータ技術開発機構研究所主席研究員、慶應義塾大学SFC研究所訪問所員、同大学SDM研究所研究員、（独）情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター主査）、高性能計算にかかわる研究、ソフトウェア工学および高信頼性システムの調査研究、研究開発事業マネジメント業務に従事。

吉野：今日は、本特集号のゲストエディタをお願いしていますIPA（情報処理推進機構）のDX推進部の境様、特集号解説論文を寄稿いただいた同じくIPA DX推進部の三部様に、本特集号コーディネータの藤瀬と吉野がお話を伺う形で進めさせていただきます。よろしくお願いたします。

境，三部：よろしくお願いたします。

吉野：今回、「DXのプラクティス～ニューノーマル時代を生き延びる～」という特集を組みました。三部様に寄稿いただいた解説論文「DX先進企業から見るDXの現在地、構造、方向」では、DXに成功している企業22社を幅広い業界から選び、インタビューした結果をまとめられています。このインタビューでは、この論文で述べられているDXに成功している企業の4つのポイントについて掘り下げてお話しを伺うとともに、関連するIPAの支援、施策について伺いたいと思います。

組織が目指すDXの方向性の合意

吉野：まず、「組織が目指すDXの方向性の合意」がDXを成功に導く上で非常に重要であると、調査の結果からまとめておられます。この辺りで何かお話がございましたらお願したいと思います。いかがでしょうか。

境：DXの話題が出始めた2017年あたりからすると、現在IPAあるいは経済産業省が見ているDXのポイントが変わってきていると思うのですね。よく言えば、進化している。悪く言うとターゲティングが少しぼやけているという部分もあるかもしれません。

一番初期の段階では、「2025年の崖」という表現がキャッチーに出ていたように、エンタープライズ・コンピューティングをめぐる環境が変わっていくことにどう対応するのか、というところにポイントが置かれていた。悪い言い方をしてしまうと、昔あった、もうメインフレームの時代ではないダウンサイジングだとか、クラウドの時代だという話の、変奏曲です。この問題は環境への対応という受け身な課題であるため、たとえば古い環境のエミレーションで凌いでしまうという解決策もあり得るわけです。

しかし、今このタイミングで考えなければいけないことは、ネットワーク環境が確立した中で、システムが連携していく、連携していけるようになった中で、企業のシステムはどうあるべきか、ということだと思います。要するに、企業としてスタンドアロンでものを考えてはいけない、ということです。今、デジタル庁が動いていますけれども、納税もe-Taxでできる環境で、会計システムと納税システムはばらばらで、会計システムで計算した結果を納税システムに人間が再入力するなんて仕事は、まったく意味が分からない。そして、いろんな形でシステム間は連携していく中で、人間がやらなくてもいいことが増えていく。

人間がやらなくていいということは、人減らしと捉えるのではなくて、人間に任せてしまうといろんな負担が人間にかかることを機械に任せることによって、業務開発の可能性を増やしていくとか、処理速度など人間の能力ではどうしても限界がある壁を乗り越えられるようになったのだ、と捉えるべきなのでしょう。これはSociety 5.0につながる話ですが、こう環境変化を捉えて能動的に対応しようとする、レガシーシステムを温存するのは解として間違っているという結論になるということだと思います。

だからこそ、今、レガシーシステムをどう変えるかという議論を乗り越えて、新しい仕組みをどう作っていくのかという方にDXのポイントが移ってきている。ところが、経営陣のITに対する理解が低いと、ITシステムを総務部が管理している電球かなんかと同じように考えてしまい、LEDになって安くすむの？ それはよかったねとなる（笑）。そういう感覚で、「クラウド」を捉えてしまうと、安く使えるの、それはよかったね、で済んでしまう。それでは「クラウド」の本来の可能性が理解されない。そこで、「クラウド」をどう使うのかというところまで考えるなら、企業の在り方とシステムの在り方が相関しているというところまで、まず理解してもらわなくてははいけない。

関連して、ちょっと話が長くなりますが、DX推進指標についてお話しさせてください。我々は、DX推進指標を企業として記入して、IPAに提出するようにお願いをしています。それをまとめて年1回、統計的に見て現状どうなっているかをレポートしています。実は、ここで重視しているのは、それを記入する過程です。ここはすごくこだわっているポイントでして、記入するのはCEO（Chief Executive Officer）、代表取締役でないしはそのレベルの方をお願いしています。そういう人たちが記入するにあたって、横で、専門家であるIT系の者がサポートをするはずですが、そこが実はDX推進指標の提出を依頼していることの肝なわけです。そこで期待しているのは、ここで初めて、IT部門が、CEOとか代表取締役という、経営の中核にいる人間ときちんと

話をします。その説明の中で、なるほど、こうだったのか、電球とは違うんだ、という気付きをぜひ持ってくれることなのです。各企業の内部に立ち入って聞いているわけでないで、ちゃんとやってもらえているか少し不安ではありますが、ただ、ここに我々の重点がある。DX推進指標について三部さん、補足をお願いします。

三部：DX推進指標は、2019年7月に経産省が作った指標です。これは、DX推進のための経営の在り方や仕組みに対する指標と、DXを実現する上で基盤となるITシステムの構築に関する指標の、大きく2カテゴリに分かれています。経営に関してちゃんとやるべきことをやっているか、ITシステムがちゃんとそれに対応できているかを、それぞれ項目ごとにゼロからレベル5まで、6段階で評価する指標になっています。2019年から、このDX推進指標の自己診断結果の収集と、ベンチマークをIPAがやっています。2019年に287件、2020年に351件、実際に自己診断していただいています。分析レポートが公開されていますので、それを見ながら各企業で自分たちの立ち位置を理解するという使われ方をしています。

境：DX推進指標を発展させる形で、DX企業認定が始まっています。こちらではDX推進指標やデジタルガバナンスコードに基づいて、自らDXを実現する計画を自分たちで考えて定義するようお願いしています。さらに1回は、それを実現する自らの状況をDX推進指標などで確認していることを求めています。その上で、企業としての決定を経営者がちゃんと自分の言葉、自分の責任において対外的にコミットしていますかということを問うています。覚悟と言うとなんですけれども、きちんとCEOなり、CxO（Chief x Officer）が、引くに引けない形で打ち立てているのか、というのを我々は見えています。この認定を受けることが今年から始まるDX減税の要件になります。

DX企業認定についても三部さんから補足説明をお願いします。

三部：DXがある程度のレベルに達した企業が、DX企業認定に進むということになります。このときに1番重要視するのが、DXの取り組みを何かとりあえずやっているというだけではなくて、経営陣がコミットして、経営会議の中である種の合意をして、それをきちんと公開しているかということです。そこを、我々がチェックをします。DX企業認定は、IPAで一次審査をして、最終的には経済産業省の認可が下りて認定するという仕組みです。一次予備審査の段階で、現場だけで動いているのではなくて、経営者もちゃんとその活動に対してコミットしているかという点を確認します。

境：ここで言いたいことは、CEOに現状を理解せよと、そして自分の責任において、DXをやるというコミットせよということです。

なんでDXが今までできなかったのかということ逆算して考えると、決してCEOとか、CxOが理解していなかったということだけではないと思っています。DXを進めるために人間とシステムが連携する形を作り込んでいくと、当然現場の業務の在り方が変わってしまいます。これまで、自分が横の人に申し送ればよかったものをコンピュータに指示しなくてはいけなくなるとか、いろいろなことが変わってくる。それは難しいとか、面倒だとか、あるいは、企業によっては、部門間の役割分担、力関係が変わってしまうとか、いろんな事情が障壁になって、忌避して

しまう部分が私はあると思っています。そういう企業内のさまざまな軋みを乗り越えて、企業として変わっていくためには、やはり企業トップのリーダーシップが不可欠になると理解しています。

「組織が目指すDXの方向性の合意」を重視するからこそ、組織の目指す方向性について、CEOが引けない状態を作ることを確認したいわけで、IPAはDX企業認定や減税といった仕組みの運営により、そのためのメリットというか、インセンティブを整備しているということです。

吉野：ありがとうございます。

2017年ぐらいにDXの壁と言われていた頃からすると、DXのポイントが質的に変わっていて、古いシステムを早く何とかしなければ、という議論から、事業をデジタルを活用してどう変えていくかという議論に移っている。また、それは現場の話だけではなくて、企業の方向性としてどうするのかというレベルの課題であり、ある意味、SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）とか、環境に対する考え方とか、そういうものと同じレベルで企業として取り組み、目標を対外的にコミットすべき課題である、と理解しました。

IPAでは、経済産業省と一緒にDX推進指標ですとか、DX企業認定といった事業に取り組みられていて、企業のトップに対してDXの重要性を認識してもらおうという活動を進めていらっしゃるということですね。

藤瀬：10年ほど前の話ですが、IPA/SEC（ソフトウェア高信頼化センター）の「つながる」システムプロジェクトを担当していたときに、日本ではどうしても技術に視点がいつてしまっていて、それを使ってどんな社会を描きたいとかという議論がおろそかになってしまうという話がありました。そこをもっと議論してほしいということを私も 세미나等で話をしたりしてはいたのですが、これがなかなか通じませんでした。どんな会社にしていくのか、どんな社会を目指していくのかについて、リードする側が描けているかが問われると捉えましたが、いかがでございましたでしょうか。

境：そういう部分もあると思います。企業の業務と情報システムというのは、それぞれ反映し合っているように思います。あえて別な言い方をすると、たとえば、契約を結ぶときにリーガルのチェックをしようとして弁護士事務所に頼んでみたり、会計は会計事務所に入ってもらったり、いろいろするじゃないですか。いろんな下請けというかパートナーと私たちは仕事をするのですが、なぜか情報システムの世界になると、人間を介さないでシステムが連携して下請けなりパートナーなりになっていますというのは、あるようであまりないように思うのですね。

藤瀬：はい（笑）。

境：それはおかしいですよ。人間同士がそうならば、機械同士もそうあっていいのではないかと思うのですよ。

そう考えると、なぜ私たちはそういうふうに機械の世界を作らなかったのだろうかという素朴な疑問すら起きます。人間社会が効率化をしていくということと同じようなことを機械の世界でもどうしてできないのか。もちろんできる範囲でとなと思うのですが、これにはすごくショックを受けます（笑）。

DXを実現するデジタル技術の導入、開発

吉野： 三部さまの解説論文で、2番目のポイントとしては、DXを実現するデジタル技術の導入、開発が挙げられています。技術もいろいろあり、業界、業種によって、コアになる技術というのはいろいろ千差万別だと思いますけれども、調査された範囲ではどのような技術がコアとなるという印象を持たれたのでしょうか。

三部： 20何社かヒアリングにまわったのですが、最先端の技術を導入しているというよりは、自分たちの方向感に合わせて、技術を使い倒すと言いますか、使いこなしているというところが成功しているという印象を持ちました。たとえば、ある企業では、あえて最新の技術は使わずに、枯れた技術を使うことを選択しています。方向性として、今後こういうことをやりたいというビジョンはあるのだけれども、今ある技術だとまだそこまで届いていないから、いったんそのプロジェクトはペンディングにして、技術が成熟するのを待つという企業もありました。この技術を使えば絶対にDXが浸透するというものではなくて、自分たちのやりたいことに合ったような技術を自分たちのものとして使いこなせるようになっている企業が成功しているという印象があります。

吉野： 技術ファーストではなくて、業務としてやりたいこと、効率化したい業務というのが先にあって、それに適した技術を選んでいく。もし今、そういう技術がなければ、見切りをつけて、技術が成熟するのを待つ。そういう見極めも必要だということですね。

三部： そうですね。自分たちがやりたい、効率化したいということもありますし、自分たちがデジタルを活用してやりたいサービスとか、商品に合った技術を使いこなすことが上手くできたところが成功していますね。

吉野： 現在の技術で乗り越えられない部分というのは、データ量の問題、性能の問題とか、あるいはセキュリティとか、いろいろ課題はあるかとも思いますけれども、どの辺りが厳しい課題で、技術的なブレークスルーが必要でしょうか。

三部： それぞれと言ってはそれぞれなのですが、1つのパターンとしては、やりたいことを実現するためのデータが、質的にあるいは、量的に揃っていないという場合があります。その場合、まずデータを貯めるところからスタートしましょうとか、データが貯まるまでいったんプロジェクトを止めて、貯まってきたら、再開するというようなやり方をしている企業があります。

別のパターンとしては、データはある程度揃っているのだけれども、その活用を人の介入なしにやろうという構想があったときに、今のAIの技術では人の介入なしでは実現できないといった場合に、まずは人も入った上で、人とAIを組合せたサービスで立ち上げて、AIの技術の成熟とか、学習のモデルの精度向上を待って、徐々に人の関与を減らしていくというようなやり方をしている事例もありました。そういう工夫をしながらちょっとずつ前進していくという努力をされています。

吉野：たとえば、自分たちがやりたいことを実現するためには、自社の持っているデータだけでは不十分で、他社が持っているデータと掛け合わせる必要があるけれども、データが流通していない状況が障壁となる場合もあるかもしれないですね。

三部：そうですね。コアとなるデータを持っていて全部は出さないのだけれども、ちょい見せしながらまわりのデータを取り込んでいく。データを提供した側にもメリットがあるようにバリューチェーンを上手く作れるとだんだん世界が広がっていくというようなやり方が上手くできている企業は、データを媒介としたエコシステムを実現しつつあるようです。ここまでいくと、先ほどの「つながる」世界に近づいていると思います。でも、そこまでできているところは、ヒアリングした中でも1社、2社とかで、まだまだこれからではないかなと思います。

吉野：少ないけれども、実現しつつある企業もあるということですね。

三部：はい。

藤瀬：デジタル化が進んでいないことが障壁になって、技術導入ができないという会社は結構ございますか。

三部：今回、ヒアリングした先はDXの先進企業を選んでいるのでそういった例はないのですが（笑）、別プロジェクトの共通プラットフォームという取り組みで、業界の中で共通的な仕組みを導入することでDXを進めましょうという活動を行っています。その文脈では大企業とか、メインのキープレーヤはデジタル化が進んでいるのですが、中小の組織、メンバではやはりいまだにファックス、電話でやりとりをしているところがあります。そういう人たちをデジタルの世界に巻き込めると、デジタル化が一気に進むのですが、なかなか最初の一步を、どうやって踏み出すかを皆さん悩んでいるようですね。

DXの実事業への適用、展開

吉野：では、次のトピックスに進めます。DXの実事業への適用、展開というテーマが、三部さんの論文では挙げられています。いわゆるPoC（Proof of Concept）は数多くあるけれども、なかなか実際のビジネスにつながらないという課題だと思います。ベンダ側から見ても、解決したい課題ですが、どうすれば、PoCが実事業につながっていくのか、その辺りの秘訣とか、IPAで何かそういうところを支援するような施策とか、ございますか。

三部：そうですね、ヒアリング先の多くの企業で言われていたのは、失敗を許す、つまり、ある程度数を打った上で、1個でも、2個でも上手くいけばいいというようなマインドですね。経営陣もそういうつもりでまずは小さく初期投資して、ある程度数を立ち上げた上で、有望なものには継続的に投資をし続けるというスキームを持っているところが多かったです。最初のトピックスの経営層のコミットメントと関係しますが、社長ですとか、そういうレベルの人がちゃんと守ってくれるということですね。

また、場合によっては、今のビジネスと相反するような動きとか、今のビジネスと競合するようなサービスもあるのですが、そういう場合にも、長期的な成長を見すえた上で、ちゃんと現行事業部からのクレームから守ってくれるとか、そういう横からのちゃちゃでせっかくの

DXの取り組みが潰れないようにとか（笑）、そういうご苦労をされているようなプロジェクトも結構ございました。

吉野：たとえば、分社化してしまうというのも1つの手段ですが、そこまではせずに、内部にとどめたままのケースが多いでしょうか。

三部：分社化というパターンもありますね。ある程度見通しがあって、継続的にそのサービスが続けられるぞとなれば、分社化した上でスタートするという取り組みをしているところもありました。

境：今の、三部の話のポイントは、さっき失敗を許容すると言いましたけれども、実はDXというのはある意味、緩さとか、無駄とすごく親和性が高いということだと思います。

たとえば、ある企業が何らかの事業をするために必要最小限のリソースの範囲で始めたとする、予期しない状況があとで起きたときに、上手く対応できなかつたりする。事業を始めるときに、絶対に成功する計画を立てるところから始め、計画通り、かちっかちっと前に進めて、コスト的にも乾いた雑巾をさらに絞って安くするといったやり方は、DXには全然馴染まないのですね。

日本の企業経営として、失敗を許容するということにスポットライトを当てる議論はあるようでない。Googleの20%ルールに一時は注目も集まりましたが、今では話題に上ることは少なくなりました。でも、そういうことをきちんと実践して、事業の中で無駄とか、失敗のコストを盛り込んでおく。そういう余裕の中でPoCを実践し、トライ・アンド・エラーを繰り返しながら、うまくいきそうなものを実装するという進化のサイクルを実際にまわしていく。経営陣が、それぐらいゆったり構えて、リソースの配分をできるかどうかはすごくポイントがあるような気はしています。

三部のコメントを違う言い方をしてみたのですけれども、ここは、個人的には、DXの議論の中で強調していい部分かなと思います。

吉野：ありがとうございます。

かつての高度成長期みたいに、何を作ればいいかは分かっている、それをいかに効率的にやるかが勝負だった時代から、そもそも何を作ればいいのか、サービスを含めて、お客が何を望んでいるかが分からない時代になっている。そういう時代に生き残っていくためにはDX的な考え方が必要になってくる。そのためには多産多死というようなマインドでやらないと、上手くいきませんということですね。

DXを推進する体制と人材

吉野：次のトピックスは、DXを推進する体制と人材です。これは非常に大きな課題ですね。実は、デジタルプラクティスで2020年の1月号で「DX時代のスキル標準と人材育成」という特集号を組んだのですけれども、今、その特集の閲覧数が断然トップになっています。DXと人材

育成ということに関して悩まれている方が多いのだなということをひしひしと実感しております。

人材育成に関しては、IPAは 세미나とか、ホワイトペーパーとか、いろいろな施策をやられていると思いますが、いかがでしょうか。

境：DXを担える人材という話は、DXを人任せにしているのか、ということがすごく大きなテーマだと思っています。人任せというのは2段階あって、社内で言うと、IT部門任せ。もう1つは会社単位で言うと、下請けというか、本当に下請けなのか分からないのですが、ベンダと言うか、Sier任せということですね。本当に下請けなのか分からないと言っているのは、下請けというのは、本来は元請けの指示に従い仕事をするものなのですが、企業システムの領域では、意外と下請けに何をやるかの企画までさせている場合がある。それは下請けではなくて、むしろ発注している企業が下請けと称する企業の奴隷になっているのではないかという気もしなくはない（笑）、という意味です。ただ、いずれにせよそうした2段階の人任せという構図が、これまでの古い企業にはあったというふうに僕は聞いていますし、自分が属してきた古い組織にもありました。

DXにはそういうのは馴染まないというのは、もう散々言われていますね。DXとっていいか分かりませんが、デジタルネイティブな会社、Web系の会社というのは人任せにしない。コンテンツ制作はHTMLベースで書いているので、これに機能を追加するという気持ちが自然に湧いてきて、どんどん現場の方で機能強化のアイデアも出てくる。

そういう意味では、今、自分がやっている業務をIT的な目線でも見て、ここはこうしたらいいよね、ああしたらいいよねということが言えるリテラシが現場にあることが、僕はDXの前提だと思います。問題はそのリテラシを身に付けるにはどうしたらいいのかということです。

いくつかあるやり方があると思いますが、1つは、たとえば、経産省はデジタル産業という言い方で、Sierもクライアント企業に入り込んで一緒に考えてくださいということを言い始めている。ITのプロとユーザ企業との連携というのをもっともっと深くならなければいけないよねということです。また、さっきのデジタルネイティブな企業では、だいたい若い人が変革を引っ張っている。本来は年齢の話ではないのですが、ただ、これまで全然ITを知らなかったという熟練職員に研修を受けさせればけん引役になってもらえる、というわけではないでしょう。そういう意味で、企業が従来のリアル過程の企業活動と、デジタルの領域での企業活動とのハイブリッドになっていくんだ、というふうに僕は理解しています。そこから、経営陣に、リアル過程の企業活動を所与としてITで現場がこう楽になるんですという話だけではなく、ITにこういう機能をこう足すと、こういう新しいビジネスが生まれますといった話を語れる人材がやはり必要だと思っています。そこには、外部から、若者やプロを入れてくるのか、あるいは、中の人で実は対応力がある人を抜擢するのか、そこは難しい、と。

自分自身、文系か、理系かよく分からない道を歩いてきている身としては、理系の情報技術の世界だけをかっちり学んだので企業の情報システムが分かるというわけでもないと思っています。逆に、理系の人材が法律の専門家として成長しているのもこの目で見えていますしね。こうした能力は、文系、理系で片付けてはいけない。だから、「八咫鳥（やたがらす）人材」とうちの

メンバはよく言いますけれども、足が3本あるように、技術も、経営も、現場も全部わかります、みたいな人材は存在しうるし、そういう人に活躍してもらおうことが、最終的には解だと思のですよ。

問題はそこに行き着くための、人材登用とか、育成のルートをどう考えるかが勝負かなと思っています。それを阻んでいるのが企業の在り方、内部で何年もいた人を登用するのが当たり前で、若い人を登用するのは合わないとか、外部から呼んだ人材を排除してしまうとか、そういうしがらみだと思っています。そして、こういう人材政策の在り方は、やはりCEOのITシステムへの理解度というものとすごく相関はあるのかなと思います。

三部：20何社か、まわった感触で言うと、DXに成功している企業にはキーパーソンという人が必ずいるのですね。それでそういう人は何をしているかという、経営者とちゃんと話をし、経営者からお金とか、リソースとかをちゃんと取ってくるような動きができる。さらに、実際の事業の現場の人と事業の課題に関してちゃんとディスカッションして、今の課題をどう解決すべきなのか議論できる。さらに、それがデジタル技術をどう使えばできるのかをイメージできる。それができる人がキーパーソンとして必ずいて、そういう人がいる組織がやはりDXが成功している。先ほど境が八咫鳥といいましたが、技術、経営、現場の3本足が、すべて完璧である必要はないのだけれども、少なくとも会話ができる、議論ができるというレベルの最低限の知識を持っている人がいるのがまずはキーポイントですね。

それをどう育てるかというのはいろいろパターンがあって、他所から、たとえばデジタル企業から人をCTO（Chief Technology Officer：最高技術責任者）みたいな形で連れてくるパターンもありますし、今のIT部門の人を鍛えて、あるいは事業部門の人が自らそういうマインドを持って変わっていくというパターンもあります。八咫鳥の3つの部門をローテーションさせることによって育てようという取り組みをしているところもあります。けれども、共通なのはその3つとちゃんと会話できるような人材を育てようということです。

藤瀬：その辺り、少し違う分野の話でもあるのですが、私は通訳と呼んでいます。要するに、いろんな分野の人と会話ができる、ある人とある人の話をつなぐことができるというので通訳と呼んでいて、通訳能力がある人が重要ということです。DARPA（Defense Advanced Research Project Agency：米国国防高等研究計画局）のプログラムディレクタなどもそうなのですが、必ずしもその分野のトップ人材ではないのですが、各分野のトップとその分野の議論ができるのですね。こういう人の存在が、重要だということが分かってきています。ですから、会社の中ですごく秀でた人がそれぞれの分野にいて、その人たちをうまく結びつけることができる人が大事だと思います。

三部：通訳というのは、アナロジーとしてはしっくりきます。言葉が違うとか、最初は会話にならなかつたりするところを、橋渡ししてあげるみたいな能力は非常に求められると思っています。個人でできなければ、チームでやるでもいいでしょう、自分自身に権限がなくても、権限がある人を巻き込めるというような動きができるといいと思います。

吉野：DXの案件に携わっている人の話を聞くと、今までは経理システムだとか、受発注のシステムが中心だったので、いわゆる情報システム部門の人と話をしてきたのが、DX案件、特にIoT系の案件をやろうとすると、製造現場の人と会話をしなくてはいけなくなる。そうすると、

本当に話が通じない。話が一見、通じているように見えても、言葉の裏にある重み、その言葉の裏にあるいろいろな前提を理解しないと、話が通じない。表面的に話を聞いて、こんな感じですかと言っても、全然だめで、その裏には、こういう前提があって、こういう条件があって、そこまでインプリメントしないとシステムにならない。いわゆるドメインナレッジを理解しないとなかなかIoTのDXはできない。そこには通訳みたいな人がいないといけないという話は聞いたことはあります。

境さんが最初に言われたベンダ側とユーザ側という観点で言うと、日本はIT人材がベンダ、ITサプライヤ側に偏っていて、8:2か、7:3ぐらいですよ。これは世界に類を見ない。アメリカとかでは逆で、ユーザ企業側にIT人材がたくさんいる。これは恐らく労働力市場の流動性との絡みもあって、大きなプロジェクトをやるときに全部正社員で抱えてしまうと、終わったあとその人たちをどうするんだという話になる。その辺から変わらないと解決しないのかなという気もするのですけれども、その辺はいかがですか、何かお考えとかはございますかね。

境：そこには日本特有の問題がありそうに思っています。僕の個人的な思いで申し上げますと、ノーコード・ローコードという議論があるじゃないですか、自分としてはあまり詳しくなかったのですが、何年前には海外のセミナーに出たり、見本市に行ったりしたのですけれども、大多数は、システムがJavaScriptで自動生成したコードをHTMLで包んで吐き出しているのですよね。それは、マシン語等低レベルなコードで動くアプリケーションをざりざり作る世界とはちょっとレイヤが違うような気がします。やはりインターネット的な世界が社内外で環境的前提になっていて、Webサービスでいろんなものが実装されるというのが当たり前の世界で、ユーザの対応度も高められている。そういう目で見ると、そういうことを踏まえるとIT人材に必要されるスキルセットも日本とアメリカでは違うのではないかなというのを感じたことはあります。

そういう意味では、ユーザの側の人材育成でいろんなことができるくらいにITの全体的な界面を上げていかないといけない。単に現場、頑張れという話ではうまくいかないと思っています。この手の話をするときにはいつも気になっています。

吉野：アプリケーション側は、提供されているAPIを組み合わせて、順番に呼んでいけば、やりたいことができるといった環境をベンダ側というか、ITサービスのサプライヤ側が用意をしていくというような方向性でしょうか。

境：そうですね、そんなに単純にできるのか、そうはいつでもできないだろうという思いもあります。全部を規格化していくというのは難しい話なので。

日曜大工にたとえると、いろんな部材の規格が決まっているので、ホームセンターで買ってきたものを組み合わせると、ある程度のものはできる。もちろん、これではできない凝ったものを作ろうとしたら、部材から作る必要がある。規格品で作るレイヤと、部材から切り出してフルスクラッチで作るというレイヤとやはり2つあるように思える。今のITは、その既製品のレイヤ、APIで組合せというタイプのレイヤの厚みがすごく薄いなという感じは素人目にはしています。そこは現状、三部さん、どうですかね（笑）。

三部：今回、ヒアリングをした先は、DXの先端企業で進んでいるところなので、スポーツでいうと国体レベルの人たちです。そういう人たちはベンダの使い方もある程度割り切っていて、自分たちがまだ知らない最新の技術ですとか、技術のコアの部分のチューニングはベンダに任せる。けれども、さっきの現場とのすり合わせみたいなのは、自分たちでスピード感をもって変えられるようにそのための人材を自前で用意する、というような区別をしています。

国体レベルまでいかない部活レベルの人は、まずは先ほど境から話があったようなところからスタートして、まずはバッティングならバットに球が当たるようにしましょうとか（笑）、そういうところで、成功体験を積んだ上で、さらにレベルアップする。そういうときに、論文で最後にも書きましたけれども成熟度モデルのようなものが参考になると思っています。それぞれのレベルに応じてベンダとの付き合い方も変化していくのではないかと思います。みんながみんな自分たちで作るのは、いきなりは難しいですから。

境：Amazonのようにほかの企業に使ってもらえるようなモジュールとか、サービスとかを開発して、提供して、それを新たなビジネスにしてしまうユーザ企業もあっていいですね。

吉野：金融機関とかはいろいろそういう動きがあるのではないですかね。小さい金融機関は自カシステムを用意するのはなかなか難しいので、大きいところがシステムを提供するとか、APIを提供するとか、そういう動きはあるのかなという気はします。

DXを超えてSociety 5.0へ向けて

吉野：これで、三部さまの論文に挙げられている大きな4つのトピックスはカバーできると思います。DXの先にSociety 5.0という世界を見据えたときに、さらにデータをつないでいく、あるいはプロセスをつないでいくということがさらに大事になってくるのかなと思います。その辺り、今、DX先進企業がやっていることを積み重ねていけば、Society 5.0が実現するのか、あるいは、そういう世界を実現するにはまだまだ何かブレークスルーが必要なのかという、その辺りはどういう感触ですかね。

三部：今回、ヒアリングした中でも、まずは自分たちのDXからスタートしているのだけでも、さきほどの、ユーザ企業がサービスを売るみたいな話がありました。自分たちがやって、効率化できたものをプラットフォームとして、ほかの業界とか、場合によっては競合にも提供しましょうという構想です。そういうところが増えてくると、世界が変わってくるのではないかと思います。ただ、Society 5.0を実現するためには、グランドデザインみたいなものをだれかが描かないと難しいと思っています。そして、その役割を負うのはだれなのかという課題があります。我々IPAのDX推進部で取り組んでいる共通プラットフォーム構築支援事業は、ある分野の中で、みんなが困っていることをIPAが中立的な立場で入って、標準仕様を整備して、1社でできないことをみんなで、割り勘で安く作って業界全体で達成しましょうといった取り組みをしています。こういうことが、次々と生み出されていくような仕組みが必要なのかなと思います。

吉野：会社を超えて、つながっていく。それによって、だれか1人が得をするのではなくて、みんなが得して、お客さんも得する。そういうビジネスプランを描けるかどうかということですかね。

三部：グローバルで見たときに、もう日本国内で争っている場合ではなくて、オールジャパンで手を組んで、世界の巨人たちとどう対峙していくのかを考えていかないと、みんなズルズルとやられてしまう。巨人たちは巨人たちで追いつけないスピードで成長していくのに、我々が、スピード感、追いついていけないのではないかと危惧します。

藤瀬：ただ、その際データの共有化がどうしても絡んでくるのですけれども、データを出すのは容易ではない、出すことができるデータだけでは、結局、何もできないということがあります。規制か何かで後押ししてもらえないと有効なデータを出すのが難しい。なかなか壁があるなという認識がありますがいかがでしょうか。

三部：おっしゃる通りです。そこが1番大変というか、苦労しているところです。こういうときにまず議論するのは、業界の競争領域、非競争領域はどこですかということです。競争領域に関するような情報はそれぞれの会社で囲い込みたいでしょうが、非競争領域はそこを頑張ったからといって売上げが上がるとか、そういうわけではないので、そこからスタートする。そこはみんなでデータも、お金も、人も出し合ってやりましょう。そうすれば、競争領域に注力できるじゃないですかというところから入っていくというアプローチを今やっているところです。

藤瀬：DXではアジャイル開発が当たり前だということで思い出したのですが、デジタルプラクティスでアジャイル開発の特集を組んで、全国大会企画セッション^{☆1}でデジタルプラクティスライブという企画をやったのですが、その中で複数の講演でアジャイル開発についても、経営者の理解を得るのが難しいもしくはそれに類する話があり、経営サイドを説得するのが大変という話もありました。経営の理解や支援がなくては全体としては進まないとのことでした。

三部：そうですね。我々も業界団体と付き合うときには、上から攻め込むこともやっていますね。情報システム部門とだけ話をしても、経営陣に話がいてひっくり返るといことがあるので、経営陣に対してどういう説得をして合意を取るかというところからスタートして、上がやると言っているんだから、やるしかないみたいなアプローチを取ることもあります。

吉野：アーキテクチャの話は、IPAだとデジタルアーキテクチャ・デザインセンタ（DADC）が担当されていて、産総研にもデジタルアーキテクチャ研究センタが最近設立されています。その辺り、どういう方向感でやられているのでしょうか。

三部：今のところ、ドメインはそれぞれで決めて進めています。共通のドメインを決めて産総研、アーキテクチャ・デザインセンターとDXチームで、共同で進めているというような形は今はできていません。デジタル化を進めていって世の中を良くしようという最終目的はあって、登りたい頂上は一緒だよねという話はしています。アーキテクチャデザインはどちらかと言うとトップダウンに社会のあるべき姿からアーキテクチャに落として、さらに実装に落としていくといったアプローチで、実現しようとしている。我々はどちらかと言うと、実際にやっている人たちの悩みを解決するためにまずはこの分野の中で共通化できるところをやっていきましょうという、ボトムアップ的なアプローチで進めようとしています。最終目的は一緒なので、いつかは一緒になるだろうという見通しで、方法論とか、考え方は、できるだけ共有しながらやっていこうということで、連携して進めています。

藤瀬：アーキテクチャがないとボトムアップの集合体になって、捨ててはまた作り直すということになりかねないので、アーキテクチャの構築はきちんとやってほしいという希望はあります。ただしアーキテクチャ自身の理解を進めるのもなかなか難しく、そこがネックというのが私の印象です。

吉野：システムの考えたときに、DXが上手くいったときというのは、既存のシステムとDXのシステムというのが別々に存在するわけではなくて、融合して、既存のオペレーションの中にDX的な要素が組み込まれていくというのがひとつの姿かなと思っています。Sier視点では、そうでないとビジネスが大きくならないので面白くないという感覚はあるのですが、今回、成功されている事例というのは、そういう形になっているのか、あるいは、DXはDXで、ある意味、既存のビジネスと離れたところでされているのか、その辺はどうでしょうか。

三部：両方のタイプがありましたね。今までと違う市場に出ているとか、そういう新しいサービスを始めようというような会社は、どちらかと言うと、今のシステムとはあまり関係しないようなものを新しく作って、独立してまわせるようにするというアプローチを取っています。今の市場の中でさらに付加価値を上げるためにデジタルを使うというようなタイプのトランスフォーメーションでは、やはり既存システムも、ある部分を変えながら取り込んで、デジタルを組み入れた新たなその業務プロセスを作り直してというアプローチです。

吉野：やはり企業の経営の方向性がどっちを向いているかによって、当然ながら、情報システムの構造も変わってくるということですね。

三部：そうですね。戦略として、新規のところに出て行って、そこに種を植えるんだという戦略を取るのか、今のビジネスに軸足を置いた上で、デジタルを使って一歩踏み出すことを狙っているのかで変わってくるのかなと思います。

吉野：話は尽きないですが、そろそろ時間となりました。DXを推進する上で大変参考になるお話を聞けたと思います。境さま、三部さまどうもありがとうございました。

脚注

☆1 2020年3月の本会全国大会でのデジタルプラクティスライブ「DXを推進する俊敏なシステム開発・運用—アジャイルにつなぐビジネスとICT」

グロッサリ

Glossary—グロッサリ—

Digital ID

コンピュータシステムで扱われるデジタル的な本人証明の方法またはデジタル化された本人識別情報。

DX（デジタルトランスフォーメーション）

デジタル技術を活用して価値を創出し、業務・市場・社会を変革すること。

DX推進指標

経済産業省が取りまとめたデジタルトランスフォーメーション（DX）の進捗度を自己診断する指標。IPAが集計しベンチマークを公開している。

RPA

Robotic Process Automation の略称で、定型業務を代行・自動化させるソフトウェア（ツール）のこと。PC上でデジタルロボットが業務を行うため、作業時間の短縮やヒューマンエラーの削減が期待できる。

イントラプレナー／社内起業家

社内の支援を受けながら、新規ビジネスを起こす責任者またそのメンバー。イントラプレナーは一般の起業家を指すアントレプレナーと区別した呼称。

コーポレートアクセラレータ

大手企業などが主催し、社外のスタートアップを支援するプロセスを通して、スタートアップのバリューアップと同時に自社のイノベーション創出を目指すプログラム。

社内起業家プログラム

社内支援体制の整備などを通じて、社内のイノベーションが創出される環境を醸成することを目的とする。

組織文化

経営されている組織において構成員の間で共有されている行動原理や思考様式のこと。

八咫烏（ヤタガラス）人材

IPA（（独）情報処理推進機構）が定義する経営・業務・技術の基本的な知識を持ち、これらの領域の橋渡しをする人材。

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学
会館4F
一般社団法人情報処理学
会 <https://www.ipsj.or.jp>

All Rights Reserved, Copyright (C)
Information Processing Society of Japan



ユニシス研究会論文

新しい生活様式に適したセキュアなリッチクライアントの実装 ～Windows10およびMicrosoft365の標準機能の活用事例～

樋口将公¹

¹東北インフォメーション・システムズ（株）

東北インフォメーション・システムズ（株）（以下、当社）で利用しているクライアントは、社内で利用するノートPCと社外で利用するタブレットの2種類があった。ノートPCはリッチクライアントの構成であり、ローカルディスクへデータが保存できる。そのため、盗難・紛失による情報漏洩リスクがあり、社外への持ち出しは禁止するルールとしていた。一方、タブレットは、盗難・紛失による情報漏洩リスクはない仕様ではあったが、生産性や利便性の問題を抱えており、利用できる台数も限られていた。新型コロナウイルス感染拡大防止のために、テレワークの推進が緊急的に求められ、ノートPCの社外持ち出しを許容することとなった。なし崩し的に始まったテレワークはクライアントの利用環境の改善が求められており、情報漏洩対策と生産性・利便性を兼ね備えた、セキュアなリッチクライアントを整備した。本稿では、多くの企業で利用できるWindows10やMicrosoft365の標準機能による情報漏洩対策やログオン認証方式の活用事例を紹介する。Withコロナ/Afterコロナにおいて新しい生活様式が求められ、テレワーク推進が継続される可能性が高いと想定されることから、テレワーク環境が十分に整備されていない企業において活用していただけると幸いである。

※本稿はユニシス研究会2020年度優秀論文です。

※本稿の著作権は著者に帰属します。

1. セキュアなリッチクライアントの選定経緯

当社では、お客様の情報システムや情報ネットワークに関する、企画・コンサルティングからシステムの開発・構築・運転・保守、情報機器の販売に至るまでの一貫した、総合的な情報通信サービスを提供している。「お客様のビジネスチャンスをさらに広げるお手伝いをする」ために、より最適な情報通信技術を駆使し、レベルの高い技術力・提案力・コストパフォーマンスに優れた情報通信サービスを提供することを目的としている。

筆者は社内のインフラ全般（サーバ、クライアント、ネットワーク、セキュリティなど）に関する業務を担当しているが、社内で実装した先進的な事例をお客さまに提案することをミッションの1つとしている。

新型コロナウイルスの影響で、新しい生活様式によるテレワークを推進する必要があり、クライアントの利用環境の改善が求められた。本稿では、その一環として実施したセキュアなリッチクライアントの導入事例を紹介する。

1.1 従来環境の課題

従来のクライアント環境は、以下の2種類があり、各環境の概要は表1のとおりである。

- 社内で利用するノートPC（以下、社内OA端末と記載）
- 出張時や社外打合せ時など社外で利用するタブレット（以下、モバイル端末）

表1 従来のクライアント環境の概要

項目	社内OA端末	モバイル端末
OS	Windows10	Windows10
種別	ノート型	タブレット型
サイズ	A4ワイド	A4
構成	リッチクライアント	ハイブリッド
社内NW接続	有線LAN+無線LAN	無線LANのみ
社外NW接続	接続不可	VPNクライアント+WiFiルーター
ドメイン認証	スマートカード	スマートカード
配布	社員1人1台	必要に応じて貸出

社内OA端末は、リッチクライアントの構成であった。データやアプリケーションをすべて端末に入れておくことで、社内外の場所に依存することなく、生産性を確保することができる。しかし、ローカルディスクへデータが保存できることから、盗難・紛失による情報漏洩リスクがあり、社外への持ち出しは禁止するルールとしていた。

モバイル端末は、リッチクライアントとシンクライアントのハイブリッドの構成であった。シンクライアントとは、データやアプリケーションがまったく入っておらず、ネットワーク上の仮想端末からすべての業務を行う構成が一般的である。ハイブリッドでは、重要度の高い情報は「シンクライアント」的に仮想端末から操作し、それ以外の情報に関しては「リッチクライアント」的に物理端末から操作する。

モバイル端末では、社内OA端末と同様に、ローカルでオフィスなどのアプリケーションの利用はできるが、シャットダウン時にローカルディスクのデータは消去する仕様としていた。社内システムやファイルサーバなど重要なリソースにアクセスする際は、仮想デスクトップ環境（以下、VDI）経由での接続に限定することで、セキュリティを担保していた。しかし、VDIのパフォーマンス面に問題があり、ログオン処理に約2分かかったり、常時VDIに接続した状態であると動作が遅くなったりする事象が発生していた。

また、モバイル端末のその他の課題として、社外利用要件がある際に社員に貸し出しする運用としており、台数は限定されていた。利用者は社内と社外で端末を使い分ける必要があり、端末に導入されているソフトウェアのライセンスも2倍必要となっていた。ドメインへのログオン認証は、社内OA端末同様にスマートカード認証を採用しているが、社外利用時の利便性は低く、スマートカードを紛失する恐れがあった。

1.2 テレワーク環境の課題

新型コロナウイルスの感染防止対策として、緊急的にテレワークを推進することとなった。しかし、社外から社内に接続する環境は、モバイル端末しか整備されておらず、利用できる台数も限られていた。そのため、すべての社員がテレワークを実施できるように、1人1台持っている社内OA端末を自宅に限り持ち出しを許容するようにルールを見直した。環境としてはVPNクライアントとスマートフォンのテザリングにより、自宅（社外）から社内ネットワークへ接続できる環境を整備した。

新型コロナウイルスの感染防止を最優先したことから、緊急的に整備した環境は以下のようなセキュリティや利便性の課題を抱えた状態で運用している状況にあった。

- 社内OA端末をテレワークの都度運搬する必要があるが、ローカルディスクにデータが保存できるため、盗難・紛失時の情報漏洩リスクがある
- 社内OA端末はサイズが大きく重量も重いため、運搬に身体的負荷が掛かる
- ライセンスやリソース上、VPN接続上限があり、利用者が多いと接続できなくなる

1.3 リッチクライアントの選定経緯

社内OA端末はハードウェアの保守期限切れを迎える時期に差し掛かっていたことから、端末更新を機に、クライアントの仕様を根本から見直すこととした。

新端末は、社内OA端末とモバイル端末の機能を統合し、端末1台でいつでもどこでも利用できるような環境を提供することをコンセプトとした。これにより、働き方改革や新型コロナウイルス完全防止対策などにおけるテレワークの利用環境として活用でき、生産性の向上が期待できると考えた。また、端末台数や種別の削減により、ソフトウェアライセンスコストや運用・維持管理負荷も軽減できると判断した。

新端末のハードウェアは、持ち運びを重視し、薄型・軽量でサイズの小さいノートPCを採用する方針とした。また、Wi-Fiルーターやスマートフォン（テザリング）などの通信機器がなくても、社外から社内ネットワークへ接続できるように、SIMを内蔵できることを必須要件とした。

新端末の基本構成について、リッチクライアント、シンクライアント、ハイブリッドのどの構成とするか比較検討した。その簡易比較結果は、表2のとおり。

表2 クライアント構成の簡易比較

比較項目	リッチクライアント	シンクライアント	ハイブリッド
利用方式	社内社外に限らず、すべての機能をクライアントで利用	すべての機能はVDIから利用	ローカルアプリは利用可能 社内リソースはVDIから利用
セキュリティ	△ 端末にデータ保存可能なため 情報漏洩リスクあり	○ 端末にデータなし	△ シャットダウン時にデータ消去 可能なため情報漏洩リスク低い
利便性	○ いつでもどこでもすぐに端末を 利用でき、生産性も高い	× VDIのパフォーマンスが課題あり	× VDIのパフォーマンス課題あり
運用保守性	△ 社内OA端末同様に管理可	○ PCの物理管理のみ	△ モバイル端末同様に管理可
実現性	○ 導入実績あり	△ 導入実績なし	○ 導入実績あり
コスト	○ PC購入に関するコストのみ発生	× VDI整備に膨大なコストが必要	× VDI整備に膨大なコストが必要

リッチクライアントは利便性やコストは問題ないが、社外への端末持ち出しに対するセキュリティ対策を整理する必要がある。シンクライアントとハイブリッドはVDIを利用することが前提になるが、前述のとおり当社のVDIにはパフォーマンスの課題がある。その課題を解決するためには、VDIのリソース増強や構成変更などの膨大なコストが発生することが判明した。また、VDIの利用はネットワーク接続必須となるため、いつでもどこでも利用できるというコンセプトを満たすことはできないと考えた。

以上の結果から、多層防御によりセキュリティを強化した「セキュアなリッチクライアント」の構成とする方針とした。

2. セキュアなリッチクライアントの整備

Microsoft Windows 10（以下、Windows 10）[1]の標準機能やMicrosoft 365[2]のライセンスで利用できる機能をベースに実装したセキュリティ対策について記載する。

2.1 情報漏洩対策

ローカルディスクへデータが保存できる環境で社外への持ち出しが可能となることから、端末で実装する情報漏洩対策を整理した。

2.1.1 ディスク暗号化

盗難・紛失時に、端末からディスクを抜き取り、他のPCに接続し、データを抜き取られる可能性がある。対策として、ディスクの暗号化は必須であり、BitLocker[3]により暗号化することで、他のPCではディスクの中身を読み取ることはできないように制限した。

BitLockerが無効化された場合は、当然その対策は効果をなさない。回復パスワードの漏洩により、暗号化を解除される可能性があるため、暗号化は管理者がキッキング時に実施し、そのパスワードはActive Directory Domain Services（以下、AD）[4]上にものみ保存するように運用を整備した。また、ユーザがBitLockerを管理できないように、ユーザ権限は最小権限（Usersグループ）とした。さらに、管理者権限を悪用された場合に、BitLockerが無効化される可能性があることから、Microsoft Intune（以下、Intune）[5]により暗号化状況を監視する運用を整備した。暗号化の監視により、盗難・紛失が起きた場合にディスクが暗号化されていたことを担保することもできると考えた。

次に、盗難・紛失した際の影響と対策について、個人情報が含まれるデータが保存されている可能性があることから、個人情報保護法に対する見解を整理した。個人情報保護委員会から告示されている資料「個人データの漏えい等の事案が発生した場合等の対応について」から、個人情報保護委員会への報告に関して、図1に引用する。

次の①又は②のいずれかに該当する場合は、報告を要しない（※2）。

（※2） この場合も、事実関係の調査及び原因の究明並びに再発防止策の検討及び実施をはじめとする上記2.の各対応を実施することが、同様に望ましい。

①実質的に個人データ又は加工方法等情報が外部に漏えいしていないと判断される場合（※3）

（※3） なお、「実質的に個人データ又は加工方法等情報が外部に漏えいしていないと判断される場合」には、例えば、次のような場合が該当する。

- ・漏えい等事案に係る個人データ又は加工方法等情報について高度な暗号化等の秘匿化がされている場合
- ・漏えい等事案に係る個人データ又は加工方法等情報を第三者に閲覧されないうちに全てを回収した場合
- ・漏えい等事案に係る個人データ又は加工方法等情報によって特定の個人を識別することが漏えい等事案を生じた事業者以外ではできない場合（ただし、漏えい等事案に係る個人データ又は加工方法等情報のみで、本人に被害が生じるおそれのある情報が漏えい等した場合を除く。）
- ・個人データ又は加工方法等情報の滅失又は毀損にとどまり、第三者が漏えい等事案に係る個人データ又は加工方法等情報を閲覧することが合理的に予測できない場合

図1 個人情報保護委員会への報告について[6]

「高度な暗号化等の秘匿化」について、別資料「『個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン』および『個人データの漏えい等の事案が発生した場合等の対応について』に関するQ&A」で、図2のとおり補足されている。

Q12-10 実質的に個人データ又は加工方法等が外部に漏えいしていないと判断される場合に該当する「漏えい等事案に係る個人データ又は加工方法等情報について高度な暗号化等の秘匿化がされている場合」とは、どのような場合が該当しますか。

A12-10 実質的に個人データ又は加工方法等情報が外部に漏えいしていないと判断される場合のうち、「高度な暗号化等の秘匿化がされている場合」に該当するためには、当該漏えい等事案が生じた時点の技術水準に照らして、漏えい等事案に係る情報について、これを第三者が見読可能な状態にすることが困難となるような暗号化等の技術的措置が講じられるとともに、そのような暗号化等の技術的措置が講じられた情報を見読可能な状態にするための手段が適切に管理されていることが必要と解されます。

第三者が見読可能な状態にすることが困難となるような暗号化等の技術的措置としては、適切な評価機関等により安全性が確認されている電子政府推奨暗号リストや ISO/IEC 18033 等に掲載されている暗号技術が用いられ、それが適切に実装されていることが考えられます。

また、暗号化等の技術的措置が講じられた情報を見読可能な状態にするための手段が適切に管理されているといえるためには、①暗号化した情報と復号鍵を分離するとともに復号鍵自体の漏えいを防止する適切な措置を講じていること、②遠隔操作により暗号化された情報若しくは復号鍵を削除する機能を備えていること、又は③第三者が復号鍵を行使できないように設計されていることのいずれかの要件を満たすことが必要と解されます。

図2 暗号化等の秘匿化の補足情報[7]

BitLockerのAES暗号化は電子市政府推奨暗号リスト[8]の対象である。また、BitLockerの復号鍵はチップセットのTrusted Platform Module（以下、TPM）[9]に格納されていることから、ディスク（情報）とTPM（復号鍵）は分離されており、TPM自体に漏洩を防止する仕組みが実装されている。以上の個人情報保護に関する見解から、端末を盗難・紛失した場合は、外部に漏洩していないと判断できると評価した。

念のため、悪意のある第三者により暗号化を解除される可能性も考慮し、フォレンジック製品などによりBitLockerを強制的に解除する製品はないこと、BitLockerの開発元であるマイクロソフト社にそのような報告や事例はないことを確認した。

2.1.2 リモートワイプ

ディスク暗号化では、端末にログオンした状態で紛失・盗難した場合は無力となる。また、暗号化しているとはいえ、ディスクに個人情報や機密情報が残っている状態は望ましくない。対策として、遠隔によるデータ消去機能が必要であり、Intuneのリモートワイプにより、端末を初期化し、保存されていたデータも削除することとした。

しかし、リモートワイプの実行条件として、Intuneに接続する必要があるが、当社の社外接続環境では以下のすべての操作を行わないと、Intuneへ接続できない。

- ① 端末の起動・ログオン
- ② Wi-Fiルータまたはスマートフォンの起動・接続
- ③ VPNクライアントの起動・認証

仮に端末を盗難・紛失された場合に、上記すべての手順は実行されないため、実質Intuneによるリモートワイプは実行できない。従来の社外接続環境の構成を図3に示す。

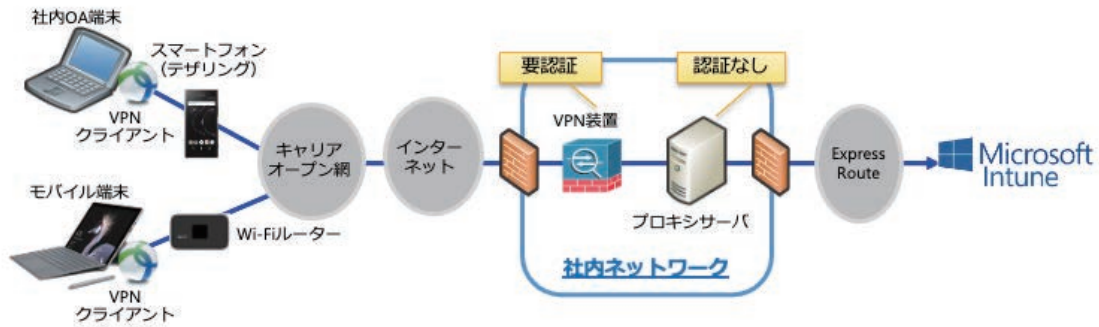


図3 従来の社外接続環境の構成図

Intuneに常時接続させるために、キャリアへの接続はクローズ網を利用し、社内への接続は専用線を整備し、VPNクライアントは利用しない方式に見直した。（前述のとおり、新端末はSIMを内蔵できる仕様である。）なお、キャリアの通信はAES暗号化され、専用線は閉域網となり、盗聴される可能性もない。新たな社外接続環境の構成を図4に示す。

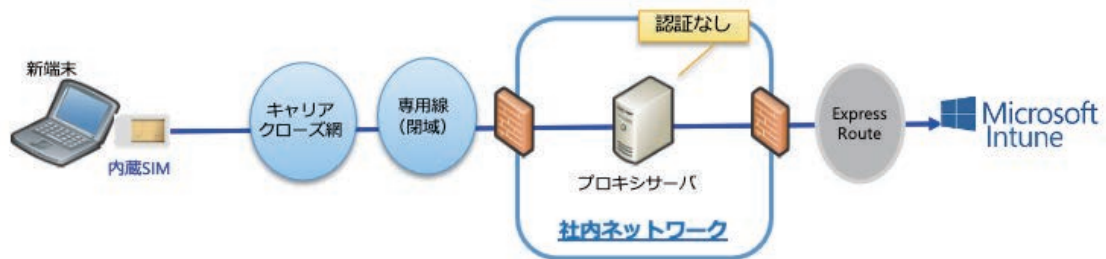


図4 新たな社外接続環境の構成図

上記により、端末を起動したタイミングで、社内ネットワーク経由でIntuneと通信可能な状態となり、リモートワイプを実行できる環境を整備した。

2.1.3 紛失データの把握

IPAが推奨する端末の盗難・紛失時に企業として対応すべき初動対応[10]として、端末に含まれていた情報の内容や暗号化やアクセス制限の有無を確認することが求められている。

端末に保存するデータをOneDrive for Business（以下、ODfB）[11]に同期させ、同期対象以外の領域へのデータの書き込みはACLでアクセス権を制限することで対応できると考えた（暗号化は前述のBitLockerで担保できることを記載済みのため省略）。

具体的な設定として、ODfBへの同期は「OneDrive同期アプリ」を利用し、ユーザプロファイルのフォルダをバックアップ対象とした。ACLはマスタイメージの作成時に、ユーザプロファイル以外の領域へはアクセスさせないように設定した。以上の構成とすることで、ユーザはODfBと同期されるローカルディスクにのみデータが保存可能となり、端末を盗難・紛失した場合にもODfBのサービス上からそのデータを把握することができる。また、端末復旧時のリカバリにも活用ことができ、端末を代替機よりセットアップした後、端末に保存されていたデータはODfBとの同期により、自動的にリストアされる。

課題として、ユーザプロファイルに含まれるユーザが書き込み可能なフォルダのうち、AppDataフォルダはODfBへの同期対象に設定できないことが判明した。AppDataフォルダはソフトウェアの作業用フォルダであり、個人情報や機密情報が保存される可能性は低い。また、隠しフォルダとなっており、ユーザがデータを保存する可能性は低いことから、そのリスクは許容することとした。

2.1.4 マルウェア対策

情報漏洩対策として、マルウェア対策も必要不可欠である。従来の端末ではエンドポイント対策として、サードパーティのEndpoint Protection Platform（以下、EPP）[12]製品を利用しており、新端末でも継続利用する方針であった。そのEPP製品は、Windows Defenderと併用して利用できるとの情報から、多層防御を実装することとした。

Windows Defenderにはさまざまな機能があるが、表3のとおり、他製品や機能と重複するものは省くように利用する機能を整理した。

表3 Windows Defender機能一覧

機能名	機能概要	利用可否	理由
Security Center	セキュリティ関連のインターフェース	○	継続利用
Antivirus	リアルタイムスキャン	◎	ウイルス対策の多層化
Offline	OS起動状態だと駆除しきれないマルウェアをスキャン	○	継続利用
Smart Screen	既知の悪意のある可能性のあるサイト利用時に制限	○	継続利用（警告表示）
Firewall	パーソナルファイアウォール（従来のWindows FWと同じ）	○	継続利用
Exploit Guard	攻撃表面の縮小、ネットワーク保護、コントロールされたフォルダアクセス、Exploit Protectionを実装する機能	◎	セキュリティ対策強化
Application Control	ファイルベースのマルウェア(.exe/.dllなど)の脅威を軽減	×	別製品で実装するため
Application Guard	仮想ブラウザによりWebブラウザを介した攻撃から保護	×	動作不安定のため
Advanced Threat Protection	攻撃を受けることを前提とし、セキュリティ脅威の検知や除去などの初動対処を円滑に行い最小限の被害に抑える機能	×	別製品で実装するため
Device Guard	仮想化ベースのセキュリティ（アプリケーションやデバイスドライバのホワイトリスト機能）	×	別製品で実装するため
Credential Guard	仮想化ベースのセキュリティ（ドメイン資格情報保護）	×	特権アカウントでログオンしないため
System Guard	Credential+Deviceと組み合わせた機能名称	×	上記のとおり

凡例：◎新規利用/○継続利用/×未導入

新たに導入する機能として、Antivirusは導入事例が多数あったが、Exploit Guardは導入事例が少ない状況にあった。既存端末で利用しているサードパーティのセキュリティ対策製品との相性問題や社内システムへの影響が懸念されたことから、リグレッションテストを実施すること

でリスク回避を図った。

導入による効果として、2020年度に流行したマルウェア「Emotet」[13]および「IcedID」[14]は、既存のEPP製品では対応できず、Exploit Guardでは対応できた実績があり、多層防御の有効性が評価された。

2.1.5 データ持ち出し制御

外部へのデータの持ち出しによる情報漏洩対策として、外部記憶媒体へのデータ保存やWebサイトへのアップロードを制御する必要がある。しかし、データ持ち出し自体を制限することは業務への影響を考えると現実的ではない。そのため、データ持ち出しのログを取得し、分析・監視していることを全社へ浸透させ、牽制を図ることとした。

ただし、個人が所有する外部記憶媒体への持ち出しは、その記憶媒体の盗難・紛失が会社として致命的な情報漏洩事故となり得るため、個人所有機器の利用制限を実装することとした。Windows10の標準機能を利用した場合は、グループポリシーのデバイスインストール制限により、特定のデバイスのみ接続するように制限することができる。しかし、Bluetoothによる通信に関して、マウスなどの機器の接続は許可し、外部記憶媒体への送信を制御するような柔軟な対応ができないことが判明したことから、サードパーティ製品を利用することとした。

2.1.6 アプリケーション管理

情報漏洩の原因となる可能性がある、アプリケーションの脆弱性を修正するために、セキュリティパッチを配信する機能が必要である。また、マルウェアなどの不正なアプリケーションの実行も制御する必要がある。

上記の対策は、以下のWindows10の標準機能を利用する方針とした。

- セキュリティパッチ配信：Windows Server Update Services（以下、WSUS）[15]
- アプリケーション制御：AppLocker[16]

WSUSでは、セキュリティパッチの配布のみではなく、Defenderの定義ファイルもこちらで配布することとした。

AppLockerは、ブラックリスト方式として実行を禁止すべきアプリケーションのみ登録する運用ではなく、ホワイトリスト方式により許可されたアプリケーションのみ実行させることとした。業務で利用するアプリケーションへの影響が懸念されたが、事前にアプリケーションの情報を全社から集約し、検証していただくことで、そのリスクの軽減を図った。

2.2 ログオン認証

前述のとおり、さまざまな情報漏洩対策を実装するが、キャリアの電波が届かないようなオフライン環境で、端末へログオンされた場合に、ファイルを閲覧されたり、写真や動画で撮影されたりする可能性がある（オンライン環境であれば、リモートワイプで端末の初期化が可能）。

情報漏洩の残存リスクを軽減するために、端末へのログオン認証方式の見直しを図った。

2.2.1 ドメインアカウントの認証

従来環境のドメイン認証は、スマートカード認証を利用していた。しかし、スマートカード認証を利用している企業が少ないことは周知の事実であり、利用者からはスマートカード認証を廃止してほしいという要望があった。一方、新端末には、Windows Hello[17]に対応したカメラや指紋デバイスが標準搭載されていることからWindows Helloの採用を検討した。

スマートカード認証は「スマートカード（所有）+PIN（知識）」の二要素認証である。Windows Helloも標準では「デバイス（所有）+生体情報」または「デバイス（所有）+PIN（知識）」の二要素認証となる。要素数としては同じではあるが、端末を盗難・紛失した場合に、第三者が端末を手にとると、生体情報は利用できないが、PINのみでログオンできてしまい、実質的に一要素認証となる点が課題であった。検討・検証の結果、グループポリシーのロック解除要素の構成を利用することで、「デバイス（所有）+PIN（知識）+生体情報」の三要素認証を強制することを確認できたことから、Windows Helloを実装する方針とした。

生体情報は個人情報の取り扱いに含まれることから、生体認証の実装にあたりその整理も必要であった。Windows Helloにおいて、生体情報自体は端末に登録されず、特徴点（データ）が登録され、そのデータは暗号化してユーザプロファイル内に保存される。また、そのデータは端末のみに保存され、サーバやクラウドへ集約されることはない。以上の状況から、Windows Helloによる生体情報の漏洩リスクは低いと判断した。

なお、新端末では、生体認証として指紋認証か顔認証かいずれかの選択が可能であるが、マスクにより顔認証が行えないため、指紋認証を採用した。

2.2.2 ローカルアカウントの認証

ドメインアカウントは前述のとおり認証方式となるが、ローカルアカウントはIDとパスワードの一要素認証（知識情報のみ）となる。従来の端末のローカルアカウントは、Administrators権限を付与した1つの管理者アカウントしかなかったが、そのIDとパスワードはすべての端末で共通のものとなっていた。ユーザにパスワードは公開していないが、その情報が漏洩した場合の影響範囲はすべての端末となるため、ローカルアカウントの管理も見直すこととした。

対策として、マイクロソフト社から無償で提供されているLocal Administrator Password Solution（以下、LAPS）を導入することとした。LAPSとは、ドメインに参加している端末のローカル管理者のパスワードを管理するツールであり、グループポリシーの仕組みを利用して自動的かつ定期的に変更させることができる。自動的に変更されたパスワードは、AD上のコンピュータオブジェクトの属性値に保存され、ドメイン管理者など適切な権限を持つユーザ以外は参照することはできない。

LAPSの環境イメージをLAPS導入ガイドから図5として引用する。

環境

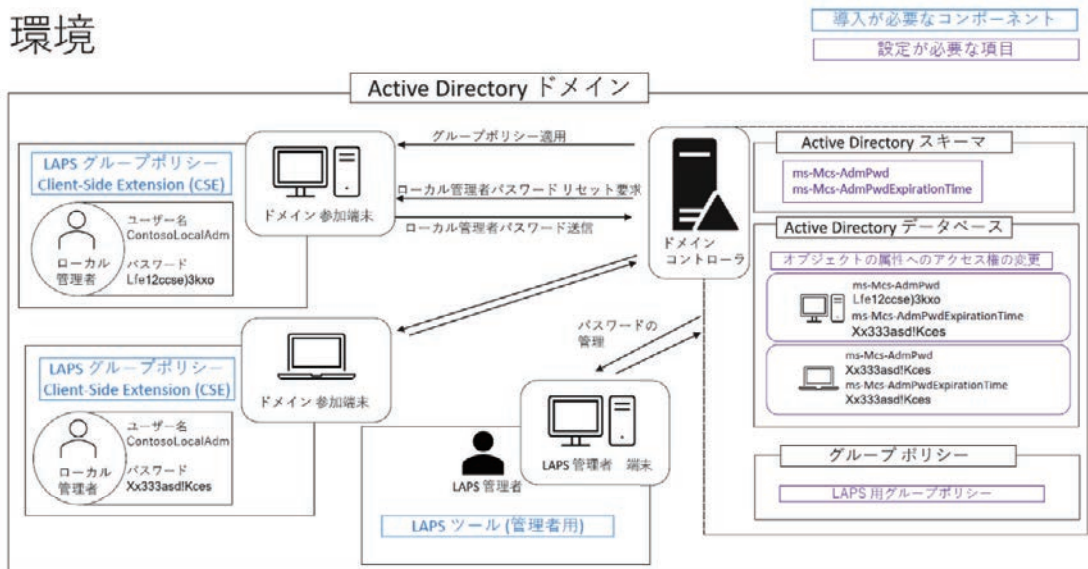


図5 LAPS環境イメージ[18]

LAPSの導入にあたって、ADのスキーマ拡張やオブジェクトへのアクセス権変更、またグループポリシーの設定などの作業は必要となる。しかし、パスワードは端末ごとに異なるランダムなものとなり、またAD上にしかないため、安易に第三者が解読することはできなくなり、セキュリティの向上を図ることができると判断し、導入することとした。

3. 今後の検討課題

情報漏洩対策の実装やログオン認証の見直しを実施した上で発生した課題と今回実装を見送ったが今後検討を進めていく予定の課題について記載する。

3.1 生体認証のセキュリティ向上

ドメインアカウントの認証は、Windows Helloを利用することとしたが、セキュリティ上の問題点が発覚した。デバイス認証は多要素認証となるが、ドメイン認証はIDとパスワードの一要素認証となる点である。

スマートカード認証を強制するために、ユーザアカウントの設定「対話型ログオンにはスマートカードが必要」を有効化し、パスワードはユーザに公開していなかった。しかし、Windows Helloを利用するためには、その設定を無効とし、パスワードを各ユーザへ公開する必要がある。

従来環境と同等のセキュリティを確保し、生体認証を利用するために、スマートカード認証と同等の仕組みを利用するWindows Hello for Business (以下、WHfB) [19]へ移行する必要がある。Windows HelloとWHfBの認証の違いを図6に示す。

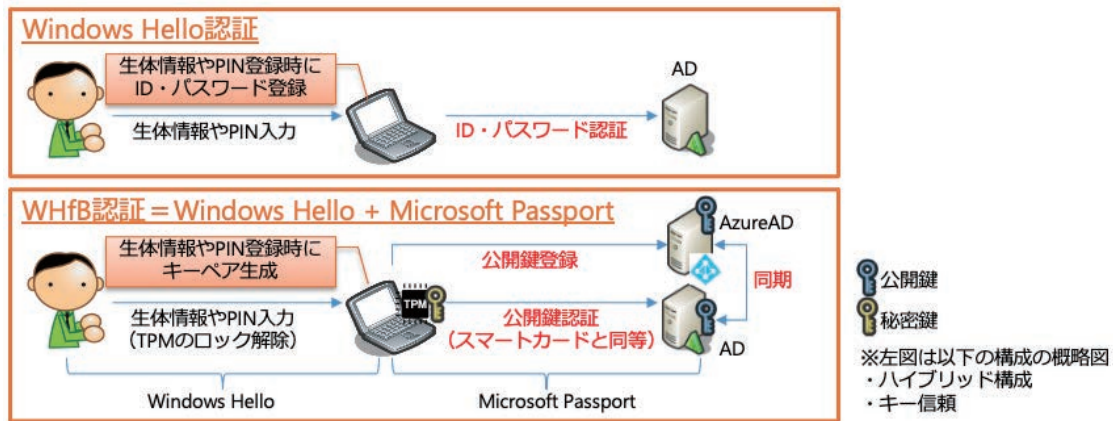


図6 Windows HelloとWHfBの概要

WHfBの構成としてオンプレミス、ハイブリッド、クラウドの選択肢があり、認証方式はキーベースか証明書の選択肢がある。それぞれの環境を比較し、当社において最も望ましい環境を検討した結果、「ハイブリッド+キーベース認証」の構成を採用する方針とした。ただし、環境整備にはオンプレミスADとAzure Active Directory（以下、AzureAD）[20]の連携サーバ構築やオンプレミスADのバージョンアップなどの作業が発生し時間を要することから、まずはWindows Hello認証を実装し、段階的にWHfBへ移行する方針としている。

3.2 機密情報の保護・追跡

情報漏洩対策の検討において、技術検証はしたものの実装を見送りとした機密情報の保護・追跡について記載する。

機密情報の保護・追跡として、サードパーティ製品で以下の対策を実施している。

- 端末上の操作や持ち出し履歴を記録する
- ファイル操作履歴をフルパスで取得する

Microsoft 365のライセンスで利用できる、Azure Information Protection（以下、AIP）[21]の機能により、ファイルごとの暗号化やアクセス許可による利用制限が可能であることから、その検討・検証を実施した。

AIPとは、ドキュメントや電子メールにラベル付けを行うことで、分類および保護を可能とするクラウドベースのソリューションである。特定のルールを含んだラベルを作成し、各コンテンツに対して適用することで、ドキュメントや電子メールの暗号化に加え、ユーザ操作の制限（閲覧・編集・保存等）やアクセス履歴の追跡を行うことが可能となる。例として、「社外秘」ラベルを適用し、外部ユーザが開くことを禁止する場合の設定イメージを図7に記載する。

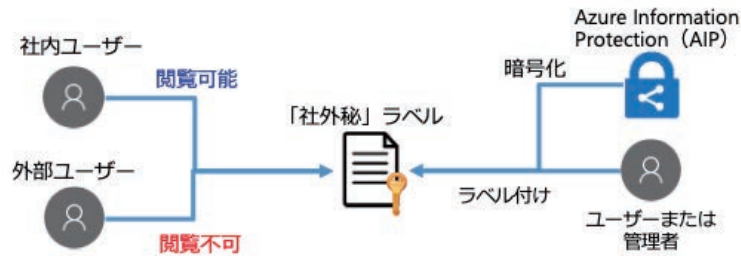


図7 AIPの利用イメージ

その他、各コンテンツに対し、有効期限を設定し、期限を過ぎたコンテンツの閲覧、編集を不可にしたり、特定の操作（印刷・編集・外部アプリへのコピー・電子メールの転送等）を禁止したりすることが可能である。

このようなコンテンツの保護は、ローカルディスクやクラウドストレージ等に保存した場合でも維持されるため、BitLockerによる暗号化だけでは対処できない、誤ったファイルのアップロードや、外部メディアを使用したデータの抜き取り等に対しても有効であることから、検証を進めた。

検証の結果、以下の4つの技術的な課題や制約があることが判明した。

① コンテンツの保護操作の手間

各種コンテンツの保護には、ラベル付けが必要であり、ファイルにより操作が異なる。Office ファイルを新規作成する場合、ラベルの選択をしなくても、保存時に既定が適用されるため操作面での大きな変更はない。しかし、ファイルサーバ等からコピーしたファイルをローカルに保存する場合やOffice系以外のファイルを新規作成する場合は、AIPクライアントによる操作が必要となる。手動での操作となるため、ラベルの付け忘れが懸念される。各ファイルにおける操作の流れを図8に示す。

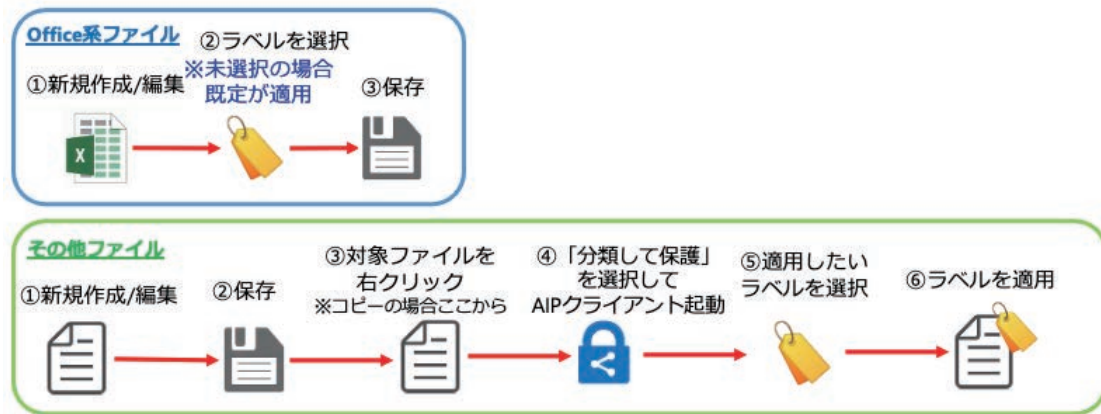


図8 コンテンツ保護のファイル操作

② 拡張子の変更

ラベル付けによる暗号化が実行されると、Office系以外のファイルは拡張子の変更される。暗号化されたファイルはシステムやマクロ等で取り込みができないため、社内システムや業務への影響が懸念される。

③ 社外とのファイル共有

社外のユーザと保護されたファイルを共有する場合、相手先ユーザも以下の条件を満たしている必要がある。

- アクセス許可が付与されていること
- OfficeアプリまたはAIPクライアントがインストールされていること
- AIPによって保護されたファイルを閲覧可能なアカウントを有していること

各条件をファイル共有の度に確認し、環境を整えてもらうのは現実的ではない。

④ 一部ファイルの編集不可

テキストやイメージファイルは保護が有効になるとAIPクライアント以外では開けなくなる。しかし、AIPクライアントはビューワー機能しかないため、編集はできない。一度ラベルを削除して編集し、その後もう一度ラベル付けするといった操作が必要になる。

結論として、AIPの導入によりセキュリティの強化を図ることが可能ではあるが、暗号化やアクセス権付与にはユーザ操作が必須となることから、ローカルデータ保存におけるセキュリティ解消というニーズには合わないと判断した。また、導入後には利便性の低下や社内システム等への影響が考えられることから端末更新のタイミングでの実装は見送りとした。

ただし、組織内で取り扱われるデータの分類と整理を行い、守るべき資産と情報漏洩時のリスクを明確化することは必要であり、その対策としてAIPを導入することは有効であると考えている。AIPの導入にあたっては、当社環境におけるデータの分類と整理がどのような形で行われているか、また、その分類に基づくデータの配置や管理の運用が適切に行えているかなど事前の調査・確認が必要であり、中長期的な取り組みを行っていく方針とした。

4. セキュアなリッチクライアントの実装結果

セキュアなリッチクライアントは、新しい生活様式によるテレワークを実施する環境として適したものであると考えている。当社においては、テレワーク推進の妨げとなっていた、従来環境の課題やテレワーク推進に伴い発生した課題を解決することができた。課題と対応策を整理した結果を表4に示す。

表4 課題と対応策のまとめ

分類	課題	セキュアなリッチクライアントによる対応策
従来環境 (社内OA端末)	盗難・紛失による情報漏洩リスクがあるため、社外へ持ち出しできないルールであった。	多層防御により安全性を確保し、社外への持ち出しを可能とした。
従来環境 (モバイル端末)	社内リソースはVDIから操作するが、VDIのパフォーマンスに問題があった。	VDI経由ではなく、直接端末から社内リソースへアクセスする。
	利用できる台数が限定されていた。また端末分のライセンスが必要であった。	社員が1人1台持っていた社内OA端末とモバイル端末の機能を統合した。
	スマートカード認証の利便性が低かった。	生体認証により認証できる環境を整備した。
テレワーク推進	テレワーク運搬時に情報漏洩リスクがあった。	多層防御により安全性を確保した。
	端末本体のサイズが大きく重量も重い。	持ち運びを考慮したハードウェアを採用した。
	VPNクライアントの接続上限があった。	VPNを利用しない接続方式に見直した。

各実装機能は、Windows10の標準機能やさまざまな企業で保持していると推定されるMicrosoft 365のライセンスを活用したものを中心に実装していることから、さまざまな企業において利用できる事例であると考えている。ただし、Windows10のエディションやMicrosoft365のライセンス種別により利用できる機能は異なるため、各企業で保持しているものを事前に確認いただく必要がある。各機能をまとめた結果を表5に示す。

表5 セキュアなリッチクライアントの実装機能のまとめ

分類	項目	実装機能	説明
情報漏洩対策	ディスク暗号化	・ BitLocker ・ Intune	ディスク暗号化し、暗号化状況を監視する。
	リモートワイプ	Intune	遠隔操作により、端末を初期化する。
	紛失データの把握	ODfB	同期したデータから、紛失データを特定する。 なお、同期対象以外の書き込みはACLで制限する。
	マルウェア対策	・ Defender Antivirus ・ Exploit Guard	・ パターンマッチングにより既知の脅威から守る。 ・ マルウェアのふるまいを識別し、実行を防止する。
	データ持ち出し制御	グループポリシー	外部記憶媒体のデバイスのインストールを制限する。 ※ただし、当社ではサードパーティ製品を利用した。
アプリケーション管理	アプリケーション管理	・ WSUS ・ AppLocker	・ セキュリティパッチを配布する。 ・ 未許可アプリケーションの実行を制限する。
	ログオン認証	ドメインアカウント認証	Windows Hello
ローカルアカウント認証	ローカルアカウント認証	LAPS	パスワードを各デバイスが異なるランダムなものとし、またそのパスワードはAD上にもみ保存する。
	今後の検討事項	生体認証のセキュリティ強化	WHfB
機密情報の保護・追跡		AIP	ファイル暗号化やアクセス許可による制限を実装する。

当社のビジネスとしては、社内で実際に利用した結果をもって、お客さまへ具体的かつ視覚的に提案を進めていく方針である。端末を社外に持ち出し、打合せなどで利用している様子をお客さまに見ていただくことで、リッチクライアント自体に興味を持っていただき、クライアントの環境整備作業の受注といった営業活動に貢献することができると考えている。

また、Withコロナ/Afterコロナにおいては、新しい生活様式が求められ、テレワークが当たり前となる可能性がある。環境面やセキュリティの問題からテレワークの推進が進めていない企業、またコストの問題からシンクライアントやVDI環境を整備することが難しい企業などにおいて、本事例を活用していただけると幸いである。

最後に、本稿の執筆にあたり、情報提供や技術支援をいただいた関係者の皆さまに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日本マイクロソフト（株）：Windows 10 - Microsoft Store 日本, <https://www.microsoft.com/ja-jp/store/b/windows> (2021年6月14日アクセス)
- 2) 日本マイクロソフト（株）：Microsoft 365の紹介 | Office アプリ, クラウドサービス, セキュリティの統合, <https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-365> (2021年6月14日アクセス)
- 3) 日本マイクロソフト（株）：BitLocker (Windows 10) - Microsoft 365 Security | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows/security/information-protection/bitlocker/bitlocker-overview> (2021年6月14日アクセス)
- 4) 日本マイクロソフト（株）：Active Directory Domain Services の概要 | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows-server/identity/ad-ds/get-started/virtual-dc/active-directory-domain-services-overview> (2021年6月14日アクセス)
- 5) 日本マイクロソフト（株）：Intune の基本 | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/mem/intune/fundamentals/> (2021年6月14日アクセス)
- 6) 個人情報保護委員会：個人データの漏えい等の事案が発生した場合等の対応について（平成29年個人情報保護委員会告示第1号）, <https://www.ppc.go.jp/files/pdf/iinkaikokuzi01.pdf> (2021年6月14日アクセス)
- 7) 個人情報保護委員会：「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン」および「個人データの漏えい等の事案が発生した場合等の対応について」に関するQ&A, https://www.ppc.go.jp/files/pdf/2009_APPI_QA.pdf (2021年6月14日アクセス)
- 8) CRYPTREC：CRYPTREC | CRYPTREC暗号リスト（電子政府推奨暗号リスト）, <https://www.cryptrec.go.jp/list.html> (2021年6月14日アクセス)
- 9) 日本マイクロソフト（株）：トラステッド プラットフォーム モジュール技術概要 (Windows 10) - Microsoft 365 Security | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows/security/information-protection/tpm/trusted-platform-module-overview> (2021年6月14日アクセス)
- 10) IPA：情報漏えい発生時の対応ポイント集, <https://www.ipa.go.jp/files/000002224.pdf> (2021年6月14日アクセス)
- 11) 日本マイクロソフト（株）：OneDrive for Business | 安全なクラウド ストレージ | クラウド バックアップ, <https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-365/onedrive/onedrive-for-business> (2021年6月14日アクセス)
- 12) NECソリューションイノベータ：EPP（エンドポイント保護プラットフォーム） | セキュリ

- ティ用語集 | サイバーセキュリティ | NECソリューションイノベータ, <https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/ss/insider/security-words/07.html> (2021年6月14日アクセス)
- 13) IPA : 「Emotet」と呼ばれるウィルスへの感染を狙うメールについて, <https://www.ipa.go.jp/security/announce/20191202.html> (2021年6月14日アクセス)
- 14) IPA : 年末年始における情報セキュリティに関する注意喚起, <https://www.ipa.go.jp/security/topics/alert20201217.html> (2021年6月14日アクセス)
- 15) 日本マイクロソフト (株) : Windows Server Update Services (WSUS) を使ってみる | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows-server/administration/windows-server-update-services/get-started/windows-server-update-services-wsus> (2021年6月14日アクセス)
- 16) 日本マイクロソフト (株) : AppLocker (Windows 10) - Windows security | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows/security/threat-protection/windows-defender-application-control/applocker/applocker-overview> (2021年6月14日アクセス)
- 17) 日本マイクロソフト (株) : Windows Hello またはセキュリティ キーで Microsoft アカウントにサインインする, <https://support.microsoft.com/ja-jp/windows/windows-hello-%E3%81%BE%E3%81%9F%E3%81%AF%E3%82%BB%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%AA%E3%83%86%E3%82%A3-%E3%82%AD%E3%83%BC%E3%81%A7-microsoft-%E3%82%A2%E3%82%AB%E3%82%A6%E3%83%B3%E3%83%88%E3%81%AB%E3%82%B5%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%81%99%E3%82%8B-800a8c01-6b61-49f5-0660-c2159bea4d84> (2021年6月14日アクセス)
- 18) 日本マイクロソフト (株) : Local Administrator Password Management (LAPS) 導入ガイド (ダウンロード), https://download.microsoft.com/download/2/9/5/295b78a4-7051-4873-a00c-4beaf416ccec/LAPS_Guide_JA.pdf (2021年6月14日アクセス)
- 19) 日本マイクロソフト (株) : WindowsHello for Business Overview (Windows 10) - Microsoft 365 Security | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows/security/identity-protection/hello-for-business/hello-overview> (2021年6月14日アクセス)
- 20) 日本マイクロソフト (株) : Azure Active Directory | Microsoft Azure, <https://azure.microsoft.com/ja-jp/services/active-directory/> (2021年6月14日アクセス)
- 21) 日本マイクロソフト (株) : Azure Information Protection (AIP) とは | Microsoft Docs, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/azure/information-protection/what-is-information-protection> (2021年6月14日アクセス)



樋口将公 (非会員) higuchi.masahiro.ek@toinx.co.jp

東北学院大学文学部英文学科卒業。東北インフォメーション・システムズ（株）入社、以降社内インフラの開発・運用・維持管理業務に従事。

採録決定：2021年6月25日

編集担当：斎藤彰宏（日本アイ・ビー・エム（株））



日立ITユーザ会論文

建設現場のデジタルシフト～IoTデータの収集から活用に至るプロセスの構築～

天沼徹太郎¹ 小山尚晃¹ 角川友隆¹

¹鹿島建設

昨今建設業は作業員不足の問題に直面しており、ICTを活用した生産性の高い現場運営が求められている。本稿では、IoTを活用し建設現場の状況を遠隔から把握するシステムの開発と、取得したデータを二次利用するための仕組みづくりについての事例を紹介する。建設現場における課題を3Dの設計図であるBIM (Building Information Modeling) とIoTを使って解決するまでの過程と、データを二次利用するために必要なメタデータ管理について論じる。

※本稿は日立ITユーザ会2020年度特賞受賞一般論文です。
※本稿の著作権は著者に帰属します。

1. 建設現場の更なる生産性向上に向けて

日本の総人口は2060年には8,674万人に減少し、生産年齢人口（15歳～64歳）は4,418万人にまで減少すると見込まれている[1]。特に建設業においては生産人口の減少と労働者の高年齢化が進み、2011年度以降慢性化している作業員不足が今後より深刻化していくことが懸念されている[2]。

鹿島建設（株）（以下、鹿島）はこの対策として、生産性向上と建設業界の魅力の向上を目的に2018年に「鹿島スマート生産ビジョン」を策定した[3]。これは、建築現場のスマート化（ロボット化、IT化）によって工事にかかわるあらゆる生産プロセスの変革を行い、生産性の向上を目指すものである。そのビジョンでは、すべてのプロセスをデジタル化する「ENGINEERING」、作業の半分をロボット化する「WORK」、管理の半分を遠隔で行う「MANAGEMENT」の3つのコア・コンセプトを掲げている。

今回、「MANAGEMENT」のコンセプトを実現するために、建設現場内の作業員の位置情報やバイタル情報、資機材の位置情報・稼働情報をIoTデバイスによりリアルタイムに収集する「K-Field」と設計・施工時に製作されるBIM (Building Information Modeling) の3Dモデ

ル内にIoTデータを連携させた可視化プラットフォーム「3D K-Field」を開発した[4]。また、収集したデータを社内で二次利用するために「データマネジメント基盤」の整備も進めている。本稿では、その取り組みについて紹介する。

2. 建設現場を可視化する目的

建設現場でIoTデータを収集する際の対象は「ヒト」と「モノ」、「クルマ」になる。「ヒト」は現場管理者や作業員であり、「モノ」は高所作業車、フォークリフト、タワークレーン、ハンドパレット、台車、作業台（立ち馬、オリオン）など建設現場で使用する資器材である。「クルマ」は生コン車など現場に資器材を搬送する工事車両である。今回、これらのデータを収集する「K-Field」と可視化する「3D K-Field」を開発したが、その目的は以下の通りである。

- 現場管理者の位置情報を把握することで、問題発生時などにどの管理者が近くにいるのかを遠隔から把握し、指示を出す
- 作業員の職種と位置情報を把握することで、どこでどのような作業が行われているかを遠隔からリアルタイムに把握する
- 現場管理者、作業員のバイタルデータをリアルタイムに把握することで、体調不良を早期に把握し、休憩などの対応を促す
- 現場管理者の動線を把握することで、巡回経路やパトロール経路が適切であるかを検討する
- 作業員の滞留状況を把握することで、トイレの位置や個数、利用する階段、エレベータの停止フロアなど、仮設計画を最適化する
- 資器材の位置情報を収集することで、現場管理者、作業員が利用可能な資器材を探す時間を削減する
- 資器材の稼働状況を収集することで、資器材の稼働率を算出し、数量の最適化を図る。また不要な資器材を返却することで、レンタル費用を削減する
- 工事車両の現在位置を把握することで、現場への到着時間を予測し、遅延による待ち時間を作業に費やすなど柔軟な対応を可能とする

3. 建設現場のデータを収集する「K-Field」

本章では、IoTデータ収集システム「K-Field」におけるデータ収集の課題と手法について述べる。

3.1 建設現場でIoTデータを収集する場合の課題

建設現場におけるIoTデータの収集では、他産業でのデータ収集と異なり次のような課題が存在する。

- 建物完成時にはすべての機器を撤去する必要があるため、利用期間が短期間となる（半年～2年程度）
- 機器の防塵・防水対策が必要である
- 工事が進捗すると壁が建ち電波伝達環境が変化するため、工事進捗に合わせて機器の追加や設置位置の盛替えが必要である
- 工事中は携帯電話事業者（以下、キャリア）の不感対策が実施されていないため、地下や高層階では携帯電話が繋がらない

- 工用具材はレンタル品が多いため、すべての機材にIoT機器を設置することが困難である
- 工事の進捗に合わせて機材が追加で建設現場に搬入されてくるため、その都度IoT機器の設置が必要となる

これらの課題に対して以下のような方法を検討し、データを収集した。

3.2 位置情報の収集

建築の建設現場では工事が進むと屋内作業が中心となるため、モノの位置情報を得るために屋外で一般的に利用されるGPS（Global Positioning System）などの活用は困難である。そこで、屋内で位置測位をするための技術を選定した。選定にあたって設定した条件は次の通りである。

- 屋内において測位が可能であること
- 測位精度（誤差）が半径5m程度の領域に収まること
- 存在する部屋を特定できること
- 位置情報を取得する対象が多岐にわたりかつ膨大な数量でも問題がないこと
- 機器が小型で現場条件に合わせて設置可能であり、ヒト・モノに貼付しやすく工事に支障のないこと
- 機器の防塵・防水対策がなされていること
- 機器のメンテナンスが容易かつ工事期間に比べて長寿命であること

3.2.1 屋内位置情報の収集方法

現在、屋内測位技術には大きく分けて、電波系測位、センサ系測位、光波系測位、などの技術が存在する。代表的なものを表1に示す。

表1 屋内測位技術の比較

		電波系測位		センサ系測位			光波系測位
		BLEビーコン	UWB測位	PDR (Pedestrian Dead Reckoning)	VDR (Vehicle/Vibrationbased Dead Reckoning)	地磁気測位	可視光通信測位
利用機器	動体側	BLEビーコン 又は スマートデバイス	各メーカー専用 UWBタグ	スマートデバイス 又は 専用端末	スマートデバイス 又は 専用端末	スマートデバイス 又は 専用端末	スマートデバイス
	環境側	BLEビーコン、 ゲートウェイ端末	各メーカー専用 UWBセンサ	BLEビーコン（補正用）	BLEビーコン（補正用）	不要 又は BLEビーコン（補正用）	可視光通信対応照明機器
事前準備		BLEビーコン設置設計 通信環境構築 (LTE、WiFi等)	センサ設置設計・工事ネット ワーク配線工事	実機テスト 補正用BLEビーコン設置 対象キャリブレーション	実機テスト 補正用BLEビーコン設置 対象キャリブレーション	現地地場サーベイ 実機テスト	可視光通信照明設計 工事
メンテナンス		スマートデバイス充電 BLEビーコン電池交換	UWBタグ充電	スマートデバイス充電 BLEビーコン電池交換	スマートデバイス充電 BLEビーコン電池交換	スマートデバイス充電	スマートデバイス充電
位置精度		○ (補正で向上)	◎	△ (補正で向上)	△ (補正で向上)	△ (補正で向上)	○
コスト	イニシャル	◎	△	○	○	△	△
	ランニング	◎	△	○	○	△	△

メンテナンス性，位置精度，省電力，導入時と運用時の手間，コストなどを総合的に勘案し，本取り組みではBLEビーコン測位技術を採用した．BLEビーコン測位技術には，動体側と環境側に設置する機器の種類により，大きく2通りのシステムが存在する．1つ目は位置推定型測位，2つ目はゲートウェイ近接型測位であり，それぞれの特徴は以下の通りである（図1）．

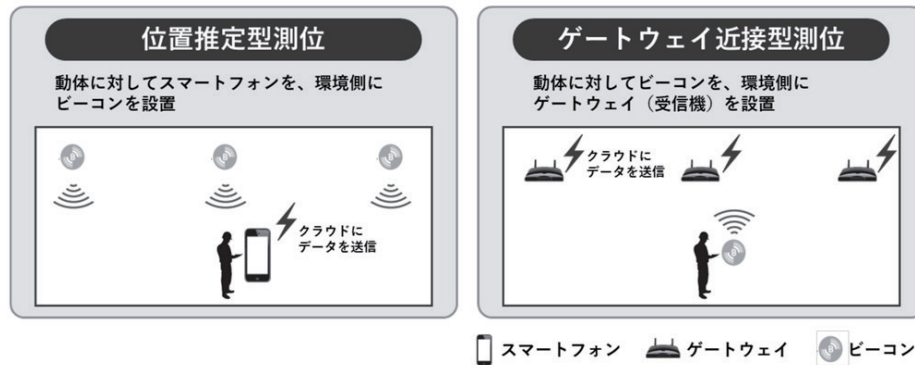


図1 BLEビーコン測位技術の種類

① 位置推定型測位

動体にスマートフォンを持たせ，環境側にビーコンを設置する．メリットとしてはゲートウェイ近接型に比べて測位精度が高く，環境側にビーコンを使用しているため測位範囲を広げるコストが安いことが挙げられる．

② ゲートウェイ近接型測位

動体にビーコンを持たせ，環境側にゲートウェイを設置する．メリットとしてはビーコンの電池寿命が長いことによる長期間の連続測位が可能となるほか，動体が多い場合，位置推定型に比べてコストが安いことが挙げられる．

本取り組みでは屋内で測位したい動体（ヒト・モノ）が大量にあり，種類も多いため，②ゲートウェイ近接型測位を採用した．

また，ゲートウェイ近接型測位の中でも位置を推定する手法によって大きく3種類が存在する[5]．1つ目は領域検知方式，2つ目は距離検知方式，3つ目は座標位置検知方式であり，それぞれの仕組みは以下の通りである（図2）．

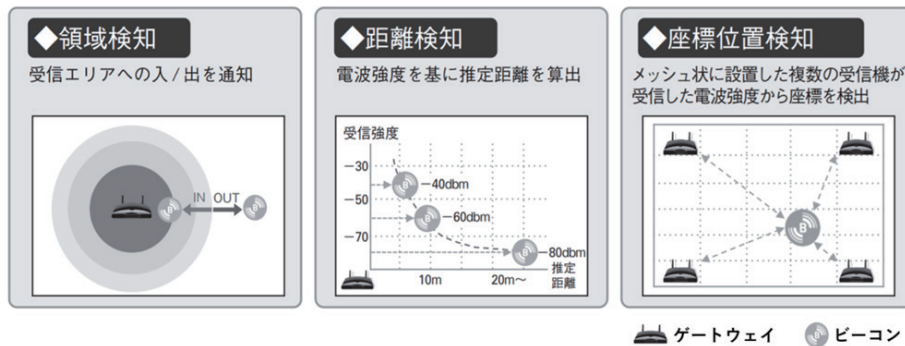


図2 ゲートウェイ近接型測位の方式

① 領域検知方式

ある一定の閾値以上の電波強度で受信したビーコンを、そのゲートウェイの近傍（もしくはエリア）に存在すると判定する。

② 距離検知方式

受信した電波強度を基に、ゲートウェイからビーコンまでの推定距離を算出する。

③ 座標位置検知方式

メッシュ状に設置した複数のゲートウェイにて、受信したビーコンの電波強度を距離に置き換え、おおよその座標を推定する。

位置の精度としては①より②が、②より③が高くなる。本取り組みでは技術選定の条件を、測位精度（誤差）が半径5 m程度の領域に収まると設定したことから、この条件を満たす③の座標位置検知方式を採用した。

次にビーコンの取り付け状況を図3に示す。ビーコンはiBeacon[6]仕様の機器を採用している。ヒトが測位対象の場合はヘルメットにビーコンを取り付けるので、ヒト用のビーコンはクリップ型のアタッチメントがついているものを選定した。資機材には作業中に床や壁などに接触して壊れないよう、両面テープを利用し、位置を工夫して設置している。



図3 ビーコン取り付け状況

電波の発信間隔は5秒に1回としており、約1年程度は電池交換せずにデータ取得が可能である。工事用機材は大半がレンタル品であるため、建設現場に搬入後、すべての機材にビーコン設置することが困難である。そこで、レンタル会社と連携し、事前にレンタル会社にビーコンを渡し、現場に搬入する前にビーコンを機材に取り付けてから現場に搬入する運用体制を構築した。

ゲートウェイの設置状況を図4に、設置位置を図5に示す。各フロアにゲートウェイを20～30m間隔で設置する。建設中は工事で使われる仮設電源が天井に配置されるため、ゲートウェイを設置する位置を事前に検討し、仮設電源をゲートウェイ用に増設した。また、防塵・防水対策のために、簡易的にビニール袋などでゲートウェイを保護している。



図4 ゲートウェイ設置状況

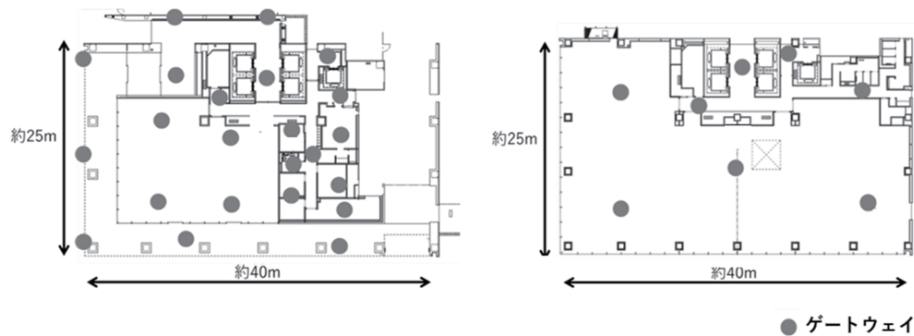


図5 ゲートウェイ設置位置（左：1階，右：基準階）

ゲートウェイにはキャリアの通信回線を使うSIM内蔵型のLTEタイプと、Wi-Fiタイプの2種類があるが、建設現場の環境に合わせてタイプを選択している。Wi-Fiタイプの場合は通信環境を別途構築する必要があるが、毎月の通信費が発生しないメリットがある。キャリアの通信回線が

利用できない地下や高層階はWi-Fi環境を構築し、ゲートウェイもWi-Fiタイプを用いるようにしている。

3.2.2 屋外位置情報の収集方法

屋外においては、主にクルマの位置を把握することを目的に、GPSでの測位を行う。GPS発信機器を工事車両に事前に配付し、車両内に設置してもらうことで、屋外での位置を測位する。GPS発信機はシガーソケットで充電するタイプの端末を選定し、ソケット通信にてGPS情報を送信する。

3.3 作業員のバイタルデータの収集

作業員のバイタルデータの収集については、一般にサービス提供されているバイタルサービスを利用する。バイタルデータ収集用のウェアラブル端末を作業員に装着してもらい、データの収集を行う。端末には加速度センサ、脈拍センサ、UVセンサ、温度センサ（皮膚温）が搭載されており、歩数・活動量・睡眠・会話量・体表温・心拍数・UVなどを測定できる。データは端末内に蓄積された後、建設現場の各所に配置した専用のゲートウェイ経由でクラウドへアップロードされる。クラウドへのアップロードはデータ量により数十秒から数分程度で完了する。

3.4 機材の稼働状況の収集

モノの稼働状況を収集するために、モノに各種センサを設置する。センサはデータの収集対象に応じて以下のように最適なものを選定した。

3.4.1 高所作業車の稼働状況の収集方法

高所作業車はレンタル機材の中でもレンタル費の単価が高く（5～15万円/月）、建設現場への導入台数も多い機材である。規模の大きい建設現場では数百台導入される。高所作業車のレンタル数を最適化することでコスト削減を図ることができる。

高所作業車の稼働状況は、マグネットセンサを用いて収集する。マグネットセンサは磁力を検知するセンサである。高所作業車は移動する際は作業台を一番下まで下げて移動し、高所で作業をする際は停止した状態で必要な高さまで作業台を上昇させる。この作業台が上昇している状態を稼働と見なした。作業台の下部にマグネットセンサを取りつけ、作業台が上昇した際にマグネットがセンサから外れる機構とした。磁力を検知している時間を未稼働、磁力を検知していない時間を稼働として稼働状況を測定する。電波の発信間隔は10秒に1回としている（図6）。

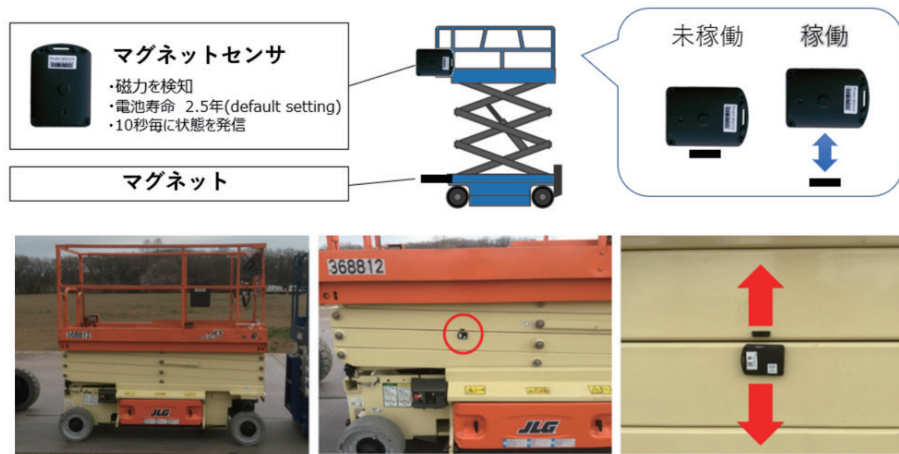


図6 高所作業車の稼働状況の収集方法（上：稼働の判定方法，下：センサの設置状況）

3.4.2 フォークリフトの稼働状況の収集方法

フォークリフトは作業員が操作する際は必ず座椅子に座るため、作業員が座椅子に座っている状態を稼働と見なす。座椅子の下に荷重を検知するマットセンサを敷き、作業員が座っている時間を検出することで稼働状況の収集を行った。

3.4.3 タワークレーンの稼働状況の収集方法

高層ビルの建設にあたりタワークレーンの資機材揚重の稼働効率を上げることは、工期を短縮する上で有効な手段の1つである。どの資材の揚重にどれくらいの時間がかかっているかを明らかにし、揚重計画を最適化することを目的に、稼働状況と揚重資材の判定を行っている。

稼働判定は、タワークレーンの揚重荷重データを基に行っている。揚重物の荷重データをリアルタイムに収集するIoT機器を開発し、タワークレーンの過負荷防止装置に接続することで、荷重データをクラウドに送信する。また揚重資材の判定は、クレーン部の竿の先端に設置された操作用カメラの映像をデジタル変換後クラウドに送信し、クラウド上の画像認識モデルで資材を判定する（図7）。

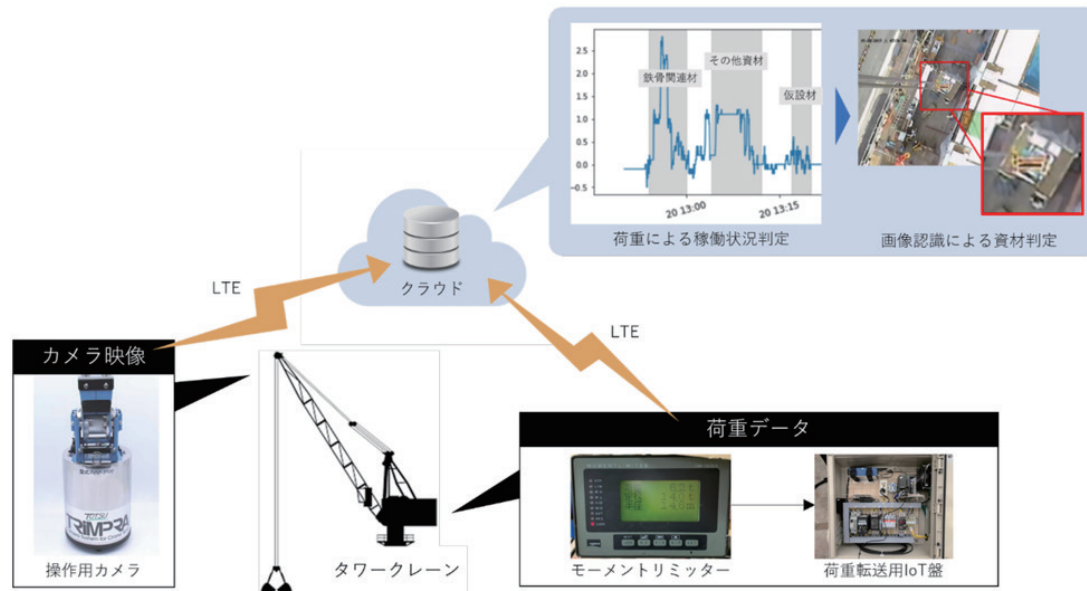


図7 タワークレーンの稼働状況の収集と揚重資材判定の方法

この揚重資材自動判定システムの開発では、画像と荷重データを組み合わせたものを教師データとして使用し、判定モデルを作成した。その際に、通信環境によって実際の時刻とデータ上の時刻に若干のずれがあり、荷重データとの時刻合わせが困難であった。また、画像とセンサは形式の異なる非構造化データであり、データの関連性が分かりにくいいため、判定モデル開発者が活用しやすい形でデータを管理し、提供する必要があった。これらの課題に対しては、後述するデータマネジメント基盤を活用した。

現在は8種類の資材判別を自動で行うことができ、稼働状況の判定は約90%、揚重資材の判定は約80%の精度を確認している。今後は判定する資材の種類が増加と、揚重資材判定の精度向上を図っていく予定である。

3.4.4 その他の機材の稼働状況の収集方法

上記以外にも、建設現場内の仮設エレベータの位置検知、作業台（立ち馬）や台車などの稼働状況も収集している。それぞれの機材や取得したいデータに合わせて、マグネットセンサ、遮断検知センサ、荷重を検知するマットセンサなど、最適なセンサを選定している。

3.5 収集データの送信・変換方法

ビーコンから発信されたUUID（Universally Unique Identifier）、major値、minor値などのiBeacon仕様フォーマットの情報は、受信されたゲートウェイを通してLTE回線またはWi-Fi経由にてクラウドサーバに送信される。マグネットセンサデータなども同様のゲートウェイからクラウドに送信される。ゲートウェイからクラウドに送る際はMQTT（Message Queuing Telemetry Transport）プロトコルが使用される。ブローカーと呼ばれる中継サーバを介して、そこに対してメッセージを投げる（Publishする）クライアントと、そのメッセージを受け取る（Subscribeする）クライアントが必要となる。そのため現場側IoTゲートウェイに対して

Publisher機能を持たせる必要があるほか、クラウド側にはそれを受け取るMQTT Subscribe機能が必要になる。取得されたデータはその後クラウド上で処理され、ビーコンのデータは緯度経度情報として、センサのデータは稼働情報としてデータベースへリアルタイムに格納される（図8）。

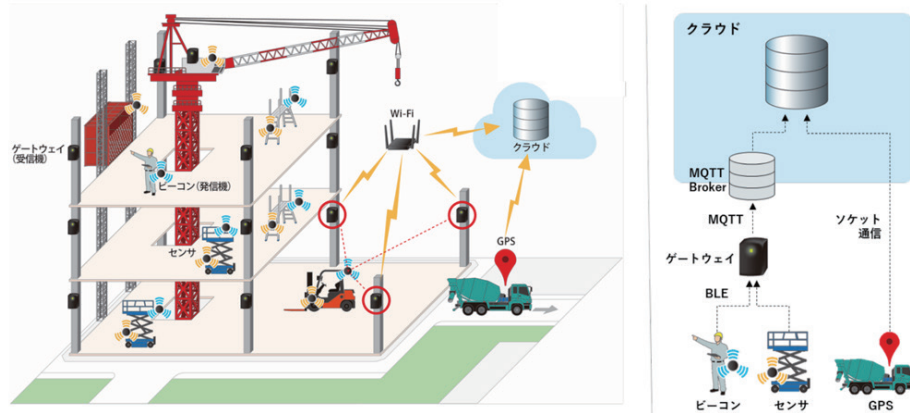


図8 機器構成の全体像と通信イメージ

4. 建設現場のリアルタイムな可視化を実現する「3D K-Field」

本章では、「3D K-Field」の概要と機能、システム構成、活用状況について述べる。

4.1 「3D K-Field」の概要

3D K-Fieldは、建設現場のデジタルツインを実現するシステムとして開発した。BIMモデルを基にデジタル空間に仮想の建設現場を構築し、取得したIoTデータをリアルタイムに可視化する。建設現場にて収集した位置情報や稼働情報などのIoT情報に加え、監視カメラの映像や天候情報など、現場管理に必要な情報を一元的に表示し、管理することができる（図9）。

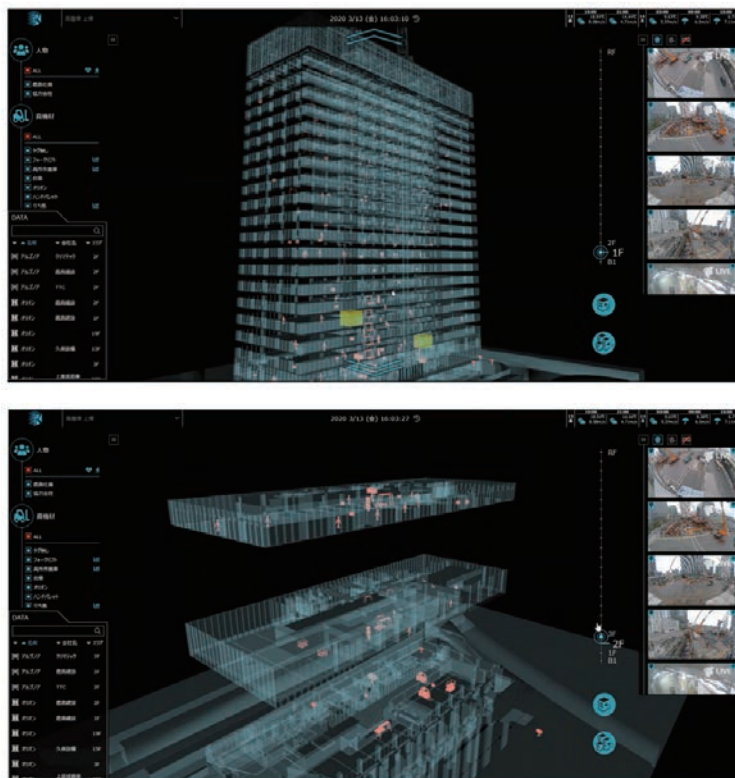


図9 「3D K-Field」の画面イメージ（上：全体表示時，下：フロア表示時）

画面の左側に、位置や稼働状況を測定している対象の一覧が表示される。対象がヒトの場合は所属会社名、モノの場合は種類や利用会社名で表示を絞り込むことができ、名称での検索も可能である。対象を選択すると、3Dモデルがフロア表示となり対象が現在いる（またはある）フロアが表示されるとともに、その詳細情報が画面の右下に表示される。詳細情報とは、ヒトであればバイタル情報、モノであれば稼働情報である。画面右側には監視カメラの映像がストリーミング再生されており、リアルタイムな映像をまとめて確認することが可能になっている。映像をクリックすることで別ウィンドウが開き、大きな画面で現場の状況を確認することができる。それ以外に、画面右上では、当日と翌日の天候情報が表示される。

4.2 「3D K-Field」の機能

3D K-Fieldの機能について以下に示す。

(1) 過去位置再生機能

蓄積されたヒトやモノの測位データから、過去の移動履歴を動画で再生する。対象と期間を選択すると、過去の対象の動きが再生され、動いた軌跡を表示することも可能である。

(2) ヒートマップ機能

蓄積されたヒトやモノの測位データから、過去の移動履歴をヒートマップで表示する。選択した対象が、選択した期間内でより長くいた（または置いた）場所が赤く、逆にいなかった場所が青く表示される。

(3) バイタル表示機能

収集したバイタルデータをリアルタイムで表示する。心拍、消費カロリー、皮膚温度、歩数が表示される。熱中症と最も相関のある心拍が高い順に画面上部から並んで表示される。閾値を超えた場合はグラフやアイコンが赤く表示され、体調不良者を早期に発見し、休憩などを促す。

(4) 稼働率集計機能

資機材に設置したセンサの過去データから、稼働率を集計して表示する。設置資機材ごとに、朝8時から閲覧した時間までの稼働率の集計と、稼働していた時間を表示する。

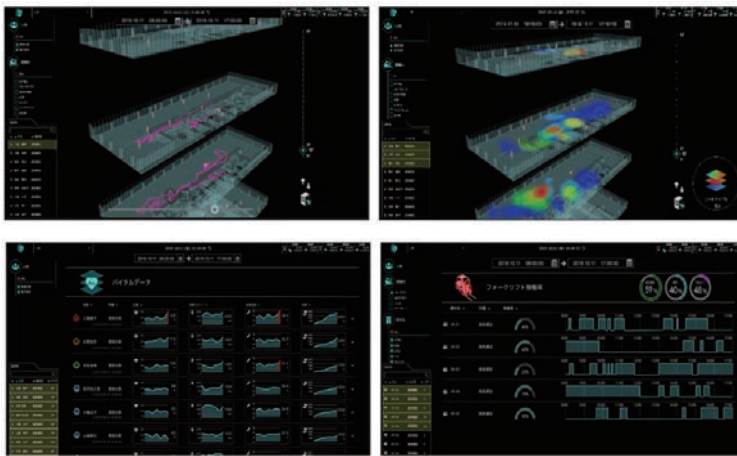


図10 3D K-Fieldの各画面（左上：過去位置再生，右上：ヒートマップ，左下：バイタル表示，右下：稼働率集計）

現在は会議室や事務所のディスプレイに図11の通り常時3D K-Fieldの画面を表示し、建設現場の遠隔からの状況把握に利用している。



図11 建設現場の遠隔管理の様子

4.3 「3D K-Field」のシステム構成

ビーコンによる位置情報やセンサによる稼働情報はクラウド上にいったん蓄積される。3D K-Fieldでは、それをAPI（Application Programming Interface）経由でデータを取り込み、データ変換を行った上でBIMとのマッピングを行っている。また、カメラ映像については、クラウド録画サービスからAPIで3D K-Fieldに画面を埋め込んでいる（図12）。

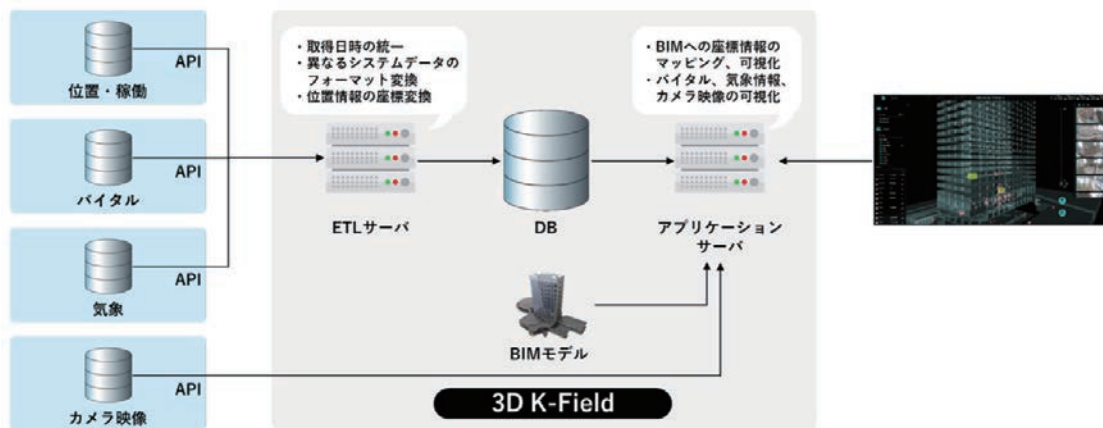


図12 「3D K-Field」システム構成図

可視化の仕組みを実現するにあたり発生した課題と解決方法を以下に示す。

- IoTデータの取り込みに際し、取得するデータのタイムスタンプが取り込みタイミングによって数秒ずれる場合があり、必ずしも同一のタイムスタンプとはなっていない。たとえば、作業員の位置情報と、高所作業車の稼働情報の取得タイミングは正確には同期されていない。そのため、過去位置再生機能や稼働率集計機能で、特定の瞬間の状態を表現

することが困難であった。そこで、一度データを取り込んだ後に、すべてのデータの状態を一定間隔でスナップショットとして保管し、直前に取得したデータを次のデータ取得時までの値として保持することで、特定の瞬間の状態を表現することとした。

- 過去位置再生を行う際、過去に収集したタイミング（5秒間隔）のままデータを表示すると、ブラウザの負荷が高くなり画面が固まってしまう現象が発生した。過去の位置データについてはデータを間引き30秒ごとのデータとすることで、ブラウザ上で再生できるようにした。
- ヒト・モノの位置情報とクルマの位置情報は環境を分けて収集しており、測位対象のIDが被ってしまう問題が発生した。今後位置情報を複数のシステムから取り込むことも想定し、異なったシステム間で可能な限り共通のデータ形式に変換してデータを保管できるように、メインシステムとは別にデータ取り込み用のソフトウェアを開発した。これにより、過去の位置情報などは複数の位置情報サービスが存在しても正しく表示できるようになった。
- 稼働率のデータは表示に必要な間隔よりも短い間隔で記録しており、データ数が増加することにより画面表示時にデータベースの負荷が増大する問題が発生した。そこで、稼働率の集計表示などは、定期的に1時間分の統計データを生成することで、利用者がブラウザで閲覧するときに迅速に表示できるようにした。また、万一データベースに障害が発生した場合でも自動で復旧が行われる設計とした。

5. データ活用に向けたプラットフォームの整備

本章では、今後の建設工事での利用に向けたデータ二次利用と3D K-Fieldが抱える課題を解決するために利用したデータマネジメント基盤について説明する。

5.1 データ二次利用の目的

建設現場で収集したデータを二次利用する目的は以下の通りである。

- 作業員の実質労働時間を把握することで正確な歩掛を集計し、協力会社の評価を行う
- 機材の稼働率データを分析し、現場特性や工程に合わせた最適な資機材数を算出する
- 工程の短縮や、作業員数・資機材発注数の最適化を図る
- 仮設重機の稼働率データを分析し、現場特性に合わせた最適な仮設計画（詰所や仮設トイレの位置、仮設エレベータの位置や台数、タワークレーンの機種や台数等）を立案する

5.2 データ活用に向けた課題

これまで位置情報やバイタルデータ、現場映像などの情報を用いて、建設現場の状況をリアルタイムに可視化するための機能実装を進めてきた。今後はこれらのデータの二次利用を進め、分析や予測、シミュレーションなど、生産性向上に向けてさらなる取り組みを進めていくことを考えている。その中で、第3章で述べたタワークレーンの稼働分析はデータ分析としての先行事例といえるが、さらにデータ活用を進めるにあたっては、以下のような課題があった。

- 現場で発生するデータは各サービスのクラウド環境に蓄積されているが、データ公開用のインターフェースのAPI仕様や認証方式に違いがあるほか、ファイルフォーマットもCSVやjson、XMLなどサービスごとにばらばらであるため、これらの仕様の違いを収集段階で吸収する必要がある
- IoTデータや動画といった形式の異なる半構造化・非構造化データの仕様が理解できる形で取り出せるようにする必要がある

- 3D K-Fieldだけでなく他のシナリオでの利用も想定し、社内やマルチクラウド環境と安心、安全にデータ連携が行える、全社横断的な共通プラットフォームとすることが必要である

5.3 データマネジメント基盤の整備

上記の課題を解決するために、別途、全社的に整備を進めてきたデータマネジメント基盤を利用した。本節ではデータマネジメント基盤の概要と適用例を示す。適用の全体イメージは図13の通りである。

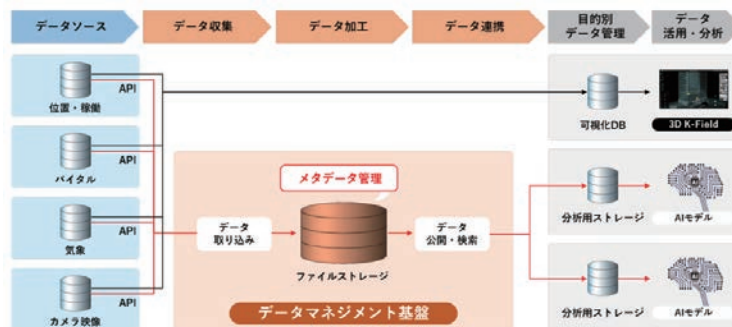


図13 データマネジメント基盤の適用イメージ

5.3.1 分散されたデータの収集と加工

データマネジメント基盤はさまざまなデータソースにアクセスし、データ取り込み・加工、蓄積のほかに、目的別のデータ活用領域への連携を可能としている。リアルタイム連携を必要とする可視化のための仕組みとは別に、データ管理用としてセンサデータや現場カメラ映像をAPI経由で取り込みを行い、必要な加工を行った上で、鹿島が管理するクラウド上のファイルストレージに統合的にデータを保存する仕組みとした。

5.3.2 収集したデータに構造や体系を与え情報として整理

今回収集したデータはセンサデータや動画などの半構造化・非構造化データが中心である。構造化データは、行と列の概念によりデータの意味が体系的に明記されているため、データが示す意味が分かりやすいが、半構造化・非構造化データはデータ単体で見たときにデータの意味を人が理解しにくいという問題がある。

たとえば、動画ファイルだけを見て、その動画を撮影したプロジェクトや撮影現場、設置場所などを判断することは困難である。大量のデータの中から、後にさまざまな用途で分析などに活用するデータを探し出すことを考えると、データの意味を正しく管理する必要がある。

本基盤では、収集のタイミングや蓄積するタイミングでデータの意味を表す「メタデータ」をデータ本体と関連付けて自動的に付与し管理することが可能となっている。具体的には、いつ、どこで取得したデータであるのか、取得したデータの中身はどのようなものか、データに関する契約条件は何かなどを管理している。これにより、半構造化・非構造化データに対しても二次利

使いやすい形で管理することができる。また、メタデータを基に検索を行うことも可能であるため、現場名や取得日時で絞り込みを行い、判定モデルで利用するデータなどを簡単に取り出すことができる。さらに、蓄積されたデータの管理台帳をデータカタログとして公開することによって、どのようなデータが社内にあるか分からない人であっても、全社の管理データとして何が利用可能であるのかを知ることができる。

メタデータに関しては、データタイプごとに定義書を作成し、管理項目の標準化を進めた。図14では画像ファイルの管理を行う定義書の例とタワークレーンでの画像とセンサデータを管理する際の管理イメージをサンプルとして示す。

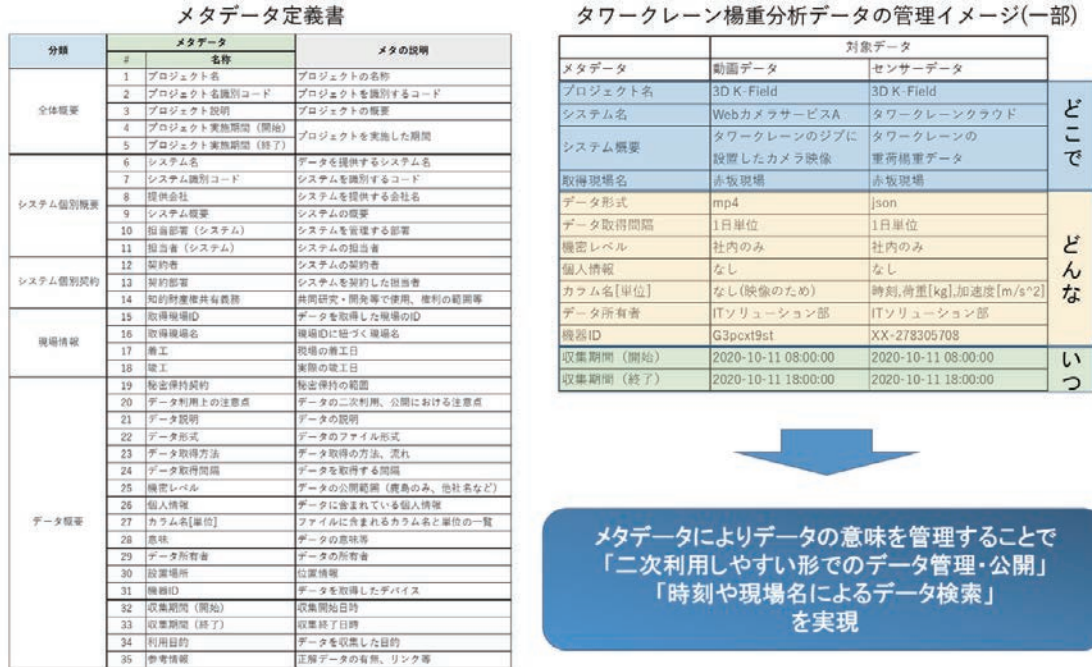


図14 メタデータ管理によるデータ管理イメージ

6. システム導入効果と今後の取り組み

本システムを活用することで、現場管理者は軽微な確認作業のために直接現場に出向く回数が減り、より重要な確認作業に注力することができるようになった。「ヒト」に関しては、過去位置再生やヒートマップの機能を利用することでフロア内の人の移動が激しい個所や人や物の動線を確認することも可能となり、トイレの位置や個数、利用する階段、エレベータの停止フロアなど、仮設計画を最適化するための根拠データを収集できるようになった。また、作業員のバイタルデータを現場事務所で管理者がモニタリングし、脈拍が閾値を超えるなどの異常を示した場合は本人に体調を確認することで、体調不良を早期に把握し、休憩などの対応を促すことが可能になった。「モノ」に関しては、資機材の稼働率を把握することにより、遊休機材が可視化され、

余分なレンタル機材の返却によるコスト削減が図られるとともに、余剰な機材の導入抑止につながった。「クルマ」に関しては、生コン車の運行状況の監視や到着予定時間の把握を行い、遅延による待ち時間を作業に費やすなど柔軟な対応を可能とする仕組みが整った。

このようにリアルタイムな現場状況の遠隔把握が可能となることにより、建設現場の品質・安全の向上と工期の短縮、費用の低減を図り、建設現場での働き方改革の実現につながることを期待できる。

現場における「ヒト」や「モノ」、「クルマ」の位置情報をデジタル化して蓄積・保管することで、「いま、どこにあるか」だけではなく、「どのように移動したか」、「どのように使われたか」といった行動分析が可能になる。今後は、建設現場の遠隔管理の高度化をより一層進め、建設現場のビッグデータの収集・蓄積とAIやIoTを活用した「鹿島スマート生産ビジョン」の実現に寄与していくとともに、施工段階のみならず、企画・設計から竣工後の維持管理・運営までの一貫した建物情報のデジタルデータの循環をさらに促進していきたい。

参考文献

- 1) 総務省：平成29年版 情報通信白書 第1部 特集 データ主導経済と社会変革（2020年10月1日），
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc135230.html>
(2021年6月28日アクセス)
- 2) 国土交通省：建設労働需給調査結果（令和2年9月調査）（2020年10月26日），
<https://www.mlit.go.jp/common/001369398.pdf> (2021年6月28日アクセス)
- 3) 鹿島建設：建築の生産プロセスを変革する「鹿島スマート生産ビジョン」を策定（2018年11月12日），
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201811/12a1-j.htm> (2021年6月28日アクセス)
- 4) 鹿島建設：資機材の管理・運用を効率化するシステム「KENLOGI」・「K-Field」を開発（2019年3月6日），
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201903/6a1-j.htm> (2021年6月28日アクセス)
- 5) 日刊工業新聞：工場管理2017年7月特別増大号，pp.140-143 (2017年7月)
- 6) Apple：Apple Trademark List, <https://www.apple.com/legal/intellectual-property/trademark/appletmlist.html> (2021年6月28日アクセス)



天沼徹太郎（非会員）amanuma@kajima.com

2012年東京工業大学大学院修士課程修了。同年、鹿島建設株式会社入社、建築現場やスマートシティにおけるICT活用企画・技術開発を担当。



小山尚晃（非会員）n-koyama@kajima.com

2017年電気通信大学大学院修士課程修了。同年、鹿島建設株式会社入社、データマネジメント基盤の展開やクラウド基盤の活用推進を担当。



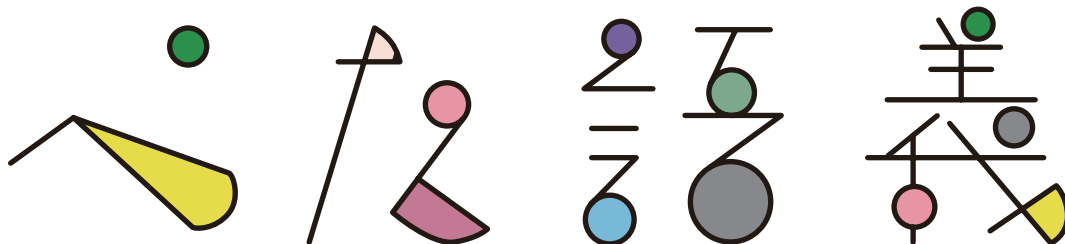
角川友隆（非会員）t-sumikawa@kajima.com

1994年東京理科大学卒業。同年、鹿島建設株式会社入社、ITアーキテクトとして主にインフラ関連企画を担当。

採録決定：2021年6月30日

編集担当：斎藤彰宏（日本アイ・ビー・エム（株））





Vol. 122

CONTENTS

- 【コラム】 データサイエンスカリキュラム標準（専門教育レベル）の公開について…加藤 浩
 【解説】 大学入学共通テスト「情報」サンプル問題を題材とした研究協議…高田 真弥
 【解説】 オンライン授業導入の舞台裏～東京大学のオンライン授業を支えた一教員の視点から～…吉田 壘



COLUMN

データサイエンスカリキュラム標準（専門教育レベル）の公開について



いま教育界にデータサイエンス（以下DS）・AI教育の大きな波が押し寄せてきている。直接の発端は2019年6月に内閣府統合イノベーション戦略推進会議が発表したAI戦略2019である。そこで「我が国が、人口比ベースで、世界で最もAI時代に対応した人材の育成を行い、世界から人材を呼び込む国となること」という戦略目標を打ち上げ、その具体的目標として「文理を問わず、すべての大学・高専生が、教育課程で初級レベルの数理・DS・AIを習得すること」を掲げた。そのためのモデルカリキュラム（リテラシーレベル）が2020年4月に数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアムから発表され、2021年2月には内閣府・文科省・経産省による数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度（リテラシーレベル）の募集が始まった。

高等教育の現在の関心は次の段階である応用基礎レベル（25万人／年、4単位程度）に移っており、2021年3月にはモデルカリキュラム（応用基礎レベル）が発表され、来年度（2022年度）にはプログラム認定制度も実施される見込みである。

このように共通教育としてのDS教育はすでに強力に推進されているが、DSを専門とする学部・学科に対してカリキュラム標準を作ろうという動きは特に見られなかった。しかし、実態として2017年の滋賀大学データサイエンス学部を嚆矢として、DSを掲げる学部・学科の新設は相次いでおり、DSとして学ぶべき内容を定義する必要が生じてきた。

本会は2017年に情報専門教育のカリキュラム標準J17を策定した際、DSについても検討したが、時期尚早として見送った経緯がある。それから3年が経過し、海外でも欧州のEDISONやACMなど有力な学術団体が相次いでカリキュラム標準を発表しており、我が国でもそれを策定する機が熟した。

そこで本会データサイエンス教育委員会では、データサイエンスカリキュラム標準（専門教育レベル）の策定を行い、2021年4月に公開した^{☆1}。その特徴は次の通りである。

- ACM Data Science カリキュラムおよび欧州 EDISON Data Science Framework の参照を通じて、国際的通用性を確保
 - データサイエンティスト協会・DSスキルチェックリスト（★レベル）の参照を通じて、本会で策定中のデータサイエンティスト資格と連携
 - 60 単位程度の規模
 - DS（リテラシーレベル）の学修を前提
- 本カリキュラム標準が有効に活用されることを願っている。

☆1 https://www.ipsj.or.jp/annai/committee/education/public_comment/kyoiku20210415.html



加藤 浩（放送大学）（正会員） hkato@ouj.ac.jp

1983年日本電気入社。1999年東京工業大学社会理工学研究科修士（工学）。2000年メディア教育開発センター 准教授。2009年放送大学 教授。2019～2021年本会データサイエンス教育委員会委員長。

LOGOTYPE DESIGN...Megumi Nakata, ILLUSTRATION&PAGE LAYOUT DESIGN...Miyu Kuno

大学入学共通テスト「情報」サンプル問題を題材とした研究協議～令和3年度愛知県高等学校情報教育研究会研究協議を通して～

高田真弥

愛知県立南陽高等学校

愛知県高等学校情報教育研究会の活動

愛知県高等学校情報教育研究会は、平成27年(2015年度)より愛知県内の情報科担当教員の研究・研鑽・情報交換を目的として開かれている。情報科担当教員は各校1人の配置が基本であるため、教科に関する情報共有や相談が日常的にできない状況にある。特に情報という教科の特性上、校内ネットワークや情報機器の管理等を任されることも多く、1人では解決できない問題や、抱えきれない悩みや不安なども多い。

そうした情報科担当教員のニーズの高まりにより、本研究会への参加者は年々増加傾向にある。令和3年(2021年)6月25日に開催された令和3年度愛知県高等学校情報教育研究会総会および研究協議会の参加者は総勢90名以上に上った。令和4年(2022年)より年次進行で導入される新学習指導要領に基づく情報I、そして令和7年(2025年)より実施される大学入学共通テスト「情報」に向けて、今後さらに活動が活発化していくことが期待される。

情報教育の変化と大学入学共通テスト「情報」

社会の急速な情報化に伴い、情報教育も変化してきている。小学校においては令和2年(2020年)よりプログラミング教育が必修となった。また中学校では、令和3年(2021年)より技術科においてプログラミングの単元が拡充され、情報セキュリティ等の指

導の充実化を図るなど、義務教育段階での情報教育の内容は高度化している。さらに大学においても情報系学部が年々増加してきており、情報教育の需要の高まりを表していると言える。

平成30年(2018年)6月15日に閣議決定された「未来投資戦略2018—『Society 5.0』『データ駆動型社会』への変革—」では、「大学入学共通テストにおいて、国語、数学、英語のような基礎的な科目として必修科目『情報I』(コンピュータの仕組み、プログラミング等)を追加する」とされている。このため、小・中学校において情報活用能力の基本的な知識および技能の定着を図り、大学での発展的な学びに繋げるための、高等学校における情報教育に求められている役割は大きいと考えられる。

研究協議会の流れ

令和3年度愛知県高等学校情報教育研究会研究協議会では、参加者に事前に大学入学共通テスト「情報」サンプル問題(以下、「サンプル問題」と表記)を解いてもらい、実際に問題を解いて感じた難易度や疑問点などの意見を事前アンケートで募った。

研究協議会は新型コロナウイルス感染症対策のため、Zoomを利用してオンラインで開催した。研究協議会では、まず独立行政法人大学入試センター試験問題調査官の水野修治先生より「大学入学共通テスト新科目『情報』～サンプル問題等とそのねらい～」と題し講演をいただいた。その後、講演および事前アンケートの

内容を基に、サンプル問題の大問ごとに4つのグループに分かれて研究協議を行った。協議内容の報告の後には、改めて水野先生よりご講評いただいた。

サンプル問題の位置づけと各問の内容

水野先生にご講演いただいた内容をもとに、以下、サンプル問題の位置づけや、サンプル問題の3つの大問の内容について説明する。

□ サンプル問題の位置づけ


サンプル問題は、「令和7年度大学入学共通テストから新たに試験科目として設定することを検討している『情報』に関する試験問題について、具体的なイメージを共有するために作成・公表するもの」として、令和3年(2021年)3月に大学入試センターより公開された^{☆1}。ただし、サンプル問題は情報Iの教科書を照合して作成したものではなく、平成30年度告示高等学校学習指導要領に基づいて作成したものである。また、完成形として現行の大学入学共通テストと同様の点検プロセスを経たものではなく、情報Iの内容のうちの一部を出題範囲として作成したものであるため、情報Iで扱う各領域の出題配分や配点等の参考となるものではない。

このように、サンプル問題とは、現時点での大学入学共通テストにおける「情報」の出題形式や問われる力についてある程度の方向性を示し、イメージを持ちやすくするためのものである。なおサンプル問題は3つの大問によって構成されており、それぞれ異なる出題形式で異なる分野を扱っている。

□ 第1問「情報社会、情報デザイン、画像処理、ネットワーク」


第1問は4つの独立した小問、中間で構成されており、基本的な知識・理解を問うている。ただし単なる一対一の形式で回答する「記憶」に基づいた解答ではなく、それぞれの知識についてその意味が理

^{☆1} https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/shiken_jouhou/r7ikou.html

解できているかどうかを問う問題となっている。東日本大震災における通信の確保や、画像のデジタル化の流れとメリット、これまで扱ってこなかった情報デザインなどに関して、報告書や対話文を読んで解答する。そのほかにも情報Iで学ぶ知識を用いて、授業では扱わない発展的内容についての問いも用意されている。複数の選択肢を提示するのではなく、-1に示したビット数やIPアドレスのネットワーク部のように、空欄に当てはまる数字をマークする形式の問題もある。

□ 第2問「プログラミング」

第2問では、比例代表選挙の議席配分の考え方をプログラムで処理するなど、情報社会の問題解決の過程を題材に、生徒が主体的に学習し探究する場面が設定されている。配列、最大値探索、繰り返し処理を用いたアルゴリズムを理解し、そのアルゴリズムをプログラムで表現し、さらに具体的な状況設定に応じてプログラムを修正することを通して問題解決に向けて考察する力を問うている。

プログラミング言語については、特定の言語を扱うのではなく、大学入試センター独自の疑似言語であるDNCL (-2)を用いている。これは、大学入



先 生: その通りだ。  ビットで表される数のうち、0にしたものはネットワークアドレスとして使用されるし、すべてのビットが1である255は管理目的で使用するため、このネットワークにはホスト部として1~254までの254台のネットワーク機器を割り当てることができるんだ。この考え方でいくと、ネットワーク部のビット数を変えることで、同じアドレスでもネットワークの規模を変えることができるんだよ。例えば、192.168.1.3/ が割り当てられているコンピュータが接続するネットワークには、何台のネットワーク機器が接続できるかな?

図-1 第1問一問4 ネットワークの問題より一部抜粋





```
(01) Tomei = ["A 党", "B 党", "C 党", "D 党"]
(02) Tokuhyo = [1200, 660, 1440, 180]
(03) sousuu = 0
(04) giseki = 6
(05) m を 0 から  まで 1 ずつ増やしながら繰り返す:
(06) | sousuu = sousuu + Tokuhyo[m]
(07) kizyunsuu = sousuu / giseki
(08) 表示する ("基準得票数: ", kizyunsuu)
(09) 表示する ("比例配分")
(10) m を 0 から  まで 1 ずつ増やしながら繰り返す:
(11) | 表示する (Tomei[m], ":",  / )
```

図-2 第2問一問1 プログラミングの問題より一部抜粋



学共通テストの実用性よりも教育性を求める立場に基づくものであるが、授業では各教科書で扱われているようなプログラミング言語を学ぶべきであり、DNCLのみを使用してプログラミングの単元を扱うことは望ましくない。DNCLはプログラミング言語の考え方や性質を理解していれば読み解けるように作られているため、DNCLに特化した対策は不要であると考えている。

□ 第3問「データの活用, 統計処理」

第3問は、ある高校のサッカー部マネージャの視点から、サッカーワールドカップのデータ(2006年ワールドカップのオープンデータを使用)を基に「強いチームと弱いチームの違い」を考える問題である。また第3問は関連する4つの問いで構成され、問題解決学習の中での一連の取り組みが想定されている。なお第3問に使用されたデータは、実際の2006年ワールドカップのデータであり、Webページ^{☆2}からダウンロードすることができる(図-3)。

問題は発展的な内容ではあるが、問題文において用語やグラフに関する説明もされているため、統計に関する基本的な知識があれば解答できる問題となっている。一見して数学的な問題に見えるが、実際のデータを用いている点、それらをソフトウェアによって整理・加工して関係性を見出す点が数学とは異なる情報独自の特徴であると考えられる。また散布図行列を扱っているが、これを生徒自身が作成するところまでを目的としているわけではなく、データを読み解けるかどうかを問っている。

情報Iの実施に向けての課題

□ 授業時間の配分と授業の構成

今回のサンプル問題を大学入学共通テスト「情報」
として想定した場合、座学だけではなく実習に重きを置いた活動もある程度必要になると考える。しかし、2単位の授業では時間数が限られているため、

^{☆2} <https://rika-net.com/contents/cp0530/contents/04-14-01.html>

座学と実習との両立が難しい。そのため、研究協議では、「共通テストに対応できるだけの知識・技能を身につけさせることができるのか」という不安を漏らす教員もいた。また第3問については、「表計算ソフトウェアでデータ分析や統計の分野まで履修するのは時間的に厳しいのではないか」、「現状では『社会と情報』の学習内容でもデータ分析までできておらず、情報Iでここまでの内容を扱うことは相当困難である」との意見があった。

このように、大学入試共通テスト「情報」に対応するためには、情報Iの授業において「社会と情報」や「情報の科学」よりも深い学びが求められており、授業時間の配分や授業の構成に不安を感じる教員が多いことが分かった。

□ 情報以外の能力の必要性

大学入学共通テスト全体の傾向であるが、文章量に加えてデータやグラフの掲載が多く、文章の読解力や、データ・グラフに対する分析力が必要である。研究協議では、第1問や第2問に関して、「教科横断的な学びが推奨されていることは理解しているが、これは情報の問題ではなく読解力の問題ではないのか」、「知識がなくても読解力さえあればある程度解けてしまう」、「『プログラミング』ではなく『プログラミング的思考』が問われていることが分かるが、一番試されているのは『根気』や『正確さ』であるように感じた」などの意見が上がった。



図-3 第3問に使用された2006年ワールドカップのデータ

第3問に関しては、情報科の教員から「数学の問題のように感じて、正直理解できない部分があった」、「情報の問題としては、データの読み取りよりもデータをどのように集計するかに着目した方がいいのではないか」、また数学科の情報担当教員からは「数学Ⅰのデータ分析と同じ印象を受けた」との意見が上がった。こうした情報の授業以外で取り扱っている内容については、他教科との連携が必須であると考えられる。

□ 大学入学共通テストへの対策の必要性

現時点では情報Ⅰについて、事後アンケート結果(図-4)のように「1年での履修」を想定している学校が多い。そのため、大学入学共通テストを受験する3年生での補習や、選択授業での学び直しなどが必要になると考えられる。水野先生の講演でも言及されていたように、大学入学共通テストでは、あくまで「実用性」よりも「教育性」に重点が置かれている。そのため、基本的な知識とともに情報各分野における「考え方」を基に、読解力や分析力を用いて問題を解くことが想定されている。

しかし、情報Ⅰの授業内では引き続き「情報活用の実践力」を育成していかなければならず、文書作成ソフトウェアや表計算ソフトウェアを活用するリテラシー能力を身に付けていくことも重要である。大学入学共通テストへの対策や「慣れ」のための問題演習は必要であると考えられるが、「受験のための授業にならないようにしたい」との意見が複数上がっている。

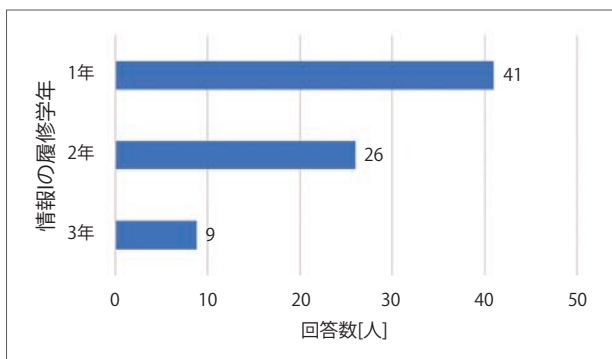


図-4 情報Ⅰの履修学年(事後アンケート結果 n=76)

□ 生徒の学力の格差や情報科教員の不足


研究協議では校種の違い等は配慮せずグループ分けを行った。そのため協議グループによっては勤務校で大学入学共通テストを受験する生徒がそもそも少ない(またはまったくいない)という状況の教員も多く、イメージが掴みにくいところもあった。そうした学校においては、大学入学共通テストを意識した授業展開は想定されず、各単元に割り当てる時間数は教員の裁量によるところが大きい。

一方、生徒の大半が大学入学共通テストの受験を目指すような学校であっても、生徒の学力や現状の取り組みを踏まえると「サンプル問題のような問題に対応できるような力を養うことは難しい」との意見も多かった。また、情報Ⅰではこれまでよりも扱う領域が広がり、教員側にもより高い専門性が求められることから、「情報科教員が不足している地域の生徒の学習状況にも配慮が必要」との意見が上がった。

今後の情報教育と研究会の意義

今後、情報教育の需要はさらに高まっていくことが予想される。しかし、現状においても各校の情報科担当教員の負担は大きく、世間からのニーズに对应していくことは容易ではない。今回の研究協議会の事後アンケートにおいても、講演や協議内容についてだけではなく、研究会という場自体について、「こうした情報交換の場がとても貴重である」「もう少し時間を取って、深く意見交換ができるとよい」との意見が多く上がった。情報科担当教員の不安や孤独感、悩みを解消し、各校における情報教育を充実させるためにも、各自治体の情報教育研究会が、ますます活発に運営され、発展していくことが期待される。

(2021年7月26日受付)



高田真弥 k615058b@aichi-c.ed.jp
 2007年度より愛知県立安城南高等学校に情報科教諭として赴任、2013年度より愛知県立南陽高等学校、愛知県高等学校情報教育研究会役員、2021年度県立高等学校教育課程課題研究(情報)研究員。



オンライン授業導入の舞台裏～東京大学のオンライン授業を支えた一教員の視点から～

吉田 壘

東京大学大学院工学系研究科

新型コロナウイルス感染拡大を受けて、急速にオンライン授業が導入された。本稿では、東京大学の授業オンライン化の導入支援に携わった一教員の立場から、支援に深くかかわったセンターの説明をした後、時系列に沿って2020年度に行った支援内容を説明し、それらの振り返りと今後の展望について述べる。本稿が他教育機関の取り組みの参考になれば幸いである。

情報センターと教育センターの連携

東京大学における授業オンライン化支援に関して、特徴的だったのは、情報基盤センターと大学総合教育研究センター（以後、大総センター）が有機的に連携したところであった。情報基盤センターは、大学の情報基盤となる設備の整備や情報技術を用いた各種サービスを提供するセンターで、具体的には、スーパーコンピュータ、学内ネットワーク、教育用計算機システム、学習管理システムなどの運営・提供を行っている。大総センターは、東京大学の＜教育の進化＞に貢献し、＜未来の学び＞

に向けて全力で支援することをミッションとしたセンターで、講義の動画や資料を閲覧できるOCW (OpenCourseWare)、教員の教育力向上の取り組みであるFD (Faculty Development) プログラムなどの開発・提供を行っている。

コロナ禍以前は、両センターに目立った連携の取り組みはなかったが、新型コロナウイルス感染拡大を受けて授業を全面オンライン化する必要性が出てきた状況になってから密な連携が始まった。また、その連携に合わせて執行部とも密な情報共有を行い、数々の取り組みを行った。以下、時系列に沿って連携の様子や支援の内容を説明する。表-1に主なイベントを記載した。

怒涛の初期対応 (2020年3月)

怒涛の初期対応の始まりは2020年3月6日であった。筆者が所属する大総センターの担当理事と別件で打ち合わせていた際、新型コロナウイルスの感染が拡大する可能性が高く、授業のオンライン化などについて情報基盤センターと連携して何かできない

表-1 2020年3月における初期対応

日付	内容
3/6	理事との打合せにて、授業のオンライン化に向けた情報基盤センターとの連携に関する相談
3/9	情報基盤センターと大学総合教育研究センターの関係者による打合せ
3/10	ワンストップで情報発信するプラットフォームの選定 (GitHub Pages)
3/11	プラットフォームとして utelecon ポータルサイトの開発と公開
3/13	全学システムに関する基本的な使い方の説明会 (対面+オンライン)
3/19	授業における Zoom の使い方の基礎講座 (オンライン)
3/20～	技術トラブルへのサポート体制の整備
3/26	Web 会議情報を学生に伝える方法に関する説明会 (対面+オンライン)
3/27	オンデマンド型授業の作り方の基礎講座 (オンライン)

-【解説】オンライン授業導入の舞台裏～東京大学のオンライン授業を支えた一教員の視点から～-

かのご相談いただいたのがきっかけであった。その相談を受けて、大総センター長に確認の上、情報基盤センター長に連絡をとり、連携の可能性を探った。

3月9日に情報基盤センターや大総センターにかかわりのある教職員5名が急遽集まり、これから全面的に授業がオンライン化する可能性が高く、オンライン化に向けた準備を早めに実施することが肝要だという意識共有を行った。その中で、各センターがそれぞれ情報発信するのではなくワンストップで情報発信できるプラットフォームの構築、全学的な説明会の実施、技術トラブルのサポート体制の確立などが必要だと結論付けられた。そこで、その日からそれらの実現に向けて、執行部とも連携をとりながら準備を進め始めた。

ワンストップで情報発信可能なプラットフォームについては、3月10日に検討を行い、11日は「オンライン授業・Web会議 ポータルサイト utelecon」^{☆1}としてオープンした。プラットフォーム検討の際には、Google サイトや両センターの既存の Web サイトなど候補に挙がったが、最終的には GitHub Pages を利用することにした。GitHub Pages は静的 Web サイトのホスティングサービスで、GitHub を用いて Web サイトの開発・管理・運営が可能である。GitHub を用いることから共同編集が容易であること、バージョン管理が可能であること、テキストの一括処理が可能であることなどメリットが多く、教職員が協働してサイトを構築する上で効果的かつ効率的であったためにこれを利用した。GitHub に慣れていない教職員であっても、GitHub Desktop と呼ばれる GUI アプリケーションを導入することで、1時間ほどの説明で Web サイトの編集が可能になるため、協働が促進された。ポータルサイトの初期コンテンツとして、オンライン授業を学生が受けるため、教員が実施するために、それぞれどのような準備が必要かをまとめたページ

☆1 東京大学：オンライン授業・Web会議ポータルサイト utelecon,
<https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/> (アクセス日 2021 年 7 月 31 日)

や、Webex, Zoom, Google Meet の使い方について説明するページを作成した。このように必要なコンテンツを迅速に共有できる環境作りを行った。特に新入生にも分かるような形で情報発信を行った。本ポータルサイトは 2021 年 7 月現在でも利用されており、1 カ月で約 5 万ユーザが訪れ、10 万ページビューがあるサイトとなっている。

全学的な説明会については、3月13日に全学システムの関係性や利用方法を説明する会（授業のオンライン化を念頭に置いた TV 会議ツールと使い方説明会）、3月19日に特に広く利用されると想定された Zoom の授業における使い方に関する講座（オンライン基礎講座「授業のオンライン化を念頭に置いた、Zoom の使い方」）、3月26日には Web 会議室の URL を間違いなく学生に届ける方法に関する説明会（説明会：オンライン授業の学生への通知方法）、3月27日にはオンデマンド型オンライン授業の作り方に関する講座（オンライン基礎講座「ライブ配信ではない、動画やテキストなどを用いたオンデマンド型オンライン授業の作り方」）と立て続けに実施した。これに加えて希望のあった部局には個別に説明会を行った。このようにニーズを先読みして説明会や講座を連続して実施した。

サポート体制については、3月20日から、教職員に加えて学生にも協力してもらい、多様なサポートを提供して、誰ひとり取り残さないことを目指して体制を整えていった。具体的には、教職員が技術トラブルにメールで対応できる全学的なメールサポート体制、学生が個々のオンライン授業のサポートを行うクラスサポータの仕組み、学生が全学的に技術トラブル対応を行うコモンサポータの仕組みなどを整備した。一例として、コモンサポータについて詳しく説明する。コモンサポータは、上記のポータルサイトに設置したチャットウィジェットを用いてサポートを行った（図-1）。具体的には、まずチャットボットの自動応答で解決可能なトラブルは自動で対応し、それでは難しい案件は有人チャットで対応し



た。そのチャットボットの整備も含めて学生が主体的に環境を整えてくれた。その内容は、国立情報学研究所が開催した第13回4月からの大学等遠隔授業に関する取り組み状況共有サイバーシンポジウムにおいて発表された¹⁾。

このように、新型コロナウイルスの情報が乏しく、状況が刻一刻と変わり、1週間後の予想もできない中、慎重かつ大胆な対応を行っていったのが、2020年3月における怒涛の初期対応であった。

手探りのSセメスター (2020年4月～9月)^{☆2}

対応に追われる中、新学期である2020年度のSセメスターが始まった。4～5月は、Web会議システムのアカウントが作成できない、サインインできない、入室できないなどのトラブルが多く、1日20～30件のメール対応に追われた。そのようなトラブルも多く発生する中、致命的なトラブルはほとんど発生せず、授業を担当されていた先生方のご尽力のおかげでオンライン授業が順調に進んでいった。

^{☆2} 東京大学は、4月から9月までのSセメスターと10月から翌年3月までのAセメスターからなる2セメスター制を採用している。



図-1 トラブル対応のためのチャットサービス

表-2 2020年度Sセメスターにおける全学的な説明会・教材公開

日付	内容
4/16	授業開始2週間で得られた知見を共有する説明会
4/22～	さまざまなトピックを扱うオンライン授業情報交換会の開始(週1～2回)
5/8	著作物利用に関する説明会
8/1	新型コロナウイルスに関するe-learning教材公開
9/11	次学期のAセメスターに向けた説明会

主な支援としては、オンライン授業に関する情報発信を継続して行い、ポータルサイトの充実、定期的なオンライン授業情報交換会の実施、ニーズに応じた説明会・講座の実施を行った。後者2件については表-2に内容をまとめた。

ポータルサイトについては、授業におけるZoomの使い方^{☆3}の記事などを充実させていった。中でも、グループワークで活用できるブレイクアウト機能に関する記事^{☆4}が最も人気の記事となっている。これらの記事作成にも学生に協力してもらっており、そのおかげで多くの記事を作成することができた。

オンライン授業情報交換会^{☆5}については、毎週1～2回ランチセッションとして、オンラインにおけるグループワーク、動画作成、評価などオンライン授業を行う上でポイントとなり得るトピックを扱った。特に学生からのオンライン授業に対する感想を共有してもらった「第10回学生からみたオンライン授業」には100名を超える参加があった。Aセメスターも実施し、全30回行った。

説明会・講座については、4月16日に授業開始2週間で得られた知見を共有する説明会(説明会:Sセメスタ開始2週間を経て)、5月8日に著作物利用に関する説明会(説明会:オンライン授業における著作物利用)、9月11日に次学期のAセメスターに向けた説明会(説明会:Aセメスターのオンライン・ハイブリッド授業に向けて—Sセメスターの経験をふまえて)を実施した。8月1日には、新

^{☆3} <https://uteleon.adm.u-tokyo.ac.jp/zoom/#features>
(アクセス日2021年8月10日)

^{☆4} https://uteleon.adm.u-tokyo.ac.jp/zoom/how/faculty_members/breakout
(アクセス日2021年8月10日)

^{☆5} <https://uteleon.adm.u-tokyo.ac.jp/events/luncheon/>
(アクセス日2021年8月10日)

新型コロナウイルスに関する e-learning 教材を公開し、全構成員の受講が義務付けられ、新型コロナウイルスの理解が促された。

初期対応で整備したサポート体制を活用、支援内容を充実・展開することで、全学的なオンライン授業の実施の支援を多面的に行った。

2020年度のSセメスターに行われたオンライン授業に対するアンケート結果（学生約27,000人中5,696名、教員約4,800名中592名回答）から、学生および教員からのオンライン授業に対する評価^{☆6}はおおむね高かった。具体的には、回答した70%以上の学生と教員がオンライン授業に対して肯定的な評価をしており、約60%の学生および約80%の教員が、今後オンライン授業を授業形態の1つとして取り入れることに肯定的な評価をしていた。ただ、学部1年生の評価はほかの学年に比べると低く、新入生にはオンラインだけではなく、対面の機会を設けることが肝要であることが分かった。

改善のAセメスター (2020年10月～2021年3月)

Aセメスターも状況は大きく変わらず、オンライン授業が引き続き行われた。ただ、学部1年生に関しては、対面で会う機会のニーズが高かった

^{☆6} <https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/questionnaire/>
(アクセス日2021年8月10日)

ことから、一部の必修科目において対面授業の機会が設けられた。

オンライン授業の支援に関しては、Sセメスターの経験を活かすため、各学部で行われた実践知を集約し、その発信を行った。具体的には、授業評価アンケートの結果を参考に、グッドプラクティス14例^{☆7}を選出し、そのインタビュー記事を学生の協力を得て作成した。グッドプラクティスは全学部から少なくとも1つの実践を選出し、多様な学問分野における実践知を集約することを試みた。また、記事作成においては、具体的な工夫やタイムスケジュールを載せてほかの教員の参考になるように配慮した。現在もuteleconポータルサイトにおいて記事が公開されているため、参考にしていただければ幸いである。

また、オンライン授業支援サポーターという学生サポーターの仕組みを用意し、前述したクラスサポーターやコモンサポーターの枠組みだけではカバーできない領域の活動も行ってもらえる環境を準備した。具体的には、ポータルサイトのユーザインタフェースの改善、記事の作成、情報の英語化、著作権処理など多岐にわたる活動を学生が行っている。たとえば、学生が積極的にコーディングして、図-2のように、ポータルサイトのデザインを刷新してくれた。こ

^{☆7} <https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/good-practice/>
(アクセス日2021年8月10日)

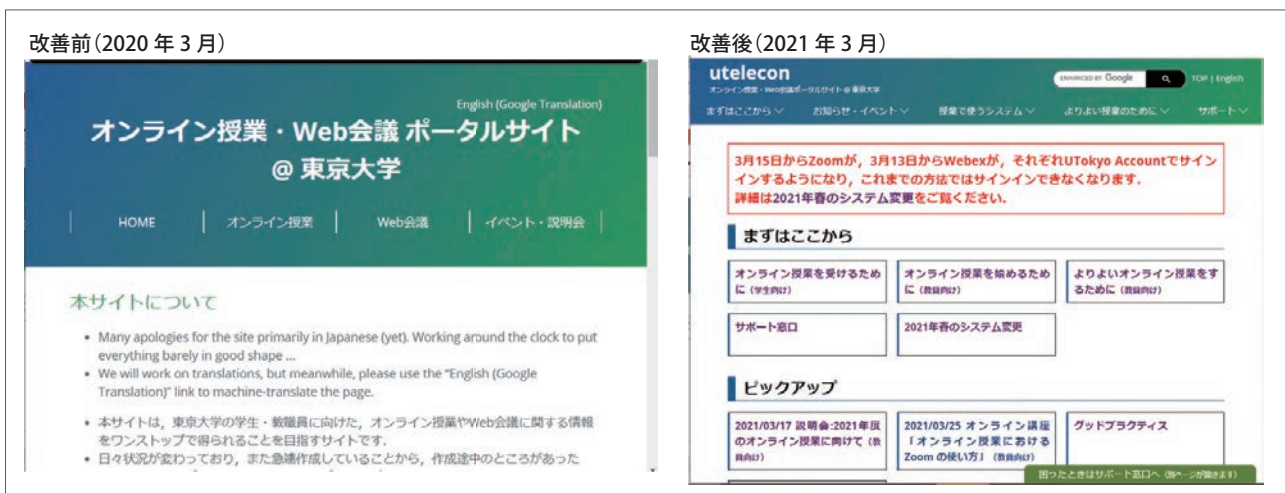


図-2 uteleconポータルサイトの改善前と改善後



のおかげでメニューアイテムの追加がしやすくなり、見出しの視認性が高まった。

オンライン授業導入を振り返って

オンライン授業導入を振り返って重要であったのは、次に述べる主に2点であったと考えている。1点目は情報センターである情報基盤センターと教育センターである大総センターの実質的な連携である。情報基盤センターがシステムの整備を行い、大総センターが授業におけるそのようなシステムの使い方を具体的に提供するという、相補的な連携がオンライン授業実施の支援において有用であった。また、その支援に関して執行部とも密な情報共有を行い、適宜承認を得られるようにしたことも迅速な対応につながった。ここで、実質的に連携できた要因として、ICTを用いた教育方法に精通したスタッフが教育センター側にいたことが挙げられる。ICTの知識なしに情報センターとの連携は難しく、教育センターにおけるそのようなスタッフの存在が連携の鍵となる。今後もオンライン授業が高等教育に取り込まれる可能性が高いことをふまえると教育センターにはそのような人材を配置することが肝要である。

2点目は、教職員と学生の協働である。これまでの説明の中でも出てきたように、本学におけるオンライン化支援において学生は非常に重要な役割を担っている。授業のサポートをするクラスサポーター、技術トラブルの対応をするコモンサポーター、ポータ

ルサイトの改善やコンテンツ充実などを行うオンライン教育支援サポーター、各授業のTA(ティーチング・アシスタント)など、多様な場面で多岐にわたる活躍を見せている。授業のオンライン化を支援した一教員としても、学生の多大なる協力を心から感謝しており、学生のサポートなしには充実したオンライン化支援は実現し得なかったと考えている。このように、教職員および学生が「学びを止めない」という共通の目的を持ってともに活動したことが取り組みにおいて肝要であった。

今後について、新型コロナウイルス感染拡大が収まったとしても漫然と対面のみでの教育に戻すのではなく、オンライン教育の強みを活かして、上手く対面教育と組み合わせた効果的なハイブリッド教育を実現していくことが重要である。その際、教員へのサポートが効果的なオンライン授業実施の鍵となる。初めてオンライン授業を行う教員に対するサポートはいうまでもなく、オンラインだからこそできる教育実践の紹介や最新技術を用いた最先端の教育実践に関する情報提供など、オンライン教育の高度化に関するサポートも必要になっていくだろう。

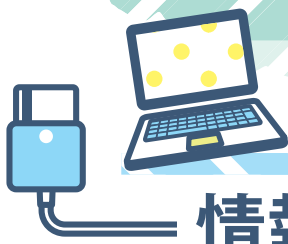
参考文献

- 1) 中條麟太郎, 金子亮大, 小松寛弥, 竹内 朗, 山田和佳: 学生によるオンライン授業サポートチャットの運用, 第13回4月からの大学等遠隔授業に関する取り組み状況共有サイバーシンポジウム, オンライン(Webex) (2020年7月31日). (2021年7月31日受付)



吉田 壘 (正会員) luiyoshida@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

東京大学大学院工学系研究科准教授および大学総合教育研究センター高等教育推進部門長。専門は教育工学, FD。訳書・著書に『学習評価ハンドブック』(監訳), 『東京大学のアクティブラーニング』(分担執筆)がある。



連載



情報の授業をしよう! =

本コーナー「情報の授業をしよう!」は、小学校や中学校で情報活用能力を育む内容を授業で教えている先生、高校で情報科を教えている先生や、大学初年次で情報科目を教えている先生が、「自分はこの内容はこういう風に教えている」というノウハウを紹介するものです。情報のさまざまな

内容について、他人にどうやって分かってもらうか、という工夫やアイディアは、読者の皆様にもきっと役立つことと思います。そして「自分も教え方の工夫を紹介したい」と思われた場合は、こちらにご連絡ください。

(E-mail : editj@ipsj.or.jp)



中学校技術科における双方向通信ネットワークおよび計測・制御の授業実践

草野正義 | 静岡大学教育学部附属浜松中学校

実践にあたって

平成 29 年 3 月告示の中学校学習指導要領（以下、「新学習指導要領」）が、令和 3 年度（2021 年度）に中学校において全面実施となった。新学習指導要領では、「知識および技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の 3 つの柱からなる「資質・能力」を教育課程の中で総合的に育成することを目指しており、技術・家庭科の技術分野（以下、「技術分野」）においても、学習指導や学習評価、題材等について、教育現場では日々検討がなされている。新学習指導要領における技術分野の内容構成は、「A 材料と加工の技術」、「B 生物育成の技術」、「C エネルギー変換の技術」、「D 情報の技術」の 4 つの内容に整理されており、「D 情報の技術」では、「(2) ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツに関するプログラミングによる問題解決」と「(3) 計測・制御に関するプログラミ

ングによる問題解決」の 2 つの問題の解決を含むこととしている。本稿では、この「D 情報の技術」を対象に、静岡大学教育学部附属浜松中学校（以下、「本校」）での授業実践を報告する。

授業実践について

技術分野で育成する資質・能力は、単純に何かを作るというだけでは育成できない。技術分野の目標にもあるように、「技術の見方・考え方」というフィルタを通して「実践的・体験的な活動」を行うことで、「技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力」を育成することが可能となる。そのため、この資質・能力を効果的に育成するために、「生活や社会を支える技術」、「技術による問題解決」、「社会の発展と技術」の 3 つの要素と具体的な学習過程によって授業が進行される。

本授業実践では、「D 情報の技術」を「(2) ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツに関するプログラミングによる問題解決」と「(3) 計測・制御に関するプログラミ

トワークを利用した双方向性のあるコンテンツに関するプログラミングによる問題の解決」に関係する実践1と、「(3) 計測・制御に関するプログラミングによる問題の解決」に関係する実践2で、題材のまとまりを分けて構想した。本校では、各題材のまとまりを「学習のくくり」といい、単純に技術分野の4つの内容で分けることはせず、中学3年間の学習を体系的に捉え、統合的な内容に組み替えるなどして効果的に学習が進められるように構成している。また、各学習のくくりは、はじめに学習全体の見通しを持つための「ガイダンス」、課題の追究に必要とされる基礎知識や技能を習得するための「つかむ学習」、習得した知識や技能を用いて実際に課題に取り組む「追究する学習」、本質的な問いに対する自分なりの考えを見いだす「つなげる学習」の4つの学習場面で構成されており、この学習の流れを新学習指導要領における学習過程や各内容の3つの要素にそのまま関連づけることができた。

実践1 学習のくくり「高度情報社会を生きる」中学1年生

学習構想

私たちは、古くからのろしをはじめさまざまな手段を用いて遠方の相手と情報のやりとりをしてきた。文字を用いた手紙を利用するようになってからは、より詳しい情報を確実に送ることができるようになったが、それでも速度や距離には限界があった。電気信号に変えた通信手段が用いられ、コンピュータを用いた通信技術が普及するようになってからは、飛躍的に伝達速度が増し、産業構造やライフスタイルが変化してきた。情報通信ネットワークの技術革新は目覚ましく、インターネットが浸透したことで、世界中のあらゆる情報が平等に提供されるようになった。情報検索、SNS、動画配信などを始め、中学生にとっても日々の生活に欠かすことのできない存在である。

しかし、多くの人々にとって技術の恩恵を享受することにのみ意識が向き、これらの情報システムに

障害が発生した場合の社会や産業への影響に加え、健康被害や人権侵害などの問題にまで目を向けづらくなっていると言える。そのため、技術を社会や環境とのかかわりを考え、よりよい生活や持続可能な社会を築いていくという視点で情報通信ネットワークの技術を評価したり、安定的に管理・運用したりすることについても考えさせたい。

本学習のくくりは、生活や社会における事象を、情報通信ネットワークの技術とのかかわりの視点で捉え、社会からの要求、使用時の安全性、システム、経済性、情報倫理やセキュリティ等に着目し、この技術を最適化する見方・考え方を養う。その上で、情報通信ネットワークの技術の発展により人々の願いを実現することが目的ではあるが、技術開発と社会や環境とは相互に影響し合っているということなどに気づかせたい。

そこで、本学習のくくりで目指す生徒の姿を次のように設定した。

よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の見方・考え方にもとづいて、生活の中から見いだした問題に対して、双方向性のあるコンテンツの制作を通して最適な解決策を提案し、多様な視点から技術を客観的に評価したり改善・修正して新たな価値を創造したりできる生徒

学習活動

本学習のくくりでは、上記の目指す生徒の姿に迫るために、次の学習活動に取り組ませた。

①ガイダンス

身の回りで活用されている情報通信ネットワークを利用したシステムを取り上げ、このシステムが自分たちの生活に欠かせないものとなっていることを理解させた。その際、のろしを用いていた時代から、どのように電気信号やデジタル信号を用いた通信技術に進展していったかを挙げ、技術の進展と社会の変化の関係について理解させた。ドラムリールを用いた電線に、スピーカを内蔵したプラスチックコッ

プを接続して、電気通信による電話を体験させたり、コンピュータとネットワーク技術を用いた疑似SNSを体験させたりして、通信技術の歴史的な変遷を実感できるようにした(図-1)。実際に、疑似SNSを体験する中で、ネットワークの仕組みについての疑問が生まれたり、生徒の発言が活発になったりした。これが、事後の学習の中で、情報モラルやネットワーク上で情報を扱う上でのルール、通信プロトコルの必要性等を学ぶ意義を考えさせる契機となった。

②つかむ学習

サーバとクライアントによって接続された小規模ネットワーク(LAN)内で、デジタル情報を双方向で通信を行い、情報通信ネットワークの基本的な構成と具体的な通信の原理を理解させたり、通信プロトコルの必要性やネットワークの形態を把握させたりした。コンピュータには「Raspberry Pi 4」を、プログラミング言語には「ドリトル」を用い、これを校内LANとは別の独自の無線LANに接続して、簡易ネットワークを構築した。また、グループで活動がしやすいように、グループに1台ずつ無線キーボードと無線マウス、小型ディスプレイを用意した(図-2)。実際にコンテンツを制作する場面では、職員室と学年フロアとでネットワークを介して通信するという具体的な課題を設けた(図-3)。そ

```

// 受信のプログラム-----
表示=リスト!作る 200 300 大きさ。
直前のメッセージ=""。
時計=タイマー!作る。
時計!1秒 間隔 3600秒 時間。
時計!「
  受信メッセージ=サーバ! "msg"読む。
  「直前のメッセージ」= 受信メッセージ!なら「
    表示! (受信メッセージ) 書く。
    直前のメッセージ = 受信メッセージ。
  」実行。
// 送信のプログラム-----
入力=フィールド!作る 200 50 大きさ 次の行。
送信ボタン=ボタン! "送信"作る。
送信ボタン:動作=「
  送信メッセージ= "くさの->" + (入力!読む)。
  サーバ! "msg" (送信メッセージ) 書く。
  入力!クリア。
」。

```

図-1 疑似SNSのプログラムの例
「プログラミング言語『ドリトル』」
<https://dolittle.eplang.jp/> (参照 2021-08-30)

の際、コンテンツ上の目的の動作を図で表現して手順を可視化することで、プログラムの制作や動作の確認、デバッグ等をしやすくした(図-4)。プログラムの作成(基本命令、オブジェクト等)、サーバとクライアントの情報のやりとり(通信プロトコル等)、プログラムの応用(サブルーチン等)という手順で学習を進め、生徒が理解しやすいようにした。また、情報モラルや情報セキュリティの学習も併せて行った。なお、学習全体を通して、グループで互いに基本事項を確認し合えるようなチェック表を準備し、問題解決の各場面において他者と協働的な学習形態を生み出せるようにした(図-5)。

③追究する学習

情報通信ネットワークの技術を用いて生活にある



図-2 使用機器「コンピュータ、キーボード、マウス、ディスプレイ、カメラ」

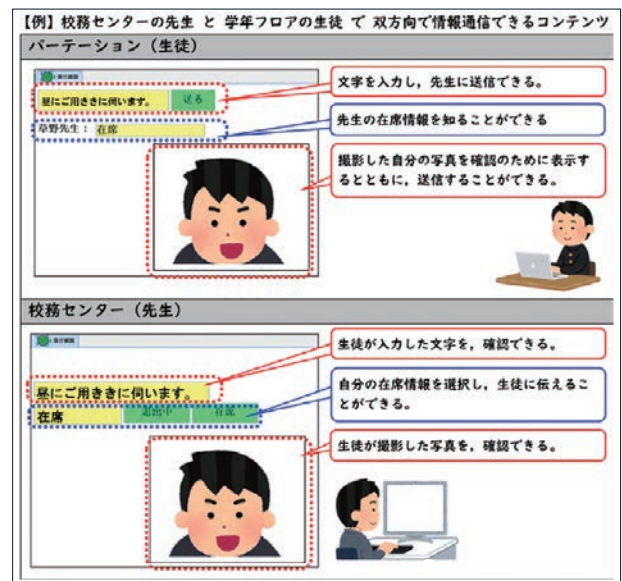


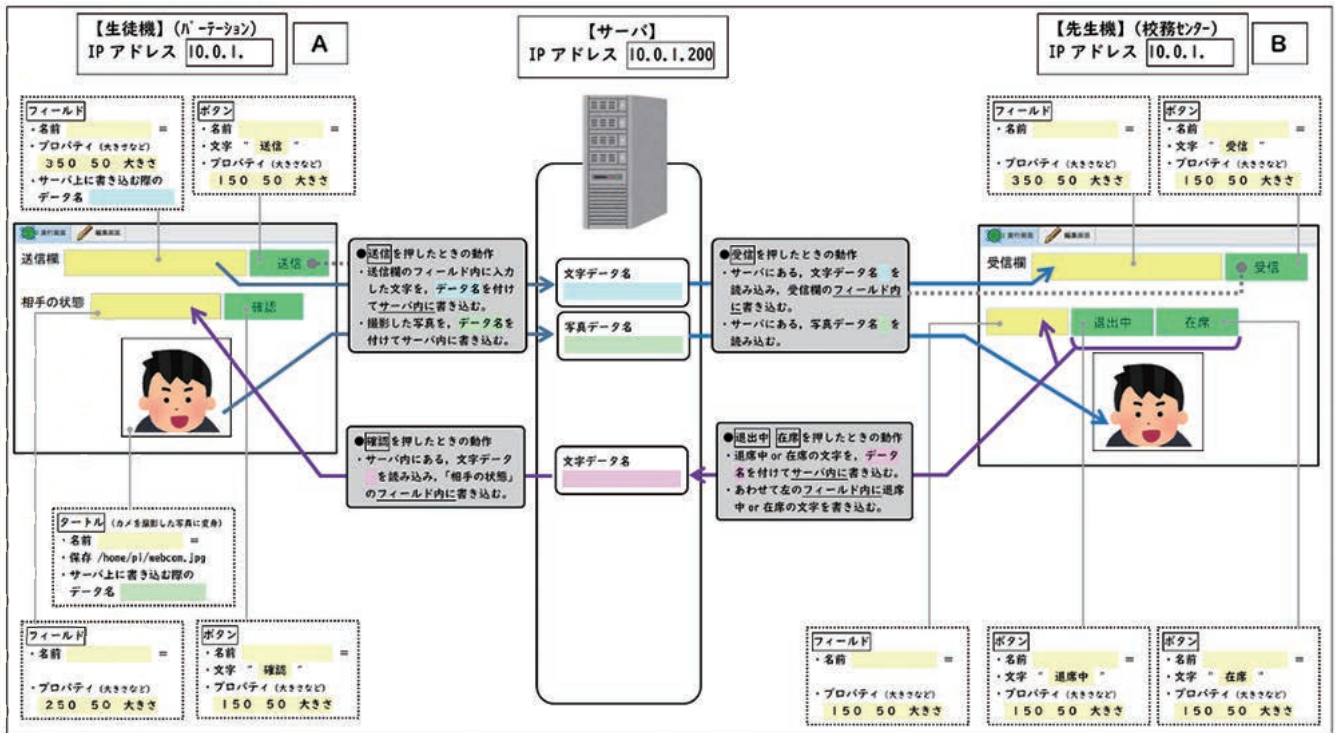
図-3 授業資料「目的を明確にした基本課題」

問題を解決する方法を設定させるとともに、追究方法の具体的な手順を検討させた。②つかむ学習での学びを活かして、最初に個人で構想を練ってアクティビティ図などをもとにして計画を立てさせ、これをもとにグループ内で実際に活用できる情報通信ネットワークを用いた双方向性のあるコンテンツを提案させた(図-6)。たとえば、委員会活動の日時や場所が分かるコンテンツを設定し、送信側がテキストや画像の情報を変更すると、受信側にもその情

報が反映されるなど、日常生活で活用できるもの等を考えることができた(図-7)。追究時間は、生徒の様子や状況により検討の余地があるが、本学習では、5時間で完成できるコンテンツを考えさせ、実際にプログラミングによって解決できるようにした。

④つなげる学習

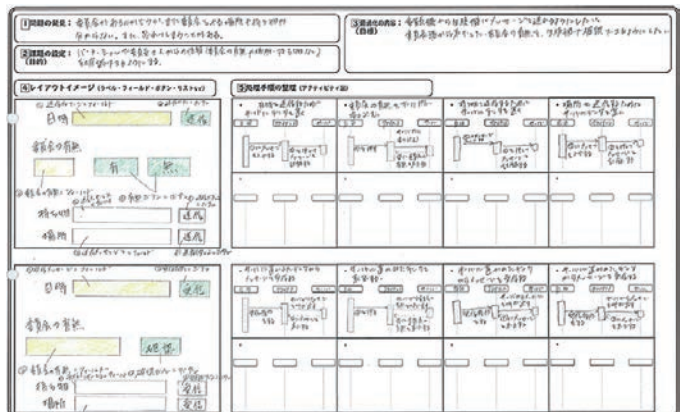
学習のまとめりごとに書き留めさせてきた本質的な問いに対する気づきのメモを参考にさせながら、これまでの学習全体を振り返らせたり、他者との交



■図-4 授業資料「コンテンツの制作に必要な情報の整理」



■図-5 活動の様子「グループでの活動」



■図-6 生徒が設計した追究レポート

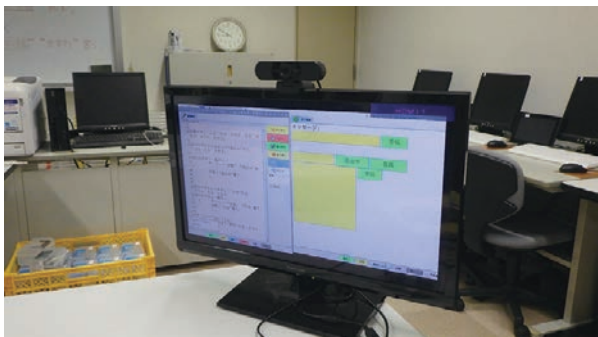
流をさせたりしながら、本質的な問いに対する自分なりの考えを見いださせた。

実践2 学習のくくり「情報システムから未来をえがく」 中学3年生

学習構想

私たちは、古来より生活や社会を便利にするために、さまざまなものやシステムを生み出してきた。その過程で、さまざまなエネルギーを生産活動に利用したり、デジタル化や処理の自動化を推進したりして、技術を統合的に活用して産業構造やライフスタイルまで変えてきた。コンピュータによって計測・制御されている機器は、私たちの生活にとって欠かすことのできないはたらきをしていると言える。しかし、ほとんどの人が技術を利用することのみ意識が向き、ブラックボックスに包まれた高度な技術に何の疑いを持つこともない。また、情報システムに障害が発生した際の、社会や産業への影響、環境に対する負荷、経済的な負担にまで注意が及んでいる状況は稀である。そのため、技術を社会や環境とのかかわりを考え、よりよい生活や持続可能な社会を築いていくという視点で計測・制御システムの技術を評価する力を身に付けさせる必要がある。その上で、計測・制御システムの技術から問題を見いだし、解決策を構想・具体化するなどして解決していく。

本学習のくくりは、生活や社会における事象を、計測・制御システムの技術とのかかわりの視点で捉え、社会からの要求、使用時の安全性、システム、



■図-7 プログラムの編集と実行画面

経済性、情報倫理やセキュリティ等に着目し、この技術を最適化する見方・考え方を養う。そのために、人々の価値観や社会的な制約や条件の下で、最も適したものを生み出していくことについて考えさせたい。開発や改良が進む情報の技術の可能性について、利用者と開発者の両方の立場から捉え、優れた点や問題点を見いだす中で、未来に向けての一步を考案するものとした。

そこで、本学習のくくりで目指す生徒の姿を次のように設定する。

よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の見方・考え方にもとづいて、生活の中から見いだした問題に対して、計測・制御システムの構築を通して最適な解決策を提案し、多様な視点から技術を客観的に評価したり改善・修正して新たな価値を創造したりできる生徒

学習活動

本学習のくくりでは、上記の目指す生徒の姿に迫るために、次の学習活動に取り組みさせた。

①ガイダンス

身の回りで活用されている計測・制御システムを取り上げ、この仕組みが自分たちの生活に欠かせないものとなっていることを理解させた。AI技術やIoT技術をはじめとした情報の技術の進展により、私たちの生活スタイルや社会の在り方、ビジネスの構造などが大きく変化していることを提示することで、今後の技術開発の未来を想像できるようにした。さらに、本学習のくくりの本質的な問いやパフォーマンス課題を提示することで、学習内容を理解させるとともに学習に見通しを持たせた。

②つかむ学習

温度や湿度などを計測する「センサ」と、ブザーやモーターなどを動作させる「アクチュエータ」を用いて回路を接続し、これらを制御する簡易プログラムを設計・制作させた。このとき、計測を行うセンサをいくつか用意し、実際に動作させられるようにした(図-8)。これにより、外界のさまざまな自然

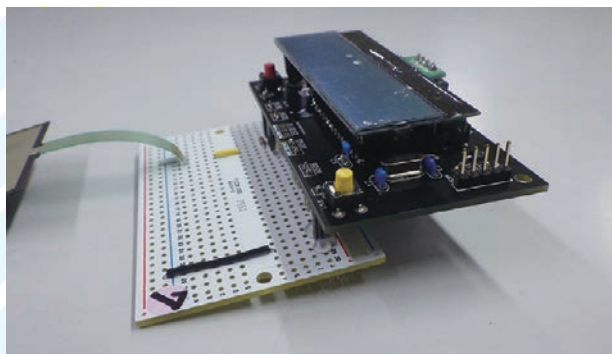
現象を情報として信号化し、数値に置き換えられてデータとして用いられることを理解させることができた (図-9)。また、計測・制御システムを効果的に動作させるプログラムの編集では、状態遷移図を用いてプログラムを処理するための手順と概念を理解させた。これまでのプログラムの学習ではフローチャートを用いることが多かったが、実際のシステム設計の現場にフローチャートを用いた場合、情報が膨大かつ複雑になってしまう可能性がある。そのため、本学習では状態遷移図を用いて動作の手順を明確に把握できるようにした。システムを構築する場合には、設計学習全体を通して、技術の進歩を促す多様な見方・考え方を取り上げ、生徒が主体的に学習を進められるような場面設定をした。

③追究する学習

計測・制御システムで生活や社会にある問題を解決する方法をグループで設定させるとともに、追究方法の具体的な手順を検討させた。ここでは、「B



■図-8 活動の様子「グループでセンサの機能を発見する」



■図-9 使用機器「制御基板(黒)とセンサ基板(白)」

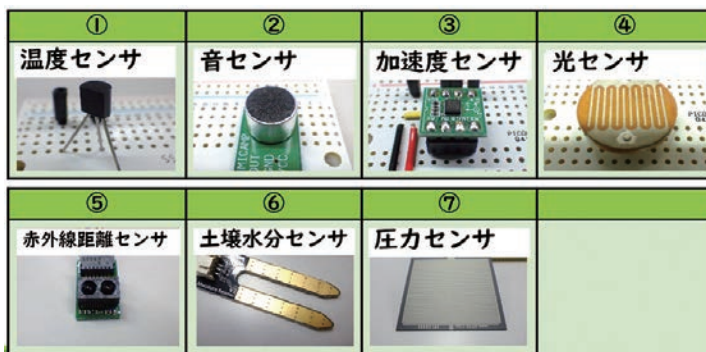
生物育成の技術」の学習の際に生じた問題を挙げさせ、これらを計測・制御のシステムにより解決できるようにした。たとえば、かん水が必要かどうかを自動で判断できるようにするために土壌水分センサで計測したり、日照状況を光センサで読み取り、数値に応じてアクチュエータとしてLEDを発光させたりするなど、それまでの学びを活かして計測・制御システムを構築した (図-10)。

④つなげる学習

学習のまとめりごとに書き留めさせてきた本質的な問いに対する気づきのメモを参考にさせながら、これまでの学習全体を振り返らせたり、他者との交流をさせたりしながら、本質的な問いに対する自分なりの考えを見いださせた。

振り返りと今後の展望

技術分野のDの内容は、ほかのA～Cの内容とは異なり、「技術による問題解決」が1種類ではなく2種類が提示されている。そのため、本授業実践では、「D情報の技術」を「(2)ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツに関するプログラミングによる問題の解決」にかかわるものと、「(3)計測・制御に関するプログラミングによる問題の解決」にかかわるもので、あえて題材を分けて構想している。実践学年についても、1年次と3年次と分けているが、これは中学校の他教科や技術分野の他の内容との関係を考え、系統的に学習に取り組むこ



■図-10 使用するセンサの一覧



とができるようにしている。たとえば、理科で学習する電気や生物の内容との順序を考えたり、技術の生物育成の内容を踏まえたものにするために計測・制御の内容を3年次に配置したりすることなどが考えられる。このように、効果的に授業の設計をするためには、一時間や一題材のみを考えるのではなく、教科のカリキュラム全体を考えてマネジメントする必要がある。

今回、実践した授業では、新学習指導要領で提示された「学習過程」に重点を置くとともに、どのプログラミング言語を利用するかという視点ではなく、どのように指導し何を考えさせるかを念頭に入れて実践した。「技術による問題解決」の段階で自分なりの課題を設定し、実際に制作・評価できるようにするためにも、既存の技術の理解を促す「生活や社会を支える技術」の段階において、技術の基本的な

原理や仕組みをおさえられる小題材を提示できるとよいのではないだろうか。ここで、技術の見方・考え方を理解し、終末の「社会の発展と技術」の段階において、生徒はこれまでの学びを振り返りながら、今後の社会の発展について述べることができると考えられる。今後は、さらに生徒の理解や思考を深められる学習構想となるように授業実践を行っていきたいと考えている。

(2021年8月7日受付)

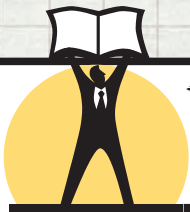


草野正義

kusano.masayoshi@shizuoka.ac.jp

静岡大学教育学部附属浜松中学校教諭。2004年より静岡県、2007年より浜松市で中学校技術・家庭科（技術分野）教諭として勤務し、さらに浜松市では小学校教諭を経験。2017年より現職。





連載

ビブリオ・トーク
— 書評 —

… 石井一夫 (久留米大学)

ソフトウェア工学から学ぶ機械学習の品質問題



中島 震 著

丸善出版 (2020), 3,080 円 (税込), 192p., ISBN: 978-4621305737

機械学習の品質問題とは

機械学習の品質問題は、ソフトウェア工学における機械学習の研究開発で話題となっているホットなテーマである。当初この話題を耳にしたとき、機械学習の識別性能はデータのバイアスや分析者の分析能力などに依存する面が大きく、機械学習の品質という言葉に違和感を持った。機械学習モデルそのものについては、ソフトウェア開発段階において新たにモデルを開発するというのではなく、ソフトウェアレベルでのモデルの開発者という概念はないと感じられる。現に、意図的にバイアスのかかったデータセットで学習させることで、誤った予測に誘導することも可能である。AIによるチャットボットが不適切な学習の末、ヘイトスピーチを発するようになった事件 (2016年) はそれにあたるとされる。これらは「AIの公平性 (Fairness)」の問題として知られている。

一方で、機械学習の識別・予測性能の評価については、交差検定や、混同行列による真陽性 (True Positive)、真陰性 (True Negative)、偽陽性 (False Positive)、偽陰性 (False Negative) などの評価法が確立している。また、ニューラルネットワークにおける重みを学習する際に、重みが形成される仕組みの理由付けを説明することが困難であるといういわゆる「ブラックボックス問題」がある。このブラックボックス問題は、特に医療分野や、金融、自動運転などのミッションクリティカルな分野へ応用するときには、「AIのアカウントビリティ (Accountability ;

説明責任)」の問題としてクローズアップされることが多い。

もう1つ機械学習の研究開発や社会実装を考える上で問題となる点は、「AIの民主化」の問題である。これは、AIの大衆化を意味する。すなわち、機械学習を実装する上で、さまざまなライブラリやフレームワークが開発され、機械学習の中身を知らなくても簡単なアプリを操作するだけで気軽にAIを操作できる時代になってきている。むしろ、機械学習の中身を学ぶことなく、気軽にアプリ感覚でAIを使っている人の方が多いのではと考える。こうなると、一種の占いや妖術と大して変わらなくなる。もう1つの「ブラックボックス問題」である。いくら手軽に使えるようになってきているとはいえ、占いや妖術感覚で、使われたのではその結果に影響が出てくる立場の人たちにとっては人権問題にもなり得る。これは、「AIの透明性 (Transparency)」の問題と言われるものである。たとえば、「AIの透明性」が担保されていても使用者がそれを見透かすことができなければ、救いようがない。

このような、機械学習の品質問題に関するいろいろな課題がある中で、本書を手にすることは機械学習の研究開発や社会実装を考える上で非常に意義深いと思われる。

本書の構成と内容

本書はこのようなソフトウェアの品質問題について、特に「教師あり学習」に関してまとめている。

本書は、以下の7章構成である。

第1章「データ利活用の時代」は、機械学習をめぐる社会的背景と、機械学習の概要を簡単に説明している。

第2章「機械学習ソフトウェアとその品質」は、機械学習の中でもニューラルネットをめぐる過学習などの問題点と、機械学習の品質について、国際規格 SQuaRE で規定された品質モデル（製品品質、利用時の品質、データ品質）の点から説明している。特に、「毒入れ攻撃」や、「敵対錯乱」、「妨害攻撃」などが品質の劣化要因となると説明している。ここでいう品質の劣化とは、予測・推論にかかわる正確性とロバスト性が影響を受けることをいう。

第3章「ソフトウェアテストの方法」は、プログラム検査の基本的事項について述べたあと、機械学習プログラミングの標準的検査法になっているメタモルフィックテストについて述べている。機械学習システムでは、訓練アルゴリズムが正しくモデルを構築できたかは、モデルのパラメータやモデルの精度で判断するのが難しく、テストオラクル（テストの成否判定メカニズム）を直接用意する以外の方法でテスト成否の判断をしなくてはならない。このようなシステムあるいはプログラムはテスト不可能プログラムと呼ばれる。メタモルフィックテストは、テスト不可能プログラムに対して疑似的にテストオラクルを用意する手法の1つで、「入力に対してある一定の変化を与えたときに、出力の変化が理論上予想できる」という関係（メタモルフィック関係（Metamorphic Relation））を利用して、複数の入力を用意しそれらの出力間を比較することでテストの成否を決める方法である。

第4章「データセット多様性」は、機械学習ソフトウェアの品質はデータセットに依存するが、データセットの品質を考えることは想像以上に困難であることを、偏りのある MNIST（Mixed National Institute of Standards and Technology database）デー

タを用いた分類予測実験を基に示している。つまり、訓練データセットに偏りがあると、期待と「異なる」学習を示している。

第5章「深層ニューラル・ネットワーク検査の実際」は、第3章のメタモルフィックテストおよび、第4章のデータセット多様性の具体的な適用事例について自動運転を用いて、深層ニューラル・ネットワーク検査手法の実際例を紹介している。

第6章「品質からみた敵対データ」は、機械学習ソフトウェアのロバスト性に影響を与える敵対データの問題を取り上げている。敵対データとは、機械学習ソフトウェアの分類に影響を与えるフェイクデータである。敵対データにより、機械学習ソフトウェアに誤予測を誘導することを敵対攻撃という。敵対攻撃には、敵対錯乱、目標明示攻撃、目標非明示攻撃があり、データ補完や学習方式の工夫、入力フィルタなどにより防御・検知できる。

第7章「機械学習ビジネス・エコシステム」は、機械学習ビジネス・システム開発業務の流れとその取り決めなどのビジネスを円滑に進めるための課題について述べている。さらに、価値共創プラットフォームとしての機械学習ビジネス・プラットフォームの例として、アメリカ、ヨーロッパ、台湾の例を紹介している。

本書をどのような人たちに推薦したいか

機械学習の開発や実装、運用にかかわる、あるいは、将来かかわりたい技術者や学生が、ぜひ目を通しておくべき重要な話題である。

(2020年12月19日受付)

石井一夫（正会員）
kishii@rs.sus.ac.jp

専門分野：ビッグデータ分析、計算機統計学、データマイニング、数理モデリング、機械学習、人工知能。2015年度本会優秀教育賞受賞、2019年度本会シニア会員、2020年（株）エヌ・ティー・エス学術顧問。日本技術士会フェロー、APECエンジニア、IPEA国際エンジニア、現在の所属は公立諏訪東京理科大学。





Simeone, A. : Substitutional Reality :

Using the Physical Environment to Design Virtual Reality Experiences

Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2015), 3307–3316.

DOI:<https://doi.org/10.1145/2702123.2702389>

VRと触覚

バーチャルリアリティ (VR) は、ゲームだけではなく、遠隔地間コミュニケーション、オフィス、医療応用等さまざまな分野へ応用が進んでいる。VRのデバイスやソフトウェアの低価格化も進み、より簡単にさまざまなVRコンテンツを作れるようになってきている。今最も主流なVRセットアップは、頭部搭載型ディスプレイ (Head-Mounted Display: HMD) を用いてVR世界に没入するものである。このセットアップにおいては、VR世界のモノに触れる際にどのように触覚を提供するかは古くから難問とされている。

世界中で多種多様な触覚デバイスや方法論が開発されているが、その中にパッシブハプティクス¹⁾と呼ばれる方法がある。これは、VR内のオブジェクトと同じ形状の物理オブジェクトを同じ場所に配置することで、VRユーザはそのVRオブジェクトを実際に触っているかのような感覚を得ることができる。ワイヤを用いた力覚提示やロボットを用いた遭遇型触覚提示など、数ある触力覚提示方法の中でも恐らく最も原始的な方法だと思われる。しかし、このパッシブハプティクスはVR内のコンテンツが変われば物理オブジェクトも置き換える必要があり、壁や家具等の滅多に動かないもの限定されることが多い。

しかしながら、このパッシブハプティクスはVR体験を豊かにするために絶大な効果を持つため、どうかして、もう少し柔軟に利用できないか、とい

う問いが生まれてきた。形状可変デバイスのような技術を使えば、コンテンツに合わせて動的に物理オブジェクトを変形し十分な触覚を提示できるが、本研究では、現実世界の構造や物理オブジェクトをそのまま有効活用することで、より簡単に、そしてより柔軟にパッシブハプティクスを実現するコンセプト Substitutional Reality を提供している。

Substitutional Reality

筆者がこの論文を選んだ理由はいくつかあり、参照が増えている (インパクトがある) といった点もあるが、1番は、Substitutional Reality (日本語に訳すとすると、代替現実: SR) という新たなコンセプトを定義し、パッシブハプティクスにとっても綺麗に結びつけたことである。実は、Substitutional reality system (代替現実システム) という言葉とコンセプトは、本論文の数年前に日本人研究者らによって数年先に発表されている²⁾ Substitutional の単語が意味するところの「代替」という考え方自体は似ているが、文献2では過去の情報をユーザに見せることで時間を置き換えているのに対して、本論文は現実世界のモノをVRコンテンツに置き換えている。両者とも似てはいるが、やはり異なる感覚や文脈での研究と捉えられる。VR関連の略語としてよく用いられるVR, XR, ARなどと並び、SR (Substitutional Reality) も登場しつつあるので、その言葉が将来定着するならば、本論文は、その流れを理解するにも役立つと考えられる。

論文のまとめ

この論文では、Substitutional Reality のコンセプトを立ち上げ、現実世界の物理的構造を有効活用し VR 世界の作る意義を主張するとともに、その際に発生する現実世界の物理オブジェクトと VR オブジェクトの不一致をどのように管理するのかを実験結果に基づいて論じている。先にも述べたが、パッシブハプティクスでは、VR 体験全体が、物理オブジェクトの形状や素材等に限られてしまうというデメリットがある。本研究では、それを解決する1つの方法として、あえて不一致を作り、VR ユーザを騙すという方法を考えている。なぜ騙せるかという点、実際に VR ユーザは物理オブジェクトを隅々まで触り尽くしてその形状を把握しているわけではないこと、HMD で自身の手も含め周囲は見え、HMD 内の VR コンテンツがかなり支配的になるからである。本論文では、物理オブジェクトと VR オブジェクトの不一致の程度を操作し、それらがどのように VR 体験に影響するかを体系的に調べている。

1つ目の実験は、VR 内でマグカップにワインボトルから飲み物を注ぐというシーンを題材にしたものである。被験者は HMD を装着して VR マグカップを持ち上げようとする。実験では、VR マグカップに対応する物理オブジェクトを複数個用意し、被験者は、VR マグカップ持ち上げる際に物理オブジェクトを持ち上げることになる。物理オブジェクトの条件は数種類あり、完全なレプリカ (VR のコンテンツと完全に 1:1 に対応したマグカップ)、審美性変化 (異なる素材、異なる温度など)、追加・代替変化 (異なるサイズ、持ち手が存在しないなど)、機能変化 (別の小箱など)、カテゴリ変化 (ほとんど関係がない球など) などを取り上げ、さまざまな観点での不一致を設定している。実験では、それらの不一致の程度が、どのようにユーザの体験の信憑性に影響するかを調べた。

実験 (被験者 20 名) の結果、さまざまな指標に

主効果が認められた。第1に、現実オブジェクトと VR オブジェクトの間に形状や機能等の不一致があった場合は、ユーザの VR 体験に影響することが分かった。さらに、興味深いデータも得られており、要約すると、

被験者は形が違うものに大きな違和感を持った。

被験者は温度に敏感で不一致を感じやすかった。

被験者はランプ、バスケット、素材違いのマグカップに触れていても、大きな疑いは持たなかった。

などである。このように許容できる不一致とそうでないものがあることが分かった。また、ほとんどの被験者は、現実オブジェクトが何だったのかは分かっていなかった。

2つ目の実験は、コンテンツとのインタラクションをより強めたもので、手元に握る現実オブジェクトと VR 内のオブジェクトの不一致が、ユーザの体験への没頭度にどのように影響するかを調べた。題材として、SF の VR 世界において、ユーザはライトセーバを持ち、周囲に飛ぶターゲットを切っていくシーンが取り上げられている。この実験も、実際に手に持つ現実オブジェクトとして3種類 (レプリカ (おもちゃのライトセーバ)、見た目やサイズ感が同じ傘、グリップが似ている懐中電灯) を用意し、これらによる違いを検証した。

実験の結果、被験者は、懐中電灯の場合が1番体験に没頭することができ、好きだと回答した。次に、レプリカ、傘の順である。本来であればレプリカが最も適切な現実オブジェクトだと思われるのだが、重いということと、そもそもライトセーバというこれまで経験のない架空体験をする今回のケースでは、異なる結果が示唆された。この実験においても、ほとんどの被験者が何を現実握っているか分からなかった。

この2つの実験結果を通して、本論文では、将来 SR を構築するためにデザイナーが注意すべき事項やガイドラインを提案している。以下は抜粋である。ユーザが触れる部分の機能の不一致は避けるべき



である。現実とVRオブジェクト間でその機能が維持されていれば、ほかの形状やサイズの変更自由度はある程度存在する。ランプはマグカップとよく似たハンドルがついていたため、信ぴょう性が高く評価された。また、ライトセーバの場合では、軽さという機能性が高評価につながった。

運動感覚は保持すべきである。VRオブジェクトより小さな現実オブジェクトは代替になりえなかった。しかし、大きいものについて悪影響はなかった。ただし、把持操作のときに手がVRコンテンツをすり抜ける様子を見せるべきではない。

VRオブジェクトの素材は現実オブジェクトの素材知覚に大きく影響する。VRの素材が不明であれば、現実世界で触れたオブジェクトの素材や重さが信頼できるかどうか判断し辛い。たとえば、重いVRオブジェクトを表示する場合は、鉄の現実オブジェクトを用いると重さに関する不一致が軽減される。

リアルな現実オブジェクトは必ずしも信ぴょう性を高めない。単純な代替オブジェクトの方がユーザーを没頭させる場合もある。ライトセーバに適した現実オブジェクトは軽量の懐中電灯であった。目的の

インタラクションを提供できるかどうかで現実オブジェクトを選ぶべきである。

以上のように、Substitutional Realityに向けて、デザイナーがどのような物理—VR不一致に注意しなければならないか、また常に精巧な現実オブジェクトを用意する必要がないことなどが示されている。これらは、今後の部屋規模VRにおけるハプティクスを生成するために重要な知見であり、本論文ではそれらが分かりやすく議論されている。

参考文献

- 1) Hoffmann, H. : Physically Touching Virtual Objects Using Tactile Augmentation Enhances The Realism of Virtual Environments, In Proc. VR '98, 59-63.
- 2) Suzuki, K., Wakisaka, S. and Fujii, N. : Substitutional Reality System : a Novel Experimental Platform for Experiencing Alternative Reality, Sci. Rep. 2 (2012).

(2021年8月9日受付)

.....

高嶋和毅 (正会員)

takashima@riec.tohoku.ac.jp

2008年大阪大学大学院博士後期課程修了。博士(情報科学)。現在、東北大学電気通信研究所准教授。ヒューマンインタフェースやバーチャルリアリティの研究に従事。



● 論文誌ジャーナル掲載論文リスト

Vol.62 No.10 (Oct. 2021)

【特集：ユビキタスコンピューティングシステム (X)】

- 特集「ユビキタスコンピューティングシステム (X)」の編集にあたって 村尾和哉 他
- 感染症流行時におけるスマートフォンを用いた大学生の身体活動量分析 西山勇毅 他
- 大規模ユーザの滞在情報に基づくエリアの特徴付けと COVID-19 による影響分析 庄子和之 他
- Predicting Next-use Mobile Apps Using App Semantic Representations Cheng Chen 他
- User Identification Method based on Head Shape using Pressure Sensors embedded in a Helmet Atsuhiko Fujii 他
- アクティブ音響センシングにおける環境温度変化にロバストな物体情報識別手法の検討 川崎祐太 他
- Joint position estimation for body pressure images during sleep : An extension for CPM using body area and posture estimation mashups Kei Iwase 他
- FollowSelect : 直観的なナビゲーションが可能な経路追従型のメニュー選択手法 榮井優介 他
- 反射型光センサアレイを用いた眼鏡型装置による作り笑いと自然な笑いの識別 齊藤千紗 他
- Interval-based Counterexample Analysis for Error Explanation Takahisa Toda 他
- Management and Network Orchestration for Edge/Fog-based Distributed Data Processing* Hiroki Watanabe 他
- 健康診断データを用いた生活習慣改善行動における価値推定の一手法* 濱谷尚志 他
- Risk Analysis of Cookie Sharing by Link Decoration and CNAME Cloaking* Yuta Takata 他
- 顧客成長を促す施策立案のための特徴転移型クラスタリングモデル 平野洋介 他
- 『紫駒』を用いた MinMax 探索によるガイスター AI の研究 川上直人 他
- 用例文間の意味的な類似関係を用いた半教師あり語義曖昧性解消 谷田部梨恵 他
- シャボン膜の表面張力波を利用した音の可視化と音高認識 中野航基 他
- Modeling of Pre-Touch Reaction Distance for Faces in a Virtual Environment Dario Alfonso Cuello Mejia 他
- Acceptability Evaluation of Inter-driver Interaction via a Vehicle Agent Using Vehicle-to-Vehicle Communication on a Driving Simulator Toshiyuki Hagiya 他
- LMBC : スポーツ史における史的書簡管理システムの設計と試作 伊藤秀昭 他

* : 推薦論文 Recommended Paper

† : テクニカルノート Technical Note



● 論文誌トランザクション掲載論文リスト

(Oct. 2021)

【論文誌 データベース Vol.14 No.4】

- ユーザのシチュエーションと振る舞いに基づく見逃しコンテンツリーダーとその評価 樽見彰仁 他
- 階層コード表現学習による上位下位関係の識別 水木 栄 他
- 複合イベントストリームのための特徴自動抽出 中村航大 他
- Dynamic Hyperbolic Embeddings with Graph-Centralized Regularization for Recommender Systems Kojiro Iizuka 他
- 被検索文書の絞り込みと補強, クエリ拡張に基づく統計データ向けアドホック検索 岡本 卓 他
- クエリと文書のフィールドを考慮した被引用統計データの検索 中野 優 他
- 分布型強化学習を用いたポートフォリオマネジメントにおける低リスク投資行動の学習 佐藤雅介 他
- 解析者の興味に基づく道路区間集計が可能な EV 推定消費エネルギーデータ解析システムの構築と応用 植村智明 他



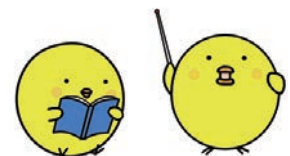
【論文誌 教育とコンピュータ Vol.7 No.3】

- 複数のプログラミング言語で記述可能なピクトグラムコンテンツ作成環境の提案と実装 伊藤一成
- 社内研修の評価及び人材育成の効率化を目的とした社内 SNS の分析 芳賀あかり 他



【論文誌 デジタルプラクティス Vol.2 No.4】

- 非定型業務における意思決定支援システムの適用ステップの提案と実践 中山義人 他
- アジャイルマインド学習プログラムの効果把握に向けた受講者の質的データ分析の実践報告 田中貴子 他
- アジャイル開発を取り入れた協調的分析プロセスの提案と生産工場での実践 廣瀬雅治 他
- ミドルウェア製品開発に対する自動バグ修正技術の適用事例 池田 翔 他
- The Development and Practice for Exhibiting an HCI Device in a Public Space - A Case Study of Sight : A Sonification Device Towards a Visual Perception without Eyes - Naoki Wake 他
- ユーザに変更を要求せずにシステム変化に追従可能な SSH プロキシサーバ sshr の開発 鶴田博文 他





連載

★ Jr.

先生、質問です!



tachyon
大学院生

資金獲得などで、成功するコツがあれば教えてください(心がけていたことや、やって良かったことなどあれば……).

Q

資金獲得など、というのが、いわゆる「競争的研究資金」のことを意味しているのかはつきり分かりませんが、たぶんそうだとお答えします。

まずは、資金獲得を目指す目的があるだろうと思いますので、その目的によく適合する競争的資金を選んで応募するというのが大事だと思います。大学院生ということですので、たとえば「研究者として自立するまでの経済的支援を受けたい」ということであれば、日本学術振興会(JSPS)特別研究員への応募が考えられます。その場合は、研究分野は問いませんが、良い博士論文になりそうな研究計画を提案できているか、その計画に沿った成果(学会発表や論文等)が徐々に始めているか、という点が重視されると思います。

一方、もしも「何か実現したい具体的なアイデアがあって、そのための開発資金が欲しい」ということであれば、IPAの未踏事業などが応募先として適しています。そちらでは、既存の学問の枠に収まらない突出した人材の発掘を狙っているので、論文業績よりも、独創的で社会的インパクトのあるアイデアかどうかと、それを実現する能力がありそうかどうかと問われます。

ほかにもJST、NEDOなどの公的機関や民間企業の競争的資金がありますが、対象分野が定められている場合があり、応募条件がそれぞれ異なるので、よく調べて応募するのがよいと思います。

競争的研究資金はコンテストや競技会とは違って、競争を勝ち抜いたら終わりではなく、むしろそこからが始まりで、計画を実行して成功させることが求められます。もちろん研究ですので必ず計画通りに行くとは限りませんが、少なくとも資金提供者に対する説明責任が生じます。自分が心からやりたいと思える研究課題でないと、うまく行かなかったときに辛くなってしまいかもしれません。通ったときに困るような無理なことは申請書に書かない方がよいでしょう。なぜ自分だったらこれを実現できるのかという客観的な理由(これまでの実績など)をアピールできれば、審査員も採択しやすいと思います。

申請書を執筆しているときは一生懸命に良い文章を書いたと自分では思いがちですが、一晩頭を冷やしてから、審査員になったつもりで客観的に読み直してみると、用語が分かりにくいとか、根拠が弱いとか、いろいろ見えてくることが多いので、少し時間的余裕をもって準備した方がよいでしょう。また、自分の能力を熱心にアピールすることは大事ですが、根拠のない自慢になってしまうと心に響きません。論文業績や受賞など、客観的なエビデンスを挙げて淡々と説明し、自分が適任であることを切々と訴えてくる申請書は強い印象を与えます。日頃からコツコツと地道に研究成果を積み上げていくことが、次の資金獲得への可能性を高めることにつながると思います。



湊 真一

[正会員]

京都大学

A

A



牛久祥孝

【正会員】

オムロンサイニック
エックス(株) /
(株) Ridge-i

で回答の前に「お前は回答者に資する資金獲得実績があるのか」というツッコミが考えられるので、資金獲得経験を述べます。主たるところを述べると、代表として科学技術振興機構 (JST) の ACT-I およびその加速フェーズ 2,300 万円、分担として日本学術振興会 (JSPS) 基盤 (S) の約 2,200 万円、および JST 未来社会創造事業の探索・本格で計 14,500 万円程度というところまで。決して額が大きいという認識ではありませんが、色々と試行錯誤している立場としてご回答できるのかなと思っております。

取り組みとしては、要項や申請書ハウツー本の読み込みはすでにやっている前提として、「構造を明らかにする」「仲間を集める」「諦めない」の3つに集約されると思います。

まず「構造を明らかにする」という点。見出しや強調のまったくないテキストのベタ書きは論外としても、過剰な修飾を行った申請書は逆に読みにくいです。重要なのは、背景や研究項目、その計画などの項目をノードとしたときにそれぞれの子ノードが何なのかがハイライト部分だけで分かることと、それらの子ノード同士の接続が項目間で明らかにされている状態です。

次に「仲間を集める」という点。個人で獲得する資金もありますが、グループで狙う資金の方が多いのも事実です。常日頃の学会等のイベントで知己を増やしていくのが必須になります。

そして最後に「諦めない」こと。上記のように今獲得している分では 2 億円程度になりますが、申請したものが全部通っていたら 8 億円程度になったと思います。要するにそれだけどんどん落ちていくので、振り返って修正しながらどんどん出していくことです。

制限文字数を超過してしまった……端的に述べたので伝わりにくい部分があったかもしれませんが、何らかの参考になれば幸いです。

この質問を受けて、私自身のことも振り返ってみようと思い、府省共通研究開発管理システム (e-Rad) にアクセスしてみました。

e-Rad が稼働して以来、私が申請した研究費は 60 件ありました。

そのうち、採択された件数は 19 件、つまり採択率は 32%です。

科研費の採択率が 20 ~ 30%程度ですので、それより少し良い程度にすぎません。

【仮説 1】 数を打つことで、ある程度の採択件数は稼ぐことができます。

(……野球と違って、何度でも打席に立つことができるのですから)

もう一つ、面白いことに気づきました。

私は当初から独立した研究室を持っていましたが、私が代表者として申請した件数が 21 件、分担者として申請した件数が 39 件と、ほかの代表者の陰に隠れて申請したものが倍近くあったのです(ちなみに、分担の採択率は 28% に対して、代表の採択率は 38%)。

【仮説 2】 数を打つためには、自分が代表になるだけでなく、いろいろな人と交流を持ち、研究チームの一員になれるような、分かりやすい得意技や守備範囲があればいいのかもしれない。

この、「チーム」という言葉は、もっと大きい意味でも重要だと思います。競争的資金がどのように用意され、選考されるかを考えると、同じ研究分野のリーダ的研究者が国などから予算を確保し、選考は同じ研究分野の誰かがするわけです。そして選考される側はほとんどの場合、匿名ではありません。

【仮説 3】 研究費の申請は、一発勝負の試験ではなく、いわゆる中高生の内申点のような、「日ごろの行い」が重要なのかもしれません。

ただし、この「日ごろの行い」とは、おべっかを使うとかゴマをするというような、短絡的なものではありません。

研究コミュニティで、どのように自分の得意技や守備範囲を伝えられているかということ、そしてそれにも増して、一度研究費を獲得したらしっかりと実績を出し、スポンサーである国などに科学的に貢献する姿勢が、研究キャリア全体を通して見られるのだと思います。資金獲得はあくまで、国などからの借金だと思うのです。

A



井上創造

【正会員】

九州工業大学大学院
生命体工学研究科

「先生、質問です！」
への質問はこちら



<https://www.ipsj.or.jp/magazine/sensei-q.html>



ACM CHI 2021 会議報告 (2)

CHI 2021 会議報告第2弾: プログラムの観点から

ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI) は、人間と情報技術との相互作用を研究する Human-Computer Interaction (HCI) 分野の中でも最も重要な国際会議の1つである。参加者数は CHI 2019 で 3,855 人、初めてオンラインで行われた CHI 2021 では 5,147 人であり、国際会議としてもかなり規模が大きい。

前回¹⁾に引き続き、本記事では CHI 2021 の会議報告を行う。今回は General Chairs 補佐を務めた池松香氏から実施形態に関する報告であった。今回は Technical Program Chairs (以下 TPCs) 補佐を務めた私からプログラム編成の話題を中心に報告を行う。

CHI 2021 のプログラム全体像

CHI のプログラムは多岐に渡る。CHI 2021 では表 -1 に示す 13 のプログラムが用意された。厳格な査読プロ

セスを経て採択される Papers と、比較的新しいアイデアを発表して議論するための場である Late-Breaking Work (LBW)^{☆1} は特に発表件数が多く、CHI の中心的プログラムといえる。表中に示す通り、審査方式には "Formally reviewed" (専門家による厳格な査読プロセスを経るもの)、"Juried" (専門家による簡易的な査読プロセスを経るもの)、"Curated" (Chairs の判断によるもの) のカテゴリが存在する。なお、本年度は Workshops/Symposia の採択件数が例年よりも多い。これは、オンライン開催となったために物理的に割り当て可能な部屋の数の制約がなくなったためである。各プログラムに専属の Chairs が任命されており、初めてのオンライン開催で不確かなことが多い中大変なご尽力をいただきすべてのプログラムが無事実施された。

タイムゾーンにかかわらず全発表を聴講可能な 24 時間プログラム

CHI 2021 のプログラム編成で最も特徴的な取り組みとして、プログラムを 24 時間体制で組んだ点が挙げられる。これは、住んでいる地域によって生じ得る不公平を小さくすることを目的としたものであり、CHI がきわめて重要視しているインクルーシブの理念を反映したのものにもなっている。

問題点: タイムゾーンによる不公平

たとえば、もし多くの参加者が住んでいる地域のタイムゾーンを前提としてその日中にプログラムを組んでしまうと、別のタイムゾーンでは深夜帯に一部または全部が被ってしまう可能性がある。これでは他の地域からの参加者が不利になり、ともすれば少数派ほど排除されて

☆1 位置付けとしてはいわゆるショート論文のイメージに近いかもしれない。

表 -1 CHI 2021 のプログラム全体像

プログラム	審査方式	従来の発表形式	CHI 2021 での発表形式	採択件数 / 投稿件数
Papers	Formally reviewed	登壇	Webinar	747 / 2,845
Case Studies	Juried	登壇	Webinar	26 / 118
alt.chi	Juried	登壇	Webinar	30 / 50
Late-Breaking Work	Juried	ポスター	Zoom	267 / 688
Interactivity	Juried	デモ	Zoom	44 / 104
Workshops/Symposia	Curated	その他	Zoom	50 / 76
SIGs	Curated	その他	Zoom	10 / 13
Panels	Curated	その他	Zoom	6 / 11
Courses	Curated	その他	Zoom	24 / 29
Doctoral Consortium	Curated	その他	Zoom	10 / 46
Student Research Competition	Juried	ポスター / 登壇	Zoom	15 / 44
Student Game Competition	Juried	デモ	Zoom	10 / 38
Journals	Curated (Invited)	登壇	Webinar	36 / (N/A)

しまうという、インクルーシブの理念と反した状態になるという問題点がある。また、深夜帯に参加することが難しいために、観たい発表を見逃してしまう、あるいは自身の発表が特定の地域の参加者から見逃されてしまうという問題点がある。

解決策：3つのタイムスロットのうち2つで発表

以上の問題点を踏まえ、TPCsの一人である五十嵐健夫氏の発案のもと、CHI 2021では次のような方法で24時間体制でのプログラム²⁾を組むことになった。キーとなるアイデアは、各日の24時間を8時間ごとに3つの時間帯に分けておき、各発表者にはそのうち2つの時間帯を選んで発表してもらうというものである。どのタイムゾーンにいても、3つのうち2つの時間帯には無理なく参加できるだろうということを仮定している。

具体的な様子を図-1に示す。各時間帯について、最初の2時間を登壇発表のタイムスロット(A, B, C)、次の2時間をデモ・ポスター発表のタイムスロット(D, E, F)、残りの4時間を休憩時間とした。たとえば、私が著者に含まれる論文は"Computational Physical Interaction"という論文セッションに含まれており、このセッション自体は1日目のA, B, Cのタイムスロットで合計3回実施された。そのうち、我々はタイムスロットA(日本時間08:00-10:00)とタイムスロットB(日本時間16:00-18:00)で合計2回発表を行った。

利点と欠点

このアプローチの主な利点は以下の通りである。

- 発表者は深夜帯に発表しなくて済む。

- 聴講者は深夜帯に聴講しなくても任意の発表を聴講することができる。

このアプローチの主な欠点は以下の通りである。

- 発表者への当日の負担が倍増する。
- すでに聴講した発表を重複して聴講してしまう可能性がある。
- 制度が複雑で分かりにくい。

実施したあとの反応を見る限り、発表者への負担が大きかったという意見は挙がっていたものの、タイムゾーンにかかわらず全発表を聴講可能にし、深夜の発表を避けるという点については期待通り効果があったようである。

オンラインポスター発表の待ちぼうけ回避策

オンライン学会におけるポスター発表の在り方は、オンラインが当たり前になった今なお未解決の課題である。特に、ポスター発表で聴衆が来るのを待っていたが、誰も来ず、結局そのままポスター発表の時間が終わってしまったという悲しい話を多方面から聞く。このような待ちぼうけ問題は、参加者の多い主要国際会議でも起きている。もし自分が研究を始めたばかりの学生だったとして、初めての国際会議発表で、英語でのやりとりがスムーズにできるよう何度も練習して、緊張しながら臨んだポスター発表が、まさか2時間の待ちぼうけで終わってしまったのだとしたら、学会に参加する意義を感じられず、その後の研究意欲を失ってしまったかもしれない。

そこでCHI 2021では、ポスター発表における待ちぼうけを回避することを目的として、似たトピックの複

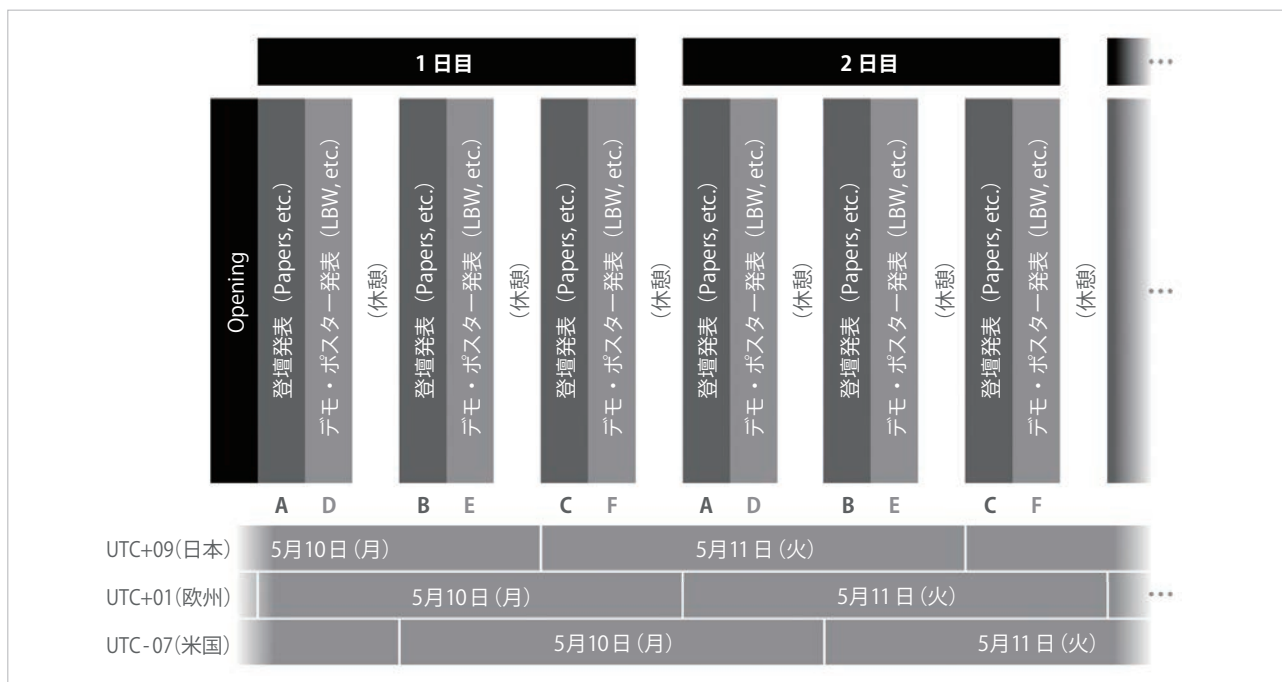


図-1 24時間プログラムの様子。各発表者は、8時間置きに均等に分けられた3つのタイムスロット(登壇発表であればA, B, C)のうち、2つのタイムスロットを選んで発表する。

数のポスター発表をまとめて1つのZoom会議室に割り当てるといった方式をとった。具体的には、LBWでは3件で1つのZoom会議室とした。この方式により、少なくともトピックの近い研究をしている発表者3人と担当の学生ボランティア1人の合計4人が会議室にいる状態になり、お互いにポスター発表して議論し合ったり、あるいは雑談をしたりすることで、少なくとも誰とも会話せずにポスター発表を終えるという事態を避けることを狙った。

結局この方式が良かったのかどうか結論付けるのは難しい。私が見聞きした限り、少なくとも最初の30分程度は互いに議論し合うことでただ不毛に待つ時間は回避できていたようである。一方で、ある特定のポスター発表だけを聞きたくて入室したにもかかわらず、入室のタイミングで別のポスター発表をしていた場合はそれが終わるまで待つ必要がある、3件のポスター発表すべてを聞き終わるまで退室しにくいなど、聴講側としては不満の声もあったようである。

新しく追加された Subcommittee

HCI分野の特徴の1つに幅広いトピックを扱っている点がある。そのため、CHIのPapersの査読にはSubcommittee方式が取り入れられており、それぞれの投稿論文は、基本的には投稿時に自己申告したSubcommitteeの中で査読され、最終的な採否が決まる仕組みになっている。

CHI 2021では、従来の13のSubcommitteeに加え、新たに"Critical and Sustainable Computing"と"Computational Interaction"の2つのSubcommittee

が追加された。前者は社会正義や持続可能性といったトピックに関連するHCI研究を受け入れるものである。後者は数理技術を用いて人と情報技術のインタラクションを理解・説明し、また新たなインタラクションを設計する研究を受け入れるものである。Subcommitteeの新設はHCI研究の潮流の一側面の表れと考えられる。

CHI 2022で導入される新しい査読プロセス

CHI 2021のPapersでは従来通りリバットル制度^{☆2}が実施された。一方、CHI 2022では新しい査読プロセスであるRevise and Resubmit (R&R)³⁾が導入される。これにより、出版される論文の質や採否の判断時の公平性の向上が期待されている。

参考文献

- 1) 池松 香 : ACM CHI 2021 会議報告 (1), 情報処理, Vol.62, No.10, pp.572-573 (Oct. 2021).
- 2) CHI 2021 Global Schedule | CHI 2021. URL: <https://chi2021.acm.org/information/4934.html>
- 3) Papers Review Process | CHI 2022. URL: <https://chi2022.acm.org/for-authors/presenting/papers/papers-review-process/>

^{☆2} 査読コメントに含まれる誤解等に対し著者から反論する機会が与えられ、それを踏まえて採否が議論される制度。



■ 小山裕己
(産業技術総合研究所)



▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。

新型コロナウイルス感染症については、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。またコロナワクチンに関する情報は首相官邸のウェブサイトをご確認ください。※非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



ネットの誹謗中傷問題は解消するのか？～プロバイダ責任制限法改正と今後の課題～

♡ 7



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年7月28日 16:28





小向太郎（中央大学国際情報学部）

▼ 目次

誹謗中傷とプロバイダ責任制限法改正

欧米の議論と媒介者責任

媒介者責任に関するルール

誹謗中傷とプロバイダ責任制限法改正

インターネット上の誹謗中傷問題が、注目されている。去年は、SNS上で激しい個人攻撃を大量に受け、自ら命を絶ったという痛ましいニュースが大きく報じられた。また、新型コロナウイルス感染症などに関する、社会不安をあおるようなデマや誹謗中傷も、あとをたたない。

この問題について、総務省は「インターネット上の誹謗中傷への対応に関する政策パッケージ」を掲げて政策を推進しており、2021年4月にはプロバイダ責任制限法を改正して、発信者情報開示制度の見直しを行っている。

誹謗中傷等の被害者が法的な責任を追及しようとしても、発信者の情報が入手できなければ提訴ができない。プロバイダ責任制限法（正式名称：特定電気通信役務提供者の損害賠償責任の制限および発信者情報の開示に関する法律）は、発信者情報開示請求の制度を設けている。しかし、情報が発信されているSNSや掲示板の管理者には、IPアドレス等のアクセス情報しか分からないことも多い。そのIPアドレスを誰が使っていたのかを確認するためには、インターネット接続を提供しているISP等にも開示請求を行う必要がある。したがって、被害者が発信者の情報を取得するには、複数の事業者に対して訴訟を起こさなければならない。これは費用や時間の面で大変なコストがかかるため、より簡便な手続きによって発信者の情報開示を求める制度が求められていた。

今回の法改正によって、「新たな裁判手続き（非訟手続）」が新設され、裁判所が1つの手続きで複数の事業者に、開示命令を出せるようになる。また、ツイッター等のSNS事業者がサービスにログインしたときの情報（IPアドレス等）しか保存していない実態を踏まえて、ログイン時の情報も開示対象としている。さらに、請求を受けた際の発信者への意見照会では、開示を拒否する理由もあわせて問い合わせることになった。

新しい制度によって開示手続きの迅速化が期待されるが、実際に発信者情報開示請求訴訟に携わってきた実務家からは、本当に時間やコストの削減になるのか、懸念する声もあがっている。たとえば、開示請求にあたっては、事業者のシステムや

運用を踏まえて、適切に開示対象情報を特定する必要がある。また、発信者情報開示請求は海外の事業者に対して行うことも多く、そのための手続なども相手国によって異なる。裁判所が、それぞれの事案に応じて、どの程度踏み込んで行ってくれるかということになる。いずれにしても、今後の運営が非常に重要になる。

欧米の議論と媒介者責任

ところで、インターネット上の不適切な情報については、欧米でも活発に議論がされている。米国ではISPやSNS事業者が原則として免責されることを定めた通信品位法230条（CDA : Communication Decency Act, 47 U.S.C. §230）が厳しい非難にさらされ、改正が議論されている。欧州委員会が2020年12月に公表したデジタルサービス法案（Proposed Regulation on Digital Service Act, COM/2020/825）でも、事業者の義務を明確化する規定が提案されている。これらの議論で中心になっている論点は、次のようなものである。

- ①事業者はどのような場合に削除等の義務を負うべきか
- ②事業者はどのような場合に削除等の権限を持つべきか
- ③明らかに違法な情報以外についても対応を求めるべきか

日本では、こういった削除義務や削除権限に関する議論は必要ないのか、そもそもどのような場合に法的な削除請求等が認められているのか、こういった疑問が湧いてこないだろうか。

電子掲示板上で誹謗中傷が行われたことについて管理者の責任が問われた場合に、裁判所は、管理者に削除義務があるのに削除をしていないのであれば責任を負

う、という考え方をとってきた（ニフティ現代思想フォーラム事件・東京高判平成13年9月5日、産能大学事件・東京地判平成20年10月1日等）。権利侵害について知っているか、当然知ることができたであろうと思われる場合に、一定の期待される対応を行わなかった事業者が損害賠償責任を負うのは、このような場合には削除等を行う法的義務があると考えられているからである。

ただし、権利侵害等を助長するような「匿名掲示板」については、損害発生を防止する義務があるとして、常に注意を払い、権利侵害があれば直ちに削除する義務があるとしている（2チャンネル対動物病院事件・東京高判平14・12・25、学校裏サイト事件・大阪地判平20・5・23等）。

一方で、ツイッター等の大きなプラットフォーム事業者に対しては、プラットフォーム上の情報発信について損害賠償請求を求めて争われることがほとんどなく、情報の削除だけが請求されることが多い。ツイッターに対してプライバシーにかかわる投稿の削除を求めた事案では、「当該事実を公表されない法的利益と各投稿記事を一般の閲覧に供し続ける理由に関する諸事情を比較衡量して判断すべき」であり、削除を求めることができるのは、「比較衡量の結果、当該事実を公表されない法的利益が優越することが明らかな場合」に限られるとしている（ツイッター投稿削除請求事件：東京高判令和2年6月29日）。

このように、SNS等の媒介者に情報の削除を求めた場合に請求が認められるのかどうかは、その媒介者の性格によって結論が異なる。しかし、どの事業者がどのような義務を負うのかについて、明確な判断指標があるわけではない。プロバイダ責任制限法も、責任が問われない条件を限定的に規定しているに過ぎず、どのような場合に削除を求めることができるのかについて、答えを示すものになっていない。

媒介者責任に関するルール

日本におけるインターネット上の誹謗中傷対策で、制度的な見直しが具体的に検討されているのは、発信者情報開示請求についてだけである。もちろん、相手方が分からないために、被害を受けた人が法的救済を受けられないような事態は、なくさなければならない。ただし、そもそも日本で訴訟を起こすことは、少なくとも一般人にとってかなりハードルが高い。発信者情報開示請求制度の改善だけで、誹謗中傷問題が解決すると考えるのは無理がある。

現在のところ、その他の問題については、リテラシーの向上、事業者の自主規制、苦情対応の改善といった、いわば自主的な取り組みによって解決しようとしている。法的な媒介者責任の在り方については、自主的取り組みが有効に機能していると認識されているためか、そもそも問題になるプラットフォームが米国のものであるからか、総務省の所掌ではないからか、あまり検討されていない。

しかし、プラットフォーム、SNS、ISPといった媒介者が、対応の基本方針を考える際に、最も重視する基準は、自社にどのような法的義務・権限があるかということである。訴訟外の対応についても、いわばデフォルト状態を作る効果がある。それにもかかわらず、日本では、事業者の削除義務や削除権限について、法的な基準が明確になっておらず、十分な議論も行われていないのが現状である。

インターネット上を流通する情報は今後も増大し、それによる問題はより深刻なものになっていく。インターネット上の媒介者責任についても、立法等による明確化を検討すべきである。

(2021年7月16日受付)

(2021年7月28日note公開)

■小向太郎（正会員）

中央大学国際情報学部教授。情報通信総合研究所取締役法制度研究部長，早稲田大学客員准教授，日本大学教授等を経て，2020年より現職。1990年代初めから，情報化の進展によってもたらされる法制度上の問題をテーマとして幅広く研究を行う。著書として『情報法入門（第5版）デジタル・ネットワークの法律』（NTT出版，2020年），『概説GDPR—世界を揺るがす個人情報保護制度』（共著，NTT出版，2019年）など。



大学入学共通テスト実施大綱の予告に関する 本会の意見について

♡ 16



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月16日 13:03



萩谷昌己（東京大学）

2021年7月30日、文部科学省は2025年の大学入学共通テストに「情報」を出題教科として、「情報I」をその科目として定めることを正式に発表しました
(表-1)。

表-1 令和7年度大学入学者選抜に係る大学入学共通テスト実施大綱の予告において定める出題教科・科目

教科	グループ	出題科目
国語		『国語』
地理歴史		『地理総合, 地理探究』, 『歴史総合, 日本史探究』, 『歴史総合, 世界史探究』, 『地理総合, 歴史総合, 公共』
公民		『公共, 倫理』, 『公共, 政治・経済』, 『地理総合, 歴史総合, 公共』(再掲)
数学	①	『数学Ⅰ, 数学A』, 『数学Ⅰ』
	②	『数学Ⅱ, 数学B, 数学C』
理科		『物理基礎, 化学基礎, 生物基礎, 地学基礎』, 『物理』, 『化学』, 『生物』, 『地学』
外国語		『英語』, 『ドイツ語』, 『フランス語』, 『中国語』, 『韓国語』
情報		『情報Ⅰ』

これに呼応して本会では2021年8月4日に以下の意見を会長名で表明しました☆1.

文部科学省が2021年7月30日に「令和7年度大学入学者選抜に係る大学入学共通テスト実施大綱の予告」を通知しました。その中で、出題教科として「情報」が定められたことを本会は歓迎します。

これを受けて多くの大学が入試に「情報」を採用することを期待します。
なお、大学入学共通テストの「情報」については、ほかの出題教科・科目とは独立した時間帯において、60分程度の試験時間が設定されるべきだと考えます。

本会は、今後とも、情報教育の推進に全面的に協力してまいります。

本稿では、この意見の背景を説明するとともに、多くの大学が入試に「情報」を採用すべき理由を繰り返し述べます。

文部科学省の発表に先立って、2021年3月24日に大学入試センターが上記の予告のもとになった検討の結果を発表しました。それに対して本会では3月29日に会長名で「そこに示された『情報を出題科目とし一つの試験時間帯として実施すること』に賛同する」と表明しました。それに遡る2020年12月2日には、大学入試センターより本会に情報提供された「情報」の試作問題に対して、試作問題を評価するとともに同様の意見の表明を行いました。さらに遡る2020年3月26日にも、今回の決定に至る検討が文科省と大学入試センターによって行われている最中、同様の意見を会長名で表明しました。また、2018年3月9日には、上記の意見表明のもととなる「大学入試センターが実施する試験における『情報』出題の提言」を会長名で公表しました。このように、本会は一貫して共通テストへの教科「情報」の追加を主張し続けてきました。

その理由は2020年3月26日の意見表明の中で明確に述べられています。すなわち、AIあるいは数理・データサイエンスを含む情報分野の素養は「情報社会に生き

る市民」が共通して身につけておくべきものであり、「情報」はそれらの基礎を学ぶ教科です。すべての大学学部学科において、それぞれの学習および研究はその基礎の上に展開されていることを鑑みるならば、「情報」の定着を大学入試で測ることは高等教育にとってまったく適切です。

教科「情報」については、高等学校の準備状況、特に地域間、学校間の格差を懸念する声を大学関係者の間でよく聞きます。しかしながら、全都道府県で情報科の教員の採用がすでに始まっていること、大学入試センター等においてさまざまな経過措置が検討されていることなどから、むしろ共通テストに「情報」が加わることにより、そのような格差は低減されると期待されます。そして、多くの大学が入試に「情報」を採用すれば、ますます格差は小さくなり、日本全国どこでも一定の水準の情報教育が実施される状況が現実となるでしょう。

情報分野の専門教育にとっては、教科「情報」は基礎の基礎であり、その入り口でしかありません。しかしながら、全国的にその教育が充実すれば、情報分野を目指す生徒たちの裾野が現在と比べて圧倒的に広がります。すなわち、共通テストに「情報」が加わることは、情報分野にとってもほかのすべての分野にとっても、メリットが大きいのです。

☆1 「令和7年度大学入学者選抜に係る大学入学共通テスト実施大綱の予告」に関する意見：https://www.ipsj.or.jp/release/20210804_kyotsutest.html

(2021年8月5日受付)

(2021年8月16日note公開)

■萩谷昌己（正会員）

東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻教授、Beyond AI研究推進機構機構長。2016年より2020年まで本会情報処理教育委員会委員長。2020年より本会副会長。2011年より2017年まで日本学術会議会員。2017年より日本学術会議連携会員。

▲ **新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。**

新型コロナウイルス感染症については、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。またコロナワクチンに関する情報は首相官邸のウェブサイトをご確認ください。※非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



未踏の第27期 スーパーヒーローたち：編集にあたって

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:03



竹内郁雄（IPA未踏IT人材発掘・育成事業 統括プロジェクトマネージャ）

未踏事業で採択され、優れた成果や成長を示した人たちを未踏スーパークリエイターと呼ぶ。この認定は2021年で27回目となる。突出した才能を持つスーパークリエイターを広く産業界や学界に知っていただきたい、というのがこの年次報告の狙いである。

第27期の未踏クリエイターは計31名（20プロジェクト）で、そのうちの21名（15プロジェクト）がスーパークリエイターとして認定された。2014年から認定率は右肩上がりに増え続けとうとう67.7%と、全体の2/3を超えた。これはそもそも採択されるクリエイターの質が毎年少しずつ上がっていることの顕れだろう。実際応募倍率も少しずつ伸びている。

今期は高校生1名（昨年は1名）、女性3名（昨年は1名）が認定された。女性比率が少ないとよく指摘されるのだが、今年は女性全7名中の3名ということで、ほんの少し改善されたということになるのだろうか。

今期も低レイヤからWebアプリまで幅広くバランスよくスーパークリエイターが選ばれた。

2019年年度もそうだったが、今期もコロナ禍に悩まされた。結局、担当のプロジェクトマネージャ（以下PM）と一度も直接会えなかったクリエイターが何人かいた。それでも、全体的に成果の質が落ちなかったことは、予想外の収穫（？）である。ソフトウェアだけならともかく、最近はハードウェア試作をしないといけないうプロジェクトが比較的多く、複数人プロジェクトでのリモート開発が難しいことも

一杯あったと思う。ここにポストコロナのヒントがあるかもしれない。

この紹介記事は今回で10回目という節目を迎えた。「情報処理」も、Web化への大きな転回をしたところである。今回からは、担当PMにスーパークリエイータの紹介をWeb記事として書いていただき、この導入記事からは、そこへのリンクを貼ることにした。それぞれの紹介には短い統括PM追記として、お邪魔かもしれないが、少しエピソード的な情報を追加することにした。

リンクの紹介は、これまでに倣い、クリエイータを代表者の50音順とする。タイトルは正式なものではなく、「名は体を表す」キャッチに変えてもらった。なお、2021年2月20～21日の2日間にオンラインで開催された成果報告会（Demo Day）のすべての動画はIPA channel (<https://www.youtube.com/user/ipajp/>)で見ることができる。最近のプロジェクトはデモなど、動画で見ないと面白さや意義が分からないものが多いので、興味を持たれた方、スーパークリエイータ以外の発表にも関心がある方は、つまみ食い的に見ることもできるので、ぜひそれをご覧いただきたい。もちろん、少し過去のプロジェクトの動画も見ることができる。

(2021年6月30日)

(2021年8月15日note公開)

■ 上田侑真

ソフトウェアのインストールが不要なNIC型セキュリティ機構

■ **大淵雄生**

アイデアを誰でも高速に形にできるノーコードソフトAxStudio

■ **岡南直哉, 中村龍矢**

次世代分散型アプリケーションプラットフォームのためのプロトコル開発支援システム

■ **近藤耕太**

宇宙ごみの運動推定のための実証衛星

■ **酒井 俊**

スマートフォンで完結するバスの運行情報提供システムFindYourBus

■ **篠田和宏, 佐野由季, 原田珠華, 安齊 周**

着られる手書き文字入力デバイスwearbo

■ **菅野龍太**

VRを用いた野球球審ジャッジトレーニング

■ **杉山優一**

ハードウェアセキュリティ検査システムMicroFuzz

■ 関根史人

誰でも簡単に使えるカット加工機TinyFabrica

■ 妹尾卓磨

非専門家でも手軽に使えるデータ駆動型深層強化学習ライブラリ

■ 秀島裕樹

アルゴリズムック・ロボットデザイン

■ 平井龍之介

シェーダライブコーディング・アーカイブシステム

■ 松井菜摘

ヘアアイロン使用補助システムColor-Path

■ 森田崇文, 靱山陽紀, 栃本祥吾

チョーカー型汎用触覚デバイス

■ 和田優斗

強力なグラフィック機能を備えた組版処理システムTwight



ソフトウェアのインストールが不要なNIC型セキュリティ機構

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:04



上田 侑真 (うえだ ゆうま)

上田君はネットワーク・インタフェース・コントローラ（NIC）型の独自PCIeデバイス「BuboFPGA」を開発し、ホストコンピュータ上のメモリの内容を遠隔からDMAで取得できるシステムを構築した。今回開発したBuboFPGAデバイスを監視対象のホストコンピュータ（Target）に挿すだけで、遠隔の管理マシン

（Monitor）からホスト側のメモリの内容を後述するLibBuboとVolBuboフレームワークを用いて逐次監視・復元し、リアルタイムでマルウェアを検知できる仕組みである（**図-1**）。

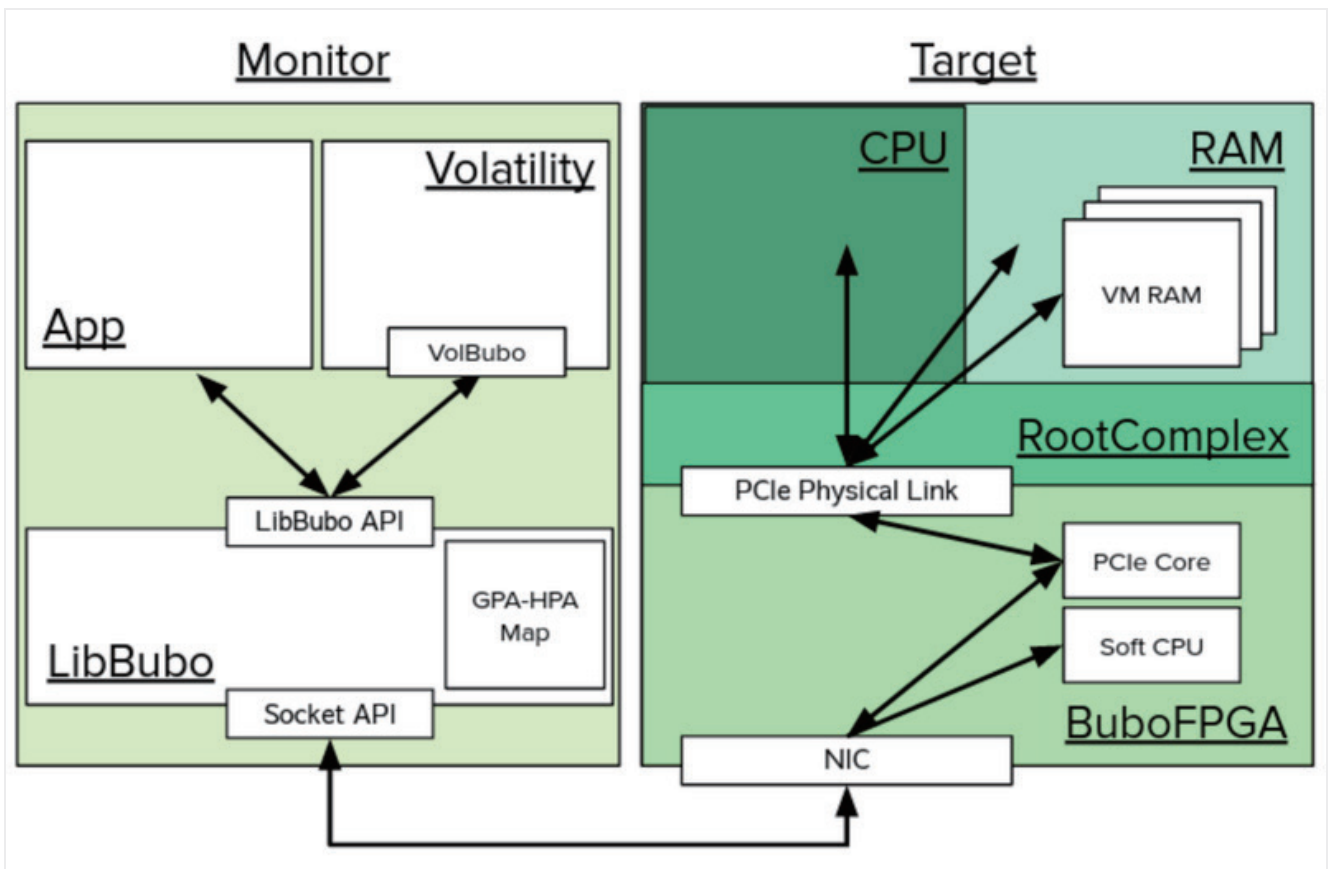


図-1 開発したBuboFPGA関連システム構成図

(1) BuboFPGAはTargetのメモリ空間の取得を行うハードウェアで、Xilinx Kintex-7 KC705 FPGA評価ボードを使ってバージョンアップを繰り返し、大変苦労しながら実装した(図-2)。メモリ空間の取得は、BuboFPGAがNICを通じて受信したTransaction Layer Packet (TLP) をそのままTargetのルートコンプレックスまで中継し、CPUを介さずにDMAを行い、返されたメモリ上のデータを含むTLPをそのままMonitorまでUDPにカプセルリングして返すことで実現している。

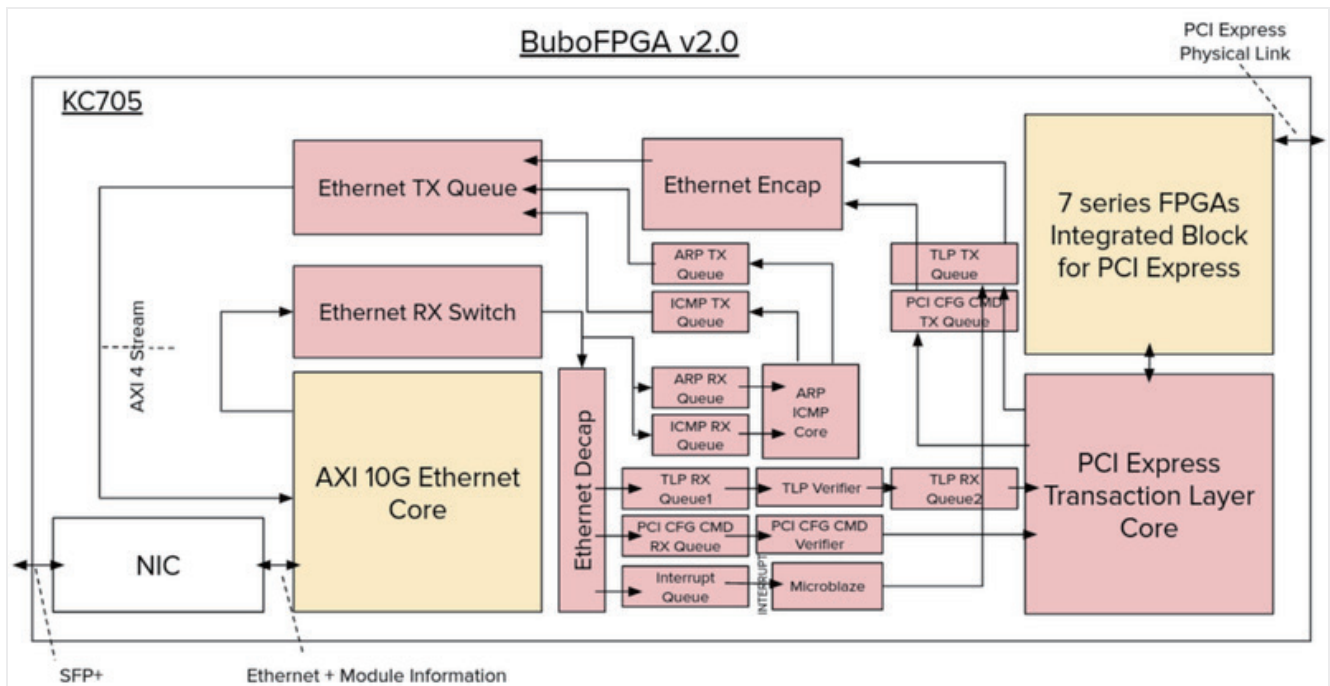


図-2 KC705に実装したBuboFPGA v2.0の構成図

(2) LibBuboはBuboFPGAを通じて物理マシンのメモリ空間を取得し、PCIeデバイスのエミュレーションを実現するためのソフトウェアライブラリである。物理

マシンのメモリ空間を取得するために、Socket APIのラッパーを用意し、TLPをUDP上にカプセリングしてBuboFPGAのNICへ送信しやすくしている。

EPT (Extended Page Table) にも対応することで、ホストコンピュータ上で仮想マシンを複数起動していても、ゲスト物理アドレスを用いた透過的なメモリ取得が可能となっている。

(3) VolBuboはメモリ空間上のデータをVolatilityへの入力として提供するためのAddress Space Pluginである。これにより、既存のVolatilityプラグインをTargetの物理メモリ空間や仮想メモリ空間にそのまま使用することができる。

これらの開発成果により、非常に高い隠密性・透明性を持ったマルウェア検知・解析をVolatilityプラグインとして素早く実装することが可能となった。

BuboFPGAは監視対象のホストのCPUリソースを一切消費しないため、従来のセキュリティ機構とも競合しない。近年はメモリ上だけで動作しディスクにマルウェア本体を保存しないファイルレスマルウェアなども台頭しており、この開発成果と従来のセキュリティ機構を併せて用いることで、より信頼性の高いセキュリティ機構を実現できると言える。(竹迫良範PM担当)

[関連URL]

Volatilityについては、 <https://github.com/volatilityfoundation>

[統括PM追記] 借りていて権限のないシステムにNICを指すだけで、遠隔監視やセキュリティ事故への対処が可能になるのはクライアントの管理者にとっては朗報だ。思い切り低レイヤのプロジェクトであるが、これをアドベンチャーゲームを攻略するように仕上げた上田君はある意味新人類だと思う。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



アイデアを誰でも高速に形にできるノーコードソフトAxStudio

♡ 2



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:05



大淵 雄生 (おおぶち ゆうき)

アイデアを持っているが自身でサービスを開発できない、プログラマが複数のサービスを同時に開発できない、といった課題を解決するのが、大淵君の「AxStudio」である。デザインからコードを自動生成するAxStudioを使うことで、プログラミング能力がない人でも、アイデアを思い付いたときに高速に形にすることが可能になる。AxStudioは既存のデザインソフトのように使い勝手がよく、多くの機能を備えており、ユーザはデザインのすべてをAxStudio内で行うことができる。デザイン後に自動生成されるコードは意味のある識別子を自動生成するので可読性が高く、プログラマは生成されたコードに書き加えていくなど、高速な開発も可能である（図-1）。



図-1 デザインとノードからプログラマに読みやすいコードを生成

未踏採択期間中に最も驚かされたことは大淵君の開発能力である。AxStudioにデザインソフトウェアと同等の機能を持たせてデザインからコード生成までこのソフトで完結させたり (図-2) , ユーザがノードベースでロジックを組んだ上でコードへの加筆もできるようにしたり。ものすごい速度で次々と機能が実装されていき、進捗ミーティングでは周りのPMや同期を圧倒させていた。とはいえ、最初から最後までスムーズだったわけではない。開発方針や技術的な実装手法の迷いもあり、10月頃までは最終的な形が見えないまま、本人としては苦しんだ期間だっただろう。「ここだけは最終的に必要になるだろう」という機能から作り込んでいった大淵君であるが、それでも方針転換により不要になった言語の実行系 (パーサー・インタプリタ・トランスパイラの一部まで) や、古いレンダリングエンジンなど、最終的には使われなかった数万行ものコードがgitの履歴に残っている。

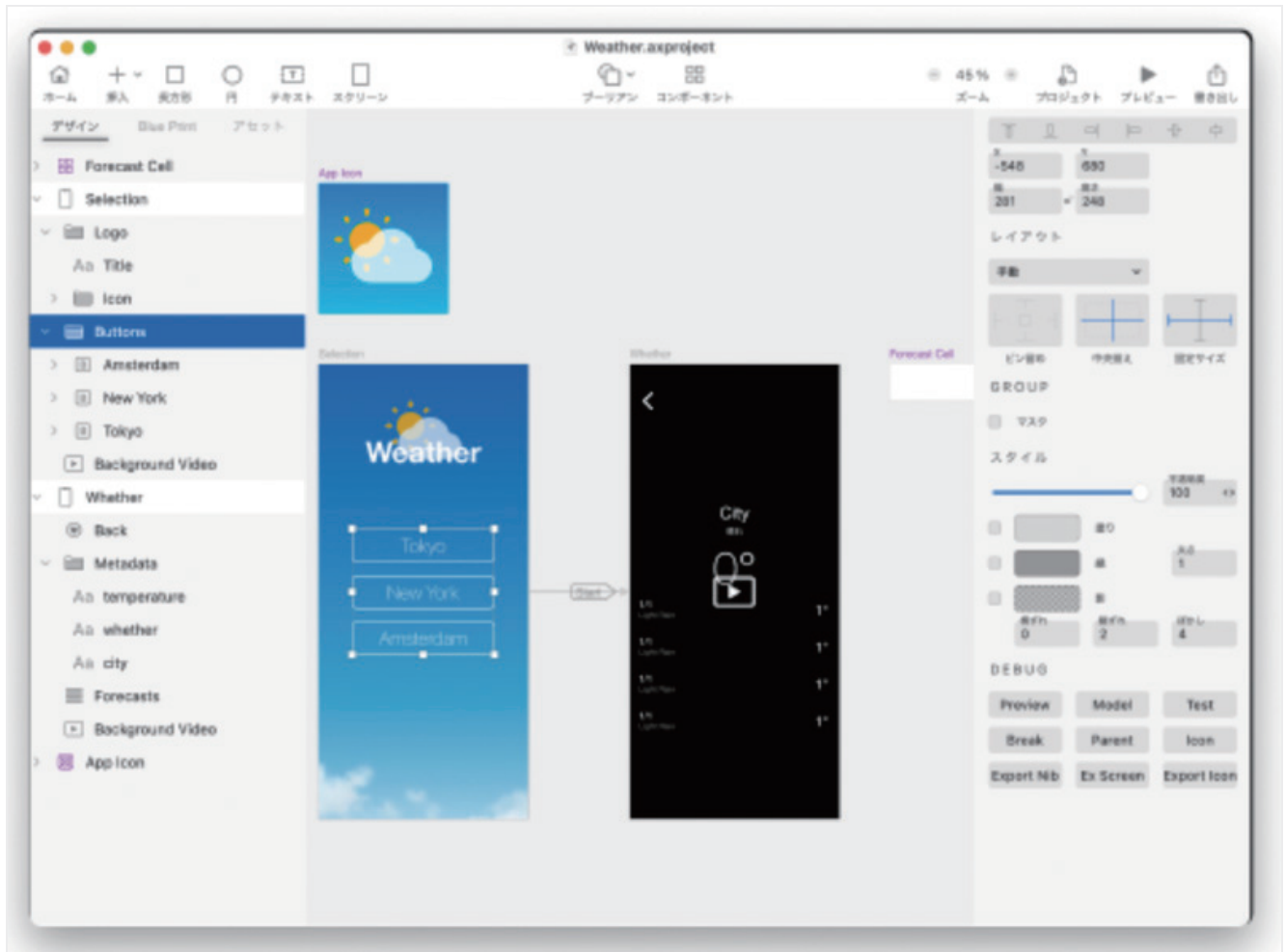


図-2 AxStudioのデザインエディタ

AxStudioのプレビュー版配布の際にはTwitterでつぶやいたところ一晩であっという間に600ダウンロードを超えた。チュートリアルが欲しいとのユーザからの要望を受けてすぐにチュートリアルを整備し、Xcodeなしでも動かしたいという要望を受けてAxStudio組み込みのシミュレータを作成。2021年3月初旬は1,200ダウンロードだったが、2021年5月現在3,000ダウンロードまで増えている。

未踏期間終了後にも動的なキャンバス、Flutterへの書き出し、外部システムとの連携など、新しい機能を追加して日々改良を重ねている。ノーコードコミュニティの方に試用していただき、感想をもらったりもした。大淵君は「自分が作りたいののは開発者を助けるツールなのだということも分かってきた」という。「AxStudioの次の目標はエンジニアの開発を10倍効率化させるツールになることです」という大淵君に今後も目が離せない。（五十嵐悠紀PM担当）

[関連URL] <https://axstudio.dev/>

[統括PM追記] 五十嵐PMの期待どおり、大淵君は2021年度の未踏アドバンストに採択され、事業としての国際展開への道筋が見えてきた。現在、ノーコードプログラミング流行りだが、AxStudioの出来を見ると、ライバルを一蹴する迫力がある。それにしても、未踏期間中に（使わなかったコードを含め）22万行、未踏アドバンスト採択前にさらに3万5千行を追加したというプログラミング能力は尋常ではない。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



次世代分散型アプリケーションプラットフォームのためのプロトコル開発支援システム

♡ 2



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:09



岡南 直哉 (おかなみ なおや)

中村 龍矢 (なかむら りゅうや)

現在、Ethereum 2.0を始めとしてスケーラブルな分散ブロックチェーン技術の研究開発が行われている。中でも、シャードと呼ばれる複数のブロックチェーンに分割して性能を上げる研究が盛んである。シャーディングアルゴリズムのうち、特にクロスシャード（シャード間でやりとりが起こること）のユースケースについて十分な検証や議論が行われておらず、本番環境への実装提案まで持っていくことが非常に難しくなっている。岡南君と中村君は、Ethereum 2.0 data shardingのアプリケーション開発におけるローカルテスト用エミュレータMousseと、Ethereum 2.0 execution shardingでのユーザの行動を解析するトランザクションレベルのシミュレータShargri-Laの2つのソフトウェアを開発し、オープンソースソフトウェアとして公開した。

Shargri-Laは、Ethereum 2.0 execution shardingにおけるユーザのシャード選択の行動を解析するためのシミュレータで、トランザクションレベルのシミュレーションが実行できる（**図-1**）。Shargri-Laを使用することで、Execution shardingにおけるユーザの動作に対するテストが可能になり、研究者がシャーディングプロトコルを設計および改良するのに役立てることが期待できる。

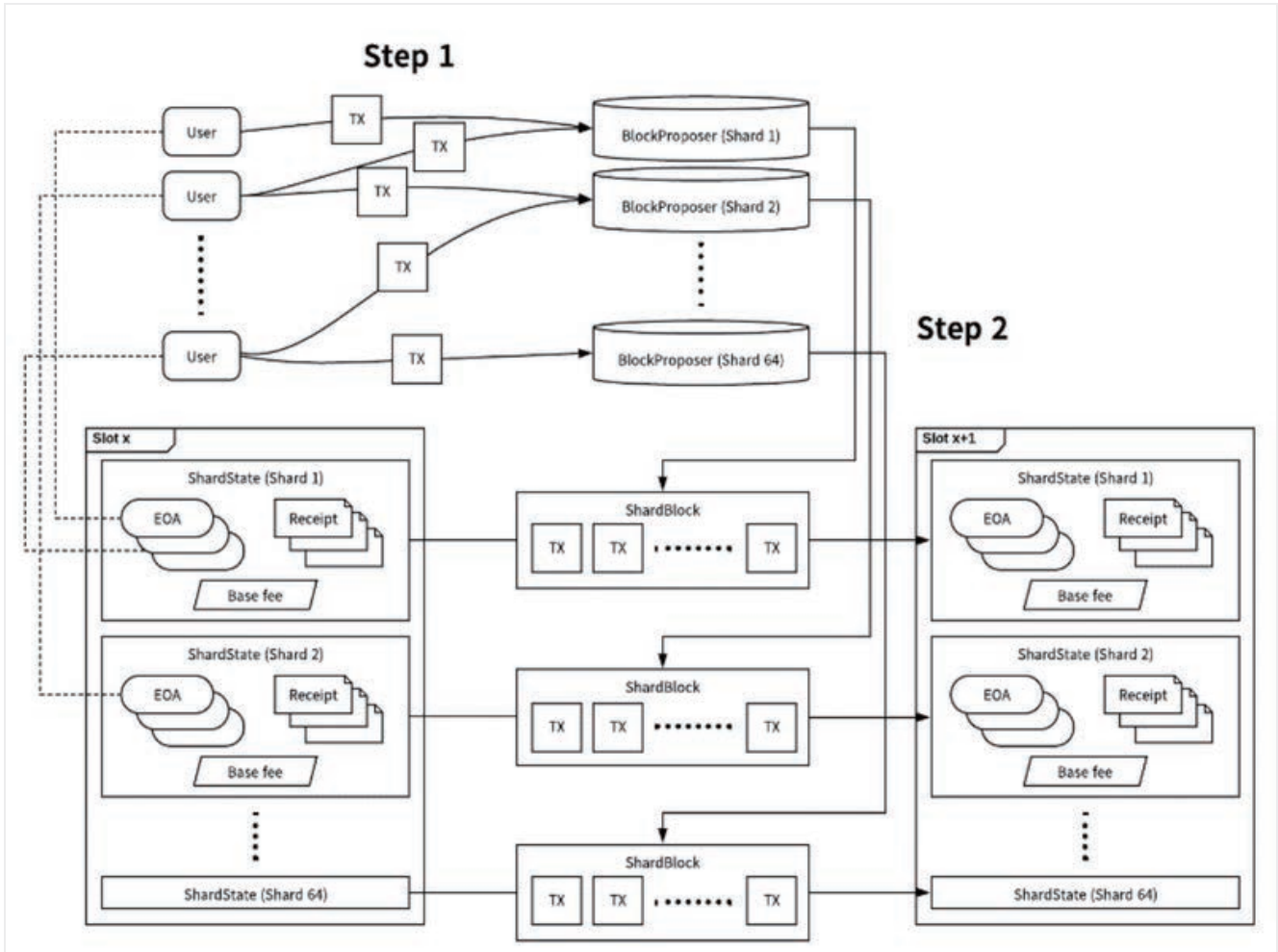
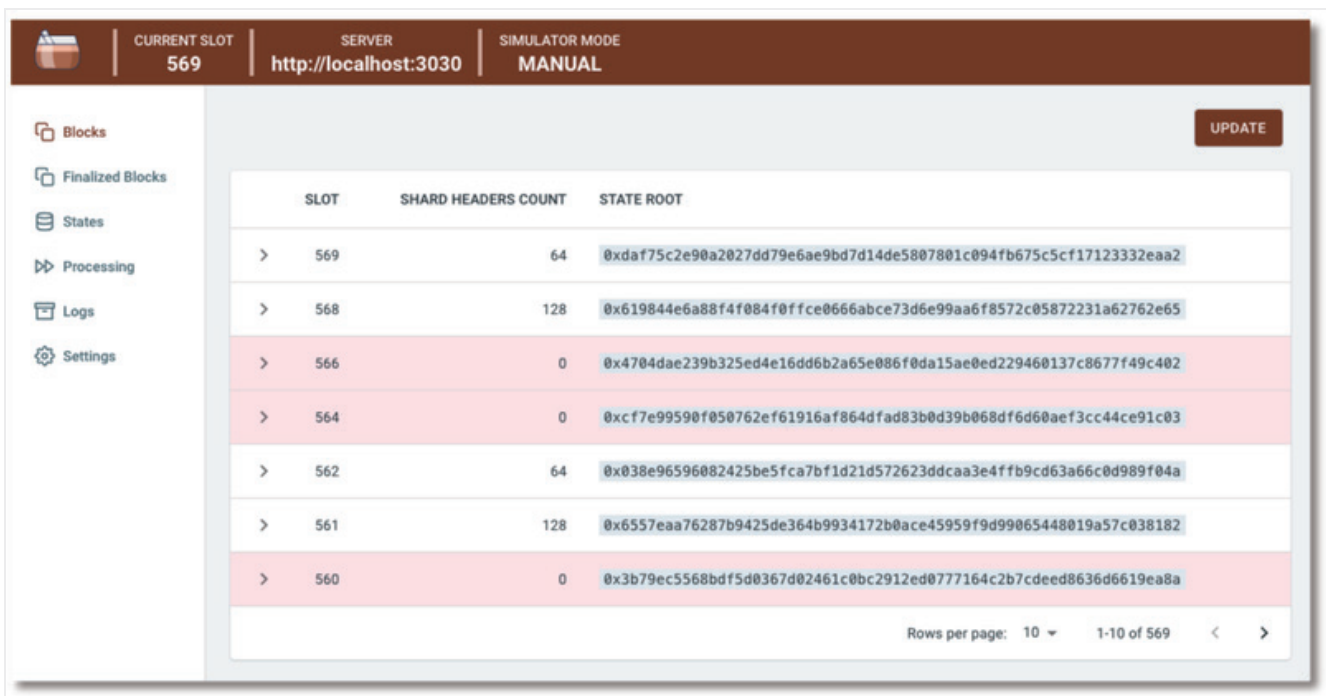


図-1 Shargri-Laのシミュレーションモデル

Mousseは、Ethereum 2.0のアプリをローカルテストするためのエミュレータである。Ethereum 2.0のアプリは主にRollup（ブロックチェーンのプログラム実行をブロックチェーンの外で行って、計算負荷を下げ、スケーラビリティを上げることを）を想定している。Mousseは次の3つのプログラムから構成されている。

- ・ Ethereum 2.0 data sharding のシミュレータ
- ・ Ethereum 2.0 data sharding における P2P クライアントを模倣する HTTP サーバ
- ・ ブロックやステートを可視化し・操作するためのダッシュボード (図-2)



SLOT	SHARD HEADERS COUNT	STATE ROOT
> 569	64	0xdaf75c2e90a2027dd79e6ae9bd7d14de5807801c094fb675c5cf17123332eaa2
> 568	128	0x619844e6a88f4f084f0ffce0666abce73d6e99aa6f8572c05872231a62762e65
> 566	0	0x4784dae239b325ed4e16dd6b2a65e086f0da15ae0ed229460137c8677f49c402
> 564	0	0xc7e99590f050762ef61916af864dfad83b0d39b068df6d60aef3cc44ce91c03
> 562	64	0x038e96596082425be5fca7bf1d21d572623ddcaa3e4ffb9cd63a66c0d989f04a
> 561	128	0x6557eaa76287b9425de364b9934172b0ace45959f9d99065448019a57c038182
> 560	0	0x3b79ec5568bdf5d0367d02461c0bc2912ed0777164c2b7cdeed8636d6619ea8a

図-2 Mousseのダッシュボード画面

Ethereum 2.0 data shardingはまだ仕様策定段階であり本番環境への実装はまったく進んでいないため、Mousseは現時点でdata shardingのアプリのテスト環境としては唯一の手法となる。現状ドラフト段階の仕様に直接携わっているのはわずか10名前後であり、Ethereum 2.0開発チームですらまだ詳細を理解しているメ

ンバの少ない中、仕様を再現しているMousseは貴重なソフトウェアであると言える。実際にシミュレータ上でSharded Blockchainを動作させることにより、負荷分散の偏り度合いやUXへの影響などを定量的に検証できるデータを取得し、世界最先端のブロックチェーンコミュニティに対して価値貢献していくことが期待できる。（竹迫良範PM担当）

[関連URL]

Mousseについては、 <https://github.com/ethereum-mousse>

Shargri-La については、 <https://github.com/shargri-la>

[統括PM追記] 改竄防止のために膨大な電力消費をするブロックチェーンから脱皮しようとしているEthereumにはたくさんの解決すべき技術課題がある。岡南、中村両君が開発したシステムは、開発者のためのテスト環境であり、門外漢には難しい話が多いのだが、結果のグラフなどを見ると、開発方針に分かりやすい指針を与えている。彼らがEthereumコミュニティの最前線にいることは間違いない。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



宇宙ごみの運動推定のための実証衛星

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 00:10



近藤 耕太 (こんどう こうた)

宇宙空間には「宇宙ごみ」とか「スペースデブリ」と言われる、微小なものを含めると約5兆個以上の物体が漂っている。それが秒速7kmという速度で地球を周回

しており、運用中の衛星に衝突した場合には、衛星の機能に致命的な損傷を与える。

そのため、宇宙ごみの除去が最近重要な課題になっているが、宇宙ごみの姿勢を推定することは非常に難しく、除去衛星が回転する宇宙ごみに接近して捕獲できた例はない。

宇宙ごみの除去成功率向上のために、回転する宇宙ゴミが太陽光を反射する光の強度変化、つまりライトカーブを用いた宇宙ごみの姿勢推定システムを衛星の軌道上で実証することが本プロジェクトの最終ゴールである。

ただ、未踏実施期間内に実証衛星を打ち上げることができないため、プロジェクトの中では軌道上で、一反木綿のような膜で太陽光を反射しつつ、自分の姿勢を計測して地上へ送信する機能を持つQ-Liという人工衛星の設計に取り組んだ

(図-1) . ライトカーブと姿勢の相関がこれによって正確に関連付けられる。

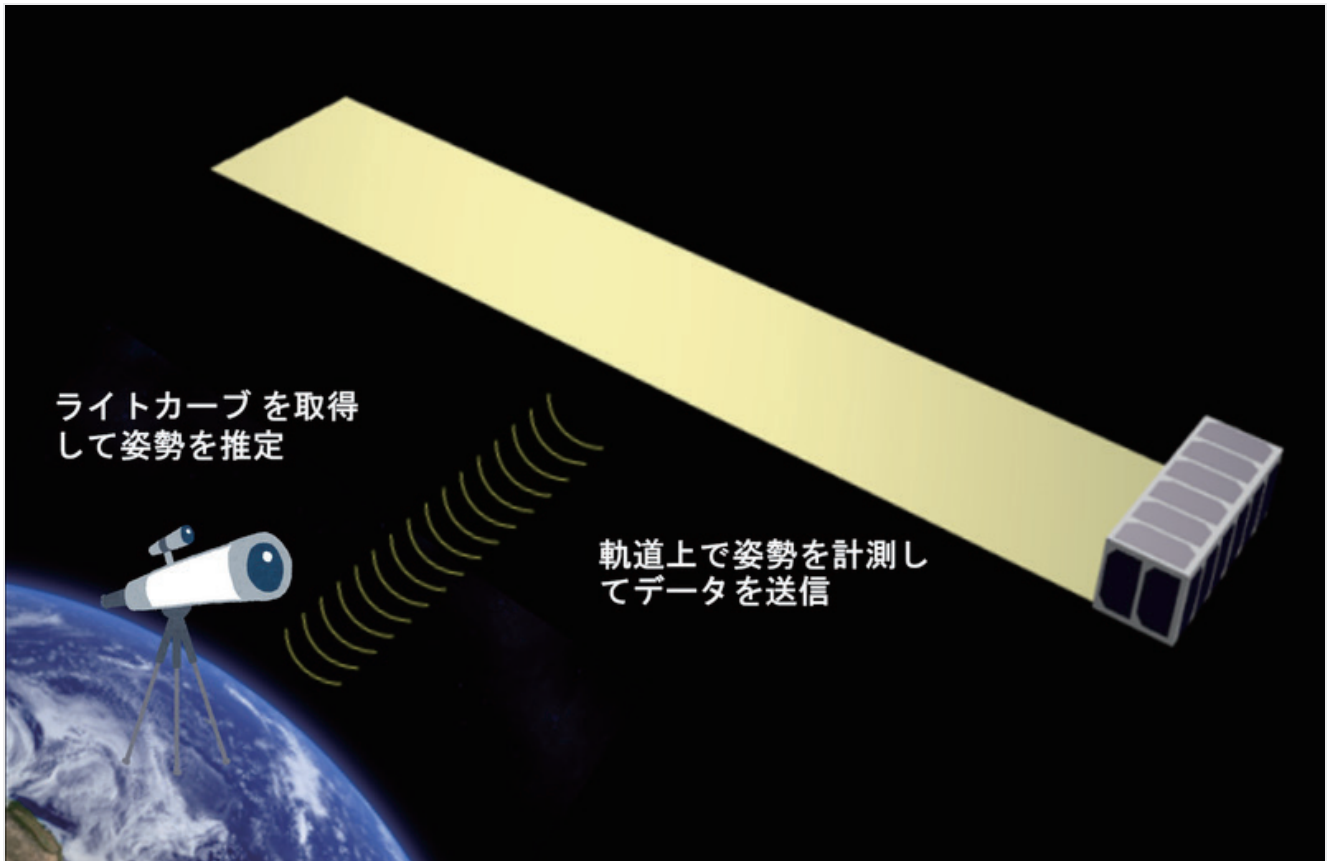


図-1 膜を展開した実証衛星Q-Li

本プロジェクトを推進した3人のメンバの中で、近藤君は安全な膜展開の実現に向けた姿勢制御システムを担当した。Q-Liが高速で回転すると、膜展開によりQ-Li本体、もしくは膜機構そのものを損傷する危険性があるため、Q-Liの角速度を小さくする（デタンブリング）必要がある。

デタンブリングを達成するために利用される磁気トルカとは、コイルに磁気を発生させることで、地球の磁場と作用して実機の方角を制御するものであり、基本的

にXYZの3軸があれば全方向を調整することができる。

ただ、実証衛星には大きさ、重さ、そして予算を低減させるために、なるべく少ない制御入力を使用することという制約条件が課せられており、近藤君は1軸だけでこの制約を克服し、デタンプリング制御を達成できる姿勢制御システムを開発した。

理論上は、人工衛星が高速回転していることから、1軸だけの制御入力でも時系列を調整することで、全方向に対して磁場を作用させることができるが、そのためには限られた計算能力の中で素早く磁気トルカを作用させるためのアルゴリズム選択と実装が必要不可欠であった。

近藤君が取り組んだことを一言で言えば、お金をかけるよりソフトウェアで勝つというもので、ハードウェアの制約をソフトウェアによって超越させることは、プログラマ冥利に尽きるといえよう。

近藤君は実時間最適化制御則であるNMPC（非線形モデル予測制御, Nonlinear Model Predictive Control, NMPC）をQ-Liに応用した。従来手法としてよく使用されてきたB-dot制御に比べ、NMPCを用いたほうが短い時間、少ない制御入力でデタンプリングを達成できた。またNMPCが生成した滑らかな制御入力をPWM（Pulse Width Modulation）で離散化することにより、アクチュエータに

かかる負担を大幅に低減することができた。図-2はNMPCとPWMを用いてデタンブリングした結果を示している。

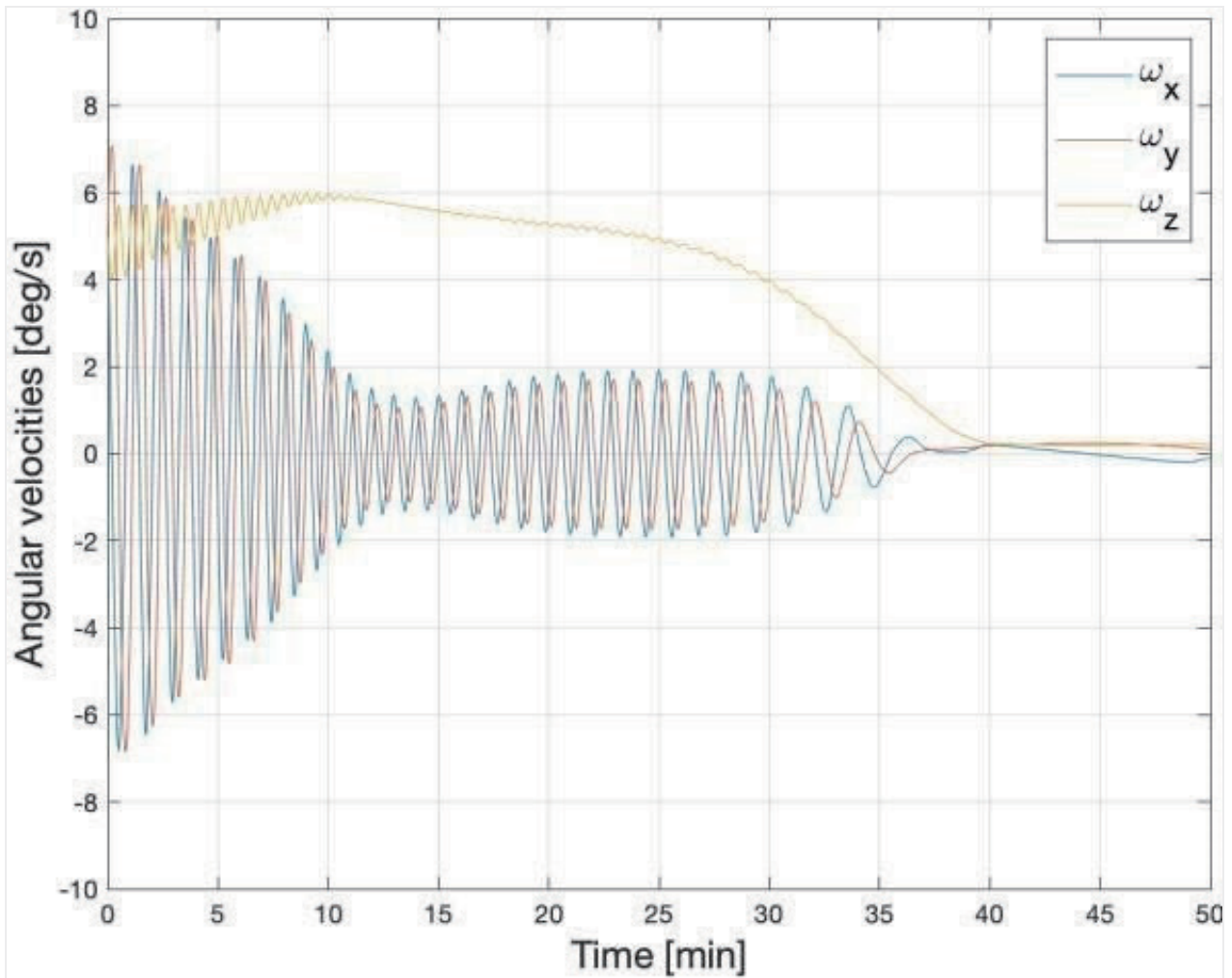


図-2 NMPCとPWMを用いたデタンブリング

先行研究では広く3軸磁気トルカを用いた姿勢制御が取り扱われてきた。しかしながらQ-Liは大きさ、重量、コスト面で厳しい制約があることから、磁気トルカは

1軸のみの搭載も考慮する必要がある。3軸磁気トルカを用いた場合でも、衛星のデタングリングは困難だが、1軸磁気トルカのみを用いた場合はさらに問題が複雑になる。近藤君は1軸磁気トルカの実現可能性に関して、シミュレーションと理論的な考察を行い、その成果を米国航空宇宙学会（AIAA）で発表し、注目を集めた。
(田中邦裕PM担当)

[統括PM追記] とうとう未踏も宇宙に飛び出した。発展する未踏を象徴するプロジェクトだった。このプロジェクトは実は3人で取り組んだものだったが、この一反木綿衛星の制御を担当したのが近藤君だった。1軸だけの制御で、3軸を安定化できるとは予想外である。この成果のおかげだと思うが、彼は米国の御三家の有名大学からオファーを受け、MITに進学することになった。なお、この衛星自身が宇宙ゴミにならない工夫もちゃんとなされている。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)

▲ 新型コロナウイルスに関係する内容の可能性がある記事です。

新型コロナウイルス感染症については、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。またコロナワクチンに関する情報は首相官邸のウェブサイトをご確認ください。*非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



スマートフォンで完結するバスの運行情報提供システム FindYourBus

♡ 1

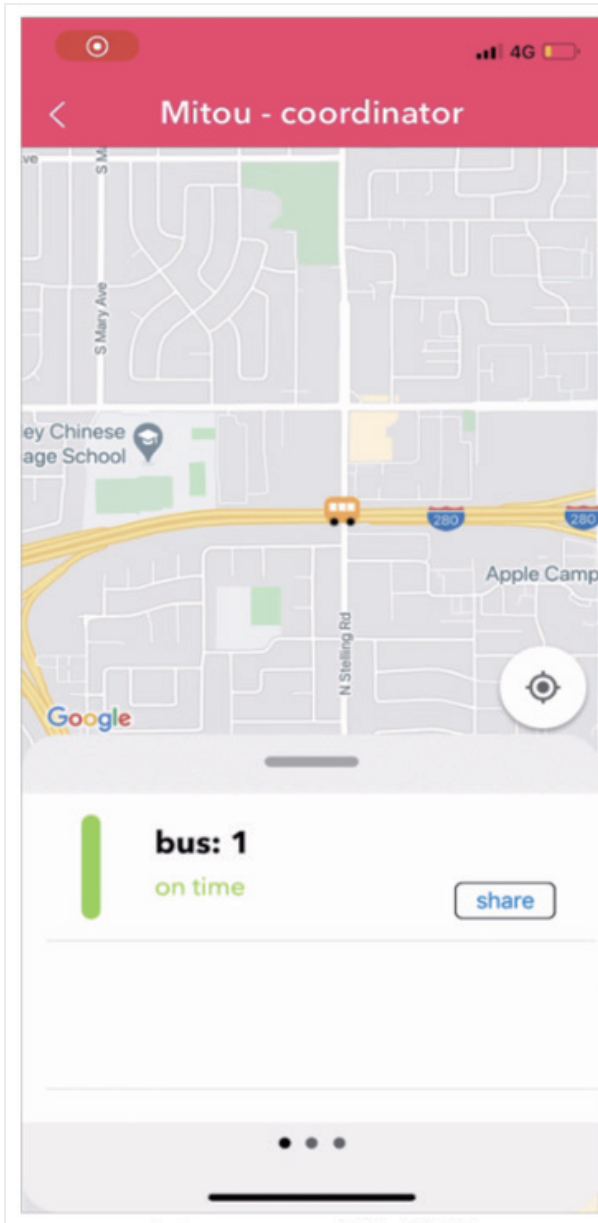


情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:11



酒井 俊（さかい しゅん）

酒井さんは、3歳から米国コネチカット州に在住するクリエイターであり、彼自身のスクールバス通学での体験が、本プロジェクトのきっかけである。公共交通機関が発達し、また通学環境が安全である日本においては馴染みがないかもしれないが、米国では、安全確保のためにもほとんどの生徒が学校の用意するスクールバスを利用して通学している。生徒の数は2,600万人、48万台のバスという規模である。運行も正確でなく本数も限られているため、バスの運行状況が分からないことによって、乗り遅れて遅刻になってしまったり、長時間安全でない場所で待つことになったり、親のバス停への迎えが間に合わず学校に連れ戻されたりと、さまざまな不便が生じてしまう。



左：図-1 バス運行情報 右：図-2 現在値と到着予想時間

子供を一定時間以上独りにしてしまうことが、危険と見なされるだけでなく、親の育児放棄と見なされてしまうような社会においては、学校・生徒・親それぞれが

安心してスクールバスを利用できることは社会的に意義のあるサービスなのである。

背景説明が長くなってしまったが、酒井さんの開発したサービス FindYourBus は、スマホだけで、バスの運行管理者、運転手、生徒、親がバスの運行情報を把握でき利用者間での双方向連絡ができるシステムである。

バスにGPS搭載の専用機器を搭載させるようなシステムに比べて、スマホさえあれば実現できるサービスであるところが特徴である。

運行管理者は、バスの運行ルートを簡単に設定でき、利用者は運行状況だけでなく到着予測時間までアプリ内で確認できる。正確な運行の日本国内のバスとは異なり、スクールバスならではの「2分だけ待って!」というチャット機能はとても現実的な機能である。

コロナ禍で多くの学校がオンライン授業となり、当初計画していたスクールバスを対象としたトライアルが進められない中、茨城県の野菜配達販売サービスや、コネチカット州での生活困窮者向け生活用品配達サービスでの実証実験を実施できたことは、国際的なバックグラウンドを持つ酒井さんならではの、素晴らしい成果である。

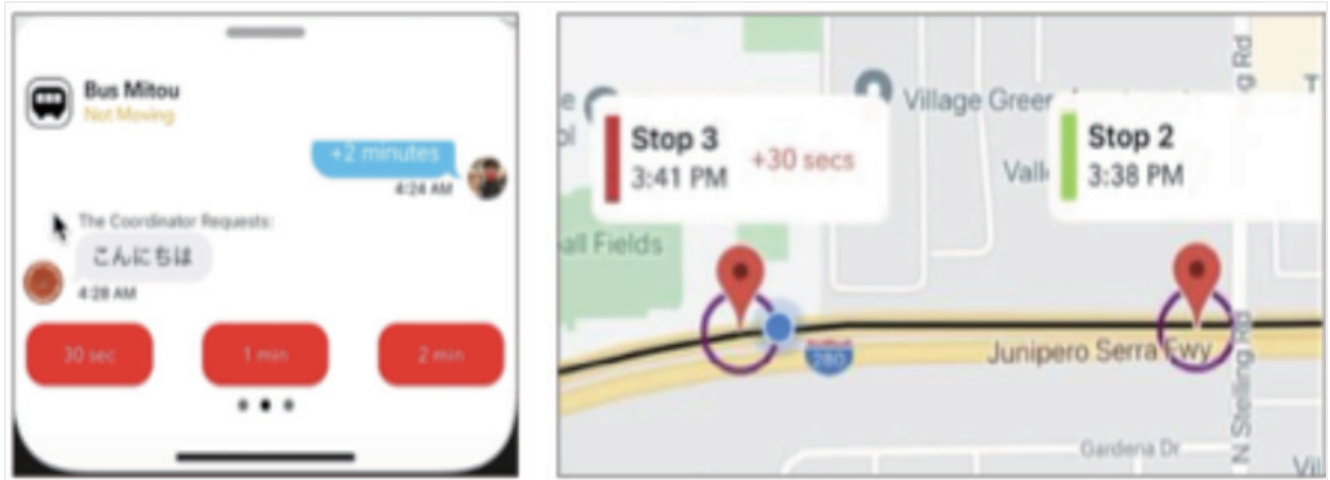


図-3 利用者とのチャット画面

未踏採択後に、酒井さんは本プロジェクトに集中するため、進学予定であるデューク大学で1年間のGap Yearを取得し来日している。日本滞在中は、HLABが主催する生活をともにしながら学び合う、レジデンシャルカレッジの取り組みにも参画し、米国での修学経験や未踏での取り組みを共有している。未踏終了後はデューク大学で本格的にComputer Scienceを学ぶ予定であるが、未踏での経験を活かし、米国でもFindYourBusを展開し、さらには国際的に活躍する未踏クリエイターへと成長してもらいたいものである。（藤井彰人PM担当）

[関連URL] <http://findyourbus-app.com>

[統括PM追記] 3歳から米国で生活というと、日本語はほぼだめという感覚がある

が、ご両親の教育方針がしっかりしていたせいか、酒井君は完璧なバイリンガル。それでも当初はあれっというところがあったが、未踏期間中にシェアハウスで社会的意義のある活動をして磨きがかかった。彼は未踏育ちの、FindYourBusに限らず、本物の国際貢献ができる人材に育つ予感がする。なんといっても素直な性格が素晴らしい。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)

▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。

新型コロナウイルス感染症については、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。またコロナワクチンに関する情報は首相官邸のウェブサイトをご確認ください。*非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



着られる手書き文字入力デバイスwearbo

♡ 4



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 00:12



篠田 和宏 (しのだ かずひろ)

佐野 由季 (さの ゆき)

原田 珠華 (はらだ たまか)

安齊 周 (あんざい しゅう)

スマートグラスを身に着けて外出するという近い将来, どこまでも手ぶらで行動したい. メッセージを送るために文字を入力したいけれど, 音声入力のための声は出しにくいという状況も多いだろう. そこで4人は, 衣服のように身につけられる手書き文字入力デバイスwearbo (ウェアボ) (図-1) を構想した.



図-1 着られる手書き文字入力デバイスwearbo

このデバイスにはプロトタイプがあった。3×3のマトリクス状に配置された電極で指のタッチを認識していた。しかしこのプロトタイプには、決められた領域にぴったり合わせて文字を描かなければならないという不便さや、電極を増やすと回路規模が増えていくという問題が残った。

そこで今回彼らは、電極をストライプ状にし、それに合わせた文字認識ソフトウェアを開発した。ストライプ状電極から得られるタッチ情報は1次元になってしまうので、どうしても識別が難しい文字（nとuなど）は残る（図-2）。そこで、文脈を考慮した推定も行う。

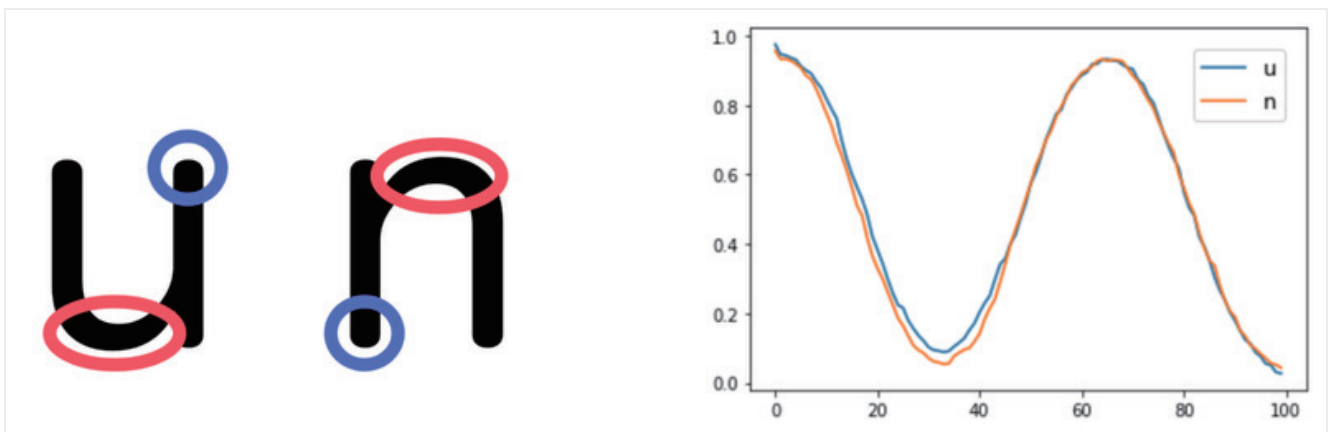


図-2 1次元文字認識方式

ハードウェア面では、まず、センサである電極を本物のジーンズに縫い込んだ(図-1)。これで、使いものになるかどうか確認できるし、実際の利用シーンを人に見せられる。センサとはいえ洋服なので、洗濯できないといけない。そのため、M5StickCを使った回路部は磁石でくっつけたり切り離したりできるようになっている。使用時、回路部はジーンズのポケットに入れるので、着用時の見た目はただ模様の入ったジーンズであり、あくまで手ぶらである。

プロジェクトの期間中、ハードウェアがまだない状況でもソフトウェアの開発は進めたい。そのためには、センサ部を模擬する何かが必要である。そこで、タブレット上で動作するシミュレータを開発して、それを使って手書き文字入力の1次元データを取得した。

センサ部や文字認識については、ほかにも、成果物からは見えにくい取り組みがたくさんあった。センシングの方式として静電容量方式に加えて抵抗膜方式の試験、ストライプ状センサを傾けてみる実験、複数の文字認識方式の比較、などである。文脈からの文字推定のためには、文字入力ソフト、たとえばいわゆるIMEやエディタなどの側が推定を行う必要があるため、成果報告会に向けて文字入力ソフトの開発も行った。

文字入力のデモは、成果報告会ではあまりスムーズにできなかった。しかしその2日前、内輪のデモではとてもうまくいっていた。まさにマーフィの法則—失敗す

る可能性のあるものは失敗する—というやつである。認識の安定性に課題はあるが、認識精度は手間と時間をかければまだまだ向上するのであるし、また、彼らでなくとも取り組めることでもある。

ここまでですでに内容てんこ盛りゆえ、危うく書き忘れそうになったが、成果報告会で彼らはone more thingを出してきた。ハンカチ型インタフェースである

(**図-3**)。折り畳み方によって、5通りに機能する：タッチキーボード、手書き文字入力、数個のボタン入力、拳銃型、縦笛型。ある方は、(文字入力デバイスより) こっちのほうが全然いい！という感想を下された。

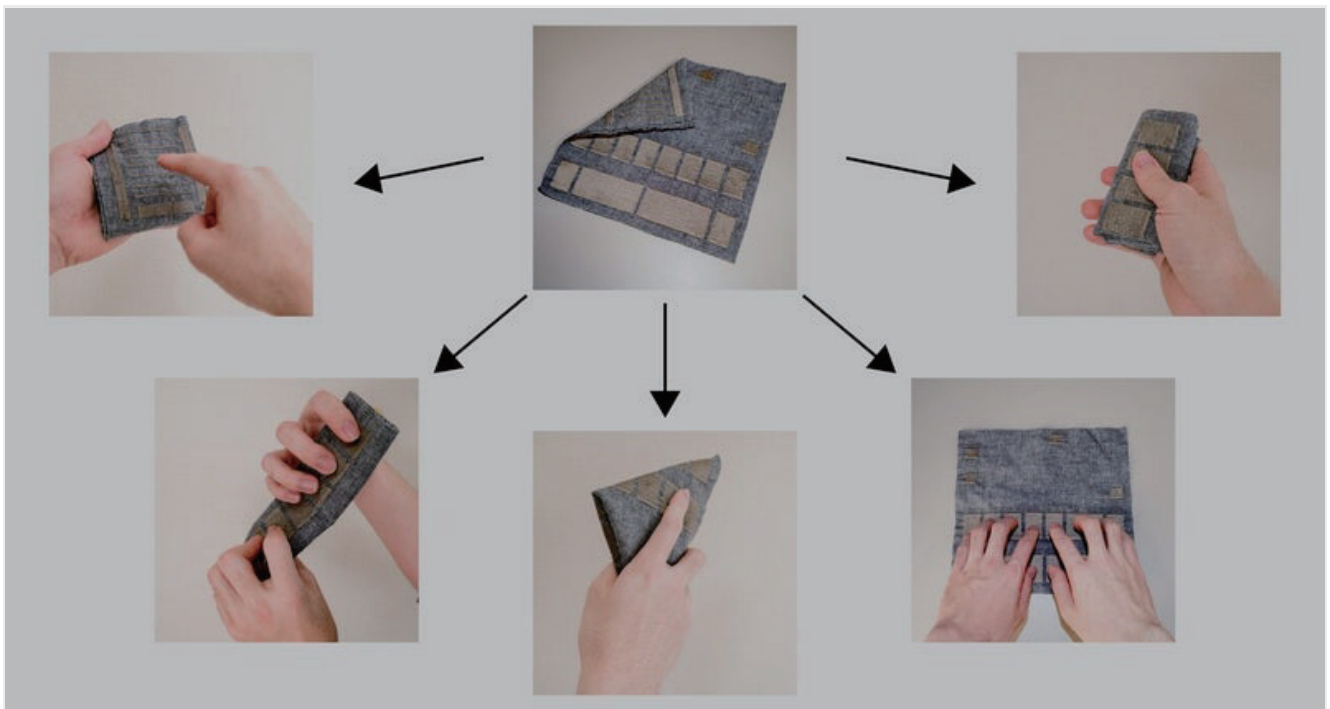


図-3 ハンカチ型インタフェース

着用したり折り畳んだりできるような柔らかいインタフェースの可能性を、言うだけでなく、現実のものとしてさまざまな形で見せてくれた。4人ともスーパークリエイター認定された。篠田君は開発リーダーを務めたほか、文字認識の手法に取り組んだ。佐野さんはハードウェア全般、原田さんは入力データ収集用シミュレータ、安齊君はタッチ認識手法の実験・検討やデモ用ソフトの開発に取り組んだ。one more thingのハンカチ型インタフェースは篠田君の作品である。（首藤一幸PM担当）

[関連URL] <https://wearbo.com/>

[統括PM追記] コロナ禍で、4人で1つのモノを作り上げるというのは、大変制約の強い作業だったと思う。それにしても、想定外のハンカチ型インタフェースには驚いた。風呂敷文化の日本人でなければ出てこない発想だ。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



VRを用いた野球球審ジャッジトレーニング

♡ 2



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 00:13



菅野 龍太 (すがの りゅうた)

菅野龍太君は、幼少期から学部まで継続して野球をプレーし続けてきた。しかし、アマチュア野球において、球審のストライク・ボールの判定（ジャッジ）のミ

スが問題視されている。菅野君は、このジャッジのミス（誤審）を改善するために、VRを用いたジャッジトレーニングシステムStrikeCallを開発した。ユーザは野球場、投手、捕手、打者が配置されたVR空間において審判の視界を体験し、投手が投げる球に対してジャッジを下すことでトレーニングを行うことになる

(図-1) .



図-1 バーチャル世界におけるユーザの視点

このStrikeCallは、テストモードとトレーニングモードに分かれており、まずテストモードではユーザの誤審率を測定する。そしてトレーニングモードでは、ジャッジ技術を高めるため、軌道の可視化、ゾーンの可視化、異判定類似軌道の提示など、さまざまな情報をユーザに与える。VR空間内の各オブジェクトの動作は、実世界でのそれらの動きに基づいた、それぞれの3Dモデルの動作によって再現する。なお、ユーザが時間や場所、道具の制限なくトレーニングを実施できるように、スマートフォン用VRゴーグルを用いて利用可能なアプリケーションとして実装している。

StrikeCallでは効果的なトレーニングを行うために、投手が投じる投球軌道をリアルに再現している。具体的には、投球軌道上の1点における3次元座標・3次元速度・3次元加速度の3種類×3軸の9つのパラメータから、等加速度運動として軌道を算出する。9つのパラメータはユーザ自身が調整をすることができ、つまりユーザは自身がイメージする軌道を自由に作り出してトレーニングすることができる。また、ユーザが球種、球速、軌道変化の大きさ、投球コースをそれぞれ選択することで、それらの特徴を再現するための9パラメータを算出し、そのパラメータからさらに軌道を算出することで、ユーザがイメージする軌道をリアルに再現している。また、実世界で球審のジャッジに影響を与える要素である「打者の動作」そして、「フレーミング」として知られる、捕球時にミットの位置をストライクゾーン方向にわずかに動かす「捕手の技術」もリアルに再現している (図-2)。ユーザはそのような影響の中でも正確なジャッジを下すためのトレーニングが行えるようになった。

ている。



図-2 作成した捕手のフレーミング動作

菅野君は、プロジェクト期間中にStrikeCallを用いたトレーニングによる実世界のジャッジ技術向上効果を検証した。さらに本プロジェクトでは、VRを用いたバーチャル世界ならではの情報提示を行うことで、これまで言語化が難しく、効果的なトレーニング方法がなかった人間の能力を拡張できることを示した。これらは元NPB（日本プロ野球）審判の（株）運動通信社坂井遼太郎氏、および元高校野球審判の筑波大学川村卓准教授からも高く評価されている。

今回開発されたVR技術は、野球以外のスポーツやスポーツ以外の分野に応用することができる。今後、菅野君が継続的に効果の検証を行うことで、学術的エビデンスに基づいたトレーニングシステムとしてユーザ層を広げることにつながると期待できる。（稲見昌彦PM担当）

[統括PM追記] このプロジェクトで面白かったのは、システム開発の技術的側面だけでなく、フレーミングといったある意味「騙しのテクニック」が、人間が行い、人間がジャッジするスポーツの楽しさの1つになっているという事実である。ジャッジミスが多すぎては興ざめだが、100%完璧ではないことにも意味があるらしい。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



ハードウェアセキュリティ検査システム MicroFuzz

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:13



杉山 優一 (すぎやま ゆういち)

杉山君は、ソフトウェアセキュリティ検査で利用されるファジングという技術を使って、ハードウェアであるプロセッサのセキュリティ検査を行うためのMicroFuzzというシステムを開発した。

バグというと、一般的にはソフトウェアに含まれるものと考えられているが、今日のプロセッサでは、その実装にマイクロアーキテクチャを利用しているものが多く、そのコードにバグが含まれているとプロセッサ自身がバグを抱えることになる。

たとえば、近年ではSpectreやMeltdownといったプロセッサのバグによってソフトウェアの保護機構をすり抜けるような問題も発生している。

プロセッサ設計のステップは図-1のようになっているが、製造までの各ステップにおいてバグが入り込む余地があり、少なくともRTL（Register Transfer Level）実装の前にはバグを見つけ出し、修正しておかなければならない。

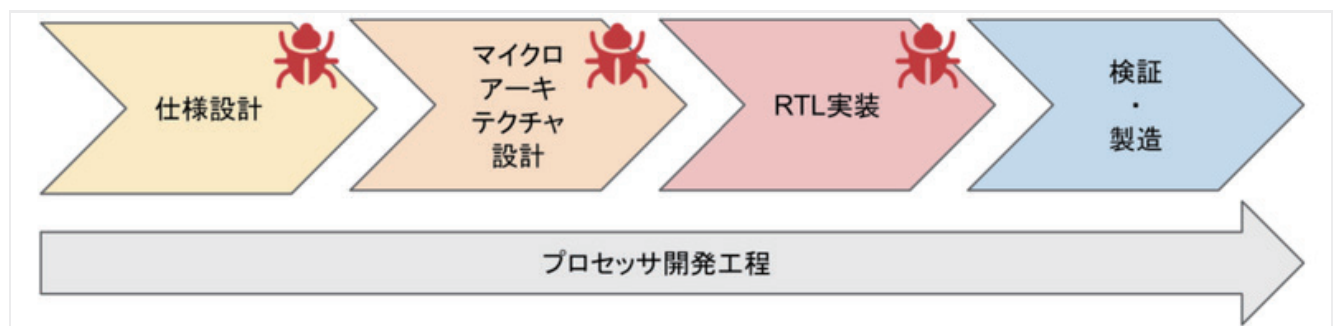


図-1 プロセッサ設計のステップ

本プロジェクトの特徴は、これまでプロセッサのテスト手法としてあまり注目されてこなかったファジングを用いて、RISC-Vプロセッサ向けのファザーであるMicroFuzzを開発し、従来のRISC-Vプロセッサのテストツールに比べて効率良くRISC-Vプロセッサのテストを可能にしたことである。

従来のRISC-VテストツールであるRISC-V Complianceは事前に用意されたユニットテストであるため、テスト対象となる各プロセッサのマイクロアーキテクチャ実装に合わせたテストが行えず、テストカバレッジが限られていた。MicroFuzzは実行時の情報を利用することで、テスト対象となる各プロセッサのマイクロアーキテクチャに合わせた命令列を生成し、高いテストカバレッジを達成できる。

実際のファザーの動作と全体像を図-2に示す。ファザーは以下の6つの操作で構成され、(1) から (6) の操作を順に実行し、それら一連の操作を繰り返す。

- (1) スケジューラはシード集合からシード入力を選択する
- (2) 変異アルゴリズムを用いてシード入力の一部を変更した入力（テストケース）を作成する
- (3) RTLシミュレータ上でその入力（テストケース）を用いてテスト対象のRISC-Vプロセッサを実行する
- (4) 監視プログラムはテスト対象のRISC-Vプロセッサの動作を監視し、実行時の

情報をファザーにフィードバックする

(5) ファザーはフィードバックされた情報に基づいて入力（テストケース）を評価し、重要な入力（テストケース）を選別する

(6) 重要な入力はサイズが縮小され、シード集合に追加される

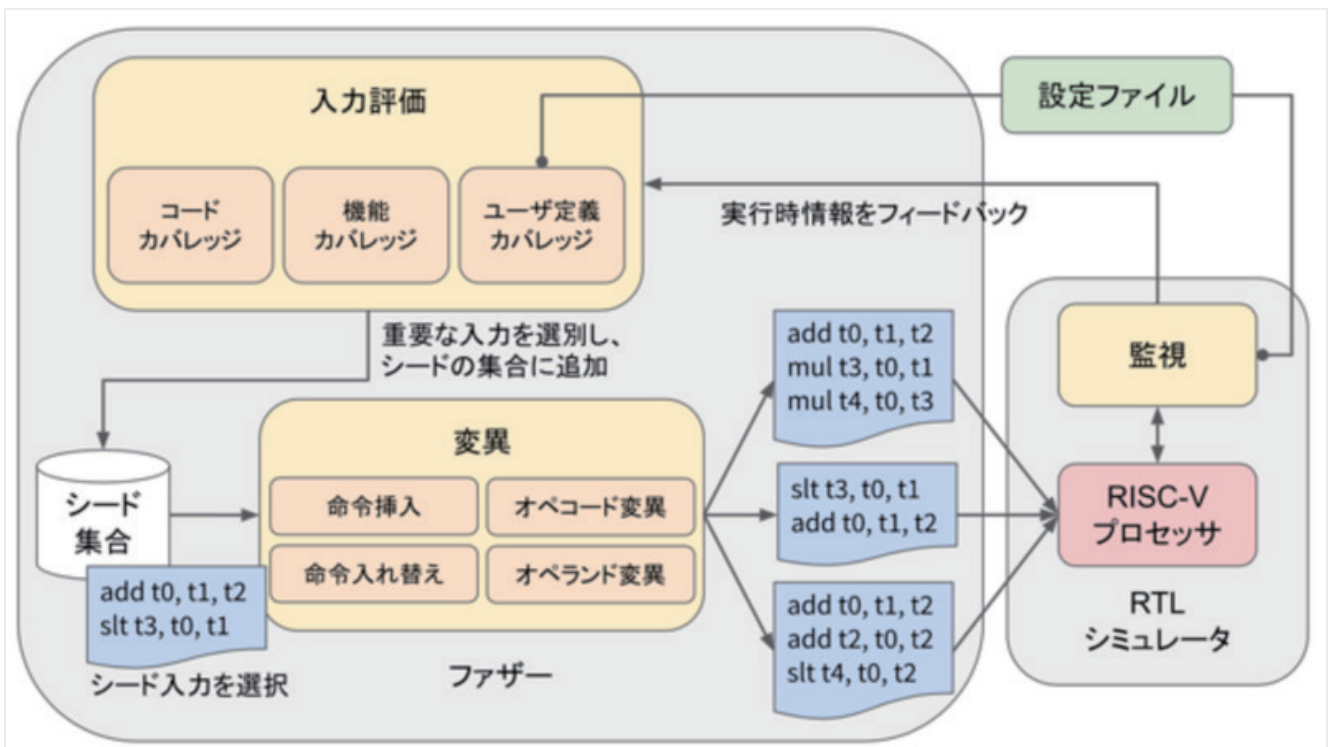


図-2 MicroFuzzの動作の構造

上記のようなシステムを完成させたことはもちろんであるが、特筆すべきは実際に既存のテストツールを用いてすでにテストを行っているRISC-Vプロセッサからも、MicroFuzzによって未発見のバグ・脆弱性を発見することができたことである。

る.

実際に検出したバグは以下の杉山君のGitHubアカウントにおいて公開されており、実際のシステムを開発しただけでなく、しっかりとこのシステムでバグを見つけたことは素晴らしい。

<https://github.com/lowRISC/ibex/issues/1277>

<https://github.com/lowRISC/ibex/issues/1282>

<https://github.com/rsd-devel/rsd/issues/37>

<https://github.com/rsd-devel/rsd/issues/38>

<https://github.com/rsd-devel/rsd/issues/39>

(田中邦裕PM担当)

[統括PM追記] ハードウェアにもバグがある。昔、竹内も仲間と自作したプロセッサにバグがあり、LSIチップを作り直す予算はないので、それらのバグを回避しながらその上にリアルタイムOSを書いたことを思い出した。実際にLSIにする前にこういうテストが行えていたらと思うと、技術の進歩、というか杉山君の力を実感せざるを得ない。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)

▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。

新型コロナウイルス感染症については、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。またコロナワクチンに関する情報は首相官邸のウェブサイトをご確認ください。*非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



誰でも簡単に使えるカット加工機 TinyFabrica

♡ 2



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:14



関根 史人 (せきね ふみと)

3Dプリンタやレーザ加工機などデジタルファブリケーション機器は、産業向けに限らず一般ユーザ向けにも広く普及しつつあるものの、まだまだ誰もが気軽に使えるとは言いがたい。関根さんは、子どもたちやPCに不慣れな人たちでも簡単に利用でき、デジタルファブリケーションの楽しさを体感できる TinyFabrica を開発した。

TinyFabrica は、電熱線による発泡スチロールカット加工機と、簡単にカットデータを生成できるAndroid端末で動作する SyCV3 アプリケーションから構成されている (図-2)。カットしたい図面を紙に描き、SyCV3アプリで撮影すれば、加工機本体にデータが伝送され正確に図形がスチロールカッターでカットされるという仕組みである (図-3に活用例を示した)。



図-1 Tiny Fabrica 9 とスチロールカットの例

カット加工機は、電熱線を固定し、材料である発泡スチロールを前後左右に動かすことでカット動作を行っている。設計にも工夫を凝らし、安全・安価で組み立て可能な誰もが使えるカット加工機を実現している。

注目すべきはその加工スピードである。撮影からカット終了まで数分というすばやかさは、アイデアがモノとして出力される楽しさを実感させてくれる。UXの観点からも、子供たち向けのワークショップで好評を得られたのも頷ける。



図-2 SyCV3 カット図形読み込みアプリ



図-3 Tiny Fabrica 活用例（ポップ作成，立体模型など）

未踏採択期間中に、私が驚かされたことは関根さんの TinyFabrica に対する「熱すぎる」とも言える情熱である。採択当初は、ソフトウェアの開発を中心にワークショップをしながら改良と応用例の充実を計画していたのだが、加工サイズを大型化した TinyFabrica 10, さらに構造を強化した TinyFabrica 11, ビジネス向けにアルミフレームでダイヤモンドワイヤーソー加工が可能な TinyFabrica Pro と想定以上の開発してしまったのである。

イノベーションの原点はプロダクトに対する情熱だと再認識させられた出来事で

あった。

関根さんは、未踏期間中にファブリケーションに最適なラボ設備のある、シェアルームに転居している。コロナ禍でオンライン中心となり、ワークショップの開催や外部ラボの活用、また仲間づくりも難しい中、このような開発・生活環境もプラスだったのだろうと思う。クリエイターたちがその情熱を十二分に発揮できる施設も大切であることをPMとして考えさせられた。

関根さんは、未踏期間終了後に、機器のレンタルや販売、ワークショップの実施などの本格化を計画している。子どもたちまたは手芸家などが気軽に使えるデジタルファブリケーションで新しい世界を切り開いてもらいたい。（藤井彰人PM担当）

[関連URL] <https://sknjpn.com/>

[統括PM追記] 藤井PMが書かれているとおり、関根君はかなり熱い情熱に突き動かされている。何かに夢中になると、ほかを忘れてしまうようだ。図-3をよく見ていただきたい。実は単なる発砲スチロールカットを超えた妙なものがたくさん見える。これからが楽しみだ。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



非専門家でも手軽に使えるデータ駆動型深層 強化学習ライブラリ

♡ 2



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:14



妹尾 卓磨 (せのお たくま)

データ駆動型強化学習は、事前に集められたデータセットのみを用いてオフラインで学習を行うアプローチで、今まで強化学習を適用できなかった問題を扱うことができるということでアカデミアや産業界で注目を集めている。自動運転など実環境での学習の失敗が許されないような用途での応用が期待されているが、実際のプロダクトや応用事例がまだまだ少ない。最先端のアルゴリズムは理論の理解と実装の両方が難しく、また研究者の論文中のプログラムの追試・再現が難しいなどの課題が原因と考えられる。

妹尾君は、データ駆動型深層強化学習アルゴリズムをサポートした世界初のライブラリd3rlpyを開発した。このプロジェクトの中で評価用のデータセットも新しく整備し、非専門家でも手軽に使えるGUIソフトウェアMINERVAの開発も行った。

(1) 深層強化学習ライブラリ d3rlpy

d3rlpyはPython向けの深層強化学習ライブラリで、非常に短い数行のコードでオンライン学習・オフライン学習の両方の最先端のアルゴリズムが利用できる
(図-1)。

オンライン学習	オフライン学習
<pre>import d3rlpy import gym # prepare environment env = gym.make('Pendulum-v0') # prepare algorithm sac = d3rlpy.algos.SAC() # start training sac.fit_online(env)</pre>	<pre>import d3rlpy # prepare dataset dataset, _ = d3rlpy.datasets.get_cartpole() # prepare algorithm cql = d3rlpy.algos.DiscreteCQL() # start training cql.fit(dataset)</pre>

図-1 数行で始められる深層強化学習ライブラリd3rlpy

(2) データ駆動型強化学習向けデータセット

d3rlpyの評価と強化学習コミュニティへの貢献を目的として、データ駆動型強化学習向けのデータセットd4rl-pybulletとd4rl-atariの2種類をオープンソースとして公開している。無償で使えるデータセットが今までなかったためか、研究者の間でこれらのデータセットの利用が増えている。

(3) 深層強化学習GUIソフトウェア MINERVA

さらに、本プロジェクトではコードをまったく書かずに最先端のデータ駆動型深層強化学習の利用を可能にしたGUIソフトウェアMINERVAを開発した(図-2)。MINERVAはWebベースのソフトウェアであり、フロントエンドはReactによって構築し、バックエンドの強化学習アルゴリズムにd3rlpyを利用している。

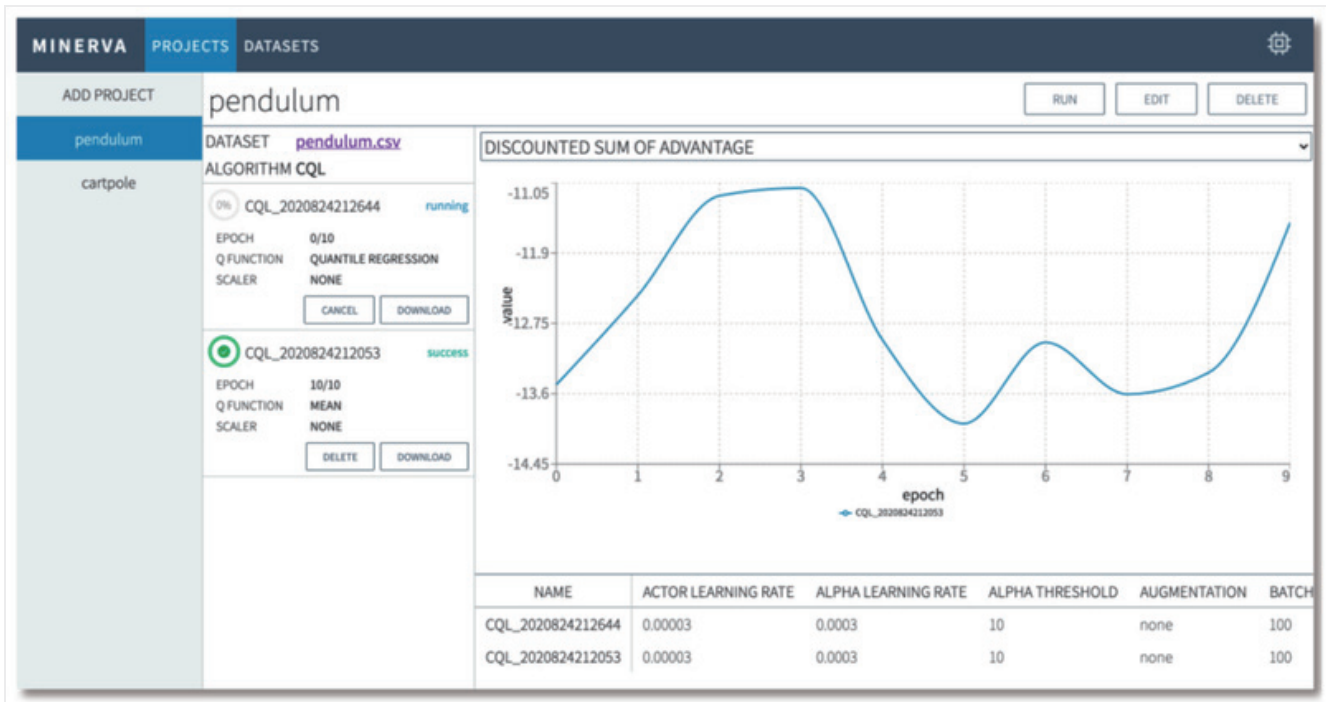


図-2 データ駆動型深層強化学習GUIソフトウェアMINERVA

本プロジェクトは早くから英語圏のドキュメントを中心にGitHub上で公開しながら開発を行った。本稿執筆時点ではd3rlpyは218を超えるスター、61件のissue報告、15件のプルリクエストが届いており、実際にこれらのライブラリを必要としているユーザの獲得に成功している。（竹迫良範PM担当）

[関連URL]

d3rlpyについては、<https://github.com/takuseno/d3rlpy>

d4rl-pybulletについては、<https://github.com/takuseno/d4rl-pybullet>

d4rl-atariについては、<https://github.com/takuseno/d4rl-atari>

MINERVAについては、 <https://github.com/takuseno/minerva>

[統括PM追記] 強化学習は、昔、竹内の研究室でも学生たちがゲームプログラムの腕を上げるためによく使っていたが、やはりしょせん遊びの世界だった。ロボット、自動運転、医療など試行錯誤が困難な実世界分野では、完璧ではないデータセットからでも効率よく短時間で学習できるデータ駆動型深層強化学習が今後さらに注目されるに違いない。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



アルゴリズムミック・ロボットデザイン

♡ 3



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 00:14



秀島 裕樹 (ひでしま ゆうき)

ロボットに求められる形態や機能は多岐にわたるが、求められる要求に最も適したデザインや機構を設計していくことは難しい。

その一方で、近年のコンピューティング能力の向上によって、シミュレーション上でロボットを動かすことや、強化学習を用いて動作を学習させることなどが可能になり、アルゴリズムック・デザインやジェネレーティブデザイン、コンピューショナルデザインなどといった、プログラミングをベースとした設計手法も出てきた。本プロジェクトはそれらのデザイン手法を動きのあるロボットにも応用しようと挑戦である。

秀島君は、GrasshopperのプラグインやDLL（動的リンクライブラリ）を開発することにより、ロボットの形状を変化させながら動きを与え、評価することが可能となるシステム開発を行った。

これらのシステム構成は図-1のようになっており、PythonからDLLを呼び出すことでモデルの形状変化や、物理シミュレーションのPyBulletを用いての評価や最適化が可能になっている。また、設計ソフトであるRhincerosとGrasshopperおよびPyBulletを連携させることで、ロボットのデザインや構造をパラメータによって変化させながらリアルタイムにシミュレーション結果を確認できるとともに、シミュレーション上で得られる結果を実機製作へとつなげていくことが可能である。



図-1 システム構成

このシステムをもとにして、秀島君は凹凸のある不整地を走り抜ける車輪型ロボットを、人間が介在せずにアルゴリズムによって設計した。

今回の車輪型ロボットは、**図-2**のような二分木の構造となっており、それぞれの接続部分の長さなどをパラメータとして与えることができ、また、それぞれの接続部分は自由に動くようになっている。

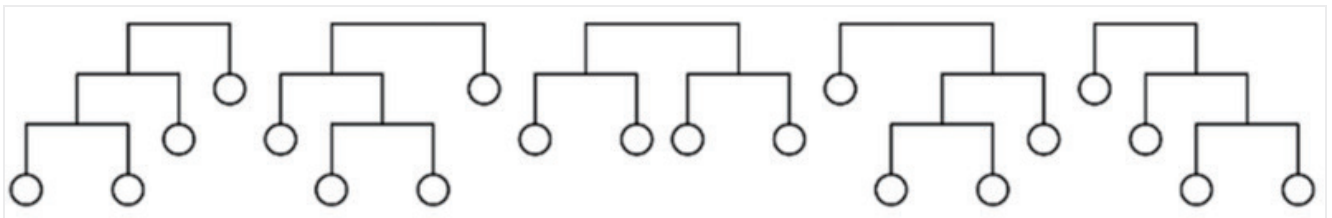


図-2 車輪型ロボットの二分木による類型化

このような一定の法則のもとで生成されるさまざまなモデルの中から、今回は、

6つの車輪等の条件を設けて、凹凸のある不整地をどれだけ長くかつ速く走行できるかどうかを評価し、遺伝的アルゴリズムによって、最適化していくとともに、大量に評価されたモデルの中から、最も評価が高いものを選択する。

その後、パラメトリック・デザインで事前に定義されているアクチュエータや部品を適用することで、詳細なモデルへと変換を行い、得られた部品を3Dプリンタで製作を行った。これらのステップは図-3の通りであり、実際に走行している様子が図-4である。

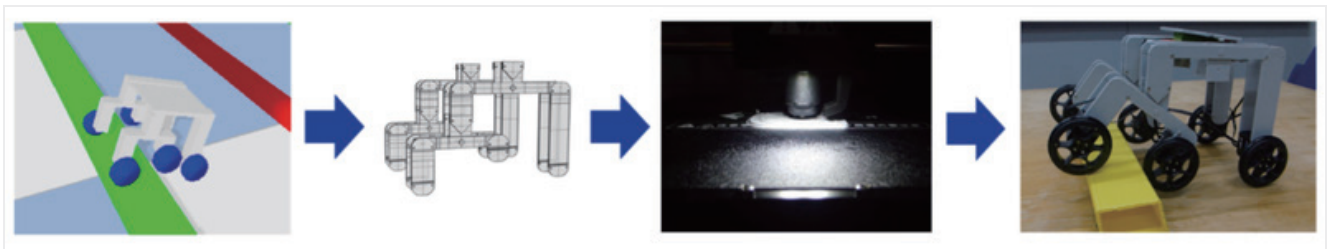


図-3 車輪型ロボットの製作工程

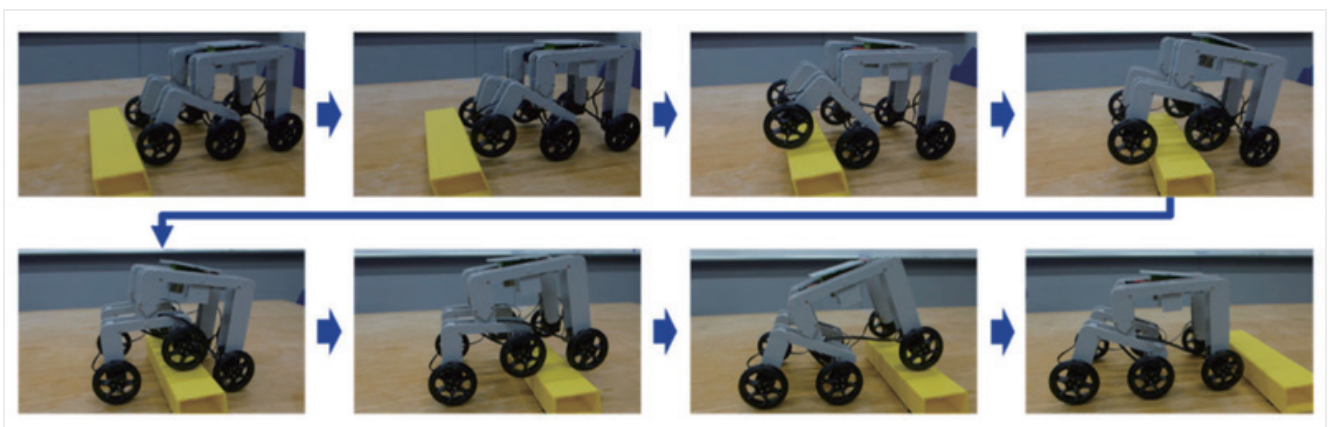


図-4 障害物を乗り越えていく車輪型ロボット

このように、最終的な形状に関しては人間が決めることはなく、アルゴリズムによって大量の選択肢の中から最も評価の高いモデルを選択することができたことは今後の応用にもつながる面白いプロジェクトであったと思う。（田中邦裕PM担当）

[統括PM追記] 正直なところ、竹内には最初とても心配なプロジェクトだった。しかし、秀島君が目指していることを具体的に示すことができる車輪型ロボットの発想が出てからはあれよあれよという間に説得力抜群の成果につながった。「デモが命」とはよく言うが、目指しているものをドンピシャのデモで示すことの重要性を改めて感じた。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



シェードライブコーディング・アーカイブシステム

♡ 3



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:15



平井 龍之介 (ひらいりゅうのすけ)

平井君は、シェーダライブコーディングを効果的に記録・再生・共有するためのプラットフォームLiCoを開発した。日本ではメガデモという呼称が有名だが、なめらかに動く美しいCGアニメーションと、それに同期した音楽をリアルタイムにレンダリングするプログラムはデモシーンと呼ばれ、古くから親しまれているハッカー文化の1つである。昔はAmigaのデモシーンなどでコンピュータの性能限界ギリギリまでグラフィクスを演算・描画するプログラミングの超絶技巧テクニックを学んだ人もいるだろう。デモシーンはコンピュータの進化とともに世代を超えてコミュニティも発展しており、近年はGPU利用を前提としたGLSLシェーダプログラミングの描画表現の創作活動も増えてきている。

本プロジェクトでは、シェーダプログラミングの持つ「コードがあればグラフィックを復元できる」という特徴を活かして、「コードに対してどのような編集がどの時間に実行されたか」というコードの時間差分データを用いてプログラミングの様子をリアルタイムに記録・再生するプラットフォームLiCoを作成した (図-1)。



図-1 シェーダライブコーディングシステムLiCoの動作画面

初学者にとってシェーダコードの描画コンセプトの特殊性や数学的な知識が参入障壁となり得ることを受けて、それらの難点を取り除いてライブコーディングの面白さに触れてもらうために、新しいグラフィック表現ツールDynamisを開発した(図-2)。

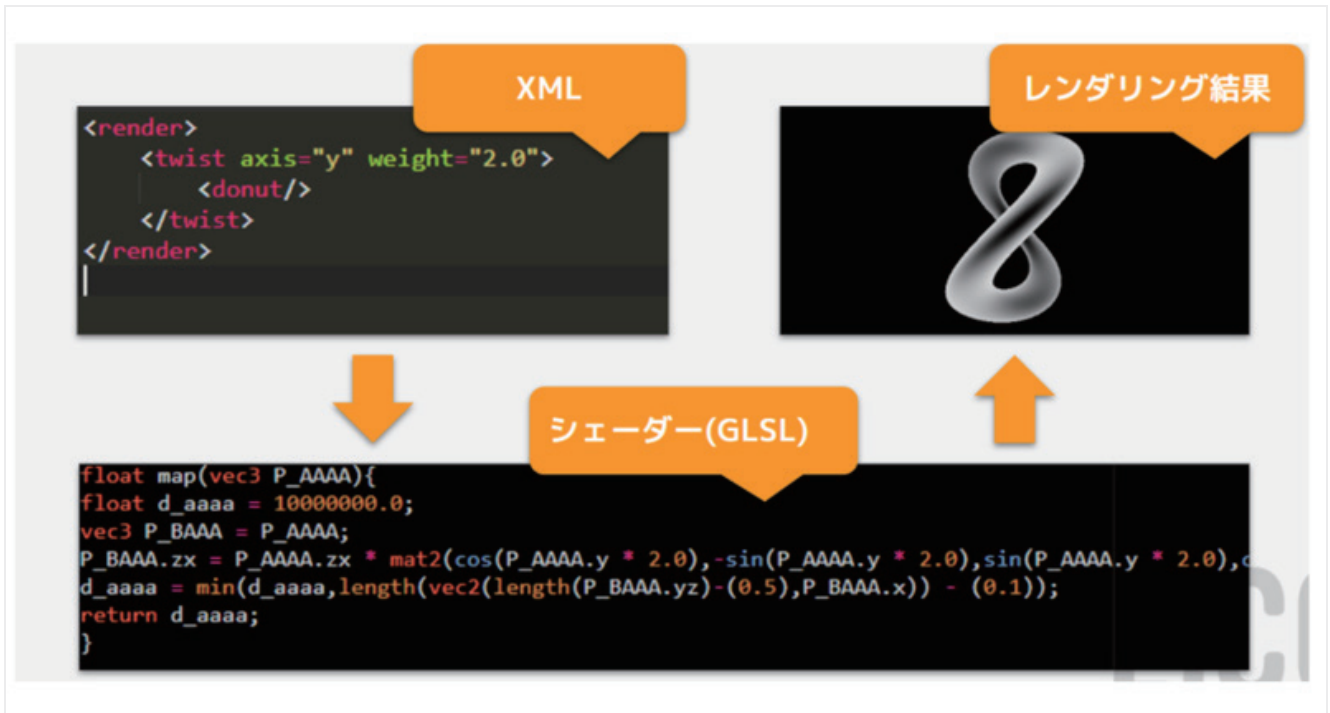


図-2 DynamisはXMLをGLSLに変換しレンダリングする

Dynamisでは「sphere（球体を生成する）」「rot（座標系を回転させる）」といった操作を意味するタグをXML形式で記述することによって立体の符号付距離関数を生成することができ、レイマーチングと呼ばれる手法を用いてシェーダを知らない人でも直観的なグラフィック表現やライブコーディングによるパフォーマンスを行えるようにしている。

このようなシェーダライブコーディングの制作過程を重視した体験を共有できるサービスは、今後のGLSLプログラムの裾野の拡大に大きく貢献できる可能性が高い。GLSLはスマートフォン上でも実行できるため、SNS上で流通したデモの再生

をきっかけに小中学生がプログラミングに興味を持ち、プログラムの奥深さに嵌る若手ハッカー人口が増え、CGレンダリング技術とサブカルチャーが世代を超えて継続して発展していくことを期待している。（竹迫良範PM担当）

[関連URL]

Licoについては、<https://lico-shader.net/>

デモ作品については、https://twitter.com/lico_shader

[統括PM追記] 平井君は竹迫PMの弁によると「自信のなさ、周りからの評判を気にしすぎる傾向」が気になったとあるが、どうしてどうして、結局プロジェクト前半にシステムの大枠を作り終え、あとは本人もシェーダライブコーディングを楽しみながら、素晴らしいシステムを仕上げた。ぜひ、デモ作品を見ていただきたい。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



ヘアアイロン使用補助システムColor-Path

♡ 2



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 00:15



松井 菜摘 (まつい なつみ)

ヘアアイロンで上手に髪を巻きたい！という思いは女性なら誰もが一度は抱いたことがあるのではないかと。最近ではおしゃれな男性もヘアアイロンを使って自在に

髪の毛をアレンジするのだとか。しかし、ヘアアイロンをうまく動かして、思い通りの髪型にするのは簡単ではない。ヘアアイロンを購入したものの断念してしまう人のなんと多いことか。

松井さんは、ARフィルタを用いてヘアアイロンの上手な動作を再現するための補助システムColor-Path（カラパス）を開発した（**図-1**）。ユーザが持っているヘアアイロンに加速度センサと100均ショップで買えるカラーマーカ（シール）を取り付け、システム内の巻き髪ライブラリから作りたい巻き髪を選択すると、画面にヘアアイロンの動かし方が提示される。ユーザはこの提示に合わせてヘアアイロンを動かしていけばよい。こうして誰でも簡単に髪を巻くことができるようになる。



図-1 ヘアアイロンデバイス

図-2は提示画面の一例で、カメラで撮った自分とお手本の映像が重ねて表示されている。ヘアアイロンの動かし方の指示は分かりやすい色と図形で表示される。手

本動画を半透明にした映像（ゴーストという）に重なるようにしながら，ユーザはヘアアイロンのカラーマーカを認識したい丸い提示（ゲートという）に合わせ，ゲートの下の部分の棒（スティックという）とヘアアイロンの姿勢を合わせていく．左右の傾きが手本に近づくとスティック内の色が変わり，前後の傾きが手本に近づくとスティック横の三角形のアイコンの色が変化する．水色の点線で表された円に顔が合うようにすることでおよその距離を一定に保つ工夫がされている．

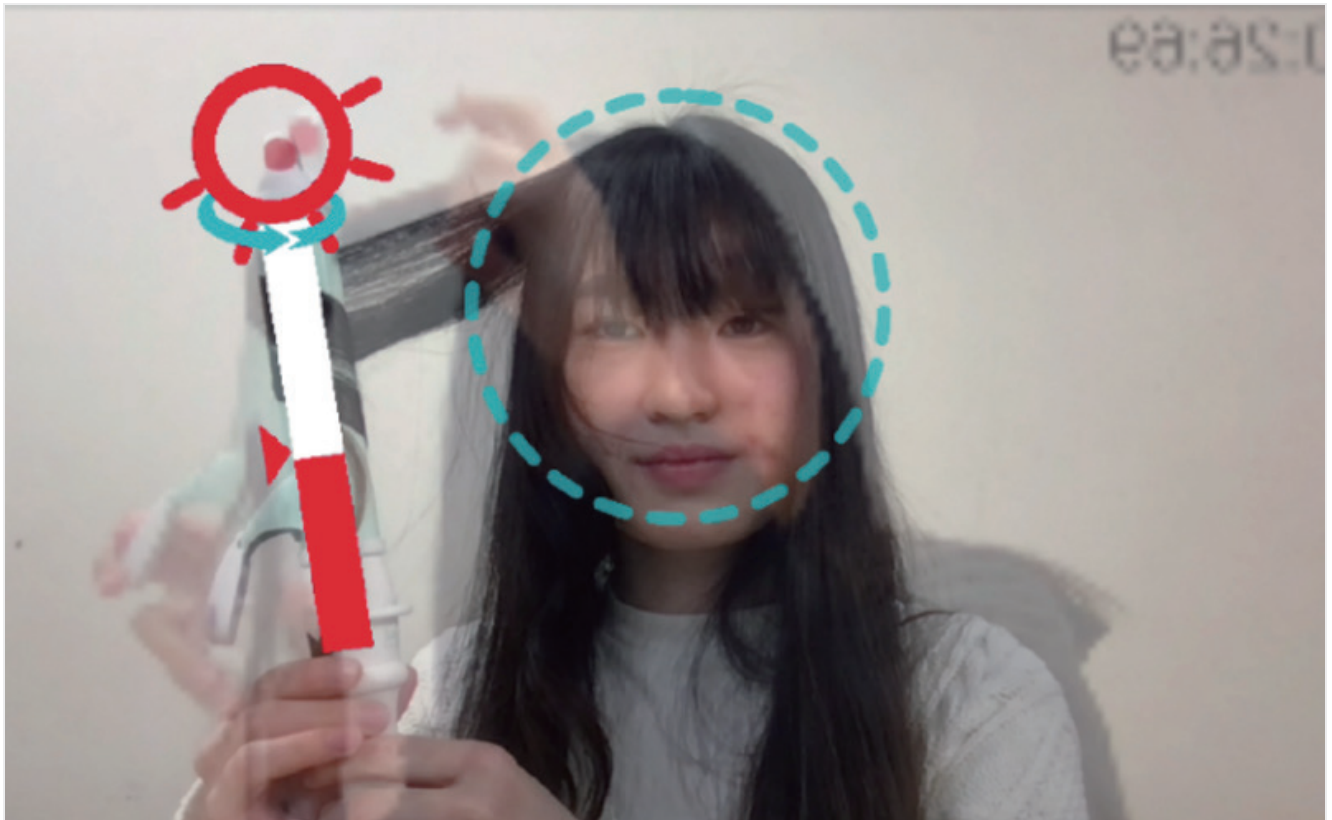


図-2 使用時のシステム画面

出来上がりは実にシンプルで使いやすいデバイスとシステムに仕上がったが、ここに至るまでに多くの試行錯誤があった。まずデバイスは、マイコンへの電源供給を有線で行うとヘアアレンジ中のヘアアイロンの回転によりヘアアイロン本体の電源コードに絡まってしまう。重くて動かすのも大変だった。最終的にはヘアアイロンに履かせるスカートのようなオリジナルモバイルバッテリーケースを松井さんが縫って作成し、コードレスで稼働する安価で軽量のデバイスとなった。

システムでのヘアアイロンの動かし方の提示では、鏡で見える左右や奥行の位置情報、傾き角度や回転情報といった3次元情報を、2次元の画面に直観的に分かりやすく提示しなければならず、これも簡単ではなかった。カラーシールを使った認識のアイデアが出たあとも、色の変化の順番をユーザに覚えてもらう必要があるのか、どのように提示するとよいかなどを、何度も試行錯誤して探っていった。結果的に矢印に勝るものはないということで立体に見える矢印のイラストで回す方向を伝えるというシンプルな仕上がりとなった。

この過程で印象的だったのは松井さんの発想の豊かさである。ヘアアイロンのゲートだけでなく、どちらの方向から入れるとよいかの提示を三角で表現して「魚に見えたので『魚ゲート』です！ヒレ（三角の部分）は～」と説明したり、ヘアアイロンの姿勢も併せて提示することで『魚串ゲート』になったり (図-3)。キラリと光るアイデアや天真爛漫な発想が多く、そういったアイデアが湧き出て実装をしていった様子はまさにスパクリに相応しい。

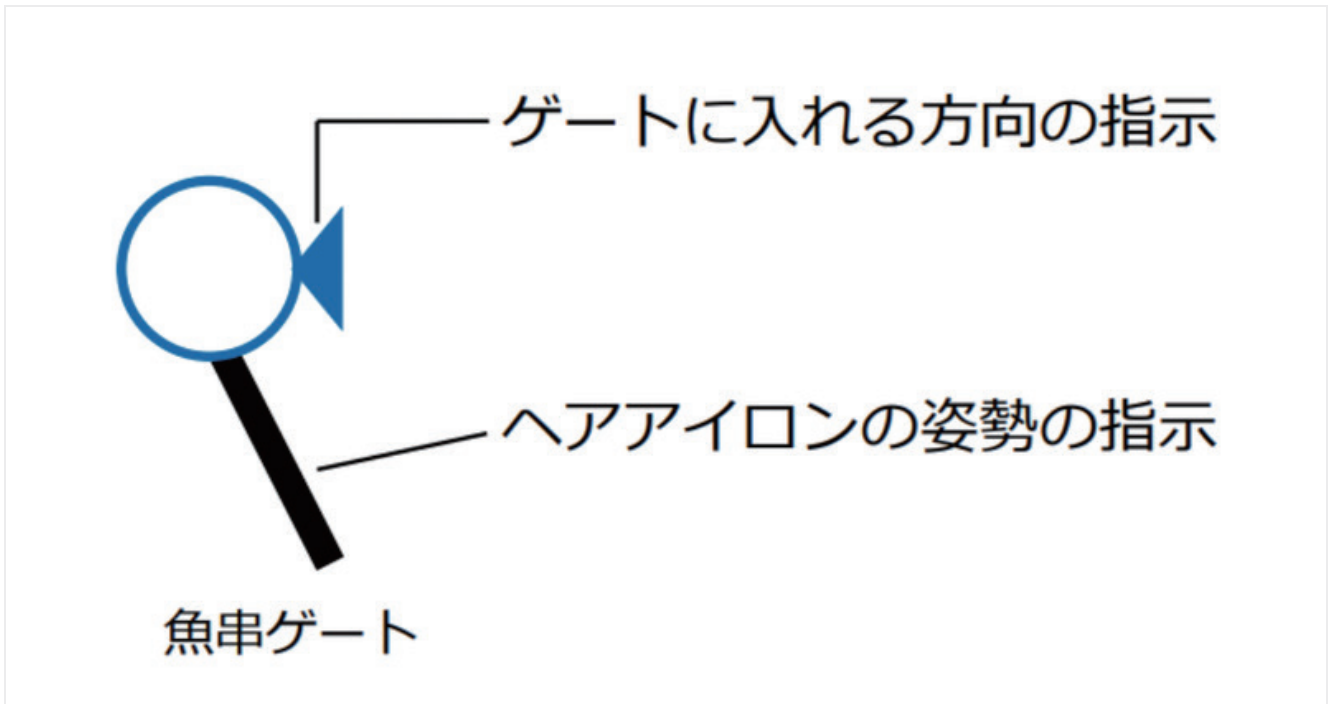


図-3 「魚串ゲート」のアイデア

私はユーザの1人としてこのシステムを使用していたが、元々自分が持っていた（そしてほとんど使わずに洗面所の奥で忘れられていた）ヘアアイロンに手軽にシールを貼るだけ。準備段階からワクワクし、システム起動後には、ゲーム感覚のような「ピローン！」という効果音に合わせて巻いていくだけ。その過程がとても楽しかった。

松井さんは未踏終了後、プロの美容師さんをお願いをしてヘアアレンジ時のヘアアイロンの動きのデータを取らせてもらったそうである。美容師さんも物珍しさからかなり興味を持って楽しんで使っていた様子であった。今後は動きの再

現だけでなく、より手本の髪型の見た目を再現するために、見た目にかかわる制御パラメータが何なのかについて深く調査してそれを実装に活かしていきたいと意欲的である。（五十嵐悠紀PM担当）

[統括PM追記] 未踏期間終了後のあるPM会合（TV会議）で、五十嵐PMの髪型が急にショートカットになったので伺ったら、まさにプロジェクト期間中は松井さんのために髪の毛を（いつもと違い）伸ばし続けたとのこと。クリエイターとPMは一蓮托生ということが実地で示されたエピソードである。

（2021年6月30日受付）

（2021年8月15日note公開）



チョーカー型汎用触覚デバイス

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 00:16



森田 崇文 (もりた たかふみ)

糴山 陽紀 (もみやま はるき)

栃本 祥吾 (とちもと しょうご)

我々がスポーツをする際、視覚だけでなくプレー中に発生する音を頼りにプレーをしており、プレーに使用される聴覚情報は全体の約20%を占めていると言われていた。クリエイターの森田君、糸山君、栃本君が聾学校でインタビューをしたところ、スポーツで音が聞こえなくて困っている、卓球などの一部のスポーツでは音を感じてみたい、という回答が得られたそうである。さらに、彼らは聴覚障がいのある子供たちはスポーツの技能が上達しづらく、それが原因でスポーツにおいて自己効力感や達成感を感じにくいという課題を発見した。

そこで、音情報を触覚（ハプティクス）情報に変換してプレイヤーに伝えるために、プレイヤーの首に巻きつけて使用するチョーカー型触覚デバイスkoloHartを開発した（図-1）。本デバイスは、入力情報としてスポーツ中に発生する音の強度・向き・タイミングを得て、出力情報として触覚の強度・向き・タイミングに変換してプレイヤーに伝える。これにより、音が聞こえない状態でもスポーツを楽しみながらプレーでき、また技能向上を加速することが期待できる。



図-1 チョーカー型触覚デバイスkoloHart

なお、本プロジェクトは広いユーザへの普及を目指すため、聴覚障がい者だけでなく、聴覚に不自由を感じていないユーザにも役立つような首元触覚による「超ビッド」な首元触覚を提示することを目指すことになった。そのために「感覚代行による日常生活の支援」と「新たな感覚獲得による人間の可能性の拡張」をビジョンとして掲げた。1つ目は、本プロジェクトの原点である、クリエイターと片耳難聴者との出会いから生じたもので、触覚による感覚代行で生活を支援したいという思いから。2つ目は、五感で感じるができないような情報を首元触覚でフィードバックすることにより、人間の可能性を拡張して新しい身体技能獲得や新しい気づきに出会える世界を実現するためである。

開発したkoloHartはさまざまな用途に沿ったカスタマイズが可能であり、スマートフォンと組み合わせた方向ナビゲーション機能、障害物の提示や居眠り運転防止などの危険アラート機能、ラケットからの触覚転移を用いたスポーツ上達支援（**図-2**）、音楽連携による体験の拡張などのシステムを実装した。

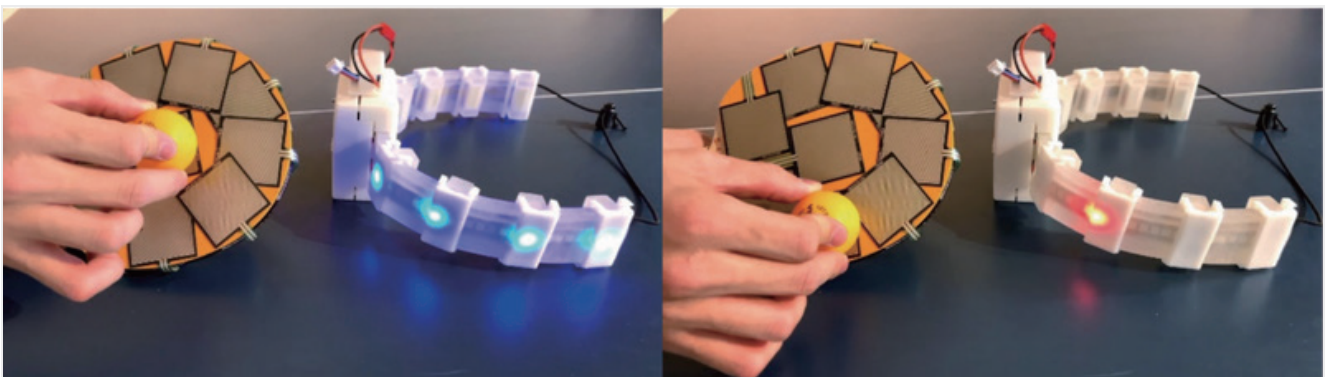


図-2 卓球ラケットの触覚転移

提案されたチョーカー型の触覚デバイスは、文字通り首に巻く。首元は、従来検討されてきた触覚提示部位と比較して求心性神経が多く、触覚に敏感であるのに加え、日常的に接触される機会が少なく、装着者への心理的な効果が大きいとされている。

さらに、体型による触覚検知への影響が小さくさまざまな人々に同等の触覚体験を提供できるという利点がある。

なお、首元に高品位な振動を与えることを主眼とした触覚デバイスはこれまでにほとんど存在しないため、本プロジェクトは触覚に関する各種製品や先行研究と比較しても高く評価できる。本デバイスは首元に360°方向から触覚提示を可能にし、単純振動での触覚提示だけでなく複雑な振動触覚も表現することができ、将来的には幅広い応用が期待できる。（稲見昌彦PM担当）

[統括PM追記] 聴覚障がい者向けという提案だったものが、誰もがその恩恵を楽しむことができるプロダクトへ見事にピボットしたと思う。彼らは学内のベンチャー活動教育の中で仲間になったという。とてもユニークな成果なので、ぜひ実用化につなげてほしい。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



強力なグラフィック機能を備えた組版処理システムTwight

♡ 30



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 00:16



和田 優斗 (わだ ゆうと)

組版とは、書籍やパンフレットなどを作る際、文字や図をページに配置する作業のことである。Microsoft Wordを使って文書を作る作業は組版であるし、研究論文を書く人ならLaTeXを使う人も多いだろう。

組版ソフトウェアには、大きく分けて2種類ある。文書のテキストに指示を埋め込んでいく文字ベースの組版処理システムと、画面上で組版結果を見ながらそれを操作していくWYSIWYGエディタである。前者にはTeXや（未踏OBの諏訪敬之氏の）SATySFiが、後者にはWordやAdobe Illustrator, InDesignがある。

どちらにも利点がある。WYSIWYGはとっつきやすいが、文字ベースにも、文書から分けてスタイルを記述するゆえ再利用性が高かったり、文字ゆえ差分の把握やバージョン管理がしやすかったり、マクロ定義による拡張や自動処理が可能になる、といったさまざまな利点がある。

さまざまな利点がある文字ベースだが、これまで、視覚に訴えかける機能は重視されてこなかった。図の埋め込みくらいはできるがレイアウトは限られたり、字体、文字サイズ、角度、装飾、配置についての機能はかなり限られ、パンフレット、雑誌などの作成に使えるものではなかった。

この現状に対して、和田君は、グラフィカルな紙面を組める文字ベース組版処理システムTwightを開発した。XML, CSSを組版向けに改良した言語で記述し、

Twightに通すと、組版されたPDF文書が得られる。

百聞は一見に如かず、である。和田君がTwightで達成した組版の品質は、本当に驚かされる（**図-1**）。商業誌のグラフィカルな紙面を難なく再現して見せたかと思えば、論文や辞書のようなテキスト中心の文書も美しく組版する。一方で、見た目が美しいというだけではなく、組版の機能は実に質実剛健である。ほんの一部を挙げると、日本語組版処理の要件（JLReq）にしっかり準拠していたり、異体字を指定する方法は4通りに対応していたりする。

そしてこれはもはやお約束であるが、成果報告会での発表スライドも、当然（?）、Twightで作成してくれた。

和田君は小学6年生の頃に書体、つまりフォントに興味を持ち始めたらしい。この書体のこの曲線部分が美しい！と感じたり、自分でフォントを作って遊んだとのこと。やがてその興味が、書体を活用する組版に広がっていったのだろう。



図-1 Twightによる組版結果，グラフィカルなものからテキスト中心のものまで

和田君は、筑波大学に入学して早々の2021年4月、まったくの別件で界隈の話題をさらった。履修登録の期間中に授業データベースKdBがメンテナンスに入ってしまった、皆困っていたところに、代替ツール「KdB（もどき）」をわずか3時間半で実装し、提供した。これで救われた筑波大生は多かったことだろう。

その記事は以下のURLから見る事ができる。

- ・ ITmedia NEWS：筑波大の授業DBがメンテ，困った新入生が代替ツールを“爆速開発” その背景を本人に聞いた

<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2104/13/news126.html>

- ・ ねとらぼ：筑波大学の履修ツールが年度早々長期メンテに→“新入生”が代替システムを一晩で開発し「強すぎる」と動揺広がる

<https://nlab.itmedia.co.jp/nl/articles/2104/12/news136.html>

(首藤一幸PM担当)

[統括PM追記] 未踏ではときどき (いい意味で) とんでもない高校生が彗星のごとく現れる。本当に組版が好きで好きでたまらないというようなレベルを、軽く飛び抜けて、和田君が隅から隅まで丁寧に作り込んだシステムだ。いくつかの改良を行い、近いうちにオープンソースで公開すると聞いている。ぜひ使ってみたい。

(2021年6月30日受付)

(2021年8月15日note公開)



Studies on Content Analysis and Ordering of Courses from a Knowledge-Based Perspective

♡ 1

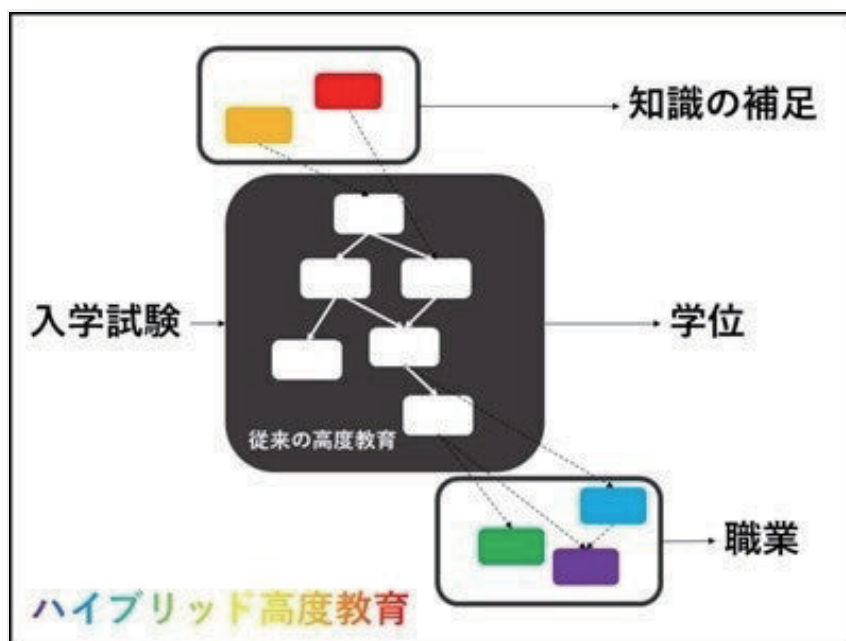
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:17



邦訳：知識に基づく科目の内容分析と順序付けに関する研究

戴 憶菱

(京都大学学術情報メディアセンター緒方研究室 特定研究員)



----- keyword -----

オンライン科目

知識抽出

履修順序

【背景】 科目のデジタル化とオープン化により、自由に科目を受けることが可能

【問題】 膨大な科目と多様な学習者の目標とのマッチングが困難

【貢献】 科目内容の自動的な知識判定と職業を意識した履修順序付けなどの手法を
提案

大規模公開オンライン講座の進展により、学習者は時間や空間の制限なく学習することができるようになりつつある。その結果、従来の大学での教育と異なり、学習者が定められたカリキュラム以外にも自由に科目を選択して受講することができる。純粋な科目への好奇心、欠けている知識の補足、自身のスキルアップ、就職の準備などさまざまな学習目標が考えられる。学習者のそれぞれのニーズに合う科目が取れる新しい教育環境が生まれると期待できる。その一方、公開されたオンライン科目が多く、教育機関や教育者により提供され、教育の目的、教育の内容や知識の表現は幅広い。科目の知識をまだ身に付けていない学習者にとって、自身の目標に合う科目を識別することはきわめて困難である。こういった問題を解決するため、本研究は目標の明確さによる3種類の学習者を想定して、それぞれのシナリオで科目の識別に関する手法を提案する。

■曖昧な目標を持つ学習者

なんとなく「計算機科学」に関心がある、あるいは「京都大学がどんな科目を教えているのかな」と興味を持つ学習者が当てもなく科目を検索するシチュエーションが考えよう。このような学習者にとって、まずその分野の全体像や科目の内容を

理解する必要がある。1つの科目の内容を理解する、あるいは複数の科目の内容を比較するには共通の分野知識階層が有用である。たとえば、「アルゴリズム」、
「情報管理」や「プログラミング言語」などの知識カテゴリを用い、科目内容がそれぞれの知識カテゴリとの関連度を推定することを目標とした。ウィキペディアといった外部の知識ベースを利用し、限られた科目シラバスと知識カテゴリの情報を拡張し、より深層的な関連度を推定する手法を提案した。

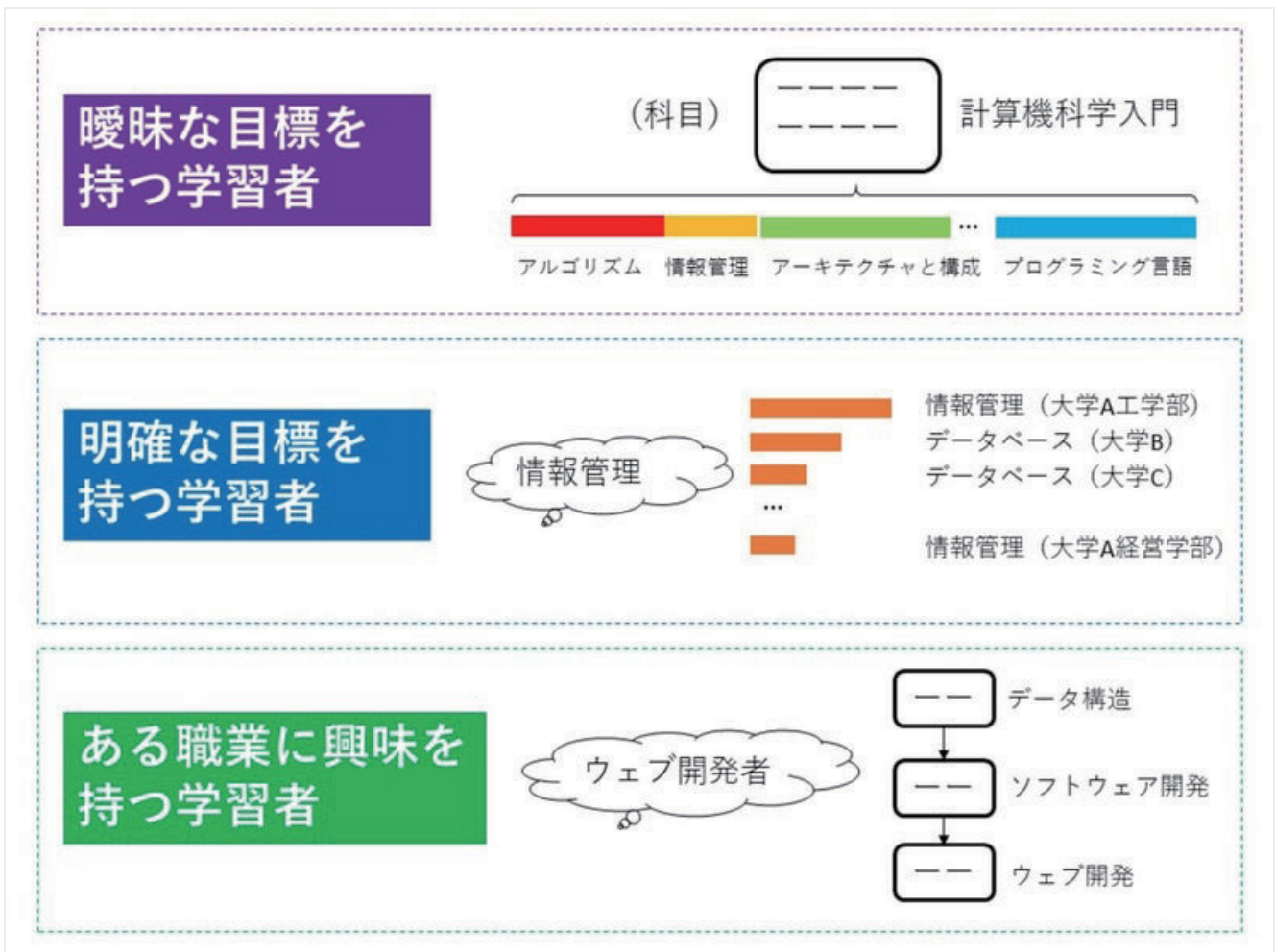
■明確な目標を持つ学習者

すでにあるカテゴリの知識に学習対象を絞った学習者にとっては、その知識を教える科目を効率良く見つけ出すことが大事である。本研究は目標とする知識のカテゴリが科目の受講によって習得できる知識の割合を知識カバレッジと定義した。そして、知識のカテゴリが概念により構成されることから、概念の依存関係によるカテゴリへの重要度を推定する手法を提案した。

■ある職業に興味を持つ学習者

さらに長期的な目標、つまり、就きたい職に対して、学習目標を達成するには計画的に科目の受講プランを立てなければならない。本研究では、学習目標として与えられた専門用語に対し、科目の依存関係を満たす科目順序を付ける手法を開発した。既存研究と異なり、順序の各位置にある科目がもたらす情報量が最適化される点に優れている。実験では、手法が生成した順序の学習体験への影響も評価した。この結果は、より学習者の個人的なニーズに応えられるモデルの開発に繋がる。

実験では実際の大学の科目を対象とし、科目の講師あるいは専門家が付与した知識カテゴリに費やした講義時間数、知識カテゴリのカバレッジ、専門用語に対する重要度などを正解データとして利用し、手法で推定した関連度、カバレッジと科目順序の精度を評価した。その結果、学習者が関心を持つ知識を扱う科目の識別ができることが分かった。



(2021年5月18日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報学）

大学：京都大学

推薦文：（データベースシステム研究会）

大規模公開オンライン講座（MOOC）は多くあり，教育の目的，内容や知識の表現は幅広い．本博士研究は，学習者が目標に合う科目を見つけられるように，科目内容の知識配分の自動抽出，学習者が獲得したい知識がある科目に含まれている度の提示，ある職業に就くために必要な科目の履修順序付けなどの手法を新たに開発した．

戴 憶菱

研究生活：博士課程は8割自分との闘いだと思います。データを見つめたり、プログラムのバグを修正したりして、あるいは先行研究を読んだり文章を書いたりして、1日誰とも話さない日もよくありました。大量の考える時間を重ねることこそ深みのある研究ができると思います。しかし、研究の広さをもたらすのは残りの2割の人との交流だと思います。

私は学部時代の卒論をアジアの学会に投稿する機会があり、その学会のバンケットでたまたま話しかけた先生が論文のレビュアーでもあり、論文や実験についている議論ができて、その後当時の指導先生に紹介したら共同研究者にもなりました。こういう先生や学生などの肩書に関係なくコミュニケーションができる世界って素晴らしいと思いました。そのあとの博士期間を含めて、コロナの影響もあり、学会に参加する数はそこまで多くありませんでしたが、やはり世界中の研究者と交流して刺激を受けることがすごく楽しいと感じました。

また議論が盛り上がる学会に参加できる日を楽しみにしております。



An Empirical Study of Feature Engineering on Software Defect Prediction

♡ 1

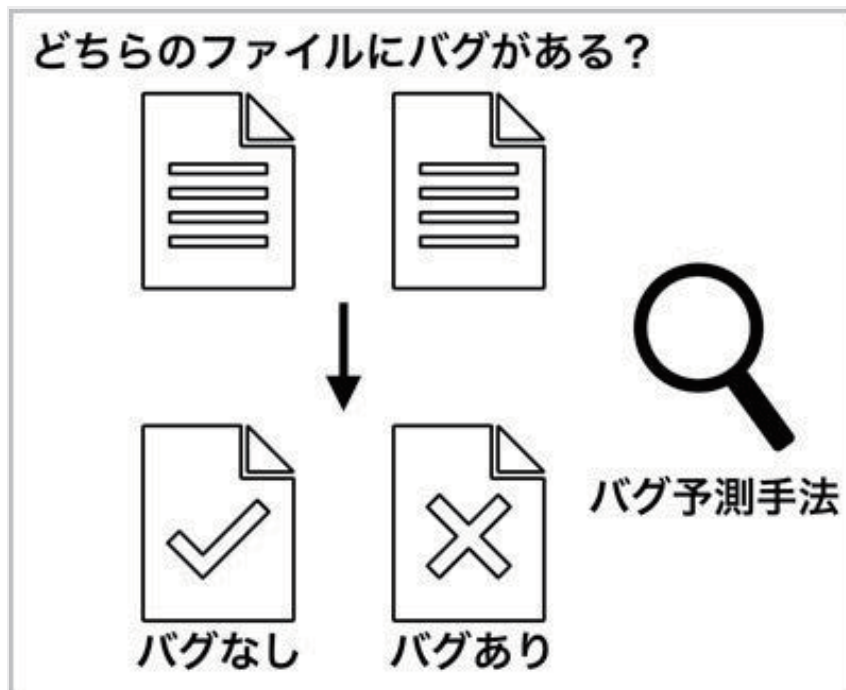
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:19



邦訳：ソフトウェア不具合予測における特徴量エンジニアリングの実証的研究

近藤将成

(九州大学大学院システム情報科学研究院 助教)



----- keyword -----

バグ予測

ソフトウェアの特徴量

人工知能

【背景】 ソフトウェアのバグは大きな事故を引き起こす可能性がある

【問題】 バグを取り除くための開発リソースは不足している

【貢献】 効率的なバグの発見に寄与する特徴量を調査した

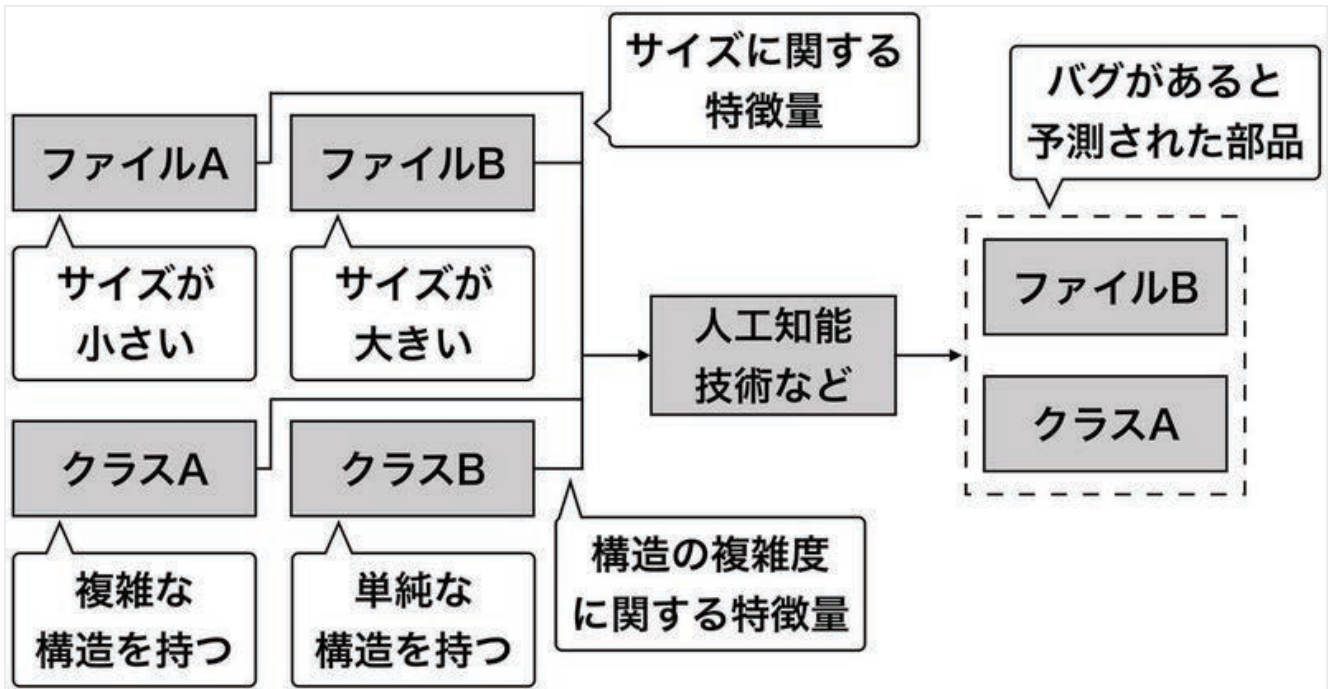
ソフトウェアはすでに社会インフラになりつつあり、私たちの生活になくてはならないものである。そのため、ソフトウェアにもし不具合（バグ）が含まれている場合、大規模な経済的損失を引き起こす可能性や、多くの人に影響を与える可能性がある。たとえば、証券取引所における取引のソフトウェアにバグがあれば、取引を中止するなどの対応をとらねばならず、大きな経済的損失を引き起こす可能性がある。より身近なところでは、人気のスマートフォンのアプリケーションにバグがあり、一時的に利用できなくなれば、多くの人に影響を与えることになる。

しかし、ソフトウェアへのバグの混入は避けられない。この理由の1つとして、ソフトウェアの大規模化が挙げられる。たとえば、Googleが管理しているソフトウェアの部品の規模は、2015年時点で86TBと報告されている [1]。このような大規模なソフトウェアの部品すべてに対して完璧なバグの有無のチェックを行うことは事実上難しい。

この問題を解決する1つの方法として研究されているのがバグ予測手法である [2]。バグ予測手法とは、バグを含んでいると考えられるソフトウェアの部品を人工知能技術などを用いて予測することで、バグをより多く取り除こうとする手法である。

たとえば、他の部品と比べてサイズが大きい部品や、休日の前に作成された部品が統計的に多くバグを含んでいるのかどうかを、深層学習手法などを用いて分析し、どういったソフトウェアの部品がバグを含んでいるかの情報を得る。その情報を用いて予測を行えるようにする。これらの情報のことを、ソフトウェアの特徴量と呼ぶ。以下に、バグ予測手法の模式図を示す。はじめにソフトウェアの部品から特徴量を取り出し、それをもとに人工知能技術などを用いて、ソフトウェアの部品がバグを含んでいるかどうかを予測する。

本研究では、より効率的なバグ予測を行うためには、どのようなソフトウェアの特徴量がバグの予測に有用であるのか調査した。たとえば、人工知能技術の1つである深層学習手法を用いることで、ソフトウェアの部品への変更からソフトウェアの特徴量を自動抽出することができ、またその特徴量がバグの予測に有用であることを示した。また、ソフトウェアはソースコードと呼ばれる特殊な言語で記述されたコードを利用して作成される場合が多く、ソフトウェアへの変更もコードの書き換えによって行われる場合が多い。この際のコードに対する書き換えが行われた個所の文脈情報を利用することも、バグを予測する上で有用であることを示した。これらの結果を利用することで、どういった特徴量を利用することで、より多くのバグを見つけることができるのかについての知見を与えた。この研究を発展させていき、将来的にはバグのないソフトウェアを開発できるような世界にしたいと考えている。



[1] R. Potvin and J. Levenberg : Why Google Stores Billions of Lines of Code in a Single Repository, Communications of the ACM, Vol.59, pp.78-87 (2016).

[2] O. Mizuno, S. Ikami, S. Nakaichi, and T. Kikuno : Fault-Prone Filtering: Detection of Fault-Prone Modules Using Spam Filtering Technique, In Proc. 1st International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM2007), pp.374-383 (Sep. 2007).

(2021年5月26日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：京都工芸繊維大学

推薦文：（ソフトウェア工学研究会）

本論文では、ソフトウェアバグ予測技法の精度に強くかかわる特徴量についての大規模な調査を実施し、既存研究では見逃されていた変更されたソースコードの文脈を考慮する手法の提案や、深層学習手法による特徴量の自動抽出による予測精度向上を実現している。先駆的な内容であり、今後の産業界への応用と貢献が大きく期待できる。

近藤将成（正会員）

研究生活：高等専門学校で初めて研究というものに触れてから、その面白さに魅了され、研究をする職業につきたいと強く思い、博士号の取得を決意しました。研究の分野では英語を話す、聞く、書く、読むのすべての技能が非常に重要なのです。

が、英語があまり得意ではなかったことから英語には苦勞しました。しかし、大学および大学院での研究生生活の中で徐々に克服していき、今ではある程度自信を持って英語を使うことができるようになっていきます。また、この体験は自分の中であれほど苦手であった英語でも克服できたという自信にも繋がりました。もし研究が面白いなと少しでも思うのであれば、ぜひ博士号の取得を検討してみることをお勧めします。博士課程での研究は、皆さんのさまざまな能力を大きく伸ばしてくれるはずです。

最後になりましたが、大学及び大学院で指導をしてくださった水野修教授をはじめ、多くの方にサポートしていただき博士号を取得することができました。大変感謝しております。



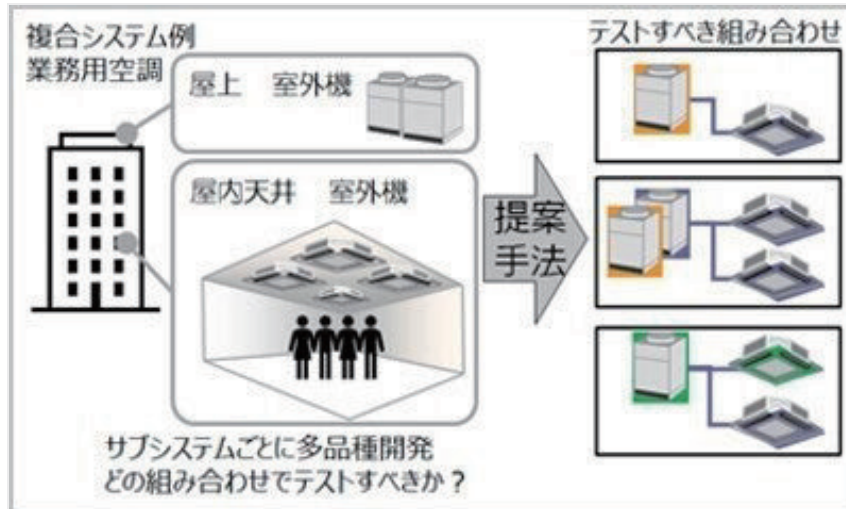
プロダクトライン開発における可変性モデル化 手法とシステム構成導出への応用の研究

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:21



新原敦介

((株) 日立製作所 研究開発グループ 主任研究員)



----- keyword -----

複合システム

可変性分析

システムテスト

【背景】 複合システムにおいて、個別に派生開発されるサブシステムの組合せ数は膨大

【問題】 膨大なシステム構成の全テスト実施は工数的に不可能

【貢献】 テストを実施すべきシステム構成を体系的に導出

本研究では、単独の機器で機能を提供するのではなく、複数のサブシステムが接続され連携して機能を提供する複合システムを対象とする。サブシステムはそれぞれ

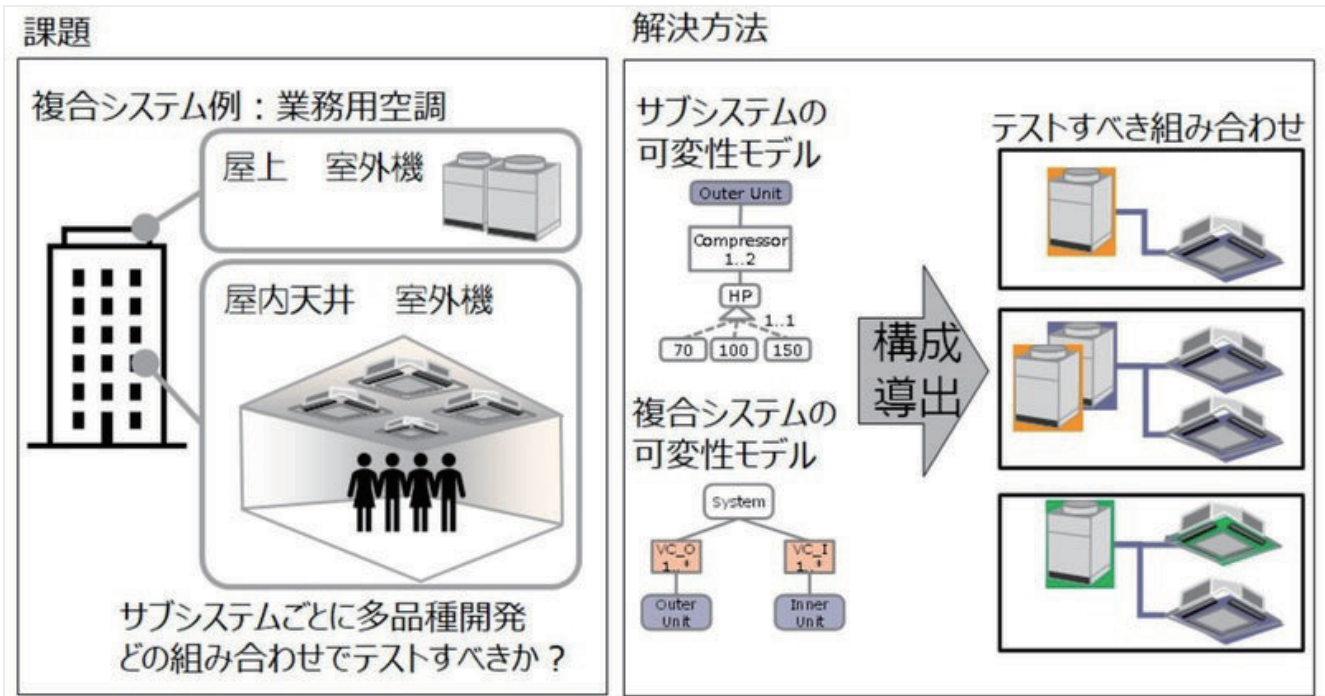
れに派生開発（既製品をベースに改造・拡張開発）されており、廉価機・普及機・高級機などのバリエーションによって機能に細かい差が生じたり、容量が異なったりする。そして、これらのサブシステムが組み合わさった複合システムには、どのサブシステムが何台つながっているのかというバリエーションが生じる。さらに、サブシステムの組合せ方によって、複合システム全体で提供する機能にもバリエーションが生じる。

このような複合システムを出荷する際、理想的には生じ得るすべてのサブシステムの組合せで動作を確認するテストを行いたい。しかし、実際にはサブシステムの組合せ数は膨大となり、すべての組合せのテストは現実的には実施困難である。そこで、テストの確認項目ごとに、サブシステムの組合せを限定してテストを実施する必要がある。長期にわたる派生開発によって蓄積されたテスト項目を実施するためには、テスト項目ごとにどのサブシステムの組合せでテストすべきかを導出することが困難という課題がある。そして、テストを実行する際に、サブシステムの組み換えは、機器の移動や接続の切り替えや初期設定のやり直しなどによって、非常に工数が高い。そのため、複数のテストを実施する際に、サブシステムの組み換え回数を極力少なくしたいという要求がある。

既存の方法には、複合システム向けのバリエーションを管理しやすい形で記述する方法がなかったため、本研究では、まず、バリエーションを分析し表現するための可変性モデル（製品の機能や特徴の共通箇所や差異を整理・記述するもの）を用

いて、複合システム全体とサブシステムの組合せ方やシステム全体の機能を表現するための、複合システム向け可変性モデルを提案した。そして、その複合システム向けの可変性モデルを用いて、テスト項目ごとに実行可能なシステム構成（サブシステムの組合せ）を導出し、テスト項目すべてを網羅する少ない数のシステム構成の組を導出する手法を提案した。

提案した可変性モデリング手法に関して、多くのサブシステムで構成される業務用空調機やPOSレジシステムを例に、被験者実験を行い、提案手法の効果を確認した。その結果、提案手法を用いない方法では、テスト項目を網羅するシステム構成を導出できなかったのに対し、提案手法を用いればテストケースを網羅する少ない数のシステム構成が導出できることを確認できた。



(2021年5月27日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：東京工業大学

推薦文：（ソフトウェア工学研究会）

本論文の主要な貢献に 1) 新しい可変性モデリング手法の提案と 2) テストケース生成への応用があり、これらは産業界の需要を色濃く反映している。事例分析にとどまらず、最終的に一般性のある手法としてまとめ複数の論文誌に掲載されている点でも優れている。プロダクトライン開発研究の未来につながる博士論文として推薦する。

新原敦介（正会員）

研究生活：本研究は、2008年に企業の開発現場で発生していた課題を一般化して取り組みを始めました。それから、トップエスイーの修了制作とノルウェー留学で発展させ、社会人博士として5年半を費やし、博士論文にまとめさせていただきました。足掛け13年と時間はかかりましたが、心が折れても継続することの重要性を感じております。

本研究の推進ならび博士論文をまとめるにあたり、多大なご指導をいただきました佐伯元司教授、林晋平准教授、鷺崎弘宣教授、オイステン ホウゲン教授に、心よりお礼申し上げますとともに、企業における研究開発を指導していただいた職場の皆様へ感謝いたします。



Decoding the Representation of Source Code Categories in the Brain of Expert Programmers



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 08:23

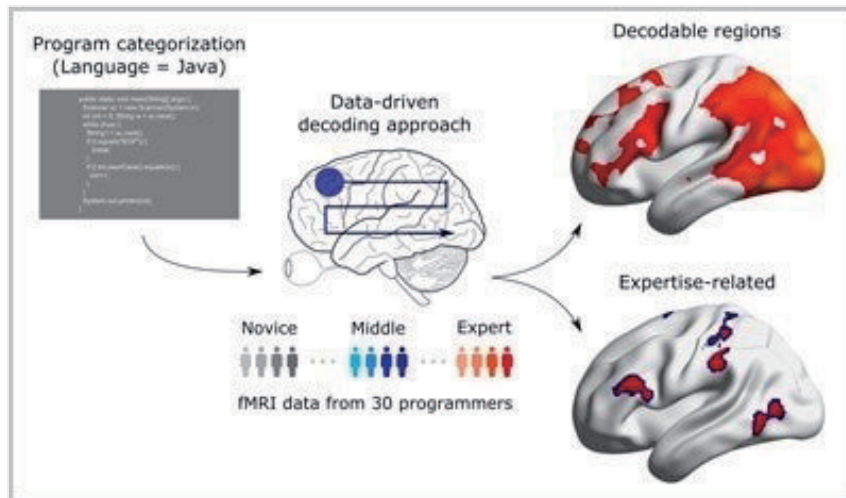


邦訳：エキスパートプログラマを対象としたソースコードカテゴリの脳情報デコーディング

幾谷吉晴

(アマゾンウェブサービスジャパン (株))

プロフェッショナルサービスコンサルタント)



----- keyword -----

プログラミングの脳科学

脳情報デコーディング

fMRI

【背景】 プログラミング能力を有した人材の育成は世界的な重要課題

【問題】 プログラミング能力がヒトの脳内でどのように実現されているか不明

【貢献】 熟練度の高いプログラマーの脳活動に特徴的なパターンを発見

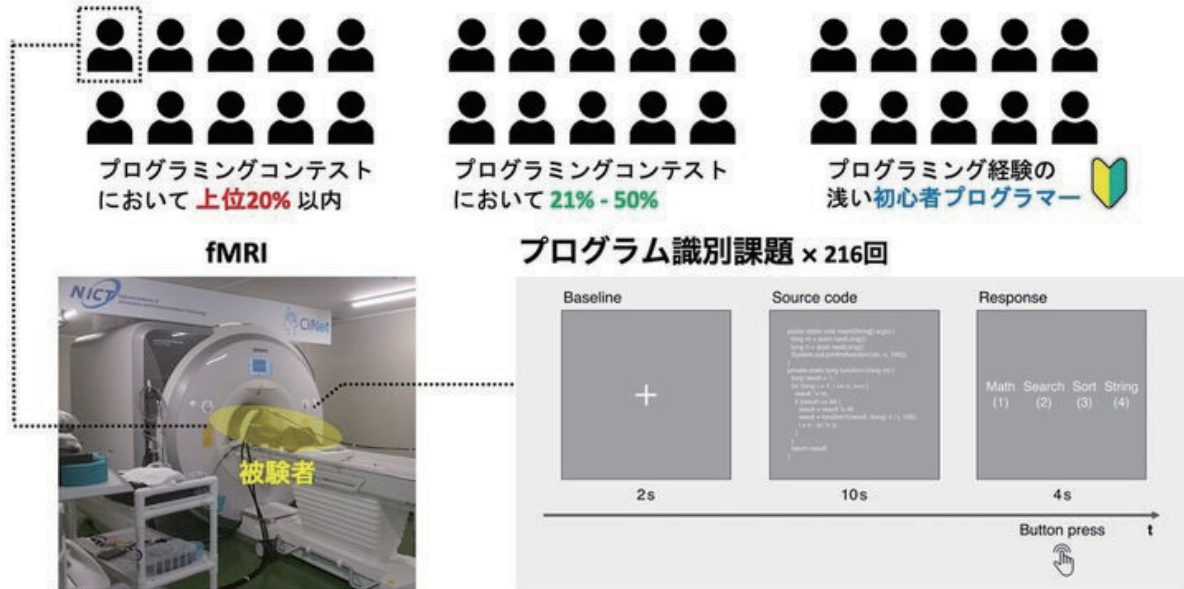
日常のあらゆるものが電子化され、インターネットに接続される現代社会において、プログラミング能力を有した人材の確保・育成は世界的な重要課題となっています。2019年4月に経済産業省が発表した、「IT人材需給に関する調査」では、2030年の日本において45万人のIT人材が不足すると予測されています。また、2020年から小学校でプログラミング教育が必修化されるなど、プログラミング人材の育成に対する社会的な意義や重要性がますます大きくなっています。しかし、プログラミングは人類の歴史においても比較的新しい活動であり、その能力がヒトの脳内でどのように実現されているかは、ほとんど分かっていません。

わたしの研究は、「ヒトのプログラミング能力はどのように実現されているのか？」という疑問に対し、神経科学（脳科学）のアプローチから解決を試みるものです。特に競技プログラミングの能力に着目し、世界最大のプログラミングコンテストサイトの1つであるAtCoderにおいて、上位20%に位置する能力を持つプログラミング上級者10名、上位21～50%に位置する中級者10名、プログラミング経験の浅い初心者10名を被験者として採用しました。そして、被験者がJavaで書かれたプログラムを読解しているときの脳活動を、fMRI（functional Magnetic Resonance Imaging）という脳活動計測装置を用いて調べました。

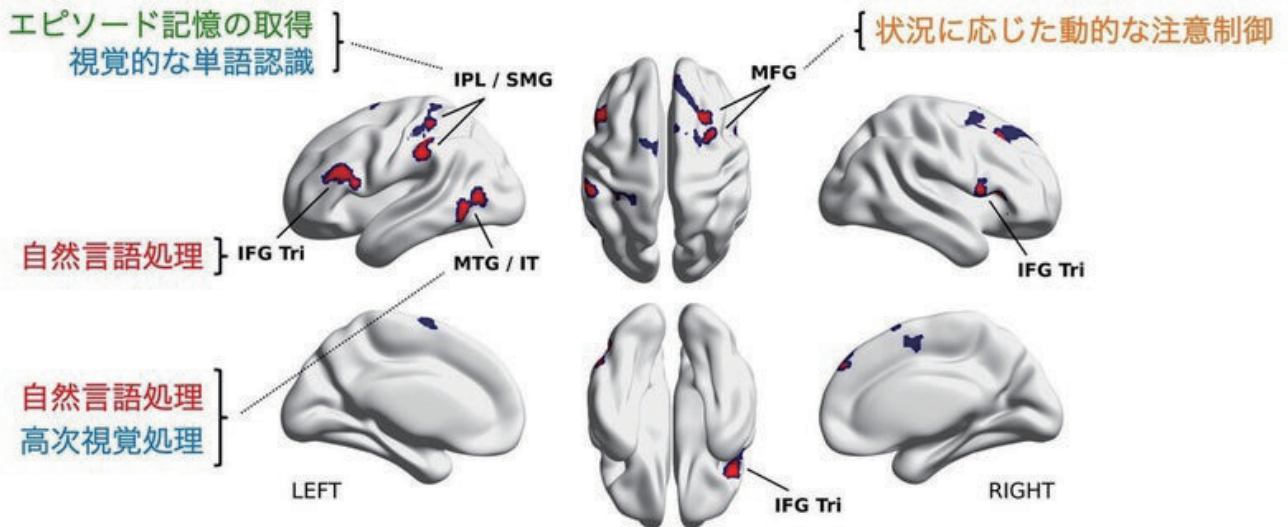
その結果、前頭葉・頭頂葉・側頭葉にわたる複数の脳領域の活動が、各被験者のプログラム理解能力の高さに関連することを発見しました。具体的には、脳情報デコーディング技術を応用し、実験時に提示されたプログラムの内容を被験者の脳活動パターンから読み取ったところ、前頭葉・頭頂葉・側頭葉にわたる複数の脳領域における読み取り精度の高さが、各被験者のプログラム識別課題の正答率と有意に相関することが分かりました。この結果は、プログラミングへの習熟が特定領域の脳活動パターンの精緻化と関連する可能性を示しています。つまり、高いプログラミング能力を持つ上級者の脳活動パターンほど、プログラムの内容をうまく捉えられるように洗練されている可能性を示唆しています。

本研究によって、上級者の持つ高いプログラミング能力が、前頭葉・頭頂葉・側頭葉にわたる複数領域の脳活動パターンの精緻化と関連している可能性が示されました。これまで曖昧で抽象的なものとして扱われてきたプログラミング能力を、具体的な脳領域の活動パターンと結びつけられたことは、IT人材育成やプログラミング教育の質の向上を考えていくための基礎的な知見として重要な意味を持つと考えています。

実験の全体像



プログラム理解能力の高さに関連する脳領域



■本研究成果に関する大学のプレスリリース

<http://www.naist.jp/pressrelease/2020/12/007534.html>

(2021年5月25日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：奈良先端科学技術大学院大学

推薦文：（ソフトウェア工学研究会）

本論文は、プログラミングにおける初心者と熟練者の差異を脳活動の観点から初めて明らかにしたものである。特に、プログラミングという特定領域に特化するために微調整された「脳の皮質表現」上に、プログラミングの専門性が構築されるとする実験結果は、広くソフトウェア開発にかかわる人材育成への応用、貢献が期待される。




幾谷吉晴

研究生活：わたしの博士研究は、これまで主としてソフトウェア工学分野で検討されてきた課題に対し、神経科学的なアプローチから解決を試みるという、非常に学際的なものでした。新しい研究分野を開拓し、前例のほとんど存在しない領域に足を踏み入れられることは、3年間ないしは5年間にわたり、研究活動に没頭することを許される大学院博士課程の醍醐味だと思います。本研究の実現にあたり、非常に多くの方々のご協力をいただきました。特に同博士論文における研究デザイン、MRIデータの収集と分析、および論文化に際し、神経科学の専門的な見地からご指導いただいた西田知史先生（NICT CiNet）、西本伸志先生（大阪大学）に心から感謝いたします。博士課程在学中の長きにわたり、研究指導をいただいた奈良先端科学技術大学院大学の先生方、畑秀明先生（現 信州大学）、久保孝富先生、池田和司先生、松本健一先生に、この場を借りて改めてお礼申し上げます。



Mapping Optimization Techniques for Coarse-Grained Reconfigurable Architectures

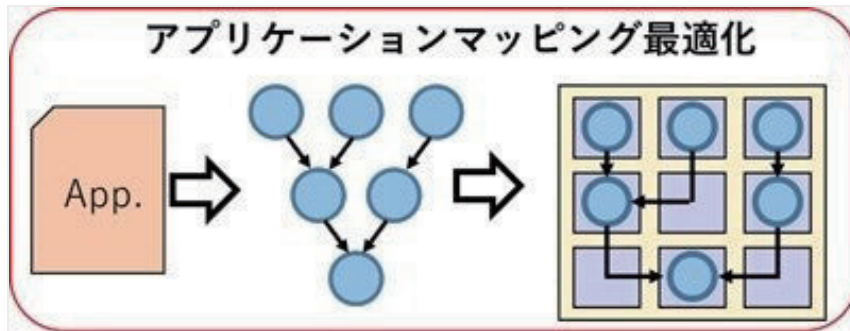
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:24



邦訳：粗粒度再構成可能アーキテクチャCGRAのためのマッピング最適化手法

小島拓也

(慶應義塾大学 訪問研究員／日本学術振興会 特別研究員PD)



----- keyword -----

粗粒度再構成可能アーキテクチャ

多目的最適化

省電力化

【背景】 エネルギー効率に優れる計算機に対する需要

【問題】 多様化する用途に応じる最適化手法の欠如

【貢献】 多目的最適化を可能にする新たなアルゴリズムを考案

IoTデバイスやウェアラブルデバイスの普及に伴い、画像処理や信号処理などの計算を十分高速に、かつ、バッテリーで長時間稼働できるようなエネルギー効率に

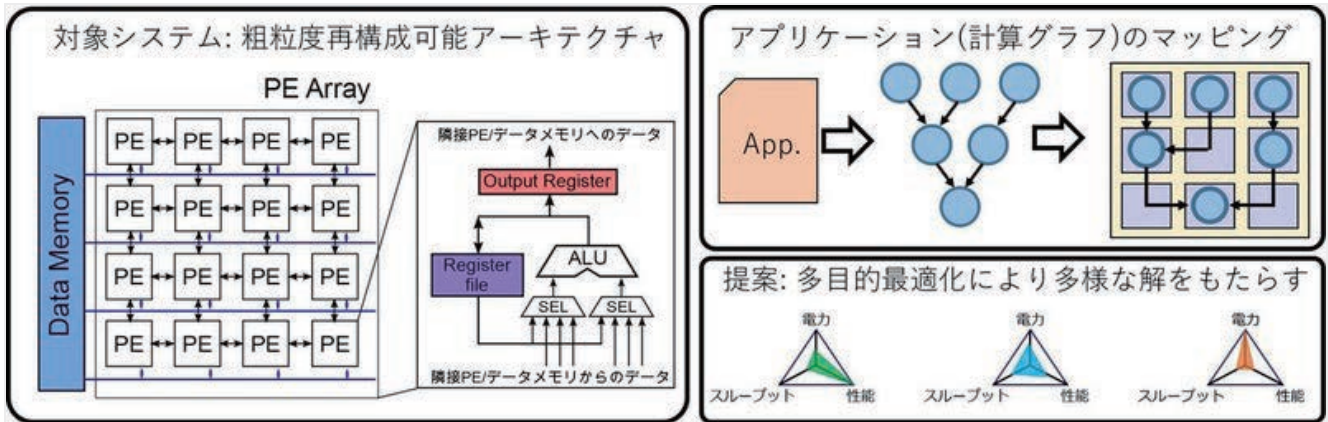
優れたデバイスが求められている。

粗粒度再構成可能アーキテクチャ（CGRA: Coarse-Grained Reconfigurable Architectures）はこのような要求を満たすデバイスとして期待されている。CGRAは多数の演算処理ユニットPE（Processing Element）が相互に接続された構造（図左）を持っており、これを用いて効率的な計算を行う。CGRAで実行する計算はデータフローグラフと呼ばれる演算同士の依存関係を示したグラフで示される（図右上：青い円は1つの演算—たとえば加算や乗算など—を表す）。この計算をCGRAで実行するには、どの演算をどのPEに割り当てるかを決定する必要がある。この操作をマッピングと呼ぶ。このとき、依存し合う演算が割り当てられたPEは互いに接続可能な位置にある必要があり、非効率的な割り当てをしてしまうと高い性能を達成できない、PEが不足し実行できないといった問題を引き起こしてしまう。

したがって、効率的に計算をマッピングする手法が広く研究されている。しかし、既存の手法は最適化の対象が実行時間（性能）など特定の項目に特化しており、多様化する用途に柔軟に対応することができていなかった。たとえば、バッテリー駆動型のデバイスで、あらかじめ決まった時間内で計算を完了すればよいシステムにおいては、その時間よりも早く計算を完了させても意味がない。それよりも時間内に完了し、なるべく消費エネルギーを小さくすることのほうが重要である。

そこで、本研究では計算のマッピングを行う問題を解くために、遺伝的アルゴリズムを採用した。遺伝的アルゴリズムとは、組合せ最適化問題などの解を遺伝子として表現し、生物の進化を模倣した操作を繰り返すことで、より良い解を探索するためのメタヒューリスティクス★1である。相反する複数の最適化項目を同時に最適化することができるアルゴリズムが存在し、本研究でも同様のアプローチをとっている。たとえば、高い性能を得ようとすれば、通常は消費電力が増加してしまうが、本研究が提案した手法を用いることで、高性能に特化したマッピング、省電力性に特化したもの、いずれの項目もバランスの取れたものなど多種多様なマッピングを解として見つけることができる（図右下）。ユーザはこの中から自身の要求に合うものを選択し利用することができる。

本研究の評価はシミュレーションだけでなく、試作チップを用いた実機測定に基づいている。3種類の異なる試作チップに対して評価を行った結果、既存手法と比較して、提案手法によるマッピングは最大で46%ほどの消費エネルギーを削減できることを示した。



☆1 特定の問題に依存せず，さまざまな最適化問題に対して十分な品質の解が得られる汎用的な解法のこと。本研究で利用している遺伝的アルゴリズムの他に，蟻コロニー最適化，粒子群最適化，焼きなまし法などがある。

(2021年5月30日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：慶應義塾大学

推薦文：（システム・アーキテクチャ研究会）

簡単なプロセッサによるアレイを構成要素とする粗粒度再構成デバイスは、エネルギー効率が高いことからIoTデバイスなどに利用されている。この論文はこのデバイス上にアプリケーションを搭載する際の最適化手法を確立し、実用的なCADツールを構成した点で高く評価され、海外の著名ジャーナルに掲載された。

小島拓也

研究生活：学部生で慶應義塾大学天野研究室に配属されて以来、博士課程に至るまで継続して粗粒度再構成可能デバイスCGRAに関する研究に従事してきました。この間、関連分野への調査を積極的に行い、研究内容の視野を広げスケールを徐々に拡大させることができ、本研究としてまとめあげることができました。この過程で、研究室の諸先輩方や指導教員の天野英晴教授には自身のアイデアを尊重していただき、多くのサポートをいただきました。おかげで、主体的に研究活動を行う力が身についたと感じています。今後も見聞を広げることを怠らずに、IT技術の発展に貢献できるよう研究活動に邁進してまいります。



チップ間誘導結合通信を用いた形状自在計算機システム



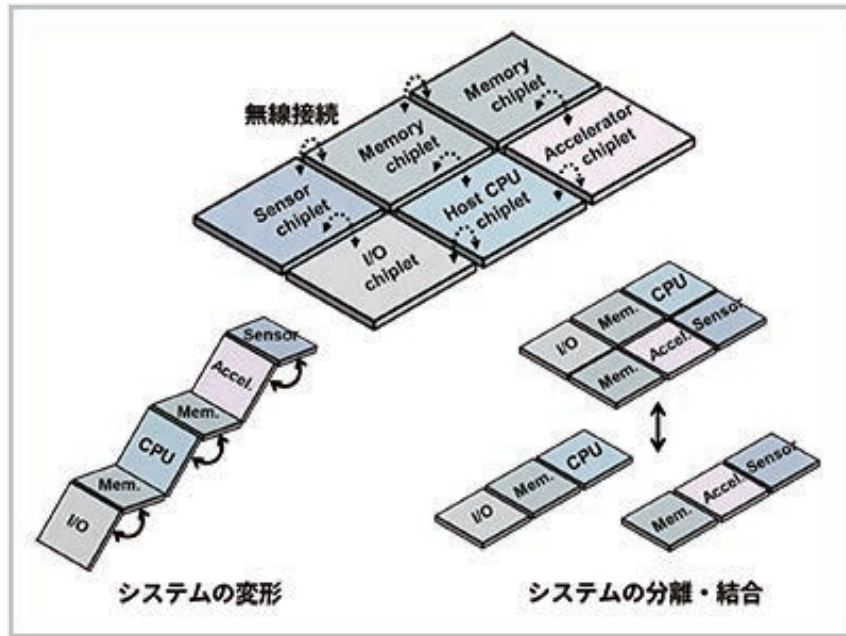
情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 08:27



門本淳一郎

(東京大学)



----- keyword -----

無線通信

コンピュータアーキテクチャ

ユーザインタフェース

【背景】 組み込みデバイスの多様化・多機能化

【問題】 計算機システムのサイズと固定的な実装形状

【貢献】 無線接続された複数小型チップから成る計算機の提案と実装

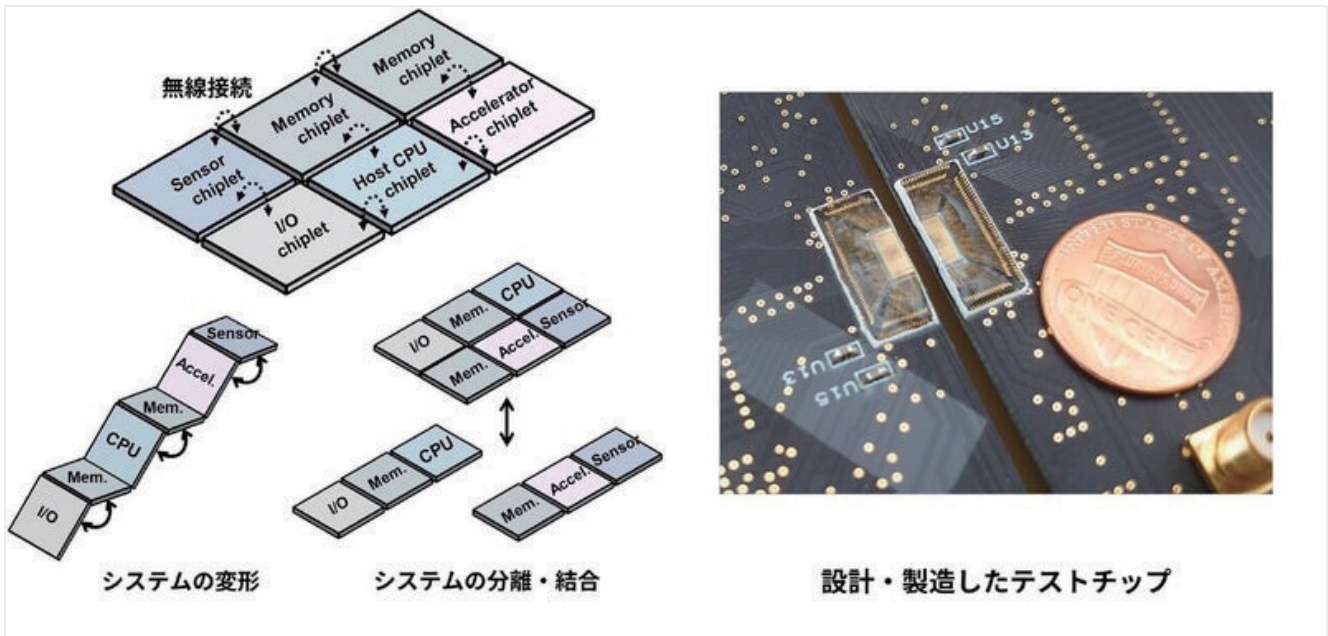
計算機システムはその小型化や低消費電力化にともなって多様なデバイスへと組み込まれるようになり、我々の生活空間に浸透している。計算機システムの今後の

アプリケーションとして注目すべきものに、形状変化する組み込みデバイスがある。たとえばミリメートルスケールのサイズへとコンパクトに折りたたまれ、変形するマイクロロボットが提案されている。また、群れを成すマイクロロボットやそれらから組織的に構成されるユーザインタフェースの研究が進められている。こうした研究の視線の先には、デバイス上への計算機搭載による高度な協調分散処理の実現がある。ここで搭載における大きな課題は計算機の物理的なサイズと実装手法である。

計算機システムの実装手法として、SiP (System-in-a-Package) が注目を浴びるようになってきている。これは、無線通信回路チップやセンサチップといった複数の異なるチップを集積し多機能なシステムを実現するものである。しかし既存のSiPは、複数の構成要素を単一のチップ上へと搭載するSoC (System-on-a-Chip) と同様、センチメートルスケールのパッケージへと固定的に格納されることを前提とした実装手法となっており、実装形状や製造コストの点で形状変化する組み込みデバイスには適していない。

このような背景の下、本研究では形状変化する組み込みデバイスに向けた新たな計算機実装手法として、形状自在計算機システムを提案した。ここでは隣接して配置された複数の小型チップが無線接続されることで組織的に1つのシステムを構成し、多様な機能・形状とその変更を実現する。

論文では、提案システムの要となるチップ間無線通信技術として、オンチップアンテナ間の誘導結合を活用した無線バスを提案した。アンテナは標準的な内部配線を用いて形成するため追加の加工コストは不要である。既存の搬送波を利用したチップ間無線通信技術と比較して高速かつ低消費電力なチップ間通信が達成可能であること、有線通信と同等の信頼性を持つことを電磁界シミュレーションによる解析とテストチップの実測評価を通して明らかにした。また、提案する無線通信回路を搭載したプロセッサチップにおける電磁的干渉の課題やインタフェース仕様について整理し、その設計指針を示した。汎用プロセッサコアと無線通信回路を混載したテストチップを実際に設計・製造し、隣接配置した複数のプロセッサチップ間での無線通信が可能であることを実測評価によって明らかにした。最後に形状自在計算機システムのプロトタイプを示すとともに、開拓されるアプリケーション領域について議論を行った。



(2021年4月26日)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報理工学）

大学：東京大学

推薦文：（システム・アーキテクチャ研究会）

これからの微小コンピュータを実現する「形状自在コンピュータ」の構成を提案

し、設計の要点を体系化した論文です。半導体チップの周辺に近接場通信用のリングを配置し、複数の微小チップが位置を変えながら隣接協調することで、これまでコンピュータが入り込めなかったような細部や可変部分への計算力付与を可能とします。


門本淳一郎（正会員）

研究生活：無線通信と計算機とに興味があり、したがって、無線通信する計算機について研究を行ってきました。当初は集積回路技術中心の研究内容でしたが、専門分野の異なる多くの方々との議論を通じてシステムアーキテクチャやアプリケーションへと話題が広がっていきました。在学中は悩むことばかりだったような気もしますが、数年という期間、何よりも個人として、無謀にも思われる問題へと向き合えたことは終わってみるとやはり嬉しいものだったように思います。複雑な物事を構造的に整理し、科学的知見をもってそれを馴致する、そういった能力を育むにあたって博士課程への進学は魅力ある選択肢だと思えます。



Increasing Developer Productivity by Improving Build Performance and Automating Logging Code Injection

♡ 1

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:28



邦訳：ビルド高速化とログの自動挿入による開発者の生産性向上に関する研究

窪田貴文

((株) フィックスターズ ソフトウェアエンジニア)



----- keyword -----

ビルド高速化

ビルドシステム

ログの自動挿入

コード解析

【背景】 システムソフトウェア開発の大規模化（開発者人数，コードサイズ）

【問題】 大規模なシステムソフトウェアのデバッグ・ビルド時間の増大

【貢献】 ロギングコードの自動挿入によるデバッグ支援と新しいビルドシステムによるビルド時間の短縮

近年、ソフトウェア開発の規模（開発者人数、コードサイズ）が爆発的に増大しています。そして、大規模なプロジェクトでは円滑に開発を行うために開発プロセスの一部を自動化することが一般的です。たとえば、GitHubでは新たな変更が加えられたときに自動でビルドを実行して正しくビルドができるか確認できるような機能が存在します。しかし、このように自動化によって開発効率を向上させることができる一方で、どうしても手間や時間がかかる作業が存在してしまいます。この博士論文ではその中でデバッグとビルドというプロセスに着目しています。この2つのプロセスは非常にコストのかかるプロセスと知られています。たとえば2013年に行われた443人のソフトウェアエンジニアを対象とした調査では、勤務時間のうち多くの時間をビルドの完了を待つのに費やされています [1]。また、デバッグも勤務時間の半分を占めていると言われており、金銭に換算すると\$321billion/年にもなると言われています [2]。なので、ソフトウェア開発を効率的に行うためにはこの2つのプロセスを改善することが重要となります。

デバッグは非常に大変な作業として知られています。さまざまなデバッグ方法がありますが、一番原始的で今でもよく用いられているのはログを用いたデバックです。一方、ソースコード中のどこでどのような内容をログとして出力すればいいかは複雑で巨大なシステムになるほど判断が難しくなってきます。そこで、博士論文

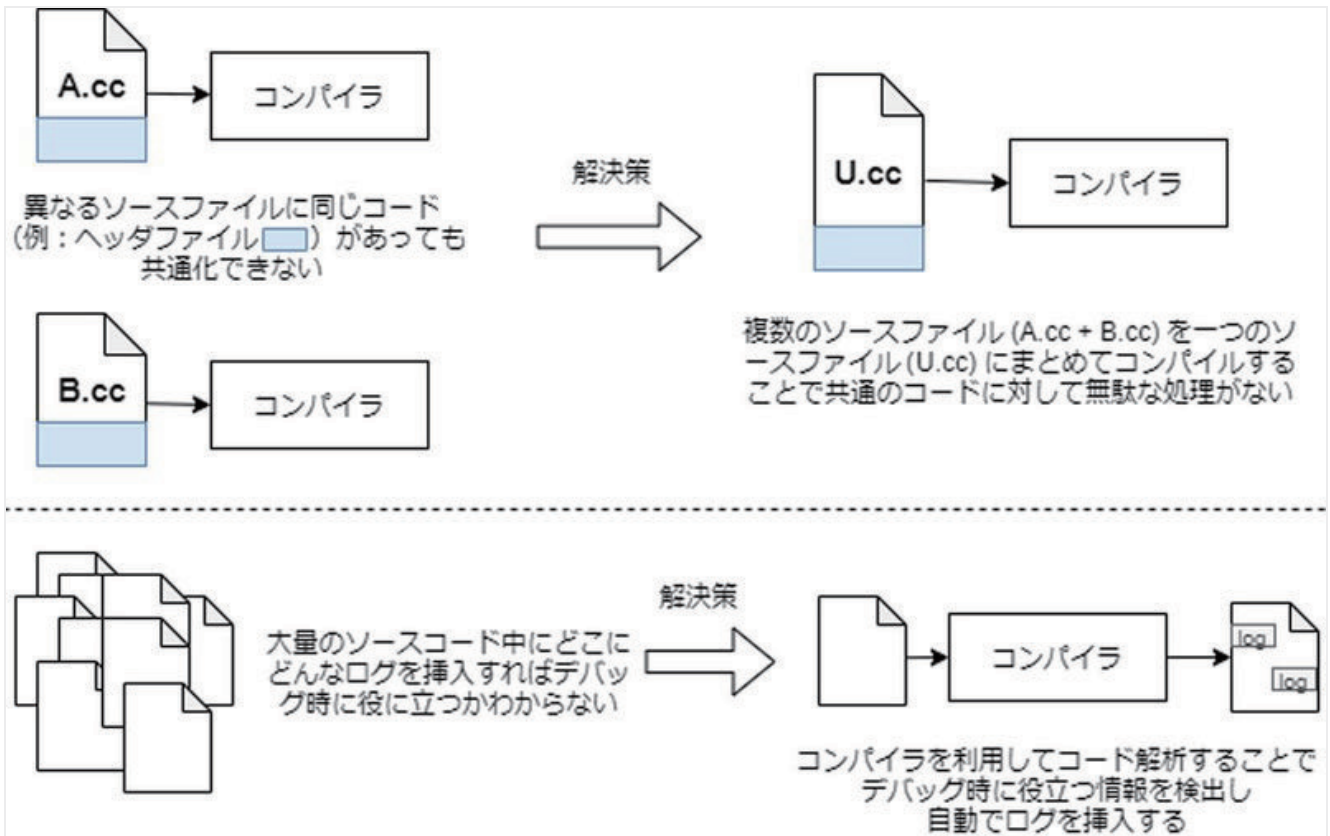
では開発者が大規模なシステムソフトウェアの細かな知識を持たなくてもデバッグの際に有用なログを出力できるようにロギングコードの自動挿入をするシステムを提案しています。提案手法は、世界中で広く使われているLinuxカーネルの未知のバグのデバッグ支援に貢献しました。

また、ビルド時間も大きな問題の1つになってきています。たとえば、iPhoneのウェブブラウザであるSafariのブラウザエンジンであるWebKitは何十万円もする高性能なサーバでもビルドに1時間以上かかっていた。WebKitはオープンソースのため、誰でも開発に参加できます。個人の開発者は自身のPCでビルドすることが多いため、実際にはより長くビルド時間がかかっていると推測されます。また、WebKitのような大きなプロジェクトは開発が活発で頻繁にビルドが発生するため、ビルド時間を短縮することは開発効率を上げるうえで非常に重要です。そこで、博士論文では各ソースファイルを単体でコンパイルするのではなく、複数のソースファイルをまとめてコンパイルすることで異なるソースファイルで同じ処理をしている部分を省略することでビルド時間を短縮する研究を行いました。その結果、WebKitのビルド時間を23%削減することができました。

参考文献

- [1] <https://www.infoworld.com/article/2613762/software-engineers-spend-lots-of-time-not-building-software.html>
- [2] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?>

[doi=10.1.1.370.9611&rep=rep1&type=pdf](https://doi.org/10.1.1.370.9611&rep=rep1&type=pdf)



(2021年5月28日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年2月

学位種別：博士（工学）

大学：慶應義塾大学

推薦文：（システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会）

基盤ソフトウェアの大規模化が進み、その開発手法の効率化が重要となっている。本論文ではLinuxカーネルを含む大規模なC/C++ソフトウェアを対象に、デバッグ時間やビルド時間の短縮を行う手法を提案し、Linuxカーネルにおける実際の障害のデバッグや、ウェブブラウザのエンジンであるWebKitのビルド時間の短縮に成功している。

窪田貴文

研究生活：もともと学部生のときから、オペレーティングシステム（OS）やコンパイラなどプログラミングをする上で当たり前とされているものについて興味がありました。研究室配属後に両方の知識が必要となるOSのコードをコンパイラ技術によって自動解析するという研究をはじめました。新規性のあることは誰もやっていないことなので、とにかく時間がかかりますが、新しい発見や問題を発見できる喜びを知ることができます。また、なかなか論文をacceptさせるのは難しく、大

変でしたが、研究でしか身につけられない能力が鍛えられました。研究テーマの考え方、論文を読んだときの着目点、自分の研究を俯瞰的に見てプレゼンする、といったことです。最終的にはC++ プロジェクトのビルド高速化という研究テーマを立ち上げ、論文をacceptさせることができたのは地道に研究を続けてきた成果だと思います。博士課程は決して楽なものではないですが、学生として研究の面白さに十二分に没頭できる最後のチャンスなのでぜひ挑戦してみてください。



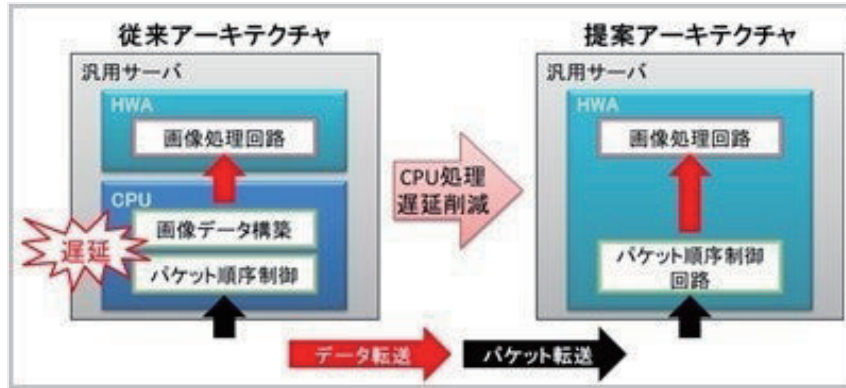
ハードウェアアクセラレータを活用したクラウド基盤技術 “Video Service Function Chaining” に関する研究

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:29



右近祐太

(NTTアドバンステクノロジー (株) 副主任技師)



----- keyword -----

クラウドコンピューティング
ハードウェアアクセラレータ
リアルタイム画像処理

【背景】 コンピュータビジョンなど高度なクラウドサービスの需要が増加

【問題】 ユーザの個々の目的に合致したサービスを提供できない

【貢献】 柔軟なクラウド画像処理サービスを実現する基盤を提案

近年、コンピュータビジョンや人工知能（AI）などの高度なクラウドサービスの需要が高まっている。これらのサービスを高速かつ低消費電力で提供するために、CPUとHWA ☆1 を用いたシステムが検討されている。これらのサービスに対する

ユーザの要求はさまざまであり、ユーザの目的に応じてサービスをカスタマイズできることが望ましい。しかし、既存のシステムは不特定多数のユーザに向けて単一のサービスを提供することを目的としており、ユーザの目的に合致したサービスを提供できない。

ユーザの個々の目的に合致したクラウド画像処理サービスを提供するために、ネットワーク上で任意の画像処理機能（サービスファンクション）を組み合わせる“Video Service Function Chaining”（VSFC）を提案する。既存研究はネットワークサービスを柔軟に提供することを目的としており、ユーザごとに異なった条件で高品質な画像処理サービスを提供するなどの高度な情報処理サービスに対する実現例はなく、その実現のためには低遅延かつ低消費電力のサーバノードの開発が必要である。そこで、本研究では2種類の技術によりサーバノード内の遅延を削減し、VSFCによる高品質なクラウド画像処理サービスを実現する。

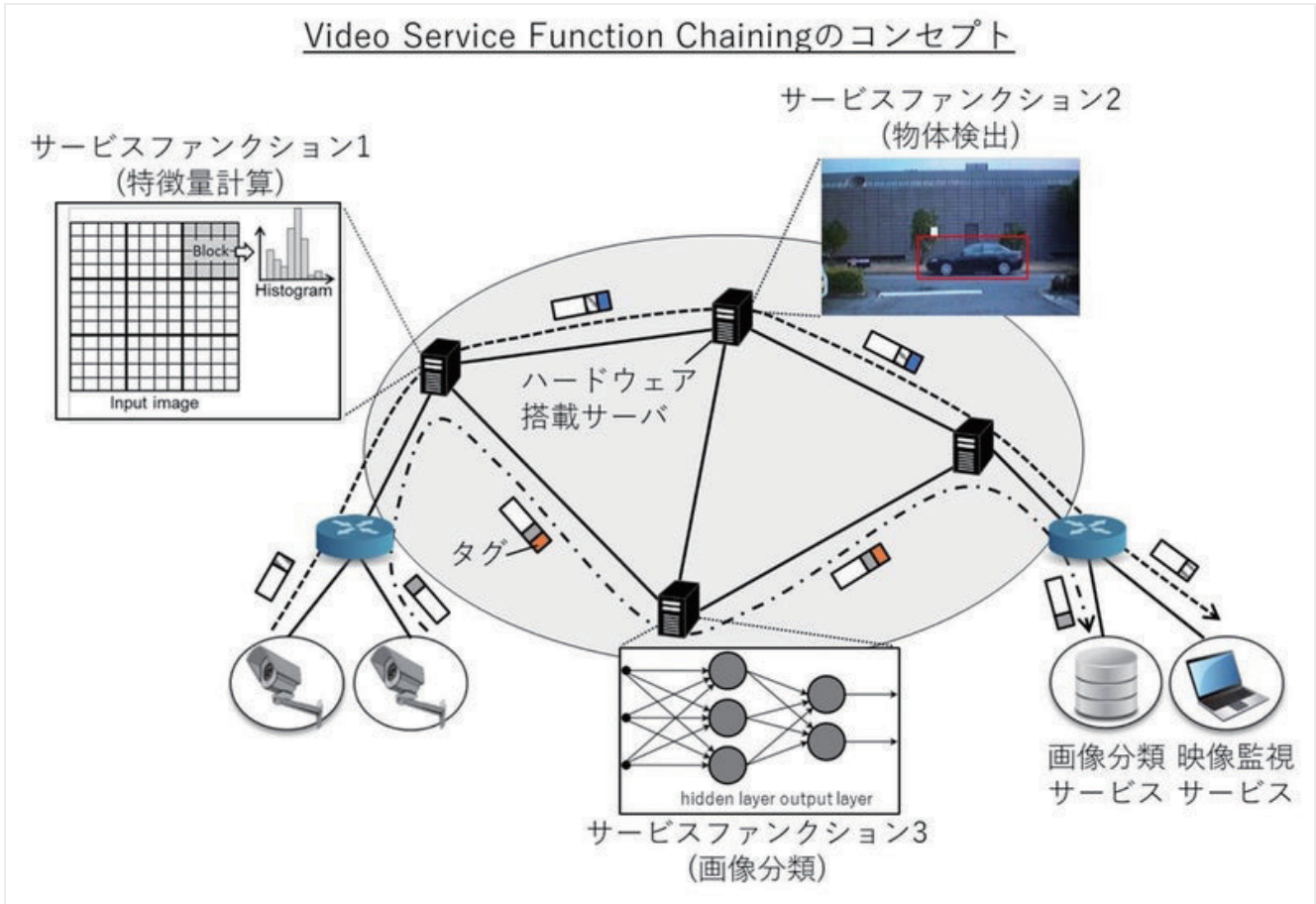
まず、サーバノード内で低遅延データ転送を実現するCPU-HWAサーバアーキテクチャを提案する。提案アーキテクチャはCPUが受け取ったパケット（画像データの断片）をネットワークレベルでHWAに転送し、HWAでパケットを正しい順序に整列させ、適切なタイミングで画像処理回路に入力する。これにより、従来CPUで発生していた遅延を回避することができる。実験では、提案アーキテクチャで画像処理（HOG特徴量計算）を行うと、従来構成に比べてデータ転送および処理を高速に行い、26分の1の小さな処理遅延で動作することを示した。また、画像処理を

FPGAにオフロードすることで、CPUのみのシステムと比べて消費電力が37%削減されることを示した。

次に、計算エラーを許容するアプリケーションにおいて、処理を高速化するための可変レイテンシ回路を提案する。提案回路は入力データごとに計算完了を検出し処理時間を変えることで、高速な動作を実現する。この回路は計算完了を誤検出した場合、計算エラーが発生する可能性があるが、エラー率は制御可能であり、低いエラー率で高速に動作できる。実験により、画像処理を行う可変レイテンシ回路が、わずかな計算エラーを許容することで、従来回路と比べて高速に動作することを示した。

さらに本研究では、2種類のサービスファンクションからなるVSFC対応映像監視サービスを開発した。提案アーキテクチャを用いてこれらのサービスファンクションを組み合わせることで、50台のネットワークカメラからの60fpsのVGA映像をリアルタイムに監視できることを示した。次に、サービスファンクションを可変レイテンシ回路で実現することで、サービス品質をほとんど低下させることなく処理性能が向上し、低遅延な映像監視サービスを実現できることを示した。

☆1 Hardware Accelerator：処理の高速化を支援するハードウェア



(2021年5月30日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：東京工業大学

推薦文：（システムとLSIの設計技術研究会）

クラウド上で、複雑なアプリケーションをリアルタイム実装するための基盤技術として、CPU-FPGAシステムを対象としたハードウェアアクセラレーション方法を提案する。パケット並べ替えを効率的に実現する回路を開発することで、従来のCPU-FPGAシステムと比べて26倍高速化できた。

右近祐太（正会員）

研究生活：この研究は世の中でどう使われるのだろうか，修士過程に在籍していた私はそんな疑問を持っていました。その疑問にアイデアが浮かんだのは大学を卒業して社会人になってからでした。働きながら大学に再度行くことは難しい決断でしたが，研究をやり遂げたい，世の中に役立つことを示したい，との思いから社会人ドクターになることを決意しました。

仕事と研究の両立はなかなか大変でしたが，その分多くのことが得られました。たとえば，限られた時間の中でアイデアを形にする力です。優れた技術でも旬を

逃しては普及させることはできません。そのため、博士課程でこの力を鍛えることができたのはありがたいことでした。その意味で社会人ドクターはおススメです。

最後に、7年半もの間終始熱心なご指導を賜りました、指導教員の高橋篤司教授にこの場を借りて心より感謝申し上げます。また、機会を与えてくださったNTT研究所に感謝申し上げます。



Second-order Optimization for Large-scale Deep Learning

♡ 2



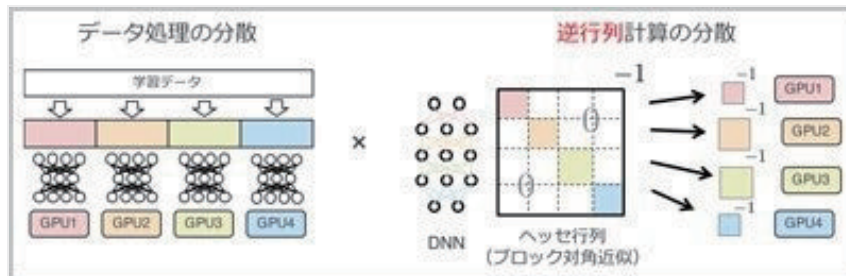
情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:31



邦訳：大規模深層学習のための二次最適化

大沢和樹

(スイス連邦工科大学チューリッヒ校 (ETH Zürich) ポスドク研究員)



----- keyword -----

深層学習

スパコン

二次最適化

【背景】 大規模データ・ニューラルネットワークを用いた深層学習の需要の高まり

【問題】 膨大な学習時間の削減

【貢献】 スパコンと二次最適化手法を用いた学習の高速化

深層ニューラルネットワーク (DNN) を用いた機械学習手法である深層学習の研究が近年盛んに行われている。DNNが画像認識や自然言語処理の認識ベンチマークにおいて古典的な機械学習手法を凌駕したことを皮切りに、自動運転・機械翻

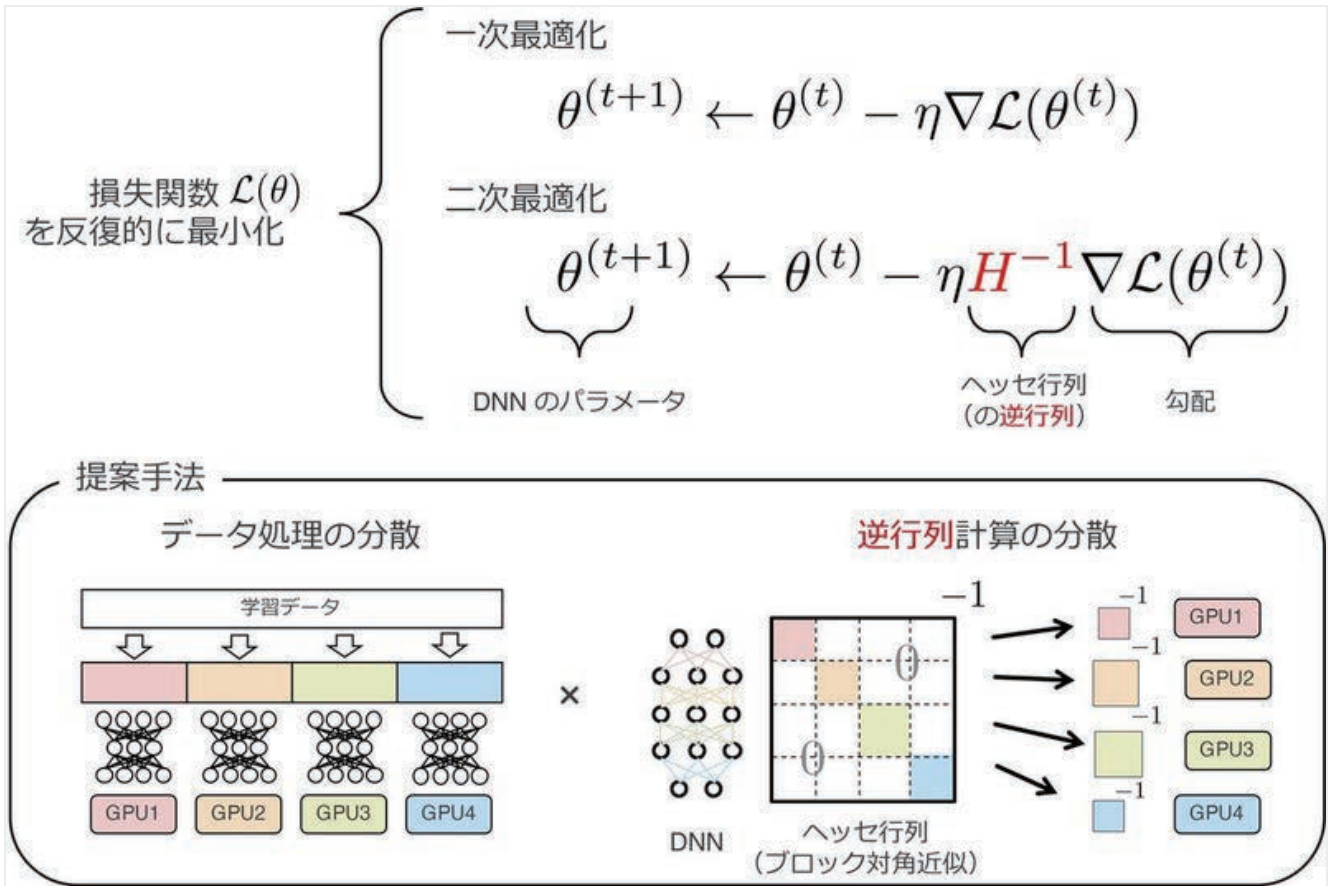
訳・医療などの実社会における問題から、新しい天体の発見・天気予報・タンパク質の構造解析などの科学技術計算に至るまで、幅広い分野に渡って急速に応用が進められている。

DNNの応用および研究を支える1つの重要な柱として、高性能ハードウェア（例：GPU, TPU）やスーパーコンピュータ（以下、スパコン）を駆使した高性能計算技術がある。高性能計算技術による学習の高速化が学習データ・ニューラルネットワークの大規模化を実現し、近年の深層学習の発展に大きく貢献した。その延長として、膨大なデータ数（数百万～数千万）と膨大なパラメータ数（数千万～数億）のDNNを要する「大規模深層学習」がより高い性能を発揮することが経験的に知られており、DNNによる予測性能の最高記録を今なお更新し続けている。しかし、こうした優れた性能を発揮するDNNの発見のためには、DNNの構造と学習方法についての膨大な試行錯誤が必要不可欠であり、大規模深層学習においてはその膨大な学習時間の削減が重要な課題となっている。

深層学習においては、DNNによる予測とデータとの誤差を定量化する損失関数を定義し、この損失関数をその勾配（一階微分の集まり）を用いて反復的に最小化する「一次最適化手法」が一般的である。これに対し、関数のヘッセ行列（二階微分の集まり）を用いた「二次最適化手法」は、関数の形状をより正確に捉えるため、より少ない反復数で損失関数を最小化することが期待される。一方で、膨大なパラメータ数（ N ）を持つDNNについて巨大なヘッセ行列（ $N \times N$ 行列）を計算す

ることは計算時間・メモリの制約上現実的ではない。その上、ヘッセ行列の逆行列計算に伴う膨大な計算時間を必要とするため、深層学習における二次最適化手法の応用は限られていた。

本研究では、近年発達した効率的な二次最適化近似手法とスパコンを駆使した分散並列計算を組み合わせることで、大規模深層学習におけるDNN学習の高速化の実現を目指した。本研究では、(近似された)ヘッセ行列及びその逆行列の計算をスパコン上の複数の計算機(数百～数千GPU)に分担させる大規模分散並列計算手法を提案し、大規模画像データセット(1000クラス・128万画像)の分類タスクにおける大規模DNN(2千万パラメータ)の学習の高速化を実現した。同タスクの学習を同じく大規模計算機で実現している既存研究ではいずれも単純な一次最適化手法が用いられてきたのに対し、本研究では二次最適化手法を採用し高速な学習時間を達成できることを初めて実験的に示した。この研究成果は、今後の深層学習における学習手法の研究に向けて大きなインパクトを持つものと考えている。



(2021年5月31日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：東京工業大学

推薦文：（ハイパフォーマンスコンピューティング研究会）

深層学習を分散並列化する場合、二次最適化に伴う行列計算のオーバーヘッドが並列処理によって大幅に低減できる。本論文では、これを活かして2次最適化や変分推論に用いられるフィッシャー情報行列のクロネッカー因子分解の分散並列処理を数千GPU規模で行い、大幅な性能向上を実現した。

大沢和樹


研究生活：私は高性能計算を専門とする東工大・横田理央研究室に第一期生として入研し、修士・博士課程の合計5年間所属しました。当時から大変注目が集まっていた深層学習を研究テーマとして選び、「高性能計算で深層学習を高速化する」という漠然とした目標を掲げて研究を始めました。研究室の先輩もいなければ、研究の知見もないゼロからのスタートだったため、修士の2年間は何をしてよいのかも分からず、満足のいく研究成果も出せない苦しい状況が続いていました。それでも論文サーベイを続けることで、高性能計算が深層学習において二次最適化のメリットを引き出す可能性があることを発見しました。博士課程で取り組んだ「大規模深層学習のための二次最適化」の研究は、共同研究者・研究室メンバの助けもあり、機械学習分野トップの国際会議・ジャーナル（CVPR, NeurIPS, KDD,

TPAMI) に採択されました。国際的にインパクトのある研究ができたこと、そしてその方針を自ら見出せたことは大変大きな自信となりました。

5年間のご指導と国内外の数多くのチャレンジの機会を与えていただいた横田理央准教授に心よりお礼申し上げます。



Algorithms and Analysis of M-convex Function Minimization and Related Problems

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:32

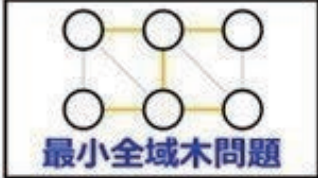


邦訳：M凸関数最小化および関連問題に対するアルゴリズムと解析


南川智都

(東京都立大学 助教)

M凸関数最小化



最小全域木問題



分離凸資源配分問題

解きやすい離散最適化問題に
対する統一的枠組み

【貢献】

- ・ アルゴリズムの反復回数の解析
- ・ 定式化可能な問題の提案

----- keyword -----

離散最適化

離散凸解析

最急降下法

【背景】 離散凸解析におけるアルゴリズムの発展

【問題】 M凸関数最小化およびその関連問題

【貢献】 アルゴリズムの解析とM凸関数最小化として定式可能な問題の提案

与えられた条件を満たしつつ、ある基準に沿って最も良い選択を行う問題を、離散最適化問題とよびます。たとえば、カーナビのように現在地点から目標地点までの最短経路を見つける問題は、典型的な離散最適化問題です。離散最適化問題は、すべての選択肢を比較することで最適な解を見つけることができます。しかし、大規模な問題において全選択肢を調べつくすのは現実的ではありません。そのため、解を調べる回数をできる限り抑えつつ、最適な解を見つけられることが理想です。

離散最適化問題では、比較的少ない解の調査により最適解を見つけられることが保証された「解きやすい」問題が存在します。このような解きやすい問題を統一的に扱うための枠組みとして提唱されたのが「離散凸解析」です。離散凸解析の目を持って離散最適化問題を眺めると、未知の問題が効率的に解くことが可能かどうか、理論的に判定できることがあります。最近では、離散凸解析の理論を利用し、難しい問題を可能な限り高速に解こうとする研究も進められています。離散凸解析の理論を発展させることは、世の中に潜むさまざまな離散最適化問題を解くことに繋がります。

離散凸解析における重要な研究テーマの1つが、離散凸性を持った関数の最小解を求めるアルゴリズムの改良です。本研究では、離散凸解析において中心的な役割を担う関数の1つであるM凸関数の最小化について、以下の2つの観点から研究を行

いました。

(1) 基本的なアルゴリズムの計算回数の解析

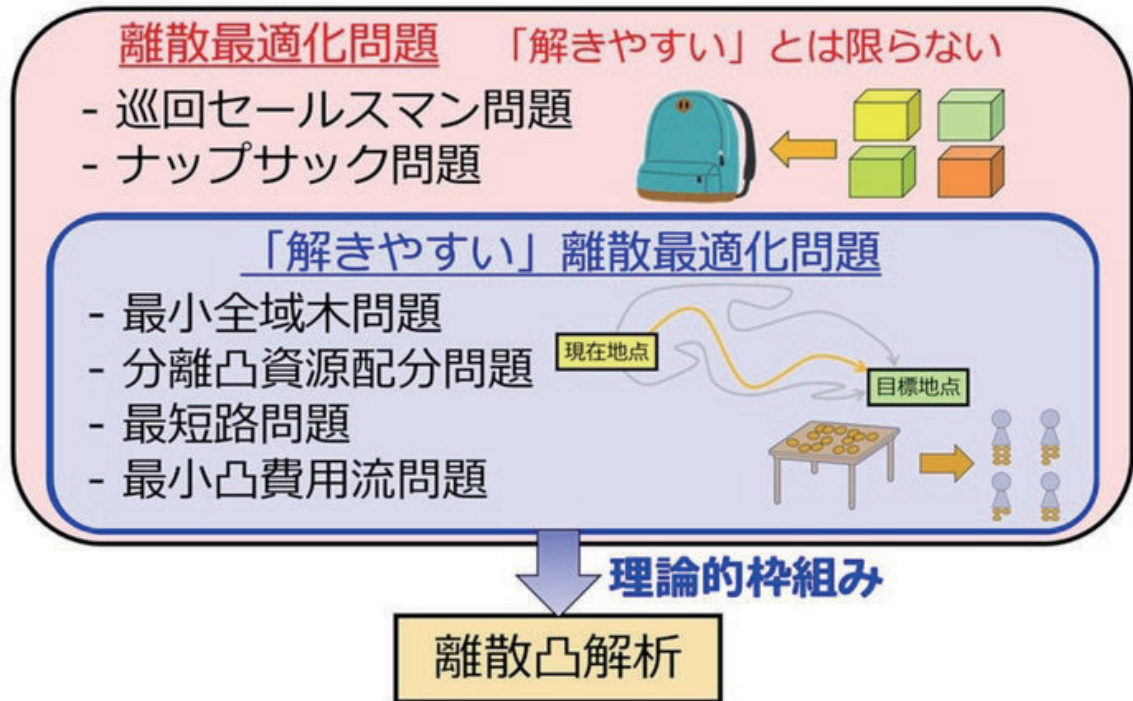
M凸関数最小化は、さまざまな離散最適化問題を表現できる問題の枠組みです。M凸性をもつ離散最適化問題は、M凸関数最小化アルゴリズムによって解くことができます。M凸関数最小化に対する最も基本的なアルゴリズムとして知られるのが、現在の解に近い解の中で最も良い解に移動することを繰り返す、という最急降下法です。最急降下法は離散凸解析が提唱された1990年代後半に提案されたアルゴリズムですが、近年まで厳密な計算回数が明らかになっていませんでした。本研究ではM凸関数最小化と、その一般化として知られるジャンプM凸関数最小化について、最急降下法の厳密な計算回数を示しました。さらに、最急降下法によって生成される解が、最短距離で最も近い最小解に接近していく、という新たな性質を示しました。

(2) M凸関数最小化として定式化可能な新たな問題の提案

数理経済学において、いくつかの離散的な資源を複数の活動に割り当てる問題を、資源配分問題とよびます。資源配分問題の一種である分離凸資源配分問題は、凸関数で与えられた経費・損失が最小になるように、資源を配分することを目的とします。本研究では、資源がすでに配分されている状況で、配分の変更量に関する制約を満たす新たな最適配分を求めたい、という新しい分離凸資源配分問題を提案しました。そして、この制約付き分離凸資源配分問題がM凸関数最小化として定式

化できることを示すとともに、この問題に特化したアルゴリズムを構築しました。

離散凸解析とは？



本研究の貢献

研究対象：M凸関数(離散凸解析において重要な関数)の最小化

- (主結果1) 基本的なアルゴリズムの計算回数の解析
- (主結果2) M凸関数最小化として定式化可能な新たな問題の提案

(2021年5月31日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：東京工業大学

推薦文：（アルゴリズム研究会）

本論文では、「M凸関数」の反復回数に関する理論的な解析を行っている。また、M凸関数を利用することで、自転車シェアリング等に応用がある資源配分問題を、ある条件の下で効率的に解くことができることも示している。M凸関数は組合せ最適化の分野で重要なツールの1つであり、大きな実用性を持つ論文として推薦する。

南川智都（正会員）

研究生活：博士課程では離散最適化に関する理論研究を行ってきました。理論研究では「よく分からないが何か難しそうな研究をやっているな」と思われてしまいがちなので、自分の研究成果・貢献をうまく説明するのが重要です。最初は研究成果・貢献を人に説明することに苦手意識があり、自分の研究の立ち位置が分からな

くなることが多々ありました。研究の方向性を見失ってしまい、どうすればよいか何度も悩んできましたが、なんとか博士の学位をとれたことにほっとしています。

博士課程では、指導教員である塩浦昭義教授をはじめとした世界トップレベルの専門家の指導の下で、自分の突き詰めたい研究ができるという、人生で二度とないであろう貴重な時間を過ごすことができました。充実した研究生活を支えていただいた塩浦研究室の皆様、および家族に心より感謝を申し上げます。今後は新たな環境で研究に邁進し、離散最適化の研究の発展と、その面白さを伝えることに貢献していきたいと思います。


▲ **新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。**

新型コロナウイルス感染症については、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。またコロナワクチンに関する情報は首相官邸のウェブサイトをご確認ください。※非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



The Independent Feedback Vertex Set Problem and Its Generalization

♡ 1

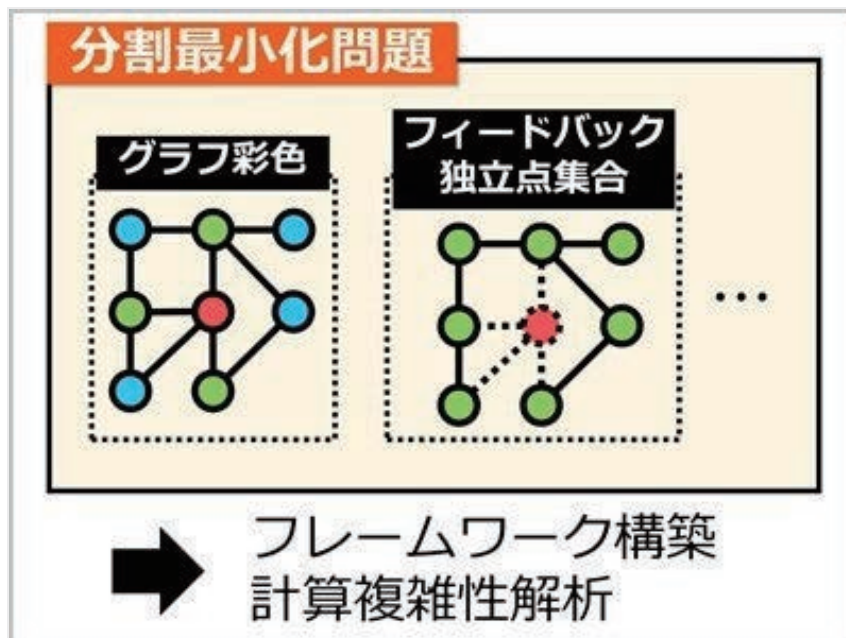
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:34



邦訳：グラフのフィードバック独立点集合問題とその一般化に関する研究

田村祐馬

(東北大学大学院情報科学研究科システム情報科学専攻 助教)



----- keyword -----

アルゴリズム

グラフ問題

計算複雑性解析

【背景】 グラフの点集合を分割しつつ、ある点集合を最小化する研究が進展

【問題】 各研究は独立しており、俯瞰的な研究は少ない

【貢献】 フレームワークを構築し、統一的に計算複雑性を解析

点の集合と、2つの点同士を結ぶ辺の集合で表現されたデータ構造のことをグラフと呼ぶ。グラフは実社会における問題を抽象的に表現できることから広く研究が行われている。一例として会議室の予約を考えてみよう。各ユーザは会議室を使いたい時間を持っているとする。たとえば、Aさんは9:00~12:00の間、Bさんは10:00~15:00の間、といった具合である。このとき、AさんとBさんには別々の会議室を予約しなければならない。なぜならば、会議室を使いたい時間に被りがあるからである。一方で、使える会議室には限りがある。3つの会議室だけを使用できるとき、すべてのユーザは会議室を予約できるだろうか？

この問題はグラフ上の彩色問題として考えることができる。ユーザを点に置き換え、ユーザ間で使用時間に被りがあるとき、対応する点同士を辺で結ぶ。このようにして構成されたグラフに対し、頂点に色を割り当てる。ただし、同じ色の点同士は辺で結ばれてはならない。このような色の割り当てをグラフの彩色と呼び、各色はユーザが使う会議室に対応する。すなわち、前述の「3つの会議室をすべてのユーザが予約できるか？」という問題を、「グラフを3色で彩色できるか？」という彩色問題として考えることができる。彩色問題として扱うことのできる実社会上の問題は会議室の予約だけではない。無線局の帯域割り当てや、世界地図の塗り分

けなども彩色問題として考えることができる。

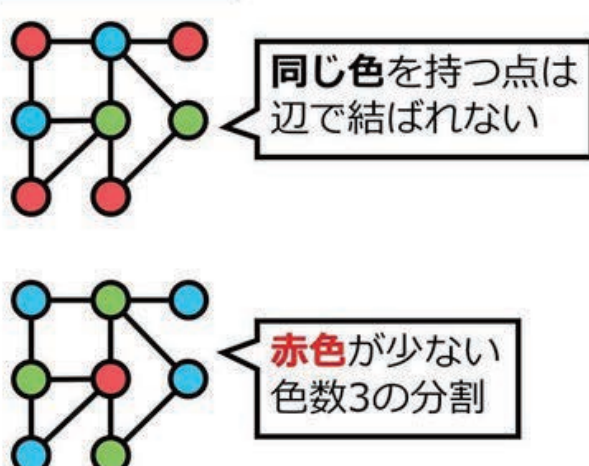
さて、各ユーザは会議室を無事に予約できるとしよう。しかし実際には、設備保守等の理由により、ある会議室の使用はできるだけ控えたい状況があり得る。これはグラフ上の彩色で考えると、特定の色を持つ点の数を最小化することに対応する。では、グラフが与えられたとき、そのような彩色を見つけることはできるのだろうか？

このような、グラフの点集合を「特定の性質」を持つ複数の部分集合に分割しつつ、ある部分集合のサイズを最小化したい、という問題の研究が近年になり発展している。しかし、個々の研究は「特定の性質」を1つ固定した上で進められており、「特定の性質」に対する俯瞰的な研究は少なかった。

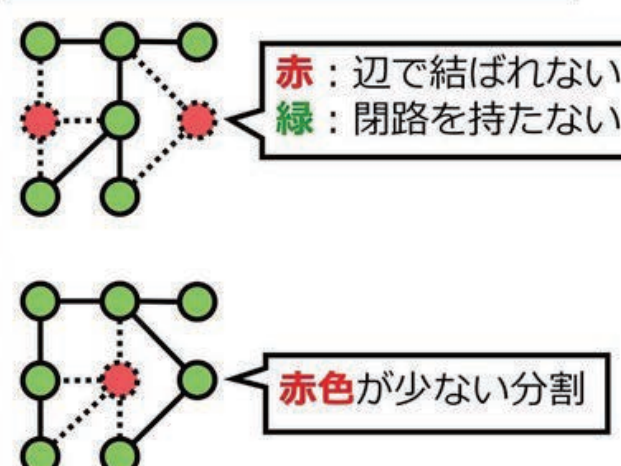
そこで、本研究ではこれら問題を「分割最小化問題」として統一し、「特定の性質」の観点から問題を解析した。もう少し具体的に述べると、最適とは限らない点集合の分割自体が仮に与えられたとしても、最適解に対する近似解（程よい解）すら見つけることは難しくなるような、「特定の性質」に対する十分条件を与えた。一方で、「特定の性質」によってはFPTアルゴリズムと呼ばれる、解のサイズが小さいときに高速に動作するアルゴリズムが存在することを示した。また、「分割最小化問題」の中でも基礎的な「フィードバック独立点集合問題」に着目し、グラフ構造に基づいた多項式時間アルゴリズム、多項式時間近似アルゴリズム、FPTアル

ゴリズムをそれぞれ与えた.

グラフ彩色



フィードバック独立点集合



グラフを特定の性質を持つ**点集合に分割**しつつ、ある点集合のサイズを**最小化**したいという問題が近年発展

課題 各研究は個別に進展し、俯瞰的な研究が少ない

本研究 **分割最小化問題**の提唱と統一的な**計算複雑性の解析**

(2021年5月26日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報科学）

大学：東北大学

推薦文：（アルゴリズム研究会）

本論文ではグラフアルゴリズムの分野で基本的な多くの問題を統一的に扱う「分割最小化問題」を提唱し、計算複雑性の観点からさまざまな解析を行っている。本論文の内容は国際会議ISAACを始め3本の国際会議で発表済みであり、国際会議WALCOMではBest Student Paper Awardを受賞するなど、国際的に高く評価されている研究として推薦する。

田村祐馬（正会員）

研究生活：私は修士課程を修了後、3年間非研究職に従事していました。しかし、元々は研究職志望というのもあって一念発起し、退職した上で博士課程に進みました。修士課程からそのまま博士課程に進むべきだった、という思いはことあるごとに頭の中を巡りますが、研究からいったん離れたことにより視野が広がったと感

じること、金銭面で多少は余裕が生まれたことを考えると、マイナスばかりではなかったように思います。研究室に戻ってからは修士時代の研究を発展させようという取り組み、苦労もありましたが、なんとか博士論文にまとめることができました。充実した研究室生活でしたが、新型コロナウイルスの影響により、昨年度は研究室メンバーと対面で話す機会が極端に少なかったことが悔やまれます。

指導教員である周暁教授および伊藤健洋教授には学部生時代から大変お世話になり、同時に多くのご迷惑をお掛けしました。この場を借りてお礼申し上げます。



Algorithmic Analyses of Card-Discarding Type Games



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 08:35



邦訳：手札消費型ゲームに対するアルゴリズム論的解析

木谷裕紀

(名古屋大学未来社会創造機構 特任助教)



----- keyword -----

理論計算機科学

アルゴリズム論

勝者判定

【背景】 ゲームの勝者判定は現実的に解ける計算時間でないものがほとんど

【問題】 手札消費型ゲーム（ババ抜き、七並べなど）を対象

【貢献】 勝者判定の計算量を解析. ゲームの高速解法を提案

将棋やチェス, 囲碁といったゲームは組合せゲーム (二人零和有限確定完全情報ゲーム) に分類されます. これらのゲームに対する自然な興味の一つが「(最善を尽くした場合の) ゲームの勝敗」です. 本研究では, 手札消費型ゲームと呼ばれるゲーム群に対して, 「ゲームの勝敗」やその具体的な手順を計算するにはどのような計算を人間ないし, コンピュータが行う必要があるのかということを考えています.

実をいうと, すべての (有限な) 組合せゲームに対して, この計算方法は知られています. しかしながら上述のゲームを含む多くの組合せゲームに対して, 実際のゲームの勝敗を計算すること (以下では必勝判定) が未解決です. 一見このギャップは不思議に見えますが, それはどのゲームにも使える方法が必ずしも現実的に行うことができる効率が良い方法ではないことに起因します. たとえば, 必勝判定できるがそのためには数億年以上の年月や数億台のスーパーコンピュータが必要である場合などは現実的に必勝判定ができるとは言えません. このように必勝判定は, その計算手順が存在するか否かだけでなく, その計算にかかる時間や計算に必要な計算領域がどの程度であるか考慮されている必要があります. この研究の一環として現在までに種々のゲームに対して, その必勝判定を行う「効率の良い」計算手順を求める研究やそのような効率の良い計算手順が存在しないことの証拠を示す研究が行われています. 本研究ではこれらの研究をゲームに対するアルゴリズム論的

解析と呼びます。

本研究では「手札消費型ゲーム」に対象を絞って、その必勝判定のアルゴリズム論的解析を行いました。ここで、手札消費型ゲームとはあらかじめ配られた手札を条件にしたがって出していき、最初にすべての手札を出しきったプレイヤーが勝ちというゲームのことを指します。たとえばUNOなどはこれに該当します。最後に簡単に本研究の成果の一部を下記で紹介します。

まず、「大貧民」を簡易化したゲーム「単貧民」やそれをより実際の大貧民に近づけた「8切り単貧民」を2人で行った場合について、その勝者がどちらであるかという判定は現実的な計算時間で実行可能であることを示しました。また、手札公開で行う「ババ抜き」を提案し、その勝者判定について考えました。結果として、3人以下で行う場合の必勝判定を示したほか、4人で行う場合、とても興味深いことに、不完全情報下では嫌厭される札を積極的に引いたほうが良い状況が存在することを示しました。最後に七並べを題材に2人で行った場合に必勝判定を線形時間という高速な時間で行うことができる計算手順を示しました。さらに、七並べ本来のローカルルールなどを踏まえたグラフモデル下の七並べを提案し、その必勝判定が一定の条件下で計算困難であることを示しました。



効率よく「最善の一手」を見つけるための計算方法に関する研究!

(2021年5月31日)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報学）

大学：名古屋大学

推薦文：（アルゴリズム研究会）

人工知能（AI）の性能評価に「娯楽ゲーム」が用いられることは多々あるが、ゲームそのものを対象とした研究はあまり行われていない。一方本論文ではいくつかの娯楽ゲームを対象とし、さまざまな解析を行うことで、ゲームのどの部分がコンピュータにとって難しいのかを明らかにしており、大きな将来性を持つ研究として推薦する。

木谷裕紀（正会員）

研究生活：修士課程から博士課程へ進学する際、大学を変えたこともあり、やや戸惑うこともありました。有意義な3年間を過ごすことができたように思います。この研究は大学内や学外での多くのコメントを受けてブラッシュアップされました。指導教員の小野廣隆教授をはじめとするすべてのこの研究に携わってくださった方々へこの場を借りてお礼を申し上げます。



Optimization of Circuit Transformation and Scheduling in Quantum Compilers



情報処理学会・学会誌「情報処理」

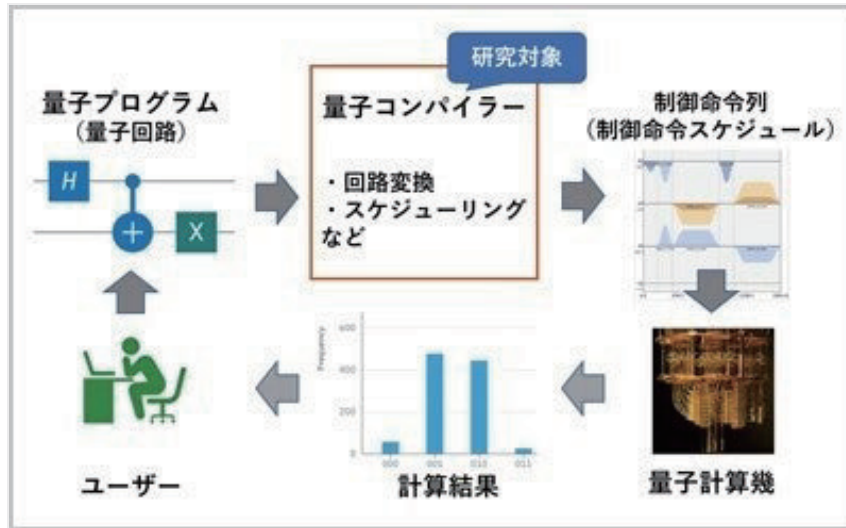
2021年8月15日 08:37



邦訳：量子コンパイラにおける回路変換とスケジューリングの最適化

井床利生

(IBM東京基礎研究所)



----- keyword -----

量子計算機

量子コンパイラ

数理最適化

【背景】 超電導量子ビット方式の量子計算機のハードウェア面の劇的な技術進展

【問題】 同方式の量子計算機に固有の制約を考慮したコンパイラ技術の不足

【貢献】 同方式の量子計算機向けのコンパイラの最適化手法の改善

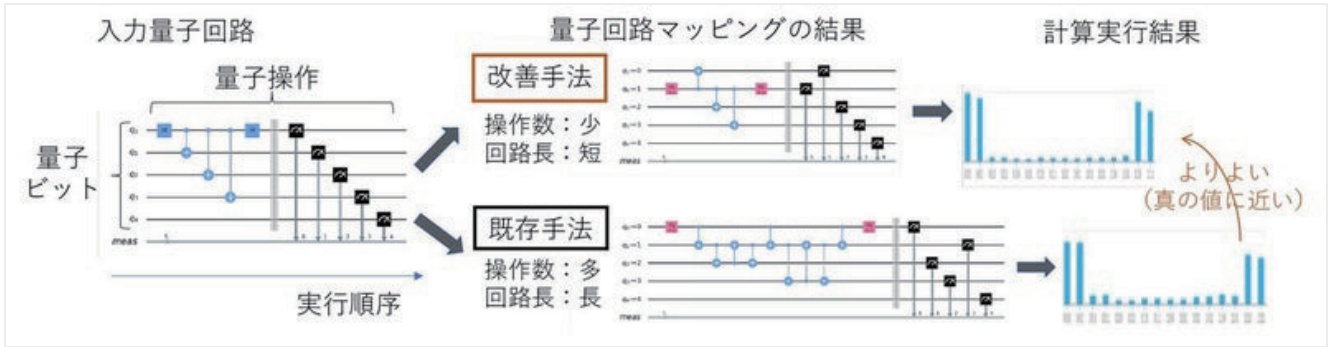
量子計算機とは、普段皆が使っている通常の計算機とは異なる物理原理を計算に利用し、通常の計算機が苦手なある種の計算を劇的に早く計算できるようになる（かもしれない）計算機のことである。量子計算機は、ほんの10年くらい前まではドラえもんのポケットから出てくるような夢の計算機でしかなかったが、近年の量子技術の進歩によって、量子ビットの状態を安定して保てる平均的な時間（コヒーレンス時間）や量子ビット操作の正確さ（忠実度）が劇的に向上し、夢の実現への期待がにわかに高まってきている。とはいえ、現時点で利用可能な量子計算機はエラー耐性がなく（物理的に発生するエラーが大きすぎて訂正しきれず近似的な計算しか行えない）、量子ビットの数も百に満たない。しかし、そのような量子計算機であっても、近い将来、量子化学・機械学習・最適化・サンプリングといった応用分野で利用されるようになるのではと期待されている。

量子計算機のハードウェア面での発展に伴って、量子計算機を操作・利用するために必要なソフトウェアの研究開発も活況を呈してきている。本研究では、その中で、量子プログラムを制御命令列に変換する「量子コンパイラ」に焦点を当てる。なお、本研究では、量子プログラムの言語的側面を考慮しない他の研究と同様に、量子プログラムは「量子回路」という量子操作の系列の形で与えられるものとする（注：「回路」という言葉から連想されるような物理的な実体ではなく論理的なもの）。

量子コンパイラにおいて重要なのが、出力する命令列の最適化である。エラー耐

性のない量子計算機の場合、最適化によって全計算をなるべく短い時間・少ない量子操作で行えると、計算結果の忠実度が向上する（エラー耐性のある量子計算機の場合には、最適化によってスループットが向上する）。しかし、超電導量子ビットという最近急速に発展した方式の量子計算機向けのコンパイラについては、特に同方式に固有の制約を考慮するタスクにおいて研究が十分になされていなかった。

本研究では、「量子回路マッピング」と「量子回路スケジューリング」という超電導量子ビット方式に固有の制約を考慮する必要がある2つのタスクに注目し、それぞれに組合せ最適化問題としての定式化を与えた。量子回路マッピングは、「特定の量子ビット対（物理的に隣接する量子ビット間）にしか二量子ビット操作を実行できない」という制約を満たすために、与えられた量子回路を実行可能な等価な量子回路に変換するタスクである。量子回路スケジューリングは、異なる実行時間を持つ量子操作をスケジュールする、すなわち、なるべく全長が短くなるように各操作の開始時刻を決定するタスクである。定式化にあたって、既存の研究では十分に検討されていなかった量子操作の可換性を考慮した。そして、厳密解法およびヒューリスティック解法を与えるとともに、それらの解法で改善効果が確かに得られることを計算機実験によって確認した。



(2021年5月28日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：筑波大学

推薦文：（量子ソフトウェア研究会）

量子計算機の性能が近年飛躍的に向上し、遠くない将来の実用化がにわかに期待されている。本研究では、量子計算機向けのコンパイラに注目し、その性能を左右する最適化タスクの解法の改善に取り組んでいる。量子演算の可換性を考慮した独自性のある解法を提案し、計算機実験で提案手法の明確な優位性を示している。




井床利生

研究生活：私は修士課程修了から15年以上を経て、社会人として博士課程を修了しました。修士卒で研究所入所後、最適化技術の実応用に取り組み、モデリングの重要性を痛感しました。そこでHCIなど他の研究分野にも挑戦したり開発に近い仕事も経験したりしました。しかし、私の興味は最適化のアルゴリズム研究にあったようで、数年前、量子計算機という“私に最適な”最適化技術の応用分野に出会い、博士号取得へと至りました。このような曲りくねった博士号への道のりもあるのだとどなたかの励みになれば幸いです。

ライフイベントが多数発生する怒涛の日々の中、博士論文をまとめるには、多くの方々の支えと励ましが不可欠でした。指導教員を引き受けてくださった久野誉人教授、就業しながらの修学を全面的に支援してくださった研究所、元となる論文執筆において親身にアドバイスしてくれた同僚たち、家族、皆に改めて感謝申し上げます。



エンゲージメントとインタラクション状態遷移 に基づく接客ロボットの半自律的制御手法の 確立

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:38



岩崎雅矢

(大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻 特任助教)



----- keyword -----

遠隔操作ロボット

フィールド実験

マルチモーダル会話分析

【背景】 初心者ユーザの遠隔操作によるロボットでの接客は困難

【問題】 操作者にロボットの操作経験や知識が必要

【貢献】 初心者ユーザ向け接客ロボット遠隔操作システムの開発と有効性の検証

実店舗における接客ロボットは人による接客では実行不可能な部分を補える可能性があるという理由から、さまざまな店舗に配備されてきた。しかし、このような

ロボットでは、他人と社会的な相互作用が可能であると感じられる程度である社会的プレゼンスの弱さが原因で多くの場合人に無視されやすいということが問題になる。また、ロボットが自律的に実際の環境で起こるすべての出来事に適切に対応することは現在の技術では困難である。これらの問題は人がロボットを遠隔操作することによって解決可能であるが、操作者がロボット操作に関する経験やロボットの使用環境に関する知識を豊富に有している必要がある。そこで本研究では、そのような経験や知識のない初心者ユーザによる操作でも簡単にロボットの社会的プレゼンスの改善と訪問客の購買活動の促進ができるような接客ロボット遠隔操作システムを開発することを目的とした。

この目的達成のため、まずはロボットの社会的プレゼンスを改善し、人の注意を引きつけることができるロボットの行動について調査した。京都の商店街にある七味専門店にロボットを置き、訪問客と会話させ、言語情報だけでなく、視覚や聴覚など、複数のコミュニケーションチャンネルで知覚可能な非言語情報も合わせて行うマルチモーダル会話分析をする実験を行った。そして、そこで得られた知見が実験室の統制された環境でも有効であるかの検証と、人のロボットに対する主観的な印象の統計的な評価に関する実験を行った。これらの実験から明らかとなった結果として、人とロボットの相互作用において人の行動に対するロボットの知覚能力を示すことがロボットの発言に対する人のうなずきや返答を促すということが分かった。さらに、この知見に基づいて実店舗で用いることができる自動挨拶機能をデザインするため、訪問客のロボットへの注目の度合いを示すエンゲージメントという

概念を導入した。そして、リアルタイムにセンサによって取得される、客とロボットのアイコンタクトの有無、客とロボットの距離、客がロボット接近しているかどうかなどの訪問客の非言語情報からエンゲージメントの程度を推測することによってエンゲージメントが十分に高いタイミングでロボットが自動的に訪問客に挨拶する機能を開発し、実店舗におけるその有効性を示した。

次に、初心者ユーザによる操作でも訪問客の購買活動を促進できるようにするため、訪問客とロボットの相互作用の典型的な流れを状態遷移モデル化することによってロボットの操作を簡単化した。まず今回実験を行った店舗における典型的な接客の流れを複数の段階に分割し、各段階における訪問客とロボットの相互作用を状態として定義した。そしてそれぞれの状態において適切なロボットの行動を決定することで、初心者ユーザでも簡単に操作できるようにすることを可能にした。そして、このモデルに基づいた操作システムの実店舗での有効性を調査し、さらに当該操作システムを実際に初心者ユーザに使用してもらった実験を行った。その結果、実店舗における客-ロボット相互作用を状態遷移モデル化することによって初心者ユーザによる接客ロボットの遠隔操作でも訪問客の購買活動を促進させることが可能であるということを示した。



(2021年5月31日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：大阪大学

推薦文：（ヒューマンコンピュータインタラクション研究会）

本論文は、実店舗と実験室での実験から、接客ロボットの社会的プレゼンスを改善可能なロボットの振る舞いを明らかにし、客—ロボット相互作用の状態遷移モデル化によって初心者ユーザのロボット操作でも客の購買活動を促進できることを示した。本論文の内容は国内外の学会発表における受賞歴があることから推薦に値する。

岩崎雅矢（正会員）

研究生生活：私は子供のころからアニメやSF映画に登場する未来に憧れ、そのような世界に登場するアイテムや世界観を実現することに携わりたいと思っていました。私の研究室では興味のあるテーマについて研究させてもらうことができました。そして、私の研究テーマは実際の店での接客ロボットの研究に決まりました。このような実証実験は非常に未来の世界観を身近に感じやすいものだったので、楽しみながら研究することができました。ところが、研究というものがどういうものかさえない当時の自分にとっては、学術的な研究として成立させることは非常に困難でした。しかし、指導教員の先生などたくさんの人に助けられながら少しずつ研究を進めていくことができ、研究スキルを得ただけでなく人間としても成長できたと思います。これは自分が興味のある研究だったので乗り越えられたのだと思います。

す。これから博士課程に進む人や博士進学を考えている人もぜひ自分が楽しいと思える研究を見つけてほしいと思います。



ハンドインタフェースのためのセンサの多用途化に関する研究

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:39



高田峻介

(神戸市立工業高等専門学校 電子工学科 助教)



----- keyword -----

ヒューマンセンシング

ユーザインタフェース

HCI

【背景】 自分に合ったインタフェースをDIYできる時代に

【問題】 容易にインタフェースに使えるセンシング手法の多様化が必要

【貢献】 センサの役割を拡張し、多様性に寄与する5つの手法を開発

現代では、デスクトップやラップトップに設置するコンピュータ以外にも、スマ

ートフォンやウェアラブルデバイスのように外でも気軽に使えるものや、ドローンやロボットのように自律するものまでさまざまな形態・用途のコンピュータが使われるようになりました。ユーザがコンピュータを操作する際に、キーボードやマウス、タッチパネルといった入力インタフェースがよく用いられていますが、コンピュータの形態やユーザによって適したインタフェースの形態も異なります。3Dプリンタやマイコンボードが手軽に・安価に利用できるようになったため、キーボードをフルスクラッチでDIYする人も増えてきました。今後はさらに用途や自分の趣味に沿ったインタフェースをDIYする時代がくると思われます。

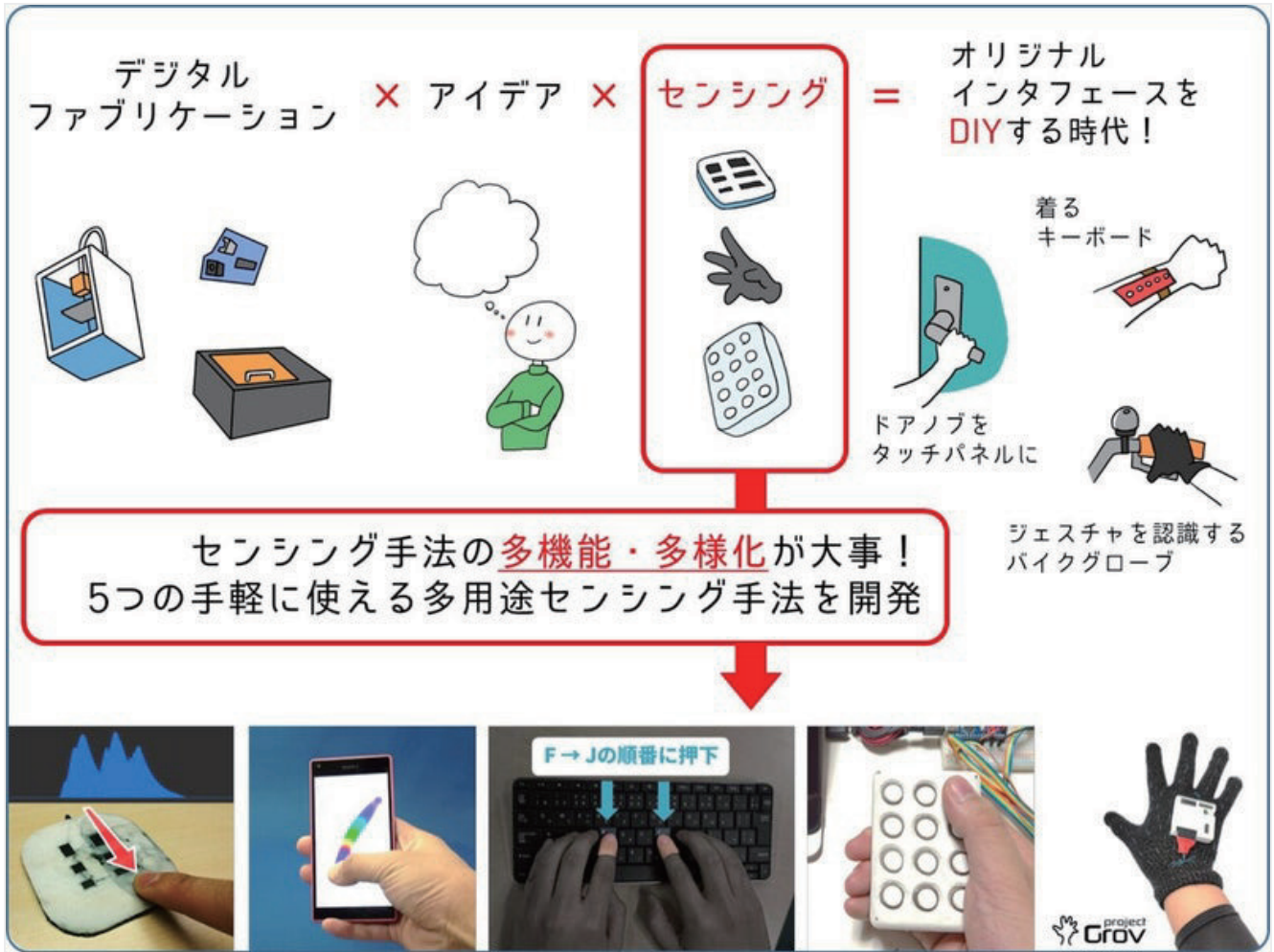
さて、これら入力インタフェースには、人の振る舞いを認識するためのセンサが組み込まれています。本研究では、このセンサの機能を拡張することにより、1粒で2度も3度もおいしい、多用途な入力インタフェースを設計する手法の開発を目指します。センサの機能を拡張するためには、組み込むセンサそのものの種類を増やす方法がありますが、DIYの難易度が上がってしまいます。また、同じセンサでもユーザの振る舞いによって異なるセンサ応答が見られる場合があります。そこでセンサ応答の処理方法を拡張することにより、同じセンサでさまざまな人の振る舞いをセンシングする手法を開発します。

センシング手法の設計にあたって、以下の2つの研究方針を設定しました。[研究方針1] 単一センサの用途を拡張もしくは多用途なセンサを開発することにより「省センサで多用途なセンシング」を開発する、[研究方針2] すでに広く知られ

ている入力方法に倣うことにより「省習熟コストなセンシング」を開発する。

本研究では、これらの研究方針に従ってハンドインタフェースのための省センサかつ多用途なセンシング手法を5通り開発しました。(1) 単一電極にてタッチおよびスワイプを判別可能な「MonoTouch」。(2) 防水端末のタッチパネルおよび内蔵の気圧センサを用いて押下圧力を取得できる「BaroTouch」。(3) 導電繊維編み込み手袋に電気信号を流した際の応答から、指の曲げ、指同士の接触ならびに把持物体認識を行う「GroV」。(4) 既存のQWERTY配列の物理キーボード上にて開始符号を用いることにより、文字入力操作、ポインティング操作、ジェスチャ操作を切り替えながら行う「FJKeyboard」。(5) フリック入力キーボード、マウス、ゲームコントローラとして利用可能な片手把持キーボードである「JoyKey」。

本研究の貢献は次のとおりです。(1) センシング手法を新たに5通り開発し、センシング多様化に寄与したこと、(2) センシング手法を用いたインタフェースを実装し、その妥当性を評価したこと、(3) センシング手法を開発した過程から得られた、開発に至るプロセスをまとめ、センサの多用途化のためのデザイン手法を示したこと。



■Webサイト

<https://rtakada.jp>

(2021年5月31日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：筑波大学

推薦文：（ヒューマンコンピュータインタラクション研究会）

推薦する博士論文は、タッチパネル、キーボード、データグローブ等の入力インタフェースを構築・拡張するためのセンシング手法についてまとめており、各センシング手法にセンサの特性や組み合わせ方に斬新なアイデアが含まれている。また、これらのセンシング手法はどれも容易かつ安価に利用できるものである。



高田峻介（正会員）

研究生生活：もともと漫画家になりたくて、漫画家として自分の軸を持ちたくて高専に進んで技術を一生懸命勉強したら、いつのまにかコンピュータを操作する方法に強く興味を持ち、あれよという間に博士課程に進んでいました。無事博士号をいただいた今、なんと不思議なことに母校の高専で教鞭をとる立場になりました。


博士課程は、じっくり自分自身と向き合う時間であり、あっという間に過ぎる時間であり、かつての自分じゃ想像できない夢のような体験をたくさんできる時間です。まわりから見るとフラフラしてる博士生活だったかもしれませんが、終わってみるとかけがえのない時間だったと思います。博士進学を考えている皆さんには研究はもちろん、それ以外にもできる限りいろんな人にとって・いろんな体験を試みることをおすすめします！

最後に6年間に渡りご指導・ご鞭撻いただいた志築文太郎教授、筑波大学IPLABの先生・メンバたちにこの場を借りて深くお礼申し上げます。



Gamified Participatory Sensing for Sustainable Spatiotemporal Tourism Information Collection

♡ 1

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:40



邦訳：ゲーミフィケーションを用いた参加型センシングによる持続可能な時空間観

光情報収集

河中祥吾

((株) サイバーエージェント データサイエンティスト)



----- keyword -----

スマートシティ (Smart City)

参加型センシング (Participatory Sensing)

ゲーミフィケーション (Gamification)

【背景】 スマートシティの実現における人間の感性的情報の収集必要性

【問題】 参加型センシングにおけるインセンティブ設計

【貢献】 効率的かつ持続可能な観光情報(都市環境情報)収集の実現可能性の検証

スマートシティの重要な役割は、多様な分野から提供される都市環境情報を集約し、市民の生活の質を向上させることにある。

都市環境をより正確にセンシングするためには、行政や産業界が構築したインフラやセンサネットワーク群から得られる情報を、参加型センシングを用いて得られる人間の感性的な情報で補完・強化が必要不可欠である。しかし、日々それぞれの目的を持って活動している人々に、いかにしてセンシング行動への寄与を促すかが重要な課題となる。この問題を解決するためのインセンティブメカニズムとして、ゲームデザイン要素やゲームの原則をゲーム以外の物事に応用するゲーミフィケーションが注目されている。

本研究では、スマートシティ環境における重要なアプリケーションの1つである、スマートツーリズムに着目し、ゲーミフィケーションを用いた参加型センシングによる持続可能な時空間観光情報収集を実現するために、以下の2つの研究課題に取り組んだ。(1) 観光客の負担を考慮したゲーミフィケーションとセンシングタスクの設計、(2) 適切なタスク割り当てインタフェースと対話インタラクションの設計およびパーソナライゼーション。

課題 (1) では、ゲーミフィケーション要素として、ミッション、ポイント、ランキング機能を導入した。ミッションには、特定の観光地で写真やレビューを明示的に投稿するチェックインミッションと、特定の観光地でセンサデータを収集するエリアミッションの2種類を設計した。加えて、ミッション達成時に得られるポイント付与方法が異なる3種類の報酬付与方法を設計した。それらを参加型センシングアプリとして実装を行い、33人の参加者を対象に観光実験を行い、ゲーミフィケーションデザインが観光情報収集の効率化や観光満足度に与える影響を調査した。その結果、観光満足度を考慮するとエリアミッションを採用すべきであり、スポットごとの情報需要度に応じて配点の重みを変更することで満足度を低下させることなくシステムが必要としている観光情報を効率的に収集できることが分かった。

課題 (2) では、地図上にマーカで表示されるスポットをユーザが能動的に選択するマップ型インタフェース および ユーザの所在地に応じてアプリケーション内のエージェントキャラクタがスポット推薦を行いユーザが半受動的に選択を行うチャット型インタフェースの2種類を設計した。また、チャットベースのインタフェースでは、適切な対話文を明らかにするために、精巧さと直接的さの指標に基づいて4つの対話テンプレートを作成した。118人の参加者を対象に観光実験を行い、インタフェースが情報収集効率や観光満足度に与える影響を調査した。その結果、マップ型インタフェースでは収集データの絶対量が約1.4倍となるが、チャット型インタフェースでは、需要の高いスポット情報をより効率的に収集できた。また、チ

チャット型インタフェースでは、観光よりもミッションを優先する傾向が顕著に見られた。さらに、チャット型インタフェースでの対話文においては、精巧さの指標に有意差があり、より精巧な文章が好まれていた。最後に、いくつかのパーソナリティ特性と、センシングへの貢献度やインターフェースの好みとの間に相関関係があることが分かった。



(2021年5月30日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：奈良先端科学技術大学院大学

推薦文：（モバイルコンピューティングと新社会システム研究会）

河中君は、観光ナビ等に利用する「観光情報」を幅広く集めるため、実際の観光客から情報を提供してもらった「参加型センシング」を研究しています。博士論文では、人が情報を提供したくなる動機づけとは何か？という観点で、ゲーミフィケーション・インタラクションデザインという2つの方法を提案し有効性を検証しています。

河中祥吾

研究生活：参加型センシングという概念自体は奈良先端大のオープンキャンパスで初めて知り、人が介在する情報システムに興味を持ち大学院および所属研究室を決めました。その後、修士から参加型センシングに関連した研究を進めるなかで、特に“情報介入によって人の行動にどのような影響を与えるのか”，というところに興味を持ち、心理学や行動経済学の要素を取り入れた学際的な研究を博士課程から取り組みました。仮設設定からアプリケーション実装、実験準備・実施、論文執筆・発表まで、研究成果を世の中に発表するまでさまざまな工程がある中で、自分自身の得意・不得意な所を発見しつつ、研究室の先生方やメンバとさまざまな議論を交わし、協力して成長しながら研究生活を送ることができました。また、博士課程では、研究留学や学外でのアウトリーチ活動などこれまで味わうことのなかった人生経験をたくさんさせてもらえる期間でもありました。博士課程は研究的な側面での経験はもちろんですが、研究以外にも起業や学外活動などさまざまな挑戦ができる機会でもあると思います。

最後に、大学院5年間研究のご指導を始め、留学などさまざまな経験の機会を与えてくださった安本慶一先生をはじめ、ユビキタスコンピューティングシステム研究室の先生方、メンバに深く感謝いたします。



A Study on Spatial Crowdsensing for Augmenting Smart Cities

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:42



邦訳：スマートシティ実現に向けたクラウドセンシングによる空間情報の収集に関する研究

天野辰哉

(大阪大学大学院情報科学研究科 特任助教 (常勤))



----- keyword -----

スマートシティ

クラウドセンシング

Wi-Fi

位置推定

【背景】 スマートシティにおいてクラウドセンシングによるデータ収集は重要

【問題】 データ収集時の協力者負担が大きい

【貢献】 電波状況収集における協力者に能動的タスクを要求しないクラウドセンシング

都市部への人口集中による交通渋滞や大気汚染の深刻化などの背景を受けて、ICT技術を活用して都市全体を管理することで持続可能な都市の開発と維持を目指すスマートシティへの期待が高まっています。スマートシティ実現のためには、都市内の空気状況、Wi-Fiや5Gなどの電波の状態、さらに人々の密状況・混雑度合いといったさまざまな環境情報を効率的に収集することが重要です。環境情報の収集を目的としてカメラなどの固定設置型センサが現在でも幅広く利用されていますが、都市の広い範囲にわたって情報を収集するには大量のセンサ設置が必要であり、空間的に都市のすべての領域を固定型センサでカバーすることは現実的ではありません。固定センサ補完するアプローチとして、人々の持つスマートフォンを高機能なセンサとみなして環境情報を収集する「クラウドセンシング」に注目が集まっています。クラウドセンシングによる情報収集では、協力してくれる人々のモビリティや知性を活用することで、固定型センサよりも優れた時空間的カバレッジや複雑な状況報告が可能であり、また協力者を増やしたり減らしたりすることで容易に観測範囲や密度のスケールをコントロールできます。

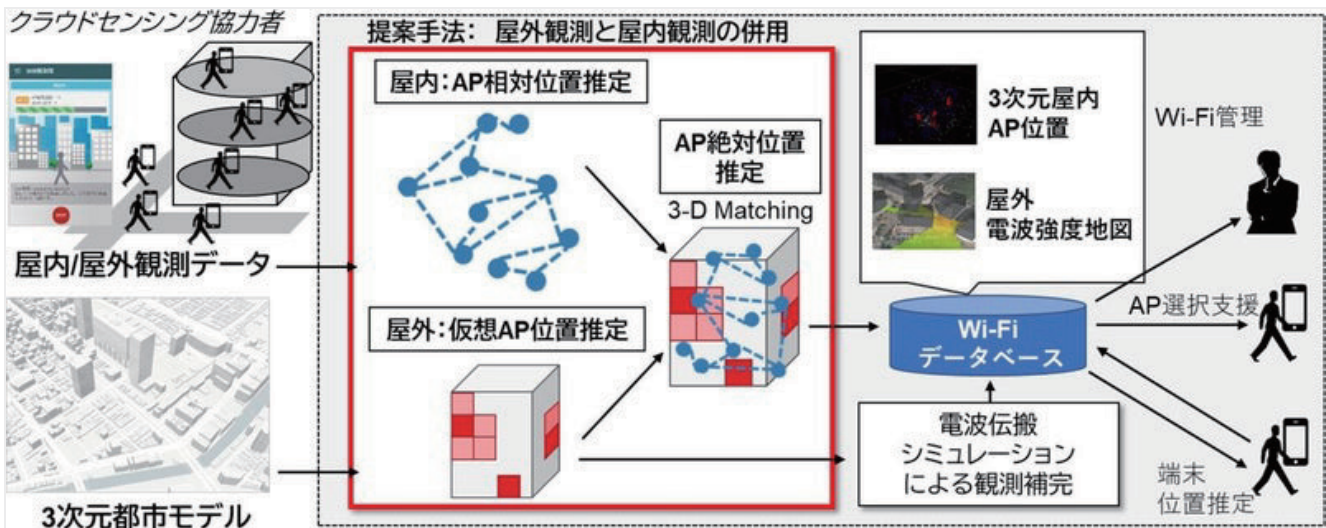
しかし、クラウドセンシングにはデータ収集の際に協力者に多くの作業・労力を

強いという課題があります。これに対して私は博士課程において、主にクラウドセンシングによるWi-Fi電波状況やアクセスポイント（AP）位置情報の収集の事例を通して、都市空間のモニタリングにおけるユーザ介入の排除した「ゼロエフォートセンシング」の実現に取り組みました。

まず、最初の課題として、クラウドセンシングによって得られる空間的に偏りのある限られた数のWi-Fi観測サンプルから補完された高密度なデータを構築する手法を開発しました。これは3次元の都市モデルと電波伝搬シミュレーションを組み合わせることによって、未観測地点の推定値も含まれる屋外のWi-Fi電波強度地図を効率的に生成するものです。このような技術によって実際にクラウドセンシングで協力者に観測データを収集してもらう必要がある地点数を削減することができます。

第二の課題として、屋内での手動での観測位置の入力を必要としない屋内APの位置推定手法に取り組みました。提案手法では、位置情報のない屋内のWi-Fi観測データから多次元尺度構成法により屋内APの相対的な位置関係を推定し、この相対的なAP位置と、GPS位置情報のある屋外の観測から推定された大体のAP位置の組み合わせによって、屋内APの3次元絶対位置を推定するものです。AP位置推定に必要なすべてのデータをバックグラウンドで収集可能となるため、クラウドセンシングによる観測データ収集時の協力者の能動的なタスク実行負担をなくすることができます。

このほかにもクラウドセンシングによって収集されたデータとVirtual Reality (VR) を用いた仮想環境の再現システムや, Augmented Reality (AR) ユーザによる空間情報センシングを想定したユーザ識別手法を提案しました. これらの取り組みは将来のスマートシティ実現を想定した自動化されたクラウドセンシングによる広域の空間情報の効率的な収集に繋がるものと考えています.



(2021年6月7日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報科学）

大学：大阪大学

推薦文：（モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会）

都市の空間情報の収集方法としてクラウドセンシングが注目されていますが、観測の空間的な偏りや協力ユーザの負担などの課題が存在します。本論文では、都市環境におけるWi-Fi電波やアクセスポイント位置情報の収集に際してこれらの問題を解決する手法を提案しており、大きな実用性を持つ論文として推薦します。

天野辰哉（正会員）

研究生活：小学生のころ、将来の夢を聞かれたときには「プログラマ」と「発明家」の2つを答えていた記憶があります。今回取得した博士（情報科学）は想像していた夢のスタート地点にあるものではないかこの文章を書くにあたってふと気が付き感慨深いものがあります。

博士課程では「クラウドセンシングと都市モデルを活用した3次元Wi-Fiデータベース構築」というテーマを中心に、興味があったARやVRを取り込みつつ研究を進め

ました。最近では国土交通省が「Project PLATAU」としてデジタルツイン基盤としてオープンな日本の都市モデルを公開するなど、自身の研究の応用先が広がりつつあると感じています。今後も博士課程での研究を通じて得られた空間データ収集に関する知見をもとに研究を継続していきたいと思います。

最後に、学部4年生から博士課程に渡って長い間ご指導いただいた東野輝夫先生、山口弘純先生ならびに多大なご支援いただきました研究室の皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。



Application of Textile Pressure Sensor Contacting Body Surface to Support Pressure Ulcer Preventive Care

♡ 1

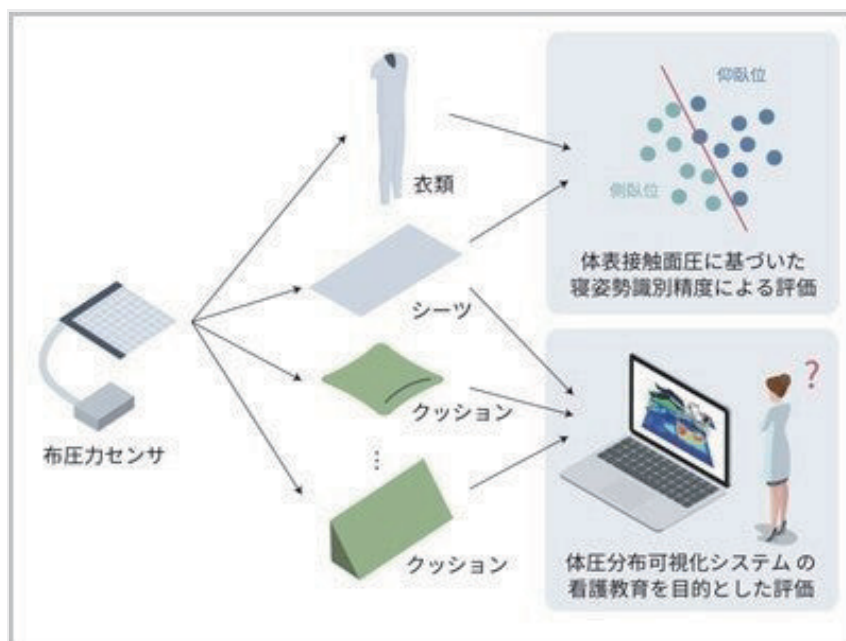
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:44



邦訳：体表接触面圧に基づいた褥瘡予防ケア支援のための布圧力センサ応用

小野瀬 良佑

(名古屋大学情報学研究科 研究員)



----- keyword -----

布センサ

IoT

機械学習

【背景】 体圧計測手法が未確立**【問題】 体圧計測手法の確立と褥瘡予防ケア支援応用****【貢献】 布圧力センサを用いた体圧計測手法の応用可能性を提示**

筆者は体表面にかかる圧力の計測手法確立に取り組んでいる。カメラ画像などの外部の環境から圧力を推定する手法も考えられるが、計測対象が物体の陰に隠れた場合などに本アプローチは有効に働かない。一方、体表面にかかる圧力を体表面に近い位置で計測するアプローチは、既存の圧力センサの制約から部分的な圧力計測にとどまっており、また、十分な応用研究もなされてこなかった。

体表面にかかる圧力計測手法の確立により貢献が期待できる課題として、褥瘡予防ケア支援がある。褥瘡は皮膚に長時間圧力がかかることにより生じる病変であり、一般的には床ずれと呼ばれている。寝返りのうてない患者の就寝時に発症することが多い。一度発症すると、治療に時間がかかるために、予防が重要である。予防のために、体表面にかかる圧力の管理が重要であるとされる。そのため、一定時間ごとに就寝姿勢を変換するケア（体位変換）や、クッションを下に敷いて身体にかかる圧力を分散するケア（体圧分散ケア）が介護で一般的に行われている。先行研究でも、褥瘡予防を目的としてベッド面の圧力から就寝姿勢を推定して褥瘡発生リスクを監視したり、ベッド面の圧力可視化により体圧分散ケアを速習化したりする手法が検討されてきた。しかし、実際の現場では体圧分散用のクッションが併用されるために、ベッド面の圧力のみでは人体表面に加わる圧力を適切に計測できな

かった。

そこで博士課程の研究では、褥瘡予防ケア支援に応用することを目的として、体表面の圧力を計測する手法の確立を目指した。榎堀らが提案した布圧力センサを用いて、体表接触面圧が計測できる衣類を構築すること、ならびに、クッションの表面付近に布圧力センサを配置することで、課題の解決を試みた。榎堀らが提案した布圧力センサは一枚布構成であり、通常の布と同様に加工容易性や通気性に優れており、本用途に好適である。しかし、当該センサを衣類として縫製したりクッションに組み込んだりする研究や、それらを活用した研究はなされておらず、本研究により初めて達成された。布圧力センサを利用した体圧分散ケア支援への応用可能性を探究するために、次の2つの課題を設定し、提案センサを評価した。

- 布圧力センサを用いた衣類型圧力センサの開発と、体表圧の圧力に基づいた寝姿勢識別精度による評価
- 布圧力センサを用いて拡張した体圧分散クッションを含む体圧分布可視化システムの開発と、看護教育を目的とした評価

これまでになかった体表面の圧力を計測可能なデバイスを提案し、2つの課題による評価を通して、体圧分散クッションを利用する環境下においても、体表接触面圧に基づいた褥瘡予防ケアへの応用可能性が明らかになった。なお、博論のより詳細な内容は、[YouTube上にて公開している概要動画](#)や、[機関リポジトリにてオープン](#)

ンアクセスとなっている博士論文も参照されたい.

博士課程の研究テーマでは褥瘡予防ケア支援に焦点をあてた応用にとどまったが、任意の布製品に圧力センサ機能を組み込み、センシングした結果を活用する手法の確立は、他分野への応用も期待できる。現職では、衣類型圧力センサと機械学習を用いて、認知症患者の無自覚な打撲を検出する研究に取り組んでいる。これは本研究の応用の一例であるが、介護分野にとどまらない活用を目指していきたい。

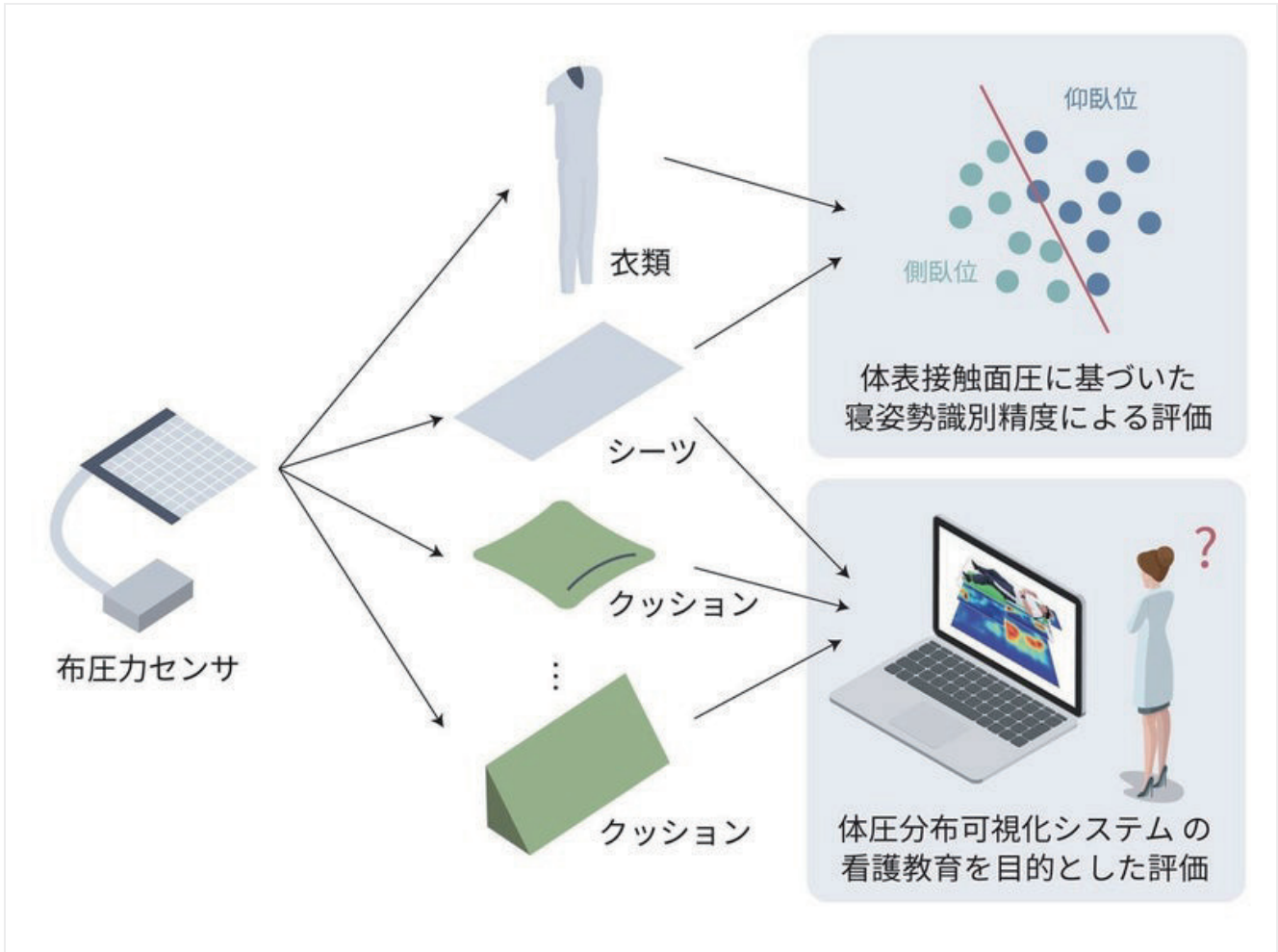
■Webサイト／動画／アプリなどのURL

Ph.D. Thesis Abstract: Application of Textile Pressure Sensor :

https://youtu.be/zv9kMYRPB_A

名古屋大学学術機関リポジトリ :

<https://nagoya.repo.nii.ac.jp/records/2000261#.YN1YFhP7SUK>



(2021年6月10日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報学）

大学：名古屋大学

推薦文：（ユビキタスコンピューティングシステム研究会）

織り構造でセンサ機能を担保するユニークな布センサで、服や介護支援機器を作り、吃緊の課題である看護労力削減・看護師の迅速育成に取り組んだ研究です。当該センサは、織機から出てきた段階で、密にセンサ点を保持し、薄く、量産可能です。普段使いの服が、すべてセンサ布で作られる未来への新たな一歩となる研究です。

小野瀬 良佑（正会員）

研究生活：元々手を動かして何かを作るのが好きで、所属研究室が布圧力センサという先進的で魅力的なデバイスを扱っていたということもあり、本研究テーマを選択しました。一からセンサを作って応用研究を以て評価することは、バグの原因がはっきりしているプログラミングと違って一筋縄ではいかないことが多く、センサの不具合に対処したり、センサの改良方法を模索したりする日々でした。しかしながら、研究テーマを通して、できるようになったことが格段に増えたことを実感しており、身につけた技術を人の役に立てるように活かしていきたいです。

最後に研究をご指導くださった間瀬健二教授，榎堀優講師をはじめ，お世話になった方々にこの場を借りて深くお礼申し上げます。また，博士課程を通して，さまざまな議論や挑戦の機会を与えてくださった博士課程リーディングプログラム実世界データ循環学リーダー人材養成プログラムのメンターの方々，共に切磋琢磨した履修生たちに感謝します。



TenSense - A Family of Wireless Sensor Nodes Dedicated for Remote Unattended Structural Health Monitoring of Bolted Joints



情報処理学会・学会誌「情報処理」

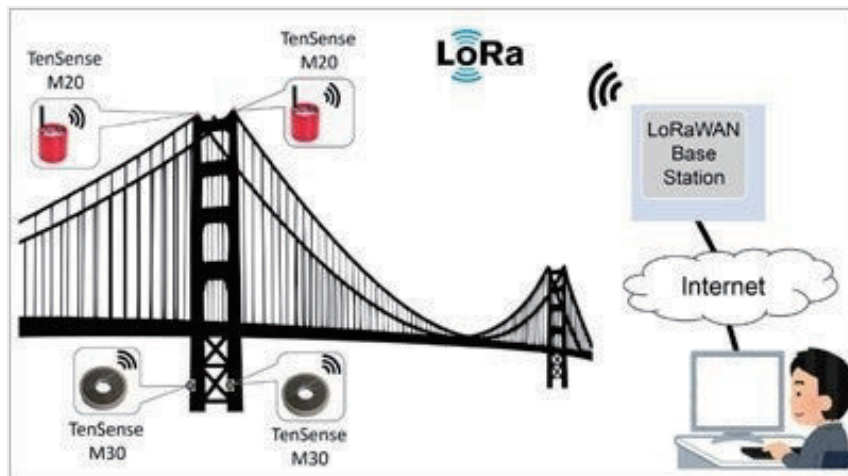
2021年8月15日 08:46



邦訳：TenSense：ボルト接合部の締結力遠隔監視のための無線センサノード

Michail Sidorov

(豊橋技術科学大学 研究員)



----- keyword -----

IoT

締結力モニタリング

LPWAN

【背景】 ボルトの締結力低下による事故等の発生および点検コストの増大

【問題】 構造物・車両等におけるボルト締結力の安全モニタリングおよび予測

【貢献】 学際的な知見に基づいた実用的なIoTデバイス設計および安全モニタリングシステム構築

ボルトとナットを用いた部品や部材の締結は、大型の建物や機械、乗り物などさまざまな場所で行われています。しかし、ボルトの緩みや経年劣化による切断などによってこの締結力が損なわれ、締結されていた物の落下などの事故が生じる場合があります。このような事故は時に、重大な事故となる事も少なくありません。

このような事故を防ぐため、現在は、定期的な点検を行ってボルトに緩みがないか確認する作業が行われます。しかし、現状の方法では、熟練した技術者が1つ1つ目視や打音検査を行って調べており、機械の場合にはそのたびに動作を停止させたり、橋などの場合には足場を組んで橋の上部や裏側のボルトを検査するなど、非常にコストがかかるものとなっています。また、定量的なデータとして記録することも困難でした。ボルトにセンサ（歪みゲージ）を埋め込む方法や、超音波を使ってボルトにかかる力を定量的に測る方法もありますが、これらの方法はボルトに穴を開けるなどの加工をする必要があり、基本的には実験のための用途にとどまるもので、実用的に現場で用いるのは困難でした。さらに、現状のこれらのセンサは外部に計測用の装置を設置する必要やそのための電源設備を敷設する必要があり、手軽に用いられない、といった欠点もありました。

そこで本研究では、ボルトの締結力のセンシングを行ってそのデータを遠隔に通信することが可能であり、かつ、手軽に用いることが可能なセンサデバイスの実現を目標とし、そのようなデバイス（TenSense）の開発を行いました。ボルトや座金に加工を施さないことに留意し、既存のボルトと座金の下にセンサを組み込んだ座金（以下、「センサ座金」）を挿入して計測を行うこととしました。

本研究では、大型（M30以上）のボルトを対象とした場合、ならびに、中型（M20～M30程度）のボルトを対象とした場合それぞれについて設計を行いました。大型のボルトを対象としたTenSenseでは、センサ座金自体に放射状の壁を設置し、センサ座金内部にセンサ（歪みゲージ）だけでなく、アンプ、マイコン、無線モジュール、電池を同梱するようにしました。アンテナは座金内部に設置してしまうと金属に囲まれ感度が低下してしまうため、独自設計を行い、センサ座金外周部の樹脂サイドカバー内に配置するようにしました。中型のボルトを対象とした設計では、センサ座金内にはセンサのみを配置し、その他のモジュールや電池等はボルトに対するキャップ内に収納する形としました。

大型・中型の設計ともに、解析シミュレーションによってセンサ座金がボルトの締結力を問題なく伝達可能であること（このセンサを挿入したことによるボルトの締結力低下が起こらないこと）、および、ボルトの締結力によって適切な範囲の歪みが生じること（歪みゲージにより締結力を測定可能であること）を確認していま

す。また、それぞれ実際の回路を作成して動作させ、最大2%程度の誤差で締結力が計測可能であること、800m以上の通信距離が確保できることなどを確認しています。また、消費電力を見積りから、それぞれ5年以上の動作が見込めることを確認しています。



(2021年6月1日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2020年9月

学位種別：博士（工学）

大学：豊橋技術科学大学

推薦文：（ユビキタスコンピューティングシステム研究会）

本論文は部材の接合等に用いられるボルトの締結力を遠隔監視するシステム TenSense の設計・実装・評価についてまとめたものである。追加座金内にセンサ等を組み込むことでボルトへの加工を伴わずに必要な機能を実現しており、力学的な検証や回路・アンテナ等の設計、電源寿命の議論などIoT事例としてきわめて有益な議論がなされている。



Michail Sidorov

研究生生活：私は大学の教員になりたいと思っており、そのため博士号を取得しました。修士を取得して以来大学で働いていましたが、そのステップアップとして博士へ進学しました。博士課程での研究テーマは学際的な内容で、同じ大学の土木を専門とするメンバや企業との共同研究でした。実用的なデバイスをゼロからデザインできたことは大変興味深かったです。


博士での研究活動の中で、同じような研究をしている方々と協調するのはとても重要だということに気が付きました。協調し、議論することによって、新しいアイデアを生み出すことができます。また、研究をはじめるときにその対象についてすべてのことを知ることは不可能ですが、知識不足のために研究が進まなくなってしまったときにはその分野の専門家に助けを求め、できるだけ早く対応することが重要だと思いました。

困難も多いですが、博士課程は、さまざまな興味深い機会や貴重な経験をすることができるユニークな旅だと思います。



Motivational Techniques that Aid Drivers to Choose Unselfish Routes

♡ 1

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:47



邦訳：運転者が利他的な経路を選ぶことの動機付けを支援する技術

Briane Paul V. Samson

(デ・ラ・サール大学 コンピュータ科学部 助教授)



----- keyword -----

自動車運転

ナビゲーションシステム

利他的行動

動機付け

【背景】 カーナビが提案する最短経路を多くの運転者が選ぶことによる交通渋滞

【問題】 一部の運転者に非利己的な経路を選んでもらう仕組みの解明

【貢献】 個人の状況や性格に応じて利他的行動を促す対話型カーナビの提案

カーナビの普及により、多くの車が提示された最適経路を選び、そのことでかえって交通渋滞が起きてしまう問題が深刻になっている。都市での渋滞を減らすには、一部の車にはあえて少し遠回りの経路で走ってもらうことを促すような次世代カーナビの実現が求められる。本博士論文では、運転者ごとの急ぎ具合や提案された道への慣れ等に応じて「ちょっと遠回り」な経路を選んでもらうことを促す対話技術の研究開発を紹介する。

本研究はまず、現在の一般的なカーナビゲーションシステムを利用する際の運転者の行動観察から始めた。すると、運転者は必ずしも提示された最短経路をいつでも選ぶわけではないことが確認された。システムから提示された経路を運転者が選択するか否かは、提示された経路が慣れた道かどうか、そして、そのときの急ぎ具合に大きく依存することが分かった。その結果に基づき、運転者の性格、経路への慣れ、そのときの状況（目的地へ向かう目的等）に応じて、利他的な経路を選択してもらうための動機付けデザインを試みた。

具体的には、運転を始める前の複数経路を提示するシステムと、運転中に音声で経路案内するシステムを試作し、その効果をシミュレーション実験した。運転前の複数経路提示システムでは、利他的経路（少し遠回りな経路）を選ぶことによる渋滞緩和への貢献や、利用者自身の慣れた道の割合の表示の仕方がどのように利用者の判断に影響を与えるかを調べた。その結果は、利用者の性格に関係することが窺える結果となった。

運転中の音声ガイドシステムは、最適経路、慣れ親しんだ経路、混雑回避のための迂回経路の3種類の経路を推薦する3つの音声エージェントを用意し、彼らが運転者の前で会話することで、間接的に運転者の利他的経路選択を促すものである。このシステムの特徴は、複数の選択肢を展示して利用者自身に選択権を委ねること、それら選択肢各々の観点の違いをエージェント間のおしゃべりというカジュアルな表現で運転中の利用者に提示することである。

本論文が扱うのは何気ない人間の心理であり、運転中の状況や運転者の性格などさまざまなことに依存する。したがって、単純に複数手法を比較して明確な差が出る分かりやすい結果が得られるような内容ではなく、無意識の行動による定量的変化、行動変化のパターン分類、そしてその背景にある理由の聞き取りといったさまざまな角度での分析が重要である。本研究で確認された知見（慣れ親しんだ道は選ばれやすい、他者への貢献が読み取りやすい情報提示が効果的である、といったこと）そのものは結果的には単純な内容であるが、実際の自動車内の観察、オンライン実験、運転シミュレータによる実験といった複数の実験プラットフォームの実装、複数の被験者実験の統計的分析を通して、身近な市民科学的トピックを対象とした研究手法を確立した貢献は大きい。



■Webサイト/動画/アプリなどのURL

<https://brianesamson.com/>

(2021年6月17日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2020年9月

学位種別：博士（システム情報科学）

大学：公立はこだて未来大学

推薦文：（ユビキタスコンピューティングシステム研究会）

都市での渋滞を減らすには、一部の運転手にはあえて少し遠回りなルートで走ってもらうことを促すような次世代カーナビの実現が求められています。本博士論文では、運転者ごとの急ぎ具合や提案された道への慣れ等に応じて「ちょっと遠回り」なルートを選んでもらうことを促す対話技術の研究開発を紹介しています。

Briane Paul V. Samson

研究生活：私の博士論文のテーマは、ドライブナビゲーション利用者の「動機づけ」をデザインすることです。私自身が毎日のように経験しているフィリピンの交通事情の悪さがこの研究テーマの動機になっています。私の目標は、運転者の利他的な行動を促す新しいナビゲーションシステムを実現することです。角康之研究室に所属したことで、自分の研究テーマを自由に定義でき、HCIの分野にどっぷり浸かることができたのは大きなメリットでした。そのことで私の専門知識は大きく成長しました。博士課程において一番苦勞したのは、さまざまなHCI研究方法論を独学で学ぶことでした。授業がないため、自分の学習プランに自信が持てませんでした。

た。しかし、私の指導教員はとても親しみやすく、自分の進路を決めるために貴重な指導をしてくださいました。これから博士課程に進む皆さんは、自分の進むべき道が分からなくても気を落とさないでください。迷ったときには、指導教員に相談することを恐れないでください。彼らはあなたが成功するために存在するのですから。しかし、彼らに頼りすぎないことも忘れてはいけません。特に留学生の場合は、研究室外の人たちとのつながりも見つけることが重要だと思います。



スマートホームにおけるIoT機器の相互接続性 向上の研究



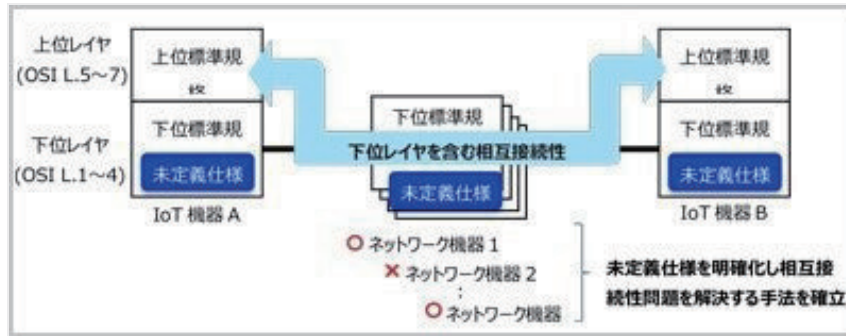
情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 08:48



濱本望絵

(パナソニック (株) 主幹技師)



----- keyword -----

スマートホーム

IoT

マルチキャスト

【背景】 ホームネットワークの多様化とIoTの発展

【問題】 未定義仕様に対する各機器メーカーの実装差異が引き起こす相互接続性問題

【貢献】 IoT機器の相互接続性向上に貢献

さまざまなメーカーのルータ・中継機・IoT機器の組合せで構成されるスマートホームにおいて、IoT機器の相互接続性に関する市場問題が多数報告されている。市場問題の中でも、相互接続手順の第1段階であるマルチキャスト通信を利用した機器発見フェーズにおける相互接続性問題が重要であることに着目し

「CFM (Combination Failure in Multicast communication) 問題」として分類・定義した。下位レイヤ (OSI Layer1~4) の標準規格には未定義仕様が多々あ

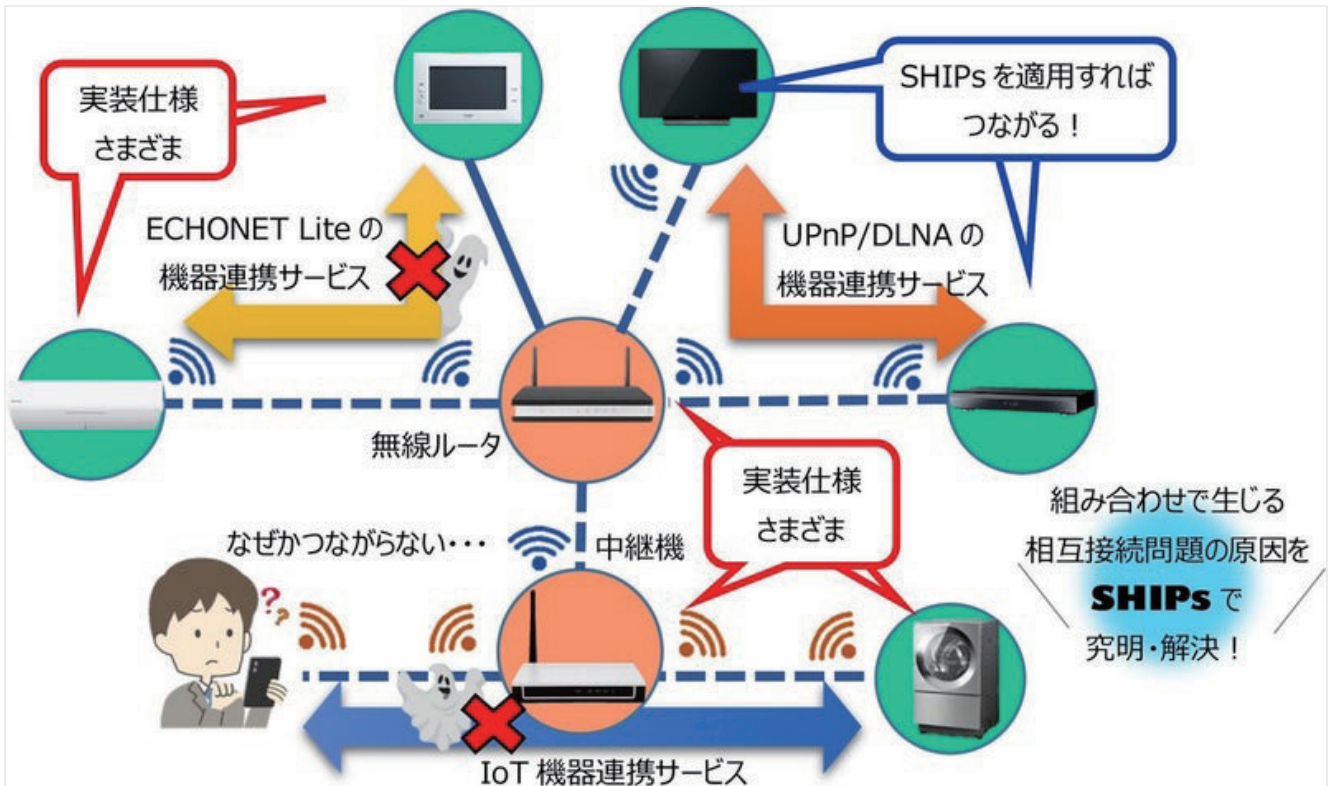
り、開発者の解釈により実装差異が出ることが相互接続性問題の原因となると考え、CFM問題を引き起こす未定義仕様を明確化する一連の手順を「スマートホームにおけるIoT機器の相互接続性向上手順（SHIPs：Smart Home Interconnectable Procedures）」として定義した。そしてSHIPsによりCFM問題を解決する下記3つの取り組みを行った。

1つ目に、ECHONET Lite [1] のCFM問題に取り組み、市場シェア上位150機種（計81.57%）のルータの実装仕様を調査し、ルータが機器の存在確認なく管理テーブルからエントリを削除することがCFM問題を引き起こすことを解明した。そして、機器からECHONET Liteのマルチキャストグループに対するIGMP Join [2] を定期送信することによりルータの管理テーブルを確実に維持できる手法を考案した。その結果、評価対象149機種（市場シェア81.55%）のルータにおけるECHONET Lite機器の相互接続性を向上させた。

2つ目に、UPnP [3] / DLNA [4] のCFM問題に取り組み、上記と同等のルータの実装仕様を調査し、ECHONET LiteとUPnP/DLNAでCFM問題を引き起こすルータの実装仕様に差異があることを明確化した。またECHONET Liteと同等の手法によりルータの管理テーブルを確実に維持できることを確認した。その結果、評価対象全150機種（市場シェア81.57%）のルータにおけるUPnP/DLNA機器の相互接続性を向上させた。

3つ目に、中継機配下のIoT機器のCFM問題に取り組み、市場シェア上位90機種（計79.1%）のルータの中継機能を調査し、IEEE802.11i [5] の規格で定められたブロードキャスト／マルチキャスト通信用のGTK（Group Temporal Key）更新に関する実装差異が機器間のGTK不一致を発生させCFM問題を引き起こすことを究明した。そしてDHCPを利用して定期的にルータからGTKで暗号化されたパケットを受信しその復号可否により機器単体で中継機のGTK更新を検知しGTK不一致状態から復旧する手法を考案した。その結果、市場シェア約6.1%（販売累計台数91万台相当）の中継機におけるCFM問題を解決できた。

手順化したSHIPsを適用して考案した上記手法がエコーネットコンソーシアムの規格書 [6] へ採択されたことで、コンソーシアム会員約250社で活用可能となり、業界全体（約3,300万台の市場機器）の相互接続性向上に貢献した。



参考文献

- [1] エコーネットコンソーシアム：ECHONET Lite規格 Ver.1.12 第2部,
https://echonet.jp/wp/wp-content/uploads/pdf/General/Standard/design_guideline/ECHONET-Lite%20System%20Design%20Guidelines_2nd%20edition.pdf
- [2] IETF PROPOSED STANDARD RFC 2236, Internet Group Management Protocol, Version 2, IETF,
<https://www.ietf.org/rfc/rfc2236.txt>
- [3] UPnP (Universal Plug and Play)

<https://openconnectivity.org/developer/specifications/upnp-resources/upnp>

[4] DLNA (Digital Living Network Alliance) Guidelines,

<https://spirespark.com/dlna/guidelines>

[5] IEEE Std 802.11i,

<https://ieeexplore.ieee.org/document/1318903>

[6] ECHONET Liteシステム設計指針 第2

版 : https://echonet.jp/el_design_guide_2nd/

(2021年5月26日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日 : 2021年3月

学位種別 : 博士 (工学)

大学 : 神奈川工科大学

推薦文 : (コンシューマ・デバイス&システム研究会)

さまざまなルータや中継機の組合せで構成されるスマートホームにおいて、IoT機器の雑然と存在する相互接続性問題を引き起こす未定義仕様を明確化するための

SHIPs手順を定義し定量的に判断可能とした。これらは製品150万台に搭載され、ECHONET Lite規格に採択され、業界全体約3,300万台の機器の相互接続性向上へ貢献した。

濱本望絵（正会員）

研究生活：松下電器産業（株）（現、パナソニック（株））に入社以来、ホームネットワークに関する研究開発、およびIoT機器の相互接続性向上の取り組みに従事してきました。製品の発売前に徹底的に相互接続性問題を洗い出して市場問題を未然防止する取り組みを通じて、当社のお客様には貢献できているのではないかと考える一方で、企業の垣根を越えて社会全体に貢献したいという思いを抱くようになりました。これまでの知見を世の中の開発者の方に周知するため、学会にて論文発表をした際に一色正男先生よりお声がけいただいたことがきっかけで、博士課程へのチャレンジを決めました。博士課程の3年間、仕事と研究に加え家事と2児の育児をこなすのはとても大変でしたが、論文発表や標準化を通じて目標としていた社会貢献活動の第一歩は踏み出せたと思います。ご指導くださった一色正男先生ならびに各先生方、博士課程入学の機会を与えていただきましたパナソニック（株）、そして支えてくれた家族に深く感謝いたします。今後もより一層社会貢献できるよう

精進していきたいと思います.

▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。

新型コロナウイルス感染症については、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。またコロナワクチンに関する情報は首相官邸のウェブサイトをご確認ください。※非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



ユーザの状況および特性に基づく行動変容に関する研究

♡ 1

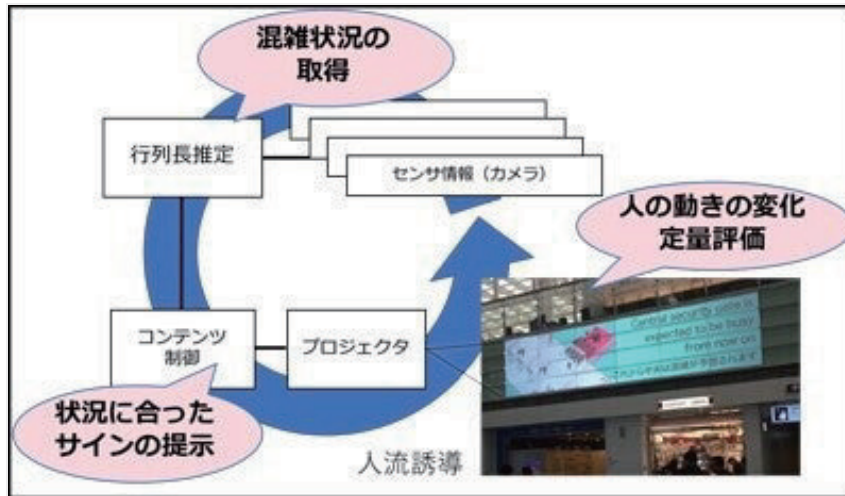


情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:49



市川裕介

(日本電信電話 (株) 主任研究員)



----- keyword -----

行動データ

情報提示

人流誘導

【背景】 多様なデバイスから収集したデータの活用が拡大

【問題】 誘導効果の実フィールドでの定量的な検証データがない

【貢献】 空港での実証実験を通じて誘導案内効果を定量的に計測

本研究は、多種多様なデバイス・サービスから収集されるデータを活用し、人の状況を捉え、状況に応じた情報提示を通じて人の行動変化を誘引するための技術について提案し、社会実装を通じて定量的に評価を行うものである。本研究では、交通ターミナルにおける人流誘導に取り組んだ。

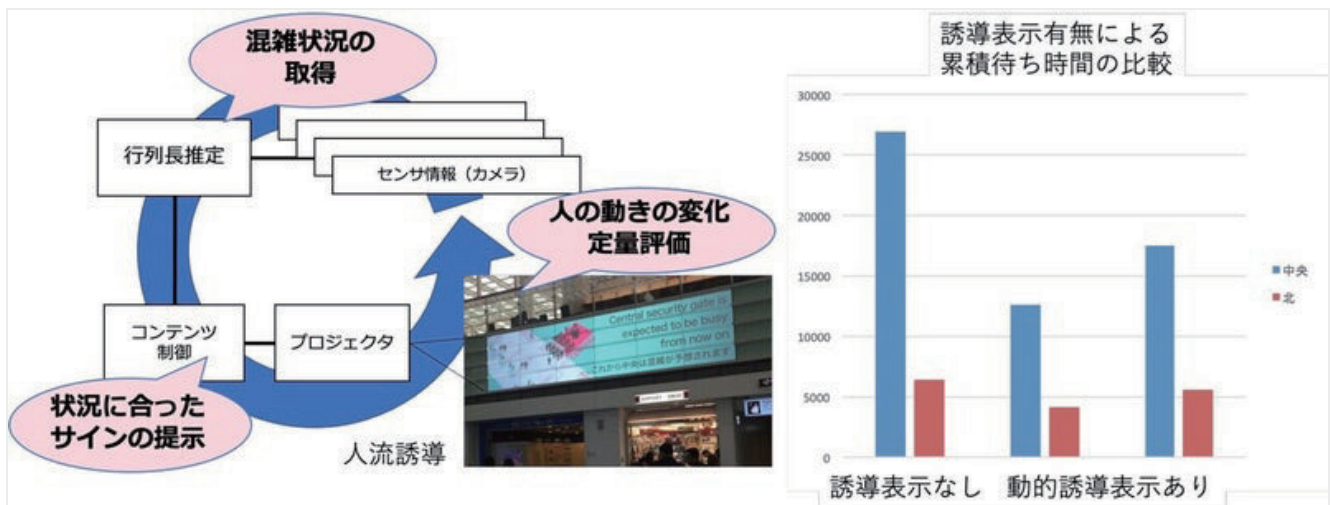
空港等の公共交通機関では、安全面、および近年では感染症対策の観点から混雑解消が喫緊の課題となっている。センサーデータから交通ターミナルなどの施設利用者の状況を捉え、状況に応じた情報提供を通じて利用者を誘導する技術への期待は高い。一方で、行動データを分析し、状況に応じた情報提示を通じて人の行動変化を起こすことを目的とした既存の研究は、個人を対象にするものがほとんどで、群衆に対してはどのような情報提示が有効であるか、定量的に評価した研究発表はなかった。

そこで、本研究では、情報提供装置として、プロジェクタを用いて状況に応じて動的に案内を切り替える動的案内サイン「プロジェクションサイン」を実装し、カメラから収集して計測した混雑状況に基づき動的に誘導案内を変化させ、群衆誘導の実験を行った。実験の結果、多様な年代、国籍、言語の集団に対して、どのような情報内容、表現様式が、誘目性、理解性、行動変容性において有効なデザインであるか評価を行った。

また、混雑情報提供による誘導の有無、デザインの違いなど条件を変え、長時間

の誘導効果測定を実施した結果、混雑の偏りを平準化する効果について、定量的な効果の測定を実現し、5%の平準化効果が得られることを実証した。定量的な効果を明らかにすることは、誘導効果の比較対象となるベースラインとして今後の研究の発展に寄与することが期待できる。

本研究では、交通ターミナル内の2つの経路を持つ限定的な空間を対象とした実験にとどまっている。広域かつ、多数の経路を持つ空間を対象とした人流の最適化を行うことへのニーズは高く、今後はより複雑な経路への適用へ研究を展開する必要がある。



(2021年5月31日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2020年9月

学位種別：博士（情報学）

大学：静岡大学

推薦文：（コンシューマ・デバイス&システム研究会）

本研究は、行動データの解析によって把握したユーザの状況および特性を利用して、効果的にユーザの行動変容を引き起こす方法論をまとめたものである。案内誘導システムやマーケティング分析の概念に行動データ解析により把握した状況や特性に基づく行動変容を引き起こす仕組みを組み込んだサービスデザインを提案ならびに評価しており、今後のコンシューマ向けシステムやサービスに求められる方向性の1つとして興味深いものである。

市川裕介（正会員）

研究生活：社会人博士課程も大詰めという時期に、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）のパンデミックが起こり、世界中が大変な状況になりました。私自

身も会社業務が大変な影響を受け、その立て直しに大変な時期となりました。一方で、コロナ禍に伴い在宅勤務中心の働き方となったことで、本来は通勤や出張、通学の移動時間として消えていった時間が、丸ごと博士論文作成の時間として活用でき、それが博士課程修了の追い風になりました。どんな事態が起ころうとも、前向きに捉え活用することの重要性を学んだ博士課程でもありました。



Data-oriented Approaches for Improving Neural Dialogue Generation

♡ 3



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:50



邦訳：ニューラル対話応答生成の性能向上のためのデータ駆動アプローチ

赤間怜奈

(東北大学 助教)



----- keyword -----

自然言語処理

深層学習

対話応答生成

【背景】 深層ニューラルネットワーク技術が高性能な応答生成モデルを実現

【問題】 訓練データ改良を通してモデルのさらなる性能向上を図る

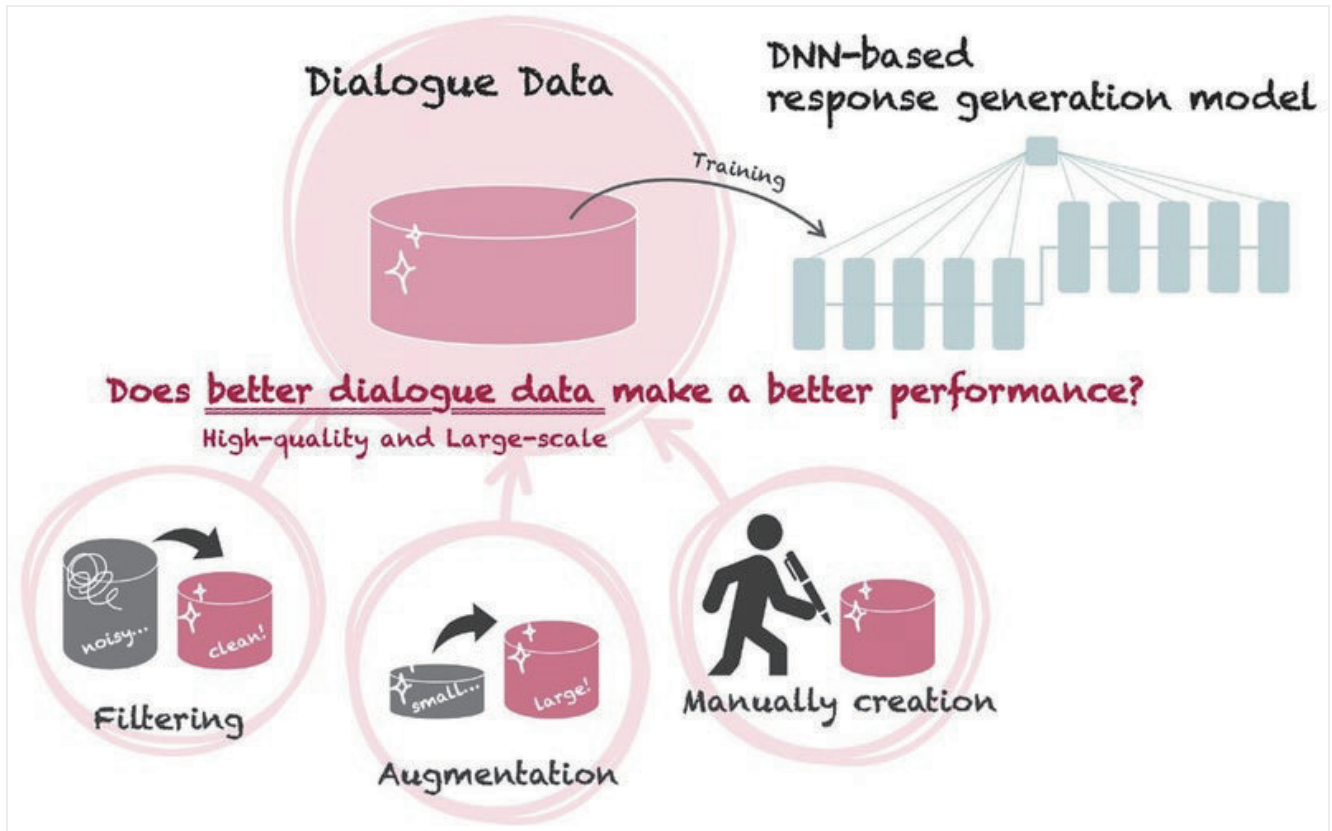
【貢献】 訓練データの品質等を改善する方法論を提案，データ改良の有効性を実証

人間のことばを用いて、人間と同じように対話をする——このようなコンピュータの実現は、古くから考えられてきた人工知能応用の理想のひとつです。「自然言語処理」と呼ばれる私たちの研究分野では、人間が日常的に使っていることば（自然言語）を上手に扱うための計算機構の構築やそれを支える基礎技術の開発に取り組んでいます。人間のように対話するコンピュータ、いわゆる対話システムに関する研究も、当分野の主要な研究領域のひとつです。

自然言語処理における文生成技術は、機械学習とりわけ深層学習の台頭とその進展に伴い、急速な発展を遂げてきました。一般論として、深層ニューラルネットワークを用いた生成モデルがそのポテンシャルを十分に発揮するためには大規模かつ高品質な訓練データが不可欠であるということが、これまでの研究で明らかになっています。対話応答生成技術の研究領域でも、深層ニューラルネットワークを用いた応答生成モデルは、未知の対話に対する汎化能力や生成応答の流暢性を大きく向上させました。近年の研究では、対話応答生成技術のさらなる向上に向けて、より洗練されたネットワークの適応やモデルアーキテクチャの改良などが盛んに行われています。しかしながら、その一方で、訓練データの規模および品質の改善により応答生成技術の向上を図る方向性については、ほとんど議論が進んでいないのが現状です。

本論文では、深層ニューラルネットワークを用いた対話応答生成モデルの性能向上を、モデル構築のための訓練データの改良を通じて実現することに取り組みまし

た。訓練データの高品質化および大規模化に着目してそのための方法論を複数確立し、実験を通して訓練データの改良が応答生成モデルの性能向上に貢献するということを経験的に示しました。本研究で確立した方法論のひとつは、大規模対話データを高品質化するデータフィルタリングのための方法論です。これまでの対話応答生成研究で頻繁に利用されている大規模な対話データには、低品質な、つまり対話として明らかに成立していないような発話と応答の連なり（発話ペア）が含まれていることを明らかにしたうえで、このような低品質な発話ペアを特定し訓練データから自動で除去するために、各発話ペアの「対話としての良さ」をスコアとして算出する方法論を考案しました。提案法によって獲得した大規模かつ高品質な対話データで訓練した応答生成モデルは、訓練データを改良しない場合に比べて、より良い品質の応答を生成しました。対話応答生成モデルの性能向上におけるデータ戦略の有効性を実証した本研究は、これからの深層ニューラルネットワークを用いた対話応答生成技術のさらなる発展に向けて、引き続きモデル自身の改良を進めていくことに加え、いかにして良い訓練データを効率良く獲得するかという問いについても積極的に議論していくことの重要性を示唆しています。



(2021年6月5日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報科学）

大学：東北大学

推薦文：（自然言語処理研究会）

本論文は、深層ニューラルネットワーク技術に基づく対話応答生成モデルに対し、訓練データの改良によって性能向上を図るデータ指向的な方法論の確立に取り組んでいる。従来のモデル指向的研究とは相対する立場から、対話応答生成技術の発展に繋がる新たな方向性を提示した点に、当該分野における大きな学術的貢献がある。

赤間怜奈

研究生活：「人工知能」という存在に興味をもったきっかけは、小学生のころに出会った児童書でした。そこで描かれていた（世界一の怪盗の友人、否、仕事上のパートナーである）人工知能は、人間のことばを流暢に扱い、人間のような感情と思考回路を持ち、そして人間よりも遥かに物知りで頭の回転が早い「知的な」存在でした。そんな人工知能に憧れを抱き、そのようなシステムが実現する未来を夢見、自然言語処理の研究に従事しています。私が卒業後も大学で自然言語処理の研究者を続ける道を選んだのは、修士課程・博士課程で研究活動に明け暮れた日々がとにかく愉しかったから、という理由に尽きます。同じ学問に興味を持つ仲間に出会われ、支えられ、思う存分自分の興味関心に向き合う。面白い発見や嬉しい成果が

あれば仲間とわいわい盛り上がる。そんな心地の良い充実した毎日でした。お世話になったすべての方にこの場をお借りしてお礼申し上げます。ありがとうございました。



Grammatical and Semantic Biases in Representation Learning from Raw Datasets

♡ 2

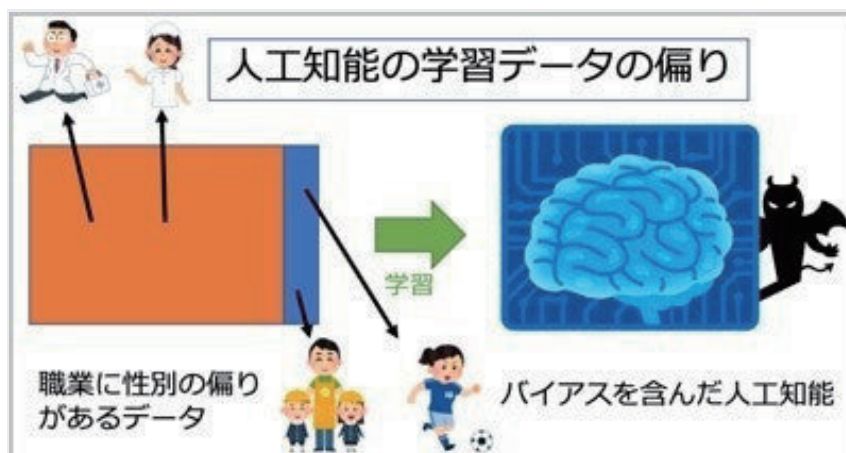
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:51



邦訳：生データを用いた表現学習における文法・意味バイアス

金子正弘

(東京工業大学 研究員)



----- keyword -----

自然言語処理

分散表現

データの偏り

【背景】 大規模なデータで分散表現を学習

【問題】 データの偏りが分散表現に悪影響を与える

【貢献】 学習データの偏りの影響を低減する手法の提案

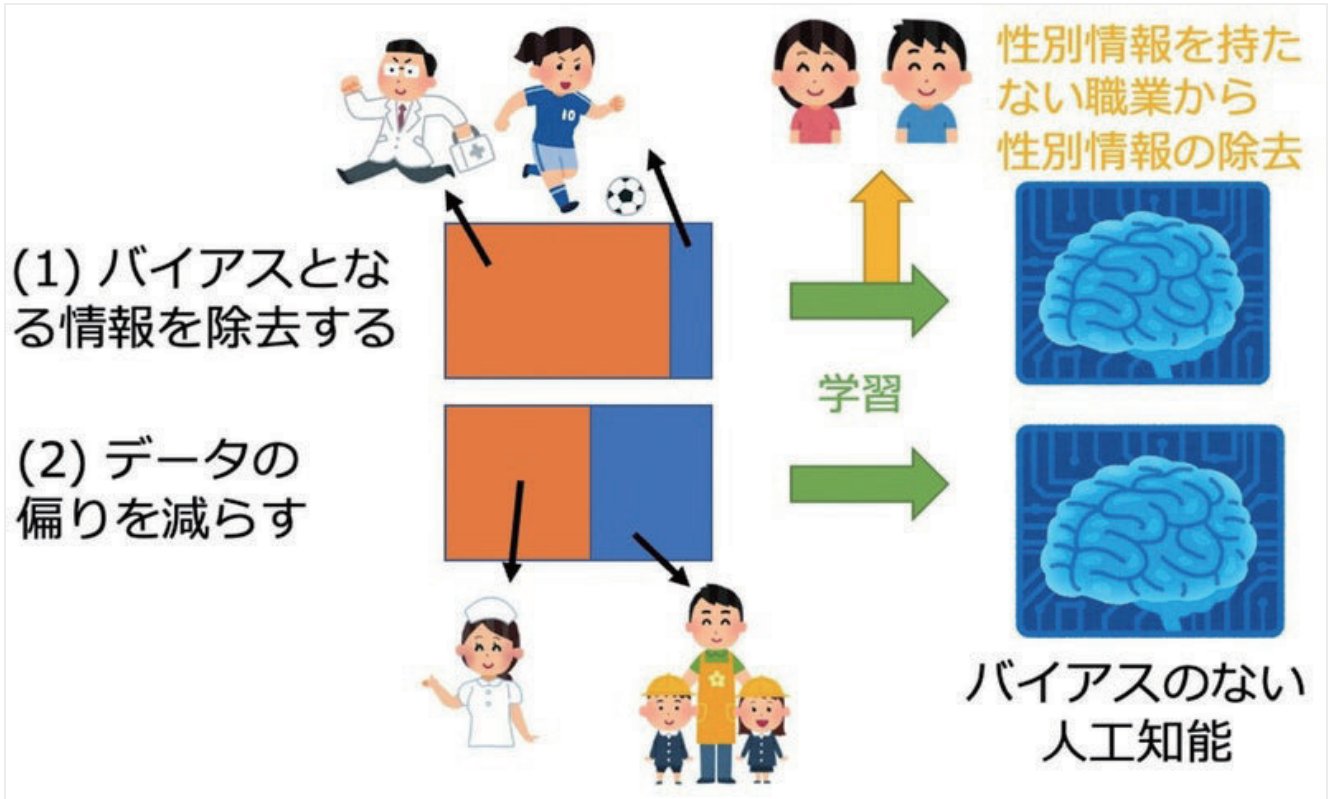
自然言語処理はテキストを理解する人工知能を作る研究分野である。テキストを理解可能にするには、まずテキストの情報をコンピュータが読み込めるように数値に置き換える必要がある。テキストの文法や意味に関する情報を表現した数値を分散表現と呼ぶ。単語間の関係や文の意味を正しく捉えた質の高い分散表現を獲得することはテキストを扱うシステムの性能改善につながる。近年の自然言語処理ではWikipediaやWebニュースデータなどの大規模なデータを使い、単語や文の共起から分散表現を学習することが主流となっている。

一方で、大規模データでは文法や意味に関して偏った分布になっていることが知られている。このようなデータを用いると少数の素性より多数の素性を優先し、バイアスを含んだ分散表現が学習されてしまう。文法に関する文法バイアスであればデータセットに含まれるテキストの大部分は「私は医者である」のように文法的に正しく、「私に医者である」のように文法的に誤ったテキストはほとんど含まれていない。このように文法的に偏ったデータで学習された分散表現は文法誤りを考慮できていない。そのため、文法誤り検出や文法誤り訂正のように文法が誤ったテキストを扱うタスクに最適な情報を学習できていない。意味に関する意味バイアスでは、単語同士の共起頻度の違いにより意味に関する偏った情報を分散表現が学習してしまう。たとえば、データセットに「彼女は看護師である」のように「彼女」と「看護師」が共起した文は「彼女は医者である」のように「彼女」と「医者」が共

起した文より高頻度に含まれている。一方で、「彼」と「医者」が共起した文は「彼」と「看護師」が共起した文より高頻度である。このようなデータを使った場合、分散表現は共起の偏りから「看護師」は女性であり「医者」は男性であるというバイアスを学習してしまう。

そこで、本研究ではこれらのバイアスの影響を低減するために、(1) 学習されたバイアスの除去する手法と(2) データセットの偏りをなくす手法を提案した。

(1) のバイアスの除去では、学習されたバイアスを分散表現から取り除く。たとえば、意味バイアスの性別に関するバイアスであれば「医者」や「看護師」のように性別情報を保持する必要がない分散表現から性別情報を取り除く。(2) の偏りをなくす手法では、少数のデータを増やすまたは重点的に学習することで分散表現がそれらのデータを考慮して学習できるようにする。たとえば、文法バイアスであればテキストデータに対して、擬似的な誤りを発生されることで文法的に正しいテキストと誤ったテキストの両方を考慮できるようにする。図は意味バイアスにおける2つの手法を示している。これらの手法はテキストを扱う人工知能のバイアスを低減することができる。



■研究ブログ

<https://masahiro-kaneko.com/>

(2021年5月31日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報科学）

大学：東京都立大学

推薦文：（自然言語処理研究会）

本研究は自然言語処理において文や単語をどのように表現すればいいか、という問題に対して、人手でメタ情報を付与していない生のデータから表現を学習する際に生じる文法や意味のバイアス（たとえば性別バイアス）についての研究を行ない、さまざまな深層学習の手法を駆使して、人工知能分野のホットな話題に切り込んでいます。



金子正弘


研究生活：自分は研究の問題を解決するためにアイデアを出すところが好きなた

め、特に研究テーマに対してこだわりはなく、そのときに面白そうだったことに取り組んできました。そのため、最終的に異なるテーマの研究に取り組むことになり、博士論文としてまとめるのに苦労しました。そして、このような苦労以外にも博士課程では進捗がでないことや論文に採択されないなどのつらい部分があります。博士課程を楽しみながらサバイブするコツは研究に対して気負いすぎないことと自分の心がときめくことを優先することだと思います。



A Conversational System for Interactive Image Editing

♡ 2

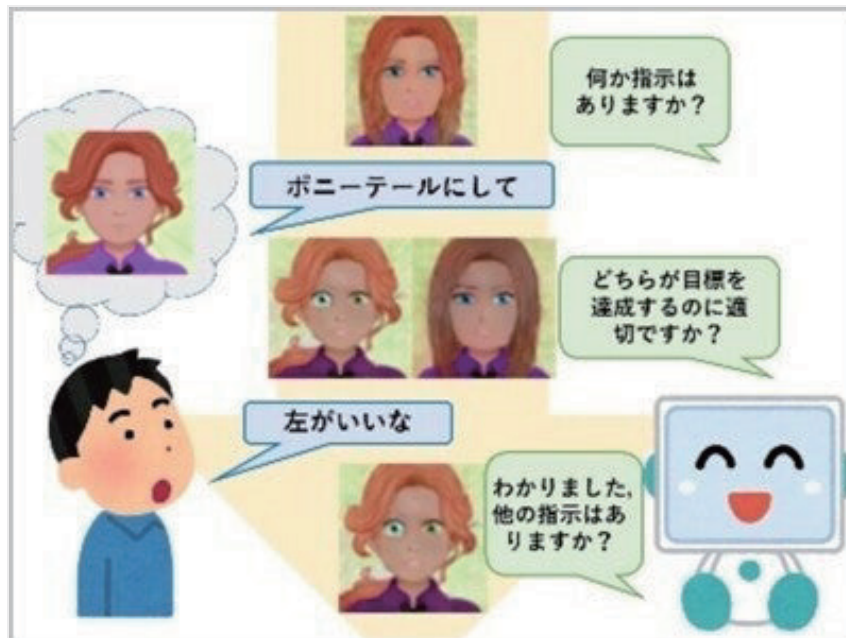
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:53



邦訳：自然言語を用いた対話型画像編集システム

品川政太郎

(奈良先端科学技術大学院大学 助教)



----- keyword -----

画像編集

自然言語インターフェース

深層学習

【背景】 広告やイラストの作成は高コストなので自動で生成したい

【問題】 言語情報を使うのは手軽だが多様な表現が許されるので難しい

【貢献】 言語情報で段階的に画像を編集できる深層画像編集モデル

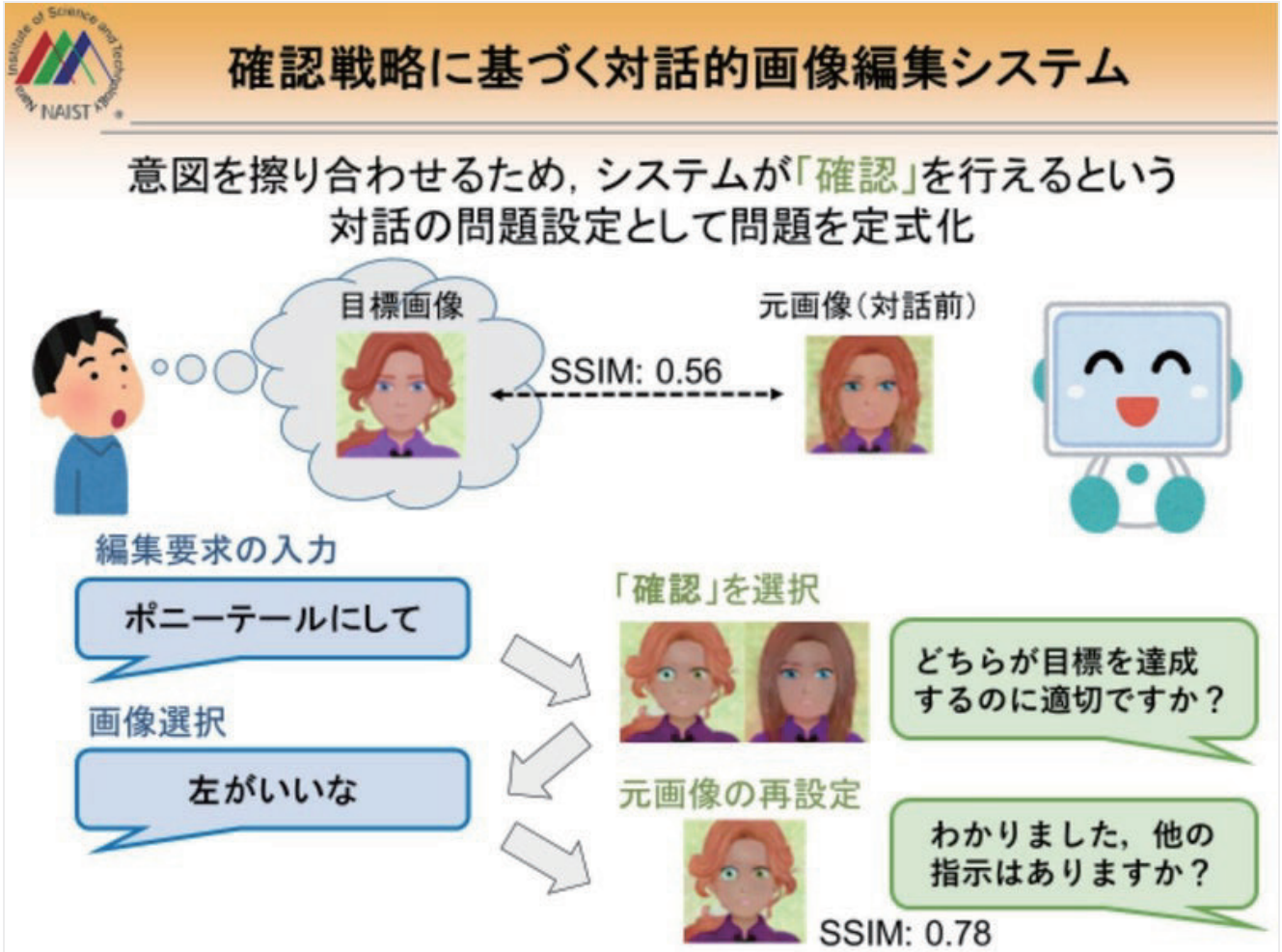
本研究は、Vision and Language (V&L) と呼ばれる、視覚的情報と言語情報（ことば）を融合させて種々の問題解決を行う研究の1つです。技術の発展に伴い、私たちの生活は、どんどん便利になる一方で日々大量の情報を処理する必要性に迫られています。V&Lの研究は、人の代わりにその場で何が起きているかを見て必要な情報だけ説明したり、人が「かわいい犬のイラストが欲しい」と言ったときに人の代わりに画像を作ったりと、日常的に使っている言語情報と視覚的情報を組合わせてさまざまな問題を解決する可能性を秘めており、近年、盛んに研究が進められています。

本研究が題材としているのは、犯罪者の目撃証言から似顔絵を作成するような、言語情報によって画像を編集する課題です。私たちは手に入れた画像があった時に、画像検索で探すことができます。しかし、画像検索で得られる画像はすでに存在する画像だけであり、「ちょっと思ったのと違う」画像しか得られないことがあります。かといって、自分で描くのは大変ですし、描く技術が必要です。そこで本研究では、私たちが日常的に使っている言語情報を用いて画像を編集することで、目標に近い画像を得られるようなシステムを作れないかと研究を進めてきました。

言語情報を入力として扱う難しさは、さまざまな言い方ができるという言語情報の多様性をうまく扱う必要がある点です。本研究は、この多様性の問題に対して2

つの方法でアプローチしました。1つ目の方法は、言語情報を入力とする、深層学習ベースの対話型画像編集モデルを提案した点です。深層学習ベースにすることで、多様に表現される言語情報を、目標とする特定の編集操作に柔軟に対応させることができます。しかし、多様な言語情報を特定の画像編集操作に結び付けることは難しく、これだけでは編集要求と関係ない領域も一緒に編集されてしまう問題に悩まされました。そこで本研究ではさらに、元画像のどの部分が編集すべき領域なのかを明示的に分けるマスク機構を提案し、マスク機構なしの場合より優れた編集が可能であることを明らかにしました。

2つ目の方法は、システムが編集要求に沿って編集を行えるかどうか自信がないときには、複数のモデルで編集した画像からユーザの意図に合うものを選んでもらえる確認戦略をシステムに導入した点です。機械学習モデルは、限られたデータセットを用いて学習されるため、1つのモデルで多様な入力のすべてに対応することは困難です。たとえばマスクありモデルは、髪の毛など大きな領域の編集を苦手としています。そのような場合、複数のモデル（マスクあり・なし）による出力をユーザに見せて選んでもらい、より目標を達成できそうな方の画像を選んでもらうという対応策が考えられます。かといって、毎回確認するのはユーザの負担となります。そこで本研究では、生成されたマスクのエントロピーを基準として必要な時だけユーザに確認することで、冗長な対話を削減できることを明らかにしました。



■WEBサイト

<https://seitaroshinagawa.github.io/>

■動画URL (YouTubeチャンネル用)

<https://youtu.be/Xz8tfC7MngQ>

(2021年5月31日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2020年9月

学位種別：博士（工学）

大学：奈良先端科学技術大学院大学

推薦文：（自然言語処理研究会）

本研究は、画像と自然言語の情報を結び付け、ユーザが自然言語で対話しながら画像を編集できる深層学習ベースのシステムの研究です。自然言語は自由度が高く、システムが想定していない入力は問題となります。そこで本研究では、入力文が不確実なときはシステムから確認要求を行うことで目標の画像の生成を図る点が特徴です。




品川政太郎

研究生活：「人が人をお願いごとをするみたいに、雑にお願いしてもちゃんと仕事をしてくれるシステムを作りたい。特に画像生成のような、候補が無数にあるような難しいタスクをうまく解くには、対話をしてユーザとの意図をすり合わせながら問題解決できるシステムがこれから重要だ」と考えてこの研究を始めました。実際には画像生成部分だけでも難しく対話的な方法論を深掘りできなかつたのが心残りとなりました。今後はこれまでのモデルを基礎として、自然言語による対話的な最適化により力を入れたいと思っています。他のV&L研究でも、対話的なインタラクションの要素が重要だと報告する論文が徐々に出てきており、今後のこの分野の発展がますます楽しみです。博士課程の間はしんどいこともたくさんありましたが、日々新しい発見があったり、国内外のたくさんの人に出会えたり、とても刺激的な毎日でした。博論を終えた後の空の青さは一生忘れない思い出になるのでぜひ体験してみてください。



3D Reconstruction in Scattering Media

 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:54



邦訳：散乱媒体下での三次元復元

藤村友貴

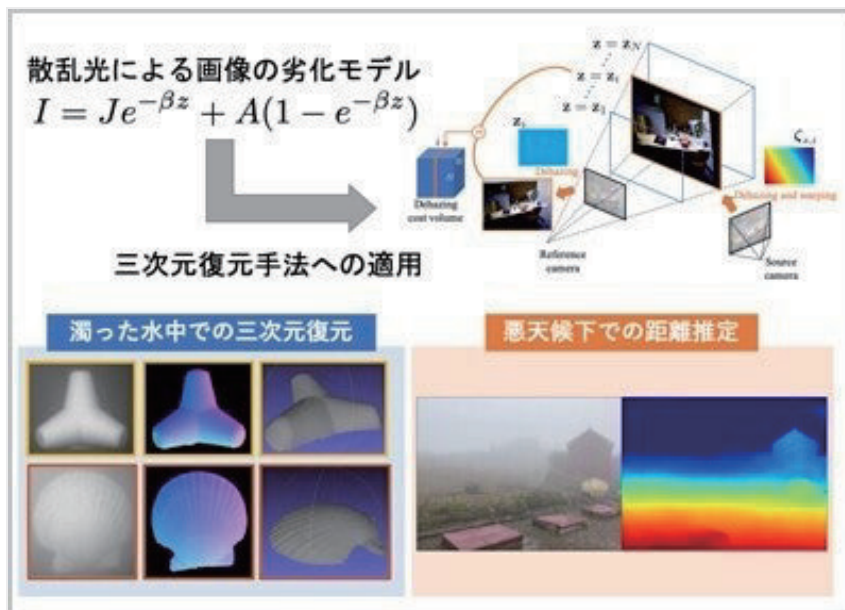
(奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科情報科学領域 助教)

----- keyword -----

コンピュータビジョン

三次元復元

散乱媒体



【背景】 散乱媒体下では光の散乱で画像が劣化

【問題】 劣化した画像を用いてシーンの三次元を復元

【貢献】 物理的な画像劣化モデルの三次元復元手法への適用

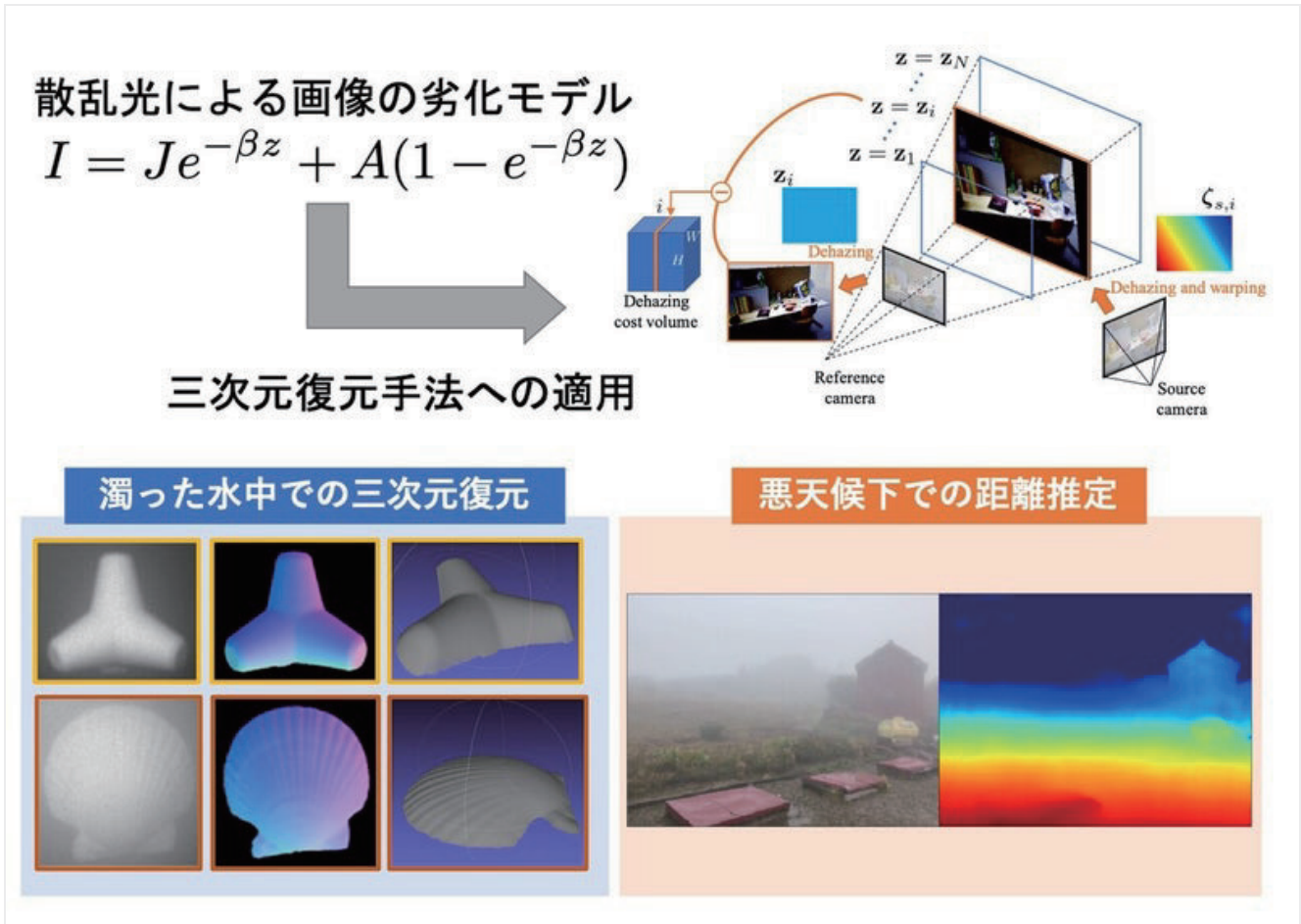
三次元復元とは、カメラで撮影された二次元画像やセンサから取得した信号を用いて、被写体の形状や法線ベクトル、被写体までの距離といったシーンの三次元情報を推定する技術のことである。近年このような技術は自動運転やVR・ARなどに広く応用されており、コンピュータビジョン分野においては依然重要な研究対象となっている。

三次元復元手法はその原理によって3つに大別できる。1つ目が「視差に基づく手法」である。人間の目と同じように2台のカメラが存在する場合は、各カメラで撮影された画像同士の間で対応点をとることで、三角測量の原理によりシーンの三次元位置を計算することができる。2つ目が「陰影に基づく手法」である。物体に光を当てると物体表面の傾きと光の入射角度から物体表面に陰影が現れる。陰影に基づく手法の1つである照度差ステレオ法では、別々の光源下で撮影された複数枚の画像を入力として、物体表面の法線ベクトルを推定する。3つ目が「光の伝搬時間に基づく手法」である。光を照射すると、微小な時間の後に物体表面で反射した光が返ってくる。Time-of-Flight (ToF) カメラではこの微小な時間から対象までの距離を計測する。

本研究は、このような三次元復元技術を散乱媒体下で実現しようという試みである。我々の暮らす実世界では、濁った水中や、霧・煙が拡散したような環境が存在

する。このような環境では、空間中の微粒子（散乱媒体）によって、光の散乱・吸収が引き起こされる。したがって、散乱媒体下でカメラを用いて画像を撮影すると、本来観測すべきでない散乱光を観測したり、物体で反射した光や信号が減衰したりすることにより、撮影された画像にはコントラストが低下するなどの劣化が生じてしまう。多くの三次元復元手法は観測した画像や信号を直接用いるため、このような散乱媒体による劣化の影響を受けてしまう。本研究では物理モデルを用いて劣化を定式化し、従来の三次元復元手法と組み合わせることで散乱媒体下での三次元復元を実現する。濁った水中における水中探査ロボットや、悪天候下での自動運転などがアプリケーションとして期待できる。

本研究では最初に述べた3つの三次元復元手法、すなわち「視差に基づく手法」、「陰影に基づく手法」、「光の伝搬時間に基づく手法」のそれぞれについて、散乱媒体下へ適用するための手法を提案している。視差に基づく手法ではカメラの間の対応点を計算する必要があるが、散乱媒体下では画像が劣化してしまうため対応点の計算が難しくなる。提案手法では対応点を計算する際、画像の劣化モデルを考え、対応点の計算と画像の劣化の復元を同時にモデル化できる手法を提案した。陰影に基づく手法では、光源から出た光が散乱を介してカメラでどのように観測されるかを詳細にモデル化し、物体表面の法線ベクトルを計算する際はその影響を考慮する手法を提案した。光の伝搬時間に基づく手法では、正弦波照射型ToFカメラを用い、散乱による影響をその観測である振幅と位相の空間でモデル化することで、散乱媒体下で生じる距離計測の誤りを修正する手法を提案した。



(2021年5月28日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報学）

大学：京都大学

推薦文：（コンピュータビジョンとイメージメディア研究会）

本論文は、散乱媒体下における光の散乱や吸収を物理的にモデル化し、散乱媒体下での三次元復元として多眼ステレオ・照度差ステレオ・ToFの3つのアプローチを議論している。一連の研究成果は、トップカンファレンスのオーラル発表やトップジャーナルに掲載されるなど高く評価されており、推薦に値する。

藤村友貴（正会員）

研究生活： 博士課程での研究は大変なことも多々ありましたが、指導して下さった先生方や研究室のメンバのおかげで、大いに成長することができたと感じています。これから博士課程に進学する予定、あるいは進学するかどうか迷っている人の中には、学力面で不安を抱いている方もおられるかと思います。博士課程という環境は想像以上に自分自身を成長させてくれるので、自身を持って進学してもらえればと思います。



Behavior-based DNN Compression: Pruning and Facilitation Methods

♡ 2

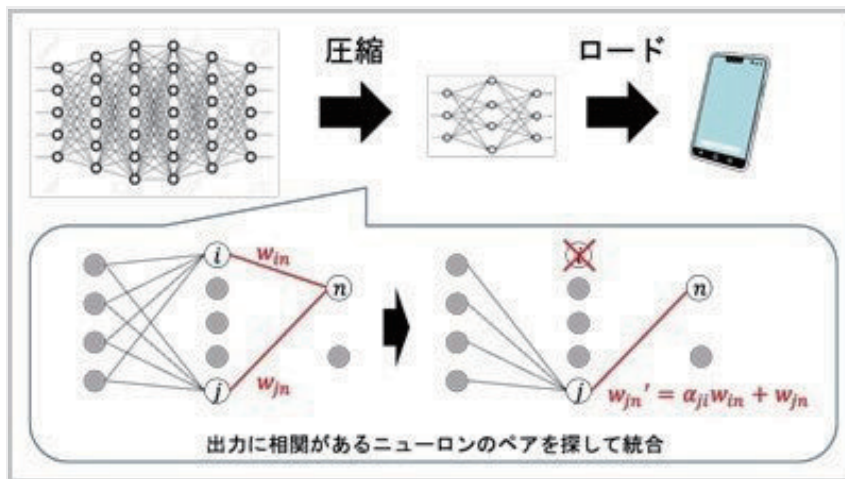
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:55



邦訳：ニューロンの振舞いに基づくニューラルネットワークの圧縮:プルーニング
手法およびより効果的な圧縮のための補助的手法

菅間幸司

(和歌山大学システム工学部 特別研究員)



----- keyword -----

深層学習

高速化

双直交基底

【背景】ディープニューラルネット（DNN）は有用な機械学習モデルであるが、
計算コストが高い

【問題】 スマホや監視カメラ等のエッジデバイスではDNNを使用しにくい

【貢献】 DNNの精度を保ちつつ圧縮できる手法を開発した

ディープニューラルネット（DNN）は、画像を見てそれが何であることを識別する画像分類や、画像中の人や車の位置を特定する物体検出など、さまざまな分野で使われるようになった。DNNは性能が良いものの、計算コストが高く、大規模な設備がなければリアルタイムで動かすことが難しい。そのため、スマートフォンなどの計算能力が限られたデバイスにおいてDNNを動かすためには、性能を保ちつつ、圧縮することが必要である。

本研究は、DNN内部において、挙動が似たニューロンのペアを探して統合する、という発想からスタートした。入力データに対して、いつも近い値を出力するニューロンのペアが存在するならば、一方を削除し、もう一方の重みを更新して、削除された方の出力を再構成する。これにより、次の層にはほとんど誤差を生じさせることなくニューロン数を減らすことができる。

上記の手法の発展形として、削除されたニューロンの出力を、その他すべてのニューロンの出力から、最小二乗法を用いて再構成する手法を考えた。これにより、再構成後の誤差をより小さくできる。なお、ここでは、最小二乗法を用いるということは連立方程式を解くようなものだという理解で構わない。

問題は、削除するニューロンを選ぶために、膨大な量の計算を要することである。再構成を行うことが前提であるから、再構成後の誤差が最小になるようにニューロンを選ぶべきである。しかし、再構成後の誤差を比較するためには、各ニューロンについて、試しに削除と再構成を試してみる必要がある。これは、ニューロンが10,000個あるならば、9,999個の変数がある連立方程式を10,000回解くようなものである。

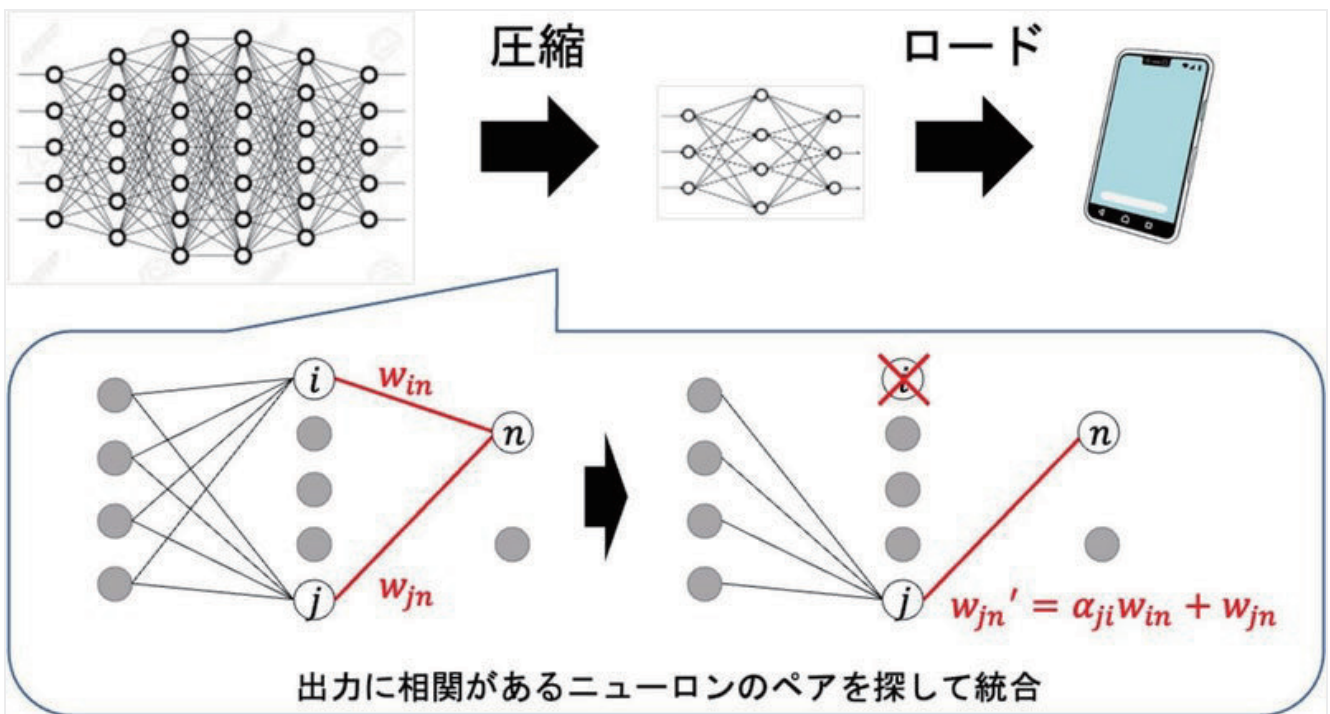
そこで、双直交基底というものをを用いて再構成後の誤差を高速に計算できるアルゴリズムを開発した。先の例においてこのアルゴリズムを用いると、10,000変数の連立方程式をたった一度解くだけで済むため、ほぼ10,000倍の速さで計算できる。これにより、再構成後の誤差を基準にニューロン選択が行うことが可能になる。

実は、最小二乗法を用いて再構成を行う手法は以前から存在している。しかし、再構成後の誤差を効率的に計算する方法がなかったため、従来手法では再構成“前”の誤差を基準にニューロン選択を行っていた。一方、本研究の提案手法では、再構成“後”の誤差を用いることができるため、より適切なニューロン選択が可能である。

実験の一例を紹介する。VGG16という画像分類を行うDNNがある。これを、計算量が元の1/5になるまで圧縮し、ImageNetというデータセットを用いて予測精度

を評価したところ、従来手法では、精度が20%以上も低下した。一方、本研究の提案手法を用いると、精度の低下は10%未満に抑えることができた。

また、本研究では、上記の圧縮手法をより効果的に用いるための補助的な手法として、DNNの各層における圧縮率（削除されるニューロンの割合）を最適化する手法や、ResNetという分岐構造を持つタイプのDNNを効率よく圧縮するために、分岐構造を直列化する手法も提案している。



(2021年5月26日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：和歌山大学

推薦文：（コンピュータビジョンとイメージメディア研究会）

本論文は、ニューラルネットの圧縮法に関するものである。ある層のニューロンを削除した後、次層への影響を緩和する手法において、（1）削除すべきニューロンを効率良く求める方法、（2）全体への影響を小さくする各層の圧縮率を求める方法、（3）分岐のある場合も効率良く圧縮する方法、が骨子であり、強力な実用的圧縮法である。

菅間幸司


研究生活： 私は、修士課程までは化学系、就職してモータの技術営業、転職してマーケティング、そして情報系の博士課程と、ヘンテコな経歴の持ち主です。博士課程に進学したばかりのころは、周りに追いつかなければと焦りを感じました。で

すが、数式をいじってあれこれ考える時間が楽しく、すぐに研究に没頭するようになりました。特に1年目は毎晩遅くまで研究室に残り（以前は残業があんなに嫌いだったのに）、家族に心配されてしまったほどです。その努力の甲斐もあり、また先生や後輩たちのサポートもあり、2年目に参加した国際会議では賞をとることができましたし、3年目には博士論文を書き上げることができました。

博士課程進学に対しては、なんとなく二の足を踏んでしまうという方もいると思います。ですが、自分の興味のために時間とエネルギーを好きなだけ使えるというのは、博士課程ならではだと思えます。進学を考えている方は、思い切って飛び込んでみてください。なんとかなりますよ。



Robust and Fast Eulerian Video Magnification for Practical Applications

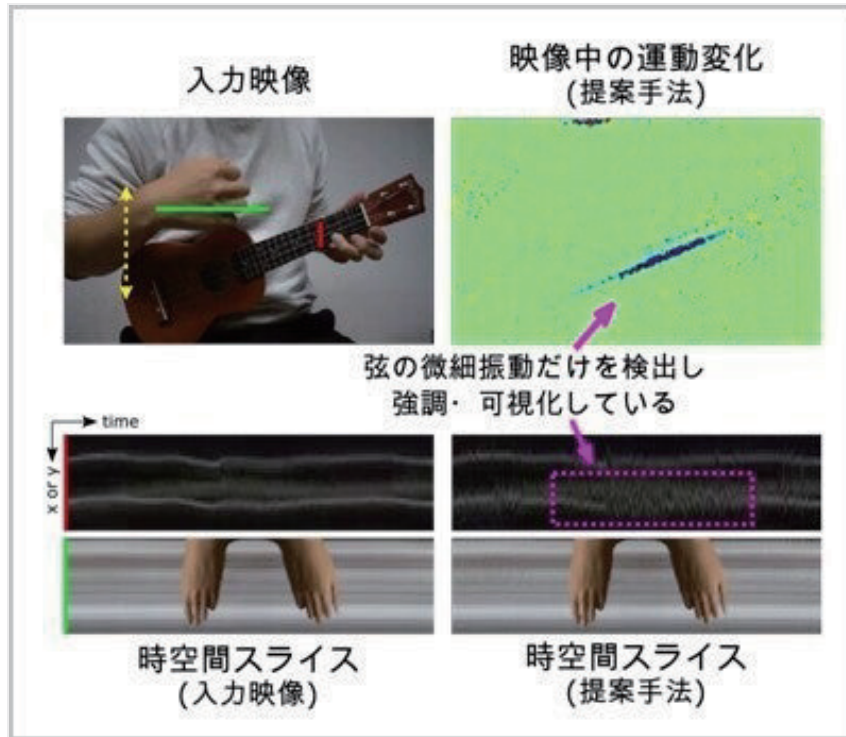
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:56



邦訳：実用化に向けた頑健で高速なオイラービデオマグニフィケーション

武田翔一郎

(NTTメディアインテリジェンス研究所 研究員)



----- keyword -----

映像強調 (ビデオマグニフィケーション)

映像合成

信号処理

【背景】 映像中の小さな色／運動変化を強調し，可視化する

【問題】 映像中には大きな色／運動変化や撮像ノイズが混入する。加えて、高速処理が困難

【貢献】 神経科学知見の応用や処理過程の冗長性削減による問題解決

我々の世界には、とても小さな自然／物理現象が数多く存在している。たとえば、ヒトの皮膚は血液循環に伴って色が微かに変化しているし、風などの影響で建造物はわずかに揺れている。また、飛行ドローンは自身の安定飛行のためにホバリング（微小な揺れ）を絶えず行っている。これらは状況理解や異常検知の手がかりとして有用だと考えられるが、とても小さい色／運動の変化であり、ヒトの視覚能力で捉えることは困難である。

このような小さい色／運動の変化を映像中から検出し、強調・可視化する「映像強調（Video Magnification）」と呼ばれる映像合成技術が近年注目されている。しかしながら、従来の映像強調技術は、（1）映像中の大きい色／運動変化や（2）撮像ノイズを誤検出するため、映像強調技術を適用した際に大きなアーチファクトが発生するという課題を抱えていた。また、（3）処理が低速でリアルタイム性が要求される分野（たとえば、医療や工場監視など）への適用が困難であるという課題も存在していた。

本研究では、上記（1）、（2）、（3）の問題を克服することで、映像強調技術の実応用範囲を拡大させることを研究目的とした。具体的には、それぞれの問題に

対して以下のような解決手法を提案した.

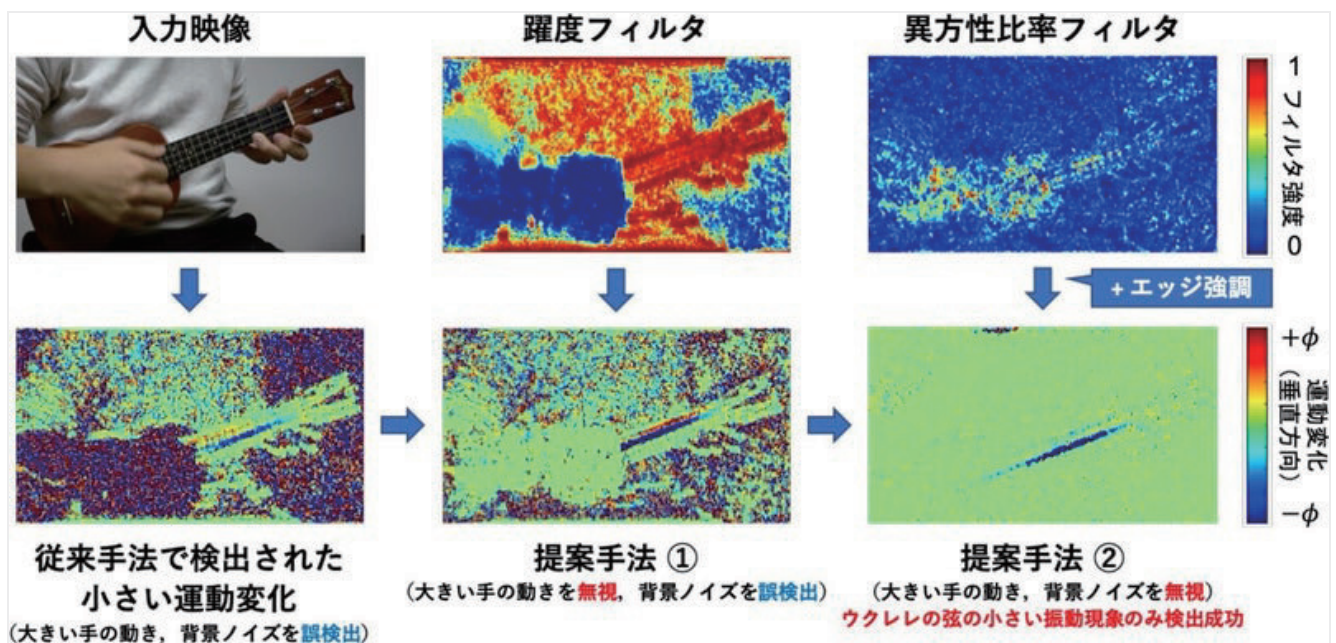
(1) 小さい色／運動変化は大きいものと比較して時間的に滑らかに変動しているという観察結果に着目し、医療分野において時系列データの滑らかさを評価する指標として広く使用されている躍度という指標を応用した新しい時空間フィルタ（躍度フィルタ）を設計した. この躍度フィルタを従来の映像強調技術に適用することで、大きい色／運動変化の影響を無視しつつ、小さい色／運動変化のみを選択的に検出し、強調・可視化することが可能になった.

(2) 自然／物理現象由来の小さい色／運動変化は、ある規則によって1方向に変化していることが多く、その時間分布は異方性（偏って広がる）を持っているが、撮像ノイズはそれが持つランダム性によって等方性（均一に広がる）の時間分布形状を持っている. 本研究では、これら時間分布形状の違いに着目し、神経科学の分野で脳内水分子形状の異方性を評価するために使われている異方性比率という指標を応用した時空間フィルタ（異方性比率フィルタ）を新たに設計した. この異方性比率フィルタを従来の映像強調技術に適用することで、撮像ノイズが存在する中でも、小さい色／運動変化のみを選択的に検出し、強調・可視化することが可能になった.

(3) 映像強調技術は他の映像処理／合成技術と同様に、映像解像度や時間フレーム数が増加すると計算量が増大し、処理速度が著しく低下するという課題を抱え

ていた。そこで本研究では、映像強調技術の処理過程における冗長性を効率的に削減するために、映像強調技術を適用すべき重要な映像領域を自動的かつ適応的に絞り込む、新しい映像処理技術を提案した。本技術は、従来の映像処理技術と比較して、約2倍の高速化を達成することに成功した。

博士論文では、実映像による定性的評価とシミュレーション映像を用いた定量的評価の両面で、提案手法の有効性を確認している。



(2021年5月20日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：筑波大学

推薦文：（コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究会）

動画中の、たとえば人物の拍動に伴う振動や顔色の変化など、微細な色変化や運動を強調して可視化する技術が注目されている。本論文では、既存手法の問題点であった、（1）素早く大きく動く物体に対しては検出・強調に失敗する、（2）ノイズに弱い、（3）計算に時間がかかる、の3つに対して解決策を提案し、実用性を大きく向上させた。

武田翔一郎

研究生活：私は修士過程で大学院を卒業し企業研究所に就職しましたが、企業での研究を進める中で博士という学位に改めて尊敬と強い憧れを抱き、社会人博士課程進学という道を選びました。仕事と学業の両立（どちらも研究活動ではありません

が) は想像以上に大変でしたが、両者の面から研究を捉え直すことで新たな課題や解決法が思いつくケースにも遭遇し、非常に有意義な経験をする事ができました。これからは博士学位を持った企業研究者として責任を持ち、身につけた技術、知識、そして経験を広く社会に還元し、より良い未来を創出していきたいと考えています。最後に、以前までまったく交流のなかったこの私を快く受け入れてご指導して下さった金森由博先生、遠藤結城先生、そして三谷純先生にはこの場を借りて深くお礼を申し上げます。



音楽の記号創発に向けた信号と記号の相互最適化フレームワークの構築



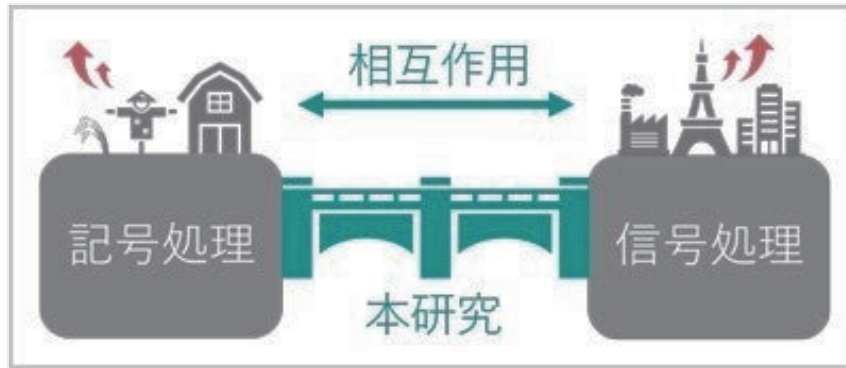
情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 08:57



澤田 隼

(東京理科大学工学部情報科学科 嘱託助教)



----- keyword -----

音楽情報処理

記号創発

記号と信号

【背景】 記号処理と信号処理を区別し，独立して発展

【問題】 記号と信号の相互的な修正が必要

【貢献】 音楽情報処理の認識制度の向上，人間の認知や知性を解明する手がかり

私はこれまで時系列データの1つである音楽を対象として，コンピュータを用いて情報処理を行うことにより，その音楽自体の根底に迫ると同時に，人間の認知や知性を探求することを目指してきました。人工知能の知識表現において，そこで使われる記号を実世界の実体が持つ意味に結び付けられるかという記号接地問題があります。私はこれまで音楽における記号接地問題に取り組んできました。音楽情報

処理の分野では、楽譜などの記号を対象とした研究を記号処理、音響信号を対象とした研究を信号処理、といった区別をしてそれぞれが独立して発展してきました。しかし、システムがより人間らしく振る舞うためには、記号の領域と信号の領域が相互に作用する枠組みを構築し、適切な記号接地を実現させる必要があると考えています。そこで、記号接地問題の本質的な解決とも言える記号創発問題に取り組みました。記号創発問題を解決することができれば、記号の領域と信号の領域が相互に作用しながら音楽音響信号が組織化されていく過程を捉えることができ、本質的な記号接地問題の解決につながると考えています。

本研究では、音楽において重要である拍、リズム、メロディーという3つの要素を対象として、性質の異なる3つの問題を、創発的な記号と信号の相互最適化フレームワークという共通の観点から解決を試みました。以下の3つの課題を遂行し、音楽情報処理における信号と記号の相互最適化フレームワークの有用性を検証しました。

1. 拍位置の修正と創発的なグルーピング構造の獲得

音楽情報処理では、音響信号を対象として拍毎に抽出した特徴量（ビート同期特徴量）を用いることがありますが、人間が演奏した音楽音響信号はテンポが一定でないことや、わずかなテンポや発音タイミングの揺れなどが含まれています。そのような音響信号の拍の推定位置のズレによって特徴量が変化してしまうという問題があります。この問題を解決するために、最適なビート位置を求める最適化問題を

解く必要があり、これは音響信号の拍レベルでの分節問題と解釈することもできます。

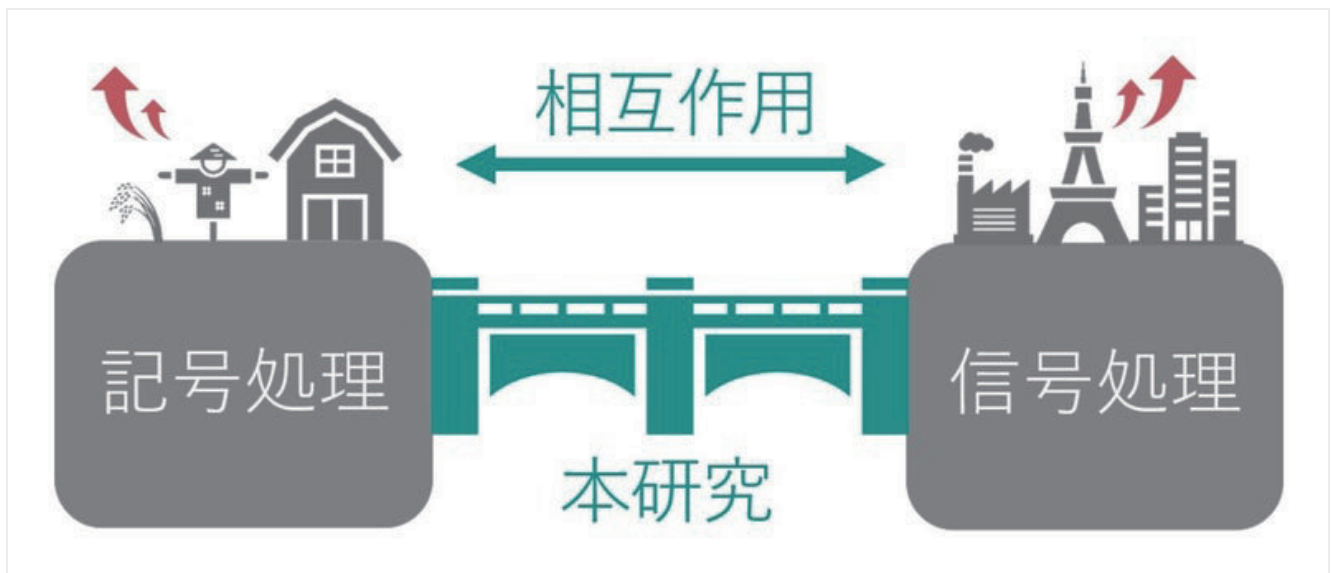
2. 小節レベルのリズムパターンに関する音響パラメタの調節による創発的なリズムパターンの獲得

楽曲中のリズムを一段階抽象化したパターンとして抽出することは、楽曲の構造を理解するうえでも重要です。そこで、リズムのパターンを分類することを考えますが、信号からパターンや特徴量を抽出する際に、たとえば、楽曲のジャンルや使用されている楽器等によって最適な音響特徴量のパラメタが異なります。そのため、音響特徴量のハイパーパラメタのチューニングが必要になります。しかし、曲ごとに人手でチューニングするのは現実的ではありません。この問題を解決するために、最適な特徴量パラメタを求める最適化問題を解く必要があり、これは音響特徴パラメタを調節することで適切な特徴空間を得る、潜在空間での分節問題と解釈することもできます。

3. 旋律からの創発的なモチーフの獲得

モチーフなど、旋律を意味のある単位に分割することは、音楽情報処理において重要な課題の1つです。一方で、モチーフの正解データの作成には専門的な知識が必要であり、十分な質と量のデータを作成するコストは膨大です。さらに、モチーフの解釈は人によって異なることもあり、一意に定まらず、システムとしてそれが正解であるという保証もありません。この問題を解決するために、教師なし（正解

データを与えない) でモチーフレベルの記号を獲得する枠組みが必要です。これは、旋律のモチーフレベルでの分節問題と解釈することもできます。



(2021年6月7日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（システム情報科学）

大学：公立はこだて未来大学

推薦文：（音楽情報科学研究会）

本学位論文では、非言語メディアの1つである音楽の共時的かつ通時的な意味を数理的に理解し表現するために、音楽における記号創発を実現する枠組みとして、信号と記号の相互最適化フレームワークを提案した。当該枠組みに基づく3種類の音楽識別システムの事例を示した。



澤田 隼（正会員）

研究生活：私が音楽情報処理の研究に取り組もうと思ったのは、大学に講演にいらっしゃった先生の音楽に関する研究のお話を拝聴したのが最初のきっかけであったと思います。講演を拝聴し、音楽情報処理という研究分野を知り、音楽を研究の対象とすることが可能であるということや、音楽を研究の対象とすることの意義、奥深さに胸を高鳴らせたのを今でも覚えています。

私が博士課程へ進学したきっかけもいくつかありますが、学会などに参加しさまざまな研究者と出会い、楽しそうに研究について語る姿を目にすることや、刺激的な議論などを通して、次第に研究者という職業への憧れや、この世界に飛び込んでみたいと思う気持ちが強まっていったと感じております。

近年の情勢では、国内外問わず、私の周りの学会のほとんどがオンラインでの開催となっています。オンライン学会のメリットとデメリットを肌で感じている今日この頃です。これは私の感想ですが、もし近年のこのようなスタイルの学会では、研究者の方々との交流も希薄に感じ、博士に進学しようとは思わなかったかもしれません。ただ、近年の世相を嘆いているのではなく、目まぐるしく変化する環境に適応していくことが大事なのかもしれません。

そうは言うものの、私は環境には大変恵まれていたと思います。多くの方々にご支援いただきました。博士号取得のためにご協力いただいたみなさまに心から感謝いたします。博士課程に進学しようと思う学生を1人でも増やせるような研究者を目指して精進してまいります。



Generative, Discriminative, and Hybrid Approaches to Audio-to-Score Automatic Singing Transcription

♡ 1

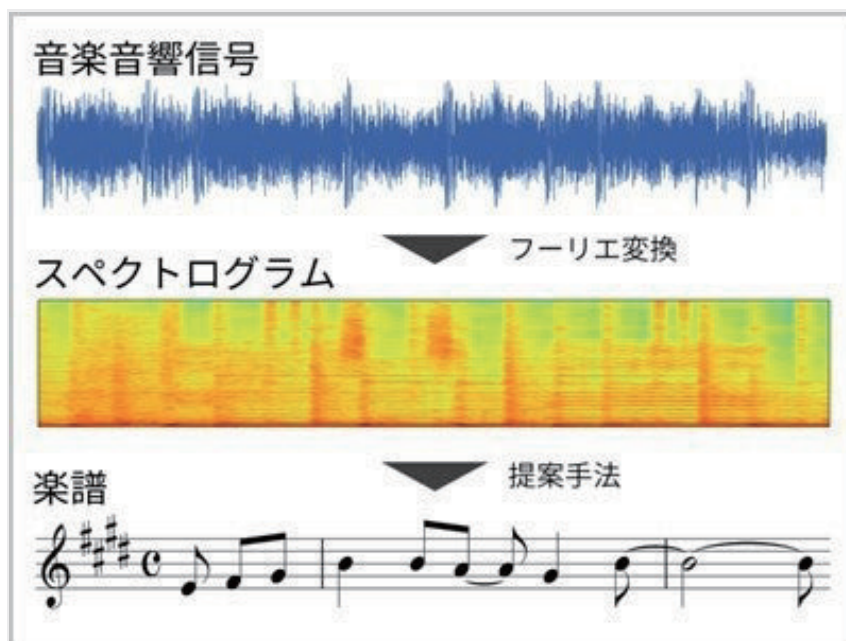
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 08:59



邦訳：自動歌声採譜のための生成的・識別的・混成アプローチ

錦見 亮

(NTTコミュニケーション科学基礎研究所 研究員)



----- keyword -----

音楽情報処理

自動歌声採譜

機械学習

【背景】 音楽情報処理の基本的認識タスクである自動採譜

【問題】 歌声の大きな変動に起因する音符の推定誤り

【貢献】 言語モデルと音響モデルの統合アプローチ

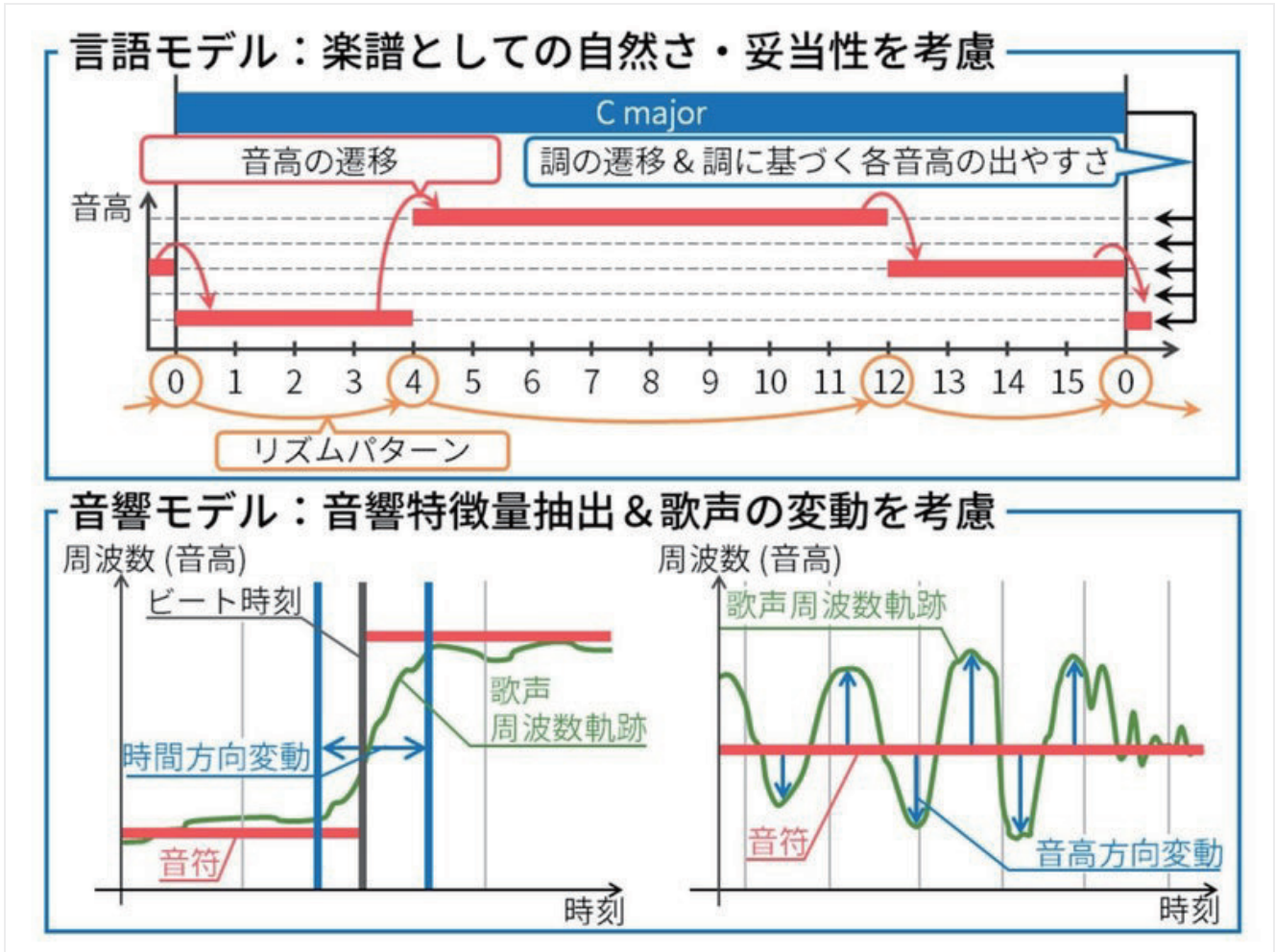
音楽情報処理分野において最も基本的で長年取り組まれている問題として音楽音響信号から楽譜を推定する自動採譜があります。楽譜はポピュラー音楽を含む多くの音楽を記述する方法として最も一般的な形式ですが、音楽に堪能な人でも音楽を聴いて楽譜に書きおこす作業には時間がかかります。自動採譜が実現すれば、演奏したい楽曲の楽譜が即時入手できるだけでなく、音楽のアーカイブ保存・配布・研究用データの収集などさまざまな場面での実応用が考えられます。また、人間の音認知メカニズムを構成論的に解明するという学術的側面からも自動採譜は重要です。音楽は複数種類の音がさまざまな音高・音量・音色・継続長で重なりあっている複雑な音響信号です。計算機にとってはただの波にすぎませんが、人間は音楽に含まれる個別の音を聞き分けることができます。この聞き分ける処理を計算機でどのように再現するかは大変興味深い課題です。

本研究ではポピュラー音楽中の歌声から主旋律（メロディ）の楽譜を推定することに取り組んでいます。本研究がポピュラー音楽中の歌声を対象とした理由は、ポピュラー音楽が最も身近な音楽ジャンルの1つであり、歌声は楽曲の印象に密接に関連する主旋律を担うことが多く中心的な役割を果たすからです。また、歌声は最も原始的な音楽表現の1つであり、その認知機構を解明できれば、他のさまざまな

楽器音の採譜技術の礎になると考えられます。実際に歌声分離や歌声音高（周波数）軌跡推定など、歌声を対象とした研究は音楽情報処理分野において多く行われています。また、採譜された楽譜は、ハミング検索、歌声合成、音楽文法解析、能動的音楽鑑賞などでさまざまな場面で応用できます。

歌声採譜をするためには、連続的な信号である歌声の周波数軌跡を音高・時間方向に量子化して、半音単位の音高やビート単位の音価（長さ）を持つ音符の系列を推定する必要があります。この歌声周波数軌跡には歌唱表現（ビブラートやポルタメント）や喉の物理的な制約に起因する多くの変動が含まれていますが、この変動が原因となり何の制約もなく歌声音高軌跡を量子化するだけでは多くの音符推定誤りが発生してしまいます。

本研究では、言語モデルと音響モデルの統合という観点から歌声採譜の高精度化を行いました。言語モデルでは、曲中で使われやすい半音の種類やリズムパターンを考慮しながら楽譜としての妥当性を表現することで、不自然な音符系列が推定されることを抑制します。音響モデルでは、採譜に必要な音響特徴量の抽出や、歌声の変動を考慮した頑健な採譜を実現します。本研究では、言語モデルと音響モデルの設計方法や統合方法を変化させて、3つのアプローチ（生成的・識別的・混成）を提案し、言語モデル・音響モデルの有効性の検証や各アプローチの精度の評価を行っています。



(2021年5月28日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（情報学）

大学：京都大学

推薦文：（音楽情報科学研究会）

音楽音響信号に対する歌声の楽譜推定という国際的にも研究例が少ない課題に取り組み、確率的な枠組みのもとで生成的・識別的な言語モデル・音響モデルを統合するという一貫したアプローチを提案している点で、きわめて高く評価できる。

錦見 亮

研究生活：最初は企業に就職するか博士課程に進学するかを決めきれずに悩んでいましたが、スキルアップできる機会や周囲の環境に恵まれていると感じて博士課程への進学を決めました。博士課程では、3年間という自由な時間を使って次々に登場する新技術や研究活動への取り組み方を学びました。また、国際会議への参加や海外の研究所へインターンを通じて、世界中の人たちと活発に交流・議論できたのも良い経験でした。研究テーマは学部時代に研究室配属時のものを続投しました。必ずしも同じテーマを続けるのが良いとは限りませんが、私の場合は博士課程を含めた計6年間も専念できたことで最終的には良い成果を残せたと感じています。途中、なかなか研究成果が上がらず苦労したこともありましたが、こうして博士号を取

得できましたのも、指導教員をはじめ研究室の皆さんや家族の支えのおかげです。
この場を借りてお礼申し上げます。



楽器演奏における知識の構築と実践的な活用

♡ 1



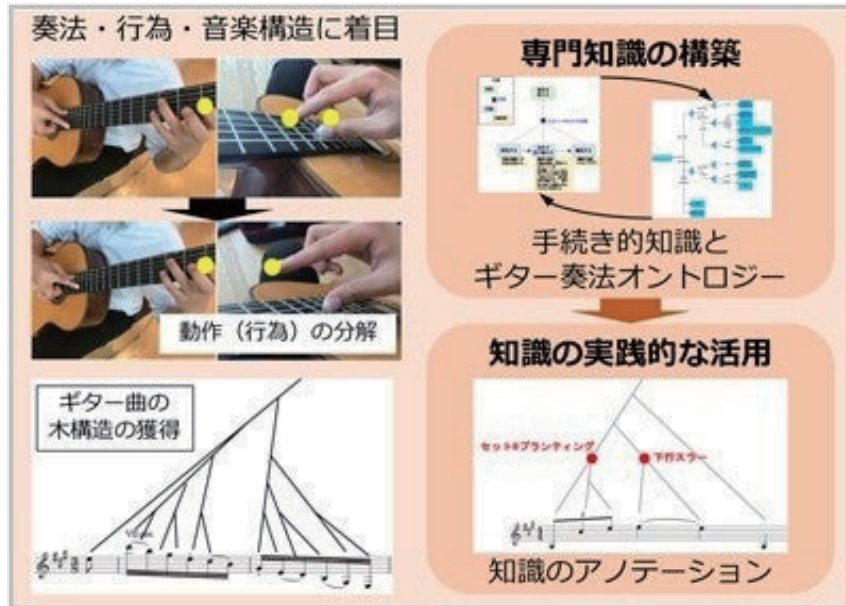
情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 09:00



飯野なみ

(国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系 特任研究員)



----- keyword -----

知識の利用と共有
ドメインオントロジー
演奏行為

【背景】 楽器演奏における指導・学習方法の確立

【問題】 知識の共有と実践的な活用の不足

【貢献】 専門知識の構築と実践的な分析、楽曲および演奏者の新しい分析方法の提

案

本研究では、知識を必要とする指導や学習に関する基盤技術を提供するために、

楽器演奏を対象として知識の構築と活用を行いました。

楽器演奏は個人の経験値や身体性といったさまざまな情報を含むために、個人に合った楽曲選びや指導・学習方法の確立が困難です。楽器によっては奏法が発展しているにもかかわらず、指導者間の情報共有が不足しているために学習者が正しい情報を得られていないことがあります。個人に適応した指導、効率的な学習、分野の変化に応じた深い理解を実現するためには、知識の共有や活用が必要です。

このような背景を共有する知識工学では、知識獲得のためのモデルや枠組みが提案されていますが、詳細な実施方法や手順については論じられていません。また、オントロジーなど多くの知識が構築されていますが、実践的に活用するという観点で不足しているという問題があります。

本研究では、知識ベースによる楽器の指導・学習支援を目指して、次の2つの研究項目を行いました。

- (1) 楽器演奏における知識の構築と手順化
- (2) 実践的な知識の収集と分析

(1) では、奏法の種類が多いクラシックギターに着目し、各奏法の動き（行為）を形式的に記述することを試みました。具体的には、人間可読性の高い「手続き的知識」と、機械処理可能な形式を持つ「ドメインオントロジー」を併用しながら

ら相互に構築を繰り返すプロセスを実施し、知識の変化やアンケートを通じて有用性や効果を検証しました。その結果、ドメインオントロジーとして『ギター奏法オントロジー』を構築し、行為の形式的かつ構造的な記述を実現しました。手続き的知識の再構築ではオントロジーを併用することで形式性が高まり、知識の理解が深まることを確認しました。さらにこのプロセスを支援するシステムを設計・開発し、手続き的知識の再構築を行なったところ、行為関係の明示化、語彙の統制において効果を示しました。

(2) では、演奏者や楽曲ごとに異なる“実践的な”知識を収集するために、認知的音楽理論GTTMに基づく楽曲分析で得られた木構造に対して上記(1)の知識をアノテーションする方法を提案し、音楽構造と知識の関係を調査しました。複数のギター曲に奏法をアノテーションした結果、約80%が音楽構造に対応していることを確認しました。さらに、楽譜に書かれている知識や上級の演奏者が持っている知識の特徴を明らかにするために、国際ギターコンクールで頻繁に演奏される難易度の高い曲の奏法を調査しました。その結果、時代ごとに奏法が増加していること、実際の演奏では楽譜情報の約2倍もの奏法を行っていること、演奏者が感じる難しさが奏法の種類の多さや密度と対応していることを明らかにしました。

これらの成果は、楽器演奏領域だけにとどまらず、身体動作を伴う活動全般に対しても適用できると考えています。本研究をきっかけに、技能のような機能的な領域の指導・学習において、知識を獲得、構築、活用していくための基盤技術の研究

に興味を持っていただければ幸いです。



■個人ページ

<https://nami-iino-guitar.wixsite.com/mypage>

■Github (ギター奏法オントロジー)

<https://github.com/guitar-san/Guitar-Rendition-Ontology>

(2021年6月1日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2020年9月

学位種別：博士（情報学）

大学：総合研究大学院大学

推薦文：（音楽情報科学研究会）

演奏の指導は教授者のスキルに依存していて、クオリティの確保が難しいという問題があった。本研究では、標準化されクオリティが確保された指導を円滑に進めることを支援するシステムの構築を目指しており、その挑戦的な試みの第一歩として、楽器演奏における演奏知識、指導知識のモデル化を行った。




飯野なみ（正会員）

研究生活：私は3歳からクラシックギターを始め、コンクールやコンサート、指導の経験を通して楽器演奏の素晴らしさや難しさを感じてきました。音楽と情報という融合型研究に取り組むきっかけとなったのは、研究者である父の存在です。学部時代に音楽を数学・情報で見ることの面白さを教えてくれ、博士前期過程では音楽情報処理の分野で研究を行いました。その過程の中でさまざまな分野の研究者と出会い、博士後期課程では音楽を知識工学から見る価値を知ることができました。新しい領域を開拓していく研究は、独自性や受容などの面で困難なことが多いですが、音楽を軸にすることで幅広く展開していけることも学びました。指導教員である武田英明先生をはじめ、これまでご指導いただいた研究者の方々や音楽仲間、そして家族に心より感謝申し上げます。



Visualizing and Understanding Computer Go

♡ 1

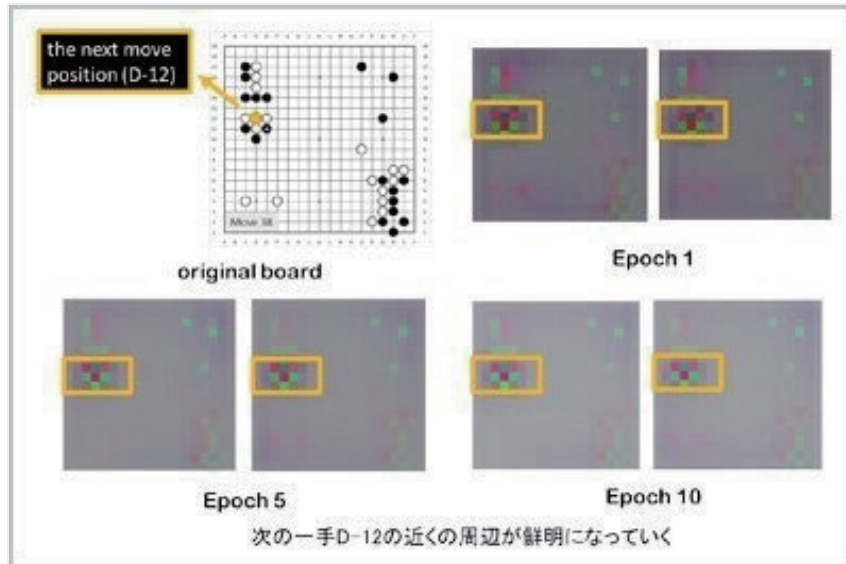
 情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年8月15日 09:18



邦訳：コンピュータ囲碁を用いた思考の可視化に関する研究

龐 遠豊

((株) 日立製作所 研究開発グループ)



----- keyword -----

コンピュータ囲碁

深層学習

可視化

【背景】 コンピュータ囲碁は人間を超えるという目標が達成してきた

【問題】 コンピュータ囲碁と人間棋士の思考過程には大きな違いがある

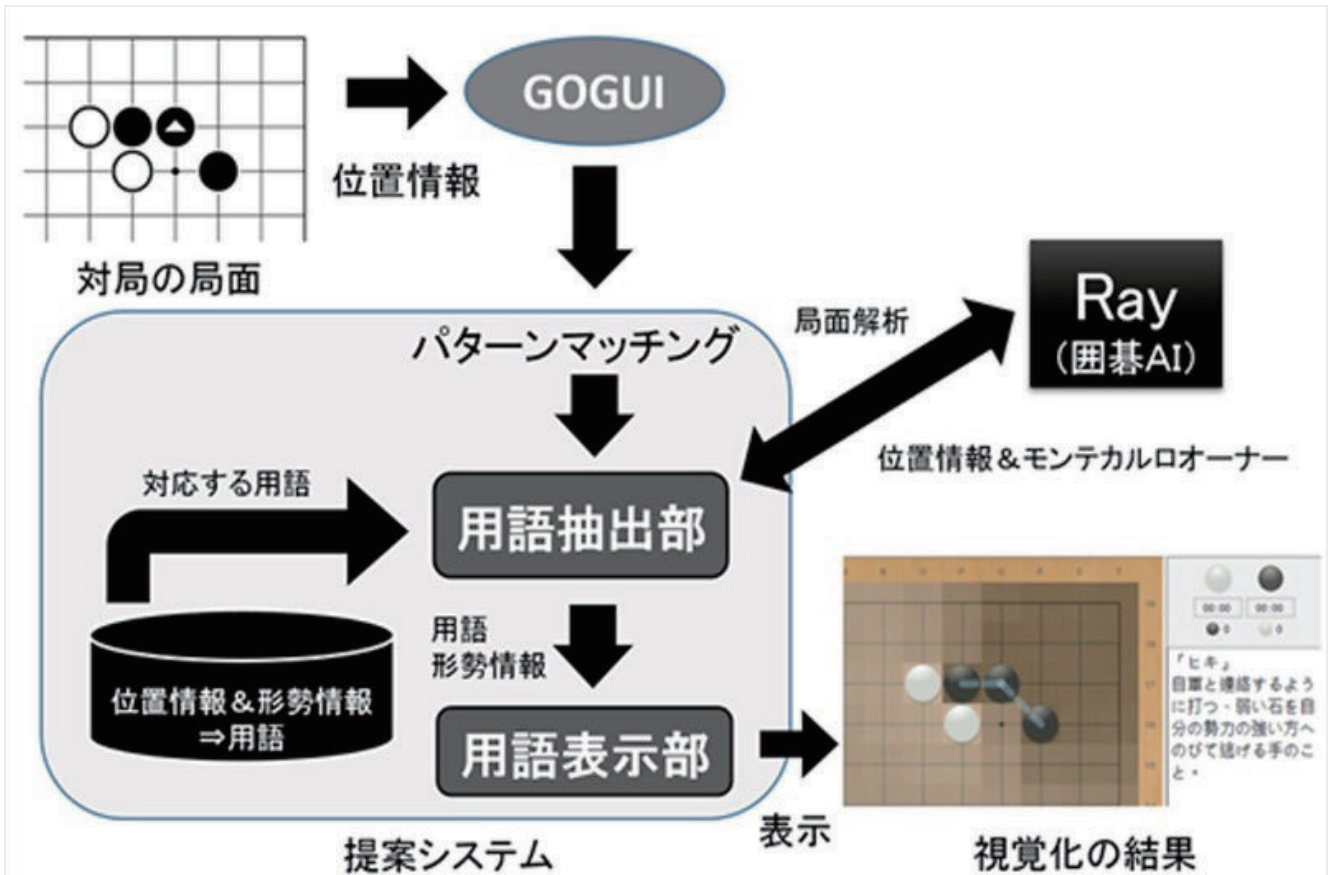
【貢献】 可視化実験によって、コンピュータ囲碁の学習プロセスを考察した

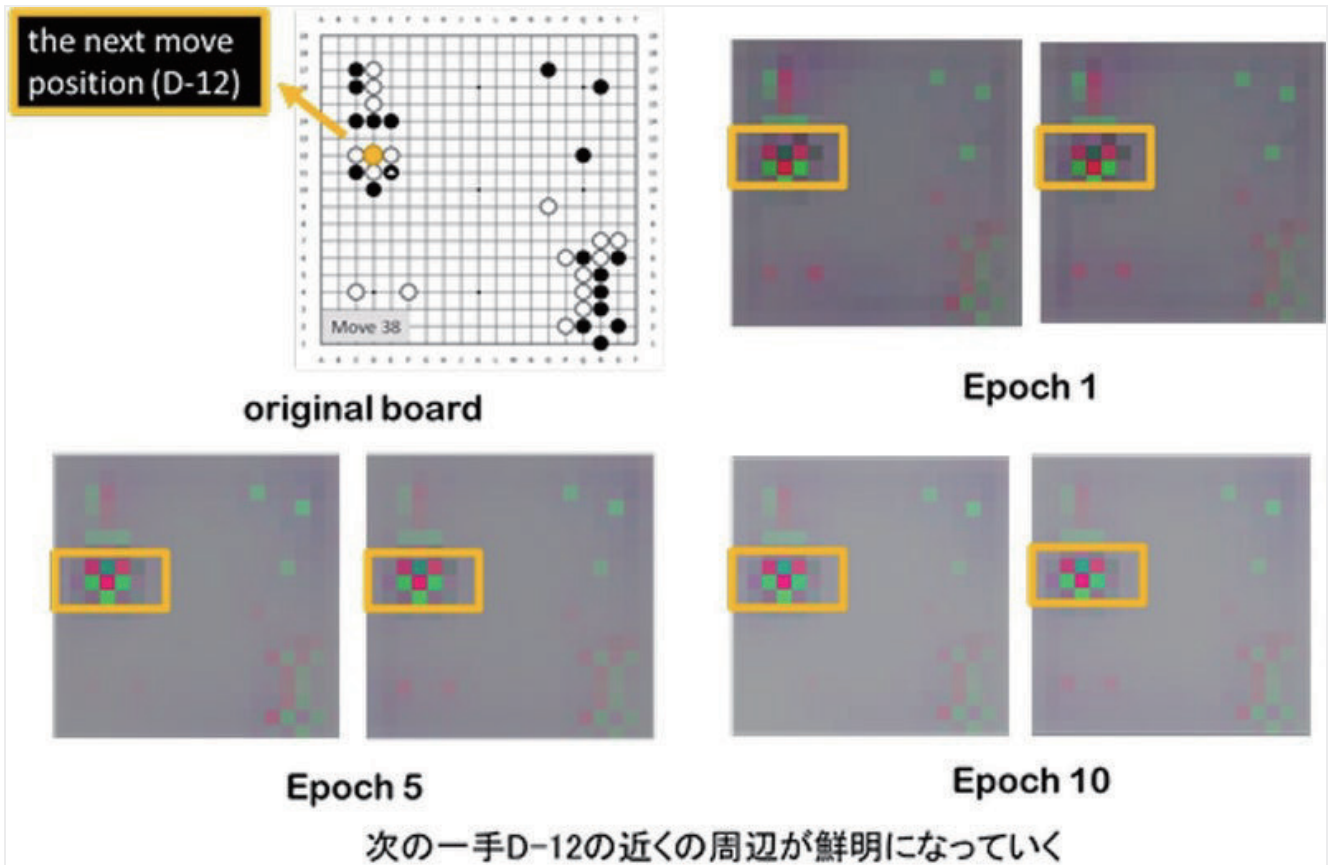
ゲームプログラムと人間の思考過程には大きな違いがあり、ゲームプログラムの考えていることを人間が簡単には理解できないという問題が指摘されている。そこで、本研究では、コンピュータ囲碁を題材にして、2つの異なる可視化研究を行った。

1つ目は、人間の理解を助けることに着目した可視化研究である。本研究は、着手に対応して囲碁用語を表示するシステムを提案した。囲碁用語の判定には、石の単なる「位置関係」だけでなく、局面判断を必要とするものがある。本研究では、囲碁用語の分類からルールベース条件を構築し、比較的強い囲碁プログラムによる局面解析を行うことで、プロ棋士の判断に近い囲碁用語を抽出するシステムを提案した。また、囲碁プログラム「Ray」の形勢分析情報を活かし、形勢や地を可視化した。既存手法に比べて、多くの用語で本システムのほうが一致率の上昇が確認された。特に局面解析を用いた用語では、多くの用語で改善が見られた。また、本研究の実用化について、2019年に、囲碁用語の抽出部分で本研究を利用して「入神の囲碁」という製品が発売されている。

2つ目は、人工知能の思考を理解するための可視化研究である。本研究は、画像認識と自然言語処理分野において深層学習を解釈するための可視化手法を転用して、コンピュータ囲碁におけるポリシーネットワークと呼ばれる深層学習モデルの可視化実験を行った。そして、その可視化結果を分析することによって、ポリシーネットワークの学習プロセスを考察し、3つ特性を指摘した。1) 囲碁のポリシーネ

ットワークは碁盤全体の幅広い情報を対象とするだけでなく、碁盤上の特定の石のパターンにも非常に敏感であること。2) 学習プロセスが進むにつれて、可視化結果に次の一手周辺は鮮明になっていく。3) 囲碁のポリシーネットワークは碁盤の隅と端を重視している。これらの結果は、囲碁のポリシーネットワークに関する重要な性質を可視化しており、難解なコンピュータ囲碁の深層学習の一端を説明する可能性を示したものと言える。最後に、可視化結果の応用例としてポリシーネットワークを改良し、評価実験を行った。改良前と改良後の可視化結果とモデル精度を比較することで、モデルの可視化結果はポリシーネットワークの設計と訓練によって有用であることを示した。





(2021年5月5日)

取得年月日：2021年3月

学位種別：博士（工学）

大学：電気通信大学

推薦文：（ゲーム情報学研究会）

本論文は、コンピュータ囲碁を用いた2つの可視化研究を行っている。1つ目は、専門的な囲碁用語を自動判別し、打ち手に対してリアルタイムで可視化する技術であり、市販の囲碁AIにも応用された。2つ目は、深層学習における学習内容を5つの手法で可視化し、囲碁AIの理解や改良に役立つ技術を提案している。



龐 遠豊

研究生活：博士課程での最大の問題は孤独感ではないかと思います。新たな研究の道を歩み始め、その独特の不安感を理解してくれる人が少ないため、博士課程が病みやすい環境になっています。私の見解では、できるだけ幅広い年齢層、それぞれ研究分野の方と交流し、定期的に自らの学問研究の位置と意味について考えること

が大事と思います。

最後に、これまでの指導教官の伊藤毅志先生をはじめ、研究相談に付き合っていた浅田麻菜さん、仲道隆史さんおよび杵渕哲彦さんに、心より感謝します。



ターン制戦略ゲームへの深層学習の適用

♡ 4



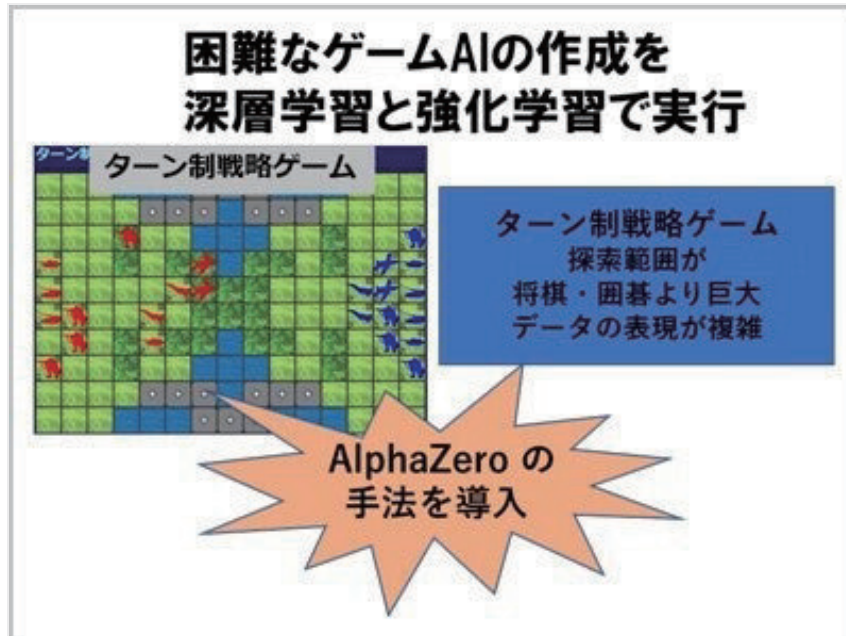
情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年8月15日 09:19



木村富宏

(フリーエンジニア)



----- keyword -----

ゲームAI

ターン制戦略ゲーム

深層学習

アルファゼロ

MCTS

【背景】 ゲームAIへの深層学習の適用の拡大

【問題】 実装が困難なターン制戦略ゲームに最新アルゴリズムを適用する

【貢献】 扱う問題の分析と課題を明確化し実際に動作・検証

ゲームAIの研究は人工知能研究の題材として長年続けられてきたものであるが、近年に至ってからハードウェアとソフトウェアの進化やアルゴリズム研究の進歩とあいまって人間のレベルを超えるプレーができるゲームAIが、将棋や囲碁で開発されるまでになってきた。また、AlphaGoの登場で話題となった深層学習技術を使用した深層強化学習の研究がブームとなり世界的に活発に研究が行われるようになった。そうした中で多くのゲームAIの強さが人間のプレーヤーを超えたというニュースが流れるようになった。しかしながら、まだ多くの他のゲームにおいては人間と同等レベルのプレーができるAIが開発されていない。

この研究で取り上げたターン制戦略ゲームは、人間と同等レベルのプレーをすることのできるAI開発が現状では困難な分野である。困難である要因として挙げられるのは、ゲームシステムが複雑で解析が容易ではなく、旧来の手法をそのまま適用することが難しい場合が多いということが言えるだろう。本研究では、ゲームのシステムの困難さについて実際に解析を進め、そして、近年新しくゲームAIで注目されている深層強化学習の技術を適用し、データを取得しながら動作できるゲームAIを作成し評価を行った。

ターン制戦略ゲームの難しさの要因として言えることは、ゲームに登場する駒や地形の複雑さ、ルールの複雑さ、1ターンで複数の駒が動作するような設定、初期設定であるマップが固定されておらず多種多様なものがある、扱うデータ構造が複雑で多層的になっているなどといったことが挙げられる。本研究ではこのような要

因がありながらも、個々の要素について解決を図りながら動作するAIを試作し、評価した。

研究の最初の段階では、マップの少なさを補うためとAIの性能評価に使用できるようにするためにベンチマークマップ問題を多数作成し、性能を評価して発表した。このベンチマーク問題集は一般の人たちも活用できるように公開している。

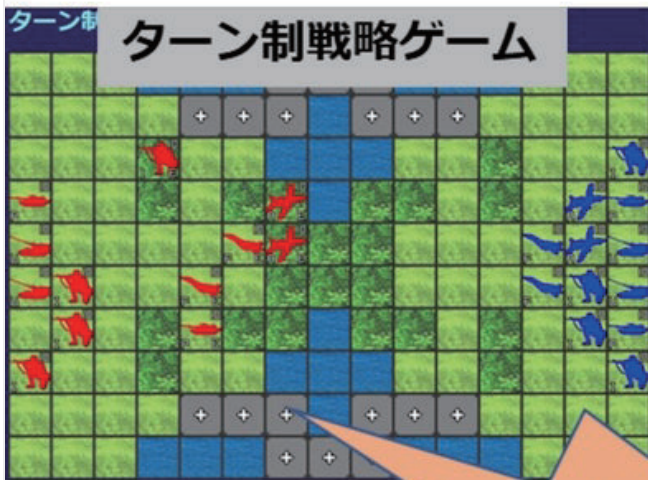
次に複雑で階層的なデータ構造をリカレントネットワークを使用して時分割で出力することで、単純化し深層強化学習の手法としてDQNとProfit Sharing法を採用し、性能を評価した。

次に、AlphaZeroの手法を導入する前に大量の対戦データに基づいた教師付き学習によるPolicy networkの作成に取り組んだ。対戦データはMCTSアルゴリズムによる実際に対戦を行わせることで作成した。作成したPolicy networkの性能は作成に使用したMCTSアルゴリズムとほぼ互角に対戦できるか場合によっては勝ち越すレベルの性能に達した。

最終的にはAlphaZeroアルゴリズムを導入し、かつターン制戦略ゲームに深層強化学習を導入するために必要な変更も含めて全体を設計した。Policy networkに加え新たに必要となるValue networkを設計し、ニューラルネットワークのアーキテクチャとしてはAlphaZeroで採用されたResidualブロックを使用して効率化を図っ

た。結果的な性能は対戦実験で勝率80%以上を達成した。

困難なゲームAIの作成を 深層学習と強化学習で実行



ターン制戦略ゲーム
探索範囲が
将棋・囲碁より巨大
データの表現が複雑

AlphaZero の
手法を導入

(2021年5月26日受付)

(2021年8月15日note公開)

取得年月日：2020年 12月

学位種別：博士（情報科学）

大学：北陸先端科学技術大学院大学

推薦文：（ゲーム情報学研究会）

ターン制戦略ゲームは多数の駒を任意の順で動かせるため行動空間が非常に大きく、AlphaZero等の手法を直接用いても高い性能が得られない。本研究は駒の選択をニューラルネットへの出力ではなく入力として扱うという新発想により、出力の次元を大幅に削減し、高い性能を持つプレイヤーの作成に成功したので推薦する。

木村富宏

研究生活：近年のゲームAIの進化は目覚ましく、将棋や囲碁のAIでは人間のプロ棋士を超える強さのソフトも開発されるレベルになりました。特にAlphaGoの登場に刺激を受けて深層強化学習の研究は世界的にブームとなりました。その後多くのゲームの分野でAIによるゲームプレイのレベルが人間を超えたことが話題になるようになりました。

このような中で人工知能研究の題材としてのゲームAIは、もうふさわしくないのではないかと思われることもあるかもしれません。しかし、まだまだゲームAIの研究で強くしていくのが困難なゲームは多数あります。たとえば、戦略シミュレーションゲームは大変人気のあるゲーム分野ですが、しかしながら、人間と同等の複雑な動きのできるAIを開発することは簡単ではありません。これはゲームの持つシステムが複雑であることとか扱うマップが多数であること、一度に多数の駒を同時に動作させることができる設定などといった事情によっています。

このような分野で研究を進めていくことが人工知能の研究をさらに促進させていくと考えています。



今月の会員の広場では、8月号へのご意見・ご感想を紹介いたします。

巻頭コラム「アルゴリズムの頂を創る」

■競技プログラミングの知名度・参加者が、TOEICくらいまで上がることを期待。(金子雄介)

■競技に出るか出ないかは学生本人が考えることとして、アルゴリズムを教える過程で競技プログラミングの問題を活用することもありだと思っています。(匿名希望)

■競技プログラミングについて、より詳細に知りたかった。(鈴木広人)

特別解説「接触確認アプリ COCOA からの教訓」

■実際のトラブルの様子が生々しく分かりました。日本の公共システムのDX化が1つずつ進むことを期待しています。(堀田多加志)

■システムを開発する上で注意しなければならないことを確認させられる「教訓」と呼ぶに相応しい内容だった。(印部太智)

■短納期や仕様上の制約など、ご苦労が垣間見れました。(河瀬基公子)

■ネットではいろいろと言われていますが、内部の事情まで含めて経緯をまとめて読めてよかったです。(山本一公)

■具体的で大変貴重なレポートだと思います。課題は大変に重く難しいものばかりですが、これを教訓とし確実に改善されることを期待します。(滝口 亨)

■COCOAの対応を、台湾の市民開発による対応と比較してもらいたい。(成田和弘)

教育コーナー「ぺた語義」

「中高生情報学研究コンテストと大学入学共通テスト」

■情報学研究コンテストについては存じ上げなかったのですが、詳細を知るとともにレベルの高さに驚かされました。(南川智都)

「中高生情報学研究コンテストの意義と第3回の審査の様子」

■現在の中高生の学習レベルを知ることができた。(小西敏雄)

■探究型の教育は教員側の力量も問われると思うので、そのあたりの差(地方と都会など)についても言及してほしいかった。(匿名希望)

「第3回中高生情報学研究コンテストの作品紹介」

■中高生の研究のレベルの高さに目を見張りました。ぜひたくさんの中高生に刺激を受けてほしいと思います。(岡本克也)

■教育目線(この理論を具現化してこのような結果が得られたから役に立つ)と企業目線(この社会課題をこの理論を具現化して対決する)のまとめ方の違いを感じました。改善点ではないですが。(伊藤治夫)

特集「最新のデジタル・フォレンジック事情」

「0. 編集にあたって」

■最新の動向が分かった。(Sobue Shinichi)

■最初にDFの明確な定義あるいは説明が欲しい。状況証拠しか示されていない。(中島秀之)

「1. デジタル・フォレンジックの概論と新しい問題」

■デジタル・フォレンジックの新しい問題について知ることができた。日本は制度的に遅れているところも多く、実情を知れば知るほど心配になってきました。(後藤正宏)

■困難さも規模も増していく情報にまつわる司法上の問題にどう対応していくか考えさせられました。一度痛い目にあった企業以外は社内で真っ先に対応する人すら決まっていないのではないかと思います。(岡本克也)

■法医学との比較で解説されているが、DFの専門家の信頼性や権威、またはその育成はどうなっているのでしょうか。(片山敏之)

「2. 最新のデジタル・フォレンジックにおける技術的課題」

■1990年頃に始まるDFにおける技術的課題の変遷が、情報技術と不正手法の進化に表裏であることがよく分かった。(片山敏之)

■デジタル・フォレンジックという語句は自分自身の担当授業で取り扱ったので既知だったが、SSDはHDDと比べデータ復元が困難という知識をこの記事で改めて知ることができた。(大塚敬義)

「3. サイバー犯罪とデジタル・フォレンジックの課題」

■デジタル・フォレンジックの概略を知ることができた。(匿名希望/ジュニア会員)

■「デジタル・フォレンジック」を理解する上で一番分

かりやすく思いました。記事中の「証拠保全」の項目ではサイバー犯罪に対して具体的にどういったことがなされているのを知ることができました。(松浦満夫)

「4. デジタル・フォレンジックとこれからの法律研究」

■法律も必要な分野なのであるといい。(匿名希望)

「5. デジタル・フォレンジックの普及状況について」

■悪意のあるデータ改ざんに対して、HDDの大容量化による分析の困難さ、SSDにおける削除ファイルの復元の困難さが理解でき、改ざんに対するマークを付ける技術開発が進むことを期待します。(匿名希望)

「6. 盗まれた個人情報の市場価値」

■漏洩した情報の市場価値の現状が分かり、興味深かった。想像していたより安価に取引されていることに驚いた。(匿名希望)

■犯罪者コミュニティの話は滅多に読めないのが貴重でした。「なりすまし」で利益を得られる情報が高値で売買されているというのは納得です。(岡本克也)

■いちごっこになると思われるが、企業レベル、個人レベルで具体的にどのような防御策があるのかを知りたいと思った。(匿名希望)

デジタルプラクティスコーナー

「1. [招待論文] 大学における情報環境整備の重要性と課題」

■所属組織と対比していろいろと考えることができました。(山本一公)

「2. [招待論文] マルチコンテナオーケストレーションを用いた大規模コンテナ環境の設計と運用」

■ヤフー内で実際に使われているKaaSの運用を通して、さまざまな知見が共有されている。(柴田 晃)

「[NEC ユーザ会] 顔認識によるデジタルマーケティングの実用化」

■顔認識データを活用してさまざまな分析に取り組んでいることが書かれているが、社会の課題解決に役立つ利用につながっていくことを期待します。(匿名希望)

連載「情報の授業をしよう! : SDGsをテーマとした総合的な学習の時間におけるICT活用」

■学習テーマが「総合的な学習の時間」を他教科(国語、算数、理科、家庭)と有機的に結び付けながら学んでいくやり方にとてもマッチしていると思います。1人1台のタブレット端末を使うことが、子供たち一人ひとりの学びを深め可能性を引き出すツールになるといいと思

ました。(松浦満夫)

■具体的な実践概要の紹介と成果と課題が述べられ、参考になった。(小西敏雄)

■生徒のICT活用における、成長を可視化してほしい。(鈴木広人)

連載「5分で分かる!? 有名論文ナメ読み: Tom B. Brown et al. : Language Models are Few-Shot Learners」

■馴染みのなかった転移学習について概要を知ることができました。(南川智都)

■RoBERTa, ALBERT, GPT-3など各種の言語モデルについて幅広く言及があり、明瞭な説明を伴う良き記事であると感じた。(大塚敬義)

連載「ビブリオ・トーク: LSI/FPGAの回路アーキテクチャ設計法」

■「形式知化が困難な」というくだりが著者の意向を紐解いた評論者の理解の深さを感じた。(伊藤治夫)

■FPGAの回路アーキテクチャの設計に関する本は読んだことがなかったので、興味を持ちました。購入して読んでみたいと思います。(匿名希望)

報告

「2020年度論文賞の受賞論文紹介」

■論文賞の受賞論文ということで、受賞者自身による紹介記事は7編いずれも新規性が感じられ大変面白く読み通した。課題の設定、着想や解決に至る苦労などに接することができた。(片山敏之)

「2020年度業績賞紹介」

■賞の選考プロセスが示され、また受賞の評価点が紹介され分かりやすい。(松岡弘芝)

「2020年度情報処理技術研究開発賞紹介」

■選定の考え方。(松岡弘芝)

連載「先生、質問です! 特別編」

■「長尾真先生からの『100年後の情報科学について』のメッセージ」を読んでとても心動かされる思いがします。未来社会への明確な羅針盤を持って研究活動を進めることの大切さを感じます。(松浦満夫)

追悼「名誉会員 長尾 真先生を偲ぶ」

■長尾先生の一生をより知ることができました。(匿名希望)

寄稿「青山幹雄教授の早逝を悼む」

■深澤先生視点からの青山先生についての内容でしたが、非常に良かったです。（匿名希望）

解説「インフォメーションとインテリジェンス」

■日頃から日本語の「情報」ということには多くの意味があることにじっくりきていなかったのが参考となった。小野先生の書籍を読んでみようという気になった。（匿名希望）

会誌の内容や今後取り上げてほしいテーマに関して、以下のようなご意見やご要望をお寄せいただきました。今後の参考にいたします。

■ノーベル賞受賞者の「江崎玲於奈」先生へのインタビュー記事を拝読したく存じます。（大塚敬義）

■VRやメタバースに関する記事を読めたら嬉しいです。（匿名希望／ジュニア会員）

■今号はグロッサリと称した用語解説があったが、これは他のコーナーにもあると嬉しい。（秋山裕好）

「先生、質問です！」には以下の質問をいただきました。

■パスワードはどのように設定したらよいですか？パスワードなしで個人情報のセキュリティを確保する方法はありますか？（数字4桁やアルファベット4文字では解読時間1秒未満等の記事を読んで）（匿名希望）

「情報処理」Vol.62 No.8「デジタルプラクティスコーナー」に掲載されている記事については、以下のようなご意見やご感想をいただきました。

■実際に運用されているシステムについて書かれているため、課題が分かりやすく読みやすい（柴田 晃）

■大学における情報環境整備に関する例があったが、一般社会人向けの環境への取り組み事例などもあるとよかった。自分を含めて最近一般社会人は学習をしなくなっているとよく聞くので、その対策を考えるきっかけになるかもしれないと思う。（秋山裕好）

【本欄担当 工藤瑠璃子、山本祐輔／会員サービス分野】

これらのコメントはWeb版会員の広場「読者からの声」<URL : <https://www.ipsj.or.jp/magazine/dokusha.html>>にも掲載しています。Web版では、紙面の制限などのため掲載できなかったコメントも掲載していますので、ぜひ、こちらをご参照ください。会誌や掲載記事に関するご意見・ご感想は学会Webページでも受け付けております。今後もより良い会誌を作るため、ぜひ皆様のお声をお寄せください。

「情報処理」アンケート回答フォーム▶
<https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>



人材募集 (有料会告)

申込方法: 任意の用紙に件名, 申込者氏名, 勤務先, 職名, 住所, 電話番号および請求書に記載する「宛名」, Web掲載の有無などを記載し, 掲載希望原稿 ([募集職種, 募集人員, (所属), 専門分野, (担当科目), 応募資格, 着任時期, 提出書類, 応募締切, 送付先, 照会先]) を添えて下記の申込先へ, E-mail, Fax または郵送にてお申し込みください。

*都合により編集させていただく場合がありますので, ご了承ください。

申込期限: 毎月15日を締切日とし翌月号(15日発行)に掲載します。

掲載料金: 国公立教育機関, 国公立研究機関 22,000円(税10%込)

賛助会員(企業) 33,000円(税10%込)

賛助会員以外の企業 55,000円(税10%込)

*本会誌へ掲載依頼いただいた場合に限り, 追加料金4,400円(税10%込)で同一内容を本会Webページに掲載できます。

申込先: 情報処理学会 会誌編集部門(有料会告係) E-mail: editj@ipsj.or.jp Fax(03)3518-8375

*原稿受付の際には必ず原稿受領のお知らせを差し上げています。もし3日以内(土日祝日除く)に返信がない場合は念のため確認のご連絡をください。

*特に指定がないかぎり履歴書には写真を貼付のこと

■九州工業大学大学院情報工学研究院

募集人員 (女性限定公募) 教授または准教授 1名

専門分野 情報工学分野, 応募者の専門分野を考慮して情報工学研究院の知能情報工学研究系, 情報・通信工学研究系, 知的システム工学研究系, 物理情報工学研究系, 生命化学情報工学研究系のいずれかに所属

担当教育研究 情報工学分野において, 新たな知識や技術の創出に関連して先端的研究, もしくは, 当該分野を利活用して各種の産業分野の発展やDX化につなげることができる研究を行う。情報工学分野, 特に, 数理・AI・データサイエンス分野の学部教育および情報工学府における大学院教育を行う

応募条件 (1) 女性に限る, (2) 着任時に博士の学位を有する, (3) 外国人の場合には, 学内の諸業務の遂行が可能な日本語能力を有する

着任時期 2022年4月1日

応募締切 2021年11月1日(17時必着)

その他 【任期】教授の場合は任期なし。准教授の場合はテニュアトラック制度を適用

応募資格, 提出書類, 送付先, 照会先を含む詳細は下記をご覧ください

[https://www.kyutech.ac.jp/archives/001/202108/2021101_jyohokougaku\(2\).pdf](https://www.kyutech.ac.jp/archives/001/202108/2021101_jyohokougaku(2).pdf)

■九州工業大学大学院情報工学研究院

募集人員 准教授または助教 2名(テニュアトラック)

専門分野 下記のいずれかの分野

(ア) 知的システム工学, (イ) 物理情報工学, (ウ) 生命化学情報工学, (エ) その他の学際分野

担当教育研究 情報工学の先端知識や技術, 特に, 数理・AI・データサイエンスを利活用し, 他の専門分野と融合した先端的研究を行うこと。九州工業大学における情報工学分野, 特に, 数理・AI・データサイエンスにかかわる教育を担当するとともに, 情報工学部・情報工学府の教育および研究指導を担当すること

着任時期 2022年4月1日以降のできるだけ早い時期

応募締切 2021年11月15日

その他 【任期】採用後5年間のテニュアトラック制

応募資格, 提出書類, 送付先, 照会先を含む詳細は下記をご覧ください

https://www.kyutech.ac.jp/archives/001/202108/2021115_jyohokougaku.pdf



情報処理学会 第84回全国大会 ～ハイブリッド開催～ 一般セッション・学生セッション 講演募集案内

【会期】2022年3月3日(木)～5日(土)

【会場】愛媛大学 城北キャンパス(ハイブリッド開催)

【Webサイト】<https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/84/>

情報処理学会では、第84回全国大会の一般セッション・学生セッションの講演申込受付を以下のとおり行います。

毎回1,200件を超える発表申込をいただき活発な議論、意見交換、交流が行われております。皆様の研究成果発表の場として、是非とも奮ってお申込ください。なお、新型コロナウイルス感染症の感染拡大状況によってはオンライン開催に変更になる場合もございます。

【募集分野】

以下の分野で募集を行う予定です。

詳しくは第84回全国大会Webサイトをご覧ください。

1. コンピュータシステム
2. ソフトウェア科学・工学
3. データとウェブ
4. 人工知能と認知科学
5. ネットワーク
6. セキュリティ
7. インタフェース
8. コンピュータと人間社会

【講演募集内容と使用言語】

1. 全国大会にふさわしい内容を備えたものとします。
(情報技術の学術・技術の振興に寄与する研究成果の発表)
2. 発表は日本語または英語とします。

【講演申込資格】

申込種別	資格
一般セッション	不問
学生セッション	高専・大学学部・修士(博士前期課程)在学者

【講演時間(質疑応答含む)、論文頁数】

講演申込種別	講演時間	原稿頁
一般セッション	20分	2頁
学生セッション	15分	2頁

【講演申込・原稿投稿日程】

講演申込・原稿投稿受付開始: 2021年10月5日(火)(予定)
講演申込・修正・取消締切日: 2021年12月3日(金)
原稿投稿・差替え締切日: 2022年1月7日(金)

【講演申込・原稿投稿方法】

講演申込、原稿投稿は、標記の第84回全国大会Webサイトからお願いたします。

【講演申込にあたっての注意事項】

- * 講演申込は講演発表者ご本人様で行ってください。
- * 講演申込締切後の申込情報変更は、一切受けません。
- * 講演の代理(代読)は原則として認めません。
- * 講演キャンセルの連絡は、必ず電子メールにて [\[ipsj@gakkai-web.net\]](mailto:ipsj@gakkai-web.net) までお願い致します。
- * 講演申込登録締切後に講演をキャンセルされましても、講演参加費および論文集代(希望者のみ)はお支払いいただくこととなりますのでご注意ください。
- * 講演申込登録をされた情報のうち書誌情報(標題、講演者および共著者の名前・所属、論文要旨)、および原稿は、情報処理学会電子図書館(情報学広場)に掲載いたしますので予めご承知置き下さい。なお、掲載時期は大会初日から3カ月経過以降の予定です。

【講演方法】

ハイブリッド開催のため、オンラインミーティングツール Zoom を併用しながら現地でご発表セッションを開催致します。インターネット・オーディオ機器に接続できるPCとヘッドセットを各自で必ずご準備願います。

【講演参加費・講演論文集代(税込)】

申込種別	会員種別	費用(税込み)
一般セッション 学生セッション (1件の申込につき)	正会員	11,000円
	学生会員	6,000円
	一般非会員	26,000円
	学生非会員	15,000円
	ジュニア会員	無料
講演論文集(希望者のみ)	全会員種別	8,500円

- * 会員とは、講演者が本会の会員番号をお持ちの個人会員の方です。
- * 電子情報通信、電気、映像情報メディア、照明の会員番号をお持ちの個人会員の方は会員費用で申し込めます。
- * 講演参加費には、講演料、大会参加費、プログラム冊子、全論文のPDFアクセス権が含まれます。
- * 講演者の方には、ご自身の論文が掲載されている講演論文集1部に限り、講演申込同時予約販売をいたします。ご希望の方は、講演申込フォームの講演論文集欄を「希望する」にチェックしてください。
- * 上記の講演参加費は、1件の申込に対しての費用ですので、複数件講演申込する場合には講演参加費×申込件数分の講演参加費が必要となります。
- * 入会申請中の方は、講演申込締切日12月3日(金)までに入会申請を完了してください。会員サービス部門から「入会承認予定のお知らせ」(会員番号を記載)をメールでお送りします。期日までにお支払いいただけない場合は、入会申請中で講演申込をされても非会員の講演費を請求させて頂く場合がございますので、ご了承くださいませようお願いいたします。

【表彰について】

全国大会では、発表された論文の中から優秀な論文、発表に対して以下の賞を贈呈しております。それぞれの賞の受賞対象は、当会の個人会員に限りますので、非会員の方は当会にご入会の上、講演申込みをしていただくことをお勧めいたします。

賞の種類	受賞者
大会優秀賞	全国大会で発表された当会の会員で、特に優秀な論文の登壇発表者10名以内。
大会奨励賞	全国大会で発表された当会の会員で、学部生または学部在学から卒業後10年までの新進の科学者または技術者で、大会優秀賞の対象とならなかった論文の登壇発表者10名以内。
学生奨励賞	全国大会で発表された当会の会員で、学生セッションで発表された中から、優秀な発表をした方各2名以内。大会のローカルアワードとして授与(該当なしの場合もあり)。

【大会最新情報の掲載】

講演申込に関する詳細、大会で開催予定の招待講演・イベント企画セッション等の詳細は、第84回全国大会Webサイトへ逐一掲載してまいりますのでご確認ください。

【問合せ先】

一般社団法人情報処理学会 事業部門
Tel.03-3518-8373 Fax.03-3518-8375
E-mail: ipsjtaikai@ipsj.or.jp

[重要] 過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

2020年12月18日
プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会発行の出版物著作権は平成12年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場 (= 情報処理学会電子図書館) で公開されているにもかかわらず、古い報告集には公開されていないものが少からずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和59年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、このたび学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者（論文を執筆された故人の相続人）を探し出して利用許諾に関する同意をいただくことは困難ですので、一定期間の権利者検索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思っております。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止いたします。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長 (tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp) までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局 (jigyos@ipsj.or.jp) まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>

IPSJ メールニュースへ広告を出しませんか？

広告をIPSJメールニュースで配信しています。本会会員が主な読者なので、ターゲットを絞った広告に最適です。

- 配 信 数：約41,000通（原則毎週月曜日配信）
- 読 者 層：本会会員および非会員
- 形 式：テキストのみ。等幅半角70字×5行。URLを入れてください。
- 掲載位置：ヘッダ（目次の上）
フッタ（本文の最下行）
- 掲 載 料：ヘッダ：1回55,000円（税10%込）※3社限定
フッタ：1回22,000円（税10%込）
※それぞれ行数超過については別途相談
- 申 込 先：[広告代理店]
アドコム・メディア（株）E-mail: sales@adcom-media.co.jp
〒169-0073 東京都新宿区百人町2-21-27 Tel(03)3367-0571 Fax(03)3368-1519
または、情報処理学会 会誌編集部門 E-mail: editj@ipsj.or.jp Tel(03)3518-8371
- 申込締切：毎週水曜日締切、翌週月曜日配信となります。
- 見 本：

— [広告] —

■■■■ ○○セミナー ■■■■

開催日時：1月10日（火）・11日（水）・12日（木）13：00～17：00

会場：○○コンベンションセンター

会費：情報処理学会会員の方には割引があります。

詳細はこちらをご覧ください：<http://www.....com/>

— [広告] —

◎ IPSJ カレンダー◎

学会イベントの最新情報を下記URLでご案内しています。新型コロナウイルス感染症拡大を受け、開催方法の変更、開催中止などの可能性がありますので、最新情報をご確認いただきますようお願いいたします。

<https://www.ipsj.or.jp/calendar.html>





大学・工業高校・専門学校などで
教科書・参考書としてお使いいただけるシリーズです。

新刊

一般情報教育 (一般教育シリーズ)

稲垣知宏・上繁義史・北上 始・佐々木整・高橋尚子・
中鉢直宏・徳野淳子・中西通雄・堀江郁美・水野一徳・
山際 基・山下和之・湯瀬裕昭・和田 勉・渡邊真也 著
A5判/266頁/定価2,420円(税込)

オペレーティングシステム (改訂2版)

野口健一郎・光来健一・品川高廣 共著
A5判/256頁/定価3,080円(税込)

ネットワークセキュリティ

菊池浩明・上原哲太郎 共著
A5判/206頁/定価3,080円(税込)

ソフトウェア工学

平山雅之・鶴林尚靖 共著
A5判/214頁/定価2,860円(税込)

応用Web技術 (改訂2版)

松下 温 監修/市村 哲・宇田隆哉 共著
A5判/192頁/定価2,750円(税込)

基礎Web技術 (改訂2版)

松下 温 監修/市村 哲・宇田隆哉・伊藤雅仁 共著
A5判/196頁/定価2,750円(税込)

画像工学

堀越 力・森本 正志・三浦康之・澤野弘明 共著
A5判/232頁/定価3,080円(税込)

人工知能 (改訂2版)

本位田真一 監修/松本一教・宮原哲浩・
永井保夫・市瀬龍太郎 共著
A5判/244頁/定価3,080円(税込)

音声認識システム (改訂2版)

河原達也 編著
A5判/208頁/定価3,850円(税込)

ヒューマンコンピュータ
インタラクション (改訂2版)

岡田謙一・西田正吾・葛岡英明・仲谷美江・塩澤秀和
共著 A5判/260頁/定価3,080円(税込)

ソフトウェア開発 (改訂2版)

小泉寿男・辻 秀一・吉田幸二・中島 毅 共著
A5判/224頁/定価3,080円(税込)

情報と職業 (改訂2版)

駒谷昇一・辰己丈夫 共著
A5判/232頁/定価2,750円(税込)

情報通信ネットワーク

阪田史郎・井関文一・小高知宏・甲藤二郎・
菊池浩明・塩田茂雄・長 敬三 共著
A5判/288頁/定価3,080円(税込)

数理最適化

久野善人・繁野麻衣子・後藤順哉 共著
A5判/272頁/定価3,630円(税込)

情報とネットワーク社会 (一般教育シリーズ)

駒谷昇一・山川 修・中西通雄・北上 始・佐々木整・
湯瀬裕昭 共著 A5判/196頁/定価2,420円(税込)

情報とコンピュータ (一般教育シリーズ)

河村一樹・和田 勉・山下和之・立田ルミ・岡田 正・
佐々木整・山口和紀 共著
A5判/176頁/定価2,420円(税込)

メディア学概論

山口治男 著
A5判/172頁/定価2,640円(税込)

情報ネットワーク (一般教育シリーズ)

岡田 正・駒谷昇一・西原清一・水野一徳 共著
A5判/168頁/定価2,530円(税込)

離散数学

松原良太・大高彰昇・藤田慎也・小関健太・
中上川友樹・佐久間雅・津垣正男 共著
A5判/256頁/定価3,080円(税込)

HPCプログラミング

寒川 光・藤野清次・長嶋利夫・高橋大介 共著
A5判/256頁/定価3,080円(税込)

ユビキタスコンピューティング

松下 温・佐藤明雄・重野 寛・屋代智之 共著
A5判/232頁/定価3,080円(税込)

Java/UMLによる
アプリケーション開発

森澤好臣 監修/布広永示・高橋英男 共著
A5判/208頁/定価2,860円(税込)

情報理論

白木善尚 編
村松 純・岩田賢一・有村光晴・波谷智治 共著
A5判/256頁/定価3,080円(税込)

Java基本プログラミング

今城哲二 編 布広永示・
マッキンケネスジェームス・大見嘉弘 共著
A5判/248頁/定価2,750円(税込)

システムLSI設計工学

藤田昌宏 編著
A5判/242頁/定価3,080円(税込)

組込みシステム

阪田史郎 著 高田広章 編著
A5判/280頁/定価3,300円(税込)

情報システム基礎 (一般教育シリーズ)

神沼靖子 編著
A5判/228頁/定価2,750円(税込)

Linux演習

前野譲二・落合 昭・生野荘一郎・塩澤秀和・
高島俊徳 共著
A5判/224頁/定価2,750円(税込)

インターネットプロトコル

阪田史郎 編著
A5判/272頁/定価3,080円(税込)

分散処理

谷口秀夫 編著
A5判/240頁/定価3,080円(税込)

情報とコンピューティング
(一般教育シリーズ)

川合 慧 監修/河村一樹 編著
A5判/228頁/定価2,750円(税込)

情報と社会 (一般教育シリーズ)

川合 慧 監修/駒谷昇一 編著
A5判/236頁/定価2,750円(税込)

コンピュータアーキテクチャ (改訂2版)

小柳 滋・内田啓一郎 共著
A5判/256頁/定価3,190円(税込)

コンピュータグラフィックス

魏 大名・先田和弘・Roman Durikovic・向井信彦・
Carl Vilbrandt 共著
A5判/280頁/定価3,300円(税込)

アルゴリズム論

浅野哲夫・和田幸一・増澤利光 共著
A5判/242頁/定価3,080円(税込)

データベース

速水治夫・宮崎収一・山崎晴明 共著
A5判/196頁/定価2,750円(税込)

ソフトウェア工学演習

伊藤 潔・廣田豊彦・富士 隆・熊谷 敏・川端 亮 共著
A5判/228頁/定価3,080円(税込)

データベースの基礎

吉川正俊 著
A5判/288頁/定価3,190円(税込)

コンピュータグラフィックスの基礎

宮崎大輔・床井浩平・結城 修・吉田 典正 著
A5判/292頁/定価3,520円(税込)

価格は変更する場合があります。

注文はオーム社Webサイトまで ▶ https://www.ohmsha.co.jp/tbc/text_series_0202.htm

「情報処理」 カタログ同封サービスの ご案内

？
 カタログ同封
 サービスとは？

毎月会員に配布している学会誌に貴社/貴校のカタログや広告を同封し、直接読者にお届けするサービスです。
 通常のDMと異なり学会誌に同封しますので、**読者の開封率は格段に上がります。**
 また、カタログ送付にかかる**コストを最小に抑えることができ**、なおかつ情報処理を専門とする読者に**ターゲットを絞った効果的な案内を出すことが可能**となります。

お申し込み方法と掲載までの手続き

- 封入希望月の前月15日までに下記事項を記載の上、問合せ先までお申し込みください。
 - ◆会社名、担当者、連絡先（住所、Tel、Fax、E-mail） ◆封入希望号
 - ◆サイズ ◆カタログの簡単な内容説明
 - ◆割引対象にあたる場合はその旨記載ください。
- 封入希望月の遅くとも前月末日までに下記事項について手配をお願いします。
 - ◆カタログ見本を問合せ先までお送りください（PDF、Fax可）。
 - ◆納品業者をお知らせください。
- 納品日は封入希望月の5日（土曜、日曜、祝日の場合は翌営業日）です。日付指定にて必要枚数（20,000枚）を印刷し指定の納品先へお送りください。
 - ※納品先は、お申し込み後にご連絡いたします。
 - ※納品が遅れますと同封ができない場合がございます。その場合はキャンセルとさせていただきます。
- カタログを同封した学会誌を発行日にお送りしますので、ご確認ください。
- 後日請求書をお送りしますので振込手続きをお願いします。

1通あたり
 約19円！

基本価格 385,000円
 (税10%込)

対象：全会員 20,000通 配布
 (正会員/名誉会員/学生会員/賛助会員)

大学や
 賛助会員は
 さらに割引も！

大学/研究所/賛助会員は、下記のとおり割引料金が適用されます。

大学/研究所/賛助会員
 (基本価格の40% Off！) **231,000円**
 (税10%込)

サイズ：A4変形判またはA4判二つ折り（その他についてはご相談ください）
 用紙：色上質厚口（四六判80kg）またはコート紙（四六判90kg）相当

☎ 問合せ先

[広告代理店] アドコム・メディア(株) E-mail: sales@adcom-media.co.jp
 〒169-0073 東京都新宿区百人町2-21-27
 Tel.(03)3367-0571 Fax.(03)3368-1519

一般社団法人情報処理学会 会誌編集部門 E-mail: editj@ipsj.or.jp
 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F
 Tel.(03)3518-8371 Fax.(03)3518-8375

CONTENTS

Preface

- 590 **Changing the World**
Junji KIDO (Yamagata Univ.)

Special Article

- 592 **The Present and Future of Crypto Assets**
Naoyuki IWASHITA (Kyoto Univ.)

Special Features

Tourism Informatics - Smart Tourism Toward Tourism Informatics -

- 598 **Foreword**
Satoshi NAKAMURA (RIKEN AIP / Nara Institute of Science and Technology)
- 600 **Outline**

Digital Practice Corner

DX Practices - Surviving in the Age of the New Normal

- 604 **Foreword**
Masayoshi SAKAI (IPA, Japan), Matsuki YOSHINO (Hitachi, Ltd.) and Tetsuro FUJISE (Mitsubishi Research Institute, Inc.)
- 606 **Outline**

"Peta-gogy" for Future

- 609 **Release of Data Science Curriculum Standards for University-level Education Majoring in Data Science**
Hiroshi KATO (The Open Univ. of Japan)

- 610 **Research Discussions on the "Information Study" Sample Problem of the Common Test for University Admissions - Through the Convention 2021 of Aichi High School Information Education Study Group -**
Masaya TAKADA (Aichi Prefectural Nanyo High School)
- 614 **Behind the Scenes of the Introduction of Online Courses : From the Perspective of One of the Faculty Members Who Supported the University of Tokyo's Shift to Online Courses**
Lui YOSHIDA (The Univ. of Tokyo)

Let's Learn Informatics

- 619 **Classroom Practice for Junior High School Students to Learn the Bidirectional Communication and Measurement / Control in Technology Education**
Masayoshi KUSANO (Junior High School of Hamamatsu, affiliated to the Education Department of Shizuoka Univ.)

-
- 626 **Biblio Talk**
 - 628 **Skimming a Famous Paper in Five Minutes**
 - 632 **Questions for Experts**
 - 634 **Conference Report**

Online Only

Special Features

Tourism Informatics - Smart Tourism Toward Tourism Informatics -

- e1 **Behavior Change and Human Flow Analysis on Tourism**
Satoshi NAKAMURA and Keiichi YASUMOTO (RIKEN AIP / Nara Institute of Science and Technology)
- e6 **Open Data for Tourism Information**
Taku OKUNO (Future Univ. Hakodate)
- e12 **Discovery and Recommendation of Tourism Resources by Using User Generated Content**
Qiang MA (Kyoto Univ.)
- e18 **Gamified Participatory Sensing for a Sightseeing**
Manato FUJIMOTO (RIKEN AIP / Nara Institute of Science and Technology)
- e25 **People Trajectory Analysis**
Hiroki TANAKA and Satoshi NAKAMURA (RIKEN AIP / Nara Institute of Science and Technology)
- e31 **Navigation System for Tourism**
Keiichi YASUMOTO (RIKEN AIP / Nara Institute of Science and Technology)
- e37 **Video Curation for Tourism**

Hirohiko SUWA (RIKEN AIP / Nara Institute of Science and Technology)

- e43 **Tourism and Chatbot**
Koichiro YOSHINO (RIKEN)
- e49 **Tourists' Emotion and Satisfaction Estimation**
Yuki MATSUDA (Nara Institute of Science and Technology / RIKEN AIP / JST PRESTO)

Special Article

- e55 **What Can We Do for the Better Internet? The Recent Law Revision and Defamation**
Taro KOMUKAI (Chuo Univ.)
- e62 **On the Opinion of IPSJ Regarding the Advance Announcement of the Plan for Conducting the University Admission Common Examination**
Masami HAGIYA (The Univ. of Tokyo)

Reports

- e67 **27th-generation Mitou Super Creators**
Ikuo TAKEUCHI (IPA, Senior Project Manager of Mitou Program)

-
- e154 **Topics**

我が国が新たな産業として期待していた観光産業が COVID-19 の影響で大きなダメージを受けた。ワクチンの普及や治療薬の開発などが急ピッチで進んでいる一方で続々と変異株が登場しており、人類と COVID-19 との闘いは一進一退の攻防を繰り返している。実際、本特集について関係者の間で議論が起こった昨年(2020年)10月時点と現在では日本および世界の状況が大きく異なっている。コロナ禍は徐々に収拾に向かうと期待されるものの、ポストコロナ時代には人々の生活様式が大きく様変わりする可能性がある。そのような状況となっても、従来と同様、あるいはそ

れ以上に魅力的な観光サービスを提供することがスマートツーリズムであり、スマートシティであろうと思われる。人々の行動をセンシングし、理解し、分析し、行動変容に結びつける技術はこれらスマート社会の中核技術である。従来のように観光をすることができない昨今、今回の特集によってこれからのツーリズムについて考えるきっかけになり、来たるべき未来の観光に思いを馳せてその実現を心待ちにいただければ幸いである。

(中村 哲/本特集ゲストエディタ, 櫻 惇志/本特集エディタ)

次号 (12月号) 予定目次

編集の都合により変更になる場合がありますのでご了承ください。

※はオンライン版のみの掲載となります

特別解説：教職課程に関する規則の改正案について 中野由章

「特集」植物と情報処理※

器官運動を駆動する植物の情報処理機能(重力屈性、廻旋運動、微小管による細胞変形など) / 種子植物のオスとメスのかけひき(花粉管ガイダンス, 誘引物質, 種間雑種ができない理由, 花粉管運動の原理) / ゲノムに隠された情報が進化を導く—進化における情報処理の役割— / 植物の窒素吸収を制御する長距離情報伝達—葉と根のコミュニケーションによる需要と供給の調節機構— / AI技術による植物発生研究 / 生命システムの解明を加速するネットワーク構造理論 / 植物の生産力を最大化する情報処理技術(植物工場) / 画像認識分野から見た植物の研究 / 座談会: ゴール設定の違いが難しさ 「情報植物学」という新たな分野への挑戦

委員会から: < Info-WorkPlace 委員会企画 > お届け Info

教育コーナー: ペタ語義

連載: 5分で分かる! 有名論文ナメ読み / IT 紀行 / 教科「情報」の入学試験問題って? ※ / 情報の授業をしよう! / 先生, 質問です! / ビブリオ・トーク

コラム: 巻頭コラム

読後のご意見をお送りください

本誌では、現在約 200 名の方々に毎号のモニタをお願いしておりますが、より多くの読者の皆さんからのご意見、ご提案をおうかがいし、誌面の充実に役立てていきたいと考えておりますので、以下 Web ページから奮って事務局までお寄せください。

「情報処理」アンケートページ <https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>

一般社団法人 情報処理学会 会誌編集部 E-mail: editj@ipsj.or.jp

複写される方へ

一般社団法人情報処理学会では複写複製および転載複製に係る著作権を学術著作権協会に委託しています。当該利用をご希望の方は、学術著作権協会 (<https://www.jaac.org/>) が提供している複製利用許諾システムもしくは転載許諾システムを通じて申請ください。

尚、本会会員(賛助会員含む)および著者が転載利用の申請をされる場合については、学術目的の利用に限り、無償で転載利用いただくことが可能です。ただし、利用の際には予め申請いただくようお願い致します。

権利委託先: 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル
E-mail: info@jaacc.jp Tel (03)3475-5618 Fax (03)3475-5619

また、アメリカ合衆国において本書を複写したい場合は、次の団体に連絡してください。
Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
Phone: 1-978-750-8400 Fax: 1-978-646-8600

Notice for Photocopying

Information Processing Society of Japan authorized Japan Academic Association For Copyright Clearance (JACC) to license our reproduction rights and reuse rights of copyrighted works. If you wish to obtain permissions of these rights in the countries or regions outside Japan, please refer to the homepage of JACC (<http://www.jaac.org/en/>) and confirm appropriate organizations.

You may reuse a content for non-commercial use for free, however please contact us directly to obtain the permission for the reuse content in advance.

<All users except those in USA>

Japan Academic Association for Copyright Clearance, Inc. (JAACC)
6-41 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan
E-mail: info@jaacc.jp
Phone: 81-3-3475-5618 Fax: 81-3-3475-5619

<Users in USA>

Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
Phone: 1-978-750-8400 Fax: 1-978-646-8600

..... 広告のお申込み

■広告料金表（価格は税 10%込）

掲載場所	4色	1色
表2	363,000円	—
表3	302,500円	—
表4	423,500円	—
表2対向	330,000円	—
表3対向	291,500円	170,500円
前付1頁	275,000円	148,500円
前付1/2頁	—	88,000円
前付最終	—	162,800円
目次前	—	162,800円
差込 (A4変形判 70.5kg未満 1枚)	302,500円	
差込 (A4変形判 70.5kg～86.5kg 1枚)	385,000円	
同封 (A4変形判 1枚)	385,000円	

■「情報処理」

発行 一般社団法人 情報処理学会
 発行部数 20,000部
 体裁 A4変形判
 発行日 毎当月15日
 申込締切 前月10日
 原稿締切 前月20日
 広告原稿 完全版下データ
 原稿寸法 1頁 天地 250mm × 左右 180mm
 1/2頁 天地 120mm × 左右 180mm
 雑誌寸法 天地 280mm × 左右 210mm

■問合せ・お申込み先

〒169-0073 東京都新宿区百人町2-21-27
 アドコム・メディア（株）(Tel/Fax/E-mailは下に記載)

*原稿制作が必要な場合には別途実費申し受けます。
 *同封のサイズ・割引の詳細についてはお問合せください。

..... 掲載広告の資料請求

掲載広告の詳しい資料をご希望の方は、ご希望の会社名にチェック を入れ、送付希望先をご記入の上、Faxにて（またはE-mailにて必要事項を記入の上）アドコム・メディア（株）宛にご請求ください。

■「情報処理」 62巻11号 掲載広告（五十音順）

- エクセルソフト 表2 コロナ社 前付最終
 オーム社 表2対向 サイエンス社 目次前
- すべての会社を希望

■資料送付先

フリガナ
お名前 _____

勤務先 _____ 所属部署 _____

所在地 (〒 -) _____

TEL () - FAX () -

ご専門の分野 _____



お問合せ・お申込み・資料請求は

広告総代理店 **アドコム・メディア（株）**

Tel.03-3367-0571 Fax.03-3368-1519 E-mail: sales@adcom-media.co.jp

賛助会員のご紹介

本会をご支援いただいております賛助会員をご紹介します。
Web サイト (<https://www.ipsj.or.jp/annai/aboutipsj/sanjo.html>) 「賛助会員一覧」のページからも
各社へリンクサービスを行っておりますので、ぜひご覧ください。

照会先 情報処理学会 会員サービス部門 E-mail: mem@ipsj.or.jp Tel.(03)3518-8370

●●● 賛助会員 (20 ~ 50口)

HITACHI
Inspire the Next

(株) 日立製作所



三菱電機 (株)

FUJITSU

富士通 (株)



(株) サイバーエージェント

Orchestrating a brighter world

NEC

日本電気 (株)



日本アイ・ビー・エム (株)

●●● 賛助会員 (10 ~ 19口)



(株) リクルート



グーグル合同会社



(株) NTTドコモ



(株) 東芝



日本電信電話 (株)



日本マイクロソフト (株)



(株) フォーラムエイト

●●● 賛助会員 (3 ~ 9口)



(一社) 情報通信技術委員会



(株) NTT データ



GREE (株)



(一財) インターネット協会



(一社) 情報サービス産業協会



トレンドマイクロ (株)



(株) BFT



NTT コムウェア (株)



NTT テクノクロス (株)



(株) うえじま企画



エッジテクノロジー (株)



沖電気工業 (株)



コアマイクロシステムズ (株)



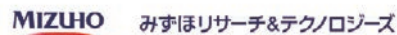
三美印刷 (株)



ソニー (株)



(株) テクノプロ
テクノプロ・デザイン社



みずほリサーチ&テクノロジーズ (株)

Towards a Collaborative Society through Creative Learning

WCCE 2022



21-24, Aug. 2022, Hiroshima + online



2022年 8月 21-24日
ハイブリッド開催

World Conference on Computers in Education 2022 (WCCE 2022)

会期: 2022年8月21日(日)~8月24日(水) (プレイベント: 2022年8月20日(土))
主催: 情報処理学会 コンピュータと教育(CE)研究会・教育学習支援情報システム(CLE)研究会
開催母体: IFIP (International Federation for Information Processing: 情報処理国際連合) TC3
対面会場: 広島国際会議場 (プレイベントは広島大学東千田キャンパス)
大会ウェブサイト: <https://wcce2022.org>

ウェブサイトにて論文募集要項が公開されました。募集分野は以下の通りです
(詳細はウェブサイトをご確認ください)

- Digital education in schools, universities, and other educational institutions
- National policies and plans for digital competence
- Learning with digital technologies
- Learning about digital technologies and computing

募集カテゴリー (予定)

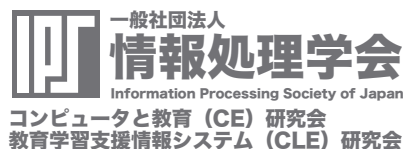
- フルペーパー (12ページ以内)
- ショートペーパー (6ページ以内)
- デモンストレーション / ポスター
- ワークショップ / パネルセッション / ナショナルセッション / シンポジウム

※ 発表論文の一部は査読の結果によってポストカンファレンスブック (Springer) に掲載されます。

※ 優秀論文は IFIP TC3 のオフィシャルジャーナル Education and Information Technologies (Springer) への掲載が推薦されます。



WCCE は 1970 年にアムステルダムで第 1 回が開催され、その後数年 (近年では 4 年) 間隔で開催されてきた伝統のある国際会議です。IFIP TC3 のフラッグシップイベントでもあります。



協賛企業募集中
info_wcce@a.ipsj.or.jp



お問い合わせ
info_wcce@a.ipsj.or.jp



大会ウェブサイト
<https://wcce2022.org>

連続セミナー 2021 検索



ニューノーマル時代に向けた情報技術の潮流

2020年、新型コロナウイルスの影響により、私たちの世界は大きな変革を強いられました。大きく変容した社会の課題解決や将来の社会基盤の形成を支援する役割が、情報技術には広く期待されています。特に、ニューノーマルと呼ばれるポストコロナ社会へ向け、DXを中心とした情報技術の浸透、AI、ロボットなどの活用による業務の改変が急速に進むことが想定されます。

このような状況を受け、2021年の連続セミナーは、企業の技術系人材、研究者が新たなビジネスや研究課題を切り拓きニューノーマル時代に価値を提供していくための礎となるよう企画しました。また、オンライン開催という利点を生かせるよう、これまでの計6回×半日の開催から計12回×2時間の開催とし、昨年より開始したオンライン見逃し配信も継続、フレキシブルに参加できるように企画しました。

2021年のセミナーを通じ、情報技術のポストコロナ社会への貢献と動向を俯瞰しつつ、AI、ロボティクス、セキュリティとトラスト、量子インターネットなど今後重要度を増す技術を取り上げ、その展開や適用事例を第一線の研究者・技術者に語っていただきます。

終了しました 水 午後
ポストコロナ社会への貢献(1)
コーディネータ：江崎 浩 (東京大学)

終了しました 水 午後
ポストコロナ社会への貢献(2)
コーディネータ：江崎 浩 (東京大学)

終了しました 木 午後
研究開発動向を俯瞰する(1)
コーディネータ：福島 俊一 (JST)

終了しました 金 午後
研究開発動向を俯瞰する(2)
コーディネータ：福島 俊一 (JST)

終了しました 月 午後
AIとロボットの共進化(1)
コーディネータ：松原 仁 (東京大学)

終了しました 火 午後
AIとロボットの共進化(2)
コーディネータ：松原 仁 (東京大学)

終了しました 火 午前
AIとロボットの共進化(1) 深層学習によるロボットの知能化
コーディネータ：藤吉 弘亘 (中部大学)

終了しました 木 午後
AIとロボットの共進化(2) AIとロボットの共進化
コーディネータ：尾形 哲也 (早稲田大学)

10/27 水 午後
AIトレンド：大規模モデルと生成モデル
コーディネータ：戸上 真人 (LINE)

11/11 木 午前
デジタル社会におけるトラストサービス(1)
コーディネータ：手塚 悟 (慶應義塾大学)

11/11 木 午後
デジタル社会におけるトラストサービス(2)
コーディネータ：手塚 悟 (慶應義塾大学)

12/7 火 午前
量子インターネットと量子サイバースペース
コーディネータ：嶋田 義皓 (JST)

(消費税込)*配布資料含

参加費	12枚	6枚	2枚	1枚	当日申込
正会員	85,800円	49,500円	18,700円	11,000円	12,000円
一般非会員	117,000円	67,500円	25,500円	15,000円	16,000円
学生	17,160円	9,900円	3,740円	2,200円	3,000円

* 正会員の参加費適用は、情報処理(個人・賛助会員)、電子情報、電気、照明、映像情報の各学会個人会員 および協賛企業 所属の方。

参加はチケット制!!

各回 2時間 × 全12回開催 になりました

12枚一括購入が断然おトク!
興味がある回を絞って6枚or2枚or1枚からの参加もOK。

スポンサー募集

連続セミナー2021ではスポンサーを募集しております。

セミナースポンサー(各回)

費用：33,000円(税込)

特典1：聴講無料招待券(1口につき1枚)
特典2：Webページへのロゴの表示(サイズ小)、御社Webページへのリンク
特典3：セミナー開催前と休憩中にロゴや企業情報等を撮影

問合せ先 一般社団法人情報処理学会 事業部門 event@ipsj.or.jp Tel.03-3518-8373 https://www.ipsj.or.jp/event/seminar/2021/

協賛：一般社団法人照明学会、一般社団法人情報通信技術委員会、一般財団法人インターネット協会、モバイルコンピューティング推進コンソーシアム、一般財団法人映像情報メディア学会、一般社団法人電子情報通信学会、一般社団法人情報サービス産業協会、一般社団法人電気学会

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台一丁目五番五号

発行所 一般社団法人情報処理学会
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台一丁目五番五号

電話 東京(03)3518-1837
振替口座 〇〇一五〇一四一八三四八四

印刷所 三美印刷株式会社
〒101-0062 東京都千代田区西日暮里五丁目一丁目七番

会員外発売所 株式会社オーム社
〒101-0062 東京都千代田区神田錦町三丁目一丁目

定価 1,760円 (本体 1,600円 + 税 10%)

本誌広告一手取扱い アドコム・メディア株式会社
〒169-0073 東京都新宿区百人町 2-21-27 TEL.03-3367-0571 FAX.03-3368-1519

雑誌 05269-11



4910052691117
01600