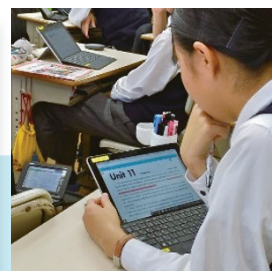
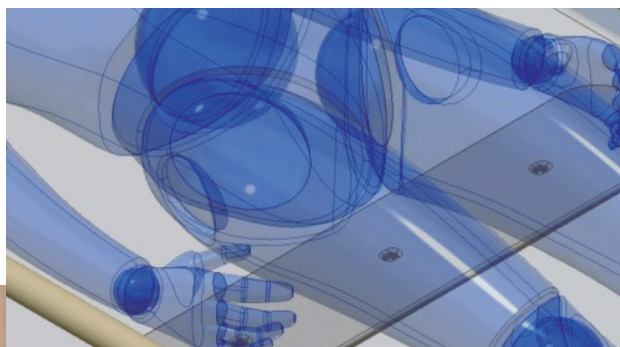


SIP第2期

# ビッグデータ・AIを 活用したサイバー空間 基盤技術

研究成果報告書 (2018年度—2022年度)



00:02:18.000 00:02:19.000 00:02:20.000

```
[WARN] [1623047401.438629857]: topic /robotsound_jp/goal already ad
[WARN] [1623047401.438762569]: topic /robotsound_jp/cancel already
[WARN] [1623047401.431075203]: [robotsound_jp] action server is not
goal=0, cancel=0, feedback=0, r
[INFO] [1623047403.651134425]: action server /robotsound_jp not fou
topic /robotsound_jp/goal already ad
[WARN] [1623047403.651354298]: topic /robotsound_jp/cancel already
[WARN] [1623047403.651373346]: topic /robotsound_jp/cancel already
[WARN] [1623047404.762136788]: [robotsound_jp] action server is not
goal=0, cancel=0, feedback=0, r
[WARN] [1623047404.762329794]: action server /robotsound_jp not fou
04.762392364]: topic /robotsound_jp/goal already ad
06.495539473]: topic /robotsound_jp/cancel already
06.495752714]: topic /robotsound_jp/goal already ad
06.495772974]: topic /robotsound_jp/cancel already
```

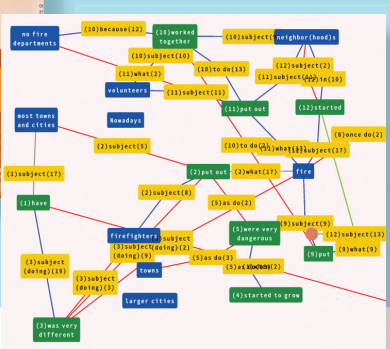
00:02:18.000 00:02:19.000 00:02:20.000

そうすねプラスでプ

一枚も払うんですが別に

angerfang:74.47.hap:4.53.net

カードが提示されました。カードの処理  
topic /robotsound\_jp/goal already ad  
topic /robotsound\_jp/cancel already  
[robotsound\_jp] action server is not  
goal=0, cancel=0, feedback=0, r  
action server /robotsound\_jp not fou  
お会計は円になります  
topic /robotsound\_jp/goal already ad  
topic /robotsound\_jp/cancel already  
[robotsound\_jp] action server is not  
goal=0, cancel=0, feedback=0, r  
action server /robotsound\_jp not fou  
代金 円お預かりしました  
topic /robotsound\_jp/goal already ad  
topic /robotsound\_jp/cancel already



## 巻頭言

昨今の我が国では、多様な個が社会と関わりを持ち、それぞれの個性を生かし社会に貢献し、個人の多様な幸せをお互いに協力して実現していく世界観が語られている。その世界観の実現に必要な、AI やビッグデータに関連する技術開発の方向性は、どうあるべきであろうか。

米国、中国等における世界の AI 研究開発競争を見渡してみれば、彼らと同様の方向で技術開発を行っても、これらの国々を凌駕することは明らかに難しいと言わざるを得ない。しかしながら、我が国の長い歴史の中で培われた日本特有のきめ細やかさを生かせば、勝ち筋が見えるのではないか。

この勝ち筋は技術とは関係が薄いと思われるかもしれないが、私がこの考えに至ったのは、過去に我が国の産業が焦土と化した戦後の時代に努力を怠らず、自動車やトランジスタラジオ、ポータブルプレイヤー等の分野で一世を風靡した記憶が頭の片隅にあったためである。これらの分野における技術・産業の躍進は、日本人が得意とする生活者に根ざしたデザインと品質を、社会に受け入れやすいサービスとともにプロダクトに反映させた結果だと考えている。

SIP 第 2 期「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」のプログラムディレクターに就任したとき、単に AI が大量のデータを解析して今まで人間が気づかなかった知見を提供するのはもちろん、人と人のコミュニケーションを AI が支援する基盤技術を開発し、介護・教育・接客等で人同士がよりお互いを理解して、気持ちを通じ合わせて仕事をしていくことができるような技術開発の方向性を打ち出した。そして、対話やジェスチャーを含むビッグデータを AI が解析して、今まで人手がかかり、意思の疎通が難しい分野で AI 技術が活躍し、社会を変えていくような技術開発を中心に構想した。

これらの開発分野は難しくチャレンジングではあるが、先述の我が国に根差した特性を生かしながら、無限に近いすそ野を持つ適用領域を開拓できる可能性がある。あわせて、産学官にバラバラに存在するデータを分散連邦型のアーキテクチャで共有し、AI に必要な品質の良いビッグデータを供給する基盤と、複数の AI による自動的な協調・連携する技術の開発を行うことで、将来に渡り領域拡大が見込める課題構成とした。

本プロジェクトで培われた基盤技術と人材は、科学技術・イノベーション基本計画に示された、目指すべき社会像「国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会」「一人ひとりの多様な幸せ (well-being) が実現できる社会」実現に向けて中心的な役割を担うものと確信している。末筆ながら、本プロジェクトの哲学と実践に共感して、ご支援いただいた関係者の方々、参画いただいた研究者の方々に深く感謝申し上げます。

プログラムディレクター  
安西祐一郎





# 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期 「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」とは

## ■概要

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)とは、内閣府総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が司令塔機能を担い、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクトである。「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」は、SIP第2期で取り組まれた12課題のうちの一つであり、2022年度まで5年間取り組まれた。

本課題では、人工知能(AI)の適用が難しかった「介護・接客・学習」等の分野で、人と人のコミュニケーションをAIが支援する高度に洗練された「ヒューマン・インタラクション基盤技術」、AIの学習等に必要データを、分野を超えて連携させる「分野間データ連携基盤技術」、複数のAIによる自動的な協調・連携の仕組みを実現する「AI間連携基盤技術」、分野・企業横断の相互連携等を可能にする「アーキテクチャ構築」について研究開発を推進し、Society 5.0を実現するための新たな知的社会基盤技術の社会実装にチャレンジした。

## ■本研究の意義

Society 5.0を実現する手段として、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させ、ビッグデータとAIの活用からイノベーションが生まれる社会環境を構築する。これにより、新たなサービスやビジネスモデルが誕生し、さまざまな分野で新たな価値が創出され、経済社会システムのパラダイムシフトを起こすことを目的としている。

世界で最初に本格的な少子高齢化を迎えた我が国が、労働力の減少による諸課題を克服し、世界の模範となるエコシステムを構築していくためには、良質な現場データを含むビッグデータを整備するとともに、それらとAI技術を融合した社会実装を世界に先駆けて実現していく必要がある。これらの知的社会基盤技術の社会実装活動を通じ、産業競争力を強化するとともに、減少する労働力を補完して、生産性を向上させていく。

## ■研究開発テーマ

### (1)ヒューマン・インタラクション基盤技術

介護、教育、接客等のような高度なインタラクションを必要とする分野のイノベーションを目標として、これまでできていない人の状況変化・会話・表情・身振りなどの現場情報を収集してAI等で分析することで、複雑で予測が困難な人の認知・行動を理解する研究を実施した。また、これまでのように決められたシナリオベースの対応だけでなく、臨機応変に迅速で違和感なく人の状況判断やコミュニケーションを支援するといった、人と人のインタラクションをAIが支援・増強する高度に洗練された技術を開発。その普及の道を拓くことにより、Society 5.0を推進する新たな知的社会基盤の構築と実証を行った。

### (2)分野間データ連携基盤技術

産官学でバラバラに保有するデータ基盤を連携し、AIにより活用可能なビッグデータとして供給するために分野を超えたデータを共有・利活用する技術を開発。分散連邦型の分野間データ連携により持続的に自立運用可能なエコシステムの形成を目指した。

## Society 5.0 について

サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）。狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。Society 5.0では、社会の変革（イノベーション）を通じて、これまでの閉塞感が打破され、希望の持てる社会、世代を超えて互いに尊重し合あえる社会、一人一人が快適で活躍できる社会が実現される。

### (3) AI 間連携基盤技術

複数の AI が連携して自動的に Win-Win の条件等を調整するための AI 間連携基盤技術を開発。さまざまなシステムが AI により制御されている世界で、より効率的な制御や新たな機会の形成を目指した。

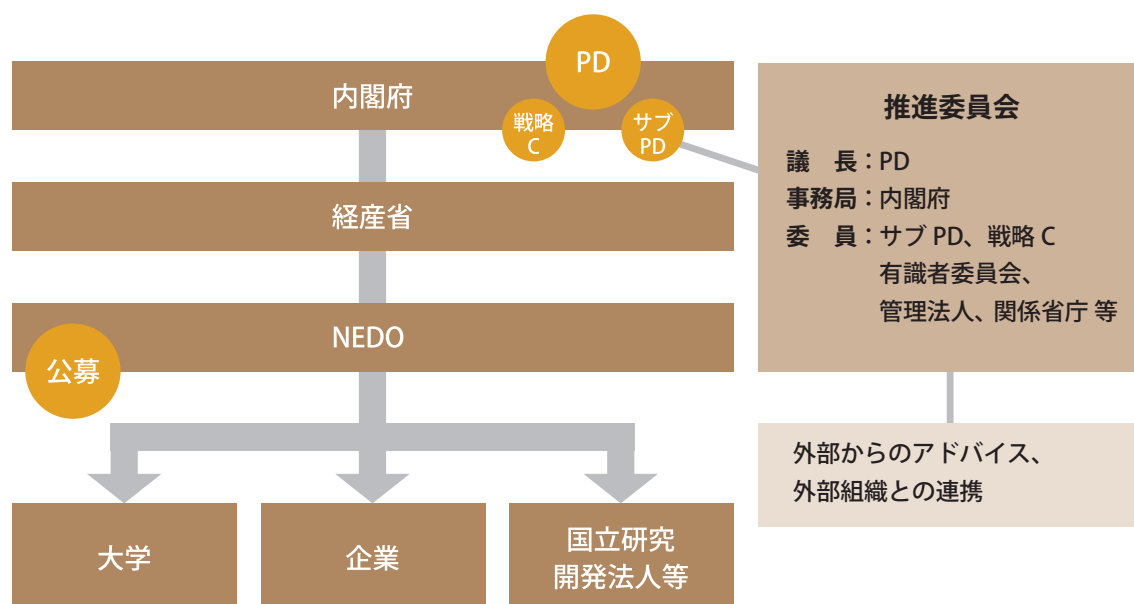
### (4) アーキテクチャ構築

スマートシティ分野、パーソナルデータ分野において、AI・ビッグデータ等を活用した実証事業を進めつつ、分野・企業横断の相互連携等を可能とするアーキテクチャの構築を目指した。

## ■実施体制

安西祐一郎 プログラムディレクター（PD）が、研究開発計画の策定や推進を担った。PD が議長、内閣府が事務局を務め、関係省庁、専門家・有識者で構成する推進委員会が総合調整を行った。管理法人として、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を活用し、公募で選定した研究責任者により、研究開発を推進した。同法人のマネジメントにより、各研究テーマの進捗を管理した。サブ PD として、持丸正明（ヒューマン・インタラクション基盤技術＜全体管理＞担当）、兼村厚範（ヒューマン・インタラクション基盤技術＜先端 AI 基盤技術推進＞担当）、越塚登（分野間データ連携基盤技術担当、アーキテクチャ構築担当）、鷺尾隆（AI 間連携基盤技術担当）の4名を配置した。また、イノベーション戦略コーディネーター（戦略 C）として川上登福（出口戦略のとりまとめ）を配置することで、PD・サブ PD・戦略 C の連携による出口を見据えた研究開発を推進した。

詳細は p.8 参照



実施体制図

# Contents

■ 巻頭言 .....	001
プログラムディレクター 安西祐一郎	
■ 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期 「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」とは .....	002
■ 概要	
「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の概要 .....	008
社会問題と解決に向けた取り組み —4つの研究開発テーマ— .....	010

## AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

### サブプログラムディレクターインタビュー①

AIを活用したヒューマン・インタラクション基盤技術による取り組みについて .....	014
国立研究開発法人産業技術総合研究所人間拡張研究センター研究センター長 持丸正明	

### サブプログラムディレクターインタビュー②

ヒューマン・インタラクション基盤技術におけるAIの役割と出口戦略 .....	018
未来報酬株式会社代表取締役 兼村厚範	

## 人と人のコミュニケーションの支援

■ マルチモーダルデータによる自動状態記述システム .....	022
国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学	
■ 飲食業向け気づきスキルVRトレーニングシステム .....	028
国立研究開発法人産業技術総合研究所	
■ 認知的インタラクション支援技術によるリアルタイム支援システムの研究開発 .....	034
株式会社コトバデザイン	
■ AIとロボティクスの融合による状況認知型サービス具現化オープンシステムの 研究開発 .....	040
国立大学法人東京大学	

## ワークライフバランスに貢献するサイバー・フィジカル製造業

■ 検査手法を自動的に学習し、初心者の検査を支援するAIシステム (AI検査支援システム) .....	046
国立大学法人筑波大学、茨城県産業技術イノベーションセンター、株式会社クリアタクト	
■ 初心者がサイバー空間を通じて容易に制御可能なロボットシステムの開発 (VRテレワークシステム) .....	050
国立大学法人筑波大学、茨城県産業技術イノベーションセンター、エーテック株式会社	



## 熟練者の技能の継承

- インフラ領域における職人の技の伝承教育システム…………… 054  
国立研究開発法人理化学研究所
- インフラ領域における打音検査の機械化の推進と社会実装…………… 058  
計測検査株式会社、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、株式会社フotonラボ、  
一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会

## マルチモーダル対話言語処理

- Web等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いた  
ハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究…………… 066  
KDDI 株式会社、国立研究開発法人情報通信研究機構、NEC ソリューションイノベータ株式会社

## 教育方法の改善

- 新しいEdTechプラットフォーム：漫画リッシュによるテーラーメイド英語学習 …… 078  
国立大学法人東京大学、エヌ・ティ・ティラーニングシステムズ株式会社
- デジタル教材配信システムBookRollを用いた教育データ収集・分析基盤システムと  
エビデンス共有システム…………… 084  
国立大学法人京都大学
- ペダゴジカル情報プラットフォームの実現と社会実装に向けた研究開発…………… 090  
エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、日本電信電話株式会社
- 記号的AIに基づく思考経験のデザインと統計的AIに基づく思考パターンの検出  
によるテーラーメイド学習支援…………… 094  
国立大学法人広島大学
- 高精度教育ビッグデータをベースとした教育支援の公教育への導入推進…………… 098  
国立大学法人岡山大学

## 高齢者社会への取り組み

- 認知症の本人と家族の視点を重視するマルチモーダルな  
ヒューマン・インタラクション技術による自立共生支援AIの研究開発と社会実装 …… 102  
株式会社エクサウィザーズ、国立大学法人静岡大学
- 遠隔医療AIが連携した日本式ICT地域包括ケアモデルの研究開発 …… 106  
株式会社アルム、学校法人慈恵大学東京慈恵会医科大学、日本テクトシステムズ株式会社、  
データセクション株式会社
- 排泄情報を基軸とした介護業務スケジュールの最適化および  
ケアの質向上を実現するシステム…………… 112  
株式会社 aba

## ヒューマン・インタラクション基盤技術の社会実装に向けたオープンイノベーション活動

- ヒューマン・インタラクション基盤技術の社会実装に向けた  
オープンイノベーション活動…………… 120  
国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人デジタルコンテンツ協会

## データ連携基盤を活用した取り組み

### サブプログラムディレクターインタビュー③

- スマートシティなど未来社会に不可欠な分散型のデータ連携基盤と日本の戦略…………… 126  
国立大学法人東京大学大学院情報学環教授 越塚登
- 分野間データ連携基盤技術(コネクタ)の機能ツール開発…………… 130  
株式会社日立製作所、日本電気株式会社、富士通株式会社、  
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所
- 分野間データ連携基盤技術(コネクタ)の運用支援技術開発…………… 140  
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構
- 分野間データ連携基盤技術(コネクタ)の有効性検証…………… 146  
SBテクノロジー株式会社、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所、  
国立大学法人東京大学、JIPテクノサイエンス株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ
- 国際的な相互連携実現に向けた取り組み…………… 156  
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所、株式会社日立製作所、  
日本電気株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ
- 分野間データ連携基盤の普及促進・連携拡大…………… 162  
株式会社日立製作所、SBテクノロジー株式会社、日本電気株式会社、富士通株式会社、  
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所、  
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ

## AI間連携基盤技術

### 複数のAIを自動的に協調・連携させるための技術

- AI間連携によるバリューチェーンの効率化・柔軟化…………… 166  
日本電気株式会社、沖電気工業株式会社、豊田通商株式会社、国立大学法人東京農工大学、  
国立大学法人東京大学
- 健康・医療・介護AI連携基盤の構築…………… 172  
学校法人慶應義塾大学、国立研究開発法人理化学研究所、  
国立研究開発法人国立成育医療研究センター、国立大学法人佐賀大学、  
東京都立小児総合医療センター

## スマートシティアーキテクチャ構築

- スマートシティ等分野において、分野・企業横断の相互連携等を可能とする  
アーキテクチャの構築 ..... 178  
日本電気株式会社、一般社団法人データ流通推進協議会、国立大学法人東京大学、  
アクセンチュア株式会社、国立大学法人名古屋大学、株式会社 JTB、株式会社日建設計総合研究所、  
エブリセンスジャパン株式会社、大日本印刷株式会社、国立大学法人大阪大学、KDDI 株式会社、  
セコムトラストシステムズ株式会社

## 研究課題と成果

- 他のプロジェクトとの連携、相乗効果 ..... 194  
国立研究開発法人産業技術総合研究所
- 国際連携、国際規格化 ..... 198  
国立研究開発法人産業技術総合研究所人間拡張研究センター研究センター長 持丸正明

## ベンチマーク調査結果

- 先端AI技術に係る技術動向及び社会実装課題に関する調査 ..... 204  
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所
- 分野間データ連携基盤技術に関する国際動向調査 ..... 210  
PwC コンサルティング合同会社

## PD、SPD、戦略コーディネーター対談

### トークセッション

- SIP第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」がもたらした価値を生かすために  
..... 214  
安西祐一郎、持丸正明、兼村厚範、越塚登、川上登福／遠藤論
- あとかき ..... 223  
安西祐一郎
- 研究発表・講演、論文、特許等 ..... 224



# 「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の概要

## 1 背景・国内外の状況

第5期科学技術基本計画で掲げた Society 5.0では、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させ、ビッグデータとAIの活用から生まれたイノベーションにより、新たなサービスやビジネスモデルが誕生してパラダイムシフトが起きることが期待されている。

Society 5.0の具現化にはサイバー空間とフィジカル空間とが相互に連携したシステムづくりが不可欠であり、さまざまな開発要素・課題がある。また、AI技術によってイノベーションを創出させるためには、分野の垣根を超えてデータを連携させたビッグデータの整備と、それを活用したAI技術の社会実装が必要になっている。AIの開発や利活用を担う人材の育成に関しては、2020年に先端IT人材で約5万人、IT人材で約30万人が不足する推計が示されている。日本の産業の競争力を抜本的に向上させ、今後さらに社会でのAI技術の利活用を加速させるには、より実務を担うAI技術を理解した多くの人材育成が急務となっている。

一方で、データ連携に関する政府主導の取り組みとしては、米国、欧州がそれぞれデータ連携標準の取り組みを開始している。中国では国内の個人データなどの持ち出しを規制する法律を施行し、データの管理を強化している状況にある。

世界で最初に本格的な少子高齢化を迎える日本が、労働力の減少による諸課題を克服し、世界の模範となるエコシステムを構築していくには、日本が有する良質な現場データを含むビッグデータを整備するとともに、それらとAI技術を融合して社会実装を世界に先駆けて実現し、産業競争力の強化につなげつつ、減少する労働力を補完して、生産性を向上させていくことが重要となっている。

## 2 意義・政策的な重要性

政府では、2016年4月に設置された人工知能技術戦

略会議が司令塔となり、AI技術の研究開発から社会実装まで一貫した取り組みを府省連携で加速し、生産性、健康・医療・介護、空間の移動の3分野および情報セキュリティを重点分野とした産業化ロードマップを含む「人工知能技術戦略」が2017年3月にまとめられた。2016年12月に創設された官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）では、民間の研究開発投資誘発効果の高い領域として革新的サイバー空間基盤技術が特定され、各府省の施策の連携を図り、領域全体としての方向性を持った研究開発を推進した。さらに、2017年12月に閣議決定された「新しい経済政策パッケージ」では、持続的な経済成長に向けて少子高齢化に立ち向かうために、「生産性革命」と「人づくり革命」を両輪と位置付けた。生産性革命に向けた戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）およびPRISMなどによる研究開発と社会実装、社会基盤の構築に加え、国や地方公共団体、民間などに散在するデータを連携させ、分野横断での利活用を可能とするデータ連携基盤を整備することが掲げられた。

本課題は、「サイバー空間基盤技術」の中で、特に「ヒューマン・インタラクション基盤技術」「分野間データ連携基盤技術」「AI間連携基盤技術」「アーキテクチャ構築」を確立し、ビッグデータ・AIを活用したサイバー・フィジカル・システムを社会実装するものである。「ヒューマン・インタラクション基盤技術」においては、複雑で予測が困難な人の認知・行動を理解し、臨機応変に迅速で違和感なく人の状況判断やコミュニケーションを支援するインタラクションを開発して Society 5.0を推進する新たな知的社会基盤構築を目指した。「分野間データ連携基盤技術」においては、データ基盤を連携させビッグデータとして供給するために、持続的に自立運用可能なエコシステムの形成を目指した。「AI間連携基盤技術」においては、複数のAIが協調・連携することによって、より効率的な制御や新たな Win-Win 機会の形成を目指した。「アーキテクチャ構築」においては、スマートシティ分野、パーソナルデータ分野でAI・ビッグデータ等を活用した実証事業を進め、分野・企業横断のデータ連携、制度整備、国際標準化等を目指した。図1に「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技

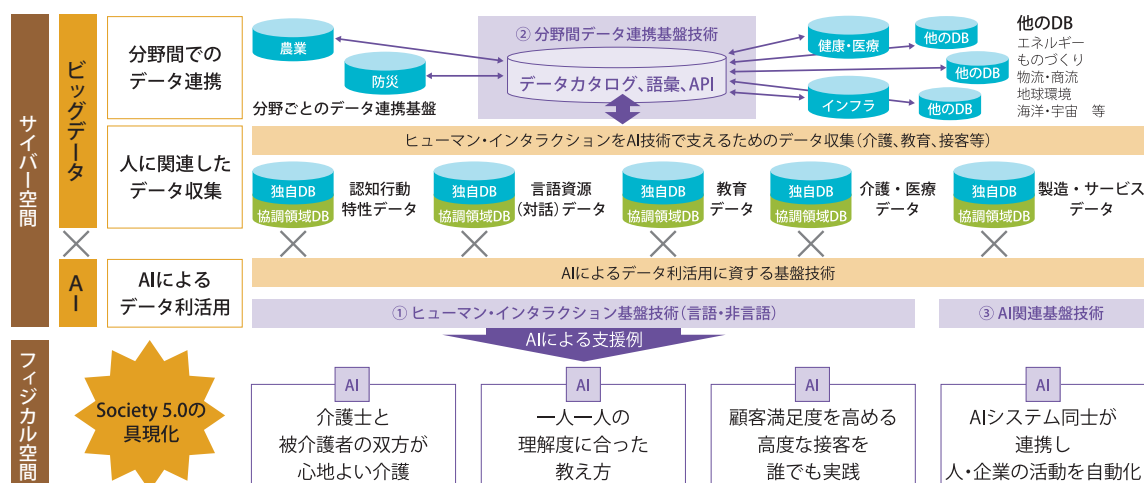


図1 「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の全体構想

術」の全体構想を示す。

### 3 目標・狙い

#### (1) Society 5.0 実現に向けて

次のページに掲載した研究開発によりサイバー空間基盤技術を確立し、ビッグデータ・AIを活用したサイバー・フィジカル・システムの社会実装を実施。生産性（作業時間・習熟速度・エラー率等）を10%以上向上させる実用化例を20以上創出することで、人とAIの協働により「Society 5.0」の具現化を目指した。

#### (2) 社会面の目標

ビッグデータとAIの活用により、新たなビジネスモデル、さまざまな分野での新たなサービスや価値の創出により、生産性の向上と社会課題の解決の両立に寄与することを目標とした。

#### (3) 産業的目標

世界に先駆けて、さまざまな分野のデータ基盤が垣根を超えてつながる分散連邦型のデータ連携を整備。日本が質の高い現実空間の情報を有する領域や、日本が強みを有する産業などにおいて、AI技術などを活用して新たな価値・サービスやビジネスモデルを創出し、産業競争力の向上に寄与することを目標とした。

#### (4) 技術的目標

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」では、人

とAIの協働により生産性を向上させるために、より現場に近いデータを活用する。また、人とAIが協働した場面での安全性・信頼性を高めるため、人に関する言語・非言語の情報の認知と、それに対する反応や行動のデータベース化による、マルチモーダル\*1なインタラクション技術の開発を目標とした。また、「分野間データ連携基盤技術」では、データカタログ（メタデータ）などを用いて、産学官が保有するデータがどこにあるかを検索し、APIを介してさまざまな分野のデータをワンストップで入手可能な分散連邦型の分野間データ連携を目指した。分野共通のコア語彙、分野固有のドメイン語彙やデータ構造などを整備する関係府省庁の動きと連携し、分野横断でのデータのインターオペラビリティ（相互運用性）を確保することを目標とした。

#### (5) 制度面等での目標

次世代情報支援の安全性に関する指針の国際標準化を推進し、国内産業の競争力強化を図るために、実証実験などを通じて、技術開発および社会実装に関連する情報関連法制や導入に関わる課題を調査・抽出。関連する制度改革を推進することを目標とした。

#### (6) 自治体等との連携

研究開発やその実証試験に自治体などを参画させるとともに、自治体・企業・大学・研究機関などに対して、開発成果を適切なオープン・クローズ戦略に基づいて研究開発段階から開放することで、先端技術と社会課題を抱える現場との間の橋渡しを目指した。

\*1 画像やテキストなど複数の形式（モダリティ）を組み合わせた技術をマルチモーダルと呼ぶ。

# 社会問題と解決に向けた取り組み

## — 4つの研究開発テーマ —

前述したように、サイバー・フィジカル・システムの社会実装に向け、4つの研究開発を行った。ここではそれぞれの概要を解説する。

### 1 ヒューマン・インタラクション基盤技術 (2018～2022年度)

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」は、人と人のインタラクションをAIが支援・増強するために必要となる「分野横断もしくは分野内で横展開可能な要素技術」である。

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の開発は、日本の生産性向上に資する高度スキル人材のAI化・拡張・育成システム、およびシステムを活用した育成サービスの社会実装を目標としている。その実現には、単に既存データを集めてAIで分析するだけでなく、高度スキル人材が状況や履歴に依存した顧客の内的認知を推論するために潜在的に利用している、環境・行動・対話データを特定し収集した上でAI化する必要がある、そのAIをロボット・遠隔VR・教示用ARと統合し、視聴触

覚統合型のインターフェースでフィードバックする技術が不可欠となる。「ヒューマン・インタラクション基盤技術」を社会実装するには、これら技術課題の解決とともに、ビジネス展開と国際標準化に必要となる実証エビデンスを獲得する必要がある、エビデンスに基づいて国内でのB2B（接客サービス、製造）、B2G（学習、介護）、B2G2P（維持管理）への普及を目指した（図2）。

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」によって実現されるユースケースは広範に渡るが、そのうち「介護」「教育」「接客」をターゲット領域とした。「介護」においては、被介護者の医療バイタルデータだけでなく、排泄などの生活データや感情、および表情のデータを取得。それらのデータとAIから疾患進捗や生活サイクルを予測し、個別ケアの効率化を図り、介護コストの低減とクオリティの向上を同時に実現させた。また、これらの成果を数値的なエビデンスとして取得し、国内で普及を図るとともに高齢化が進むアジア圏に技術展開することを目指した。「教育」においては、生徒に学習用のデジタルデバイスが配布されるのを契機として、個人の学習ログの蓄積、およびそれらデータとAIに基づく

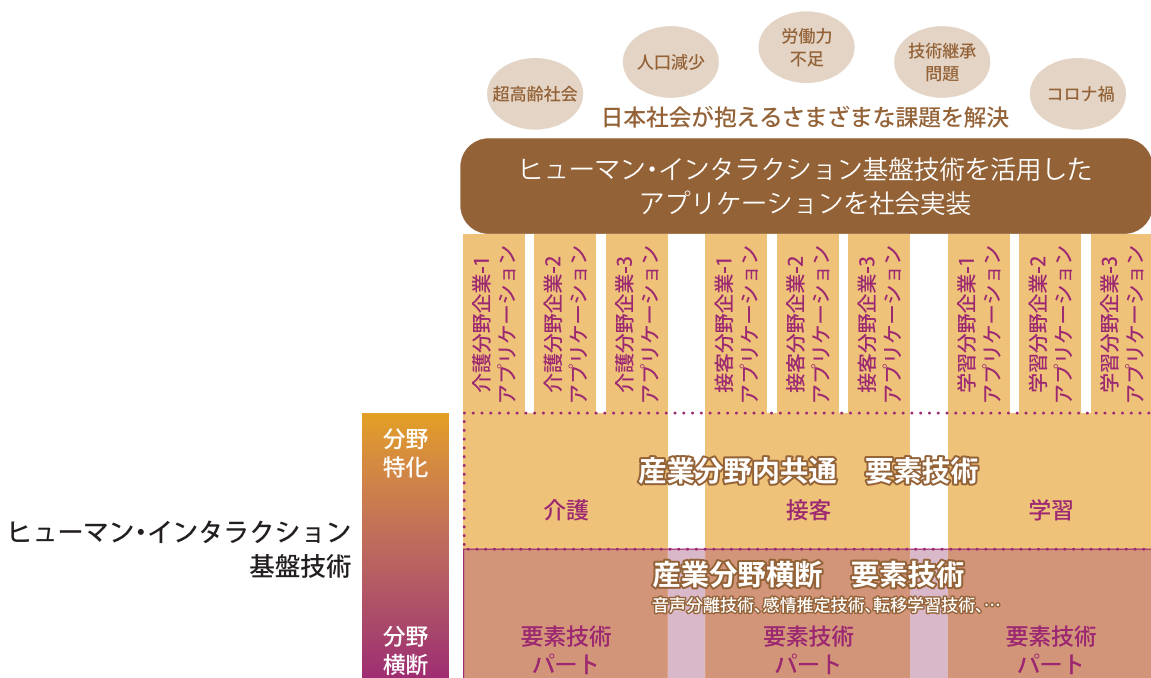


図2 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の構成イメージ



個別学習プランを推奨。エビデンスを取得しながら、教育従事者の負担とコストを増やすことなく、教育効果を向上させ、国内での普及を目指した。「接客」においては、顧客の状態を音声データや視線・表情などの複数のモダリティ情報から認識する技術を開発し、顧客満足度を推定するとともに、対応するスタッフに取るべきアクションを提示する行動アシスタント AI を実現した。

2021 年度より、技術確立と社会実装に関する最終目標を再設定し、あわせて社会実装責任者を設定することで、社会実装を見据えた研究開発を促進。「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の研究成果の社会実装に向け、コンソーシアムを形成し、成果である高度人材育成システムや学習支援システム、介護支援システムなどを用いてビジネスを展開する企業やユーザーとなる企業の参画、さらには将来に向けての改善や現場適合を実施す

る企業の参画を促し、サービス産業への成果の社会実装を支援・加速する仕掛け・仕組みを構築した。

コンソーシアムにおいては、経営学、標準化戦略、法学の関係者を招き、各個別テーマの社会実装推進に必要な助言と戦略検討の人材紹介などを実施する体制を整備。また、本プログラム研究開発活動で蓄積した研究開発データを公開し、AI 技術を有するベンチャー企業を巻き込み、技術成果の活用を促進する体制を整備した。

## 2 分野間データ連携基盤技術 (2018 ~ 2022 年度)

国、地方公共団体、民間などで散在するデータ基盤を連携させてビッグデータとして扱い、分野・組織を超えたデータ活用とサービス提供を可能とするため、関係府

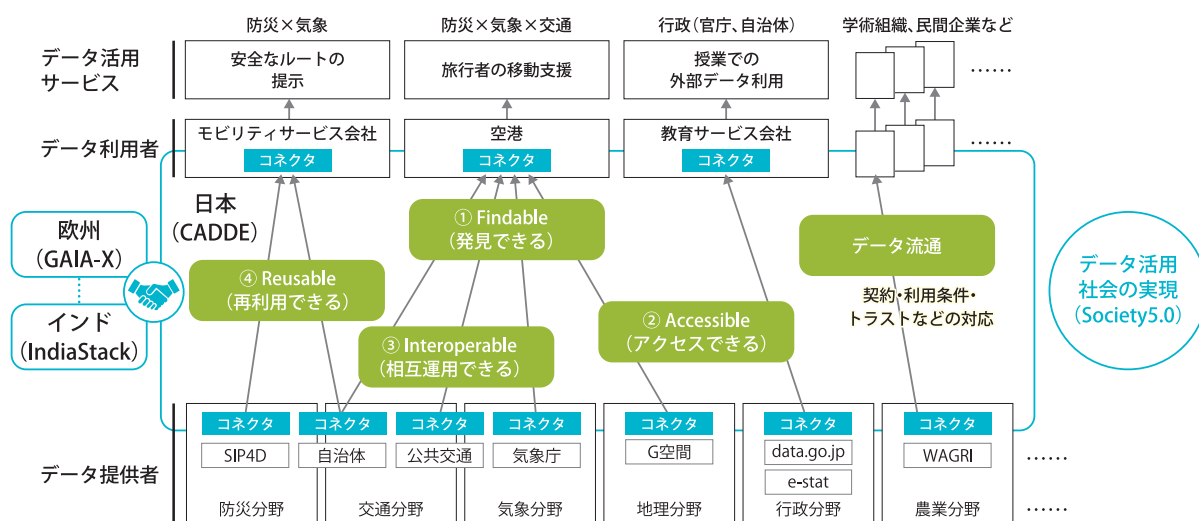


図3 分散型分野間データ連携の全体イメージ

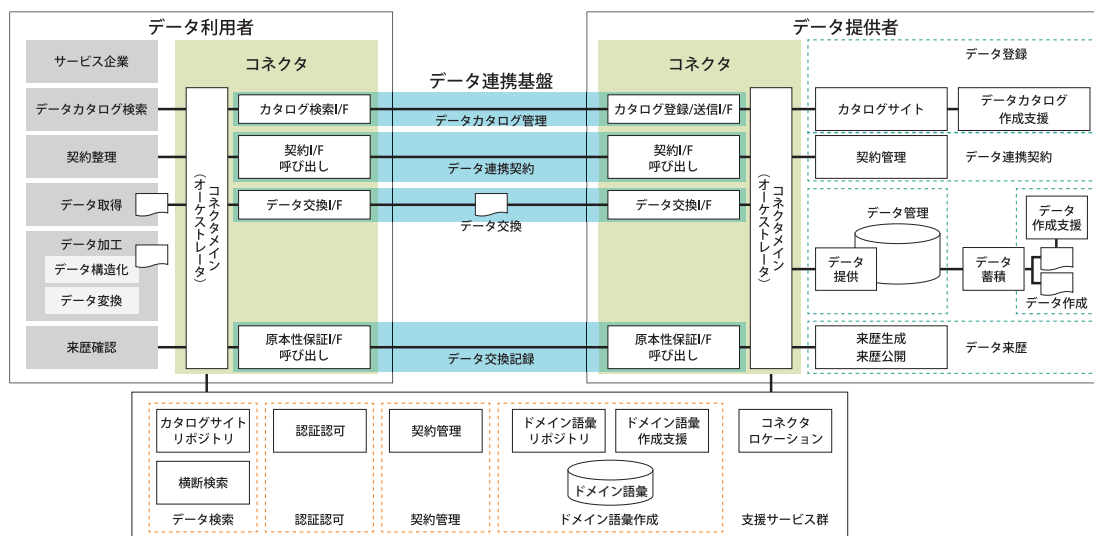


図4 分野間データ連携基盤技術 (コネクタ) の全体アーキテクチャイメージ

省庁で整備が進められている分野ごとのデータ連携基盤や、そのほかのさまざまなデータ基盤を相互に連携させる、分野間データ連携基盤技術（コネクタ）を用いた分散型分野間データ連携を実現するのが、「分野間データ連携基盤技術」である。

本プログラムでは、企業や組織がさまざまなデータについて、API を介してワンストップで入手可能な分散型分野間データ連携（図3）基盤を構築した。

分野共通のコア語彙や分野固有のドメイン語彙ならびにデータ構造などを整備する関係府省庁の動きと連携し、コネクタの開発および語彙の整備を通して、分野を横断したデータのインターオペラビリティ（相互運用性）を実現。同時にプラグイン構造などにより、さまざまなデータ形式への対応を目指した（図4）。

データ連携の原本性や編集履歴を保障する来歴機能や、契約および認証認可機能、カタログ構築の支援や構造変換技術などの運用支援環境も整えた。

2020年度より、コネクタをSIPデータ基盤やSIPテーマ以外のデータ基盤（関係府省庁が整備した分野ごとデータ連携基盤を含む）に提供を開始し、準備のできたデータ基盤から順次、接続拡大した。さらに、欧州のデータ基盤（IDSコネクタ、GAIA-X）をはじめとする諸外国のデータ基盤との接続についても調査研究への取り組みを進め、開発した技術成果の国際標準化を推進した。

具体的な分野間データ連携のユースケースについては、フィールドでの有効性検証を行った。

研究開発の最終目標として、産官学に散在するデータ基盤を連携させ、AIの学習データなどとして活用可能なビッグデータを供給して、分散型分野間データ連携が持続的に自立運用可能なエコシステムの形成を目指し、以下の2つの研究テーマを進めた。

- ①分野・組織を超えたデータ活用とサービス提供を実現する基盤の研究
- ②AI技術を用いたメタデータの構造化を核とした分野間データ連携基盤技術の研究開発と時空間ビッグデータアプリケーションによる実証

### 3 AI間連携基盤技術 (2018～2020年度)

異なる組織によって独立して運営され、必ずしも利害が一致していないそれぞれのサービスを管理・制御しているAIが、ほかのAIと協調・連携するために必要な

AI間連携基盤を実現する。実社会において、さまざまなAIが多様なつながり方で連携する、相互接続性・相互運用性に必要なプロトコルや語彙定義などを標準化し、以下を実現した。

- 通信や処理量、セキュリティなどの問題に十分に対応したAI間での連携のための調整基盤の確立。
- 実社会でAI間が連携するためのアルゴリズム（調整原理）の確立。
- ユースケースごとに必要な詳細なルール設計と、社会受容性の醸成。
- ユースケース間の共通性／個別性を踏まえた、調整基盤／原理／制度に関するリファレンスアーキテクチャの確立。

また、社会実装を推進するため、社会的な要請の強い領域において、プロトタイプ開発とユーザー企業を巻き込んだ実証を並列に行いながら、技術と提供価値の検証を進めていった。具体的には、日本の強みである製造業における生産性向上や人手不足の社会課題を解消し、経済発展に寄与することを狙いとした。あわせて、少子高齢化に伴う、健康・医療・介護分野の社会課題の解決も狙いとし、初期導入ユーザーを早期に獲得するため、デモンストレーションを実施して導入効果を早急に明確化できるようにした。

さらに、相互運用性に関わる連携AI間、連携AI個別AI間のAPI・データモデルなどを標準化／公開し、国際コンソーシアムや業界団体、標準化団体、学術コミュニティなどと連携して普及を推進した。さまざまなシステムがAIにより制御されている世界で、複数のAIが協調・連携することにより、より効率的な制御や新たなWin-Win機会の形成を目指し、以下の2つの研究テーマを進めた。

- ①AI間連携によるバリューチェーンの効率化・柔軟化
- ②健康・医療・介護AI連携基盤の構築

## 4 アーキテクチャ構築 (2019年度)

Society 5.0の実現に向け、官民連携体制によってスマートシティ分野やパーソナルデータ分野において、AI・ビッグデータなどを活用した実証事業を進めつつ、「2. 分野間データ連携基盤技術」の研究開発とも連携しながら、分野・企業横断の相互連携等を可能とするアーキテクチャを構築した。さらに、スマートシティ分野や

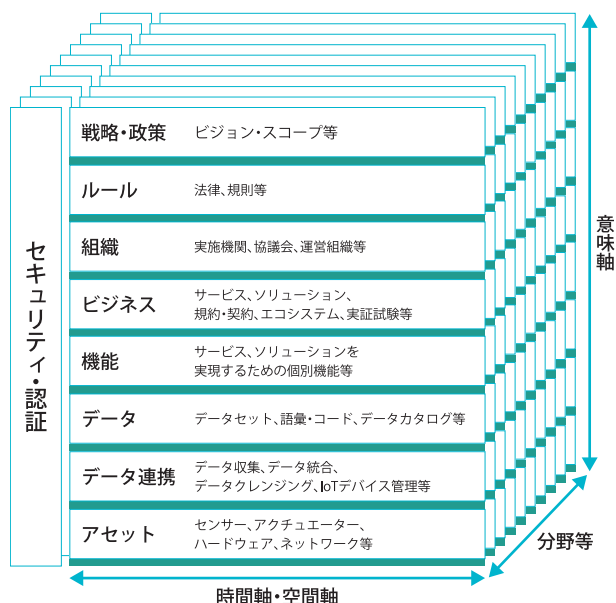


図5 Society 5.0 リファレンスアーキテクチャ

パーソナルデータ分野においては、国内外のアーキテクチャやユースケースについて、情報収集・分析を行った。

各分野に関して、国内外における具体的なユースケースの構成要素を、Society 5.0 リファレンスアーキテクチャ（図5）の各層（戦略・政策、ルール、組織、ビジネス、機能、データ、データ連携、アセット）に整理した。さらに、各分野に関して実証すべき複数のユースケースを選定して実証事業を実施し、ステークホルダーとの合意形成を進めながらアーキテクチャを構築。アーキテクチャを利害関係者間で共有し、分野・企業横断のデータ連携、制度整備、国際標準化等を推進した。

研究開発の最終目標として、スマートシティ分野やパーソナルデータ分野における国内外関連事業の整理・構造化や実証事業を通じて、都市OS設計や国際標準化、分野・企業横断のデータ連携などに資するアーキテクチャを構築した。また、アーキテクチャに基づき、官民の関係者が共通の見方・理解を踏まえ、技術開発や社会実装、データ連携、国際標準化、制度整備などを加速し、スマートシティの実現やパーソナルデータの円滑な連携・流通を加速させた。

本研究は、以下の16の個別テーマを進めた。

- ①スマートシティ・アーキテクチャ設計と関係実証研究の推進
- ②利用者へのデリバリーを意識した都市OSの開発および実証研究
- ③異種スマートシティ基盤のプログラマブル・フェデレーションによる広域人流把握・活用実証

- ④異種システム連携による都市サービス広域化（高松広域 - 防災）と複数都市間のデータ連携の実証
- ⑤民間事業者含む都市内の異なるシステム連携による分野横断サービスの実証研究（富山市・高松市 - 交通・観光）
- ⑥観光関連サービス事業者向け、AI活用型高度データ共有化プラットフォームの研究開発・実証
- ⑦スマートウェルネスシティ実現に係る実証研究
- ⑧スマートシティにおけるパーソナルデータと産業データのデータ取引市場による共有基盤の実証
- ⑨分野横断による課題解決型デジタルスマートシティの実現と複数都市間のデータ連携に関する実証研究
- ⑩ DFFT（Data Free Flow with Trust）実現のためのアーキテクチャ設計と国際標準化推進の研究開発
- ⑪情報銀行間データ連携の実証と考察
- ⑫個人起点での医療データ利活用の促進に向けた「医療版」情報銀行アーキテクチャの実証研究
- ⑬生体認証（顔特徴量）データの事業者間連携に関するアーキテクチャ実証研究
- ⑭特定エリアにおける行動データの事業者間の連携に関するアーキテクチャの実証研究の実施
- ⑮トラストサービスに関するアーキテクチャとしての共通API仕様策定とその有効性に関する実証研究
- ⑯多様な分野を地理空間情報でつなぐ持続的なプラットフォームのデザインと実証



# AI を活用したヒューマン・インタラクション基盤技術による取り組みについて

国立研究開発法人産業技術総合研究所人間拡張研究センター研究センター長  
持丸正明

## 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」とは

—— 持丸先生は、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の研究開発テーマである「ヒューマン・インタラクション基盤技術」のサブプログラムディレクターを務められています。これはどのような技術なのでしょう。

**持丸** ヒューマン・インタラクションとは、人と人とのインタラクション、すなわち「やり取り」のことを意味します。通常、人と人とのコミュニケーションは工学で扱う領域ではなく、社会学やコミュニケーション学などの領域になると思いますが、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」では、人と人の間になんらかのシステムが入って、コミュニケーションを支援してくれるのです。Society 5.0が目指す社会は、人と人との連携によって成り立ちますが、そこでは、人と人のコミュニケーションは機械が支援すべきと考えています。ここでいう機械とは、AIを備えたものとなります。

これを実現するには、2つの側面から考えてみる必要があります。一つは、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」は何の役に立つのか、もう一つは「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の実現が難しいかどうかです。まず前者について考えてみると、例えばものづくりの現場においては、人がやってきたことを完全に自動化することが、製造効率化の目標の一つだったわけです。ところが、サービスの現場においては、完全に自動化すると価格が下がってしまう傾向にあります。

それはどういうことかという、例えば自動車が同じクオリティでつくられるならば、購買者にとってはその自動車が人間によって組み立てられたのか、機械によって組み立てられたのかは関係ありません。ところが、これがサービスのシーンになると若干異なってきます。お寿司屋さんに行ったとき、裏で人が寿司を握っているのか、機械が握っているのかはそれほど関係ないと思います。ですが、その寿司がベルトコンベアーで流れてくるのか、人間が目の前で出してくれるのかによって、価値が大きく異な



### 持丸正明(もちまる・まさあき)

1988年慶應義塾大学工学部機械工学科卒業。1993年慶應義塾大学大学院博士課程生体医工学専攻修了、工学博士。同年、通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所入所。2001年改組により、国立研究開発法人産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究ラボ副ラボ長。2010年デジタルヒューマン工学研究センターセンター長、およびサービス工学研究センターセンター長を兼務。2015年より産業技術総合研究所人間情報研究部門長。2018年より人間拡張研究センター研究センター長を務める。専門は人間工学、バイオメカニクス。人間機能・行動の計測・モデル化、産業応用などの研究に従事。

ります。ならば、バックヤードにはどんどん機械を入れ、フロントエンドは人がやればいい。ところが、フロントエンドで価値を高めようとする、そこには優秀な人材が必要になるわけです。つまり、優秀で付加価値の高いサービスを提供できる人材を短期間で育成すれば、価格を上げることができる。そこに、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」による支援が必要になってくるのです。

そして、後者の側面から考えると、ものの状態をセンシングして、目標の状態に合わせる今までの技術に比べると、店員や顧客の状態をセンシングして、明確になっていないことも多い顧客の要望を満たすために、その場の状態に応じて機械が店員に何らかの支援をすることは、ものの自動化よりもはるかに難しいでしょう。だからこそ、そこに新しいAIが必要になるのです。

このヒューマン・インタラクションを担う新しいAIの研究開発には、学術的貢献もあります。大きく三つの点があると考えています。

第一はマルチモーダル、すなわち音声やテキスト情報だけでなく、表情や身振りといった多様な感覚情報、生体情報を総合的に扱って推論するAI技術です。今回、感情推定技術などでこの取り組みがなされ、学術的にもインパクトのある成果となりました。

第二は文脈です。文脈とは入力Xに対して出力Yの関係を学習するとき、直接的に関係しないと考えられる変数AがA'になったことが結果に影響し、出力がY'になってしまうというものです。Aには過去の履歴やさまざまな環境因子が含まれるでしょう。文脈推論はAIにおける最新のトレンドです。今回のプロジェクトでは、この文脈推論に部分的にアタックしました。例えば、尿便識別センサーで使われたAIでは、従来の入力Xだけでなく多様な情報から出力Y（尿か、便か）を推論しており、広義な文脈推論に該当すると考えています。

第三はデータです。第一に掲げたマルチモーダルも含め、従来、あまり蓄積、公開されてこなかったデータが今回のプロジェクトで蓄積されました。その一部は、被験者の了解を得た上で、匿名化・仮名化処理をして公開されますが、やはり介護や教育など、深く個人情報に関わる分野のデータは公開が難しいことが分かりました。これらのデータ連携については、今後、ルール・社会的合意形成が必要になります。いずれにしてもデータが公開できないものについては、できるだけ学習されたモデルを公開できるようにしました。近年では、このような基盤となるAIモデルに、適用分野特有の少数データを加えて転移学習することが盛んに行われており、データ公開だけでなく、学習モデル公開という点でも、学術的に貢献できると理解しています。

## 優先ターゲット領域は「教育」「介護」「接客」分野

—— 具体的にはどのような研究開発を進められたのでしょうか。注目すべき研究成果があれば教えてください。

**持丸** サービスにも、いろいろな側面があり、例えばeコマースはBtoCのサービスではあるのですが、人と人とのやり取りはリアルタイムには発生しません。そういったサービスではなく、民間活力だけでは解決できない社会的課題などをテーマに、政府が資金を投入して解決することを目指しています。そこで今回は選ばれたのが、教育と介護の分野です。教育の分野の支援といえば、本来は教育効果を上げることが目的になるのですが、今、学校の先生は日常業務だけで手いっぱいの状況です。そして、少子高齢化は、今後日本だけの社会課題ではなくなってくるはずですが、日本でうまく適応できたモデルは、海外でもある程度展開できるかもしれない。介護の分野も、人間が直接手を動かすことが重要なのです。だからといって、人手だけで補おうとすると、日本人の大半が介護をしなければならなくなる。したがって、いかに少ない人数で、多くの人に一定レベルの介護が提供できるかを考えなければなりません。

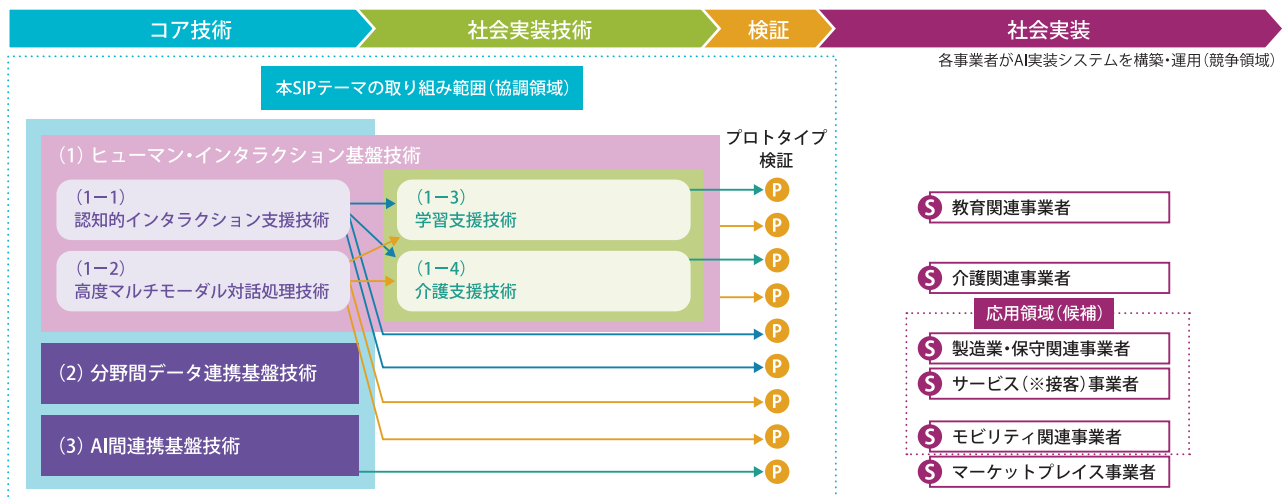
また、今回は接客も優先ターゲットにしました。日本の接客は「おもてなし」など、海外に比べて競争力があります。その品質優位性の競争力に、さらに生産性の観点を加え、総合的な競争力強化につなげようというものです。接客は販売だけでなく飲食や宿泊など、さまざまな場面で必要です。そういった場での接客スキルをできるだけ迅速に向上させ、現場で支援できればいいと考えています。

成果はいろいろありますが、その中でも、特に介護分野は研究開発がうまく進んだと感じています。例えば株式会社アルムは、AIを投入してさまざまなデータを分析し、被介護者の健康状態などを把握する研究を進めています（p.106 参照）。そもそも、介護は医療の一部でもあるのですが、関わっているのは医療従事者ではなく介護従事者なのです。被介護者の健康状態を把握するには、ある程度の医療に関わる知識も必要になってくるため、アルムは各種ウェアラブルIoTや医療機器、福祉機器のデータを連携・収集するモニタリングAIと遠隔医療AIによって、慢性的に人手不足である介護・看護現場を支援し、介護従事者の負担を減らしました。

また、株式会社abaが開発した排泄センサーは、排泄された尿と便が識別できます（p.112 参照）。これだけでも、十分技術的にすばらしいのですが、abaが今回の研究で目指したのは、介護現場におけるDXです。すなわち、尿便識別をデジタル化して、介護プロセスを変えます。現状の介護施設では、被介護者は朝8時から9時までという決められた時間内に排泄しなければいけません。とはいえ、誰もが毎日決められた時間内に排泄できるわけではないので、被介護者にとっても介護従事者にとっても、大きな負担になっています。それに対してabaのソリューションは、この人はこういう食事を与えてこういう投薬をすると、大体何時くらいに排泄があると予測します。そして、その個人ごとの排泄予測時刻に応じて、介護オペレーションをモジュールごとに組み替え、被介護者ならびに介護従事者の負担を減らすというものです。

そして、KDDI株式会社の会話用AIコミュニケーションモジュールは、ケアマネジャーによる高齢者への面談を代替するシステムです（p.66 参照）。健康状態悪化と相関があるといわれている、高齢者のコミュニケーション不足を抑制するために、高齢者と対話できる音声対話インターフェースを開発しました。そのインターフェースを介して対話や雑談の機会を増加させ、コミュニケーション不足を解消させます。その際に、現在の体調やご飯をきちんと食べているのかなどの情報も聞き出してデータとして記録します。実際に、システムの雑談的応答に対して笑顔を見せたり、雑談中にシステムが話した生活のヒントなどに対して、「私も試してみます」というポジティブな反応を示す高齢者がいることも研究の中で確認できました。





「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の出口戦略

## コンソーシアムの設立や国際標準化の必要性

—— 研究成果の活用について、今後はどのような展開をお考えでしょうか。

**持丸** 基盤技術の社会還元は、往々にしてビジネスになります。例えば、まだ水車がない時代に、ある業者が水車の仕組みを思いついたとします。それを知った国は、その業者に対して水車を開発する資金と、水車を動かすために必要な水源を5年間提供すると提案してくるでしょう。提案を了承した業者は、水車を開発しながらも、世間に向けて水車を使うメリットをアピールします。5年後に水車を完成させた業者は、国が水源を引き上げても自力で水源を確保して、実際に水車を動かしながら外部にアピールします。それを見た人がその業者から水車を購入するだけでなく、別の業者が真似をして水車をつくり始めるかも知れません。

一方で、その業者が水車を回し続けているのを見に来る人がいないと、真似をする業者も現れません。さらに、実際に水車をつくるのはそう難しくないし、水源の確保もそれほど手間がかからないと言ってくれる人がいなければ、なかなか広がらないのです。そこで、ほかの業者も新たな産業に参入しやすくするための外部組織が必要になってきます。

—— それが今回のプログラムの中で設立された、ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアムの役割なのですね。

**持丸** そうです。従来は、最初に水車を開発した事業者がそのつくり方を独占し、水車という製品の普及と大量生産で利益を出す考え方でした。しかし、1社独占では普及がなかなか進みません。そこで、水車のつくり方を公開し、むしろ水源の探し方や効果的な水車の使い方というサービスで利益を出していく形を考えています。サービスで利益を出すには製品である水車の普及が欠かせません。そこでコンソーシアムが普及の役割を担うのです。

コンソーシアムの役割は、開発者と同じビジネスモデルで利益を出したいほかの業者の間に入ってプロモーションやマッチング、ディストリビューションをすることです。開発者が1社だけで声掛けするよりも、いろいろな人を集めてくるので、プロモーションの効率も良くなる。また、新しい産業を普及させていくには、ルールづくりも必要になるので、そうした役割もコンソーシアムが持つこととなります。

私は産業技術総合研究所の中でISO TC 312（サービスエクセレンス）の策定に関わっていますが、ここでは優れたサービス提供能力を持っている日本企業が、世界でより高い評価を得られるようなルールづくりを進めています。そういった取り組みと今回の成果の普及は合致するところが多いので、今後標準化の取り組みを進めていく上でも、今回の研究成果を継続させることが重要になると考えています。



# ヒューマン・インタラクション基盤技術における AI の役割と出口戦略

未来報酬株式会社代表取締役  
兼村厚範

## 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」と AI

—— 兼村先生は「ヒューマン・インタラクション基盤技術」のサブプログラムディレクターとして、特にAIの技術面をサポートしています。「ヒューマン・インタラクション基盤技術」で用いられるAIには、どのようなものがあるのでしょうか。

兼村 人と人のコミュニケーションとは高度なスキルで、これをAI化するには、内的認知を推論して、視聴触覚統合型のインターフェースでフィードバックする技術が不可欠です。

高度なサービススキルを持つ熟練者は、サービスを提供する際に一方的に判断したり行動したりするのではなく、顧客の状態に応じて柔軟に対応します。例えば、空港の接客カウンター業務を例にして、飛行機に乗り遅れた顧客AとBが相談に来たとします。このうち、Aの顧客はバカンス帰りで、かつ日程に余裕があり、翌日の便に振り替えても問題ないと考えているのですが、Bの顧客はビジネスでのフライトなので、打合わせに出るために必ず当日中に目的地に着かなければならない状況にあるとします。その場合、Bの顧客は目的地に向かう次の便が予約できなければ、近隣空港への振り替えでも構わないと思っているかもしれません。このように、それぞれの顧客が置かれた状況や立場によって、適切に提供できるサービスの内容は異なります。

こうした際、顧客自身があっけりと自分の状況や要求を言葉で説明してくれればいいのですが、そうとは限りません。また、直接要求は伝えてくれても、それが無理なら別の方法でもいいといったポジティブな要求なのか、絶対にその方法にしてもらいたいというネガティブな要求なのかは、特にまだ慣れていない接客係が素早く正確に読み取るのは簡単ではないと思います。その場合、接客の熟練者は顧客の表情や態度から相手の状況を敏感に察知します。そして、それぞれの状況に合わせた提案を考えます。

このように、目の前にいる顧客がどのような状態なのかを読み取っていくことが、内的認知の推論な



### 兼村厚範(かねむら・あつり)

2009年京都大学大学院情報学研究科修了、博士(情報学)。国際電気通信基礎技術研究所(ATR)、大阪大学産業科学研究所などを経て、2014年に国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)に入所。2018年からAIスタートアップ企業の執行役員を務めた後、現在は、産総研の招聘研究員やATRの客員研究員として研究を続ける一方、未来報酬株式会社代表取締役を務める。研究者としては機械学習の諸分野への応用、生体信号処理を専門とし、ビジネスにおいては技術スタートアップの支援を通じた先端技術の社会展開を推進している。

のです。「ヒューマン・インタラクション基盤技術」では、そういったAIの研究開発が進められました。  
—— 視聴触覚統合型のインターフェースという話がありましたが、顧客の状況や立場などの推論をAIで実現した場合、それをどのように活用するのでしょうか。

兼村 この例では2人の顧客の例しか取り上げていませんが、実際には数多くの顧客を相手にしなければならないわけで、そのために「この状況でこのような顧客に対して、熟練者はこうしたサービスを提供しています」というルールをたくさん集めただけでは、経験の浅いスタッフがそれらのルールを活用して顧客に対応することは難しいでしょう。なぜなら、それらのルールを全て暗記するには無理があるし、そもそもさまざまな条件分岐を全て網羅したルールをつくることは困難だからです。

そこで、実際のサービス提供の現場では、個々の顧客の状態をもとにしてとるべきアクションを、なんらかの方法でAIがスタッフに提案(フィードバック)できれば、丸暗記しておく必要はなくなります。フィードバックの仕方には、インカムでの音声指示をはじめ、スマートフォンやタブレット端末に文字や記号、図形を表示するなどいろいろとあります。また、トレーニングの場においては、VRゴーグルを着用して仮想的に現場を再現することで、よりリアルでリッチなフィードバックも可能になるでしょう。実際に、熟練者と呼ばれる方は、事前に決まっている一本道の行動をとっているわけではありません。目の前にいる顧客は今どういう状態なのか、どういう文脈で今ここにいるのかなどを、服装や荷物のおおきさなどさまざまな要素からセンシングして状況判断し、言葉によるインタラクションを使いながら、これならば相手が納得してくれそうだと思う提案を個々のケースに応じて考えているのです。

こうしたサービスの提供については、教育や介護の現場であっても有効に活用できます。顧客と同じように、目の前にいる学習者や要介護者にどう対応すればいいのかを考える上で、センシングや状況判断、アクションの決定も重要になってきます。

## 分野横断的に展開できるAI要素技術とは

—— 研究開発されたAIを展開するにはどのような課題がありますか。

兼村 AI要素技術の展開には、二つの段階があります。最初の段階は、汎用性は高いのですが、そのままではアプリになりにくい技術です。画像認識などは、写真に写っているのが犬や猫だと分かったとしても、それだけではアプリになりません。また、画像認識による人の顔の認識技術も、体温測定と組

み合わせたり、イベントの入場者をカウントしたりするなど汎用性は非常に高いのですが、汎用性が高いがゆえに、特定の目的を想定したアプリ化にはいろいろとつくり込みが必要になります。

例えば、体温測定では顔の中で皮膚が露出している部分の温度を測ることが必要であり、マスクの部分の温度を測っても意味がありません。したがって、人の顔を認識したら、その人の肌の部分をさらに認識させる必要があります。また、入場者のカウントでは、同じ人を何回も重複してカウントしないために複雑なアルゴリズムを入れておく必要があるなど、汎用性の高いAIを使って実用性のあるアプリに仕上げるには、さまざまな工夫が必要になります。

そこで、次の段階では、より状況が限定されるので汎用性は低くなるのですが、実用性の高いアプリがつかれるAI要素技術が求められます。例えば、第2段階のAI要素技術の例として、コンクリートのひび割れを認識するアプリがあるのですが、これは第1段階の画像認識をコンクリートのひび割れに特化したものなので、第1段階ほどの汎用性はありません。とはいえ、コンクリートのひび割れの状態を認識するために、トンネルの画像を大量に集めたとしても、その認識技術はトンネル以外にも同じようにコンクリートが使われた建造物の点検などに転用できる可能性があるのです。すなわち、ひび割れの認識という共通の目的で、トンネル以外にも横展開できるということです。

このように「ヒューマン・インタラクション基盤技術」では、あらかじめ応用分野を想定した上で、第2段階目の横断的なAIをつくることに注力しています。どんなアプリにも汎用的に使えるAI技術の基礎研究ではなく、ヒューマン・インタラクション領域の中で、具体的な目的を持つアプリを実現するAI技術をつくっているのです。

—— 画像認識以外にも、横展開できるAI要素技術の例がありますか。

**兼村** 感情認識も画像や音声を認識することにはなるのですが、一般的にAIによる感情認識というと、心理学における感情をAIで認識する、汎用的な手法の開発が目的になると思います。しかし、SIPにおいては、サービス提供に必要な範囲で感情が読み取れば良いのです。そして、表情や声色に現れる感情だけでなく、その場の状況や、そこに至る文脈も重要となります。

例えば、接客係の説明中に顧客の表情が曇った場合、それが通常の商品説明の最中であれば、単に説明不足があったのではないかと判断し、より丁寧に説明し直すといった行動をとれば良いでしょう。一方で、表情が曇ったのが、顧客からの要求を断ったタイミングであれば、それは相手が少し不機嫌になったという反応であり、「ちゃんと伝わらなかった」と判断してわざわざもう一度断りの言葉を発してしまうと、逆効果になってしまいます。このように、AIによる感情認識も、接客で使われる場合はその場に応じて状況判断できる機能を持ったものが求められます。ここで目指している感情認識は、心理学的な意味で深い感情を読み取っているのではなく、サービス提供に役に立つ状態認識をしているのです。

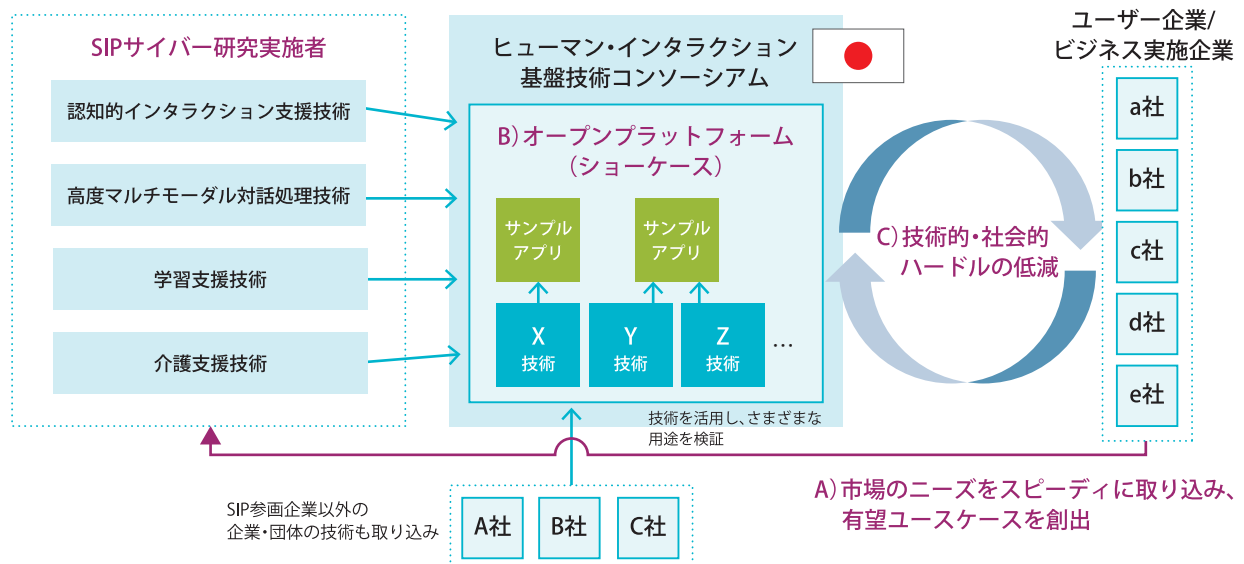
## AI要素技術のビジネス展開と国際標準化の課題

—— AI要素技術のビジネス展開と国際標準化の課題として、国内B2B（接客サービス、製造）、B2G（学習、介護）、B2GP（維持管理）への普及が挙げられています。これについてどのようにお考えですか。

**兼村** ビジネス展開に関していえば、SIPの受託者の方々には直接ビジネスを展開する事業会社もあれば、そうではない研究機関もあります。前者の場合は、AI要素技術を自社ビジネスに生かしつつも、プラットフォームなどと合わせてオープンにすることで、さらなる展開を図っていきます。例えば、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社には公教育（B2G）向けの「まなびポケット」というプラットフォームがあるのですが、ここにさまざまな教材が載って活用されるようになります。また株式会社アルムは、まず自社プロダクトの「Team」にAI要素技術を導入するのですが、技術そのものはほかにも転用可能です。

後者の研究機関の場合、例えば産業技術総合研究所では「ヒューマン・インタラクション基盤技術コ





### 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」のオープンイノベーション戦略

ンソーシアム」という組織を立ち上げて技術モジュールを集約し、その参加企業が実際に「ヒューマン・インタラクション基盤技術」を利用・普及させます。この際に重要なのは、その技術が何に使えるどのような効果があるのかというエビデンスがあることです。その上で、各社のマーケットニーズとうまく組み合わせさせたところに、まずは展開していくことになるでしょう。

国際標準化については、公的な標準化団体によって定められたデジュール標準とすれば、さまざまな事業者が参入し、技術モジュールやプラットフォームを使ってもらいやすくなります。まずは国内で普及が進むと思うのですが、そこに閉じないための営業ツールとしても有効です。サービス提供の品質については、すでに ISO TC 312 (サービスエクセレンス) として策定が進みつつありますが、顧客満足度の向上にとどまらず、顧客から支持されるようになるには画一的なサービスではなく、顧客に応じたサービスが重要と位置付けています。「ヒューマン・インタラクション基盤技術」は、そのためにこそ役に立つと信じています。国際競争の観点でいえば、マンパワーが膨大な中国などに対して品質で勝負するという戦略があり、そのためにも標準化が武器になります。

一方でビジネス展開においては、技術の社会受容性の課題が重要であると考えています。例えば、「あなたの感情状態が、AIによって読み取られます」と言われると、メッセージの出し方によっては抵抗を感じる方がいるかもしれません。とはいえ、実際の AI 技術はそこまでには到達しておらず、内心の感情を正確に読み取ることは不可能です。せいぜい、表情や声色、目線などの表現から推測するしかなく、それでも精度は心理学的には高いとまではいえません。しかし、本 SIP では適用ドメインを限り、なおかつ「感情を正確に認識すること」ではなく「サービス提供に必要な情報を読み取ること」に特化することで、実用性を高めています。このように、技術内容を誤解のないように説明し、技術による便益を理解・実感してもらう努力も必要になってくるでしょう。



AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

# マルチモーダルデータによる 自動状態記述システム

国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学

- サービス業務中の状況をスタッフ・顧客の感情まで含めて把握し、そのスキルを明らかにして支援する認知的インタラクション支援技術を開発した。
- マルチモーダル深層学習に基づく接客支援 AI の開発のため、接客対応の場面に基づいた発話音声・発話テキストや、表情のデータに基づいた「接客データベース」を構築した。
- 日本語会話音声のための音声分離技術の研究開発を行い、実際の日本語接客音声会話への適用として、航空接客業務の模擬シナリオに基づいた接客行動実験動画を活用した。

## 1 研究の目的

本研究課題では、これまで技術的に困難であった、サービス業務中の状況をスタッフ・顧客の感情まで含めて把握し、それに対処するスキルを明らかにして支援する認知的インタラクション支援技術を活用するためのマルチモーダルデータによる自動状態記述システムを開発した。

サービス業務に従事するスタッフの業務訓練に関するコストは、新人スタッフの時間的コストに加え、トレーナーとなるスタッフの時間的コストも必要となることから、業務訓練の生産性を向上させることが必要である。

本研究課題では、業務訓練現場の生産性を向上させることを目的とし、人工知能（Artificial Intelligence：AI）技術を活用し、音声や映像、テキスト（発話内容）、整理指標などの複数のデータを多角的な視点から接客現場の評価・振り返りが可能なシステムの開発を目指した。

具体的には、接客場面におけるヒトの状態（スタッフ・顧客の怒り・悲しみ・喜びなどの感情カテゴリー、またはポジティブ・ネガティブの感情度合い、スタッフの接客対応など）の変化を時系列に推定可能な AI 技術を開発するためのデータベース構築を行うことを目的とした。そして、AI 技術を活用した接客の状態を記述する

システム開発を行い、その分析結果を可視化するためのツール開発を進め、現場企業での有用性を考察した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018 年度～2022 年度

### (2) 実施方法

#### 1) タスク内容データベースの構築

本研究課題では、サービス業務中の作業員（スタッフ）が行っている認知的インタラクションの整理を行うため、アンケート調査やヒアリング調査といった質的研究、現場企業の協力のもと、接客対応時の発話、視線、身体動作などのデータ計測といった量的研究に分類し、データ取得を進めた。

質的研究では、実現現場での接客対応のタスクの整理を行うヒアリング調査を行った。調査では、作業員が知覚している情報のセンシングや作業員の行動・反応の計測だけでなく、エスノグラフィカルな手法、表情分析による感情推定手法も検討した。

また量的研究では、現場企業の協力のもと、認知的インタラクションに関係する情報を感情面まで含めて測定

し、作業者の心理的状況および身体状況と連携させて整理したタスク内容データベースの要素を抽出し、データ計測および分析を行った。

上記の研究計画に基づき、2018年度と2019年度には質的研究であるヒアリング調査および現場企業のスタッフに対する大規模アンケート調査を行った。さらに、2019年度には量的研究である模擬接客現場を構築し、現役スタッフの協力の下、人間計測を行い、接客対応のデータを計測した。

2020年度と2021年度には、顧客とスタッフとの間のインタラクションで発生する感情変化および時系列でのインタラクションモデルを構築する分析を行い、熟練度の違いを比較するための手法を検討した。

さらに、2021年度と2022年度には、サービス業務中の状況をスタッフ・顧客の感情まで含めて把握し、そのスキルを明らかにして支援する認知的インタラクション支援技術としてのAI技術開発との連携を目指し、接客場面での発話音声に焦点を当てた接客データベースの構築を行った。

## 2) マルチモーダル深層学習に基づく接客支援AIの開発

本研究課題では、サービス業務中の状況をスタッフ・顧客の感情まで含めて把握し、それに対処するスキルを明らかにして支援する認知的インタラクション支援技術を開発するために、接客業務におけるサービスQoEを自動推定するためのAI技術（マルチモーダル接客支援AI）を開発した。

マルチモーダル接客支援AIの研究開発の一つとして、顧客の感情表現の重要性に着目し、要素AIのためのマルチモーダル日本語感情推定システムの検討、プロトタイプシステムの開発を行った。本研究課題では、まず、既存の日本語感情音声コーパス（東北大学が開発したデータベース）を利用して、音響・テキスト（発言内容）の二つのモダリティを同時に考慮する深層学習モデル（Multimodal Transformer）を構築した。

さらに、顧客やスタッフの感情推定をはじめ、接客品質を評価するためのAIのプロトタイプを開発するにあたり、「実環境における接客会話解析」を頑健に行うには、複数人による会話音声を話者（顧客、スタッフ）ごとに発言区間を同定（あるいは分離）する処理が要素技術として重要となる。そのため、本研究課題では、話者同定（話者ダイアライゼーション）技術ならびに音声分離技術、さらに音声認識など「日本語接客会話解析基盤」

に関する研究開発を行った。

## 3) マルチモーダルデータによる自動状態記述システムの開発

本研究課題では、接客対応におけるスタッフのサービス品質やトレーニングポイントを可視化。対応品質を客観的に評価できるシステムの開発を目指し、これまでの評価結果、またAI技術を実装した。

# 3 本研究の成果

## (1) タスク内容データベースの構築

はじめに、質的研究に取り組み、研究課題の整理を行うこと、また実現場での接客対応のタスクの整理を行うためのヒアリング調査を行った。特に現場企業の空港ロビー接客業務では、接客時に推定する情報として業務スキルだけではなく、インタラクションにおける感情コントロールがより重要であり、そのスキルを理解するには、業務スキルと感情に影響するコミュニケーションスキルの分離が重要となる。そのため、タスクの細分化とスキルの概要の理解のために、まずグランドスタッフの熟練層（エキスパート）と新人層（ノービス）の意識の差、顧客への対応法の違いをエスノグラフィカルな手法により検討した。インタビューの結果、エキスパートは、接客の初期段階から先入観を持たずに冷静に顧客の心理や問題状況を把握するための問いかけを意識して行っていた。また会話だけでなく、非言語のコミュニケーションスキル（うなずき、表情、話し方、声のトーン、距離感、立ち位置など）を顧客の状態に合わせて意識的に変化させていることも明らかとなった。一方、ノービスは会話の内容、言葉遣いには注目するが、非言語のコミュニケーションスキルに対する意識は少なかった。またエキスパートは接客業務を楽しむ姿勢が見られ、自分らしい接客法（自身のパーソナリティに合った接客法）を持つなど接客行動に多様性があることも明らかとなった。さらにスタッフが持っているスキルを明らかにし、それぞれのスキルを従来の計測技術を用いてセンシングすることが可能であり、客観化できることを明らかにするため、スタッフを対象とした大規模な（1000名を超えるグランドスタッフ経験者）アンケート調査を行った。この調査は、現場の協力企業のグランドスタッフの経験を有するスタッフに対してのWebアンケート形式で依頼した。

その調査結果から、接客応対に必要な顧客へわかりやすい説明などのスキルや顧客視点に立った行動に関するスキルでは、おもてなしに関する資格を有しているスタッフの意識が相対的に高いことがわかった。一方、マナーなどのスキルでは、おもてなしに関する資格の有無に関わらず、回答した多くのスタッフの意識が相対的に高いことがわかった。

量的研究では、現場企業の協力のもと、認知的インタラクションに関する情報を感情面まで含めて測定し、作業者の心理的状況および身体状況と連携させて整理したタスク内容データベースの要素を抽出し、データ計測および分析を行った。模擬接客場面での接客応対評価実験では、現場企業の協力のもと、10名のスタッフに参加いただき、データ計測を行った。本実験では、スタッフの発話音声・身体動作・視線・生理データ（心拍）、また顧客の発話音声・身体動作を同時に収集し、顧客とスタッフのインタラクション時のデータ収集を進めた。さらに接客応対の時系列分類手法の構築のため、行動遷移の分類を定義した（図1）。その理由として、行動遷移分類は接客行動を客観化し、行動をプロセス化した上

で接客中に必要な行動を分析するために必要と考えた。これによって、トレーニングの視点から、熟練度向上のために必要な知識・支援を行うことが可能になることが考えられた。モデルの構築にあたっては、現役スタッフやロビー業務経験者らとの意見交換を重ね、接客時のプロセス状態や各相への遷移のポイント、各状態で行うべきことを記述した。これらの意見交換の結果を踏まえ、以下の通り各相で行うべきことを分類化した。

第1相では、スタッフが困りごとのある顧客からの話を受ける（もしくは困っている顧客に話しかける）こと、お迎えの挨拶をすることなどを主なタスクとした。

第2相では、顧客が困っている事柄を聞き出すことを主なタスクとした。

第3相では、顧客が困っている事柄に対する解決策の提示をすることを主なタスクとした。

そして第4相では、顧客が解決策（もしくは代替案）に対して納得または理解し、事柄が解決すること、または顧客の困りごとの内容次第では、接客のクロージングを行うことを主なタスクとした。

本モデルを活用し、本研究課題で取得した現役スタッ

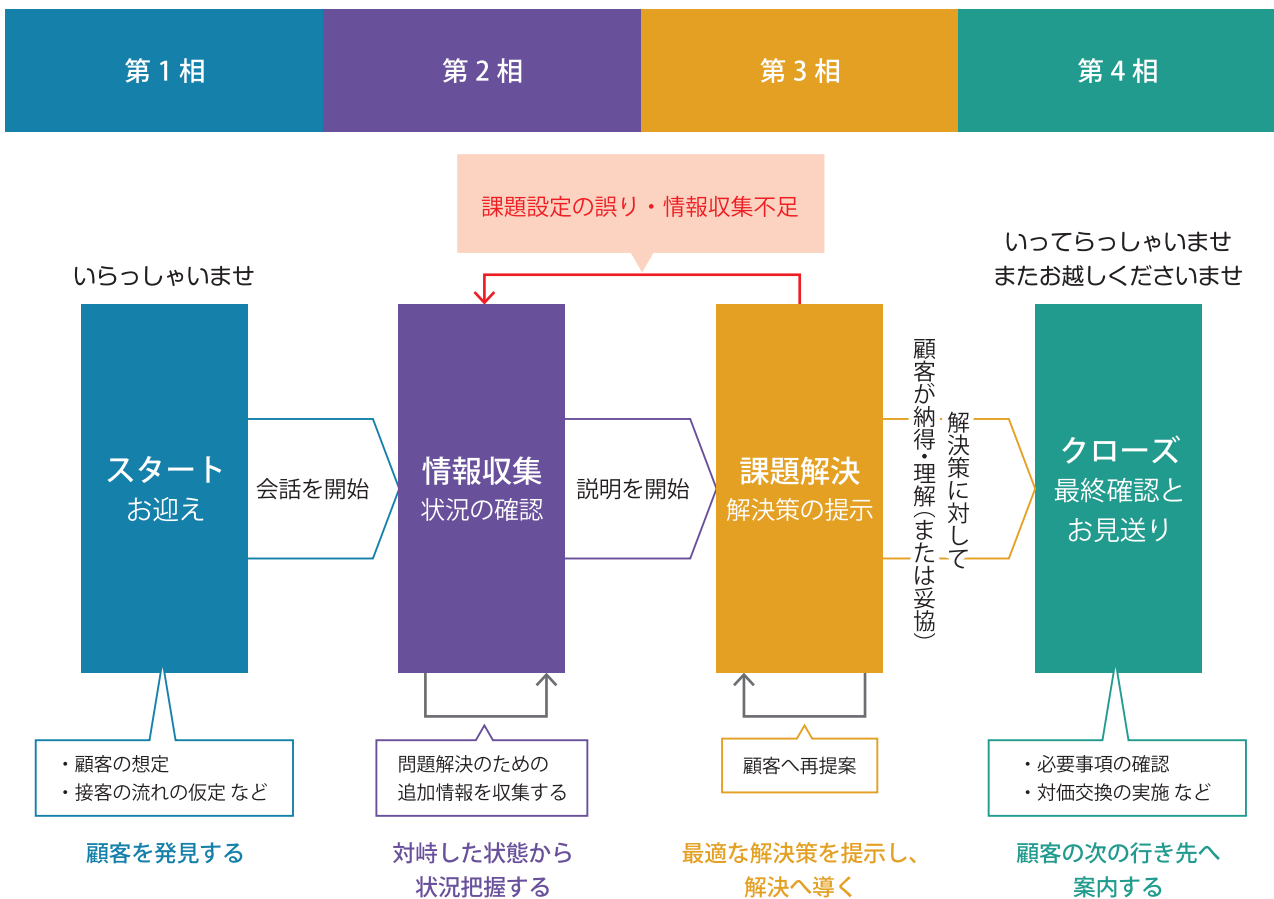


図1 行動遷移分類手法の概念モデル

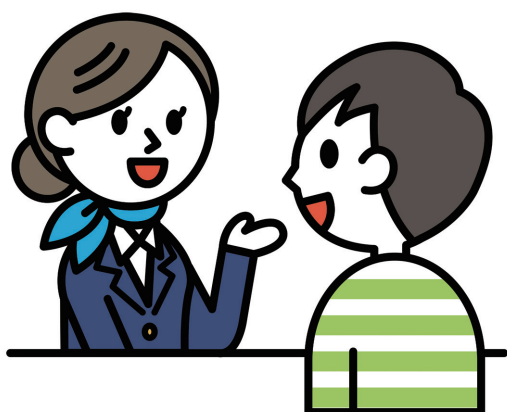


フを対象とした模擬シナリオにおける接客行動の実験結果を評価した結果から、熟練度の違いにより第3相（課題解決：解決策の提示）に要する時間が異なることがわかり、熟練度推定の可能性を示唆した\*1。

さらに、マルチモーダル深層学習に基づく接客支援AIの開発へつなげるため、接客時のプロセス状態や遷移ポイント、各状態で行うべきことを発話内容から可視化するための発話内容データの収集と発話音声解析を進めた。特に発話音声解析では、スタッフの話速と接客時のプロセス（どの相の対応をしているのか）の整理を行

い、エキスパートは顧客のニーズから理論立てて提案しているのに対して、ノービスは最初に考えられる提案を提示する（つまり顧客が不満・不安を返すため代案採択へと導けない）傾向にあることを示した。

他方、研究課題（2）「マルチモーダル深層学習に基づく接客支援AIの開発」のため、演劇経験者に協力を仰ぎ、「接客データベース」を構築した。接客対応の業種取得するデータは、表情（3方向）、そして発話内容と発話音声とし、それぞれを時刻同期した状態で記録した。顧客とスタッフとのインタラクションとして、本デ



接客会話1チャンネル音声データ



接客会話の性質によって2つのシステムを使い分ける  
(複数話者の発話の重なりが多い場合は話者分離、それ以外は話者同定、等)



図2 話者同定／話者分離技術

\*1 近井学, 伊藤納奈, 水浪田鶴, 遠藤博史, 氏家弘裕, 岩木直, 山口忠克, 曾原倫太郎, 曾布川美穂, 遠藤康平, 鳥居由紀子, 名倉千紘, 佐藤洋. 接客場面における対人コミュニケーションのインタラクションモデルの基礎的検討, 電子情報通信学会技術報告, vol.121, no.52, pp.12-16, 2021.

\*2 C. Busso, M. Bulut, C.C. Lee, A. Kazemzadeh, E. Mower, S. Kim, J.N. Chang, S. Lee, and S.S. Narayanan. IEMOCAP: Interactive emotional dyadic motion capture database, Journal of Language Resources and Evaluation, vol. 42, no. 4, pp. 335-359, 2008.



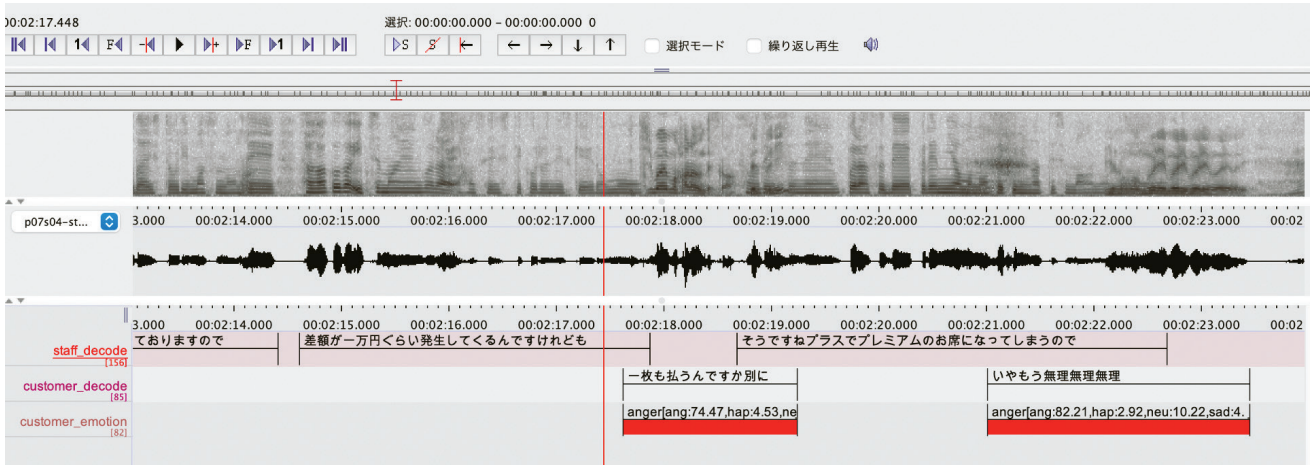


図3 マルチモーダル時系列データの可視化

データベースに格納するデータは接客対応の一往復でのやり取り（例：顧客→スタッフ→顧客）とした。接客対応の業種は、旅客業（航空接客業）、飲食サービス業（レストラン、コーヒーショップ）、小売業（コンビニエンスストア、アパレル、百貨店）の6業種とした。また、接客対応の場面は、ファーストコンタクト（顧客・スタッフが対峙した場面）、解決策の提示（顧客の困りごとを解決した場面）、クロージング（接客が終了した場面）とした。感情表現としては、接客対応場面での顧客の感情が表出しやすい、喜び、驚き、期待、怒り、悲しみ、不安、さらにニュートラル（快／不快状態、覚醒／非覚醒状態ではない）の7種類とした。上記の条件に基づき、6業種×3場面×7感情の合計126シナリオの顧客およびスタッフの発話内容（テキスト）を用意した。これらのデータを26名の役者に演じてもらい、接客データベースを構築した。

## (2) マルチモーダル深層学習に基づく

### 接客支援 AI の開発

マルチモーダル接客支援 AI の研究開発の一つとして、バイモーダル感情推定システムの構築・検証を行った。これは会話形式の接客シーンにおける感情分析を行うことを目的としたもので、音響特徴ならびにテキスト（発言内容）の両面（バイモーダル）から発言者の感情状態を推定するものである。膨大なデータから学習された自己教師あり学習モデルを深層学習アルゴリズム Transformer で統合する新たな手法を提案し、英語公開感情データベース（The Interactive Emotional Dyadic Motion Capture : IEMOCAP）\*2 で検証したところ、同データベースにおける最高水準の性能を達成できること

がわかった。また、本感情推定システムを前述の「接客データベース」を用いて学習・適応化することで、日本語接客音声においても高い性能を実現した。

並行して、音響特徴のみ（ユニモーダル）による感情推定システムの開発も併せて行い、日本語を含めた多言語感情音声データベースを用いたマルチリンガル感情推定を実現した。こちらはバイモーダルシステムに比べて基本的な性能は劣るものの、システムが簡便で適用性が高く、航空接客業等多言語対応が必要なシーンで必要不可欠な技術になると考えられた。

さらに、日本語接客会話解析基盤の高度化として、接客会話解析のための話者同定（ダイアライゼーション）システム／話者分離システム（図2）、日本語音声認識システムの研究開発に取り組んだ。いずれにおいても、特に適応化（fine-tuning）の技術・モジュール開発に注力し、接客データベースならびに実接客訓練データを用いた開発と検証を実施した。実現場接客シーンで想定される音声計測条件（スタッフのみが装着した小型簡易マイクでの計測で顧客の音声データも収集）といった、残響やノイズの影響が大きい条件下においても高い性能を達成できることを示した。また、以上の一連の解析技術の結果を時系列に統合し、可視化・プレイバック可能なツールを構築した（図3）。

## (3) マルチモーダルデータによる

### 自動状態記述システムの開発

現場企業の業務訓練の生産性を向上させる手法の一つとして、マルチモーダルデータによる自動状態記述システムの開発を行った。

本システムで取り扱うデータは、実現場で収集可能な

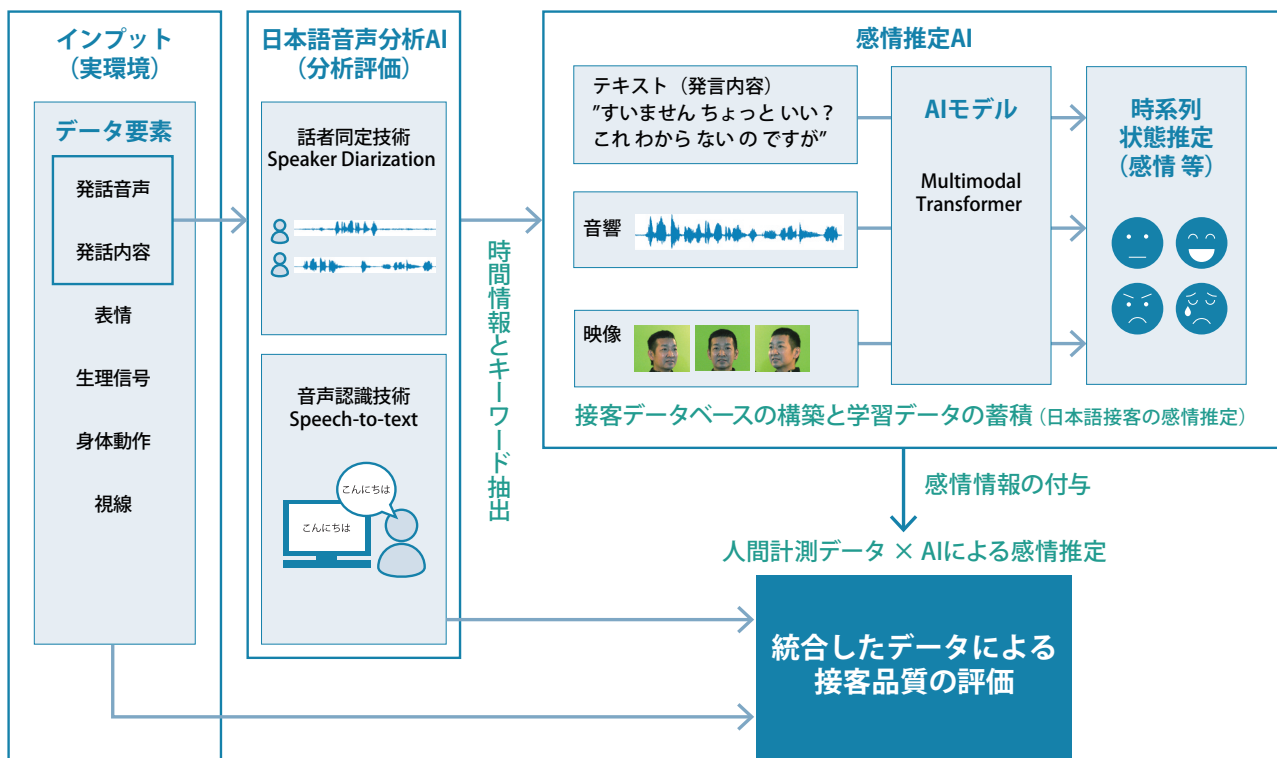


図4 マルチモーダルデータによる自動状態記述システムのデータフロー

発話音声をはじめとする計測データである（図4）。この中で、発話音声のデータを活用し、研究課題（2）で開発した日本語音声分析AIと感情推定AIへデータを入力する（インポートする）ことで、接客対応の時系列に従って感情情報が付与されるシステムを開発した。データ閲覧時には、動画像やほかのマルチモーダルデータと統合して接客対応を閲覧することが可能とした。

このシステムが実現できることで、トレーナー（指導者）やトレーニー（新人スタッフ）の業務訓練が可視化され、高いサービススキルの獲得が容易になり、訓練時間短縮や訓練コスト削減などの効果が実現できる。

## 4 まとめと今後の展望

本研究課題では、これまで技術的に困難であった、サービス業務中の状況をスタッフ・顧客の感情まで含めて把握した。それに対処するスキルを明らかにして支援する認知的インタラクション支援技術を開発することを目指した。現場企業との連携によるインタビュー調査やアンケート調査などの質的研究に加え、模擬接客対応場面の計測実験などの量的研究を組み合わせ、タスク内容データベースの構築を進めた。さらに、マルチモーダル深

層学習に基づく接客支援AIの開発を研究グループ内で連携して進め、現場企業が訓練場面で活用しやすいマルチモーダルデータによる自動状態記述システムの開発を進めた。

今後の展望として、現場企業の業務訓練中に行うべき事項の整理を行い、潜在的な現場ニーズを把握・理解するためコンサルテーションの実施体制および本システムのパッケージを円滑に現場企業へ提供するための仕組みを構築することで、本研究課題で開発した技術を活用しやすくし、ビジネスへの展開を推進する計画である。

## AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

# 飲食業向け気づきスキル VRトレーニングシステム

国立研究開発法人産業技術総合研究所

- 飲食サービス提供業務中における店舗のスタッフ・顧客の状況を感情まで含めて把握して業務プロセスを適切に遂行するためのスキルを明らかにし、これを支援する認知的インタラクション支援技術についての研究を進めた。
- 特に飲食サービスにおける接客担当者の「気づき」と「優先順位判断」に関するスキルは従来手法でのトレーニングと評価が困難であったことから、トレーニング専用のVRシステムを開発し、複数箇所で行われる状況変化を注意深く観察して、状況を把握・対応する訓練を可能にした。

## 1 研究の目的

労働人口減少が続く我が国において労働力の確保は全産業に共通の課題である。特に離職率が高く、労働力の8割を非正規雇用に頼っているとされている飲食サービス業においては迅速な人材育成は重要な課題となっている。特にサービスを提供する業務においては、複数の顧客の感情を含めた状態、連携する同僚の感情を含めた状態を把握して、適切に業務プロセスを遂行するための判断と対応が求められる。このような場合に人が自然に行っている、相互に認知能力を有する人同士の認知と行動によるインタラクションを「認知的インタラクション」と定義してモデル化することで、その過程を支援する技術について研究を実施した。この研究を通して、サービス品質を向上させるための支援のポイントや、必要なスキルをトレーニングするためのポイントが可視化され、高いサービススキルの獲得が容易になり、訓練時間短縮や訓練コスト削減などの効果が期待される。さらに、人の感情への配慮を技術により支援するところにまで発展させることで、顧客満足度や従業員満足度の向上を技術で支援する可能性についても期待される。

この研究を推進するにあたり、将来におけるAI技術の活用を想定し、作業者が知覚している情報や作業者の行動・反応の計測技術、エスノグラフィカル\*1な手法、表情分析による感情推定手法などさまざまな手段を用いて、作業者が行っている認知的インタラクションに関係する情報を感情面まで含めて測定し、作業者の心理的状況および身体的状況と連携させて整理する、タスク内容データベースの構築を目指した。その具体的な手段として、現場の人材育成の課題を解決するトレーニングシステムを実現・導入することで短期的な人材育成の課題を解決しつつ、長期的にはこのシステムの活用を通してエキスパートのさまざまな知見や訓練時のデータを収集・AI活用のための情報基盤構築を目指した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) VR業務訓練システムの開発

最終的にタスク内容データベースを構築し、AIによ

\*1 異文化・コミュニティの中に実際に入り込み、行動観察やインタビューを行うこと。





図1 飲食業向け気づきスキル VR トレーニングシステム

る分析に用いることができる有用なデータを大量かつ継続的に蓄積するには、従業員が計測されることにより直接的な恩恵を受けられると同時に、計測の負担が最小限になるような仕組みを構築する必要がある。そこで、実証研究の協力企業との意見交換を重ね、実質的な恩恵を受けながら従業員の状況を低コストで計測・蓄積できる仕組みとして VR 業務訓練に着目した。

2018年度は、飲食接客業務における業務スキルに関して実務担当者にインタビューし、ハンディ端末を操作しながら接客すると同時に、店内状況を把握する認知タスクに困難がある点や、店内の状況からやるべきことを瞬時にスケジューリングして手順をこなす必要がある点について課題を確認した。さらに、社内における教育資料冊子と映像コンテンツを分析し、特に認知的インタラクションと関連が深いと思われる認知タスクの抽出と整理を試みた。

以上の調査に基づき、2019年度は、特に現在の訓練方法であるOJTでは明示的にトレーニングできているかどうかの検証が困難な訓練タスクとして、複数箇所でも同時に起こっていることに対する「気づき」と「優先順位判断」の訓練を抽出し、これらのスキルを訓練する飲

食業向け気づきスキルを訓練するためのVRトレーニングシステムの開発に着手した(図1)。訓練システムでは、体験者はHMD(ヘッドマウントディスプレイ)を装着してVR空間内に再現された店舗内に没入し、店内の状況や顧客の様子に目を配りながら、複数のテーブルに対する接客訓練を行う。訓練者の気づきや優先順位判断の手掛かりとなる、食事や水の減り、顧客が待たされたときの挙動を再現した(図2、図3)。

訓練内容は全て記録され、指導者は自分の好きなタイミングで、さまざまな視点から訓練内容を確認し、定性的な評価を記録可能とした(図4、図5)。さらに、自動採点の実現に必要な定量評価データを収集する仕組みを実現した(図6)。また、別途収録した熟練従業員のモデル動作をさまざまな視点から観察できる機能も備えた。

2020年度は、VRトレーニングシステムの評価実験のために、実験用プログラムの改良を進めた。特に、体験品質に大きく影響するVR酔いの対策についてガイドライン検討委員会\*2と連携し、並進時や回転時の酔い低減機能の実装を進めた。さらに、VRトレーニングシステムでの店舗内の移動について、コントローラのジョ

\*2 ガイドライン検討委員会とは、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術/認知的インタラクション支援技術/人工知能と融合する認知的インタラクション支援技術による業務訓練・支援システムの研究開発」事業にて開発する業務訓練・支援システムの運用ガイドラインの妥当性と実効性に関する検討を行い、当該システムの普及に向けて運用ガイドラインの策定および活用を推進する委員会。



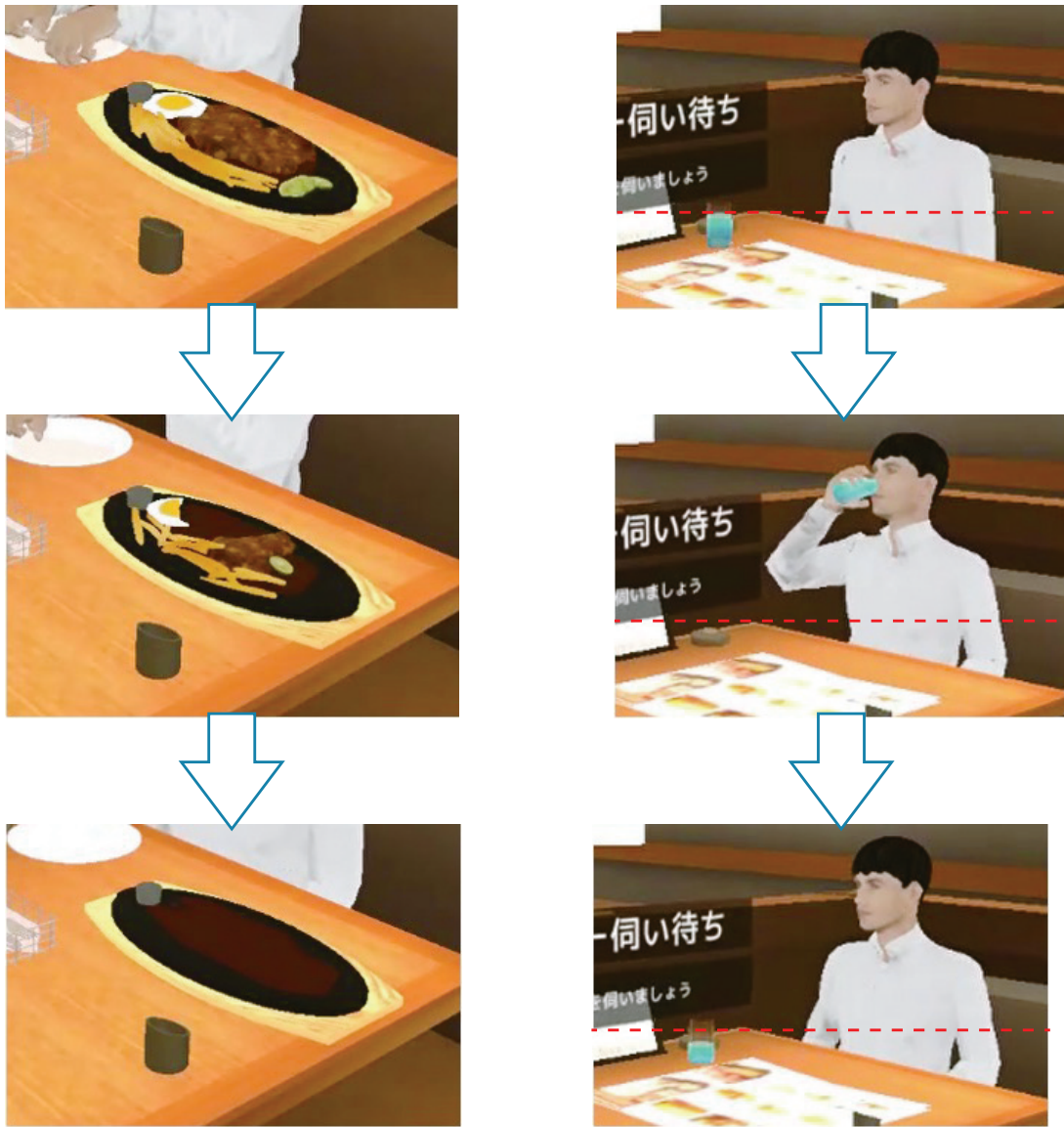


図2 食事や水の減り

イスティックによる移動方法のほか、より直観的に移動可能な、システム使用者の足踏みによる移動方法も実装し、使用者の好みに応じて切り替えられるようにした。

これに加えて、協力企業の教育担当者による体験会をオンラインにて開催して、意見を収集した。その結果、訓練体験については好印象であり、「実際の店舗でトレーニングしている感覚が得られ、接客の流れを学ぶのに適している」「特に顧客の待ち動作は実際の店舗と同様、体験者にプレッシャーを与える効果がある」といったコメントを得た。一方で、「時間感覚」について要検討であるという知見を得た。2020年度では、「気づき」と「優先順位判断」の効率的な訓練を狙い、個々のイベントの時間を短く設定したが、実際の業務では「まだオーダーが決まらないだろうから、この間に別のテーブルの

料理を運ぼう」というように、所要時間を把握し、行動を予測することもスキルとして重要であるという知見を得た。

2021年度においては、開発中のVRトレーニングシステム内での顧客の振る舞いのリアリティを高めるため、顧客行動データを収集した。具体的には、ランチタイムの時間帯に店舗を貸し切りにして覆面調査員30組60名を顧客役として派遣し、接客時の模様を環境設置型カメラ、視線計測装置、歩行動作検出に基づく屋内測位システムなどを用いて記録した。得られたデータについてはラベリング作業を施した後に集計し、顧客がサービスを受ける際の各プロセス（メニュー提供、メニュー決定、料理提供、食事、会話など）における時間の分布などのデータ分析を実施し、VRトレーニングシステム

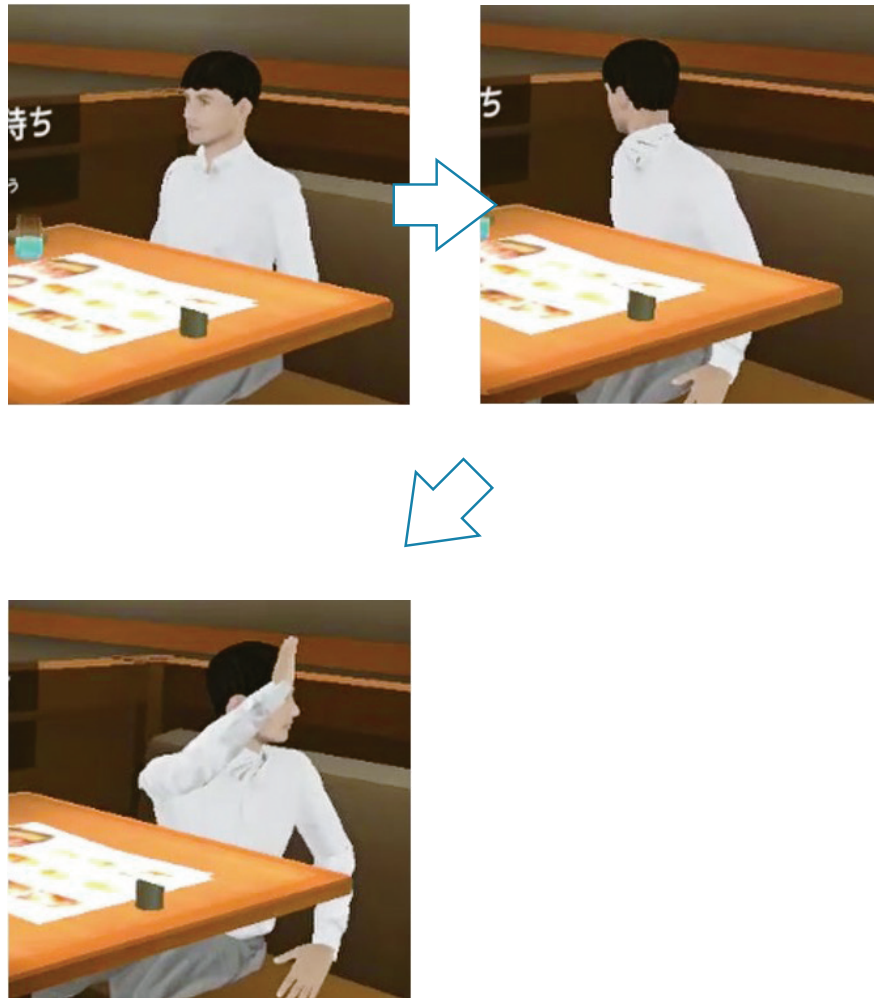


図3 待たされた時の顧客の挙動



図4 採点者画面。採点者が登録したコメントは右欄に表示され、コメントをクリックすることで該当箇所の体験風景の頭出しができる。





図5 訓練の様子をさまざまな視点から再現し、確認できる。上から、客観視点、主観視点、俯瞰視点。

オペレーション評価	
プレイ時間	: 00:03:00
来店者数	: 3
難易度	: Easy
お客様満足度	
ご案内	: -3 (2 / 3)
水出し	: 0 (2 / 2)
メニュー出し	: 0 (2 / 2)
注文	: 0 (2 / 2)
シルバー	: 0 (2 / 2)
配膳	: 0 (2 / 2)
水補給	: 0 (0 / 2)
中間パッシング	: 1 (1 / 2)
合計	: -2
総移動距離	: 190.7472m
入口注目時間	: 6.997645s
テーブル注目時間	: 42.74687s
お客様注目時間	: 15.5935s

図6 定量評価表示画面

に反映するための仕組みを構築した。この実験により得られたデータはタスク内容データベースとは直接関係はないものの、実際の飲食サービス提供現場における映像・音声・従業員動線・従業員視線というディープデータが得られており、副産物としての将来のAI研究に資するデータセットとなった。

また、本事業において重要な課題となる開発技術の社会実装を進展させるために、VRトレーニングシステムの内容を特定の店舗や特定のレストランチェーンの業務プロセスに特化することなく容易にカスタマイズするための仕組みとしてオーサリングシステムの開発に着手した。店舗のモデルや従業員が対応すべきサービスプロセスの順序、特定のタスクの要・不要などを設定することで店舗・チェーンごとの業務プロセスに合わせてVRトレーニング用プログラムをカスタマイズするオーサリングツールを実現した。

最終年度となる2022年度においては、開発したVRトレーニングシステムを、実際に営業している店舗における新人スキル訓練のプロセスの一部に組み込み、その効果を評価する実証実験を実施する予定で、現在その実験設計を進めている（報告書執筆時）。

また、2021年度に作成したオーサリングツールを用いた横展開として、和食レストランチェーンの協力を得てこのチェーン向けのVRトレーニングシステムの構築を試みている。和食レストラン向けシステムについても、事業期間内に経営層によるシステム評価を計画している。

### 3 本研究の成果

本研究の第一の成果は実際に飲食サービス現場に導入することを想定したVRトレーニングシステムおよびそのオーサリングツールである。実証実験は現在も遂行中であり学術的な検証が待たれる段階であるが、導入実証の過程で前述のように企業の教育担当者からその有用性に関するコメントが得られていることから主観的に高い評価を受けたシステムを構築することができたと考えられる。

本成果は情報処理学会 第187回HCI研究会（2020年3月16日）にて、「飲食サービス業におけるVR業務訓練システムの開発」というタイトルで、VRトレーニングシステムの設計およびプロトタイプ開発に関して

口頭発表を行い、山下記念研究賞を受賞した。また、協力企業の体験会の様子と得られた知見について議論した内容を追加し、国際会議SIGGRAPH ASIA 2021にて発表した。

International Display Workshop 2021では、招待講演「Technologies for Improving “Quality of Working”」で業務活動を支援する技術の一部として、本取り組みの内容を紹介した。さらに、Augmented Humans 2022にて、本事業に関する特別セッションでVRトレーニングシステムのコンセプトと開発内容を紹介した。

### 4 まとめと今後の展望

サービスを提供する業務において重要となる「認知的インタラクション」をモデル化し、その過程を支援する技術についての研究を実施した。この研究を推進するにあたり、将来におけるAI技術の活用を想定し、作業が行っている認知的インタラクションに関係するさまざまな情報を測定してデータとして蓄積するタスク内容データベースの構築を目指した。

現場との意見交換を通して、データの計測・蓄積の手段として、現場からもニーズがあり有効性が高いと判断した「気づき」と「優先順位判断」に関する認知的スキルを訓練するVRトレーニングシステムを構築した。構築したVRトレーニングシステムは、飲食サービス産業向けの人材育成ツールとして横展開可能な形になるよう開発を進めた。

最終年度となる2022年度に実施している実際のOJTに本システムを併用した場合の効果検証結果は、情報開示・ライセンスングについて協議を続けている社会実装担当企業によるマーケティング等で活用される予定である。



## AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

# 認知的インタラクション支援技術によるリアルタイム支援システムの研究開発

株式会社コトバデザイン

- 接客中の状況を理解し、状況に応じて適切な認知負荷、伝達手段で顧客の接客体験を向上させるアドバイスをを行うことで、接客サービスの生産性向上を狙う研究開発を実施した。
- コロナ禍、ニューノーマルという社会情勢を鑑み、非接触な接客のニーズが加速すると考え、接客支援機能を有するリモート接客システムに応用した。
- 実証実験では、資料を使った説明に慣れておくことで、支援機能により生産性が向上することを示唆する結果が得られた。

## 1 研究の目的

本研究開発では、サービス産業の生産性向上に向け、接客の現場をリアルタイムに支援することで、効率化および接客業務者と顧客の双方の接客体験の向上を可能にする基盤を構築した。サービスを提供する企業にとって、サービス自体の価値が大事であるが、そのサービスを提供するときの顧客の接客体験は、リピート率の向上、ひいては顧客生涯価値の向上につながることから、接客体験の向上のための支援が重要と考えられるためである。

接客は、「①顧客の要望を理解し」、「②解決策を提示し」、「③適切な接客態度でサービスを提供する」プロセスであり、顧客側から見るとこれが接客体験となる。例えば飲食店であれば、接客業務者は、顧客に指定されたメニューの中の料理を要求として理解し（①）、調理された料理を提供する（②）。その際に、清潔で迅速で適切な言葉遣いであれば、顧客側は気持ちよく食事ができるだろう（③）。

一方、接客体験の向上のために接客業務者の負荷を上げてしまうと、離職率の増加につながり、結果的に接客体験の低下を引き起こしてしまう可能性がある。例えば、膨大なマニュアルの暗記や過度なルールに基づく振る舞いを要求してしまうと、それがキャリアアップやそれに

見合った報酬であると感じていられれば良いが、そうでない場合は離職の理由になると考えられる。

したがって、本研究開発は「顧客の接客体験の向上のために、いかに現場の接客業務者の負荷を下げようリアルタイムな支援ができるか」をテーマとし、現場がシステムによるリアルタイム支援を自然に受け入れられ、かつ、その結果として自然と顧客の接客体験が向上するような仕組みの確立を目指した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2020年度～2022年度

### (2) 実施方法

本研究開発は、「接客現場の状況をセンシングするためのリアルタイムセンシングシステムの研究開発（実施項目①）」、「センシング情報に基づきリアルタイムにアドバイスや情報提供を行うリアルタイム支援システムの研究開発（実施項目②）」、「システムを普及させていくための接客支援のソリューションおよびビジネスモデルの開発（実施項目③）」の3項目で実施した。産業ニーズと研究開発の内容を整合させるために、③の成果を①、

②に取り込み、また①、②の成果のデモを③の活動に用いるといったアジャイルな進め方で実施した。また、研究開発の推進のために、「人工知能と融合する認知的インタラクション支援技術による業務訓練・支援システムの研究開発」との連携や、「ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム」に参加した。

### 1) リアルタイムセンシングシステムの研究開発

文献調査や実施項目③の活動などを通し、どのような接客支援が求められているのか、どのような状況でどういった情報をセンシングする必要があるのかについて検討し、それらのセンシングを可能にする手法、システムの研究開発を行った。

センシング手法に関しては、2020年度にセンシング情報の候補を選定し、2021年度に実施項目③の活動を通してさらに検討を重ねつつ、具体的な応用に必要なセンシング手法の開発を行い、2022年度に実証実験の実施にあたって改善が必要な課題の明確化および、センシング手法の開発、改善、調整を行った。

リアルタイムセンシングシステムに関しては、接客のみならず、教育や介護など、ほかの分野への応用も念頭に置いて設計、開発を進めることとした。本研究開発では「リアルタイム」が一つの特徴であるが、ここでいう「リアルタイム」は、アドバイスが有効な時間までにセンシングを終える必要があるという意味で、ファームリアルタイムシステム（デッドラインまでに処理が完了しなかった場合も即座にダメージを与えることはないが、処理自体の価値が無になるシステム）に類すると考え、レイテンシなどの目標は進めながら具体化することとした。そのため、2020年度に、応用先に依存しないように基本設計を行った上で、2021年にセンシング手法が動作するシステムをつくり上げ、デモなどを行いながら実施項目③で定めた応用先に対して、必要なレイテンシで動作するように改善を進めた。2022年度は、実証実験に合わせて課題を明確化しつつ、さらに改善を進めた。

### 2) リアルタイム支援システムの研究開発

リアルタイム支援システムの実現に向けては、支援方法の研究開発と、接客に限らずに応用可能な基本部分、および定めた応用先に適した形で支援することを特徴とする応用システムの研究開発を実施した。

支援方法の研究開発については、接客を「a) 要望の理解」、「b) 解決策の提示」、「c) 接客態度」に分解し、

それぞれの支援方法を実施項目③のフィードバックも取り込みつつ具体化した。例えば、接客業務者へのアドバイスは、その目的や内容によって重要性や緊急性が異なると考えられ、普段は接客業務の邪魔になるような通知（支援事項を音声で常に読み上げるなど）は行ってはならない一方、ヒヤリハットといった状況では邪魔になったとしても通知する必要がある。

このように、内容に応じた適切な方法の検討が重要と考え、2020年度は実施項目③と連携して、支援方法の改善の観点で、どのような支援を行うべきかの整理と、それぞれの具体的なユースケースを明らかにし、2021年度は実際に試作してデモなどを通して、接客支援方法の改善を行った。2022年度は、具体的な実証実験に合わせて課題を整理し、改良や修正を行った。

リアルタイム支援システムについては、実施項目①のリアルタイムセンシングシステムと連携して接客の状況を把握し、必要なアドバイスを行うことや接客を支援するシステムを研究開発した。また、接客に限定せずに利用可能な構成にしつつ、実施項目③の活動を通して具体的な応用先を定め、ユーザーインターフェースなども含めて実際に現場で利用可能な接客支援機能付きの応用システムを開発した。このため、2020年度は接客のみに依存せずに利用可能な全体の基本設計を行い、2021年度には実施項目①の成果であるリアルタイムセンシングシステムを組み込んだリアルタイム支援システムを試作し、デモや試行を通してユーザーからの意見を参考にしながら改善可能な状態にした。2022年度は、実証実験に向けて課題を整理し、改善や修正を進めた。

### 3) ソリューションおよびビジネスモデルの開発

生産性を向上させるには、接客の課題を把握し、どのような支援が有効であるかを明らかにする必要がある。そこで、2020年度に「顧客ヒアリング」、「業界レポート調査」、「Web 公開情報調査」を行った。

「顧客ヒアリング」では、接客業の現場で実際に生じている課題を把握するため、さまざまな業界や業種の企業にヒアリングを行った。「業界レポート調査」では、百貨店やスーパーマーケットなどの業界動向レポートを参照し、業界概要・市場環境・競争環境を整理した。「Web 公開情報調査」では、「顧客ヒアリング」を実施した業界の Web 公開情報から、直近の接客にまつわる類似ソリューション最新情報を把握した。

2021年度は、アンケートやユーザー候補先へのイン

レビューやデモを通して、具体的なユースケースを検討し、実施項目①、②以外にも必要な機能を検討した。2022年度は、検討した機能の開発を実施した。

また、研究開発成果の展開に重要となる、ビジネスモデルの検討も行った。研究開発成果の展開の加速には、例えば、可能な支援を拡張するためのプラグインの開発・販売、業務ごとに適した支援コンテンツの作成・販売、カスタマイズサービス、システムインテグレーションなど、さまざまな領域の関係者が参加できることが重要と考えられる。そこで、2020年度にソリューション提供候補となる百貨店やスーパーマーケットなどの業界のビジネス構造の把握と分析を行い、2021年度にビジネスモデルを検討した。2022年度は、ビジネスパートナーや有望な顧客の発掘を進めた。

### 3 本研究の成果

本研究開発の成果として、リアルタイムセンシングシステムおよびリアルタイム支援システムをリモート接客に応用したシステムと、その実証実験について述べる。リモート接客システムを応用先に設定したことは、「接

客支援ソリューションおよびビジネスモデルの開発」の結果である。具体的には、マーケティングやユーザーとの議論を行った結果、コロナ禍で非接触サービス、ニューノーマル対応というビジネスニーズの発生と、リモート接客では顧客の状態が分かりにくい等は対面とは異なる課題が顕在化しており、センシングに基づく支援が有効と考えられたため、応用先に設定した。また、図1に示す通り、リモート接客は現地接客と比べ、接客稼働率を向上させる効果が見込める。具体的には、現地接客では店員は現地に来たお客様にしか対応できないが、リモート接客は一人で複数箇所を担当することで、お客様を待つ時間が短縮でき、結果として一人当たりの平均接客時間の向上が可能になると考えられる。

#### (1) 接客支援機能を有するリモート接客システム

図2に開発したシステムの概要を示す。

本システムは、Web 会議システム等で広く用いられている WebRTC (Web Real-Time Communication) と呼ばれる仕組みを用いて、顧客側、接客側のカメラ映像、音声をセンシングシステムに送り、センシングシステムが低い遅延でさまざまな処理を行うことを可能にしている。センシングシステムでは、音声認識、発話速度、顔

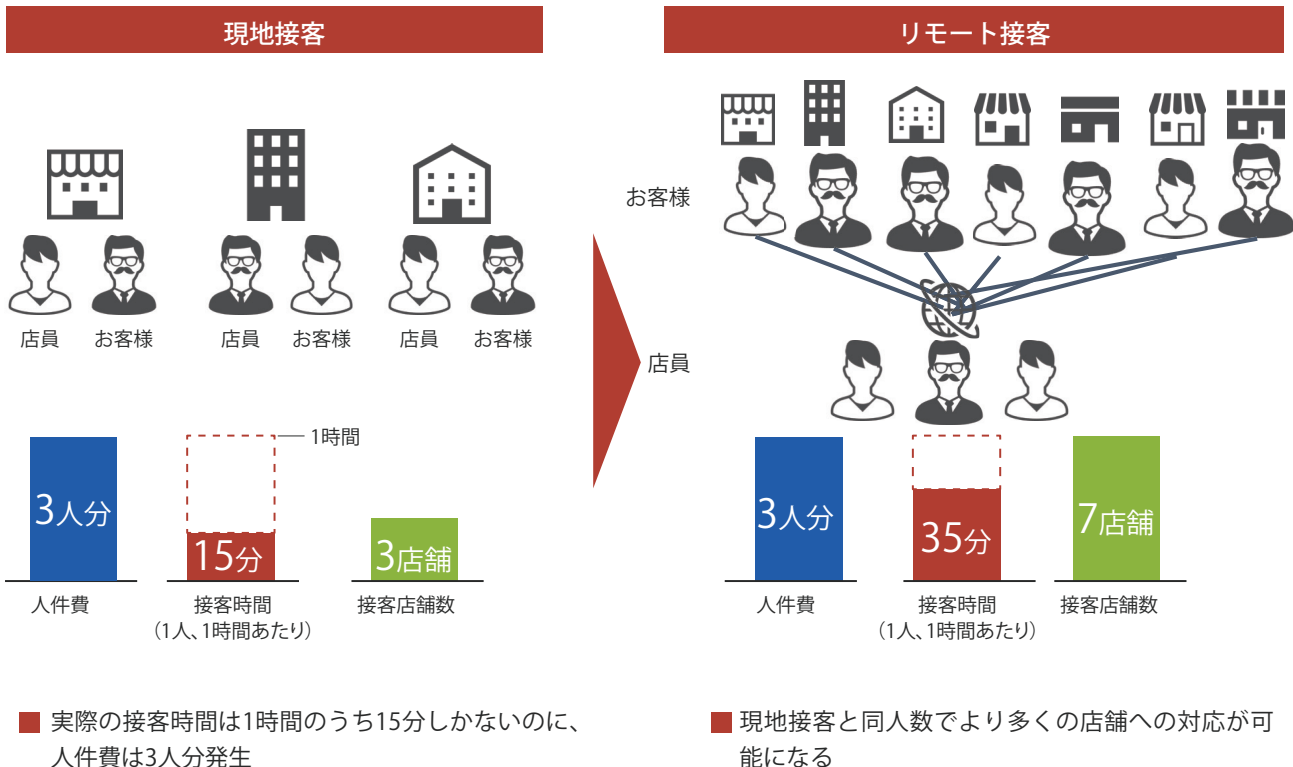


図1 リモート接客による稼働率向上効果

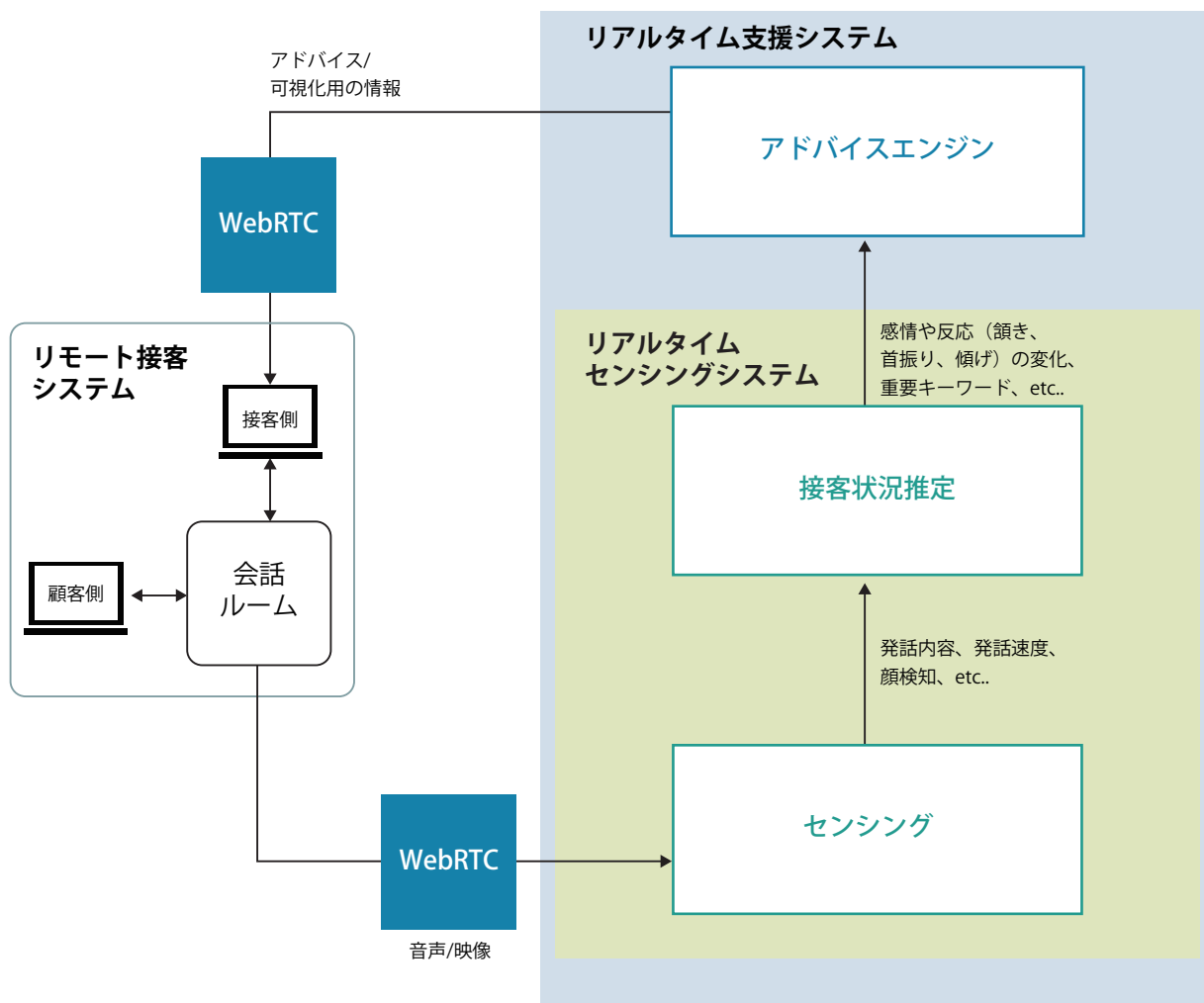


図2 開発システムの概要



図3 会話内容に応じて説明に有効な資料を推薦





図4 発言割合から「一方的に話している」と判断し「理解の確認」を促す助言

検出、反応（頷き、傾げ、首振り）、表情や感情の認識等を行い、アドバイスエンジンに送る。アドバイスエンジンはリアルタイムセンシングシステムからの情報に基づき条件判定を行い、条件に対応する情報を接客側に通知する。例えば、特定のキーワードを含む場合に、そのキーワードに関連する参考情報を提示したり、顧客が首を傾げていたり、一定期間頷きがない場合に「理解していない可能性がある」といった通知が可能である。

リアルタイムセンシングシステムは、ROS (Robot Operating System) 2 と呼ばれるミドルウェアを用いているため、センシングの機能はROSのNodeとして実装すれば柔軟に追加可能である。また、現状、ネットワークが安定していれば現実世界でのデータの発生からアドバイスエンジンによる情報の通知までが1秒程度であるため、接客支援という用途でのリアルタイム性は確保できていると考えている。

リモート接客システムにおける接客支援の例を図3、図4に示す。図3では会話内容に応じて説明用の資料を推薦している。推薦された資料はワンクリックで顧客側との画面共有が可能であるため、資料を探したり、画面共有する資料が表示されたアプリケーションを選択したりする手間がない点も特徴である。図4では、会話量の偏りから、接客側が一方的に説明を続けていて、顧客側への理解の確認が不足していると判断し、アドバイ

スとして通知している。このように、センシングされた情報に応じてさまざまなアドバイスが可能になっている。

## (2) 実証実験

本研究開発の目的は「接客の生産性の向上」であるため、実験実施に先立ち、生産性、向上効果を定義し、生産性が向上する仮説を設定した。

$$\text{生産性} = \frac{\text{提案プランの適切さ} + \text{説明の分かりやすさ}}{\text{接客時間(分)}}$$

$$\text{向上効果} = \frac{\text{支援ありの生産性} - \text{支援なしの生産性}}{\text{支援なしの生産性}}$$

仮説: 要望に合わせて視覚的な資料をスムーズに提示して説明すれば、分かりやすい説明が効率的にできるため、接客時間短縮や顧客満足度の向上が可能。

以降、接客支援機能を有するリモート接客システムの有効性を評価するための実証実験について説明する。接客シーンは旅行代理店であり、実証実験向けにさまざまな準備が必要であるため、愛媛（道後温泉）と長崎の旅行に限定し、年内にその地区への旅行を検討している被験者を募集した。今回の実験では販売行為は行わず、旅行プランの提案とそれに対する見積もりまでとした。

本実験は、接客役2名（旅行代理店の現役スタッフ）、顧客役17名（支援機能あり9名、支援機能なし8名）

	支援あり	支援なし	向上効果
接客役 A	0.51	0.34	+50%
接客役 B	0.25	0.31	-19%

表1 接客役ごとの生産性と向上効果

	資料を使った説明はスムーズでしたか？	資料提示タイミングは適切でしたか？
接客役 A	4	4.4
接客役 B	1.9	2.5

表2 資料を使った説明に関するアンケートの結果

で実施した。生産性の測定のために、顧客役に対し、接客終了後に「提案プランの適切さ」、「説明の分かりやすさ」を含む5段階評価のアンケートを行い、その値の平均を用いることとした。すなわち、短い時間で顧客の要求にあった適切なプランを提示でき、接客中の説明が分かりやすい場合に高い生産性となる。

実験結果を表1に示す。接客役Aでは効果がみられたが、接客役Bでは効果がみられなかった。接客役AとBで効果が異なる理由を考察するためアンケートを分析したところ、資料を使った説明への慣れに差があると考えられる結果が得られた。具体的には、表2に示す通り、「資料を使った説明はスムーズでしたか？」と「資料提示タイミングは適切でしたか？」に対しAは高評価であったが、Bは低評価であった。このことから、効果を発揮するためには、リモート接客の研修を本システムで行うことで、推薦された資料を使った説明に慣れておくなどが有効と考えられる。また、資料を使った説明を円滑にするための支援機能として、接客側の画面に資料説明用のトークスクリプトを同時に提示する機能などが有効と考えられる。

## 4 まとめと今後の展望

本研究開発では、接客サービスの生産性向上を目的に、接客中の状況を理解し、状況に応じて適切な認知負荷、伝達手段で顧客の接客体験を向上させるアドバイスをを行う仕組みを構築した。また、コロナ禍、ニューノーマルという社会情勢を鑑み、非接触な接客のニーズが加速すると考え、接客支援機能を有するリモート接客システムに応用した。旅行代理店の接客で実証実験を行った結果、資料を使った説明に一定の習熟があれば生産性が向上することを示唆する結果が得られた。

今後は、リモート接客以外への展開も視野に、本成果を汎用のビデオ通話サービスに統合しつつ、改善、強化を進めて、2023年度中の製品化を目指す。

AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

# AIとロボティクスの融合による 状況認知型サービス具現化オープンシステムの 研究開発

国立大学法人東京大学

- 本研究開発では、接客などのサービス支援で必要となる従業員や顧客の行動、判断の依存関係および因果関係を予測・推論する技術を研究した。
- 研究は、「①インタラクションサービス状況の観測取得技術の研究開発」、「②インタラクションサービス具現化技術の研究開発」、「③インタラクションサービスのタスクプランニング技術の研究開発」、「④状況認知対応ロボットによるサービス支援の実証実験」という四つのサブテーマに分けて行った。
- 開発した、予測されるステータスの変化で記述されるプランニング技術はサービスの種類に依存しない一般的な記述であり、他業種への展開を目指す。

## 1 研究の目的

本研究開発では、接客などのサービス支援で必要となる従業員または顧客の行動や、判断の依存関係および因果関係を予測・推論する目的で、ロボットにおける知能行動制御技術の一つであるタスクプランニング技術の応用研究を行った。人工知能・ロボティクス分野におけるタスクプランニングとは、目標の状態・状況を達成するのに必要となる行動手順を計画するアルゴリズムであり、本研究課題ではこれを状況認知型サービス分野への展開を目指す。

具体的には、タスクプランニングに必要となる状況観測取得技術（センシング）、タスクプランニングに基づき適切なサービスを提案するサービス具現化技術（情報提示）とあわせて研究開発し、現場ごとに明文化されたルールに加え、常識や不文律などに応じたきめの細かいインタラクションを経験的に獲得、誘導するシステム（ロジック設計）も視野に入れた開発を行った。

開発したシステムは各種タスク環境に加え、プロジェクトにおける企業フィールドでの実地検証を行った。特に、取得したデータならびに開発するロボットソフトウェアをオープンソースで実現することで、オープンな研

究開発を促進し産業界の技術基盤として活用可能にした。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2020年度～2022年度

### (2) 実施方法

研究は、①インタラクションサービス状況の観測取得技術の研究開発、②インタラクションサービス具現化技術の研究開発、③インタラクションサービスのタスクプランニング技術の研究開発、④従業員の代替となる状況認知対応ロボットの導入、あるいは状況認知対応 AI による従業員への指示によるサービス支援の実証実験という四つのサブテーマに分けて実施した。

## 3 本研究の成果

### (1) インタラクションサービス状況の 観測取得技術の研究開発

従来のロボット用状態時系列データの取得システムで



はロボットの体内にセンサデータを保存する場合は体内ストレージの容量に限界があり、また、インターネットを介して外部のストレージに保管する場合もネットワークの帯域の制限があり、特に画像情報などを扱うことが困難であった。そこで、実際の現場で移動可能なロボットを含めた多種システムでの展開を進め、従来の Key-Value 型のデータベースから時系列データ操作に最適化したデータベースに更新することで、研究室の複数種類の移動ロボットについて建物の屋内地図上位置や移動経路、ロボット手先の位置や力を時系列データとしてインターネット越しに最大 100Hz で記録するように拡張した。さらにロボットの主なセンサデータである三次元情報を含む視聴覚データはデータ容量が大きいためデータベース形式ではなく圧縮動画ファイル形式として 30Hz で記録し、20 分毎に大容量クラウドにアップロードする常時視聴覚システムを構築した。これにより、例えば画像情報から得られるお客様の表情や属性情報とロボットの体内センサ情報を同期して記録することで、お客様情報が取得された時間と場所だけでなく、その際の周囲の環境情報を再構築することも可能になり、後日状況を

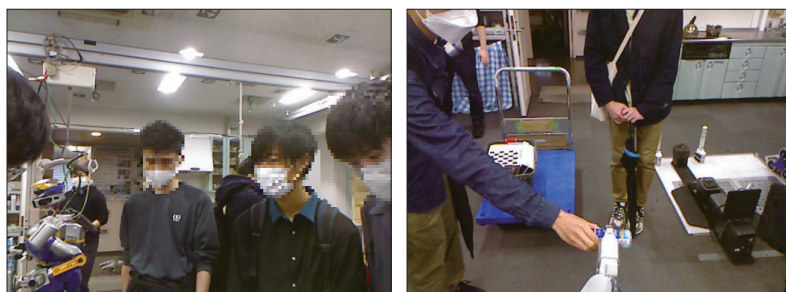
再現することも可能な構成とした（図 1 参照）。

## (2) インタラクションサービス具現化技術の研究開発

ファミリーレストランのマニュアルを解析し、UML の状態遷移図として定式化を行い、図 2、図 3 に示す、お迎え、ご案内、会計の接客モデルを構築した。

さらに、論理プランナ記述言語である PDDL の出力となるロボットの行動管理用状態遷移モデル (SMACH) を用いてこれを記述し、状況に応じて必要な店員の行動を音声で指示するプロトタイプシステムを構築した。システムの入力の様子が図 2 1) であり、状況をシステムに指示している。また、図 2 2) はシステムの出力であり、知能エージェントの音声出力システムに接続されている。また、図 2 3) は SMACH を用いて記述した、連携するファミリーレストランのマニュアルから抽出した行動管理用状態遷移モデル記述となっている。

これにより、従来ロボットの認識行動に利用されていたタスクプランニング技術を、人と人のサービスインタラクションにも利用可能なことを示した。



対人応答時における視聴覚データの常時記録

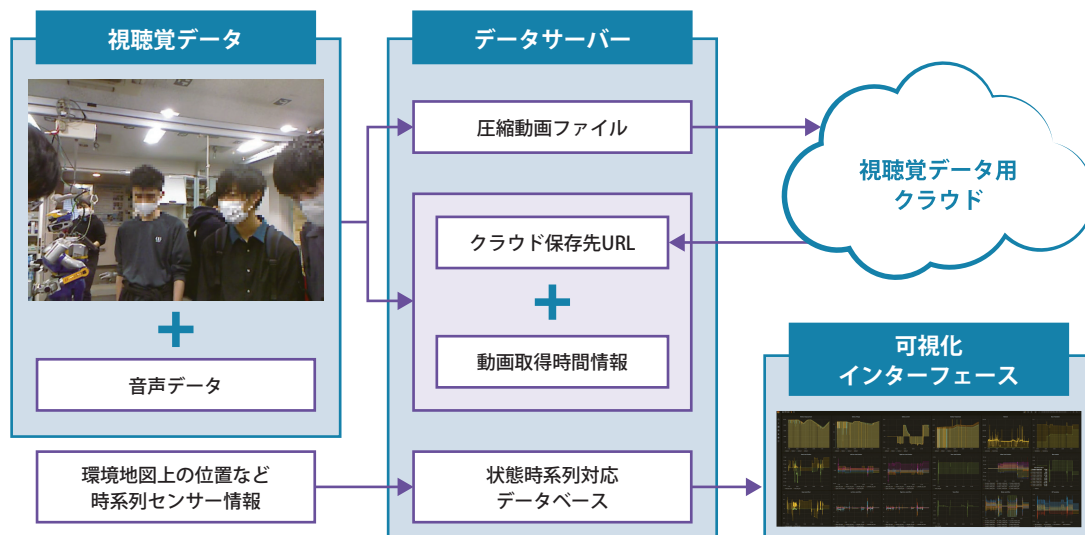


図 1 状態時系列データと同期した視聴覚データ取得システム



```

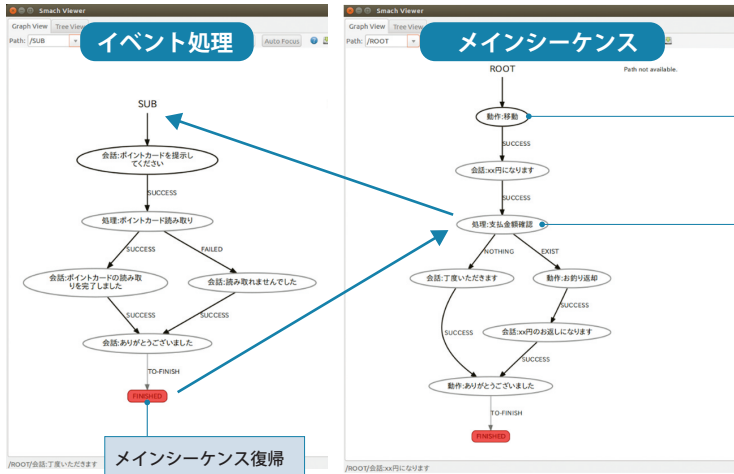
1) 手を挙げているお客様がいらっしゃる
2) カードが提示された
3) 会計の金額が確定した
4) 代金を受け取った
5) 代金を受け取った
; please input number: 5
publish customer_call
    
```

1) システムに入力される状況の例

```

INFO [1623847400.321457059]: カードが提示されました。カードの処理を行ってください
WARN [1623847400.321694436]: topic /robotsound_jp/goal already advertised
WARN [1623847400.321714535]: topic /robotsound_jp/cancel already advertised
WARN [1623847401.430629857]: [robotsound_jp] action server is not found
WARN [1623847401.430762569]: goal=0, cancel=0, feedback=0, result=0
WARN [1623847401.431075283]: action_server /robotsound_jp not found.
INFO [1623847403.651134425]: お会計は円になります
WARN [1623847403.651354298]: topic /robotsound_jp/goal already advertised
WARN [1623847403.651373380]: topic /robotsound_jp/cancel already advertised
WARN [1623847404.762136788]: [robotsound_jp] action server is not found
WARN [1623847404.762329794]: goal=0, cancel=0, feedback=0, result=0
WARN [1623847404.762382345]: action_server /robotsound_jp not found.
INFO [1623847406.495539473]: 代金 円お預かりしました
WARN [1623847406.495729714]: topic /robotsound_jp/goal already advertised
WARN [1623847406.495772974]: topic /robotsound_jp/cancel already advertised
WARN [1623847407.684878757]: [robotsound_jp] action server is not found
    
```

2) システムの出力となる音声指示例



手を挙げている  
お客さんの方へ行って  
会計処理

お客さん  
ポイントカードを  
使えますか？  
⇒イベント処理へ移行

3) SMACH による「お会計」処理記述

図2 「お迎え」「ご案内」「会計」の接客モデル

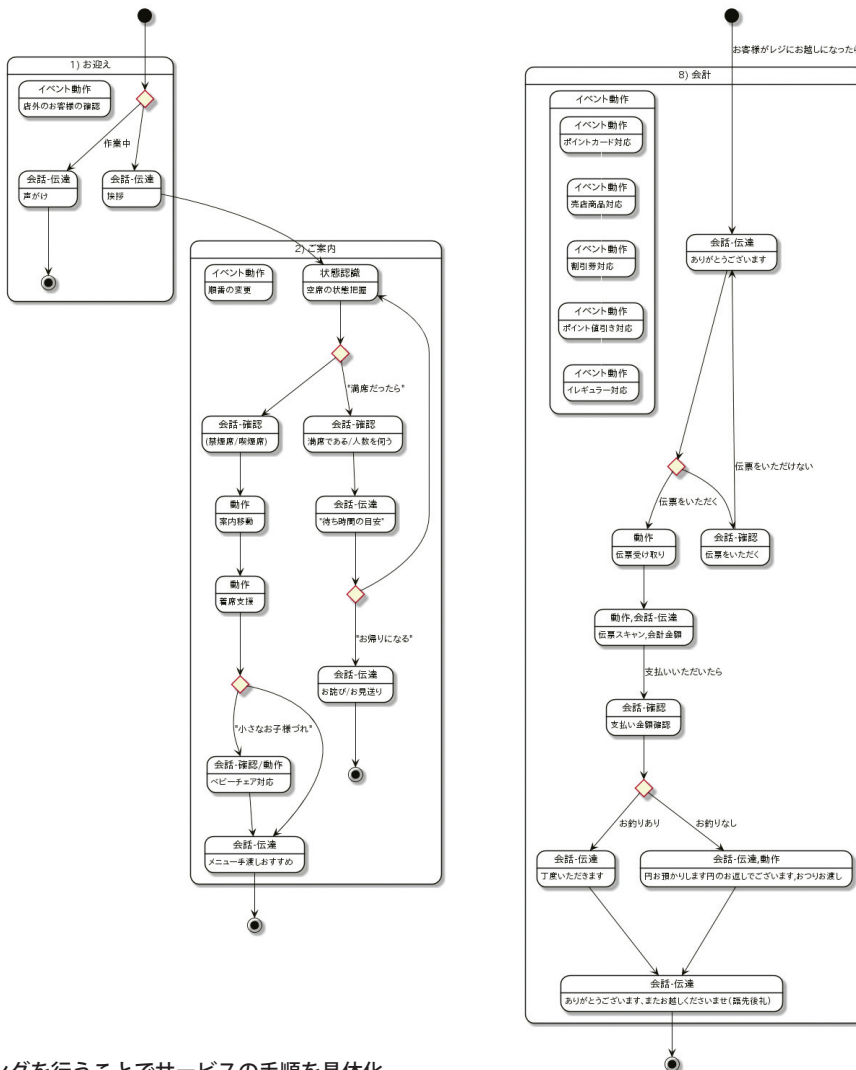


図3 タスクプランニングを行うことでサービスの手順を具体化

### (3) インタラクティブサービスの タスクプランニング技術の研究開発

SMACH に対しマニュアルより抽出した大まかな接客の状況シーケンスを示す上位の接客状態層と、実際の接客時の詳細かつ具体的な行動実施計画を管理する下位対応層から構成される構造を提案した (図4)。

これによって、従来の階層構造を持たない方法に比べて下位層により状況が限定され、想定外の事態やお客様状態の推定ミスを評価できるようになった。

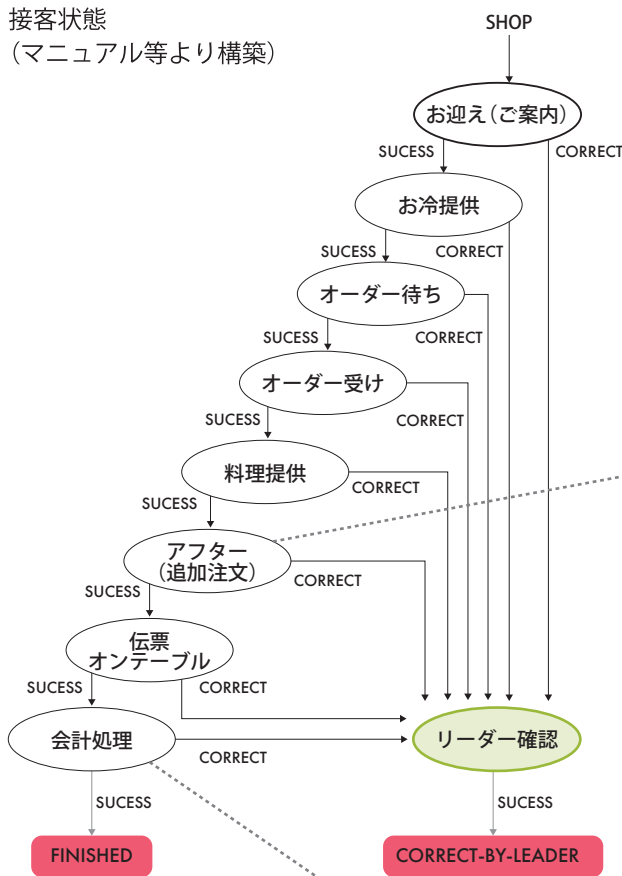
また、お客様の2値内部状態として、感情(普通、楽

しんでいる)、目的1(食事、お茶)、目的2(普通、急いでいる)、慣れ(ノービス、経験あり)の4種類の要素を規定値としてあらかじめ定義し、これとお客様状態に応じた店員の動作シーケンス例のプランニングを行い、それぞれ異なるサービスインタラクションが出力されることを確認した(図5)。

また、インタラクションについて実ロボットによる実験以外に、シミュレーションが可能なシステムとして、ロボットシミュレータを用いた環境に加えて、産総研で開発を進めている日常生活行動の知識表現生成シミュレ

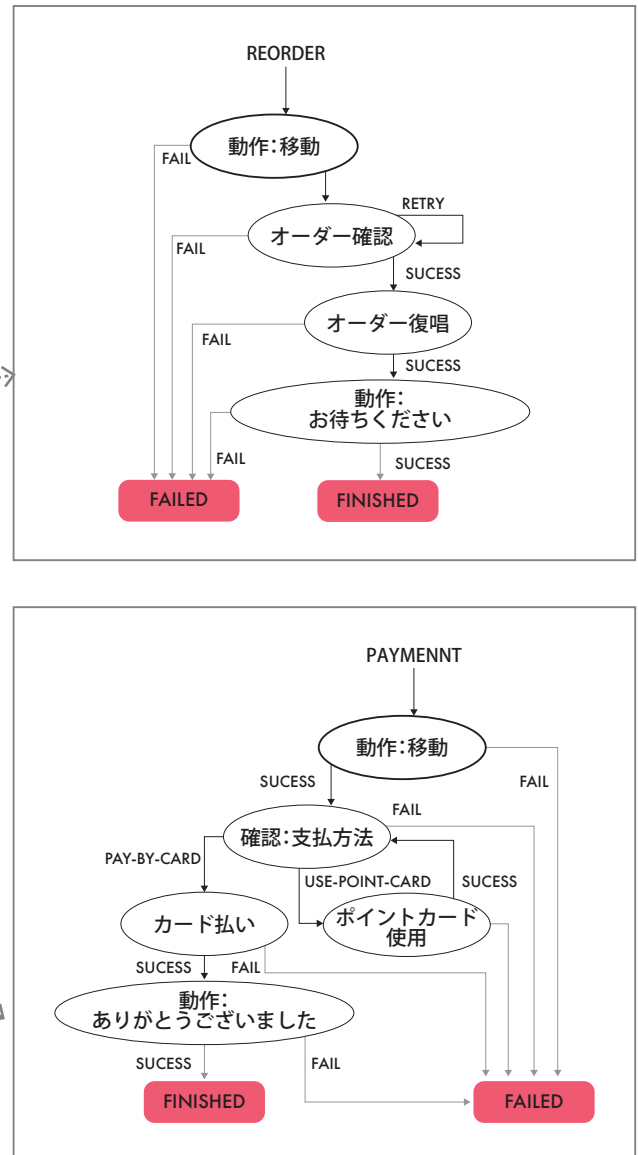
#### < 上位層 >

接客状態  
(マニュアル等より構築)



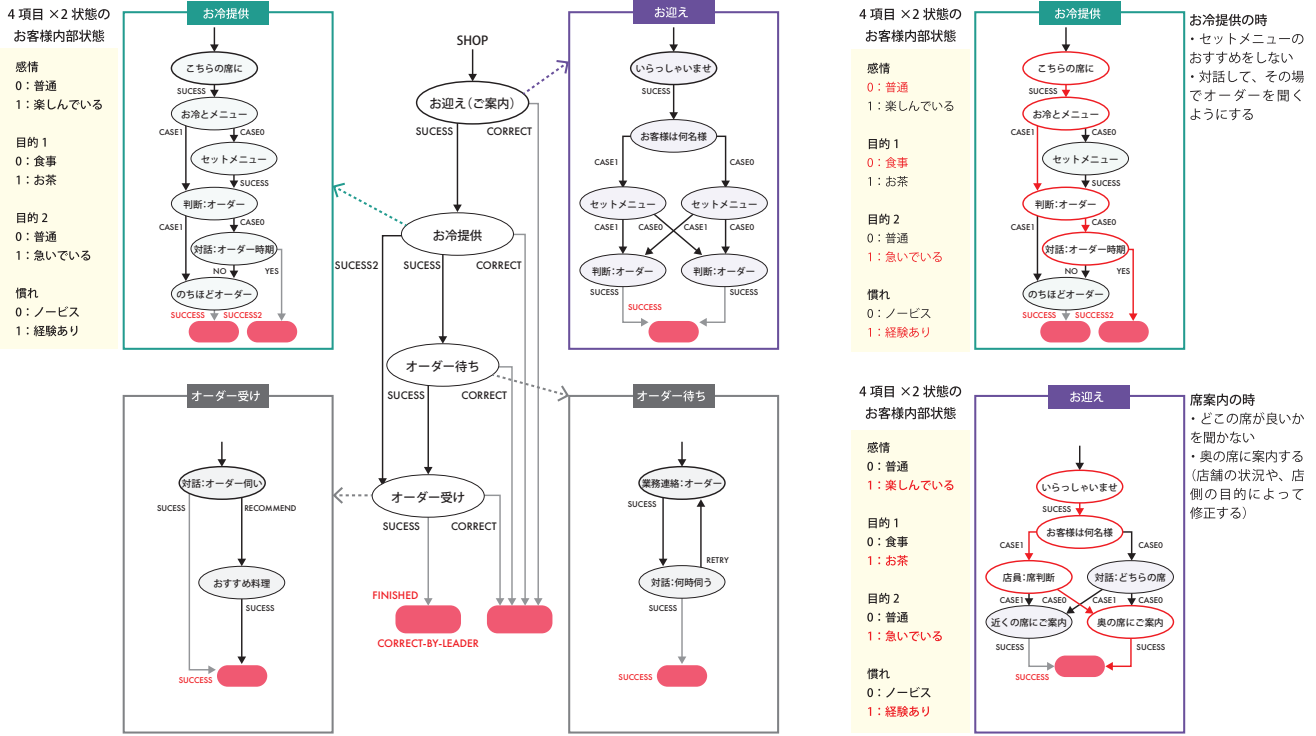
#### < 下位層 >

詳細対応計画  
(接客状態にて行う詳細動作計画)



- 上位層は接客の状況を示す大まかな動作シーケンス
- 下位層は上位の状態内での具体的な行動計画
- 下位層の状況が限定され、計画外の事態を評価する

図4 接客の状況シーケンスの構造



感情（普通、楽しんでいる）、目的1（食事、お茶）、目的2（普通、急いでいる）、慣れ（ノーマス、経験あり）の内部状態とお客様状態に応じた店員の動作シーケンス例（左：全体構造、中：食事/急いでいる、右：お茶/普通のお迎え）

図5 店員の動作シーケンスとサービスインタラクションの出力

ータを用いた開発を進めている。

#### (4) 状況認知対応ロボットによるサービス支援の実証実験

リアルタイムのサービスインタラクションの実証実験ができるように、既存ロボットプラットフォームに対して、インタラクション観察・サービス提供対応可能な視聴覚の拡張を実施した。具体的にはインタラクション動作・コミュニケーションの認識をロボットの組み込み計算機に組み込み、研究室ネットワークのないユーザー環境での実行が可能な構成を実現し、学内レストラン前の中庭飲食スペースでの席案内タスク実験を行った。

また、既存のサービスロボットを用いて、研究室内のコンビニ模擬環境での簡易シナリオに基づく接客サービスのタスクプランニングを実施した（図6）。

## 4 まとめと今後の展望

本研究開発はレストランでのサービス提供を対象とし、お客様と店側のそれぞれの状況に応じて、異なるサービスを提供するための技術の基礎を開発している。これまでの研究成果により従来ロボットと対象物体の関係

を記述・計画するタスクプランニング技術を用いて、人とのサービスインタラクションの記述と計画が可能になることを示した。また、サービスインタラクションでは環境認識・物体認識を超えて人やインタラクションの状況の認識・判断が必要になり、エージェント単体の認識性能に加えて環境側へのセンシングなども重要になるだろう。また、本研究ではシミュレータを活用した開発や検証も進めている。ここではパラメータは規定値としてあらかじめ定義しているが、ある程度実環境でのインタラクションデータを集積することで、仮想環境でのインタラクションのシミュレーションも可能になる。

本研究開発の目的は状況に応じてリアルタイムに必要なサービス手順を提供するシステムとする予定であり、そのためには、現在は固定的にあらかじめ指示しているお客様や店の状況を、実世界センシング情報からの入力ができるように、ロボットシステムと環境センシングシステムの統合を行う必要がある。さらに、社会実装として現在企業や研究機関に広く利用されているロボットの標準ソフトウェアプラットフォーム上で提供し、状況認知型サービスのプロトタイプを容易に開発できるようにするとともに、サービスロボット開発企業との連携も進めていく必要がある。





# 検査手法を自動的に学習し、初心者の検査を支援するAIシステム (AI検査支援システム)

国立大学法人筑波大学、茨城県産業技術イノベーションセンター、株式会社クリアタクト

- 製造業における作業の中で、特に人の知覚認知や熟練動作を必要とする「外観検査作業」の支援として、補助率を上げる自動化手法や新人の作業支援方式、およびそれらのもととなる検査データ収集方法を研究開発した。
- 基礎的な予備実験の結果をもとに、AIの学習データとして熟練者の技術のデータ化および初心者の検査支援を行う自動アノテーションシステムを構築した。
- 将来的に製品の検査を自動化する、自動検査システムのプロトタイプ版を作成した。サンプルを用いた検証では、AIによる欠陥検出の正解率\*1は98%となり目標を達成した。

## 1 研究の目的

製造工程で重要な検査作業を、機械が自動的に学習することで熟練者なみの支援を可能にする、検査支援システムの開発を目標とした。さまざまな検査対象に対して機械が学習する自動検査機能を実装し、初心者が検査作業を行う場合には、熟練者データによって実装された検査機能が適宜支援するシステムを目指した。

製造業の離職率は約15%といわれており、常に作業者の10%程度は新人や初心者となっている。その分作業効率が下がるが、熟練者にとっては教育のための時間も必要になることから、さらに生産性が下がってしまう。本技術によって、初心者が熟練者からの最低限の指導で技術を習得できるようになるため、生産性が10%程度向上すると考えた。

技術的課題としては、作業者の検査中も機械学習するシステムの開発と、機械学習した結果を作業者の様子をもとにAIが適宜判断し、作業者に熟練者データで学習した結果による判断を参考提示する装置の開発にあった。技術的課題を解決するために、「熟練者の見ている

画像や検査対象を動かす動作を取得する方法」、「機械学習に適した画像の切り出しなどの学習前処理方法」、「初心者が検査する際の迷いを動作から取得する方法」などを検討した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2020年度

### (2) 実施方法

本研究開発は、国立大学法人筑波大学、茨城県産業技術イノベーションセンター (ITIC 茨城)、株式会社クリアタクトによるコンソーシアム形式で実施した。コンソーシアムの中の役割としては、筑波大学が基本プログラムの研究開発、クリアタクトがパソコンシステムの研究開発、ITIC 茨城がロボットの研究開発をそれぞれ担った (図1)。

\*1 良品と不良品を正しく判別できた数の全数に占める割合。



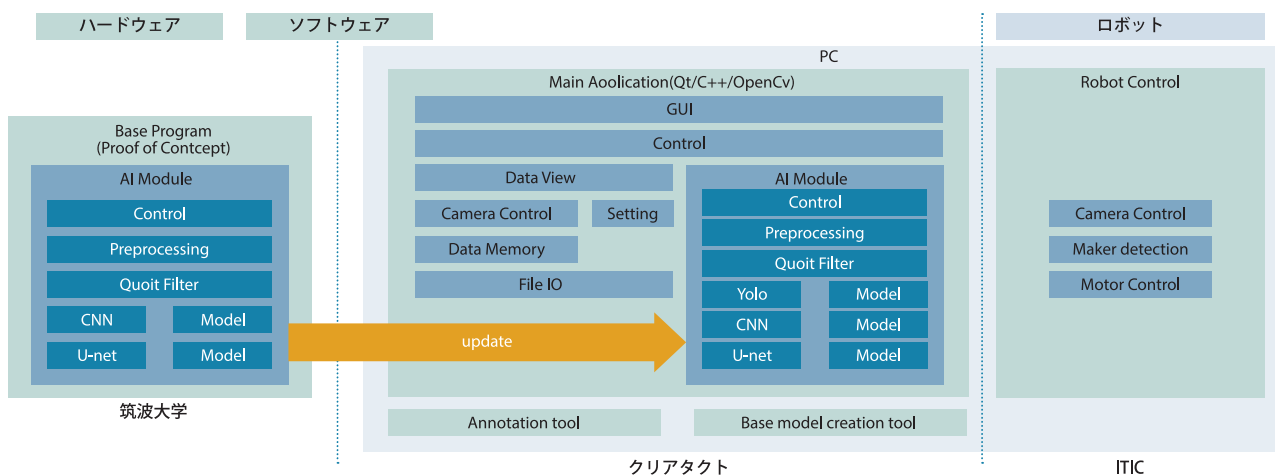


図1 AI検査支援システム開発担当役割

## 1) 筑波大学

### ①検査製品画像と熟練者判定結果の記録

熟練者の知覚認知に関するデータ収集を、可能な限り現場の検査作業と並行して自動収集する機構と、その機構上で簡単かつ短時間で熟練者判定結果が登録できる支援機構を研究開発した。その結果、少ない工数でAI検査支援システムを導入できるようになり、従来技術で懸念されてきた導入障壁が下げられた。

### ②自動化手法

多品種生産と少量変量生産に対応できる、自動検査機能を開発・検証した。不均衡な学習データに基づく場合でも、熟練者と同等以上の精度と効率で判別できることが要件となる。また、製造品種の切り替えが頻繁に起こる場合でも、大きなオーバーヘッドを伴わずに効率的に対応できる技術に対応した。

### ③作業支援方式

初心者の検査作業では、ガイドを提示して支援することを目指した。その際には、単独での検査よりも、過不足のない不良判別が可能になる高精度化、および検査スピードと熟練認知訓練に要する時間の効率化などが求められた。

## 2) クリアタクト

### ①熟練者技術のデータ収集

人間の目視による製品検査は、製品検査担当者がラインに流れる樹脂成型品を複数個手にとり、表面と裏面をそれぞれ検査しながら正常品と異常品を分類している。熟練者の技術を可視化するため、熟練者が検査中に樹脂

成型品のどの部分に着目しているかの視線データを収集した。

### ②予備検証 (ルールベースの画像処理)

AI検査支援システムの仕様を検討すべく、製品検査時の動画像を使い、傷検出についてのAIおよび画像処理アルゴリズムの予備検証を実施した。一般的なルールベースの画像処理を適用することで、傷の検出に関しての課題を抽出した。

### ③予備検証 (機械学習)

AI検査支援システムのシステム仕様を検討する予備検証として、機械学習を適用した場合の課題を抽出した。実際には、深層学習を適用できるほどデータが集められず、深層学習の適用が難しかったため、特徴量を人手で計算しながら学習モデルを生成する手法を選択した。

### ④撮像環境の検討

傷のあるところの輝度の明暗が出ない場合があることから、「樹脂成型品に照射する光源以外の光を遮断する」「カメラと樹脂成型品の距離を近づけ微小な傷の解像度を高める」の2点を考慮した撮像環境を構築した。その上で、光の照射方式について、直接照射と拡散照明の2種類の照明を用いて傷の見えやすさを検証した。

### ⑤自動アノテーションシステムの構築

AIの学習データとして、熟練者技術のデータ化および初心者の検査支援を行う自動アノテーションシステムを構築した (図2)。自動アノテーションシステムのユーザー操作として、モニターの表示およびタッチパネル操作をGUI\*2(グラフィカルユーザーインターフェース)仕様とした。

\*2 コンピューターへ出す命令や指示などを、ユーザーが画面上で視覚的に捉えて指定できるインターフェース。



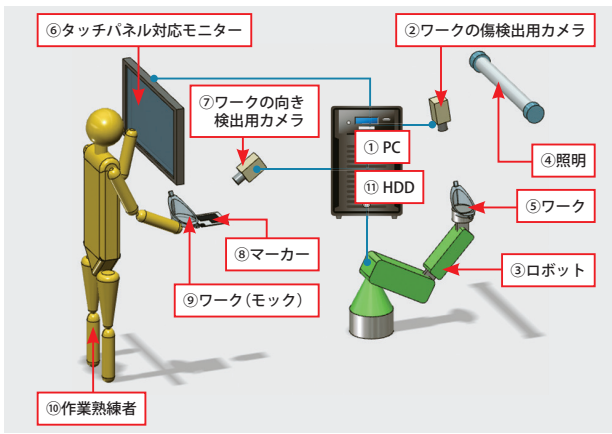


図2 自動アノテーションシステムの概要

### ⑥自動検査システムのプロトタイプを作成

将来的に製品検査を自動化する自動検査システムを構築する上で必要となる、自動検査システムのプロトタイプを作成した。今回のプロトタイプでは、傷の検査およびロボットの制御（樹脂成型品の移動）部分について、処理時間などの課題を抽出するシステムとした。

## 3)ITIC茨城

### ①システム構築

検査時画像の自動撮影と良否判定の自動記録を実施するには、検査者の視点に合わせた検査対象の記録が必要になる。また、企業現場への実装を想定すると、人材不足や省力化の観点からロボットを動作させ、自動検査するための動きと画像データを取得する必要がある。これらのことから、本研究開発では検査対象を模擬した2次元マーカーを検査者が操ることで、ロボットによってハンドリングされた検査対象に傾きを与え、それによって対象がどのように見えるかについて、モニターを通じて逐次検査者にフィードバックする学習用データ収集システムを開発した。

### ②自動記録ソフトウェアとの連携

①で構築したシステムを用いて、検査者がモニターに表示された画像から検査対象の良否を判断した結果を記録する自動記録ソフトウェアを開発し、①のシステムと連携させた。

## 3 本研究の成果

### (1)筑波大学

熟練者と初心者の相違を明らかにするため、独自に開

発した欠陥検査シミュレーター上に製品画像を表示して判定させる実験において、視線追跡と事後アンケートを実施した。その結果、検査の精度に関しては、「長い就業年数を経た熟練者では、認知項目の深さや広さが異なること」が分かった。就業年数が長くなるに連れ、現場状況のより広い認知や因果推論が思考され、ライン責任者では経営者ビューを用いることも分かった。

検査の効率については、見ただけですぐに欠陥を検出できる知覚能力（ポップアウト）に関して、熟練者と初心者で大きな差が見られた。ただし、実際の検査環境である2画像表示のユーザーインターフェースとは別で、1画像のみを表示する場合には、初心者でもポップアウトが発現し、欠陥候補画像のうち56%について、第3焦点以内で欠陥を見つけることができた。

以上により、参考情報をうまく使いこなせない初心者には、まず妨害刺激の少ない1画像のユーザーインターフェースで訓練する方が良いと考えられる。

本研究の対象では、製品面積の0.05%未満と微小な欠陥が不良品の60%以上を占め重要課題となる。このような欠陥は、製品全景画像の中で数画素角と情報量が少ないため、従来技術や盛んに応用されている深層学習の応用では判別精度が0~60%台と低く、実用的な精度が望めないことが分かった。欠陥寸法だけでなく、光の反射が大きい場合や、多様な品種や絵柄がある場合はさらに精度は劣化する。

以上から、微小欠陥をもれなく確実に検出できる手法と、各画像の欠陥の特徴を見つけやすくする前処理が必要と考え、技術的背景と課題認識に基づいて、微小欠陥の高精度検出を可能にする自動検査AIシステムを構築した(図3)。

### (2)クリアタクト

熟練者の技術データを取得して検証した結果、以下のことが分かった。

- 蛍光灯の光を検査品に当て、故意にハレーションを発生させることで傷を見やすくしている。
- 検査時には検査品を傾けて検査するが、傾け角度は微小であった。
- 検査品の中央より端に注目していることが多い。
- 微小な傷もしくは検査品の端の傷については、異常品としないこともある。

ルールベースの画像処理の予備検証の結果、以下の課題があることが分かった。

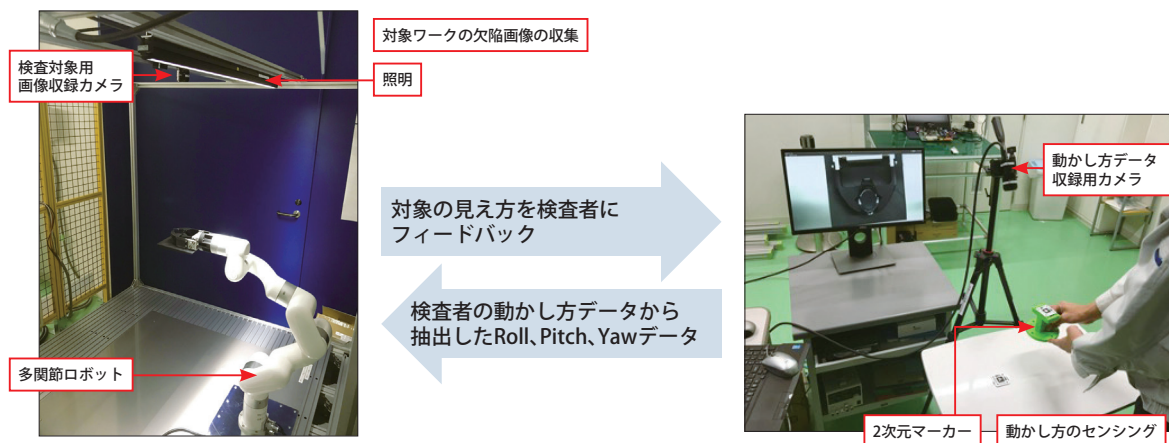


図3 微小欠陥の高精度検出を可能にする自動検査 AI システム

- 明るさや角度によって傷が見えない場合がある。
- 傷と楕円エリア端の区別が難しい。
- カメラの AE 制御が一定でない場合、輝度や色相を使うのが難しい。
- 人間が行う 4 個 / 10 秒程度の処理性能を満たすには、高速な処理演算が必要である。

機械学習の予備検証の結果、以下の課題があることが分かった。

- 傷のあるところの輝度の明暗がはっきりしない場合があるため、撮影方法や光源位置、シャッター制御に工夫が必要。
- 樹脂成型品の検出は容易だが、傷の検出は傷が微小であり、傷以外の埃などが傷と酷似して検出難易度が高い。

自動検査システムのプロトタイプ版の処理時間については、一つのワークの検査に対して 2～4 秒程度かかっており、実運用という観点ではさらなる改善が必要であった。しかし、傷検知 AI のソフトウェアとロボット制御用ソフトウェアを一体化し、ソフトウェア構造をスマート化することにより、現在の処理時間の半分程度に改善できる可能性がある。

### (3) ITIC 茨城

学習用データ収集システムには、以下のような機能が実装された。

- 検査対象を模擬した 2 次元マーカをマーカ認識用カメラによって計測し、検査者による操り動作を記録する機能。
- 検査者による模擬検査対象の操り動作をロボットのワーク座標とリンクさせることにより、検査対象を把持したロボットが検査者の操り動作を再現する機能。

- 検査対象撮影用カメラがロボットに把持された検査対象を自動撮影し、データを記録すると同時に検査対象の見え方を逐次検査者が見ているモニターにフィードバックする機能。

今回開発したシステムを協力企業に官能評価してもらった結果、以下のようなコメントが得られた。

- 傷検知機能を強化してほしい。
- 光の当て方も標準化した方が良い。
- 擦り傷や表裏での不具合を検知したい。
- 手元で全ての操作ができることが理想。
- レンズ濃度と不具合程度の相関が気になる。

## 4 まとめと今後の展望

将来的に製品の検査を自動化する、自動検査システムのプロトタイプ版を作成した。さらに、アノテーション済みの約 5000 枚の画像で学習したワーク検出 AI と傷検出 AI を組み合わせ、プロトタイプ版を作成して検証実験を行った。実企業の実サンプルを用いた検証では、AI による製品画像の欠陥検出の正解率は 98% となり、目標の 90% を超える結果となり目標を達成した。

本コンソーシアムは 2020 年度で終了となったが、研究開発はまだ中途の段階であり、「計画遂行に向けたリソース（人的、資金的）の確保」、「ビジネスへ向けた PoC の実施と想定顧客へのプレゼンテーション」などの課題を解決できるようであれば、今後も継続して開発を進め、AI 検査支援システムの協力企業への試験導入を目指していきたい。

# 初心者がサイバー空間を通じて容易に制御可能なロボットシステムの開発 (VRテレワークシステム)

国立大学法人筑波大学、茨城県産業技術イノベーションセンター、エーテック株式会社

- サイバー空間を通じたロボット操作・教示手法として、簡易インターフェースを用いた操作者へのロボット・ワーク・周囲環境の情報提示手法と、操作者のロボット動作量入力手法を開発した。
- システムのプロトタイプ段階で、協力企業の熟練者および初心者に教示操作試験を行ってもらい官能調査を実施。その際に示された問題点を解決し、最終的にロボットシステムを構築した。

## 1 研究の目的

本研究では、家庭などから遠隔地にある仕事場の作業をロボット操作する（VRテレワーク）技術を開発した。製造業においては、これまで在宅勤務やテレワークという考え方が存在しなかったが、本技術によって導入可能となれば、数万人規模での労働力が得られる可能性がある。また、離職者も育児や介護に縛られずに働けるようになり、働きたい人のワークライフバランスへ大きな貢献をもたらす。技術的課題は、「①身近で低価格なティーチングに適するデバイスの選定」、「②ロボット操作とロボットの作業環境を容易に把握可能な手法の開発」、「③操作者が思い通りの操作を可能にする手動作とロボット動作の変換方法の開発」であった。①の課題は、低コストで容易に習熟が可能なティーチング用インターフェースと、仕事場で汎用的に使用可能なロボットハンドの開発で解決を図った。②の課題については、スマートフォンの機能をソフトウェアで変更し、保持方法を変えるなどした際に、のぞき窓から仕事場を見るようなシステムを開発して解決を図った。③の課題については、パペットのように手を動作させてロボット制御するシステムを開発して解決を図った。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2020年度

### (2) 実施方法

本研究開発は、国立大学法人筑波大学、茨城県産業技術イノベーションセンター（ITIC 茨城）、エーテック株式会社によるコンソーシアム形式で実施した（図1）。

#### 1) エーテック

①サイバー空間を通じたロボット操作・教示手法の開発  
簡易インターフェース（スマートフォンやタブレット）を用いた操作者へのロボットやワーク、周囲環境の情報提示手法と、操作者のロボット動作量入力手法を開発した。操作者が提示された情報をもとに、直感的な操作でロボット動作量を入力できることや、ネットワーク経由での操作に極力遅延が生じないことを考慮した。

②操作・教示手法に適したロボット・計測システムの開発

ロボットの遠隔操作手法に基づき、VRテレワークシステムの設計・構築のために試作を行い、操作・教示手法の改良、センサーやカメラ構成の検討や追加などを実施した（図2）。各ロボットの手先にカメラを設置し、ロボットのハンドがワークを把持するなど接触に注意す



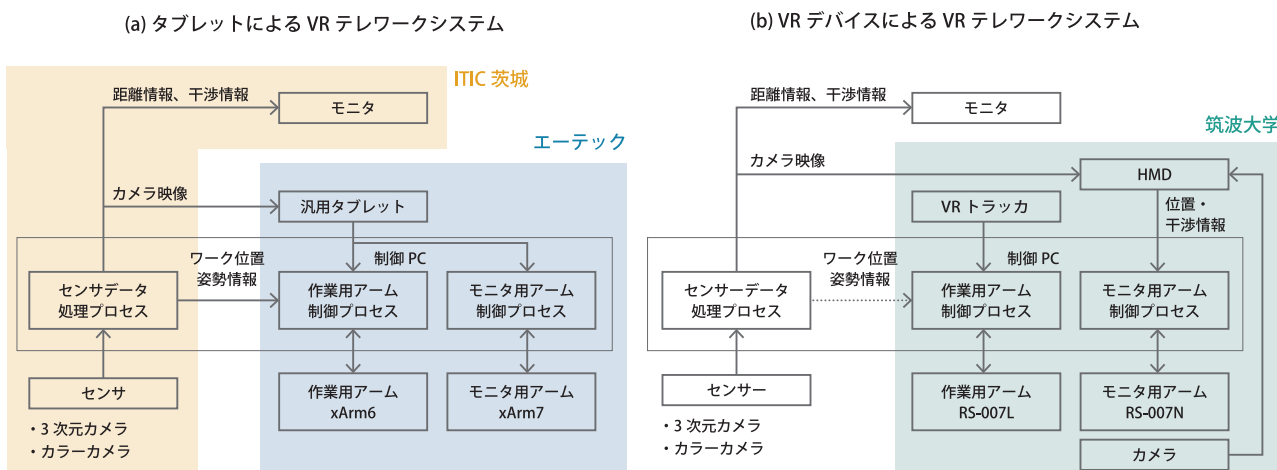


図1 VRテレワークシステム開発の役割分担

べき教示操作時に、監視用の近接映像をスマートフォンに表示するために使用された。これにより、従来のティーチングペンダント\*1を用いた教示の際にハンドとワークをのぞき込みながら行っていた操作を、離れた場所から安全に行えるようになった。

### ③ VR テレワークシステムの開発

双腕構成の試作システムを用いて、バフ研磨模擬作業の教示・再生実験を行った。実験内容は、作業用ロボットを用いてワーク把持位置に設置されたワークを把持し、グラインダーにワークを接触させるまでの教示と動作の再生までであり、協力企業の教示作業熟練者（技能者）と非熟練者がロボット設置場所とは別室でロボットの教示を行い、教示にかかる時間の計測と作業後に作業者の官能調査を行った。

## 2) 筑波大学

本研究開発では、サイバー空間を通じてロボットを操

作・教示する指示デバイスとして、スマートフォンやタブレットなど誰でも容易に利用できるデバイスを用いた。近年、パーソナルユースのVRデバイス（ヘッドマウントディスプレイなど）が市場に出てきており、これらも数年以内には一般的なデバイスになると考えられることから、本研究においてもVRデバイスを用いたロボットの遠隔操作・教示手法を構築した。

### ① VR デバイスを用いた遠隔操作システム

ロボット遠隔操作システムに、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を用いた自由視点映像提示機能を付加し、直感的にカメラの位置・姿勢が制御できるシステムを開発した（図3）。遠隔操作の対象を、6自由度のマニピュレーターとしている。本システムは、遠隔操作の対象となるマニピュレーターの作業環境と、操作者の作業環境の2か所に存在する。マニピュレーター作業環境には、操作対象となるマニピュレーターを2台配置し、1台はカメラ用で手先にステレオカメラを取り付けるこ

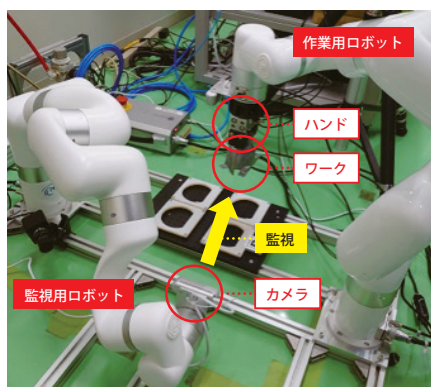
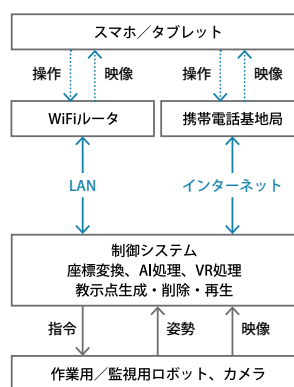


図2 VRテレワークシステム双腕構成の試作



\*1 プログラムの作成やティーチング作業のための入力・操作装置。

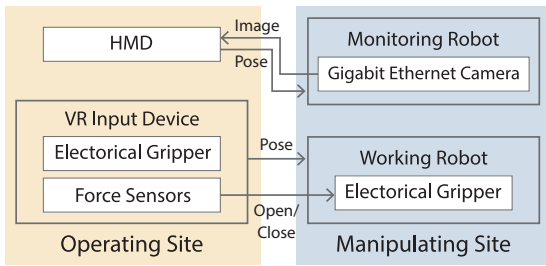


図3 VRデバイスを用いた遠隔操作システムの構成

とでHMDに映し出す映像を撮影する。もう1台は作業用で、手先には作業を行うグリッパを取り付けた。操作者側では、操作者がHMDとVR入力デバイス（VRトラッカー）を身につける。VR入力デバイスは実際のエンドエフェクタと同形状とするため、同様のグリッパにVRトラッカーを固定したものとし、グリッパのツメ部分には力センサーを取り付け、開閉の入力を実現した。

#### ② VRトラッカーによるロボットの遠隔操作

作業用ロボットの制御には、ロボットの各関節角度の制御と電動グリッパの開閉制御が必要となる。作業用ロボットの制御に関しては、一般的なマスタースレーブ型操作のようにマスターアームを操作者側に設置する必要はなく、エンドエフェクター部分の位置・姿勢のみを使って手軽なシステムを実現した。

#### ③自由視点映像による視覚情報提示

HMDから位置・姿勢を取得し、それらの情報をもとにマニピュレーターを動作させた。HMDの位置・姿勢は、装着している操作者の頭の位置・姿勢を示していることから、マニピュレーターは操作者の視点の動きをなぞるように動作する。これにより、操作者がのぞき込む動きをすると、その通りにマニピュレーターが動作する。

#### ④自由視点映像を用いた軸挿入作業実験

自由視点映像を用いたVR遠隔操作システムの操作性を評価するため、軸挿入作業実験を行った。マニピュレーター作業環境には、作業用ロボットとカメラ用ロボットを向かい合わせに配置し、操作者はHMDを装着した状態で入力デバイスを手に持って操作した。

### 3) ITIC茨城

#### ①サイバー空間を通じたロボット操作・教示手法の開発

遠隔地からロボットアームを操作・教示するには、現場の状況を違和感なく操作者・教示者へ提示するシステムが求められる。本研究開発では、複数台の固定RGBDカメラから取得した色付き点群データを統合すること

で、現場の状況を任意の視点から確認できる機能、およびロボットアームとワークや周辺環境との距離を操作者・教示者へ提示する機能などを有する情報提示システムを開発した。

#### ②操作・教示手法に適したロボット・計測システムの開発

遠隔操作システムに計測データをもとにした、精密な位置決めによる操作補助機能を組み込むことを目的に、作業ワークの位置姿勢を推定するため、「高精度マーカーおよびカラーカメラによる位置決め」、「点群データとモデルデータのマッチングによる位置決め」の二つの手法を開発した。

#### ③VRテレワークシステムの開発

研磨作業を対象に、ロボットシステムおよび遠隔教示に必要な環境を構築した(図4)。本システムでは、作業用ロボットおよび作業をモニターするロボット、各ロボットの手先、グラインダー上部およびワークプレート付近、架台上部にセンサーやUSBカメラを配置した。

## 3 本研究の成果

### (1)「サイバー空間を通じたロボット操作・教示手法の開発」の達成度評価

「AIによる操作意図に対する指令の学習・補正を用いたロボット操作手法の決定」に関しては、補正手法などは定めたが、その実装は完了していない。特に目標とした、座標系に対する拘束・補正については実装できていない。また、「スマートフォンを用いた直感的な手指の動作によるロボット操作手法の検討」に関しては、スマートフォンの一般的な操作である傾けや画面タッチによって入力された操作量を、ロボット座標系に変換するこ

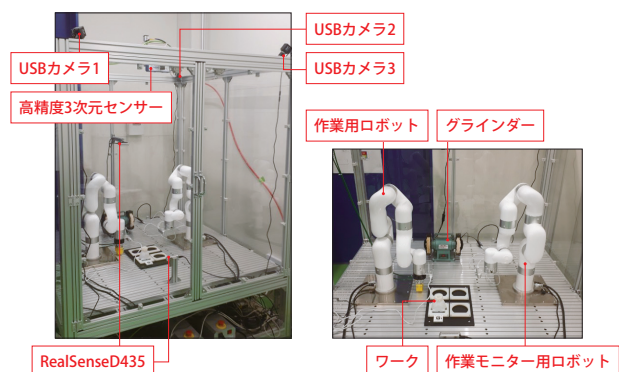


図4 VRテレワークシステムの外観

とで直感的なロボット操作を可能とする手法を開発し、目標を達成した。

一方で、操作者への情報提示機能として、複数デプスセンサーの出力を統合することで、ロボット周辺環境を3次元的に可視化する機能や、指定した2点間の距離を測定して提示する機能、ロボットと周辺環境の最近接距離を提示する機能、点群中の隠れ領域を提示する機能などを開発した。パーソナルVRデバイスであるHMDやVRトラッカーを用いたインターフェースを構築し、HMDの動きに合わせてロボットの手先にあるステレオカメラを動かすことで臨場感ある観察が可能になったが、VRトラッカーの動きでロボットハンドを動かす仕組みについては、改良の余地がある。

以上から、スマートフォンによるインターフェースは予定通りに開発を達成したが、VRデバイスを使ったインターフェースやAI補助の導入については、部分的な達成にとどまっており、不足した点があると考えられる。

## (2)「操作・教示手法に適したロボット・計測システムの開発」の達成度評価

「直感的な操作によるラフな位置決めと、計測データをもとにした精密な位置決めを組み合わせさせた教示手法の開発」に関しては、簡易インターフェースの直感的な操作によるラフな位置決めと、計測データをもとにしたロボット手先とワークの距離を提示することで精密に位置決めする手法を開発し、目標を達成した。また、作業ワークの位置姿勢を推定するため、マーカーおよびカラーカメラによる位置決め、点群データとモデルデータのマッチングによる位置決めについて開発した。これらについては、計測データに基づく情報提示が実装され、操作者の補助として有効に働いているが、それを利用した拘束・補正については実装されていない。

「HMDなどのVRデバイスを用い、サイバー空間を通じて作業補正を行う操作・教示AIシステムの開発」に関しては、目標とするワークを認識し、当該ワークをロボット手先カメラの映像の中央に捉え続けるようにロボットの動作を補正するAIを開発することで目標を達成した。ロボットや位置姿勢計測を行ったワークなどのモデルをサイバー空間に構築し、ハンドを動かす方向の拘束・補正をかけることで、ロボットの操作を容易にする操作手法も検討したが、実装には至っていない。

以上から、およそその目標を達成し、スマートフォンなどの操作・教示手法に対し、適切にロボットを動かし

て周辺環境を計測するシステムは構築できたが、AIによる作業補助などについては完全な導入には至っていない。

## (3)「VRテレワークシステムの開発」の達成度評価

「具体的な作業を設定し、その作業を模したロボットシステムおよび遠隔教示に必要なカメラなどセンサーシステムのプロトタイプ設計、開発」に関しては、対象作業を研磨作業に設定し、作業を模したロボットシステムおよび遠隔教示に必要な環境を構築した。また、バフ研磨の遠隔教示を対象作業とし、ロボットシステムおよびセンサーシステムのプロトタイプを設計、開発することで目標を達成した。VRデバイスを用いた丸棒丸穴挿入の操作・教示実験システムを構築し、センサーシステムとして、複数の固定カメラを配置した場合とHMD連動のステレオカメラを利用する場合の2種類を用意した。さらに、研磨を業とする企業の技術者2人を対象に、VRテレワークシステムプロトタイプによる検証実験を実施し、改良点を抽出した。スマートフォンによるVRテレワークプロトタイプシステムについては目標を達成したが、別途行っているVRデバイスによる実験システムについては、現場技術者による官能調査に至っておらず、不足した点は残っている。

## 4 まとめと今後の展望

VRを用いることで、直感的かつ手軽に操作が可能なロボット遠隔操作システムを提案した。実装したシステムを用い、固定カメラ映像および自由視点映像の2種類の視覚情報提示による実験結果を比較すると、固定カメラ映像よりも自由視点映像を用いた場合の方が成功率に大きな個人差がみられた。今後はより多くの条件で実験を行い、さらに操作性の良いシステムへと改良したい。

VR入力デバイスにおいては、現在のシステムでは操作精度が人間の入力精度に依存してしまうため、操作者の入力を適切に補正する機能を開発していく。HMDの自由視点映像においては、カメラ用ロボットの動作空間を増やす工夫を行うことや、基線長の調整を行い眼精疲労を防ぐことなどにより、操作性を向上させたい。



# インフラ領域における職人の技の 伝承教育システム

国立研究開発法人理化学研究所

- 職人の技を科学的に分析した過程を「工学的前兆判定 AI」として確立し、その基盤技術を組み込んだ、「職人教育システム」によって、技の習熟度の可視化に成功し、生産性向上の見込みが立つことを確認した。
- 「工学的前兆判定 AI」を組み込みソフトウェアとして実装したロボット検査システムを構築し、業務訓練や支援に役立てるため、業務状況の計測や評価をもとにしてタスクデータ・情報ベースを構築した。

## 1 研究の目的

日本のインフラを支えている優秀な職人の人材不足や、高齢化に対応することを目的に、職人の技を科学的に分析。その判断過程を、AIで再構築した基盤技術「工学的前兆判定 AI」として確立した。この基盤技術をソフトウェアとして組み込んだ、「職人教育システム」を構築するとともに、SIP 第1期で開発・改良されたインフラ計測デバイス（MIMM およびレーザー打音）に対して、「工学的前兆判定 AI」をデバイス組み込みソフトウェアとして実装したロボット検査システムを構築した。「職人教育システム」を用いて訓練を受けた職人の最終判断と、ロボット検査システムによる支援システムとの連携により、Society 5.0において実現を目指すインフラ検査のCPS\*1（Cyber Physical System）型社会実装形態を実現した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

認知的インタラクションによる職人技の研究を基本に、インフラ領域における職人技の伝承教育と機械化（ロボット化）について、全体構造の出口（社会実装）に向かって各研究テーマを遂行し、研究のフローを作成した（図1）。本研究は、図1において「人による診断」で示されたフローに対応し、以下の2点の開発を行った。

#### 1) インフラメンテナンスにおける職人の技の解析および体系化に関する研究開発（理化学研究所）

作業動画収集のためのウェアラブルカメラシステム開発と、作業動画から技データを生成、処理するソフト開発によって本研究を進めた（両者を合わせて職人技データ収集システムと呼ぶ）。前者では、作業への負荷を極力増やさずに動画収集するシステム開発を進めた。後者では、作業観察と聞き取りによる技の要素の特定のうち、それらのデータ化（技データ）と、技データから人の判断要素の抽出を実現するアルゴリズム開発を進めた。

#### 2) 科学的手法に裏付けられたインフラメンテナンス教育システムの開発（理化学研究所）

マシン（教育システム）による技術習得の手法確立と、

\*1 現実世界でセンサーが収集した情報をサイバー空間で活用して解析し、経験や勘ではなく定量的な分析でさまざまな産業に役立てる取り組み。

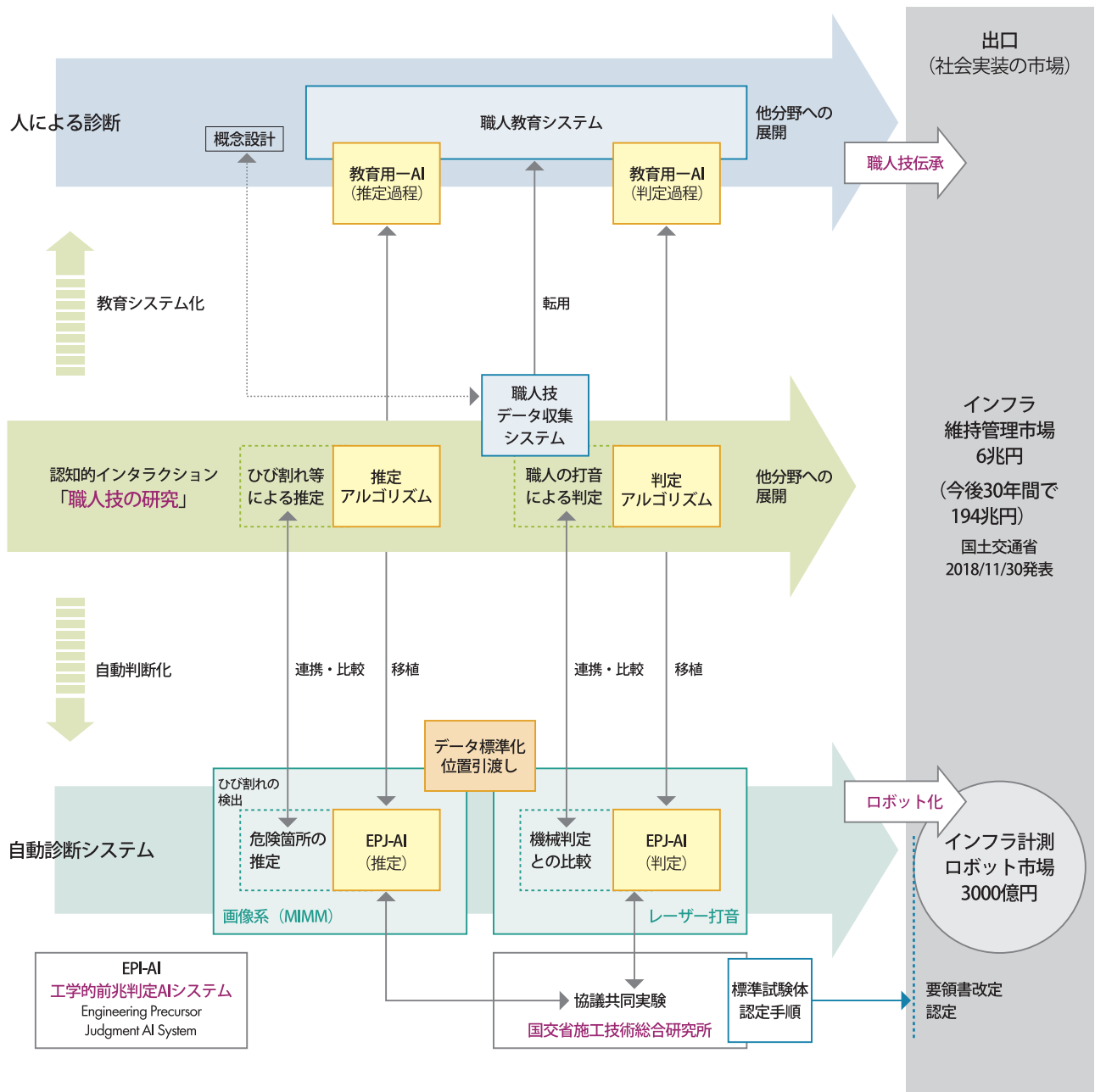


図1 研究のフローチャート

それを実現するシステムの開発によって本研究を進めた。前者については、実際の教育方法の聞き取りや現場での教育体験を通して進めた。後者については、1) による職人技データ収集システムに、技データと判断要素を可視化する技術の導入など、教育効果（生産性）を上げる機能を追加導入する方針で進めた。また、システムの使用方法や効果、応用については、点検員からの聞き取り調査をもとに改善していく方法をとった。

### 3 本研究の成果

#### (1) インフラメンテナンスにおける職人の技の解析および体系化に関する研究開発（理化学研究所）

以下の三つの成果を挙げた。

- 訓練環境（室内で供試体を使用）にて、打音点検作業から職人技の要素（探索の技、絞込み・推定の技、音聞き分けの技）を収集するウェアラブルカメラと、モバイルPCからなるシステムの実証機を完成させた。

- 実際のトンネル現場における打音点検作業から職人技を収集するウェアラブルカメラと、モバイル PC からなるシステムについて、実証機を完成させた (図 2)。
- 職人技のデータ化と、そこから点検員による判断過程と判断基準を抽出するソフトウェア (Eyelex) を完成

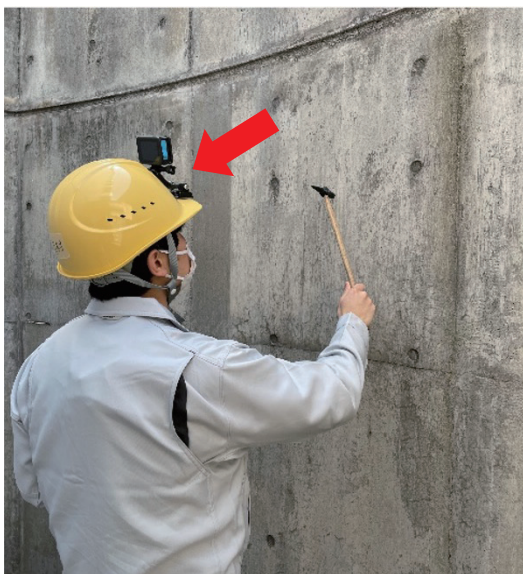
させた。

## (2) 科学的手法に裏付けられたインフラメンテナンス教育システムの開発 (理化学研究所)

ウェアラブルカメラと、ソフトウェア (EyelexTablet)



図 2 収集した作業データ  
プロットがハンマー打撃点、紫領域が点検員が判断した異常領域に対応、各プロットごとに打撃音が付属



作業



処理結果確認

図 3 教育システム使用の様子  
ウェアラブルカメラ (左図矢印) で撮った作業動画がその場でソフトウェア EyelexTablet を搭載したモバイル PC (右図矢印) に転送、処理される



を搭載したモバイル PC からなる、教育システムを完成させた(図3)。点検の技である、探索力、絞込み・推定力、音判断力の3要素を可視化するとともに、それらによる総合判断力をスコアとして表示した。その結果、新人と熟練者の技(習得度)の違いを、可視化イメージとスコアによって比較することが可能となった(図4)。教育訓練では、ウェアラブルカメラ付きヘルメットを装着して作業を実施後、その場でスコアを確認できるとともに、減点の理由を三つの要素技のスコアから理解し、技術習得を一人で進めることができる手法を開発した。

なお、本システムの生産性向上は以下で見積もることができる。変状判定にて、熟練者が教授する項目を、打音とひび割れ構造の相関性、環境、経年、施工法と仮定し、教育システムでアシストする部分を「打音とひび割れ構造の相関性」の一部とする。それが、教授する項目の中で占める時間的な割合は40%と見込めるため、教育システムは職人1人の労力に対して0.4人分の労力に相当する。本システムを従来の教育と併用することで等価的に熟練者は1.4人分の労力を有することになり、職人の

2年の教育期間に対して熟練者を1.4人分当てることができるため、教育期間は1.4年(2年/1.4人分)に短縮することができる。これから教育システムを導入することで生産性は約143%(2年/1.4年)と見積もられる。

## 4 まとめと今後の展望

被打面画像上への打撃点と付随するハンマー打音のデジタルデータ化の技術や、それに基づく、熟練者の打音点検の技と判断過程および基準を可視化する技術を開発した。これにより、熟練者からの技の習得について、これまで困難であった生徒の自習・復習学習が可能になったほか、学習の場が得られる生徒の数に制限がなくなった。その結果、効率的な技術習得の訓練を実現でき、点検員の育成促進に期待できる。

この技術は、点検業務の支援に応用できるだけでなく、打音に頼るほかの点検用途にも応用が期待できる。

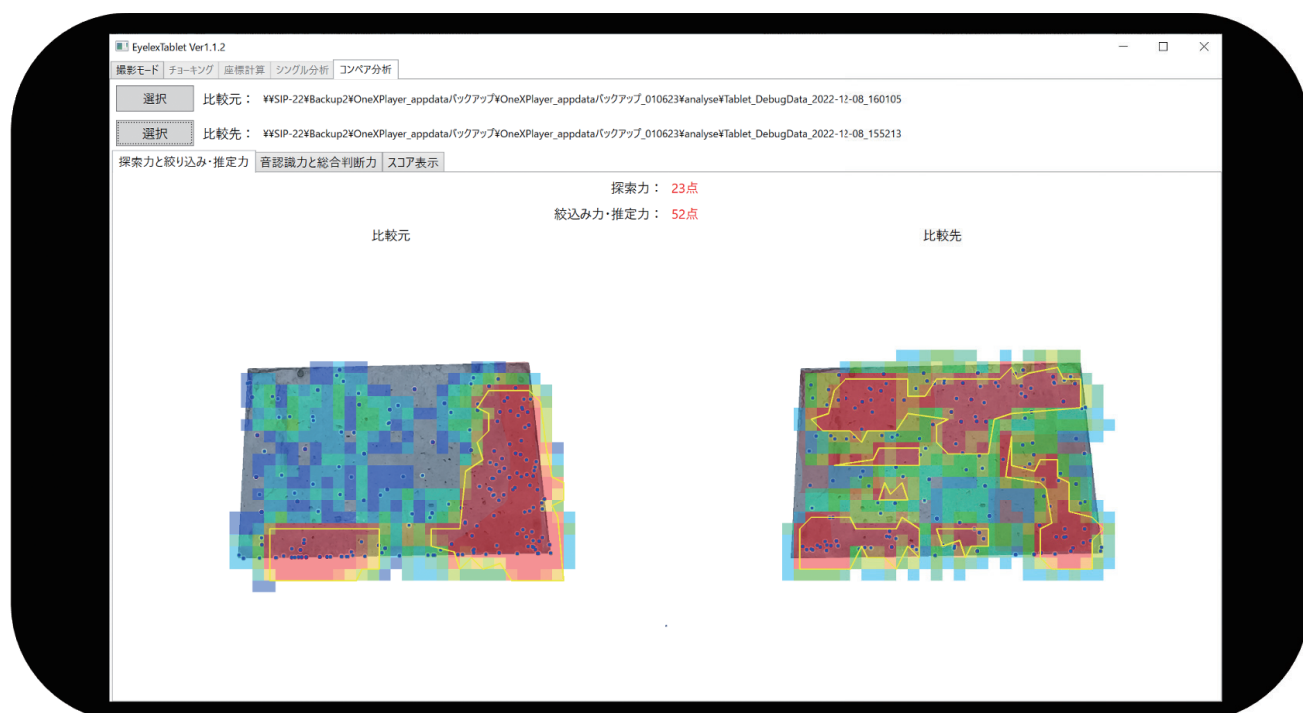


図4 タブレット PC に表示された使用者(左)と熟練職人(右)の技(探索力と絞込み・推定力)の比較の例  
探索力は黄色線領域で、絞込み・推定力は色と濃淡で、スコアは赤字で表示されている

# インフラ領域における打音検査の機械化の推進と社会実装

計測検査株式会社、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、株式会社フォトンラボ、一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会

- 「工学的前兆判定 AI」を組込みソフトウェアとして実装したロボット検査システムを構築し、業務訓練や支援に役立てるため、業務状況の計測や評価をもとにタスクデータ・情報ベースを構築した。供用中の道路トンネルを対象とした本 AI の検証試験では、検査員による健全度判定を 90%以上の精度で再現することに成功した。加えて、データ解析時間の短縮により、従来と比較して約 190%への生産性の向上が見込まれる。本 AI で判定した結果をデータベースに登録することで、複数の検査装置の連携を容易とし、かつデジタルデータとして他者との情報共有を可能とした。
- 研究参画機関から研究成果を引き継ぎ、一連の機器システムの計測サービスは計測検査の画像計測サービスと連携して顧客に引き渡されるようにした。

## 1 研究の目的

日本のインフラを支えている優秀な職人の人材不足や、高齢化に対応することを目的に、職人の技を科学的に分析。その判断過程を、AI で再構築した基盤技術「工学的前兆判定 AI」として確立する。この基盤技術をソフトウェアとして組み込んだ、「職人教育システム」を構築するとともに、SIP 第 1 期で開発・改良されたインフラ計測デバイス（MIMM およびレーザー打音）に対して、「工学的前兆判定 AI」をデバイス組込みソフトウェアとして実装したロボット検査システムを構築。「職人教育システム」を用いて訓練を受けた職人の最終判断と、ロボット検査システムによる支援システムとの連携により、Society 5.0 において実現を目指すインフラ検査の CPS\*1（Cyber Physical System）型社会実装形態を実現する。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018 年度～2022 年度

### (2) 実施方法

認知的インタラクションによる職人技の研究を基本に、インフラ領域における職人技の伝承教育と機械化（ロボット化）について、全体構造の出口（社会実装）に向かって各研究テーマを遂行して研究のフローを作成した（図 1）。本研究は図 1 において「職人技の研究」「自動診断システム」に示される。

本研究では、トンネルの点検で行われる打音検査の機械化を推進するために、図 2、図 3 に示す 2 つの計測デバイス（MIMM、レーザー打音）から得られるデータを診断するための AI を開発するとともに、AI により判定したデータを登録し共有するためのデータベースを開発した。通常の打音検査では、検査員がトンネル内壁（覆

\*1 現実世界でセンサーが収集した情報をサイバー空間で活用して解析し、経験や勘ではなく定量的な分析でさまざまな産業に役立てる取り組み。

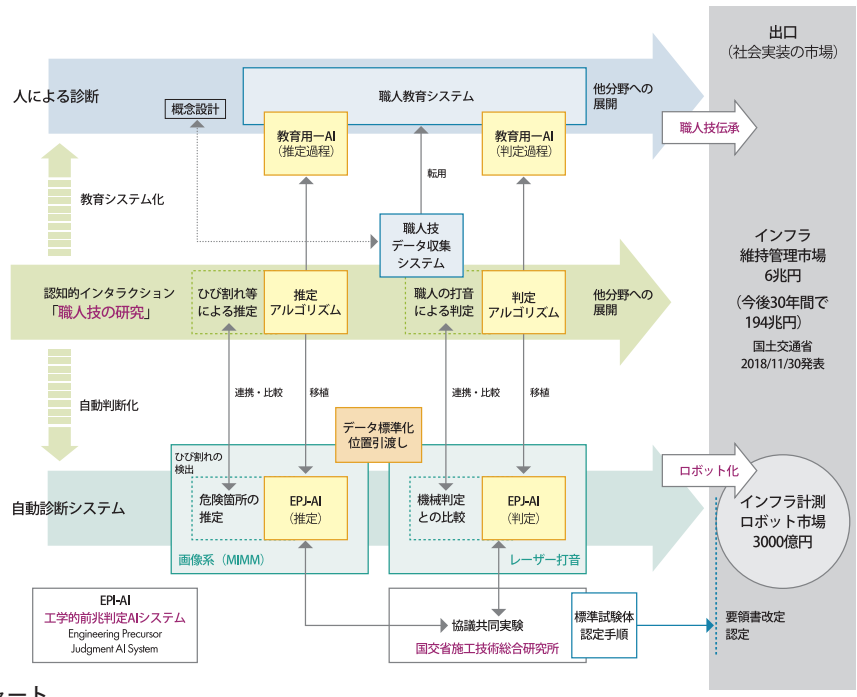


図1 研究のフローチャート



図2 Mobile Imaging technology & Mobile Mapping system (MIMM)

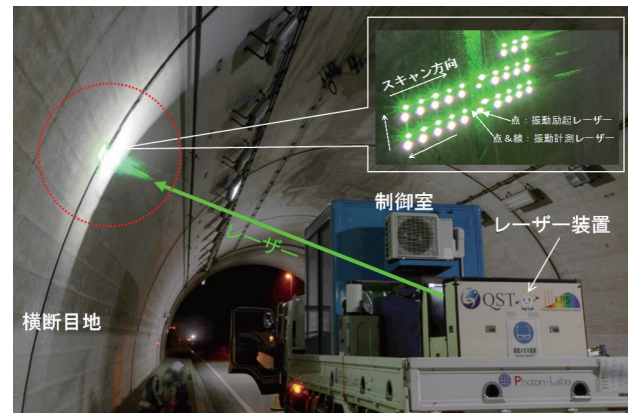


図3 レーザー打音検査装置

工面) を目視で確認し、点検が必要と判断した箇所(ひび等がある)をハンマーで叩いて内部に空洞などの欠陥が無いかを診断している。MIMMは、走行しながらトンネル覆工面の写真を撮影するデバイスであり、本研究で開発したAI(図1のEPI-AI)により点検が必要な箇所を抽出し、レーザー打音に指示を出す「検査員の目」としての働きをする。レーザー打音は、ハンマーの代わりに近赤外線のパルスレーザーをコンクリート表面に照射することで振動を励起し、その振動を「検査員の耳」に相当するレーザードップラー振動計測により計測し、EPI-AIによりコンクリートの健全度を判定する。

1) 画像計測による危険箇所の高精度抽出に関する研究

**開発(計測検査株式会社)**  
 近年、一部の道路定期点検では、走行型ロボット撮影技術を用いて人による画像判断を行っている。その画像の危険箇所推定精度・速度の向上を図った。職人技の集積である点検要領記載の基準のうち、ひび割れ閉口と閉口しそうな箇所、また、ひび割れ以外(漏水、遊離石灰、ジャンカ、補修跡、前回浮き箇所のチョーキング囲い)を判定する画像ベース判定技術を確認した。  
 正解データに類似する、誤検出の影響がある学習データを見直し、約10万個のサンプルによる学習を行った。画像計測システムで撮影取得されたトンネルの撮影展開画像に発生している漏水や、遊離石灰などの劣化箇所をMASK-RCNN\*2ベースAIを用いて自動抽出する技術を

\*2 入力された画像の中から、あらかじめ指定された種類の物体を認識してその位置などを特定するアルゴリズム。



構築した。

速度については、現状手法の劣化を画像から人カトレースする作業をAI抽出で支援することで作業速度の向上を図った。

最終年度では、実際の道路トンネルを走行型トンネル点検専用車輛（MIMM）で計測し、レーザー打音システムとの連携用に、AI抽出された危険箇所位置データなどの各種メタデータを作成してデータベースへ登録。ひび割れとそのほか変状の抽出から得られる、複合変状の危険性推定を行った。

## 2) レーザー打音によるコンクリート内部欠陥の高精度判断に関する研究開発（量子科学技術研究開発機構）

レーザー打音検査では、パルスレーザーの照射により発生したコンクリート表面の微弱な振動を別のレーザーを用いて遠隔から計測し、その振動を解析することで、欠陥の検知を行う。コンクリート内部にうき等の欠陥がある場合、内部に伝搬した振動が欠陥位置で反射・干渉することで共鳴振動が生じ、特定の周波数成分が強く現れる（卓越）ため、この周波数の卓越から欠陥を検知する。この欠陥検知の原理は通常の打音検査と同様であり、高い互換性が期待できるが、本研究以前では、欠陥の有無のみの判定であり、また機械化特有の信号ノイズに起因するスペクトルの卓越による誤判定といった課題があった。本研究では、国土交通省の道路トンネル点検要領に準拠した多段階（Ⅰ：健全、Ⅱ：要観察、Ⅲ：修繕推奨）の健全度にノイズ判定を加えた4段階の判定に対応するAIを開発した。検査員の判定を再現するAIの開発で重要となるのは、実構造物に発生する欠陥の構造を再現しつつ欠陥の構造が明らかであり、かつ検査員により健全度が評価された供試体を用いて教師データを蓄積することである。コンクリート工学の専門家および現役の検査員と共同で新たに供試体を開発し、これを用いてAIの学習用に振動データを蓄積し、現役の検査員による判定を90%以上の精度で再現することを目標とした。開発したAIを実際に使用されている道路トンネルから得られた振動データに適用し、検査員の判定と比較することで判定精度の検証を行った。

## 3) インフラメンテナンスのためのデータベースの相互連携プラットフォームに関する研究開発（社会基盤情報流通推進協議会）

2020年度のモックアップや仕様案をもとに、画像計

測データとレーザー打音データを連携するデータプラットフォームのプロトタイプを構築し、サンプルデータをもとに動作確認した。また、ユーザーインターフェースや画面表示する内容などを改善するとともに、将来的な実運用を見据えての課題および対応案について整理した。対応案として、レーザー打音時に危険箇所の計測優先度を、トンネル単位に加えてスパン単位でも提示できるようにする、トンネル内の通信環境が悪い場所でも利用できるようオフラインでの利用を可能にする、などを示した。また、プロトタイプ構築にあわせ、データベース仕様書案の改定およびデータ流通モデルアーキテクチャ案を作成した。

## 4) 工学的前兆判定AIを搭載したインフラ検査システム等の製品化と現場適用（株式会社フォトンラボ：実施期間 2020年度～2022年度）

基礎技術の研究と社会実装の両立のため、2017年8月（SIP第1期の第4年度）に理研ベンチャー「フォトン応用計測研究所」を設立。後に、株式会社フォトンラボに社名変更した。

株式会社フォトンラボでは、道路トンネルの現場で実証実験や社会実装を行い、性能限界や課題を抽出して改良の方向性を見出し開発チームにフィードバックした。レーザー打音検査装置を8か所の現場に持ち込み、うき検出の限界事例「目地部および既補修箇所」を研究者とともに取得して課題解決について協議した。画像計測に関しては、現場からの画像データを対象に、ひび割れ抽出する研究開発の課題解決について、レーザー打音との連携運用による社会実装サイドから協議した。

教育システムについては、プロトタイプを1か所の現場に持ち込み、現場専門家が使用しながら課題としての「打点の視界はずれ」を発見し、開発チームにフィードバックした。新しい用途として、「専門家同士の協議用データ収集・解析装置」を提案した。

出口戦略として、研究参画機関から研究成果を引き継ぎ、各市場に向けて、関係する機関・企業と綿密な戦略構想の下で提携・協力関係を構築。一連の機器システムの計測サービスは、計測検査の画像計測サービスと連携して顧客に引き渡されるようにした（図4）。

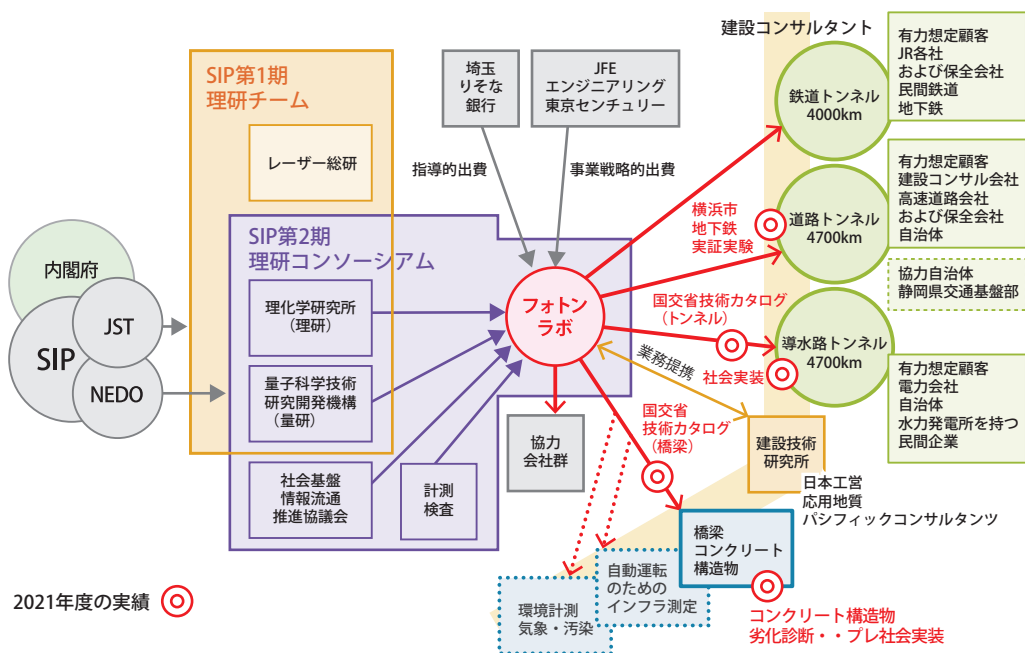


図4 全体戦略図

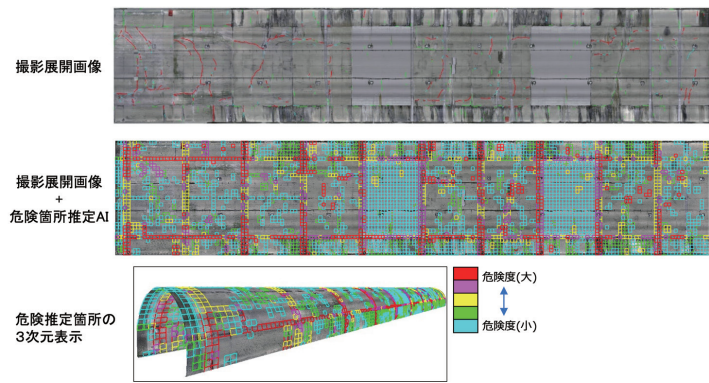


図5 覆工展開画像から、危険箇所推定 AI により危険箇所を抽出

### 3 本研究の成果

#### (1) 画像計測による危険箇所の高精度抽出に関する研究開発 (計測検査株式会社)

##### 1) ひび割れと、そのほかの変状のAI 自動抽出

走行型トンネル点検専用車輛 (MIMM) で得られる撮影展開画像から、ひび割れは、U-Ne\*3 ベースの AI 抽出手法を用いて独自の線検出アルゴリズムを構築した。図5に、展開画像、AI による危険箇所の抽出、危険箇所の3次元表示の例を示す。画像から劣化を人力でトレースする作業を100%として、AI 抽出が関与するのがその80%に相当するため AI 再現抽出率の目標値を5%の振れ幅をもたせて75~80%に設定し、結果として

76.7%の再現抽出率が得られた。その他変状は MASK-RCNN ベースの AI 抽出手法を用いて領域分割アルゴリズムを構築し、71%の AI 再現率を得られた。目標に対して未達であったが、欠損箇所の一部画像が不鮮明な箇所があったため、不鮮明な箇所をいかに取り除けるかが課題であることが分かった。積み上げにて人での変状箇所の検出する時間12.3時間に対して、AI による自動抽出を加えることで検出時間が6.75時間に短縮され、生産性として約180%向上することが分かった。

##### 2) 危険箇所の判定技術

ひび割れとその他の変状の AI 抽出結果をもとに、危険箇所を推定した。矩形メッシュ内において複数発生する、劣化箇所の位置や属性による重み付けを行い、加

\*3 生物医学のために開発された、深層学習のアルゴリズム。

点式判定による危険性の優先順位付けを行った。浮き・剥離などの危険箇所の人判定結果に対して、AIの判定結果一致率は78.3%であった。不一致の要因の一つとして人によっても危険の判断に迷う箇所も含まれているため、必ずしも人の判断が全て正しいということではないという裏付けとなった。トンネル延長100mの画像から壁面全面の危険箇所を検索する作業時間を1.0時間に対して、AIにて危険箇所を推定する場合の積み上げでは0.5時間に短縮され、生産性として200%の向上が見られた。

### 3) データプラットフォームへ危険箇所の連携データ出力技術

危険箇所をレーザー打音システムとデータ連携するため、危険位置の3次元解析を行い、特定様式で出力するようにした。画像計測システムに同時搭載したレーザー計測システムによって得られる3次元形状データを点群解析し、危険箇所位置を2次元から3次元座標に変換出力した。変換出力するデータは、レーザー打音システムで必要な危険箇所の角度や距離、高さ、およびトンネル内における相対位置データをデータプラットフォームに登録できるようにした。位置データとは別に、撮影展開画像データ、溶脱物位置データ、トンネル施工長データも登録するようにした。

### 4) 現場検証

山口県、静岡県、山梨県のフィールドにおいて、MIMM画像計測の事前スクリーニング結果から、AI危険箇所の判定技術を用いて実証試験を行った。

現状手法の劣化を画像から人力トレースする机上作業に比べ、AI支援により目視作業の代替とした場合約180%の生産性向上となった。事前スクリーニングを実施することで、正確な展開画像と変状位置の把握により、変状スケッチ作業の削減、新規変状箇所の調査時間の短縮、打音箇所の判断時間短縮に寄与する。

## (2) レーザー打音によるコンクリート内部欠陥の高精度判断に関する研究開発（量子科学技術研究開発機構）

### 1) レーザー打音検査に対応した健全度判定AIの開発

レーザー打音検査装置によって取得したコンクリート表面の振動データから、道路トンネル点検要領に準拠した多段階の健全度判定を行うAIを開発した。レーザー

打音検査装置により計測した振動データを時間分解フーリエ変換してスペクトログラム（時間・周波数・強度の3次元データ）を作成することでノイズと信号を判別し、かつスペクトログラムの特徴量をAIの学習及び健全度の判定に使用した。本AIに合わせて、AIの教育用データの収集、学習、および判定に用いるユーザーインターフェースをそれぞれ開発し、これらを統合することで、レーザー打音装置により熟練の検査員による健全度判定を再現した。

### 2) 自然欠陥を模擬したコンクリート供試体を用いた教師データの作成

コンクリートに発泡スチロール等を挿入することで作成する従来の単純な形状の模擬欠陥ではなく、コンクリートに掛かる圧力により発生させたリアルな欠陥を有し、かつ内部構造の明らかなコンクリート供試体を新たに開発した。図6に示すように、本供試体を熟練の打音検査員により3段階の健全度（Ⅰ：健全、Ⅱ：要観察、Ⅲ：修繕推奨）に分類し、それぞれにレーザー打音検査を行うことで、レーザー打音検査装置で取得した振動データを分類し、これを教師データとして、畳み込みニューラルネットワーク学習することで健全度判定AIの教育を行った（学習に用いた凡例は1,000程度）。

### 3) 現場検証

供用中のトンネルにおいてレーザー打音検査を実施し、健全度判定AIの判定精度の実証試験を行った。図7に示すように、取得した1,846点の振動データに対してAIでの判定を行った試験では、検査員による判定を基準として、過大判定7.3%、過小判定0.7%、ノイズ1.7%であり、AIによる検査員の判定結果の再現率90.4%を達成した。

### 4) 生産性の向上

従来のレーザー打音検査では、データを取得する時間に加えて、取得した振動データを全て手作業により再確認する時間を必要としている。例えば、10点×10点のレーザー打音検査を100回行った場合を想定すると、これまでのデータの取得と解析に掛かる時間の割合はおおよそ2:8である。判定にAIを導入することで、解析に掛かる時間は約半分になることが予測され、従来の作業時間全体を10時間とすると、AIの導入によりこれが6時間に短縮されるため、生産性は約170%に向上する。



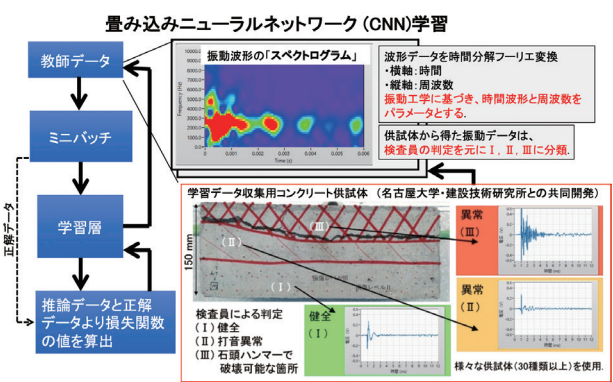


図6 自然欠陥を再現した供試体を用いた判定 AI の学習

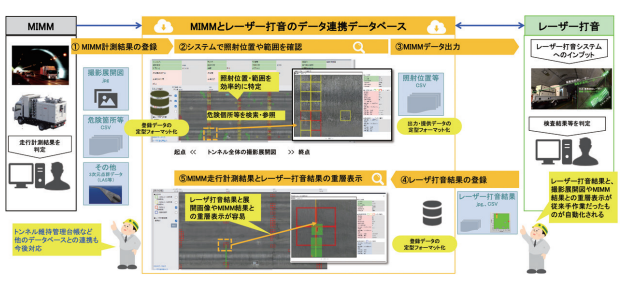


図8 画像データ (MIMM) と健全度判定データ (レーザー打音) の連携のためのデータベース

レーザー打音検査装置は、MIMM と連携することで打音検査を再現することを目的としており、それぞれのデバイスに AI を導入することで、総合的な生産性は現在の約 190% に向上することが見込まれる。

**(3) インフラメンテナンスのためのデータベースの相互連携プラットフォームに関する研究開発 (社会基盤情報流通推進協議会)**

**1) 画像計測データとレーザー打音データを紐づけるデータベースプロトタイプ構築**

本データベースのプロトタイプ版は、① MIMM 走行計測後、分析・加工処理されたトンネル全体の撮影展開図 (画像データ) と危険箇所などの情報を取り込み、② トンネル全体やスパン別の危険箇所などの情報を検索、表示を可能とした。その結果、レーザー打音実施時に照射位置や範囲を効率的に特定させ、③ レーザー打音結果も登録することにより、MIMM による危険箇所とレーザー打音結果を重層表示できるシステムを構築できた (図8)。

**2) データベースプロトタイプ版の要件定義書等**

上記のデータベース構築にあたり、MIMM などによるトンネルの危険箇所に関する情報をデータベースとして取り込む際の、データ項目やデータフォーマットのデ

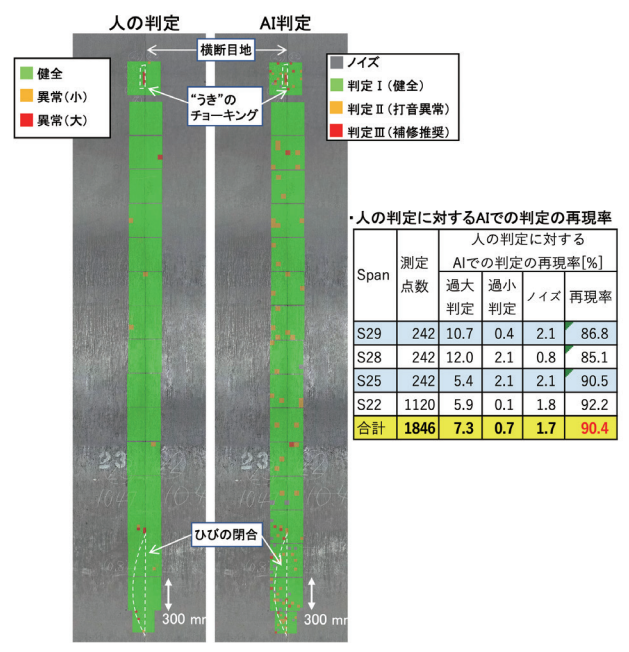


図7 健全度判定 AI によるコンクリート健全度判定精度の検証

ータ定義を設定するなど、要件定義書等のドキュメントを作成した。

**(4) 工学的前兆判定 AI を搭載したインフラ検査システム等の製品化と現場適用 (株式会社フオトラボ)**

**1) 実証実験**

研究開発段階での開発成果確認の実証実験は次のように行われた。

**① レーザー打音**

2020 年度は 4 件 (TRL4 ~ 5) の実証実験を行った (北海道: 1 件、九州: 2 件、静岡: 1 件)。2021 年度については、3 件 (TRL7) の実証実験を行った (高速道路: 1 件、一般国道: 1 件、地下鉄: 1 件)。2022 年度は 1 件 (TRL7) の実証実験を行った (一般国道: 1 件)。

**② MIMM**

2020 年度は複数 (TRL4 ~ 5) の実証実験を、計測検査株式会社の受託業務に組み入れて現場にて実施した。2021 年度も複数 (TRL7) の実証実験を、計測検査株式会社の受託業務に組み入れて現場にて実施した。

**2) 総合実証実験および公開**

2022 年度に研究段階の最終確認として以下のような

レーザー打音、MIMM、教育システムの総合実証実験を実施した。

#### ①プレ実証実験（2022年8月25日）

山口県矢地峠トンネルで技術連携の確認を行った。

#### ②総合的な公開実証実験（2022年9月6日）

静岡県焼津市の県道416号静岡焼津線の浜当日トンネルにおいて、関係省庁や地方自治体、建設コンサルタント、ゼネコンなど123名47機関を招いて、研究開発成果の総合的な発表と公開実証実験を行った（図9）。



図9 省庁・自治体・関連企業等を対象とした総合実証実験（静岡県焼津市浜当日トンネル）

#### ③フォロー実証実験（2022年10月18日）

山梨県広瀬トンネルにて、それまでの実証実験でやり残していた項目を最終的にフォローする実証実験を行った。本実証実験は、研究開発の原点となった、2012年12月2日に発生した中央高速道笹子トンネル事故（山梨県大月市、死者9名、史上最大の高速道事故）からの10年目の区切りとして、予防技術の進展を犠牲者の方々に報告する意味もあった。

#### ④情報発信

静岡での実証実験と山梨県でのフォロー実証実験の予告が読売新聞に大きく取り扱われた（2022年10月5日）。

山梨での実証実験はマスコミ各社（NHK・TBS・読売新聞・毎日新聞・山梨日日新聞など）に広く公開され大きく報道された。特にNHK総合テレビ「ニュースウォッチ9」では笹子トンネル事故10年特集（2022年12月1日放送）で、最新技術の開発成果として大きく取り上げられ、全国に広く情報発信された。

### 3) 海外事業調査企画

海外事業に向けては、「ODAにおける竣工検査に各種機械検査を導入する」、「現地作業員の指導に教育システ

ムを利用する」といった戦略を企画し、国家施策の指導下での展開を内閣府に報告した。

## 4 まとめと今後の展望

### (1) 画像計測による危険箇所の高精度抽出に関する研究開発（計測検査株式会社）

トンネル壁面の展開画像からAI抽出を施し、危険箇所を抽出するアルゴリズムとデータベース登録するまでの業務フローを構築した。今後もトンネル計測の実運用業務において、AIおよび危険箇所抽出を行う。データベース登録数の充実と、レーザー打音結果のフィードバックによる危険判定との因果関係を蓄積し、現場でのたたき作業時間短縮の精度向上に努める。また、今回現場検証において、トンネル壁面に描かれたチョーキング線の画像が不鮮明なことで抽出結果に影響することが分かったので、チョーキング線が一部欠如しているような場合でも予測抽出できるように技術改良を行うことで、より作業時間の向上が見込める。

### (2) レーザー打音によるコンクリート内部欠陥の高精度判断に関する研究開発（量子科学技術研究開発機構）

レーザー打音検査装置によって取得したコンクリート表面の振動データから道路トンネル点検要領に準拠した多段階の健全度判定を行うAIを開発した。供用中のトンネルに対する適用試験では検査員の判定結果の再現率90.4%を達成した。また、AIの導入により、MIMMとレーザー打音を組み合わせた打音作業の生産性は、現在の約190%への向上が見込まれる。今後は、さらなる精度向上のための学習データの蓄積を継続するとともに、本AIをレーザー打音検査装置に搭載し、計測時のその場診断にも活用する予定である。さらに健全度判定AIの教育用データの収集、学習、および判定UIを統合し、レーザー打音検査装置のオプションとして、ユーザーが現在運用している判定基準に則した判定AIを独自に構築するための統合UIを開発する予定である。

### (3) インフラメンテナンスのためのデータベースの相互連携プラットフォームに関する研究開発（社会基盤情報流通推進協議会）

MIMMで計測・処理した危険箇所データと、レーザ



一打音データを連携させるシステムを構築した。これにより、画像計測からレーザー打音の照射位置や範囲を効率的に特定ができた。今後は、実運用を重ねながら、本データベースの機能拡充や利用しやすさの向上に努めるほか、3次元データなどほかのデータベースとの連携についても引き続き検討していく予定である。

#### (4) 工学的前兆判定 AI を搭載したインフラ検査システム等の製品化と現場適用（株式会社フォトンラボ）

図4の全体戦略図をもとに説明する。

SIPの研究開発成果は社会実装責任組織である株式会社フォトンラボに各研究組織からすべて引き継がれ、製品化および各想定市場への営業が行われ、具体的な社会実装が実行される。フォトンラボは理化学研究所・量子科学技術研究機構の研究者と計測検査関係者の出資により設立され、半公的事業と認められ金融機関（埼玉りそな銀行）が指導的に直接出資し、事業戦略的に事業会社（JFEエンジニアリング、東京センチュリー）が出資して事業展開を支えている。

実際の市場への社会実装展開は、インフラの維持管理を入札する建設コンサルタントまたは鉄道・高速道路会社の系列保全会社を通して行われることがほとんどである。建設コンサルタント会社の大手である建設技術研究所とは業務提携を結び、ほかの大手会社（日本工営・応用地質・パシフィックコンサルタンツ）とも協力関係を築いている。

各市場別に社会実装展開の現状・方向性を説明する。

##### ①道路トンネル

国土交通省道路点検支援技術性能カタログ(トンネル)に掲載されており、一般公道での入札に採用可となっている。

MIMMとレーザー打音の連携による、AIを搭載した検査機器システムは最終年度でTRL7に達する見込みである。2023年度からは、積極的に計測サービスを有料で受託していく(TRL8)。本格的な普及は、2024年3月に想定される、国土交通省道路局が管轄する道路定期点検要領の改訂後と想定されている。

想定している顧客は建設コンサルタント各社、高速道路各社および系列保全会社、自治体である。

##### ②鉄道トンネル

道路での成果を水平展開する形で、開発テーマを国土交通省鉄道局と議論しており、具体的な開発は2023年

度から着手する予定である。すでに横浜市営地下鉄では現状の機器群を使って性能実験を開始している。

想定している顧客は、JR各社およびその系列保全会社、民間鉄道会社、地下鉄各社である。

##### ③導水路

民間企業の水力発電所の導水路改修に協力しながら、水中作業能力、超小型化など越えなければならない技術課題を検討している。この分野は、発電所の導水路にとどまらず、65万kmに及ぶ上水道、49万kmに及ぶ下水道という未着手の市場が存在する。想定している顧客は電力会社各社、自治体、水力発電所を持つ民間企業である。

将来的には自治体の上下水道が視野に入っている。

##### ④橋梁

国土交通省道路点検支援技術性能カタログ(橋梁)に掲載され、一般公道での入札に採用可となった。

道路トンネルへの社会実装の水平展開対象であり、最終年度には現場実証実験が可能となる(TRL6)。

本格的な普及は、2024年3月に想定される、国土交通省道路局が管轄する道路定期点検要領の改訂後と想定されている。

想定している顧客は建設コンサルタント各社、高速道路各社および系列保全会社、自治体である。

##### ⑤コンクリート構造物

岸壁の防波堤や建築物外壁、煙突などのコンクリート構造物で劣化診断ができるか否かの基礎実験が開始された(TRL6)。

##### ⑥自動運転のためのインフラ計測

インフラ維持管理データの自動運転用のマップデータへの反映を静岡県交通基盤部と情報交換を始めた(TRL3)。

##### ⑦環境計測 気象・汚染 防災

インフラ計測技術の環境及び防災への適用を静岡県交通基盤部と情報交換を始めた(TRL3)。

防災との連携が大きく期待され、静岡県浜当目トンネルでの公開実証実験時には、静岡県の防災点群データベース「バーチャル静岡」と大崩海岸付近でのトンネル維持管理データベースとのリンクテストデータが展示された。

##### ⑧海外戦略

ODAなどの国家施策に連動させて検討し、原則として日本の大企業との国内取引の形態をとる。特に、教育システムは海外市場が主であると考えられ、ODAと連動させた普及を目指す。



AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

# Web 等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究

KDDI株式会社、国立研究開発法人情報通信研究機構、  
NECソリューションイノベータ株式会社

- 本研究開発では、日本において重大な社会課題の一つとなっている高齢者のケア・介護領域において、ケアマネジャー、介護作業員の作業負担軽減を担うと同時に、やはり社会問題として指摘されている、高齢者の社会からの孤立の回避に資するマルチモーダル音声対話システムの実現を目的とする。
- ケアマネジャーによる面談を対話システムで代替するために、高齢者の健康状態や生活習慣チェックを行う目的志向対話と、雑談を行う大規模データ駆動対話をハイブリッドに制御しながら介護モニタリングを遂行できる、音声対話システムを開発した。
- 実証により、目的志向対話によって必要な情報を高精度に取得できていることを確認。さらに、無味乾燥とならないように雑談対話を組み込み、多数のシステムの雑談的応答に対して、実際に笑顔や「(雑談中にシステムが話した生活のヒントなどに関して) 試してみます」のような、ポジティブな反応を高齢者から得られることを確認した。

## 1 研究の目的

本研究開発においては、高齢者介護分野における介護モニタリング\*1と呼ばれる面談作業を対話システムで一部代替し、同時に、健康状態悪化の原因となることが指摘されている、高齢者のコミュニケーション不足を抑制できるマルチモーダル音声対話システムを開発した。このシステムは、介護モニタリングにおける高齢者の健康状態、生活習慣チェックを行う対話に相当する目的志向対話と、コミュニケーション不足の抑制を目的としている。Web上の情報などを活用して行う大規模データ駆動対話（雑談）という、複数種の対話をハイブリッドに制御する介護モニタリングシステムとなっている。

開発にあたっては、介護の専門家の知見を積極的に対話システムに取り込んだ。介護職の業務負担を軽減させることで、深刻な社会問題になっている介護職の人手不足の解消や、健康悪化につながる高齢者のコミュニケーション不足、社会的孤立の回避に資するマルチモーダル音声対話システム「MICSUS (Multimodal Interactive

Care Support System)」の実現を目指した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

本プロジェクトは、図1に示す研究体制スキームを構築し、KDDI株式会社、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)、およびNECソリューションイノベータ株式会社(NES)が共同で開発を行った。

本プロジェクトで構成する、MICSUSの全体構成図を図2に示す。左上の高齢者は、キャラクターAIなどを活用した高度対話UIデバイスや、スマートフォン、タブレットなどを利用した音声対話UIなどを介して、システムとマルチモーダル対話を行う。高齢者から得られたマルチモーダル情報は、マルチモーダル対話情報センシングモジュールなどによって音声認識、画像認識など

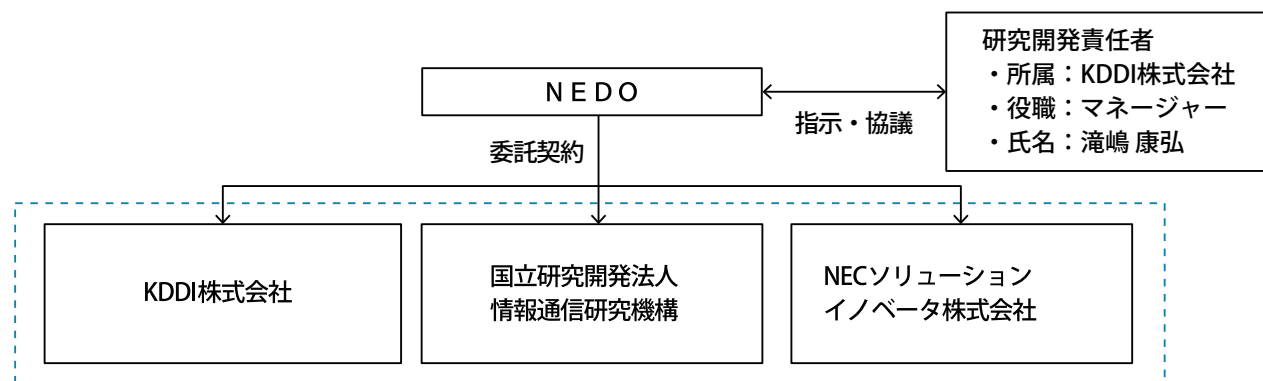


図1 研究体制スキーム

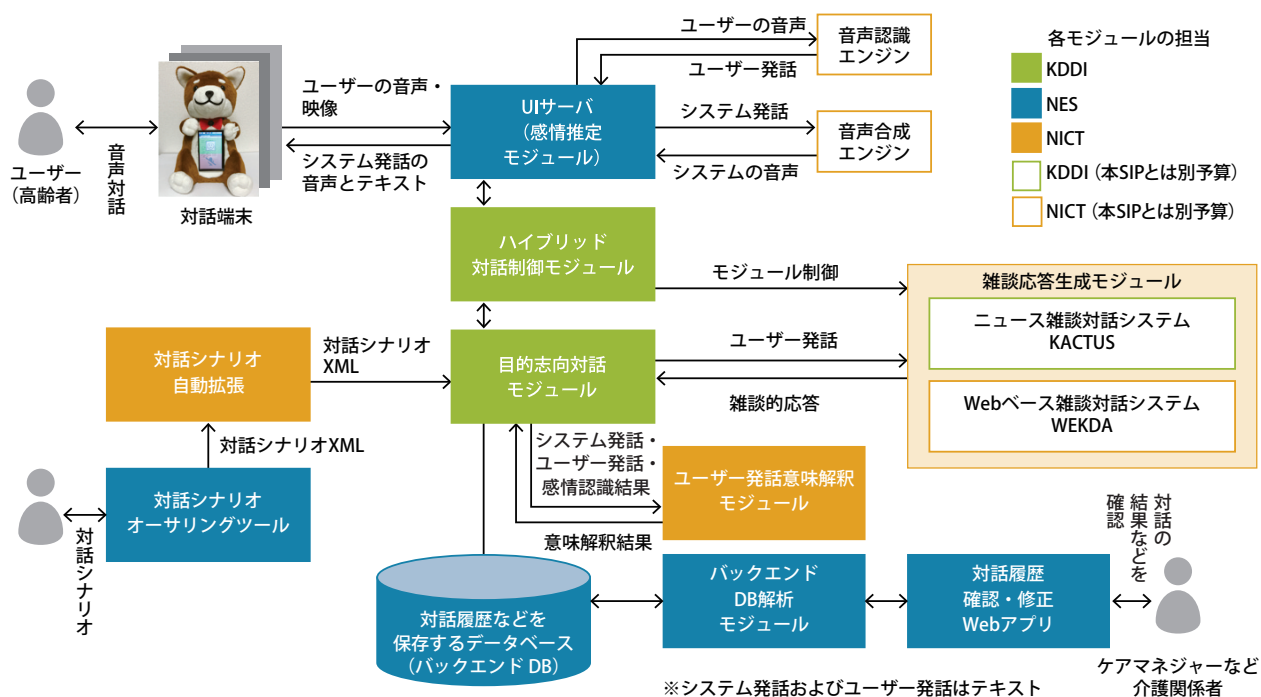


図2 本研究開発で構築する MICSUS の全体像

の認識処理が適用され、それらの認識結果は主としてユーザー発話意味解釈モジュールによって、柔軟かつ高度な意味的解釈を施され、目的志向対話モジュール、ならびに雑談応答生成モジュールに渡される。2つの対話モジュールは、それぞれ、対話シナリオ、Web情報などのビッグデータを用いてシステム応答の候補を生成し、状況に応じて、最終的な応答が決定される。

雑談応答生成モジュールはKDDIのKACTUS\*2、NICTのWEKDA\*3のそれぞれを拡張した2つのサブモ

ジュールからなっており、これらのモジュールもそれぞれ独立に応答を生成する。

目的志向対話モジュールが使用する介護用対話シナリオは、厚生労働省と株式会社日本総合研究所が策定・普及を進めている、「適切なケアマネジメント手法」に基づいて作成された。「適切なケアマネジメント手法」は、ハイパフォーマーな介護職のスキルを盛り込みつつ、高齢者の心身の状態に関して、疾患やそのステージごとに整理されたチェック項目を含むものである。具体的な対

\*1 ケアマネジャーが高齢者に直接会って、健康状態・生活習慣を面談でチェックする作業。

\*2 KDDIが開発した、ソーシャルメディア解析技術に基づく時事話題対話エンジンを活用し、利用者の興味関心に合致し社会で話題になっているニュースをリアルタイムに取り込む雑談対話のAIシステム。

\*3 国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が開発した、利用者が自然な文を入力すると文章の意図を解析し、さまざまな話題やトピックに関して対話を展開できるシステム。

話シナリオ作成作業は、対話シナリオオーサリングツールを活用して人間が作成し、シナリオ自動拡張モジュールによって、さらに柔軟性を増大させた。

対話のログは、さまざまなデータと共にデータベース（バックエンド DB）に格納され、バックエンド DB 解析モジュールを介して、目的志向対話モジュールなどから対話シナリオによってアクセスされる。また、対話履歴確認・修正 Web アプリを介して、ケアマネジャーや高齢者の家族に伝達される。

ユーザー発話意味解釈モジュール、シナリオ自動拡張モジュールバックエンド DB 解析モジュール、雑談応答生成モジュールが必要とする学習データ、介護関連等用語辞書を含めた大規模言語資源を構築した。

実証実験については、高齢者介護などの応用分野に係る複数のユースケースについて、当該分野における事業者などの協力のもとで実施した。また、本研究開発の成果を広く活用していただくため開発者コミュニティを構築し、基盤となる技術の普及を図った。

以下に、主なサブテーマおよび実証実験の実施概要を示す。

#### 1) 高度マルチモーダル対話プラットフォーム

高齢者介護などの応用分野に特化した、対話シナリオを用いた「目的志向対話モジュール」と、目的志向対話モジュールでは対応が不可能な多様な入力に対しては、インターネット上のものも含めた多様な情報、知識を用いて、いわゆる「雑談」も含めた臨機応変な対応を行う「雑談応答生成モジュール」を組み合わせた、ハイブリッド型の MICSUS を実現するプラットフォームを開発した。

#### 2) 大規模言語資源の構築と深層学習を用いた高度対話・自然言語処理技術

本テーマでは、特に深層学習の活用が必須なユーザー発話意味解釈モジュール、シナリオ自動拡張モジュールを開発し、NICT の Web ベース雑談対話システム「WEKDA」をチューニングして、本プロジェクトの最終成果である MICSUS へと組み込む。また、これらの開発、チューニングにおいて必要な、学習データや辞書を含む大規模言語資源を構築した。

#### 3) 高度マルチモーダル対話インターフェース技術

MICSUS において活用するマルチモーダル情報を処理し、ユーザーの状態を推測する技術などを含む高度マル

チモーダル対話インターフェースを実現する。本テーマでは、対話システムのインターフェースとして想定される、マイク・カメラから入力される音声の特徴・映像（画像）によるユーザーの感情としぐさの推定技術、およびバックエンド DB に保存した対話ログをケアマネジャーや介護事業者が利用可能な技術を開発した。

#### 4) 介護用対話シナリオ構築技術

応用分野の現場において必要とされる、対話シナリオの設計と実装を行った。対話シナリオの実装のために、クラウド環境を利用した対話シナリオオーサリングツールを開発し、介護事業者によるシナリオの拡充を可能とした。そして、ケアマネジャーが自分の担当要介護者のモニタリング項目に応じて実行できる、シナリオセットを選択して提供した。また、対話シナリオについては、利用者の表情などのマルチモーダル情報に連動して進行できるものとした。

#### 5) 実証実験

実証実験により、「必要な情報の収集・記録に要するケアマネジャーの時間」の削減効果を検証した。具体的には、人のケアマネジャーによる情報の聞き取りに要している時間を、MICSUS で置き換えることによって時間を 10% 以上削減できることを確認した。ここで、「必要な情報」とは、「適切なケアマネジメント手法」にある情報項目と定義する。

#### 6) プロジェクト間協働の推進

本プロジェクト以外にも、SIP 第 2 期では介護分野におけるヒューマンインターフェース技術の開発などが進められている。SIP 全体として、それら他のプロジェクトの成果とのシナジーを極大化し、社会実装を早期に進められるようにするため、本プロジェクトと関連性の大きいほかのプロジェクトと協働し、「音声対話を用いたトイレ状況確認システム」「地域包括ケアシステムと MICSUS の連携システム」の開発と評価を実施した。

#### 7) 高齢者向け SNS と連携したスマートフォン上の高齢者向けマルチモーダル対話システム

スマートフォンで SNS にアクセスし、他者とコミュニケーションをとっているユーザーは数多いが、高齢者の多くはリテラシーの欠如などもあり、そうしたコミュニケーションを十分に行えているとは言い難い。本テ



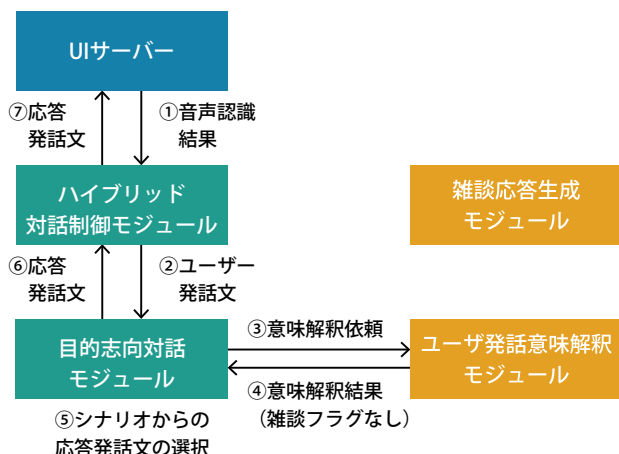


図3 シナリオに基づく発話生成フロー

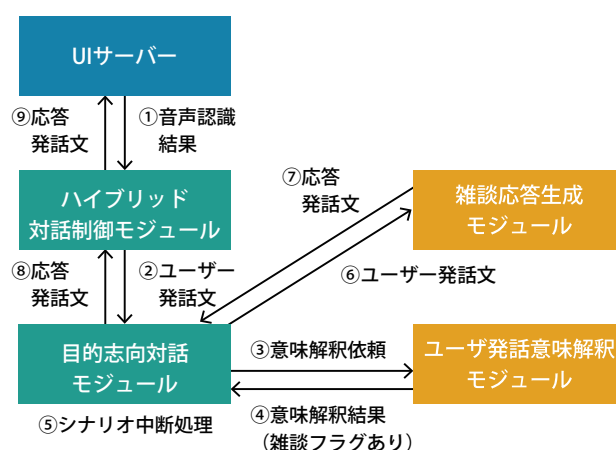


図4 雑談を含む発話生成フロー

マでは、高齢者が普段使っているスマートフォン上のMICSUSからSNSコンテンツを閲覧可能とし、対話で活用可能とすることでMICSUSとSNSを連携させ、健康状態悪化との相関があるかもしれない、高齢者のコミュニケーション不足を抑制するツールを開発する。具体的には、「MICSUSをベースに、高齢者と対話できるマルチモーダル音声対話インターフェースをスマートフォン上に開発する」、「そのインターフェースを介した対話・雑談によって、SNSの投稿やコメントなどのコンテンツを用いて対話・雑談の機会を増加させ、高齢者のコミュニケーション不足を解消すること」を目指した。

## 3 本研究の成果

### (1) 高度マルチモーダル対話プラットフォーム

マルチモーダル情報を入力として、シナリオに沿った対話や、ユーザーの発話内容に沿った雑談および話題提供のためのニュース提供を切り替えながら出力可能な、高度マルチモーダル対話プラットフォームについて説明する。

ここでは主要な構成要素となる、シナリオに従って対話を進行させる目的志向対話モジュールと、ユーザー発話の音声認識結果を逐次確認しながら、目的志向対話モジュールや雑談応答生成モジュールを連携動作させるハイブリッド対話制御モジュールの仕組みについて、それぞれ概要を述べる。2つのモジュールを中心とした処理フローを、図3と図4に示す。

### 1) 目的志向対話モジュールの仕組み

1回の対話における骨格となる、対話シナリオに基づいて対話を進めるモジュールである。XML形式で記述された対話シナリオ（詳細は「(4) 介護用対話シナリオ構築技術」に記載）を読み込み、条件分岐しながらシナリオを進めていくことが可能である。条件とは、ユーザー発話の音声認識結果以外に、感情推定モジュール（詳細は「(3) 高度マルチモーダル対話インターフェース技術」に記載）が推定したユーザーの感情や、カメラ画像から認識したジェスチャー情報、および過去の対話でユーザーが発話した内容、既往症の有無などの前提条件を参照できる。条件によって、シナリオの実行有無の変更も可能であり、例えば、ポジティブな感情が推定されると、関連する質問を追加することや、ネガティブな感情が連続して発生した場合にシナリオを途中で止めることもできる。

ユーザーの発話内容の解釈については、ハイブリッド対話制御モジュールが出力した、文単位の音声認識結果をユーザー発話意味解釈モジュール（詳細は「(2) 大規模言語資源の構築と深層学習を用いた高度対話・自然言語処理技術」に記載）に入力し解釈させる。解釈結果に応じて、相槌生成機能によって生成した相槌の文言を出力することや、次の質問へ移行する際のつなぎの文言をシナリオに従って決定している。

このとき、ユーザー発話意味解釈モジュールからの応答に、雑談することを判断したことを示すフラグ（雑談フラグ）が含まれていた場合、雑談応答生成モジュールにユーザー発話の音声認識結果を送信し、雑談応答生成モジュールから出力応答文を受け取る。出力応答文を受

け取ると、シナリオ対話を一時停止状態として、どこまで対話が進んでいたかを記録しておき、雑談応答生成モジュールの出力応答文をハイブリッド対話制御モジュールに送信して発話させる。さらに、ユーザーからの発話が続いた場合にも、上記と同様にユーザー発話意味解釈モジュールに入力し、雑談フラグの有無で雑談応答生成モジュールを継続して呼び出すかを判断する。雑談フラグが無くなった場合、記録していたシナリオ対話の中断地点に戻り、「それでは私からの質問に戻りますね」などのつなぎの文言を挿入した上で、続きのシナリオを実行する動作に戻る。

### 2) ハイブリッド対話制御モジュールの仕組み

逐次入力される音声認識結果を文章単位にまとめ、さらに複数の文章をまとめてユーザー発話として生成し、それを目的志向対話モジュールに出力する。例えば、『「そう」「だね」(短い無音区間)「朝ご飯」「を」「食べたよ」(長い無音区間)』といった音声認識結果を、「そうだね。」「朝ご飯を食べたよ。」の2文にまとめ、無音区間の長さに基づいてこの2文を1文にまとめるかどうか判断する。

また、端末のマイクのオン/オフのタイミングと目的志向対話モジュールの応答生成タイミングを決定する機能を持つ。マイクオフのタイミング制御により、システム発話がマイクに流れ込むことを防止し、音声認識の誤りを防止している。応答生成タイミングについては、無音区間の長さを閾値で判断することによって決定している。

加えて、ユーザーとの対話開始時に、ハイブリッド対話制御モジュールがバックエンドDB(詳細は「(3) 高度マルチモーダル対話インターフェース技術」に記載)から、過去の対話履歴やユーザーの趣味嗜好情報を取得し、雑談応答生成モジュールに提供している。

### 3) 利用者発話後からシステム応答までの待ち時間短縮に向けた取り組み

利用者ごとに対話のペースが異なることから、応答までの待ち時間は、人により短くする、長くするなど調整可能となることが望ましい。そのための取り組みとして、調整幅を広げるための応答時間短縮に向けた、投機的実行機能について検証した。

投機的実行機能とは、音声認識機能による利用者の発話終了の判定を待たずに、発話途中の情報を使って意味解釈などを前もって実行する機能である。これによって、

発話終了の判定と同時に、応答が生成できている可能性が期待できる。実証の対話ログ4名の46発話で検証し、ユーザー発話完了時点からシステムが応答生成するために2.5秒程度かかるようなケースでも、平均0.68秒程度に短縮可能な見込みが得られた。

一方、システム全体の処理負荷が増えることから、要求される応答速度やサーバースペックに応じて投機的実行機能の実装可否を調整することが望ましい。

### 4) 最新の話題の提供機能

ニュース記事から最新の話題を含んだ対話を提供するモジュール(KACTUS)をMICSUSに接続し、対話の最後に最新話題を紹介できるようにシナリオを構築した。高齢者3名に対する28件の最新話題の提供に対する実証実験の映像ログで検証し、約74.1%の割合でポジティブな表情になっていることを確認した。

また、最新話題を提供された高齢者が「参考になります」など、興味を持つような応答を返した割合が約63.0%であった。この結果から、最新話題の提供によって、例えば継続意欲につながるなどの効果を期待できる結果となった。

### (2) 大規模言語資源の構築と深層学習を用いた高度対話・自然言語処理技術

ユーザー発話意味解釈モジュールやシナリオ自動拡張モジュール、Web上のテキストを用いた雑談対話に関する成果を述べる。

MICSUSは「適切なケアマネジメント手法」に基づいて作成した質問を行い、ユーザーは音声発話で質問に回答する。本プロジェクトで開発したユーザー発話意味解釈モジュールは、ユーザー発話を解釈するモジュールである。本モジュールは、MICSUSの質問文と、NICTの音声認識エンジンによって認識されたユーザー発話文を入力として、以下の5種類の解釈結果を出力する。

- YesやNoなどで回答可能な質問である「Yes / No 質問 (例: 毎日三食ご飯食べていますか?)」に対する、ユーザー発話の分類結果。「Yes」、「No」、「不明 (回答が分からない)」、「前提矛盾 (質問の前提を否定する回答)」、「回答拒否」、「その他」の6種類に分類される。
- 名詞や短い文で回答可能な質問である自由回答質問 (例: 昨日の夕飯は何を食べましたか?) について、回答の有無の判定結果と回答キーワードの抽出結果。

- 雑談を展開すべきかの判定結果。
- 回答の訂正情報の認識結果。
- 後で聞く予定だった質問の回答をユーザーが先に発話した場合に、それを認識した結果。

これらの判定や抽出は、巨大ニューラルネットワークBERTをベースとして、NICTで独自に開発した音声認識誤りに頑健なニューラルネットワークであるHBERT（Web上のテキスト約350GBで事前学習）と、専用に構築した累計250万件以上の言語資源によって実現した（プロジェクト終了時点で言語資源の総数は累計300万件の予定）。

HBERTは、BERTを拡張したものであり、通常の入力である仮名漢字交じり文に加えて、読みの情報を音韻的な情報として入力することが特徴である。HBERTによって、「お水をよく飲んでいますか？」に対して「飲んでます」と回答したが、音声認識誤りによって音が似ている「飛んでます」と認識された場合でも、正しくYesと解釈できる。また、大規模なWebテキストで事前学習したHBERTと、大規模な学習データによって「毎日三食ご飯食べていますか？」に対して、「胃腸の調子がいいからね」のように遠回しな言い方で回答しても、正しくYesと解釈できる。なお、さまざまな意味解釈を行うため、本モジュールは17種類のサブタスクを同時に実行でき、また一度の解釈に要する時間はミリ秒単位と非常に軽量である（図5）。

次に、シナリオ自動拡張モジュールについて説明する。対話シナリオは、「適切なケアマネジメント手法」に基

づいて人手で整備するが、人手による作業だけで柔軟な対話を実現することは難しい。例えば、ユーザー発話の解釈がうまくできなかった場合には、全ての質問に対して再度同じ質問を聞く「回答の聞き直し」というやりとりが発生し得るが、そのやりとりに対応する対話シナリオを人手で逐一追加するのは高コストである。そこで、本モジュールによって人が書いた対話シナリオを自動的に拡張し、回答の聞き直しのように対話中で広範に起こり得る一般的なやりとりを、人手による記述作業なしで実行できるようにした。このシナリオ自動拡張モジュールによって、対話中の任意の箇所が発生し得る、雑談エンジンによる雑談対話、回答を訂正する対話などを行う対話シナリオを自動的に追加することで、柔軟な対話を実現した。

2022年度は高齢者13名を対象として15日間毎日MICSUSと対話する長期実証と、高齢者36名を対象として1日に4回対話を行う短期実証を行った（合計で高齢者は49名、対話は344セッション、対話時間は合計約35時間、MICSUSと高齢者の対話ターンの合計は10,192回〔うち高齢者は4,924回〕、高齢者のターンはセッションあたり約14回。今後も被験者数を増やし、年度末までに約100名の高齢者による評価となる予定）。総合的な評価として、高齢者の発話に対して適切な応答が出力できたかを評価した結果、高齢者のターン数4,924回に対して、雑談的応答なども含めて93.2%の精度で適切な応答を出力することができた。評価は3名の評価者による多数決で決定した。Yes /

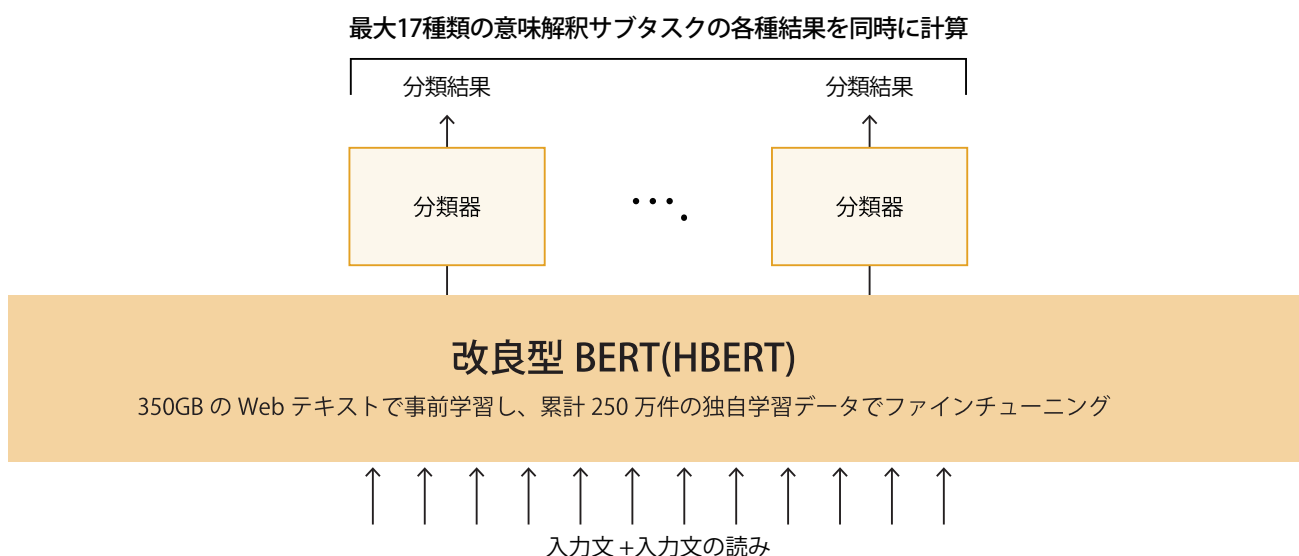


図5 ユーザー発話意味解釈モジュールで活用されているHBERT



No 質問については、高齢者から得られた回答を3名で評価し多数決をとったところ、正解率は94.0%であった。誤りの原因について、音声認識誤りの問題は前述のHBERTによって大幅に軽減されているが、HBERTでも解決できない著しい音声認識誤りが発生する場合もあり、これが不正解の原因と考えられるケースが最も多かった。実証実験では後述の通り、ケアマネジャーがYes/Noの解釈結果等を確認し、必要があれば修正を行ったが、修正が必要な箇所はごく僅かで、実用上問題のない精度が実現できることが分かった。自由回答質問については、ユーザーが質問に回答したかどうかの判定の正解率は93.7%、回答キーワードの抽出の正解率は83.2%であった。回答キーワード抽出の不正解の主な原因は、ユーザー発話中の回答キーワードなど重要な部分の音声認識誤りによるものが最多であった。

MICSUSは、ユーザー発話意味解釈モジュールによって、入力されたユーザー発話を雑談に展開すべきか否かが判定でき、Web上の情報をもとに雑談的応答を生成する音声対話システムWEKDAと連携することで、雑談ができる。前述の高齢者49名に対する実証実験では、合計451件の雑談的応答を生成できた。3名の評価者が対話の動画を見つつ、ユーザーの反応や雑談的応答の質を独立に評価し、多数決で評価を確定させたところ、90.9%が雑談的応答として適切であると分かった。さらに、ユーザーが笑顔を見せる、もしくは「やってみます」、「それは面白いですね」など積極的に興味を示す応答をするなど、積極的に興味を示したという厳しい条件での判定では、54.3%の雑談的応答がこれらの条件を満たしていた（笑顔は全体の31.0%、積極的に興味を示す応答をしたのは全体の40.0%）。MICSUSの雑談的応答は、既存の対話システムによく見られる単なる相槌的応答であったり、おうむ返しではなく、ユーザーの発話に関するチャンスやリスクなど、Webから取得された何らかの新規情報を含む設計になっているが、そうした雑談的応答としては良好な品質であることが分かった。加えて高齢者32名に対する短期実証では、雑談機能を有効にした場合の対話と、無効にした場合の対話（健康状態チェックのみが行われる対話）の順序を入れ替えて、それぞれ2回ずつ実施してもらったABテストを行い、どちらが良いかを5段階（スコア4、5が雑談機能がある方が望ましい）で評価するアンケートを行った。その結果、5%の有意水準で雑談機能がある方が良い（ $p$ 値=2.5%）という結果が得られた。スコアの分布は、スコア1:0名、

スコア2:1名、スコア3:9名、スコア4:9名、スコア5:13名で、スコア5が最多であった。雑談機能がある方が望ましいと回答した高齢者は69%であった。

### (3) 高度マルチモーダル対話インターフェース技術

本プロジェクトにおいて開発した、感情やしぐさの推定技術は、音声対話端末のカメラとマイクを用いて収集したユーザーの会話に関するマルチモーダル情報をリアルタイムに分析し、対話の応答で活用する。またバックエンドDBとその分析技術は、保存した対話履歴を分析し、ケアマネジャーなどによる対話履歴の容易な閲覧、確認、修正に活用する。

#### 1) 表情からの感情推定技術

近年の表情感情推定AI（既製品）ではFACS（Facial Action Coding System）理論に従い、表情筋の動作AU（Action Unit）をもとに深層学習のモデルによって感情を推定している。例えば、喜びの感情は、笑顔の表情筋の動作（頬や口角が上がり、口が開く）を深層学習し、推定する。

FACS理論は一般的な表情筋の動作と感情の関係によって成り立っており、加齢に伴う表情筋の基本位置の差異など、個々のユーザーに特有な表情の特徴を考慮していない。例えば、初見では怒っているように見える人が、家族など見慣れた人には普段通りに見え、平常とみなすといった事態があり得る。そこで、表情感情推定AI（既製品）が推定した感情を、ユーザー個人のデフォルトな表情に照らして、より適切な感情の認識結果に補正する個人バイアス補正技術を開発した（図6）。

対話中に、ユーザー個人のFACS理論によって認識した表情から推定される感情の認識結果を、個々のユーザーに頻出する表情から推定される感情の認識結果を用いて補正した結果、適合率91.2%、再現率93.4%を達成した。

#### 2) 音声的特徴からの感情推定技術

音声的特徴感情推定AI（既製品）は、機械学習などを用いてユーザーの音声の抑揚やピッチなどから感情を推定している。そこで本プロジェクトでは音声対話端末のマイクをシステム発話時はOFFにし、ユーザーの音声以外を収集しないようにした。さらには、収集した音声を発話検知VAD（Voice Activity Detection）を用いて

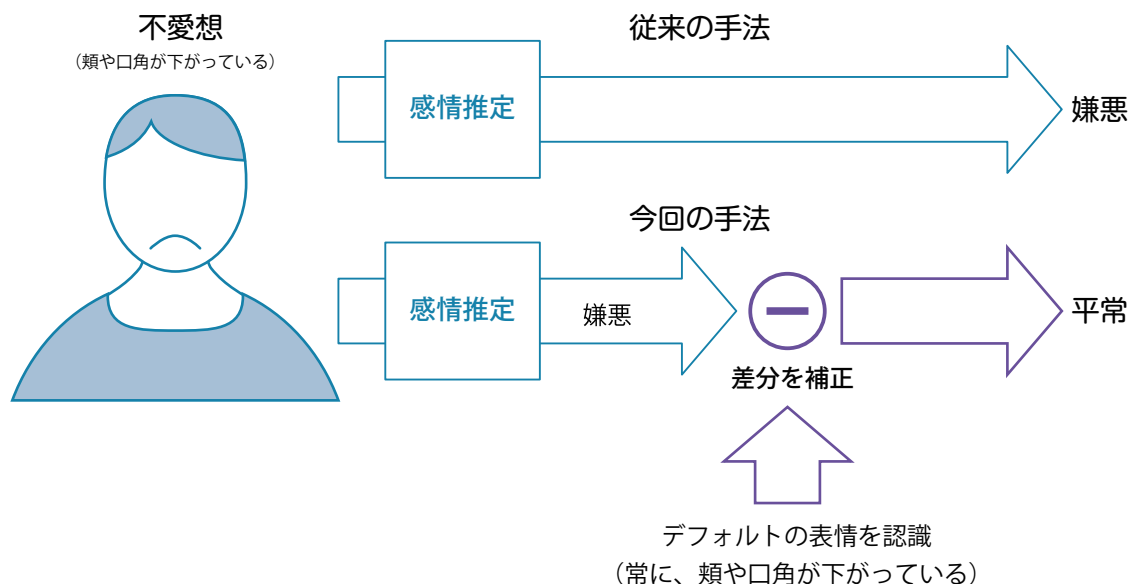


図6 個人のデフォルトな表情を用いた感情推定のバイアス補正技術

ストリーム形式の音声データからリアルタイムに発話区間を切り出して感情推定した結果、適合率 87.0%、再現率 87.0%を達成した。

### 3) 統合感情推定技術

人は表情や音声的特徴など複数の非言語情報を一つにまとめて対話に利用していることから、前述の独立したシングルモーダルから推定した「表情感情」と「音声的特徴感情」をさらに一つにまとめる必要がある。そこで、同じ発話区間で推定した感情の推定確度、ならびに表情の変化量や音声の音量などを考慮し、表情か音声のどちらかの感情を対話に用いるかを決定した。また、対話においてユーザー発話にシステムが応答するまで間延びしないよう、表情や音声的特徴による感情推定を並列処理するとともに、統合感情推定処理の高速化することで、ユーザー発話後に平均 15.4 ミリ秒で統合感情の結果を得ることができた。

### 4) しぐさ推定技術

ユーザーの頭部の傾きと顔の特徴点を利用し、しぐさ(うなずき、首振り)を認識する技術を開発し、システムの質問に対してユーザーが肯定的か否定的かの判断に大きく明らかなうなずき・首振りを活用した。大きく明らかなうなずき・首振りの適合率と再現率は 100%を達成した。

### 5) バックエンドDB および分析技術

ユーザーの発話内容や意味、感情ならびにシステムの応答文や対話シナリオの進捗情報をイベントドリブンで保存し、保存した情報を同じ事象などと関連付けて取り出せるデータベースを構築した。また音声対話装置がリアルタイムに収集する、ユーザーの動画や音声も、システムが分析した対話情報と関連付けて保存している。これら保存した対話の情報を、ケアマネジャーなどが容易に利活用するために、以下を可能にした。

- ユーザー発話の内容や意味、感情と、発話時の動画の関連付け。
- 質問と意味解釈の結果を対にした要約。
- ケアマネジャーなどによる意味解釈結果の手動修正。
- 会話全体のレポート出力。

さらに、情報利用するユーザーごとにアクセス権を設定でき、会話情報の保護とマルチテナントの実現を図った。

## (4) 介護用対話シナリオ構築技術

### 1) 対話シナリオ作成

システムのユーザーである要介護高齢者が受け入れやすく、かつケアマネジャーなどの専門職が必要とする情報を収集できるような対話シナリオを作成した。具体的には、以下に示す 3 ステップで実践的なシナリオを作成した。

第 1 ステップとして、シナリオの構造の検討および生成するシナリオの検証のため、一般社団法人日本介護支援専門員協会および株式会社インターネットインフィ

ニティの協力を得て、人の専門職が実施する在宅介護モニタリング対話計 90 件（1 件約 30 分）の音声・動画データを収集した。それらのデータに対して、モニタリング対話 1 件当たり 3～5 問の主要な質問を担当ケアマネジャーが予め想定して臨んでいること、ケアマネジャーが聞きたい質問の聞き取りに入る前に導入（アイスブレイク）を実施していること、一つの主要質問を聞き取りするために、関連する質問や雑談を挟んだ聞き取りをしているといった構造を確認した。

第 2 ステップとして、次項で開発した対話シナリオ記述言語仕様をもとに、「適切なケアマネジメント手法」に基づいて約 6,000 件の質問（ケアマネジャーが要介護高齢者に聞き取りする主要な質問）のシナリオを作成した。具体的には、一つの質問に対して「平常」、「不快」、「不快が直近に連続」、「不快が同じ質問で複数回」、「喜び」、「驚き」の 6 状態のシステム応答をそれぞれ定義した。ここで作成した約 6,000 件の質問は、ユーザー実証の結果を通じて都度ブラッシュアップを重ねるとともに、新型コロナウイルス感染症のまん延を受けて国立研究開発法人国立長寿医療研究センターが公表した、高齢者向けの新型コロナウイルス感染対策ガイドラインを

踏まえた質問項目の追加（12 問）も実施した。

第 3 ステップとして、モニタリング対話 1 件当たり 3～5 問の主要な質問をケアマネジャーが事前に想定していることを踏まえ、約 6,000 件の質問の中から 1 件当たり 3～5 問の主要な質問を中核に対話の流れを組み立てた「プリセット」を 15 件作成した。ここで作成したプリセットは、ユーザー実証（15 日間の連続利用）で利用し、本研究全体で開発を進めるシステム全体の評価に活用した。その実証に先立ち、プリセットで選択した主要な質問（プリセット 1 件につき 3～5 問）の組み合わせ方や質問のつなぎ方について、業務経験年数の長いケアマネジャー 8 名が評価し、延べ 60 回以上の試行実施を経てプリセットシナリオのブラッシュアップを実施した。なお、プリセットを複数作成するにあたっては、後述する「3) 対話シナリオオーサリングツール開発」に示すオーサリングツールを活用し、シナリオ製作者の作業時間が大幅に短縮されることを確認した。

## 2) 対話シナリオ記述言語仕様策定

マルチモーダルを考慮した対話を可能とする、XML を用いた対話シナリオ記述言語仕様を策定した。Yes や

質問	ユーザー回答	感情	Positive	発話条件	システム発話（応答）	モニタリング結果	遷移先	
毎日しっかり食事をしていますか？	Yes(はい)	平常	1	特になし	毎日しっかり食事をしているんですね。	1日3食食べている	ElementEND:	
			0	特になし	毎日しっかり食事をしているなら、安心ですね。食事の時間が楽しみです。	1日3食食べている	ElementEND:	
			0	特になし	1週間より前か3か月以内に、1日3食食べていないと話したことがあるか。	1日3食食べている	ElementEND:	
		0	不快	特になし	お気を悪くされたいけません。食事はしっかりしてらんですね。	1日3食食べている	ElementEND:	
		0	不快が直近に連続	特になし	すみません、ありがとうございました。	1日3食食べている	SessionEND:Unit:開始終了-終了-最終-2	
		0	不快が同じ質問で複数回	特になし	何度も同じ質問をして、すみません。ちょっと分りづらかったですかね。	1日3食食べている	SessionEND:Unit:開始終了-終了-最終-2	
		1	喜び	特になし	特になし	毎日しっかり食事をしているんですね。それに今日はご機嫌良さそうですね。	1日3食食べている	ElementEND:
		1	驚き	特になし	特になし	急に聞いてごめんなさい。毎日しっかり食事をしているのなら、安心ですね。	1日3食食べている	ElementEND:
		0	平常	特になし	特になし	毎日しっかり食事をしていないんですね。	1日3食食べていない	ElementEND:
		0		特になし	毎日しっかり食事をしないと、栄養が足りないかもしれませんね。	1日3食食べていない	ElementEND:	

図 7 シナリオ編集ツール



Noなどで回答可能な質問の回答を意味解釈した結果となる、「Yes」、「No」、「不明」の3状態それぞれにシステムからの応答が記述可能であることに加え、「質問への回答時における高度マルチモーダル対話インターフェース技術」で説明された手法で推定した、4種の感情（平常、不快、喜び、驚き）を用いた。さらに、高齢者の継続利用を促すために、対話に用いる感情として「平常」、「不快」、「不快が直近に連続」、「不快が同じ質問で複数回」、「喜び」、「驚き」の6状態それぞれに、システムからの応答が記述可能である。質問をスムーズに行うために、対話のクッションとなる発話をシナリオに記述でき、この発話も4種の感情（平常、不快、喜び、驚き）によって切り替え可能である。このような、回答の意味3状態と感情6状態を組み合わせ、次に説明する対話シナリオへの遷移についても、対話シナリオ記述言語仕様にて定義した。

なお、始まりの挨拶、終わりの挨拶を記述する開始・終了用シナリオ記述言語仕様、および個人の趣味趣向をヒアリングする個人属性シナリオ記述言語仕様も策定し、質問のみでなく対話の中でユーザーの情報を収集して雑談などの対話を可能とした。

また、介護質問の前にユーザーを和ませるアイスブレイクを行う導入シナリオを記述でき、前回のポジティブな回答や前回の対話の概要を話題とした対話を可能とした。

### 3)対話シナリオオーサリングツール開発

対話シナリオ記述言語仕様に沿った対話を行うための質問文や、質問の遷移を容易に作成可能とするオーサリングツール（Windows アプリ）を開発した。オーサリングツールは、シナリオ編集ツールとシナリオ作成ツールがあり、作成したシナリオはクラウド環境に保存する。

シナリオ編集ツールでは、エディタ画面にて質問文と応答文を入力でき、応答文は回答の意味3状態と感情6状態の組み合わせごとに記述できる（図7）。また、質問文と応答文の組み合わせをユニットという単位で管理し、その中で「クッションとなる発話」、「質問文」、「質問への応答文」、「モニタリング確認」、「次に実行する質問を指定」を定義できる。さらに、質問と応答を音声で確認できる。

シナリオ作成ツールでは、シナリオ編集ツールで作成したユニットをつなぎ合わせて対話フローを設定でき、対話フローは回答の意味3状態と4種の感情の組み合

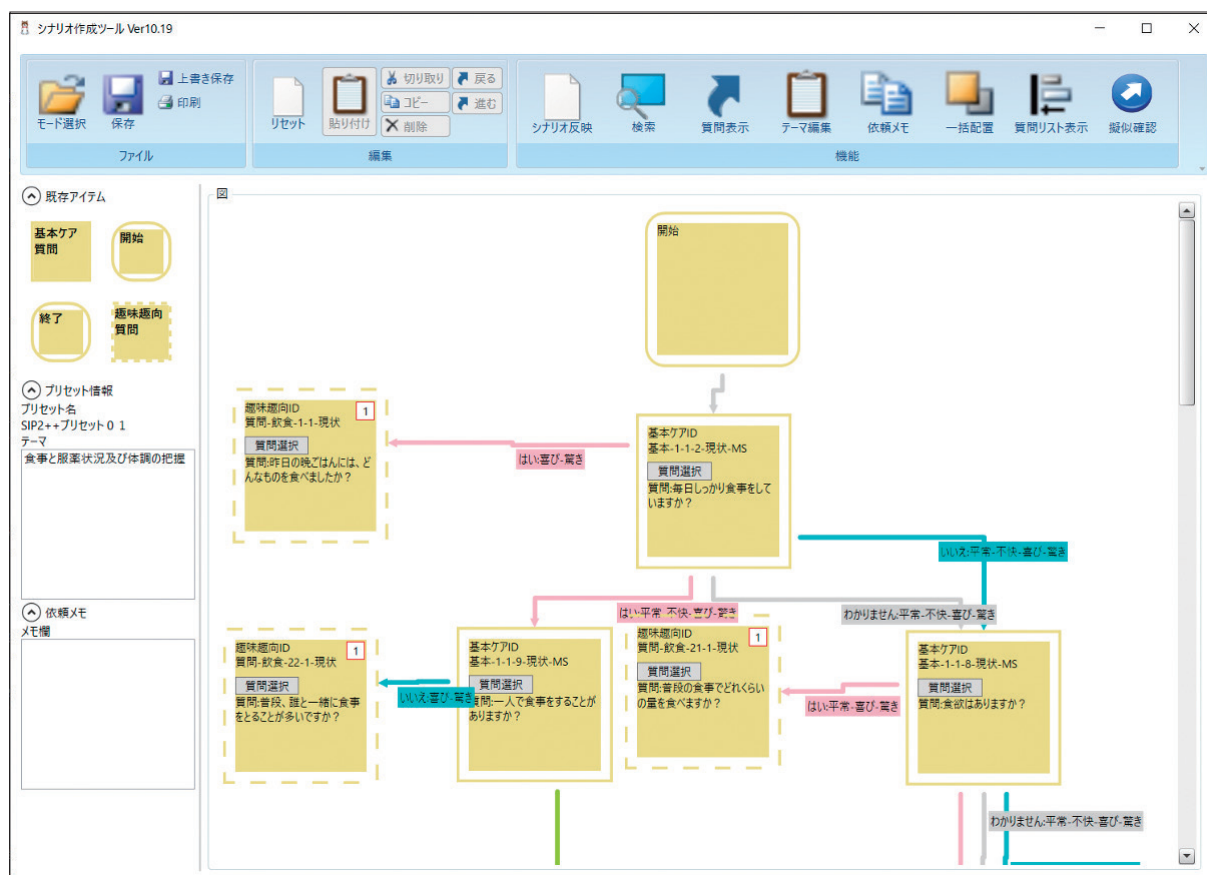


図8 シナリオ作成ツール

わせにて分岐可能である（図8）。

質問となるユニットをアイテム選択画面から図にドラッグ&ドロップし、実行する質問を選択。そして、それらのユニット間の遷移条件を「Yes」、「No」、「不明」、および「平常」、「不快」、「喜び」、「驚き」で選択可能として、質問の回答と感情により一連の対話を対話の実行単位であるシナリオセットとして構築可能とした。

開発した対話シナリオオーサリングツールを利用した対話シナリオのカスタマイズをケアマネジャーに実施してもらい、シナリオ作成に対話シナリオオーサリングツールが有用であることを確認した。

## (5) 実証実験

本研究で開発する対話AIの有効性を検証するため、要介護高齢者を対象としたユーザー実証、およびケアマネジャーを対象としたユーザー実証を段階的に企画、実施した。研究開発の段階に応じて、小規模なユーザー実証を並行的に実施することで研究開発の効果を高めるとともに、新型コロナウイルス感染症対応を挟んで、2020年度から2022年度にかけて要介護高齢者が集住する施設（サービス付き高齢者向け住宅、ケアハウス）の入居者、および在宅で生活する要介護高齢者を対象として、15日間毎日1回、連続して利用してもらう実証を23回実施した。連続実証では、15回異なるプリセットシナリオを実行し、要介護高齢者単独でシステムとの対話を実行してもらった。対話結果は担当のケアマネジャーに確認してもらい、「適切なケアマネジメント手法」に基づいた要介護高齢者の幅広い状況を把握できること（ケアマネジャーが求める情報を収集できていること）を検証した。

本来、MICSUSと同じ情報を人間が対面で聞き取る場合の所要時間とその記録時間を測定し、それらの時間と、MICSUSを活用したWebアプリでの対話履歴確認や修正に要した時間との比較では、平均7.0分から2.2分（▲4.8分）に短縮できることを確認できている。これは、面談1回に相当する情報収集におけるケアマネジャーの業務時間を、およそ69%効率化できる計算となる。上記は、ケアマネジャーの訪問回数を減らさずにMICSUSを活用する保守的な想定だが、訪問回数を削減すれば「情報収集以外の話題を話す時間」に加えて往復の移動時間も含め、さらに多くの業務時間が削減可能と考えられる。

また、要介護高齢者を対象としたユーザー実証に加

え、さらに活用が見込まれる産業分野をデスクトップ調査し、対話技術が活用される可能性のある、高齢者介護以外の応用分野の候補を抽出した。具体的には、要介護状態の手前段階である、フレイル状態にある高齢者を対象としたユーザー実証を実施した。要介護高齢者向けの15回連続の実証とは別に、2回程度のプリセットを実施し、対話システムを通じて健康状態や生活状況などを把握した。これによって、健康状態や生活状況のモニタリング場、高齢者の集合住宅での入居者の健康管理、自治体の地域包括支援センター、および保健所における介護予防事業のフォローアップなどに利用できる可能性を検証した。

## (6) プロジェクト間協働の推進

対話システムの応用範囲の拡張を目指し、関連プロジェクトのユースケースに対話システムを適応させ、有用性を検証する活動を2件実施した。

### 1) 音声対話を用いたトイレ状況確認システム

株式会社abaと連携し、介護施設などの共用トイレを利用する高齢者をMICSUSが声でサポートするユースケースに対応したシステムを構築して、対話システムの有用性を検証した。着座センサーなどのIoTセンサーと連携するシステムを構築し、実際の介護施設のトイレで動作検証を実施した。着座をきっかけとして、「紙はありますか？」などのよくある困りごとについて、システムから能動的に話しかけることを可能にした。

### 2) 地域包括ケアシステムとMICSUSの連携システムの開発と評価

株式会社アルムの地域包括ケアシステムと連携し、ユーザーのMICSUSによる対話終了後に、対話履歴を地域包括ケアシステムへ自動登録できる機能を開発し、地域包括ケアシステムがリスク分析に必要とする質問項目に関する回答データ、ならびにユーザー発話を再確認できるよう対話時の動画を地域包括ケアシステムへ登録可能にした。

## (7) 高齢者向けSNSと連携したスマートフォン上の高齢者向けマルチモーダル対話システム

### 1) MICSUSサーバーと連携するマルチモーダル音声対話アプリの構築

MICSUSの汎用性を高めるための施策として、市販の

スマートフォンをユーザーインターフェースとして活用するための開発を、FCNT 株式会社と連携して実施した。スマートフォン上で動作するアプリケーションの開発を容易にするため、MICSUS のサーバーシステムと連携する API をまとめたプラットフォームをスマートフォン側に構築し、そのプラットフォーム上で対話用アプリを動作させる構成とした。ぬいぐるみ型音声対話端末と同様の対話機能の実現に加え、電話がかかってくるなどで当該アプリが中断した場合でも、途中から対話を再開できる機能を実現した。これらの機能について実証実験を繰り返し行い、問題なく動作することを確認した。

## 2) マルチモーダル音声対話アプリと高齢者向けSNS システムの連携

高齢者向け SNS と音声対話アプリの連携のため、SNS コンテンツから対話時にシステムが発話し、オリジナルの SNS コンテンツへの導入となるセリフを抽出する、深層学習のモデルを構築した。NICT で開発している雑談対話システム WEKDA に統合し、MICSUS で SNS コンテンツを提示可能となる。

また、対象とする SNS コンテンツには写真が添付されていることが多く、そうした写真に対してユーザーが発する発話（例：「綺麗な花だね」、「昔、同じ場所に行ったことがあるよ」）に反応できる深層学習モデルも構築し、MICSUS で利用可能となった。

## 4 まとめと今後の展望

本研究開発を通じて、各要素技術のアウトプット目標を、また長期実証を通じて、トータルなシステムとしてのマルチモーダル音声対話システム（MICSUS）のアウトプット目標をそれぞれ達成した。さらに、生産性向上の側面では MICSUS を活用することで、面談 1 回に相当する情報収集に要するケアマネジャーの業務時間を、およそ 69% 低減できることを実証実験にて確認し、本研究開発の目的を十分に達成した。

実証実験の被験者（高齢者）からも、MICSUS に対する全体的な印象を聞くアンケートにて 5 段階評価の平均で 4.3 点と好印象の結果を得た（2022 年度に実施した高齢者 26 名による実証実験の評価）。具体的には、たまたま事前に楽しいことがあった被験者が実験に参加

した際、MICSUS が「今日は楽しそうですね？」と応答をした事例や、単にケアマネジャーが聞き取るべきことをヒアリングするだけでなく、Web 等の情報を用いた雑談に関して、MICSUS の雑談的応答の半分以上に対して、笑顔や「それは面白いですね」といった積極的な興味を示す反応が見られた等、好意的に受け止められたことなどがあり、貢献要因となっているものと考えられる。このように、被験者の状況を理解して寄り添った対話を行うことで、エンドユーザー自身が対話を楽しみ、飽きずに使い続けていただけそうな示唆を得ることができた。実際、実証実験に協力いただいたケアマネジャーからも、高齢者にも無理なく使っていただけるレベルまで改善してきており、十分にモニタリングの一助となり得る、とコメントをいただいております、ひっ迫する介護業界の現場からもその有用性を高くご評価いただいた。このようなことから、介護現場での生産性向上を成し遂げつつ、より高頻度（毎日等）かつタイムリーな健康状態のチェックにより介護の質の向上につながるとともに、疲れない AI が普段使いの会話相手としての役割を持つことで高齢者のコミュニケーションを促し、将来の健康状態の悪化リスクの抑制に貢献することが期待できる。

また、研究開発された MICSUS の技術を用いた新たなユースケースへの応用として、同 SIP 第 2 期のほかの研究課題と連携し、音声対話を活用したトイレでの状況確認、および地域包括ケアシステム「Team」への対話情報の連携についても取り組み、それぞれの目標を達成できた。

さらに、スマートフォン上で動作する SNS と連携した対話システムによって、高齢者のコミュニケーション不足の解消だけではなく、スマートフォンを介した多彩な協業の実現を後押しできると考えられる。

本研究成果については積極的に CEATEC などの展示会でも PR したことで、システムに関心を持つ自治体や介護業者などからも問い合わせが増え、実証実験に協力をいただくなど連携も進んだ。今後は、高齢者対話 AI サービスを検討している民間企業や社会課題・地域課題解決を目指す民間企業の支援（ライセンス提供など）、およびデジタルデバイドの解消を推進している地方自治体との共同実証など、ユースケースを広げて社会実装を進めていく予定である。



# 新しいEdTechプラットフォーム： 漫画リッシュによるテラーメイド英語学習

国立大学法人東京大学、エヌ・ティ・ティラーニングシステムズ株式会社

- 漫画を題材とした英語学習教材「漫画リッシュ」を考案し、英単語クイズおよび英作文演習を組み合わせ、テラーメイド英語学習プラットフォームを開発した。
- 漫画リッシュは、高校生に人気の漫画を英文穴埋め問題に解答しながら読み進める教材である。学習者は、漫画リッシュや英単語クイズの学習履歴に基づく英単語を使った、自由英作文の作成演習を行う。英作文は、英語で直接記入することも、DeepL<sup>\*1</sup>を使って日本語文の翻訳結果を解答欄に記入することもできる。
- 英作文の採点には、独自に開発したAI自動採点モジュールを導入している。学習者は、高得点を目指して繰り返し英作文演習を行うことで、英語表現力を向上させることが期待できる。

## 1 研究の目的

日本の国際競争力を維持・向上していく人材を確保していくには、グローバル化や情報化に対応した子供の育成が急務である。こうした背景にあって英語の表現力を効率的に伸ばす施策が課題となっている。本研究開発では、このような国際競争力強化につながるグローバルな人材を育成する観点から、英語を学習ターゲットとして選択した。

従来型の一斉型教育では、生徒の個別能力に応じた学習はできない。また、教科書の内容は日常生活で実際に使われる英語との差が大きく、教科書だけでは、生徒が日常会話の場面で使われるような生きた英語を多様な表現で使いこなせるようになるのは難しい。このため、従来の発想とは異なる、新しい英語学習法が必要である。

本開発研究では、主に高校生の英語学習をターゲットとし、新たな英語学習法を用いたテラーメイド学習の実現により、Society 5.0時代に求められる英語の学習効果を20%以上向上させることを目標とした。それら

の研究成果を社会全体に普及・展開していくことで、教育現場での新たな価値を創出する実用化例を数多く創出し、Society 5.0を具現化していく。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

本開発研究では、高校生を対象とした英語学習法の研究に取り組むこととした。

研究開始にあたり、高校生をターゲットに実証実験を行うため、神奈川県横須賀市の三浦学苑高等学校を実証実験協力校として選定。学習ログを電子的にデータ収集するため、校内に無線LAN環境を構築し、実験対象者に学習アプリを搭載したタブレットを配布した（2年目以降は学校全体でタブレットを導入することとなったので初年度のみ）。

\*1 DeepL社が開発・提供している機械翻訳サービス。

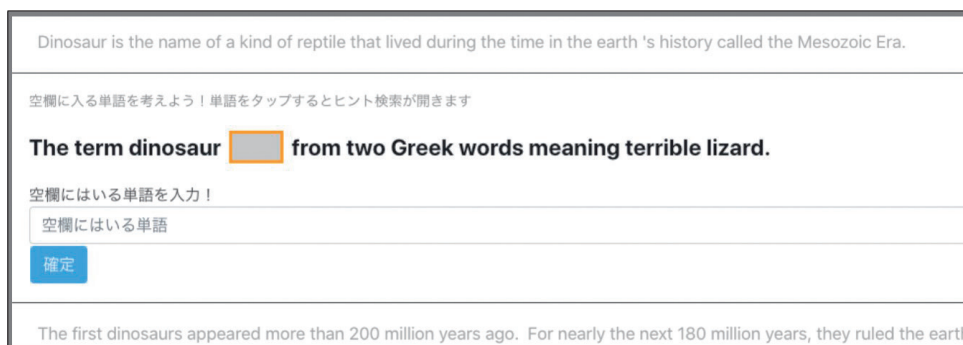


図1 ClozeTest 学習アプリの画面表示

三浦学苑高等学校では、実験用教材を用いた学習を授業の一部に取り入れてもらい、学習効果を検証した。また、放課後や夏休みなどの授業外期間に被験者を募集して実施する実験も行った。長期的な学力変化を把握するため、被験者となる学生は、NTT ドコモのE4S (English 4 Skills) の学力テストを年3回定期的に受験した。また、学習時の生体データの変化を研究することを目的とし、学習時のディープデータ\*2も収集した。具体的には、脳波計やNIRS\*3、視線計測を用いた学習時の生体データ収集や、日々の運動の活動量データ収集を行った。実証実験校は当初三浦学苑高等学校1校からスタートし、その後、明治大学附属明治高等学校やルネサンス高等学校グループなどを追加して規模を拡充した。また、より統制された実験を行うため、明治大学理工学部の学生を対象にした実験も行った。明治大学では、高校生大学生ともE4Sに加えTOEICを定期的に受験してもらい英語力の数値化を試みた。

英語学習法の検討にあたっては、Cloze Test という学習法に着目した。Cloze Test はところどころに空欄の空いた英文を穴埋めしながら読解する英語学習法で、学習者の言語能力を評価するテストとして有用なだけでなく、過去のさまざまな研究によって言語教育の教材としても有用性が期待されている\*4。

我々は Cloze Test の効果を検証するため、タブレット端末上で Cloze Test 問題を学習し、接触履歴や問題解答履歴といった学習ログを収集する Cloze Test アプリを開発。2020 年度より、三浦学苑高等学校の生徒を対象とした Cloze Test アプリ学習実験を実施した。実験は1、

2 年生全員を対象とし、Cloze Test アプリの操作法や学習方法の指導の授業を1時限実施した後、1年間自由に学習してもらう形式で実施した(図1)。

Cloze Test の長期的な学習実験を行う中で、二つの大きな課題が分かってきた。一つは学習者の離脱の問題、もう一つは表現力向上の問題である。一つめの離脱の問題は、Cloze Test アプリの出題の仕方に起因する。Cloze Test アプリは単純な英語の文章と空欄箇所を埋める問題で構成されており、継続して使ってもらうには飽きるという問題を克服する必要があった。二つめの表現力向上の問題は、Cloze Test の学習法に起因する。与えられた英文の一部を穴埋めする Cloze Test の学習法は、与えられた英文を解釈し空欄箇所に入る適切な単語を考えるもので、自由な英語表現力が身に付くものではない。実際に英語が使用される場面は、ヒントとなる文などは存在しない。学習者に真に求められる英語能力は、自分が見たり聞いたり思ったりしたことが自由に表現できる英語表現力である。

離脱の問題に対しては、学習コンテンツとして高校生に人気のある漫画の英語版を活用することを考えた。漫画を活用することで、学習者は馴染みのコンテンツを楽しみながら学習できる。また、漫画コンテンツには日常会話で使用される「生きた英語」が多数使われており、教科書教材に比べて実践的な英語表現に多く触れられる利点もある。我々は、この漫画コンテンツを活用し、学習者が楽しみながら英語表現力を伸ばせる学習システムとして、漫画リッシュを活用したテーラーメイド英語学習プラットフォームを開発した。

\*2 その人の属性や趣味嗜好を深く長く蓄積したデータ。

\*3 近赤外線的光を利用して、脳や筋肉の血中のヘモグロビン濃度の変化を測定する装置。

\*4 Taylor, W. L.: "Cloze" readability scores as indices of individual differences in comprehension and aptitude., Journal of Applied Psychology, Vol. 41, No. 1, p. 19 (1957)



図2 漫画リッシュ実行画面と解説動画教材画面

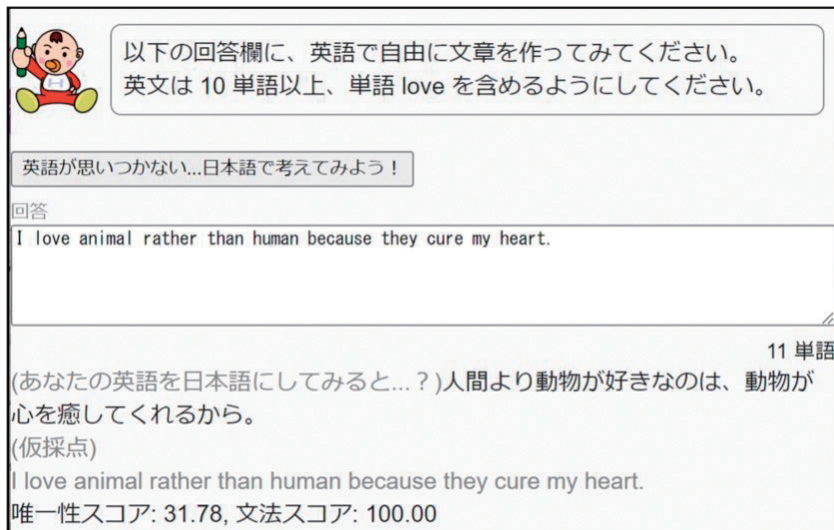


図3 英作文演習アプリ実行画面

### 3 研究の成果

漫画を題材とした英語学習教材「漫画リッシュ」を軸としたテラーメイド英語学習プラットフォームを考案し、パソコンやタブレット上で動作可能な学習アプリを開発した。漫画リッシュは、日本の著名漫画の英訳版を題材とした英語教材であり、吹き出しの一部が Cloze Test のように穴埋め問題となっている。辞書機能も搭載されており、学習者は分からない単語を辞書引きしながら漫画を読み進む。

漫画には、日常会話で使用される「生きた英語」が多数利用されている。そこで、漫画リッシュは予備校講師による生きた英語の解説動画教材を提供し、学習者に興味を持って英語を学んでもらうよう設計されている。学

習者は、漫画という慣れ親しんだ題材を読み、解説動画を視聴し、穴埋め問題を解きながら楽しく学習することで生きた英語を体得する(図2)。

漫画リッシュに加え、英単語クイズと英作文演習を加えた学習アプリ群を、テラーメイド英語学習プラットフォームとして教材化した。英単語クイズアプリは、NTTコミュニケーション科学基礎研究所(NTT CS研)で作成された単語親密度データに基づき、学習者が学習すべき英単語を予測して出題する。英作文演習アプリは、課題として出された英単語を含む文章を学習者が自由英作文するアプリである。英作文は、英語で直接記入することも、DeepLを用いて日本語で作成した文章の翻訳結果を解答欄に入力することもできる(翻訳結果のコピーペーストは不可)。課題となる英単語には、漫画リッシュや英単語クイズで問題解答したり、辞書引きした単



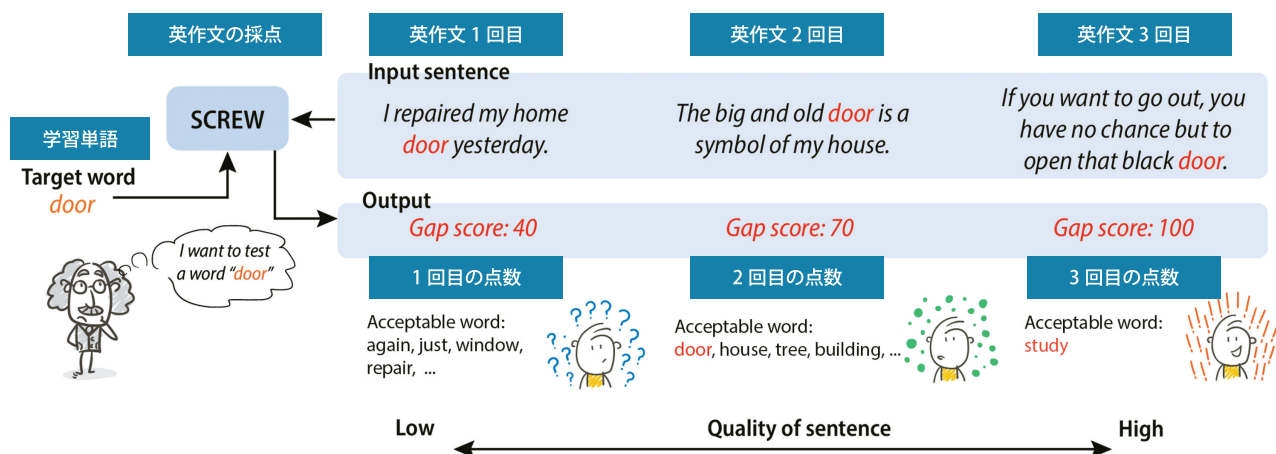


図4 SCREW の概念図

語を使用する(図3)。このように漫画リッシュで学習(入力)された単語を、英作文で表現(出力)する学習が、学習者の英語表現力向上につながることを期待している。

英作文演習アプリを学習者の表現力向上につなげるには、学習者がより多くの英作文を作成し、さまざまな英文に触れることが効果的であり、そのための有効な手段は、一つの設問に何度も英作文することである。そこで、AIによる英作文自動採点モジュール「SCREW」を開発し、英作文演習アプリに導入した。SCREWはAIを活用し、学習者が作成した英作文の表現力を測定するモジュールである(図4)。

表現力の測定は、BERTという自然言語処理モジュールのマスク言語モデルを用いた、空所単語予測を利用する。空所単語予測とは、文章中の一単語をマスクし、その箇所をBERTのマスク言語モデルと照合して、そこに入る候補の単語とその確信度を算出する機能である。SCREWは、空所単語予測を活用して出題単語の唯一性チェックを行う。具体的には、出題単語をマスクした際に得られる出題単語の確信度が高いほど出現単語の唯一性が高いと判定し、高得点の採点スコアを返す。SCREWはこのように測定することで、出題単語がほかの英単語に置き換え不可能かどうかをチェックして採点できる。ほかの単語で置き換え不可能な英作文は、出題単語を生かした表現力の高い英作文であることを示唆している。学習者は、SCREWの採点スコアを見ながら高

得点を目指して文章を練り直し、新たな英文を作成することでより多くの英文に触れることができ、結果として高い表現力が身に付く。

さらに、空所単語予測を活用した英文穴埋め問題自動作成モジュール「CLOZER」\*5を開発し、漫画リッシュアプリに導入した。CLOZERは、穴埋め箇所に入る候補単語の確信度がほかの候補より圧倒的に高い箇所を穴埋め問題とすることで、穴埋め問題の解答の曖昧性(意図した単語以外の単語が正解として入ってしまう可能性)を抑制できる。CLOZERの活用により、漫画コンテンツ中にCloze Test問題を作成することが容易となる。

英語学習プラットフォームの学習状況把握や、学習者の学習モチベーション維持を図るため、それぞれの学習アプリを統合したダッシュボードを開発した(図5)。ダッシュボードには、各学習アプリの学習状況を可視化するだけでなく、個々の学習状況に応じた学習項目の提案に加え、学習ポイント制によるモチベーション維持の仕掛けが組み込まれている。学習ポイントは、学習者への「10ポイント獲得できたよ!」といった文言による動機付けを行ったり、自己ベストや他者と競争することでランキングによる動機付けが行える。

漫画リッシュをはじめとするテーラーメイド英語学習プラットフォームは、「GO-E-MON」という東京大学で開発した学習アプリケーション基盤システム上の学習アプリとして動作する(図6)。GO-E-MONは、分散PDS(Personal Data Store)を利用したオンライン実験プラ

\*5 松森 ほか. マスク言語モデルを利用した Open Cloze 問題の自動生成, 第 36 回人工知能学会全国大会, 3N4-GS-10-04 (2022)

\*6 S.Yazawa et al. GO-E-MON: A New Online Platform for Decentralized Cognitive Science, Big Data and Cognitive Computing, Vol.5, issue 4 (2021)



図5 ダッシュボードの画面イメージと機能

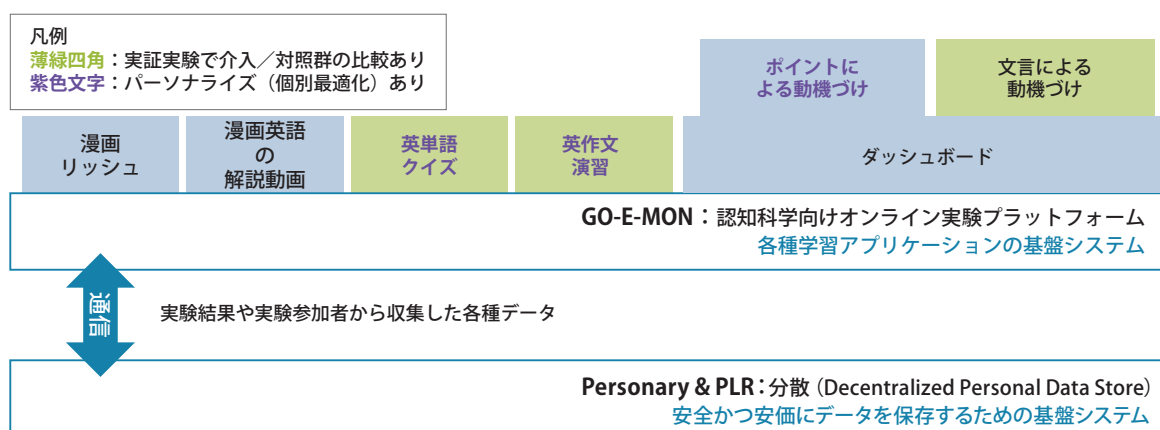


図6 英語学習システムの構成図

ットフォームである\*6。GO-E-MONを活用することで、漫画リッシュの実証実験環境を容易に構築できる。それぞれの英語学習アプリを学習した際に得られる、接触履歴や問題解答などの学習ログ、および学習者の個人情報は「Personary & PLR」という分散PDSに保存される。Personary & PLRでは、学習ログの所有権は学習者に帰属するとの考えのもと、学習ログの秘匿性やプライバシー保護を考慮してデータを保存する。

漫画リッシュを使った英語学習プラットフォームの学習効果を測定するため、プラットフォームを使った学習が英語力向上にどの程度結び付いているかを検証する実験を行った。実験は明治大学理工学部の学生19名を対象として行われた。被験者は、英作文演習の課題となる単語を漫画リッシュで辞書引きやクイズにより学習した接触単語を使用する群(随伴型10名)と、非接触単語を使用する群(非随伴型10名、1名ポストテスト未実施)の2つの群に分けられた。実証実験は、1ヶ月間のプラットフォームを使った学習記録と学習前後のTOEICの

スコアに基づいている。図7に漫画リッシュ学習前後における随伴型、非随伴型別のTOEICスコア分布の変化を表す箱ひげ図を示す。図中の点線で結ばれたプロットは同じ学習者の学習前(pre)、学習後(post)のTOEICスコアである。学習前に対する学習後のスコア増加率は、随伴型15.2%、非随伴型6.6%で随伴型の方がスコア上昇率が大きい結果が得られた。TOEIC等の一般的試験では、介入前の成績が高いと差分が表れにくい。これを考慮し、図8に学習前のTOEICスコアが平均的とされる600点未満の被験者13名に絞ったスコア変化を示す。この被験者群においては、スコアの上昇が顕著に見られ、特に随伴型において当初の学習効果の目標20%を超える21.8%の増加率が得られた。非随伴型の増加率は8.2%であり、この被験者群においては随伴型のスコア上昇率が明確になっている。

また、教員側の生産性向上に関する評価も実施した。三浦学苑の英語教員(8名)に唯一性を担保した英文穴埋め問題を実際に作成してもらった実験を行ったところ、

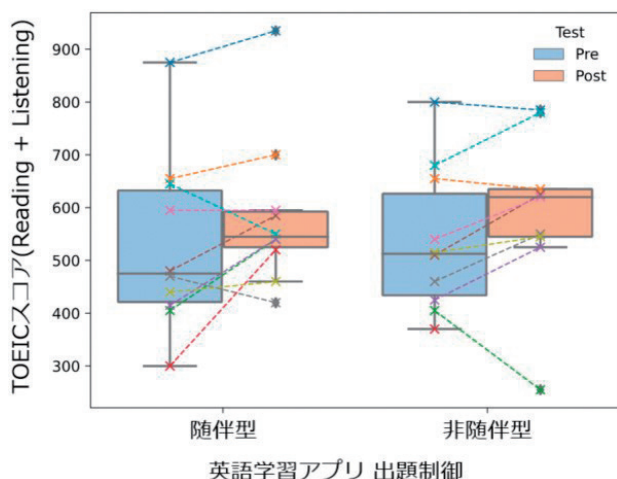


図7 英作文演習の出題制御別 TOEIC スコアの変化

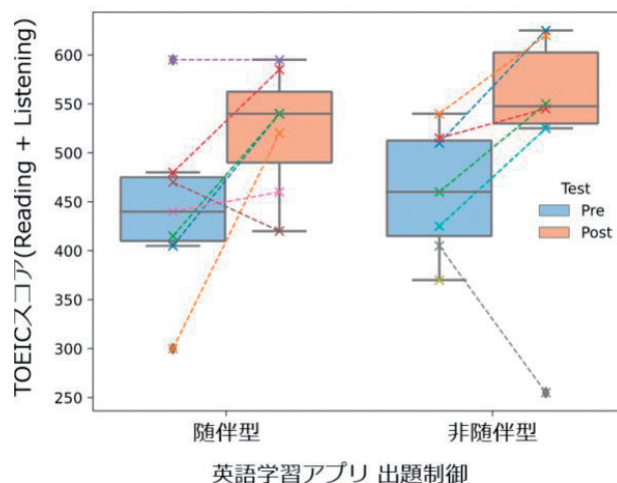


図8 英作文演習の出題制御別 TOEIC スコアの変化 (TOEIC スコア 600 点以下受験者。随伴型 7 名、非随伴型 6 名)

1 問作成に費やす時間は平均 240 秒であった。また、自由英作文の採点について教員に採点方法のヒアリングを行い、1 問の採点に 180 秒程度かかるとの結果を得た。これに対し、AI による英文穴埋め作成や英作文採点にかかる時間は最大 10 秒であり、コストは英文穴埋め問題作成 1/24、英作文採点 1/18 に改善していると考えられる。AI 導入による教員コスト削減の点に関しては、実行時間の短縮より問題作成や採点にかかるコストが 0 になることが重要である。例えば、一クラス 40 名の英作文採点を自動化することで  $3 \times 40 = 120$  分の教員コスト削減を実現することが可能となる。また、授業遂行面では、自由英作文の学習において SCREW が英作文を自動採点することで生徒が何度でも英作文にチャレンジできるメリットが得られる。同様の学習を教員が授業中に実施することは困難であり、AI 導入で新たな形式の授業が実施できることを示唆している。

高校生を対象とした実証実験では、被験者募集に応募のあった 1000 名程度の高校生に漫画リッシュプラットフォームを 1 か月程度自由に学習してもらい学習ログの分析を行った。現状の分析では、明治大学での実証実験と同様の結果が期待できる。ただし、学習意欲等をさらに高めるため、難易度の調整等を行う必要がある。

## 4 まとめと今後の展望

新しい英語学習の教材として、漫画を活用した学習教材漫画リッシュを考案し、東京大学で開発した学習アプリケーション基盤システム上の英語学習アプリとして実

装した。漫画リッシュは、英語版の漫画を題材とし、英文穴埋めクイズや講師による解説を交えて漫画を読み進める英語学習アプリであり、生徒は楽しく「生きた英語」を学べる。また、学力レベルに適応した英単語クイズや学習した英単語をもとにした英作文が演習でき、これらを繰り返すことで英語力の向上が期待できる。大学生を対象とした実験では、学習前 TOEIC スコア 600 点未満の被験者群において学習後 TOEIC スコアが 20% 以上向上することが確認できた。

また、漫画リッシュでは、AI による英文穴埋め問題自動生成モジュールと英作文問題自動採点モジュールを開発・導入し、英文穴埋めや英作文採点にかかる教員コストを削減することに成功した。これにより、漫画リッシュ導入によって教員コストを低減することができ、教員の生産性向上に寄与することが可能である。

今後は、さまざまな高校での実証実験による検証を続けるとともに、漫画リッシュのさらなる展開、ひいては事業化に向けた施策を行っていく予定である。コンテンツ増強に向けた出版社やコンテンツ事業者との連携、本教材の事業化パートナーとなる企業を選定、もしくはスタートアップ企業立ち上げの検討を進め、2023 年度末を目標に英語学習アプリの提供を目指す予定である。

また、本テーマでは、オンライン学習アプリの接触履歴や設問解答などの学習ログに加え、授業中の現場撮影や脳活動、活動量データ（運動データ）といったディープデータを多数収集している。これらの膨大なデータを活用していくことで、従来明らかになっていない学習効果の科学的な解明につなげることを目指していく。



AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

# デジタル教材配信システムBookRollを用いた 教育データ収集・分析基盤システムと エビデンス共有システム

国立大学法人京都大学

- ラーニングアナリティクスとエビデンスに基づく教育を支援するために、学校教育現場のビッグデータ収集・分析基盤システムを構築し、エビデンスを蓄積・共有する仕組みを研究開発した。
- 中・高等学校の2教科（数学・英語）を対象とし、授業や家庭学習での学習者のスタディ・ログを活用する事例とその有効性を明らかにした。
- 知識マップに基づくAI推薦やデータ駆動の自己主導学習支援、デジタル読書による読解支援などの技術によって、エビデンスに基づくテラーメイド教育を検討した。

## 1 研究の目的

学校教育のあり方を Society 5.0 時代の学びの場へと進化させるため、ベテラン教師の経験や教育スキルをAI技術によっていつでも再現可能とし、エビデンスに基づく個人（学習者）の特性に合わせた、テラーメイド教育を実現する。具体的には、学校教育現場のビッグデータを取得・蓄積してAI技術と組み合わせることで、既存の学習方法・指導方法を解析・最適化し、学習者の個性や個々の習熟度に合わせた最適な学習コンテンツを提供するシステムを開発した。あわせて、教師と学習者、学習者とAIの双方向のインタラクションをリアルタイムに解析し、学習者の理解度や自主学習力、メタ認知力などを教師にフィードバックするシステムを開発した。

本研究開発では、教師・学習者間のインタラクションをスタディ・ログ化する研究開発として数学・英語を主な対象とし、授業や家庭学習での学習者（小・中・高等学校の生徒を想定）のスタディ・ログを収集・蓄積する際の収集データ項目と、その有効性を明らかにした。

また、学習支援による理解度変化を類型化し、有効な学習支援を実現する研究開発として、ペダゴジカル（教育学）情報プラットフォームに蓄積されたスタディ・ロ

グを分析し、認知科学的アプローチから類型化した。それによって、一人一人の学習者ごとに理解度や思考の特性に応じた学習支援（方法、内容、頻度やタイミング）が行える仕組みを研究開発した。

## 2 実施期間と方法

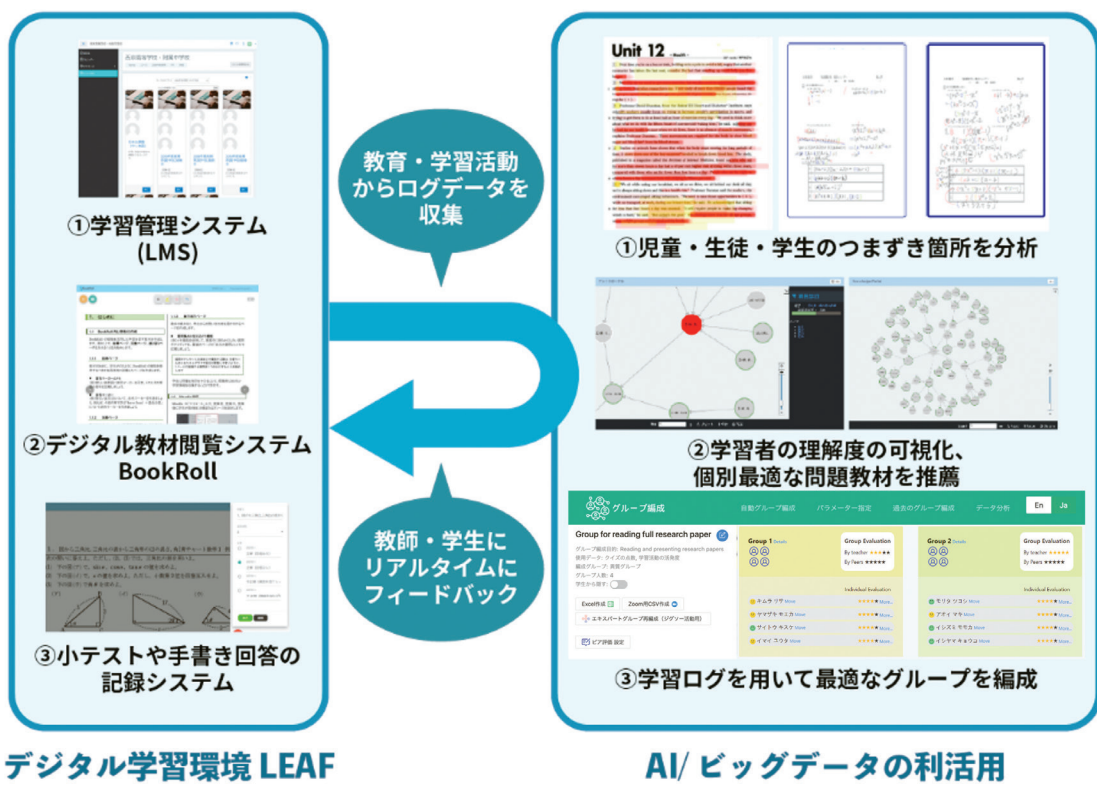
### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

我々はラーニングアナリティクスとエビデンスに基づく教育を支援するため、「LEAF（Learning and Evidence Analytics Framework）」システムを開発した（図1）。この中心にあるのが、学習管理システム「LMS（Learning Management System）」で、教員や学生がパソコンやタブレットなどの情報端末を用いてシステムにアクセスし、学生の出席管理やレポート提出、成績管理などを行う。例えば、多くの大学では、MoodleやCanvas、SakaiなどのLMSを導入している。京都大学ではLMSと連携して教材を配信する「BookRoll\*1」というシステムを開発した。デジタル教科書や教師がつくった問

\*1 教員が教材を登録すれば、学生がブラウザで教材の閲覧ができ、学習ログが記録できるシステム。



デジタル学習環境 LEAF

AI/ビッグデータの利活用

図1 LEAFシステムの全体像

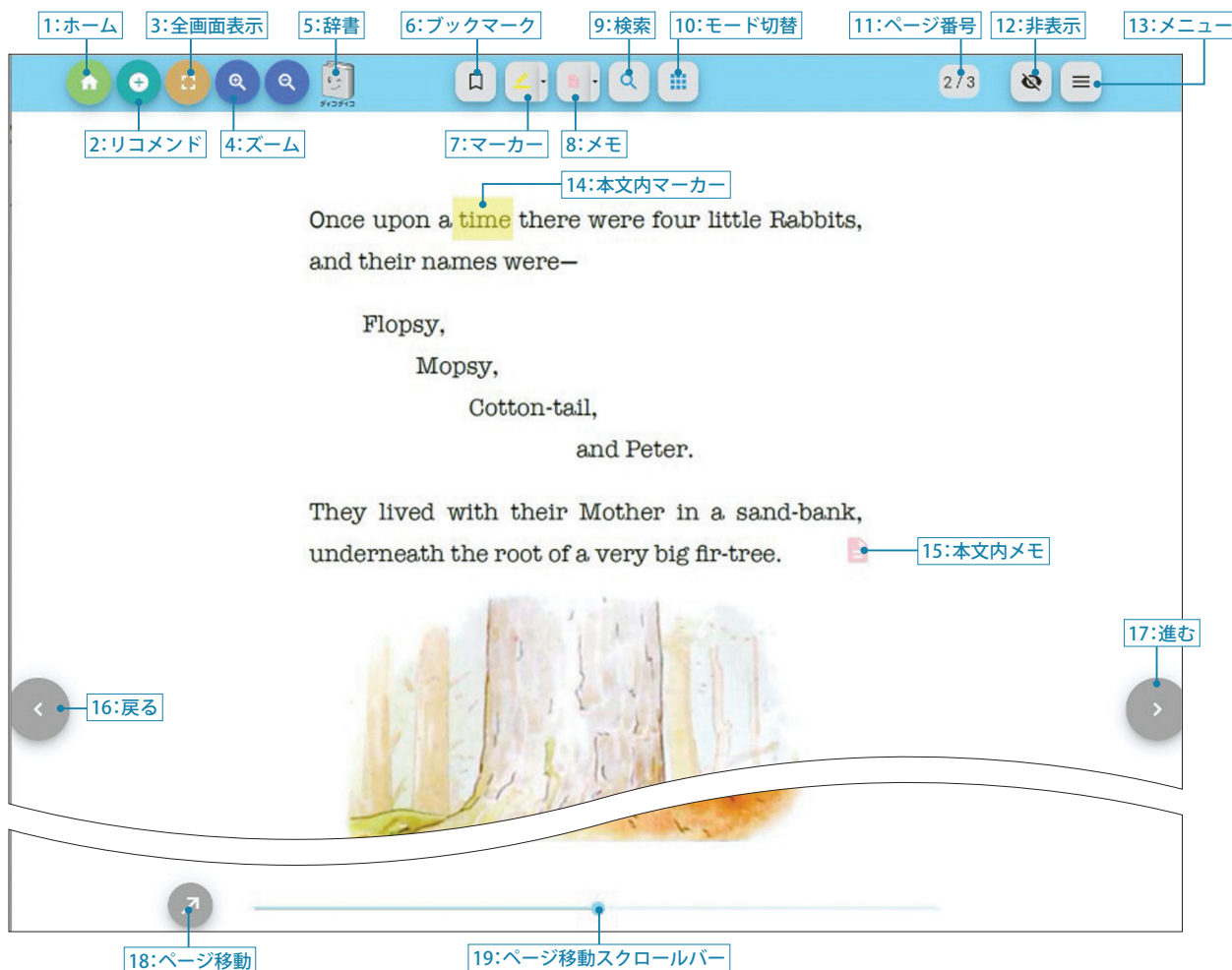


図2 教材配信システム (BookRoll)

題集および説明資料を登録し、学生はBookRoll上で教材を閲覧する。その際、閲覧履歴がxAPI (Experience API)\*2形式でラーニングレコーディングストア(LRS)\*3に蓄積される。BookRollに加え、LRSに蓄積されたデータを分析・可視化するツールとして「ログパレット\*4」というダッシュボードも開発しており、一つの学校に一つのLRSがあって、成績や日々の学習教育活動のデータが蓄積されることを想定している。ほかの学校にもLRSがあり、学生が小・中・高・大学と成長するに従い、分散したLRSを連結するためにブロックチェーン技術を応用する研究を行った。

BookRollは、Webブラウザで動作する教材配信シス

テムでありマーカー、メモ、クイズ、音声の再生などの機能を持つ(図2)。デジタル教科書や問題集、教師がつくったスライド教材や資料はPDFで登録できる。また、学習ログ収集機能を持ち、ページ移動、マーカー、メモ、手書き解答、クイズの解答などのログが収集される。

ログパレットは、LRSに蓄積されたスタディ・ログを分析可視化し、学習者と教師にフィードバックするダッシュボードである(図3)。例えば、基礎分析として、教材の閲覧達成率・時間、マーカーやメモの数、その内容、クイズの解答数・正解率などの指標が表示される。応用分析としては、教材の上に引かれたマーカーの一覧表示、手書き解答の解析、各科目の学習要素の構造と理解度の

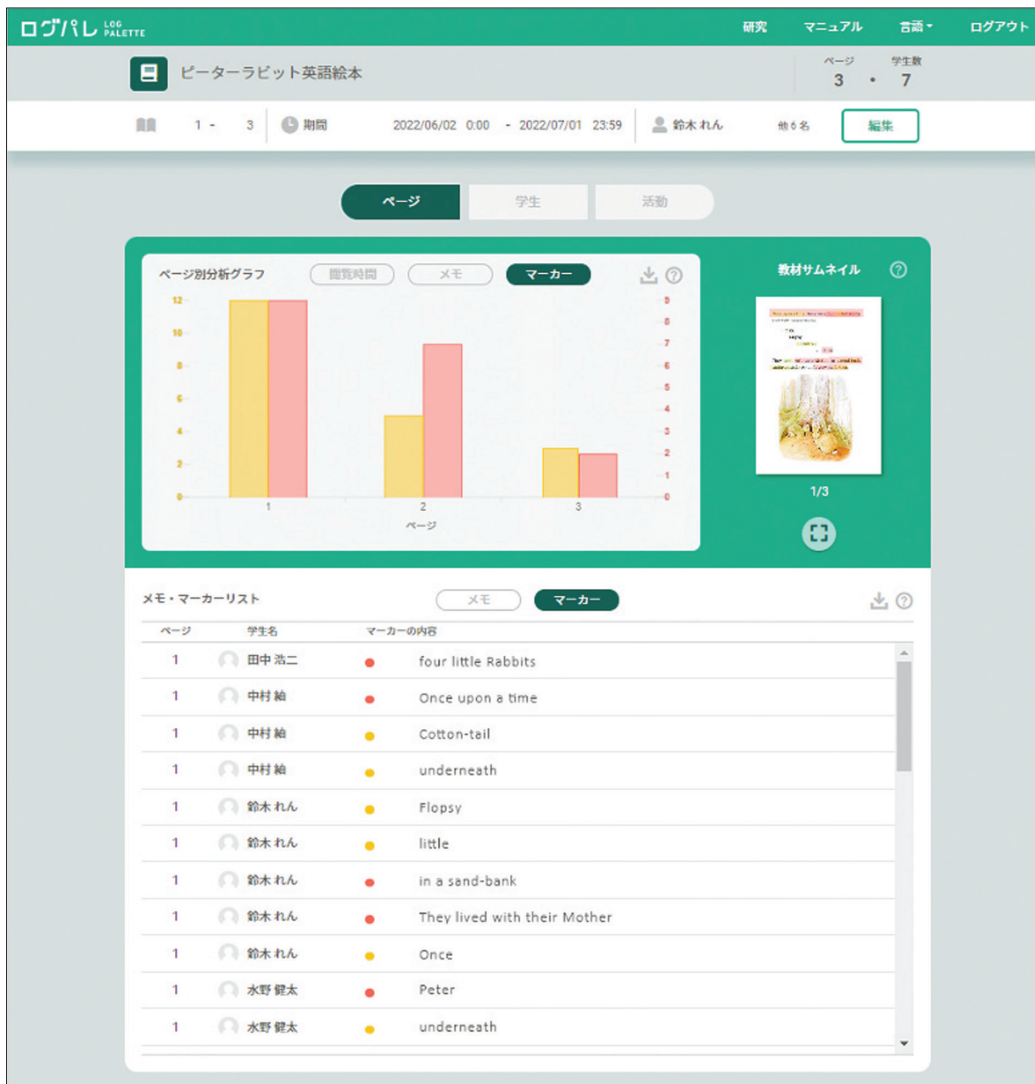


図3 スタディ・ログを分析可視化するダッシュボード(ログパレット)

- \*2 あらゆる学習履歴(経験)データを収集・記録するための、データ仕様のオープン標準規格。
- \*3 学習履歴データを格納するデータベース。
- \*4 蓄積された学習履歴データが分析可視化でき、学習者と教師にフィードバックできるシステム。



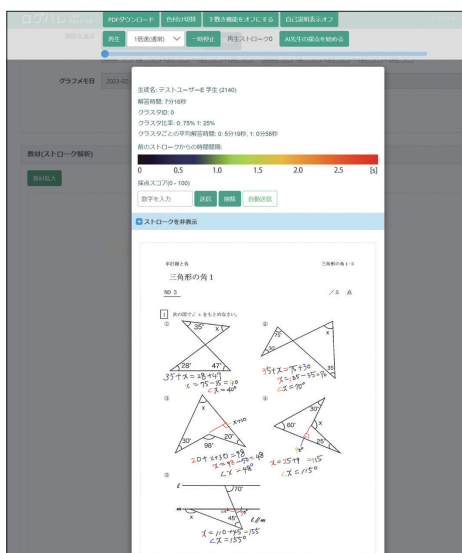


図4 つまずきの自動検出のための手書き解答解析



図5 自己主導的な多読学習支援 (GOAL)

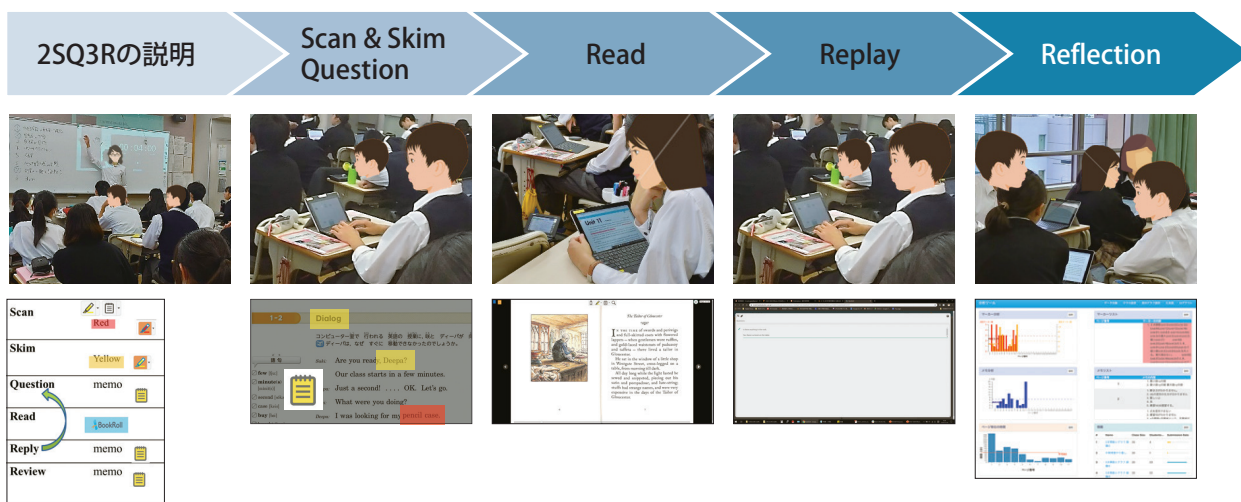


図6 アクティブ・リーディング戦略による読解支援

可視化（知識マップ）などが存在する。さらに発展モジュールとして、AI 問題推薦、AI 多読推薦、自己主導学習支援 (GOAL) などの機能がある。

### (3) 実証実験

以下の実証実験を、京都市内の高等学校・中学校にて行った。

#### ①知識マップ・AI 問題推薦／手書き解答解析

数学においては、中学1～3年と高校1年に知識マップを導入し、理解状況の推定とAI問題推薦機能を実装した。AI問題推薦のため、合計8,994問の数学演習問題をBookRollへ登録した。英語においては、多読用デジタル絵本約550冊を登録し、語彙・文法知識マップ作成のためのメタデータを抽出して中学・高校英語の語彙知識マップを構築した。そして中学生を対象にした

知識マップを用いた単語習得状況に基づき、多読用絵本の自動推薦を実施した。また、生徒のストロークの時間間隔に応じて、6段階のストローク色付け、解答過程のアニメーションを表示し、解答時間やストローク数、六つの色の割合などの特徴量に基づいてクラスタリングする機能を開発した（手書き解答解析、図4）。クラスタリング結果から典型的な解答を抽出して生徒にフィードバックする機能を導入し、中学（生徒360名）の数学で効果を検証した。

#### ②自己主導学習支援 (GOAL)

生徒の自己主導学習能力を向上するため「GOAL (Goal Oriented Active Learner)」を開発し、状態分析や目標設定、モニタリング、振り返りを支援する機能を実装した（図5）。中学・高校の生徒計740名（高校1年生：



エビデンスの蓄積

以下の内容でエビデンスを登録します。よろしいですか？

コース名: Test Course for Instructors

Number of Students: 4

問題点/介入の目的: student engagement

指標: Number of active user

介入: Peer Instruction

介入期間: 介入期間: 2019-02-24~2019-03-08  
分析期間: 2019-02-01~2019-03-15

結果: Peer InstructionはNumber of active userを向上させた

結果(詳細): ITSモデルの結果  
Generalized Linear Model Regression Results

Buttons: Cancel, Save as evidence

エビデンスの登録

図7 エビデンス蓄積・共有のためのエビデンスポータル (REAL)

280名、高校2年生:100名、中学1~3年生:360名)が、自己主導的な英語多読を実施した。また、運動・健康活動を測定できるガーミンスマートウォッチを、中学1~3年生と高校2年生計460名に配布した。ガーミンスマートウォッチとGOALを通じて、自己主導的睡眠改善と運動チャレンジの検証実験を実施した。

### ③アクティブ・リーディング戦略による読解支援

高校1年生78名と高校2年生62名の英語授業でBookRollを使用し、アクティブ・リーディング戦略の手順として、ScanやSkim、Question、Read、Reply、Reflectionといった手法を導入して読解を進める2SQ3Rに沿って学習し、効果を検証した(図6)。

### ④エビデンスポータル (REAL)

エビデンスを蓄積・共有するための場所として、エビデンスポータル「REAL (Real-world Evidence Analysis Library)」を開発し、教師や研究者が自身の介入の内容、およびデータ分析方法について記入できるフォーマットを用意した。また、システムによる自動的な介入の効果推定を行う準備として、課題の内容や教授方法などの授業情報を収集するダッシュボードを整備し、授業モデル

の構築・検証を行った(図7)。

## 3 研究の成果

### (1)実証実験①:知識マップ・AI問題推薦/手書き解答解析

#### 1)知識マップ・AI問題推薦

中学・高校数学に知識マップとAI問題推薦を導入した結果、閲覧行動や知識マップ、コーススケジュールによる、クイズ推薦の個別最適化が可能になった。中学英語に知識マップと多読用絵本の自動推薦を導入した結果、多読活動の利便性と有用性の向上に加えて、生徒のモチベーションの維持や向上にも良い効果が得られた。今後は数学と英語学習を中心として、なぜ推薦されたかその理由説明を生成することでより納得して学習に取り組めるようにしていきたい。

#### 2)手書き解答解析

手書き解答解析を3か月間実施し、教員2人にアンケート調査を行ったところ、システムの分かりやすさ、使いやすさ、今後の利用意欲に関して高い評価(5点満

点の5点)を示したことを確認した。また、教員2名へのインタビューでは、特に成績不振な生徒に有用であるとの意見を得た。今後は、ペンストロークから得られる学習プロセスデータを用いてつまづきポイントの検出やつまづきポイントに応じた推薦に応用することで、個別最適な学習支援を実現していきたい。

## (2) 実証実験②：自己主導学習支援 (GOAL)

### 1) 英語多読と自己主導学習支援

高校1年生47名を対象に3週間の自主多読を実施し、自己主導学習支援「あり・なし」の2グループで比較した結果、支援ありグループ(6,953単語数)は支援なしグループ(1,794単語数)に比べて多くの英語絵本を読んだ。中学1年生120名を対象に2か月間行った検証実験では、生徒が自分の多読目標を持っていれば、検証期間中に4時間以上の多読時間を確保でき、多読モチベーションを維持しながら自己主導学習能力を高めたことを確認した。さらに、中学1年生120名を対象とした1年間の実験を実施し、自己主導的な英語多読による訓練前後での多読スピードを比較したところ、全体で1分間あたりに読める単語数は99語から132語まで上がったとの結果が得られた。

### 2) 運動・健康活動と自己主導学習支援

睡眠改善の検証実験では、早寝早起き型の生徒の読書完了率が高くなり、学年が上がるとその関係性が強くなる結果が得られた。また、運動チャレンジの検証実験では、生徒の目標の大小ではなく、進捗のモニタリングと振り返りが歩数に大きな影響を与えることが明らかになった。今後は、睡眠改善・運動チャレンジのダッシュボードを開発して、学習者自身のライフスタイルを振り返って、自己主導能力を向上できることが期待される。

## (3) 実証実験③：アクティブ・リーディング戦略による読解支援

アクティブ・リーディング戦略による読解支援を検証した結果、生徒の語彙や読解力を向上させ、生徒の授業活動への参加促進に役立っていたことが明らかになった。さらに、アクティブ・リーディング戦略を活発に行った生徒は、不活発な生徒より英語の成績が高かったことを確認した。今後は読解学習を振り返ることの重要性を考慮し、アクティブ・リーディングに特化したダッシュボードを開発する。ダッシュボードを利用して学習者

が自身の読解成果を振り返り、授業の中で学習活動の一つとして共有することにより、学習者の読解力と読解意欲、メタ認知力等を高めることが期待できる。また、教師にとっては、学習者とクラス全体のログを確認することで、授業準備や次に取るべきアクションの判断などが効率的・効果的にできることが期待される。

## (4) 実証実験④：エビデンスポータル (REAL)

高校1年生の数学を対象に1か月間行った検証では、提案した授業モデルによって約65%の生徒が、普段よりも質の良い授業になったとの結果が得られた。今後は、システムによる自動的な介入の効果推定技術を導入し、フィードバックなどの介入の効果をエビデンスとして登録できる機能を開発する。この授業モデルとエビデンスポータルを用いて、蓄積されたエビデンスを用いたテーラーメイド教育を実現することが期待できる。

# 4

## まとめと今後の展望

本報告では、デジタル教材配信システム「BookRoll」を用いた教育データ収集、分析基盤システム「ログパレット」とエビデンス共有システム「REAL」について実証実験を行い、LEAFシステムを用いた学習者のスタディ・ログを利活用する事例成果を得た。各事例の成果と有効性により、ラーニングアナリティクスとエビデンスに基づく教育を実現する仕組みを構築した。

今後の展望として、実証実験①から④までのスタディ・ログ活用効果検証結果は、エビデンスポータルを通じてエビデンスレコードストア(ERS)に登録し、エビデンスを抽出・共有する仕組みを検証する。

また、一般社団法人エビデンス駆動型教育研究協議会(EDE法人)を通じて、政策立案者や研究者、実践者、民間企業等が連携して、当該システムを社会に展開する予定である。



# ペダゴジカル情報プラットフォームの実現と社会実装に向けた研究開発

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、日本電信電話株式会社

- ベテラン教師の経験や教育スキルを AI 技術によっていつでも再現可能とし、エビデンスに基づいて、個人（学習者）の特性に合わせたテーラーメイド教育の実現を目指す。
- 教員や塾、ベンチャー企業、教育行政担当者などにも共有可能なペダゴジカル（教育学）情報プラットフォームについて研究開発を行った。

## 1 研究の目的

学校における教育のあり方を Society 5.0 時代の学びの場へと進化させるため、ベテラン教師の経験や教育スキルを AI 技術によっていつでも再現可能とし、エビデンスに基づいて、個人（学習者）の特性に合わせたテーラーメイド教育を実現する。具体的には、学校教育現場のビッグデータを取得・蓄積して AI 技術と組み合わせることで、既存の学習方法、指導方法を解析・最適化し、学習者の個性や個々の習熟度に合わせ、継続的な学習に追従して最適な学習コンテンツを提供するシステムを開発した。

また、スタディ・ログの収集や蓄積、分析を行うために、適切な加工や同意などを許諾した上で、教員のみならず、塾やベンチャー企業、教育行政担当者などにも共有可能なペダゴジカル情報プラットフォームについて研究開発を行った。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018 年度～ 2022 年度

### (2) 実施方法

1) 個別最適化された学習支援を実現する「ペダゴジカル AI エンジン」の研究開発

2020 年度は、英語学習のためのインタラクティブコンテンツ提示環境として、①英語多読に適した教材提示・英文読み上げ・確認問題生成を行う英語学習支援システム「Enavis」の機能を拡張し、Listening 学習用音声データ生成・語彙／文法項目などに関連する穴埋め問題自動生成を行うとともに、②英語発話リズム訓練アプリの機能を拡張し、Speaking の質が向上する（発話リズムスコアが平均 80 以上となる）ような訓練方法の構築と実証を行った。

2021 年度は、

- ・英語学習者の語彙力レベルを推定する語彙数推定技術
- ・英語絵本や英字新聞記事などの著作権処理済みの英文コンテンツを提示する英語多読学習支援システム「Enavis」
- ・英文コンテンツからの文法問題自動生成技術
- ・本人の発話音声でよりネイティブの発話リズムに近い音声に変換する英語発話リズム訓練アプリ

の四つを連携させた、インタラクティブ英語学習支援統合環境のプロトタイプを構築した。

2022 年度は、インタラクティブ英語学習支援統合環境を活用して英語発話リズム訓練アプリのスコアと、Enavis・語彙数推定・問題自動生成の結果の個人内での相関分析を行い、アプリによる Speaking の質の向上が

Listening、Reading、Writing の質の向上あるいは能力とどのように関連しているのか検証した。

具体的には、インタラクティブ英語学習支援統合環境で取得したデータを対象とし、理解度変化・推定技術の実証、および学習効果推定・予測技術、学習プラン生成・レコメンド技術を構築してそれぞれ効果を実証した。学習効果予測およびレコメンド結果については、上記インタラクティブ英語学習支援統合環境における問題自動生成や、次の学習プランを提示して学習者の学習行動を継続的に蓄積。その効果を、統合環境で取得される語彙数変化・小テストの成績と照らし合わせて評価し、効果を検証した。

また、実証実験においては、商用学習サイト E4S (English 4 skills) のコンテンツを教材として、ペダゴジカル AI エンジンによる問題推薦をあわせて実施した。

## 2) 相互運用性を確保したペダゴジカル情報プラットフォームの研究開発・実用化検討

2020 年度は、プロトタイプ LRS\*1 の有用性を実証校で検証し、LRS を NTT コミュニケーションズのサービスとして提供できるようにした。

2021 年度は、コンテンツ提供事業者と交渉し、NTT コミュニケーション科学基礎研究所 (CS 研) などが行うペダゴジカル AI エンジンの研究開発に必要となるスタディ・ログを収集・提供できるようにした (CS 研などと連携し、スタディ・ログ収集に必要なデータセットを明確化)。

さらに、ペダゴジカル AI エンジンの研究開発状況・実用化判断を踏まえ、自走するプラットフォームとしてのビジネスモデル案を策定した。

2022 年度は、社会実装に向けて、AI エンジン自体の効果検証、市場性、接続に向けた技術検証、およびシステム連携方式を研究開発した。

## 3) 相互運用性が担保されるスタディ・ログの標準規格の策定

2020 年度は、学習要素リストの標準策定などを目標とし、xAPI\*2 プロファイル仕様案と算数・数学に関する学習要素リストをスタディ・ログ標準規格として策定

した。

2021 ~ 2022 年度は、xAPI プロファイル仕様案の更新などを目標とし、2020 年度に策定したスタディ・ログ標準規格 (xAPI プロファイル仕様案と算数・数学に関する学習要素リスト) を、今後の LRS とのデータ連携の際に標準仕様として活用してもらえるようコンテンツ事業者に対して交渉を継続。xAPI プロファイル仕様案については、随時更新を実施中。

## 3 研究の成果

### (1) 個別最適化された学習支援を実現する「ペダゴジカル AI エンジン」の研究開発

2020 年度は、多様なスタディ・ログデータ (特にテスト問題の正誤、欠損があってもかまわない) を対象として、潜在的な学力特徴を有する学習者群を教師なし機械学習の手法で効率的に抽出し、理解度の向上要因を推定する手法を構築した。具体的には、これまでに構築した Monotonic VAE 法\*3 を欠損値にも対応するよう拡張し、学習者間で異なるテスト問題に関するスタディ・ログを用いて、広範な学力調査データの分析を実現した。また、特徴的な学力を有する学習者群の抽出結果に対して、専門家の意見を取り入れながら有効な教材をレコメンドした。さらに、学習者の理解度変化データを蓄積することで、理解度変化学習者群および個々人の学力向上に有効な教材の抽出や、効果推定手法およびレコメンド手法のプロトタイプを構築し、スタディ・ログの活用と理解度変化に基づくテラーメイド学習環境構築に有効なエビデンスを抽出した (図 1)。

2021 年度は、50 名程度の大学生を対象に 1 万語以上の英単語親密度データベースを構築し、少数の語彙のチェックによって学習者の語彙数を推定する技術および、学習者の学習履歴やテスト結果から未習得語の候補を推定する技術を構築した。インタラクティブ英語学習支援統合環境の機能検証においては、学習者数十名を対象に実証を行い、学習効果エビデンスを収集した。

また、2020 年度に開発した理解度推定技術、学習効果推定技術について、標準学力調査などで取得される大

\*1 学習履歴データを格納するデータベース。

\*2 あらゆる学習履歴 (経験) データを収集・記録するためのデータ仕様のオープン標準規格。

\*3 深層学習のモデルの一つ。

規模なデータ（試用標準データ）に基づき、スタディ・ログの蓄積に対応した時系列データに拡張し、逐次学習の効果を捉える理解度推定技術、学習効果推定技術を構築した。さらに、試用標準データに基づく問題を推薦した学習者群の、理解度向上の効果が見込まれる教材推薦技術を構築し、インタラクティブ英語学習支援統合環境をはじめ、各実証校で取得し得る多様なスタディ・ログに対応させ、個々の学習者に適したテーラーメイド学習のエビデンスを蓄積した。また、2022年度の実証に向け、インタラクティブ英語学習支援統合環境と連携する上での全体アーキテクチャ設計・構築を実施した（図2）。

2022年度は、高等学校の英語学習支援において、長期的にインタラクティブ英語学習支援統合環境を活用することにより、継続的にスタディ・ログを蓄積するとともに、動的な問題推薦を行い学習効果の検証を実施した。実験に際しては、プロトタイプシステムを改修し、インターネット経由で多人数が同時に利用できるシステムを構築した。また、先行実験への実験参加者（生徒および教員）からのフィードバックを受けて教材の改良を継続的に実施した。

先行実験で得られた継続的な学習データを用いて、ペダゴジカル AI エンジンの各要素技術である、①理解度変化・推定技術の実証、②学習効果推定・予測技術、③学習プラン生成・レコメンド技術を改良し、長期的なスタディ・ログから得られる個々の学習者の理解度変化に基づき、学習効果予測および問題レコメンドによるテーラーメイド学習の効果を検証する実証実験を実施した。

実証実験で収集したスタディ・ログにペダゴジカル AI エンジンの各要素技術を適用することにより、個々

の学習者の理解度の変化を潜在学力特徴空間上で時系列的に把握し、個々の学習者のその時の理解度状況に応じて、未学習のそれぞれの問題に対する予測正答率の高精度な推定を実現した。これにより、個々の学習者の理解度状況に適した難易度の問題群を自動的に抽出し、学習者の個々の潜在学力特徴を向上するのに有効な問題群を序列化することが可能となった。

実証実験では予測正答率 75% の問題群を推薦し、ランダムに問題を解いた際の正答率が 50% 程度の群と 85% 程度の群のどちらに対しても、実際の正答率が目標値である 75% 程度に収束し、長期的な学習による理解度状況の変化に追従して、学習効果が期待できる問題群を動的に推薦できる機能を実証した。以上のペダゴジカル AI エンジンの各要素技術の機能実証により、学習の効率を向上するとともに、学習者のモチベーション維持に効果のある問題レコメンドが可能な学習環境を実現した。長期的な学習の効果については、実証校の協力の下で外部試験の受験等による検証を継続している。

## (2) 相互運用性を確保したペダゴジカル情報

### プラットフォームの研究開発・実用化検討

2020年度は、蓄積された学習ログの要素を、可視化用ダッシュボードによって、コンテンツメタデータやユーザー属性情報などの外部情報と組み合わせることにより、対象となる期間やコンテンツ、学年、クラスの組み合わせで選択した母集団に対して、「勉強時間」、「ユニーク利用者数」、「行動種別割合」、「利用時間帯」を可視化できることを確認した。

2021年度は、スタディ・ログの収集にあたって、LRSとして構造化されたデータに加え、非構造化データ

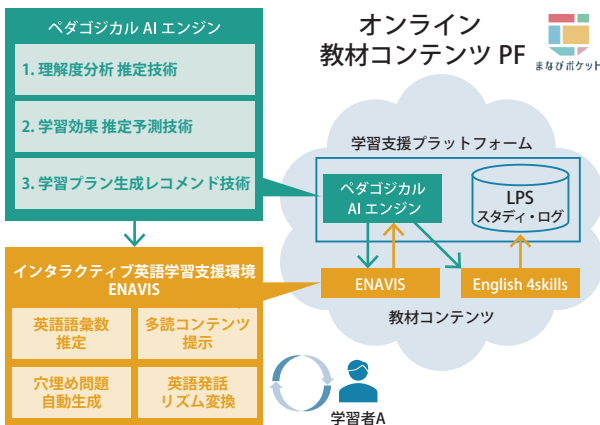


図1 テーラーメイド学習環境

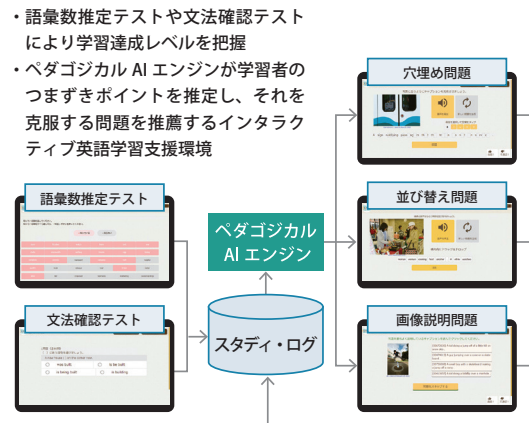


図2 英語学習支援統合環境「ENAVIS」



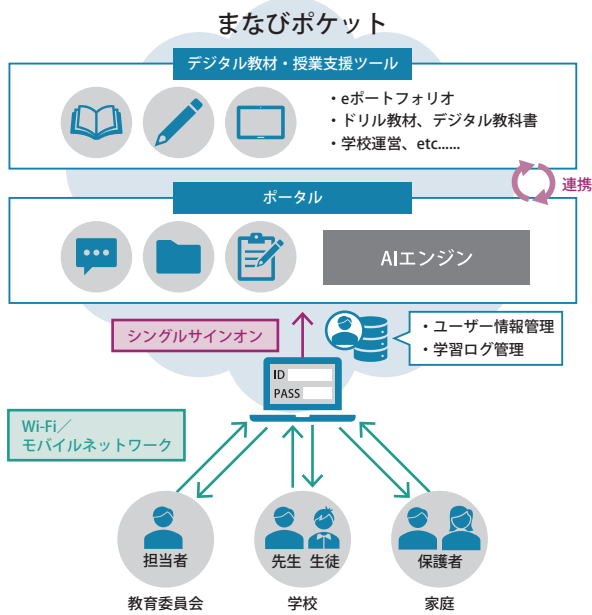


図3 ペダゴジカル情報プラットフォーム

を含めてデータを取得した。また、データ蓄積基盤であるLRSを、NTTコミュニケーションズの「まなびポケット」にて実装し、ドリル教材などを提供するコンテンツ事業者が横断的にデータを活用できる仕組みを構築した。

商用化に向けての性能要件対策については、LRS単体と外部情報連携のデザインパターンにそれぞれCQRS\*4と並列分散処理が適切であることを導出しこれを採用した。LRSにCQRSパターンは、まなびポケットの認証に基づいた検索クエリ制御が行えるため、教員や教育委員会といったロール制御や所属自治体によるデータ共有の制御が可能になった。

自走するプラットフォームとしてのビジネスモデル案は、NTTコミュニケーションズの全国の営業組織が提案・販売を担い、教育委員会や学校法人などへの直接販売、および販売代理店や地場ベンダーなどを経由した間接販売を想定している。

拡販に向けたプロモーション施策としては、

- まなびポケット公式Webサイト、Facebook、Twitterでの情報発信
- 教育委員会・教職員向け活用研修（個別/ウェビナー）
- 販売店向けサービス説明会
- セミナー開催
- 各種イベントへの出展

\*4 コマンドクエリ責務分離を表し、データストアの読み取りと更新の操作を分離するパターン。

カテゴリ	課題	対応策
AIエンジン自体の効果検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>学習履歴の時系列を対象とする分析</li> <li>多種類の教材/学習履歴を対象とする横断的な分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>相互運用性を確保したペダゴジカル情報プラットフォーム上での実証実験の実施</li> <li>上記プラットフォーム上での一般利用者からの長期的な実証実験データの取得</li> </ul>
社会実装（商用化に向けて）	<ul style="list-style-type: none"> <li>市場性</li> <li>サービスとして必要性、顧客ニーズの確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>これまで弊社がまなびポケットで築いたリレーションを活用し、教育委員会/学校法人等、販売代理店への需要/ニーズ調査を実施</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術面</li> <li>AIエンジン搭載（商用化）に向けた要件整理、必要なリソース/インフラ設計/システム連携方式の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CS研究成果であるAIエンジンを実装し検証を実施</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>法制度面</li> <li>個人情報等を含むデータを第三者にオープンにするための法制度への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者毎の対応ではなく、本実証で得られた知見や各種ガイドラインに沿った対応</li> </ul>

表1 社会実装に向けた課題

などを想定している。

### (3) 相互運用性が担保されるスタディ・ログの標準規格の策定

2020年度は、コンテンツ事業者に対して、今後のLRSとのデータ連携に向けた際の標準仕様としてxAPIプロファイルの活用を提案した。また、学習要素リストについては、複数（2社）のコンテンツ事業者と協力し、コンテンツ事業者の自前教材と突合いを行い有用性について検証した。

2021年度は、xAPIプロファイル仕様の随時更新を実施した。

## 4 まとめと今後の展望

最終形態は、NTTコミュニケーションズが提供する「まなびポケット」上にCS研が開発したペダゴジカルAIエンジンを実装し、同社の販路を活用して全国の教育委員会をターゲットに商用展開を行うことを目指している（図3）。

なお、社会実装に向けては、表1に示す課題への対応が必要と考える。

# 記号的AIに基づく思考経験のデザインと 統計的AIに基づく思考パターンの検出による テーラーメイド学習支援

国立大学法人広島大学

- 本研究開発では、記号的 AI と統計的 AI の双方を活用したテーラーメイドな学習支援の実現を目指した。
- 研究は、「①記号的 AI に基づく思考経験のデザイン」、「②実践を通して得られたデータに基づく統計的 AI を用いた思考パターンの検出」、「③思考パターンに基づくテーラーメイド学習支援の開発」、「④ポータブルでセキュアな分散型データ管理」という四つのサブテーマに分けて行った。
- 記号的 AI に基づく思考経験のデザインの有用性を、教育現場における実践を通して確認できた。また、実践を通して得られたデータに統計的 AI を適用することで、思考パターン検出の可能性が示せた。

## 1 研究の目的

本研究開発における「記号的 AI」とは、人の持つ知識を記号的に記述し、その記述をもとに推論する枠組みである。この枠組みを学習者の思考の枠組みとして提供し、学習者にその枠組みに沿った思考を経験させる場をコンピューター上で実行することが「思考経験のデザイン」である。デザインされた思考の場は、適度な自由度を保ちつつ限定された思考が行われることから、思考に関する、より直接的で構造化しやすいデータが取得できる。取得されたデータを用いて思考パターンを検出する際、統計的数理モデルをベースとする人工知能技術を用いるが、これを「統計的 AI に基づく思考パターンの検出」としている。

従来の学習支援が、解答の正誤や誤答の種類に基づいていたのに対して、思考パターンが検出できれば、「どういった思考を行ったのか」に基づき学習を支援できる。これは、より個々の学習者に合わせた支援となり、本研究開発では「テーラーメイド学習支援」と定義する。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018～2020 年度

### (2) 実施方法

本研究開発では、「①記号的 AI に基づく思考経験のデザイン」、「②実践を通して得られたデータに基づく統計的 AI を用いた思考パターンの検出」、「③思考パターンに基づくテーラーメイド学習支援の開発」、「④ポータブルでセキュアな分散型データ管理」という四つのサブテーマを設定した。図1に示す研究体制スキームを構築し、②のテーマについては広島工業大学、③のテーマについては山口大学に再委託して共同で研究開発を行った。

本研究開発のベースとなる、「記号的 AI に基づく思考経験のデザイン」の枠組みを図2に模式的に示す。情報処理アプローチに基づく認知科学においては、人の思考はある側面から知識と推論によってモデル化できている。記号的 AI は、知識を記号化し、その記号処理として推論をコンピューターで実現することを目指したものである。

これに対して、認知的に妥当性を保って知識や推論を記号化できている場合、その記号を学習者に提供するこ

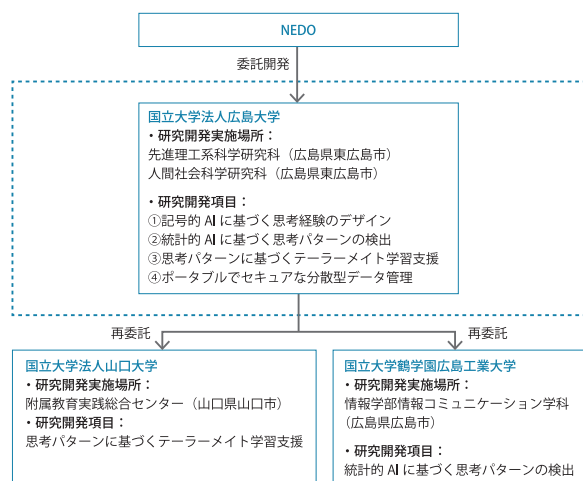


図1 研究体制スキーム

とが本研究開発となる。従来の記号的AI・エキスパートシステムに関する研究開発においても、コンピューターが行った推論や知識を人が理解できるように説明することは非常に重要な研究課題であり、統計的AIに対する優位性の一つであると考えられてきた。本研究開発では記号化された知識や推論を、学習のための外的資源・思考を外在化する道具として、より積極的に利用する。

本研究開発では、学習環境で提供された外的資源の操作として思考が外在化され、その操作データが思考のデータとなり、統計的AIの処理対象となる。統計的AIは近年非常に大きな成果を上げているが、対象データの前処理および出力結果の解釈が簡単ではなかった。この二つが定式化しやすい画像や音声、あるいは翻訳としての言語においては多様な研究が進められているが、これらの定式化が難しい対象に関しては、必ずしも成果が上がっているとはいえない。

本研究開発は、一般的にはデータの取得自体が難しく、また、関連データを集めてきたとしてもその前処理や解釈が難しい思考に関するデータ処理やパターン抽出を、思考の外在化、すなわち外的資源の操作データおよびその解釈として行う。思考パターンが抽出できれば、個々の学習者の持つパターンに基づいた学習支援が可能となる。従来の学習支援に関する研究が、学習者の解答の正誤や誤答の種類あるいは学習者のこれまでの正誤履歴といったものをベースとしていたのに対し、学習者の思考パターンに基づくことで、学習者の思考に適した個性

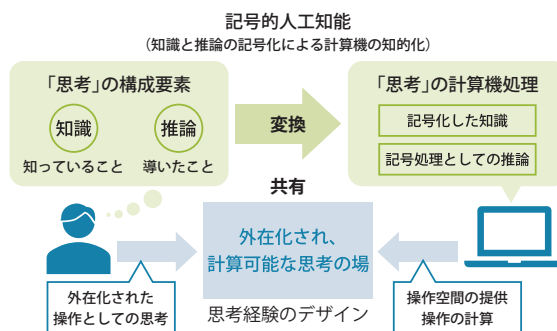


図2 思考経験のデザインの枠組み

の高い支援が期待できる。また、これらを大規模に実現する上で、多くの学習者から安全な形でデータを学習する仕組みを用意する必要があり、そのためのポータブルでセキュアな分散型データ管理の設計・開発も行った。

### 3 本研究の成果

#### (1) 記号的AIに基づく思考経験のデザイン

本研究開発での記号的AIに基づく思考経験のデザインとしては、これまで行われてきた先行研究開発を踏まえ、「単位算数文章題を対象とした組立てソフトウェア」、「複合算数・数学文章題を対象とした量間関係構造組立てソフトウェア」、「英文読解を対象とした概念マップ組立てソフトウェア」をそれぞれ実践的に整備し、教育現場で利用しながらデータを収集した。

##### 1) 単位算数文章題を対象とした組立てソフトウェア：モンサクン

図3に単位算数文章題を対象とした、組立てソフトウェア：モンサクン\*1のインターフェースを示す。このソフトウェアでは、学習者に対して外的資源としてカードの形で量概念\*2を与え、量概念の組合せとして問題を組み立てさせる。図3の場合、右に並んだ五つの項目は言語で表される一つの量概念を表している。個々の量概念は、量が属する「主体」、量としての「ラベル」

\*1 広島大学で開発された、「問題を解くのではなく、問題をつくる」ことで学習するソフトウェア。問題をつくる過程において問題の持つ「構造」を意識することで「構造を理解する力」を養う。

\*2 文章題に現れる量を表わす概念であり、数は量概念の値として意味を持つ。



および「値」の三つで構成され、実体（インスタンス）としての量概念となっている。この量概念を組み合わせると、概念間に演算関係が生じることがある。指定された演算関係が生じるように量概念を組み合わせることを目的に、文章題を組み立てさせる。具体的には、適切なカードを選んで左にある三つの空欄を埋めることで、カードの組合せをつくる。なお、単位文章題とは、演算一つの演算関係を生じる文章題のことである。

本研究開発では、2020年度にある小学校と協議し、全学年でのこのような文章題を授業で実施した。実施内容および収集したデータの概要を表1に示す。達成課題数、解答数/課題数、ステップ/課題数は平均である。ステップ数は、カード操作回数を表す。授業は617名の児童が参加し、総計1,040時限・人のシステム利用を行った。正しくつくられた問題数が31,583問であり、作問の総数が81,205問であることから、約50,000問の不適切な作問事例が得られ、280,664ステップのカード操作データが得られた。

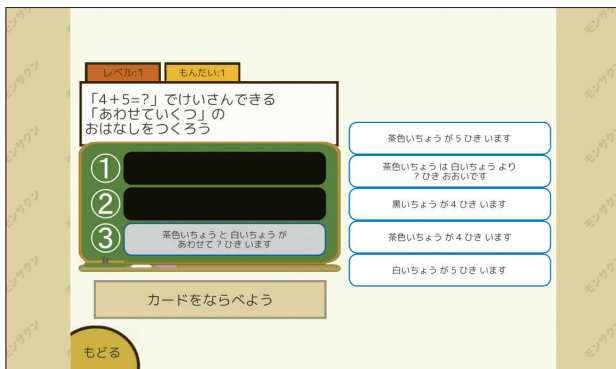


図3 単位算数文章題を対象とした組立てソフトウェア：モンサクン

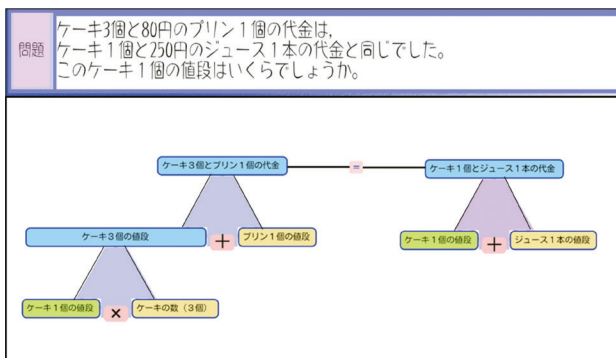


図4 組み立てられた三角ブロックの例

## 2) 複合算数・数学文章題を対象とした量間関係構造組立てソフトウェア：三角ブロック

図4に複合算数・数学文章題を対象とした、量間関係構造組立てソフトウェアの三角ブロック図を示す。学習者は、カードの形で提示された量概念の演算関係を構造的に組み立てた。組み立てられた演算関係を、既知の値を用いて順次計算していく場合は算数的な求値方法となり、この数量関係を方程式化し代数的に解く場合には数学的な求値方法となる。

ソフトウェアについては、一つの小学校において228時限・人（5、6年生228名、724課題、6,146解答、44,481ステップ）、二つの中学校において計392時限・人、一つの高校において計600時限・人の実践利用を行い、運用可能性とデータ収集可能性を確認している。

## 3) 英文読解を対象とした概念マップ組立てソフトウェア：キットビルド概念マップ

図5に英文読解を対象とした、キットビルド概念マップ\*3の組立てて例を示す。このソフトウェアでは、読

教材	学年	時限	人数	達成課題数	解答数/課題	ステップ/課題
和差文章題 作問	小1	2	104	22.1	2.81	10.5
	小2	2	105	31.2	2.67	9.70
	小3	2	89	35.5	2.76	9.99
	小4	2	93	38.7	2.29	8.60
	小5	2	122	41.7	2.28	8.90
	小6	2	104	43.2	2.19	8.33
乗除文章題 作問	小3	1	83	51.2	2.63	6.88
	小4	1	87	62.3	3.03	9.28

表1 実践および収集データ

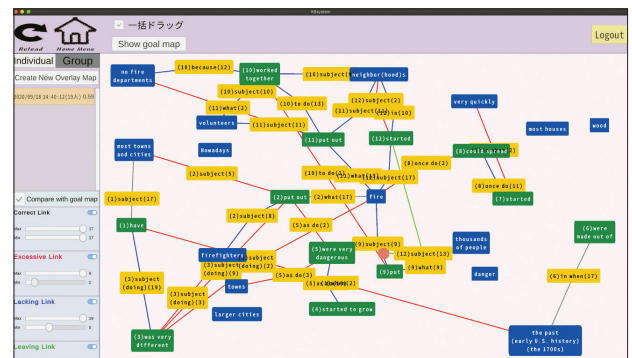


図5 組み立てられた概念マップの例

\*3 概念マップの長所を生かしつつ、作成した概念マップを容易に利用できるようにする構築手法。  
\*4 分析や意思決定に使われる「人の知見」とデータを融合させて要因分析が行えるモデリング手法。

解した英文についての概念マップを、提供した部品から学習者に組み立てさせた。部品は、教員が読解対象の英文に対して作成した概念マップを分解することで得られたものであり、元の概念マップと比較することで学習者が再構成した概念マップが自動診断できる。

ソフトウェアについては、一つの高校で、209 時限・人の実践利用を行い、運用可能性とデータ収集可能性を確認している。

## (2) 統計的 AI を用いた思考パターンの検出

思考経験データを学習支援に用いるために、「記号的 AI に基づく思考経験のデザイン」で得られる具体的な思考経験データから、思考パターンを検出する。自分が持っている情報を組み合わせて、妥当な構造を見つけることが思考であるとする、思考パターンには「構造（知識）」と「プロセス（知識の使い方）」の 2 種類があると考えられる。構造のパターンで組み立てた構造の多様性、プロセスのパターンで構造を組み立てていく手順の多様性を示すことで、どの部分からどのような順序で組み立てていくのかといったことや、どの部分で行き詰まるかといったことを分類できる。

また、思考パターンの検出には二つの意味がある。一つは事前に検討できた思考パターンが実際に出現するかの検証であり、もう一つは事前に検討できた以外のパターンの検出となる。このため、実際の思考経験データから統計的に思考パターンを検出する。また、検出した思考パターンを脳波データと結びつけ、脳の機能で説明することで、検出した思考パターンの妥当性を検証する。

実験・データの収集は広島大学で実施し、統計的 AI を用いたデータの処理・パターン抽出は広島工業大学に委託して実施。得られたパターンの解釈および意味付けは、広島大学と広島工業大学において協同で実施した。

## (3) 結論

サブテーマ「①記号的 AI に基づく思考経験のデザイン」に関しては、初年度に複数の実践参加教育機関を選定し、第 2 年度において教育現場と調整を行いながらシステム開発とテスト的利用を行った。第 3 年度に実践運用とデータ収集を行った結果、小中高校において 2,924 時限・人の実践を実施し、統計的 AI を用いた思考パターンの検出において必要十分となる 98,740 解答、368,650 ステップのデータが収集でき、本研究開発のアプローチが実践的に有用であることが確認でき

た。

サブテーマ「②実践を通して得られたデータに基づく統計的 AI を用いた思考パターンの検出」を実施する、データ収集が可能であることも実証できた。初年度に統計的 AI 手法の調査を行い、第 2 年度において過去のデータを用いた分析と視線や脳波などの生体データとの照合を含めて試み、ベイジアンネットワーク\*4 を用いたパターン検出が有望であると判断した。第 3 年度においては、ベイジアンネットワークを用いて収集したデータからのパターン分析を試み、正解の到達度を有意に向上させる状態および有意に下降させる状態の検出に成功した。②のテーマに関しては現時点で進行中の研究開発となるが、ここまでの成果によって、新規性のあるテーラーメイドを実現する上での基礎となる思考パターンの抽出が可能であることが示せた。

サブテーマ「③思考パターンに基づくテーラーメイド学習支援の開発」は実践データからのパターン抽出が可能となった第 3 年度に開始し、協力企業と合同でテーマ②で抽出したパターンに基づく学習者への適応的フィードバックを設計した。この適応的フィードバックは、従来の解答の正誤や誤答の種類に基づく適応的フィードバックに対して新規性があり、本研究開発の新規性を示せたと考えている。

サブテーマ「④ポータブルでセキュアな分散型データ管理」については、初年度および第 2 年度において協力企業と協議して学習ログの仕様を確定することができた。

## 4 まとめと今後の展望

サブテーマ①から③については、本研究開発を通して実証できたと判断している。また、これらの試みを一般化して実施するための基盤としての学習ログの仕様も確定できた。これらのことから、本研究開発では第 3 年度までに設定した、必要なデータの収集および必要な機能の設計・開発について、おおむね達成したと判断している。本研究開発の対象とした算数文章題および英文読解に関しては、教育現場での実践とその効果の実証を継続的に進めていくことで、思考経験を指向したテーラーメイドの学習支援の社会実装事例としていく。

# 高精度教育ビッグデータをベースとした教育支援の公教育への導入推進

国立大学法人岡山大学

- マイクロステップ・スケジューリング技術によって収集される、高精度教育ビッグデータを利用する新型 e-Learning システムのメリットを最大化することで、マイクロステップ・スタディ (MSS) の社会実装を推進した。
- 六つの開発テーマに取り組み、そのうち四つのテーマについて当初の目標が達成できた。
- データを共有する仕組みやデータの管理方法、共有ルール、関連する教育データの共有ルールなど、検討しなければならないことを明確化した。

## 1 研究の目的

本研究開発は、個々の学習者の学習成績の上昇を可視化してフィードバックできる新型 e ラーニング「マイクロステップ・スタディ (MSS)」のメリットを最大化し、社会実装を推進することまでを目標とした。これは、マイクロステップ・スケジューリング技術で収集される、「いつ」という時間軸上の条件がそろった大量の縦断的行動データ (高精度教育ビッグデータ) の利用によって実現されるものである。また、学力上位層の英語力を向上させることだけを目的とせず、MSS のサービスを受ける学習者の意欲向上と学力向上に寄与することを最大の目的とした。学習効率を向上させる「個別最適化」の機能の実装や、文部科学省の GIGA スクール構想で配備された端末を学校現場と自宅で有効活用する上で生じるネットトラブル、および通信費や経費的な問題などを解決できる端末ソフトの開発から、ゲーミフィケーションの要素を学習に導入する方法の検討とモデル実践による明確な成果の取得まで、さまざまな目的を設定した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018 年度～2020 年度

### (2) 実施方法

六つの開発テーマを設定し研究開発を実施した。なお、SIP 事業は 2020 年度で終了したが、2021 年度以降も本開発テーマの研究開発を継続している。

#### 1) 開発テーマ1: 高度な学習効果を生むための学習データ・情報プラットフォームおよび学習支援システムの構築と運用

MSS において、学習内容をスケジューリングすると同様に学習や指導の効果を可視化できるよう、学習者の学習意欲や自己効力感などの心理尺度を同時にスケジューリングし、日々の学習が終了するごとに図 1 のような心理尺度の質問項目に数個回答を求める仕組みを年間を通じて運用した。

なお、MSS の導入による教育支援の社会実装を全国に広げるため、導入費用の一部を受託事業費として大学に納める仕組みを、本研究開発以前の 2014 年度から自治体に対して採用してきた。





図1 スケジューリングされた心理尺度に対して回答するインターフェースの例



図2 学校と学校外でネット環境が切り替わるエリア依存処理を実装した端末の画面例

## 2) 開発テーマ2：プライバシー保護を考慮したセキュアな学習データ・情報プラットフォームの構築と運用

どこでも使えるインターネットの特徴に制限をかけ、場所という情報に応じてセキュリティポリシーを変更したり、利用できるアプリを制限したりするなど、さまざまな処理が自動的に実行される仕組みを端末に導入した(図2)。それにより、教師や保護者が利用を許可したアプリのみが端末画面に表示され、学習以外に端末を利用できない仕組みが作り出されたほか、学習だけで通信を利用する状況が構築できたことで、非常に安価な料金プランをメーカーが設け、実際に提供できた。学習者が操作できるインターネットを安全に、安価に教育利用できる環境を構築した。

## 3) 開発テーマ3：テラーメイド学習を促進する高度な学習支援システムの実現

マイクロステップ・スケジューリング技術により、学習とテストのタイミングを制御しつつ、学習効果を連続測定することで、従来のテストでは不可能であった実力レベルの習得度の正確な推定が可能になる。その推定を用いて、完全に習得できたと判断された内容(英単語など)を学習から排除していく、個別最適化の処理を可能にした。

## 4) 開発テーマ4：教育現場や多様な学習の場などと認知科学、心理学などの研究開発を融合させた実践に基づく新たな学習モデルの構築と社会への展開

1か月に1回ずつの学習を7か月継続(計7回学習)して1か月後にその効果を測定した場合と、1日に7回学習を繰り返し、1か月後にその効果を測定した場合を比較したところ、前者の方がおよそ4倍学習効果が大きいことが明らかになった。英単語の場合、1日に6回以上の反復学習は実力に影響しない(積み上がっていない)ことも明らかになっている。従来から、集中学習に比べて分散学習の効果が大きいといわれているが、実際の教育コンテンツを用い、半年以上の学習を対象にして、学習回数の影響を具体的に検討できるようになったことを意味しており、その意義は大きいと考えられる(図3)。

## 5) 開発テーマ5：コンテンツ企業が情報企業に変わるモデルの明示および人材育成

実社会で実際に用いられている学習コンテンツのバリエーション増大を意図し、複数の教材会社から提供してもらった学習コンテンツにスケジューリングを施しながら、多数の学習者にMSSを提供し、それぞれの学習内容ごとに大量の学習データを収集することを目指した。

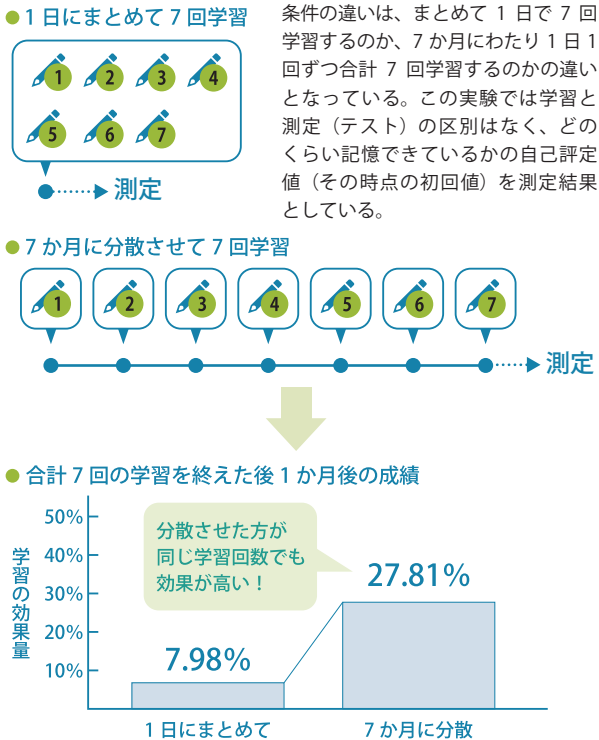


図3 計7回の学習を1日で終わらせた場合と7か月に分散させた場合における、学習の1か月後に測定された成績の比較

## 6) 開発テーマ6:高精度教育ビッグデータの運用を管理する仕組みの確立

小中高校大学などで、7,000人規模の実証実験を行って開発した機能を検証する仕組み、および教師など指導者がクラスや学校など、学習者集団の学習状況を把握できる仕組みを設計した。ゲーム要素を実装した学習・フィードバックシステムのモックを完成させ、ネットを利用しないデモデータを使ったデモなどを実施した。

# 3 本研究の成果

## (1) 開発テーマ1の評価

さまざまな学習データを、大規模に取得・バックアップできるストレージシステム、および学習データベースを2020年度までに構築し、さらに意識調査を一元的に実施。縦断データを完全な匿名データとして提供できる情報プラットフォームを、2022年度までに構築した。

また、学習データを全て回収・記録するシステムを完成させ、2022年度には、1万2,000人を超える学習者を対象にMSSを提供。実際の運用には至らなかったが、収集されるデータをさらに集約して匿名化処理を実施したデータを生成し、そのデータから必要なデータを抽出

できるAPIの試作版を開発した。

基盤システムの開発はほぼ計画通り実施でき、目標以上の成果を達成できたと評価する。

## (2) 開発テーマ2の評価

Tコード通信原理という新たな特許技術を利用し、フィードバックデータとメールアドレスなどを学習・フィードバックシステムに置かず、学習者が個別にフィードバックデータを受け取れる仕組みを2021年度までに構築する計画であった。

Tコードの特許利用については権利企業から利用の内諾が得られたが、Tコード通信原理が導入できなかったため、当初の目的は十分達成できなかったと評価する。

## (3) 開発テーマ3の評価

学習者の反応を定点観測し、実力を正確に測定して、その時間変動データから学習問題ごとの到達度を正確に推定する方法はすでに構築しており、その方法をベースに、実力レベルになり学習がもう必要ないと推定された問題を特定し、学習対象から外していく仕組み(個別最適化処理)を本プロジェクトで試行した。

個別最適化の仕組みを2019年度までにシステムに実装し、2020年度は約7,000人の学習者に対して導入したことで、当初の目的は達成できたと評価する。

## (4) 開発テーマ4の評価

潜在記憶に関する最新の知見を広く周知するため、論文や書籍の公刊、シンポジウムの開催などを行った。記憶の長期持続性に関する新たな知見と、MSSの導入によって得られた知見を広く周知するため、2021年3月3日に成果報告会を兼ねたフォーラムをオンラインで開催し、多くの参加者を得た。それらの一般の方々への周知を目的として書籍を出版した。フォーラム参加などをきっかけにして、MSSの導入依頼が2021年度に数件増えて、当初の目的は達成できたと評価する。

## (5) 開発テーマ5の評価

現在のロイヤリティのビジネスモデルから、情報サービスを提供する企業に生まれ変わることをモデルとして示すため、2020年度には企業から提供されるコンテンツを用い、新型eラーニングを開始する計画で、提供されるコンテンツを使ってスケジューリングを開始したが、それを活用した実証実験はできなかった。

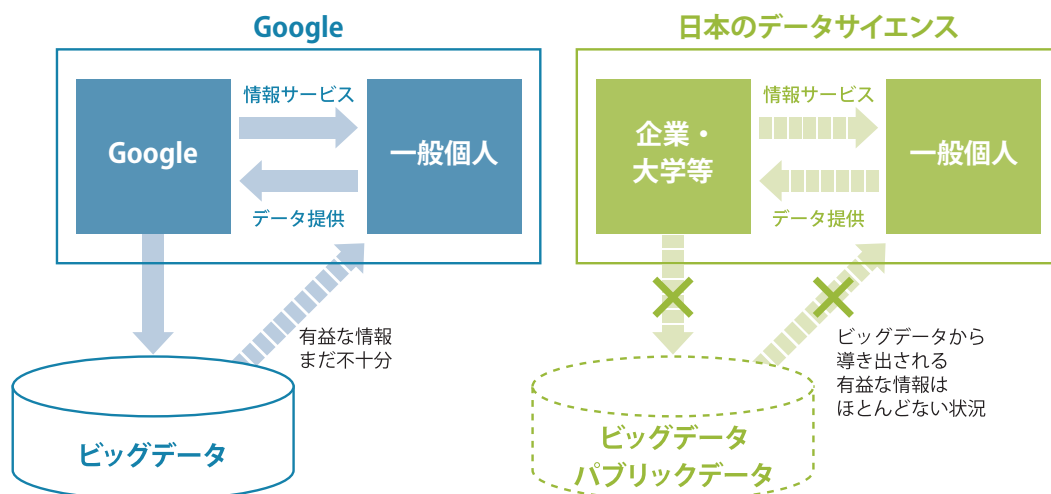


図4 一般個人が必要とするサービスがなければ行動データは収集できない

一方、コンテンツ企業ではなく、私立学校において学習システムの改良を独自財源で実施し、小学校低学年向けのルビが表示される学習システムを開発。2021年度からそのシステムを使ったMSSを提供しているほか、2022年度には公立の小中学校でのシステム利用が始まっており、目的はおおむね達成できたと評価する。

#### (6) 開発テーマ6の評価

収集される高精度教育ビッグデータの利用によって生み出されるメリットを、教育サービスなどに還元する仕組みとして、サービスを提供するベンチャーを2020年度に設立し、データ利用に関するステークホルダーが明確になると考える研究開発の後半（2021年度）に、データ利用のルールや制約などを検討する組織設立の準備組織を立ち上げる計画であった。ベンチャーは設立に至らなかったが、データの共有に関しては、当初想定していた以上の課題に気づくことができ、データの管理・運用を担う組織のあり方の検討に有益な情報が得られた。ベンチャー設立自体は容易であるが、当初想定していなかったデータ活用の制約などを考慮して慎重に設立していく必要があることは間違いなく、データの管理・運用のあり方を深く検討できた点で、重要な一歩を踏み出したと評価する。

## 4 まとめと今後の展望

本研究開発では、「ネット利用を制御できる安全な端末アプリの開発」、「ゲーム要素の実装」、「個別最適化処

理と難易度調整による学習効率の向上」、「一般向けの広報、成果報告会（フォーラム）の実施による社会実装の推進」などを通じて、2019年度には、第16回日本e-Learning大賞「文部科学大臣賞」を受賞した。2021年度末の時点で、約1万2,000人の学習者にMSSを提供し、高精度教育ビッグデータの集約を実現した。

AIやデータサイエンスに対して、本研究開発およびこれまでに実現してきたe-learningプラットフォームは大きなメリットを提供することになる。GAF（Google、Amazon、Facebook、Apple）に代表される企業が、世界のICTを牽引している力の源泉は、それぞれの企業が、一般個人に大きなメリットを提供できるサービスを持っていることにある（図4）。特に、21世紀に入って急激に性能を上げたAI技術は、人間と同様、さまざまな情報を学習（経験）することによって成長していく原理に従っている。すなわち、学習（経験）させるデータがなければAIはつくれる。本プロジェクトで収集された膨大な縦断的データを分析することで、学習法や指導法に関わる新しい知見は多数手に入ると考えられる。

今後、手に入れられた成果、そしてすでに蓄積されている大量の高精度教育ビッグデータの解析結果を発表していくことで、社会実装はさらに大きく広がると考えている。一方で、収集されるデータは個々の学習者の生活に直結しており、個人が特定される危険性も高く、データ活用による新たな格差や問題を生み出す可能性がある。データを共有する仕組みやデータの管理方法、共有ルール、関連する教育データの共有ルールなど、検討しなければならないことが多数あることも指摘しておきたい。



## AIを活用したヒューマン・インタラクションによる取り組み

# 認知症の本人と家族の視点を重視するマルチモーダルなヒューマン・インタラクション技術による自立共生支援 AI の研究開発と社会実装

株式会社エクサウィザーズ、国立大学法人静岡大学

- 介護サービスのバリューチェーンにおける、AI 利活用の機会に関わる状況、およびベネフィットを整理し、AI 技術が介護分野において受け入れられるための感情的基盤の構築を目指して「科学的介護」モデルの部分的な深化を行った。
- 市町村などの自治体が有する介護レセプトや、介護認定情報などを活用した「時系列予測 AI」による将来の要介護度などに関する予測モデルを開発した。
- 国内各メディアにおける研究・開発成果に関わる記事の掲載や、開発した予測モデルの海外論文プラットフォームへの投稿など、国内外へ積極的に普及活動を行った。

## 1 研究の目的

近年の高齢化の進展に伴う社会保障費の増大を抑制するためにも、介護領域における AI 利活用の重要性が高まっている。AI を利活用した介護サービス・ソリューションを提供する事業者は増加しているが、「政府・自治体」、「病院・介護施設」、「AI 企業・研究機関」の協働をトップダウンで支援するアプローチはまだ十分ではない。本研究開発では、医療・介護に関わるビッグデータを AI と組み合わせ、認知症のある人の自立を支援するため、「政府・自治体」、「病院・介護施設」、「AI 企業・研究機関」、「認知症の人を中心とした本人・家族・介護者」の協働による成功事例を創出した。さらに、その成果をオープン化・横展開することで、社会システム全体で認知症当事者の QOL 向上と社会保障費の低減を目指した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018～2020 年度

### (2) 実施方法

#### 1) 基盤系のテーマ

「戦略基盤」については、2018 年度に介護サービスのバリューチェーン（未病～ケア～看取り）における AI の利活用を整理した。その結果、バリューチェーン横断での取り組み、およびヒューマン・インタラクションの AI 化については、十分検討されていない状況であった。そこで、「政府・自治体」、「病院・介護施設」、「AI 企業・研究機関」が連携・協力し、エビデンスに基づく科学的介護を介護者に提供することを実現する方向性を定めた（図 1）。2019 年度は、AI 技術が介護分野で受け入れられる感情的基盤の構築を目指し、「文脈独立」、「文脈依存」の概念のケア領域への応用を指針として「科学的介護」モデルの部分的な深化を行った。

「データ基盤」については、2018 年度に基礎自治体\*1 と実証実験の実施に向けて意見交換・交渉を開始したが、「将来の介護分野における AI の活用促進にあたり、AI 技術の開発に向けたデータの集積が何よりも重要である」との声が多かったため、「介護に関するデータ活用」の先進的事例の構築を通じた、国内の介護データ基盤整備に関わる機運醸成を目指すことにした。2019 年度は神奈川県下の自治体と連携し、当該自治体を持つ実際の介護レセプトデータなどを活用し、将来の要介護度に関

わる予測モデルを開発して予測を実施した。

「評価基盤」については、「各取り組みが人の身体的に与える効果」や「各取り組みの実施がもたらす経済的なインパクト」などをより科学的な見地から明確にすることで、科学的に効果が実証された介護手法やアプローチの実現が必要であるという視点に立ち、関係者・有識者との意見交換を深めた。その中で、取り組み効果の評価指標の一つ「歩容」に着目することが妥当と判断し、高齢者の安心・安全な「歩行」を支援する歩容解析AIの開発を決定した。2019年度は介護事業者などと連携し、介護サービスの現場において実際に高齢者の歩容を評価している、理学療養士や有識者が監修する「歩容解析AI（技術）」を開発した。

「制度基盤」について、2018年度および2019年度は、個人の情報・データの保護および利活用に関する世界的な規制の策定・施行が進められる中、世界基準の一つであるGDPR（General Data Protection Regulation：一般データ保護規則）において、「（個人情報が含まれる）動画情報の共有」などを行う際に確認・注意すべき事項を整理した。また、2019年度においては、今後の日本の介護分野において、さらなるAI技術の開発・活用に重要な役割を果たすことが想定される、データベースに関わる検討およびヒアリングを実施。その結果、介護事業者などのケア現場へのヒアリングを通じて、「当該データベースへの入力に関わる負担が制度的な義務として介護事業者に課されること」へ懸念の声を上げる事業者が少なくなかった。

## 2) 実証系のテーマ

「実証実験に関わるプラットフォームの役割定義・実装」については、2020年11月に静岡大学とみんなの認知症情報学会が石川県加賀市と連携協定を締結し、自治体を巻き込んだ社会実装体制を構築した。静岡大学は「研究開発機関」として、ケア情報学研究所を主体にAIシステムとデータ基盤技術を開発。みんなの認知症情報学会は「社会実装母体」として、自治体・施設などを含む約30の賛助会員と「みんなの認知症見立て塾」の開催・評価などを担当。加賀市に実験場を提供いただき、持続的にデータを蓄積する仕組みの開発と社会実験を推進する「社会実験の拠点」として協力いただいた。

「本人支援AIに関わる開発・実証」については、認知症に関わる人たちが認知症当事者の状態を適切に評価するため、「見立て」や「ケア」力を学べるプログラム「みんなの認知症見立て塾」を開発・実践した。より多くの人に、継続的に安定して学べる環境を提供するため、オンライン協調学習システムを開発した。システムを実践することで、ケアの工夫の前に根本的原因の改善に向けて適切な医療につなげられる環境を構築することを目指した。

「介護者支援AIに関わる開発・実証」について、「せん妄」は、突然発生して変動する精神機能障害であり、認知症の症状を含有するが、通常は適切な治療とケアにより回復可能である。しかし、一般市民はせん妄に関する知識がないため、せん妄の診断のために必要となる情報を適切に医師に提供できず、認知症と誤診される場合

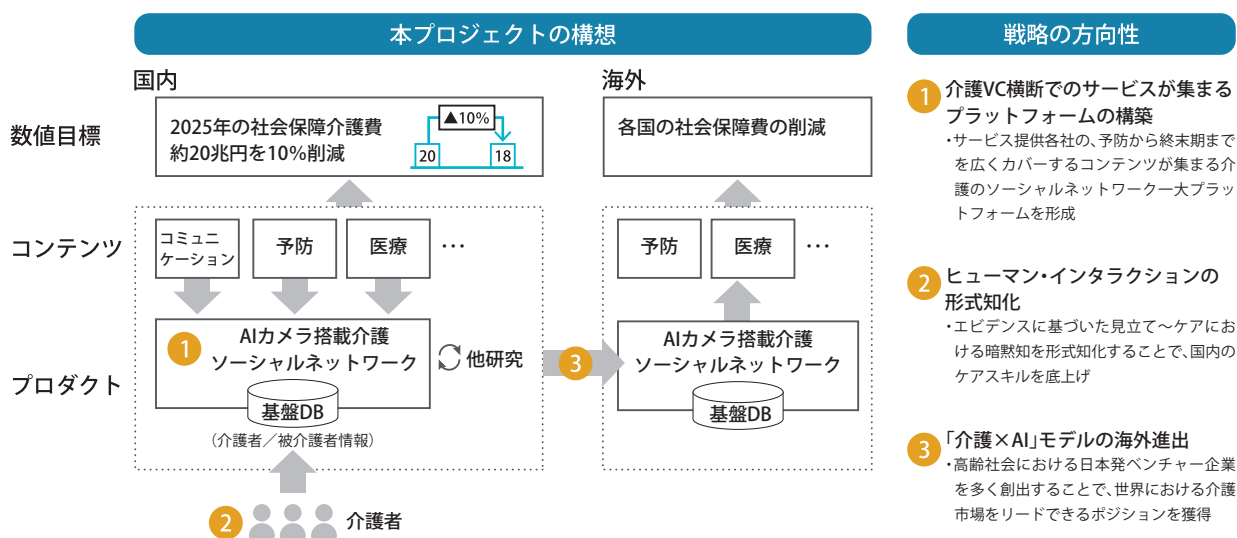


図1 戦略の方向性

\*1 国の行政区画の中で最小の単位で、首長や地方議会などの自治制度がある自治体。

がある。また、認知症者の半数以上に、せん妄の合併がみられることが報告されているが、せん妄をBPSD（行動・心理症状）と勘違いして改善できないと思込み、放置されていることがある。こうした問題を解決につなげるスクリーニングシステムを開発した。

「ネットワーク構造変容・社会変容（AI 利活用コミュニティ）に関わる実証」について、他者や社会集団によって個人に押し付けられた、ネガティブなレッテルと定義される「スティグマ」は、当事者以外に家族や社会の行動にも影響を与える。一方で、認知症になると「何もできなくなる」という決めつけは、認知症の方の自尊心を低下させ、生きる力を奪ってしまう。このような社会的構造を変えるためにも、認知症の方に対するスティグマの解消を目指し、Web や紙媒体雑誌などのコンテンツ開発を行い、クロスメディアの活用によってスティグマの解消や家族・社会の行動変容につなげることを目的とした。

### 3 本研究の成果

#### (1) 基盤系のテーマに関わる成果

「戦略基盤」については、2019 年度までに整理された戦略的事項を積極的に周知普及させ、2020 年度は国内での政治・行政および介護などの各分野における主体の認知を高めることを目標として掲げ、おおむね達成した。厚生労働省の関連部局との意見交換をはじめ、政府与党の関連部会・会議での発表や、日本経済新聞などのメディアにおける研究・開発成果に関わる記事の掲載などが実現した。本開発研究の全体を通じて、介護分野での AI 技術の利活用に関わる機会の全体像を整理した上で、国内連携・役割分担のあり方も整理し、日本での「介護領域における AI を利活用した課題解決の促進の方向性」を明らかにするという当初目標に対して、おおむね達成できたものと考えられる。

「データ基盤」については、2019 年度より調整を行っていた I 市の協力を得て、2020 年度に将来の要介護度、介護費および医療費予測を含めた予測モデルを開発した。当該予測モデルは、各自治体の将来の社会保障費のより正確な予測に大いに資するものであり、今後の実

装への期待も含め、I 市をはじめとした各自治体から大きな関心が寄せられた。また、当該予測モデルを主なテーマとした論文の表彰、海外の論文プラットフォームへの投稿および受理など、開発成果の国内外への周知・普及についても大きな前進があった。本研究全体を通じて、「介護領域における国内のデータを活用した AI 予測モデルの開発および普及」に一定の成果を達成できた。加えて、今後の介護領域におけるデータ整備・活用の推進にあたり「データを活用した AI 技術が介護領域にもたらすベネフィット」の一端を示すことができ、「介護領域におけるデータ利活用の促進に向けた基盤」の構築についても、一定程度達成できたと考える。

「評価基盤」については、2019 年度において「各取り組みが人の身体に与える影響」などの可視化を実現する歩容解析 AI を開発し、2020 年度においては「各取り組みの実施がもたらす経済的なインパクト」の効果検証・評価のための基盤整備を進めるため、「認知症領域における医科学的エビデンス」、「経済学的な視点」を踏まえたロジックモデルを検討・設計。認知症高齢者の BPSD（認知症の行動・心理状態）通減モデルでは、専門職に限定せず家族介護者をも対象とし、ユマニチュード\*2 講習会により期待できる認知症高齢者の BPSD 予防や ADL 改善による家族介護者の負担軽減、QOL 向上による経済効果を示した。生活機能維持モデルでは、生活機能を維持する運動機能向上プログラムによる経済効果を示した。

#### (2) 実証系のテーマに関わる成果

「実証実験に関わるプラットフォームの役割定義・実装」については、2020 年度に「AI を使った住民の健康長寿を支援するまちづくり」に向け、フレイル\*3 予防に向けたエビデンスに基づく介入提案、認知症ケアの向上のための市民向け・専門職向け学習プログラムの研究開発と実践、および健康増進・介護予防に向けた心身健康データの分析と利活用などに取り組む、自治体連携体制を構築。「みんなの認知症見立て塾」を加賀市にて 5 回実施し、学習状況のデータを蓄積した（図 2）。

「本人支援 AI に関わる開発・実証」については、設計した事業モデルに基づき、多様な地域・フィールドで提案システムを展開することで、ケアの工夫の前に根本的

\*2 人間らしさを取り戻すこと。

\*3 健康な状態と要介護状態の中間に位置し、身体的機能や認知機能の低下が見られる状態。





図2 みんなの認知症見立て塾における研究開発の技術概要

原因改善に向けて適切な医療につながられる環境を構築できる見通しを得た。2020年度末までに、全国17地域15プログラムにて、オンライン58回を含む延べ103回開催し、549名が参加。延べ316時間の受講者の学習場面の映像データを収録し、学習者の見立てスキル向上の効果、および学習者の属性の違いによる変容パターンの違いなどの知見を獲得した。

「介護者支援AIに関わる開発・実証」については、改善可能認知症のスクリーニングシステム開発に関して、介護職は効率的に入力できる仕組みが必要だが、家族は入力することで学習につながる事が意見として挙がり、システムの有用性が示された。生活環境デザインシステムのプロトタイプ構築に関しては、データの可視化機能の充実化が今後のアセスメントや記録の質の向上に貢献すると考えられる。

「ネットワーク構造変容・社会変容（AI利活用コミュニティ）に関わる実証」については、本開発研究によって、認知症に対するネガティブな心理社会的状態の緩和・改善に向けた、認知症リテラシー変容促進の知見を得た。さらに、国際競争力を持ちつつ海外団体との連携を実現するために、海外団体の参考事例や競合可能性、連携に向けて解決すべき課題・法規制を整理した。

### (3) AI技術の開発に関わる成果

#### 1) 将来の要介護度などに関わる予測モデルの開発

##### (データ基盤関連)

鎌倉市とI市から協力を得て、3年から5年後の個人レベルでの要介護度を予測するモデルの作成や、将来の要介護度別認定人数の予測などを実施。その結果、

2018年度の要介護度予測モデル開発においては、従来までの一定の集団の特徴に基づいた予測ではなく、個人の特徴に基づいた予測を行うことに成功した。

#### 2) 歩容解析AI（評価基盤関連）

特別なセンシングデバイスを用いず、スマートフォンのカメラ機能などの活用のみによって、理学療法士的な観点からの歩容の解析や評価を実現する、動画解析のアルゴリズム・歩容解析AIを開発した。2020年度の神戸市や堺市との実証事業において、本歩容解析AIを活用した事例が開発でき、本事業の目的である開発技術の社会実装について確たる実績が残せた。

## 4 まとめと今後の展望

基盤系のテーマに関しては、今後も策定された国内外での戦略の実現を推進していく。また、本研究で開発された予測モデルは各自治体から高い関心が寄せられており、今後も各自治体などでの活用促進を図っていく。さらに、新たな機能拡張を加えた歩容解析AIを活用したビジネスサービスの運営だけでなく、当該AI技術やロジックモデルなどを活用した成果連動型民間委託契約、および民間からの外部資金調達を伴う成果連動型民間委託契約の実装を呼びかける。

実証系のテーマに関しては、今後は地域やコミュニティごとにカスタマイズしたプログラム設計と実証評価を進め、連携先企業の発掘など実証評価に向けた方策を検討する予定だ。

# 遠隔医療AIが連携した 日本式ICT地域包括ケアモデルの研究開発

株式会社アルム、学校法人慈恵大学東京慈恵会医科大学、  
日本テクトシステムズ株式会社、データセクション株式会社

- 地域包括ケア現場における ICT インフラを活用し、各種ウェアラブル IoT、医療機器・福祉機器のデータを連携・収集してモニタリング AI と遠隔医療 AI の研究開発を行った。
- オープンなプラットフォームを構築し、慢性的な人手不足である介護・看護現場を最新の介護 AI、医療 AI や専門医による遠隔診療が支援する基盤を開発した。
- SIP コンソーシアム間、府省の公的研究開発事業、民間主導の研究開発などとも連携し、新たな研究開発・社会実装を推進して介護現場の社会課題解決につなげた。

## 1 研究の目的

最先端の介護・看護・専門医療 ICT 連携 AI の日本式モデルによって介護現場の負担軽減につなげるために、地域包括ケア現場における ICT インフラを活用し、各種ウェアラブル IoT、医療機器のデータを連携・収集し、モニタリング AI と遠隔医療 AI の研究開発を行った(図 1)。介護士・看護師が携帯する業務用スマートデバイスを通じて業務支援を行うとともに、慢性的な人手不足である介護・看護現場の業務データから、申し送りなどのタイムリーな気づきデータを活用し、ヒューマン・インタラクション AI 開発による生産性向上と医療への橋渡しによる高度化を実現した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018 年度～ 2022 年度

### (2) 実施方法

#### 1) スタンドアロンで利用される医療機器のネットワーク化の研究開発 (2018 年度～2022 年度事業)

在宅・施設介護における患者の容態を把握するために、アルムの地域包括ケア推進システム「Team」を基盤に、医療・看護・介護従事者がプラットフォームを通じて、リアルタイムに要介護者をモニタリングするための機能開発を行った。介護分野におけるオープンプラットフォームとして、府省プロジェクトや医療機器、福祉機器、AI 技術とネットワークを介して連携した。

#### 2) 急性期疾患を検知するモニタリングAIの研究開発 (2018 年度～2022 年度事業)

深層学習モデルを使用し、12 誘導心電図およびホルター心電図の特定疾患検知のためのアルゴリズムを開発した。特定疾患としては、脳卒中への関連が大きい心房細動と期外収縮を選択し、検知精度 95% 以上を達成することを目指した。アルゴリズムは、アプリケーション化と、基盤となる介護プラットフォームである Team と連携可能な機能を実装した。アプリケーションは、現場に機器を提供し、医療機器として開発するにあたってのデータを取得した。

地域包括ケア現場におけるICTインフラを活用し、各種ウェアラブルIoT、医療機器のデータを連携・収集。モニタリングAIと遠隔医療AIの研究開発を行った

日本式AI地域包括ケアプラットフォームを開発し、  
主として認知症にアプローチ

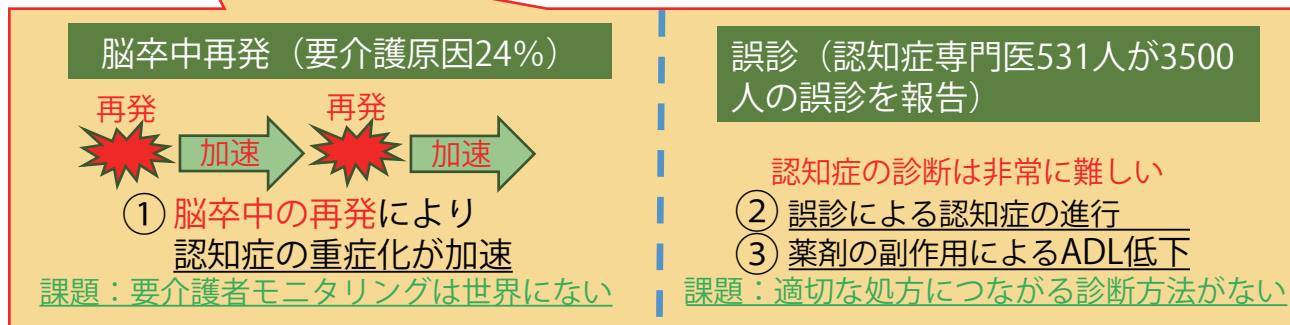


図1 研究の目的

### 3) 慢性期疾患の重症化予防やスクリーニングの要介護者認知症サポートAIの研究開発（2018年度～2022年度事業）

全体の2/3を占める認知症を呈す要介護者に対して、重症化予防（介護の負担軽減）を目的とした認知症サポートAIを開発した。認知症は適切な診断が難しい例もあり、適切ではない診断や投薬されるケースも報告されていることから、客観的データとなるMRI画像と神経心理検査の結果を使って、医師の認知症診断の補助となるアウトプットの提示機能の開発を目指した。開発にあたり課題となる、MRIの撮像誤差を吸収するAIアルゴリズム機能も開発し搭載した。社会実装に向けては、UXを重視し、医療機関でヒアリングした内容を製品のUI、アウトプットおよびアルゴリズムに反映した。

### 4) 多職種連携における介護者サポートAIの研究開発（2018年度～2022年度事業）

介護者サポートAIでは、日々蓄積される申し送り事項および入力される記録紙データ、指示情報から転倒リスクおよびポリファーマシーのリスクを検出して介護者に知らせるため、自然言語解析を行った。また、モニタリングAIから出力されるアラートや認知症サポートAIから出力されるレポートを受け取り、Teamを利用する介護士や看護師のインターフェース機能を開発し、実装した。加えて、有識者会議および府省連携に応じて、認知症の重症化評価につながるBPSD（行動・心理症状）の入力・フィードバックインターフェースを開発し、介護者・医師がBPSDのスコアリングを参照できるように

し、製品版の提供を開始した。

### 5) インタラクション指標解析プラットフォームの研究開発（2018年度～2022年度事業）

モニタリングAI、認知症サポートAI、介護者サポートAIのインプットをもとに、インタラクション系や医学系、および経済系指標の関係を整理するモデルを構築した。モデルの構築にあたっては、介護分野において重要となる指標について、アンケートおよびヒアリングを行った。介護原因の上位となる、脳卒中、認知症、骨折については、本研究で開発したソリューションが介護負担軽減と費用に与える影響について検討するためのシナリオを作成し、モデル化した。また、介護士の直接的な業務負担、および精神的負担を軽減する手段として、日々の介護業務で発生する介護記録紙や利用者の状態を関係者で共有する申し送りなどのデータ（業務データ）、および機器のネットワーク化により新しく介護データと連携する医療機器などからのデータや医療データを活用し、現場にとって必要な研修などの体制が整っていない部分や、介護士が業務で連携する医師・看護師などとのコミュニケーションのうち、改善の余地がある部分は円滑なコミュニケーションを支援するために検討した。

### 6) SIPコンソーシアム間の連携研究開発（2021年度～2022年度事業）

SIPとして研究開発が進められている、ほかのコンソーシアムの成果物と連携した。連携にあたっては、介護現場で基幹システムとして実際に使用されているソリュ



ーションである Team の実績を考慮し、データの受信と提供の両方の機能を提供した。

#### 7) 介護クラスター感染AIの研究開発 (2021 年度事業)

介護施設では、新型コロナウイルス感染症のクラスターが発生し、日々のケアを行う介護士の離脱のほか、感染した要介護者の搬送先医療機関が見つからないなど、介護施設におけるクラスターは重大な脅威となっている。PHR (Personal Health Record) アプリを介して介護施設に従事する職員に対して、日々の問診とバイタルのモニタリングを行い、新型コロナウイルス感染症のクラスター発生と重症化予測に関して多変量解析を行った。

#### 8) 音声によるMCIスクリーニングAIの研究開発 (2021 年度～2022 年度事業)

早期に MCI (軽度認知障害) を発見するため、多忙な介護現場のスタッフによる検査実施も可能な、音声による MCI スクリーニング AI を開発した。スマホなどから音声で神経心理検査課題 (設問) を提示し、受検者が音声で回答したものをテキスト変換し、AI が数分で判別する。スマホアプリや電話 (自動音声) での実施にも応用することで、対面や非対面 (遠隔、無人) での運用も可能とする。MCI の判定以外に、健常、認知症の判別機能も持たせた。

#### 9) 脳波AIを活用した認知症の遠隔鑑別スクリーニングの研究開発 (2021 年度～2022 年度事業)

脳波データから 90% 以上の精度で認知症とてんかんの鑑別が行える、遠隔鑑別スクリーニング AI の研究開発を行った。社会実装に向けて、遠隔鑑別スクリーニングの薬事認可および DPC (Doctor to Patient with Caregiver: 専門医によるオンライン診療を介護士・看護師がサポート) モデルの保険適応を狙う。学習用の脳波データの収集とラベリング作業を行い、てんかん検出のための鑑別アルゴリズムの設計・開発を行い、専門医による治療の適正化 (治療方針変更の有意性) の実証をした。

## 3 研究の成果

### 1) スタンドアロンで利用される医療機器のネットワーク化の研究開発

心電図、生体情報モニター、血圧測定機器、パルスオキシメーター、脳波センサー、体組成計について、ネットワーク化と介護プラットフォームである Team との連携機能の開発を行い、実証を実施した。また、SIP 第 2 期「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」開発のデバイスとも連携を行い、介護現場において使用される機器からのデータを、ネットワークを通じて介護プラットフォームに蓄積するソリューションを実現した。さらに、ネットワーク化に関する開発を行ったことにより、後述のオープンプラットフォームの基盤を形成した。

最終年度では、3,000 施設、6 万人以上の介護士・看護師に商用提供を開始した。

### 2) 急性期疾患を検知するモニタリングAIの研究開発

2021 年度は、心電図による脳卒中可能性検知エンジンで、心房細動の検知精度 95% 以上を実現するモニタリング AI の開発を進め、正常・異常の検知精度は 12 誘導にて 94.7% を達成し、心房細動の検知精度はホルター心電図にて 85% を達成した (図 2)。また、モニタリング AI のアプリケーション化および Team との連携を開始し、第二種医療機器製造販売業許可の取得を完了した。

最終年度では、モニタリング AI において心房細動の検知精度 95% 以上を実現した。論文を 1 本発表し、医療機器の規制当局である PMDA から得られた助言を参考としながら、認証取得して製品化する予定である。

### 3) 慢性期疾患の重症化予防やスクリーニングの要介護者認知症サポートAIの研究開発

日本人 4,600 人分の脳画像を 30 クラスターに分類した上で、専門家の用手的作業によって、解剖学的に分割して作成した脳アトラスを使用し、高精度の脳体積測定ツール (MRI 画像解析ツール) を開発した。認知症の診療においては、全脳各部位の体積変化速度の測定が重要視されており、変化速度を精度高く測定する機能を用いて認知症の経過を追うことで有益な情報が得られる。本機能は規制要件をクリアし、新たに医療機器として認証を取得した。

	求められる性能要件と技術的な達成度	社会実装の状況
<p>ホルター心電図</p> <p><b>A. モニタリングAI</b></p> <p>心電波形から脳卒中の確率を予測</p>	<p>モニタリングAIの心電図による脳卒中可能性検知エンジンでの<b>心房細動・期外収縮の検知精度95%以上</b></p> <p>【達成度】 正常・異常の検知精度は12誘導にて94.7%を達成し、心房細動の検知精度はホルター心電図にて85%を達成した</p>	<p>Teamクラウドサーバーとの連携に向けた<b>解析モデルのアプリケーション化、およびデータ連携プラットフォームとの接続は実装</b></p> <p>市販に向け、規制対応手続き中</p>
<p>MRI</p> <p><b>B. 認知症サポートAI</b></p> <p>神経心理検査の結果、MRI画像等をAI解析し、治療指標を作成</p>	<p><b>熟練の専門医が示す処方判断に対し、95%以上の正答率</b>を導くMRI脳画像による要介護者認知症サポートAI</p> <p>【達成度】 熟練の専門医が示した処方判断の93%以上を達成した</p>	<p>要介護者認知症サポートAIのβ版の開発 <b>脳画像解析ツールの管理医療機器（クラスII）で認証取得</b></p>
<p>Team介護PF</p> <p><b>C. 介護サポートAI</b></p> <p>PFに記録される病状等と服薬情報を分析</p>	<p>地域包括ケアの<b>申し送りテキストデータに対し、80%以上の精度のリスク検出</b>を行う介護者サポートAI</p> <p>【達成度】 半年以内の骨折予測で感度74%を達成した。精度は80%以上であることを確認した</p>	<p>介護者・看護者向けIFの設計・<b>Teamへの実装</b></p> <p>介護士および看護師に対するアンケートでは、80%が参考になったと回答</p>

図2 研究成果のまとめ

MRI 画像解析ツールによる脳部位の体積値と ADAS (Alzheimer's Disease Assessment Scale) の検査結果の同期および有効薬剤等指標提示機能を連携した、要介護者認知症サポート AI の β 版を開発した。AI が導き出す目標正答率を、熟練の専門医が示した処方判断の 93% 以上と設定して、目標を達成した (図 2)。結果は介護プラットフォームである Team で閲覧可能なよう、レポート機能を開発しシステム連携を行った。

#### 4) 多職種連携における介護者サポートAIの研究開発

Team に登録されたデータのうち、1,400 万レコードを用いて転倒・骨折の関連キーワードについての自然言語処理を行い、リスクモデルを作成した。半年以内の骨折予測で感度 74% を達成した (図 2)。精度は 80% 以上であることが確認された。ポリファーマシーについては、Team に登録されている要介護者の薬剤情報と、出現している症状に対する記録をもとに、服用薬に関連する副作用が出現していないか確認する介護士用ガイドスを開発した。介護士および看護師に対するアンケートでは、80% が参考になったと回答した。認知症における診断では医師との対面時だけではなく、普段の生活の様子の記録が重要であるが、認知症の周辺症状である BPSD に関する評価スケールを Team に実装し、認知症サポート AI からのインプットと合わせて解析するための基盤を整えた。

#### 5) インタラクション指標解析プラットフォームの研究開発

Team に記録されている介護送り事項の言語解析結果を用いて、介護効率化および医療費削減に寄与可能なストーリーの精緻化を行った。介護原因のうち大きな原因である骨折について解析を進めた結果、要介護者本人のふらつきが介護記録上に出現することが重要であることが明らかとなった。アンケートおよびヒアリングからは、介護士の負担感として人手不足や肉体的な負担感のほか、多職種とのコミュニケーションへの課題が挙げられ、後者については IT による課題解決が期待されていた。これを踏まえ、多職種間のインターフェース設計を行った。介護業界は公的介護保険により収益を得ているが、基本的には時間単価が定められており、IT を使って時間を短縮すると収益が下がる構造となる。そのため、モデルの構築では介護士一人当たりが受け持つことのできる要介護者数を算出して評価を行った。作成した評価モデルでは、ソリューションの実装により特定の集団に対してであるが 10% を超える生産性の向上が見込まれると想定された。

#### 6) SIP コンソーシアム間の連携研究開発

KDDI コンソーシアムのマルチモーダル音声対話システム「MICSUS」と連携し、対話終了後の対話履歴や対話時映像を Team に取り込み、地域包括ケアシステムの情報共有画面での表示およびリスク分析への反映も実装

した。aba コンソーシアムとは、排泄検知 AI 開発に向けた介護データ（処方・排泄情報など）の正規化・提供を行った。各コンソーシアムとは、社会実装に向けた協議も行っている。

### 7) 介護クラスター感染AIの研究開発

新型コロナウイルス感染症の重症化予測について、多変量解析を実施した。すでに重症化が予兆できる患者を除外した上で、発症初日の症状やバイタルから重症化予測アルゴリズムを開発し、統計的に精度が高い結果 (AUC 0.822) が得られた。発熱・体温・咳・喉の痛みといった一般的な新型コロナウイルス感染症の症状の感度が最も良いことから、これらの症状から PCR・抗原検査を推奨し、重症化予測をアラートすることで適切な医療・隔離管理・ケアへつなげる。実証に参加した介護機関が引き続きアプリを利用していることから、現場での有用性は確認された。

### 8) 音声によるMCIスクリーニングAIの研究開発

音声による MCI スクリーニング AI の研究開発を行った。試作開発後、臨床研究を実施し、新たに健常、MCI、認知症の方の音声データを入手した。入手したデータを用いてアルゴリズムの修正、精度向上のための改善を繰り返し、目標の正答率 85% に対して、85.3% の

結果で達成した。同時に製品版となるアプリ開発を実施し、社会実装に向けて、検査時間の短縮や精度の確認などを行い、薬事申請のための治験の準備も開始した。

### 9) 脳波AIを活用した認知症の遠隔鑑別スクリーニングの研究開発

脳波データから 90% の精度を目標に認知症とてんかんが鑑別できる、遠隔鑑別スクリーニング AI の研究開発を行い、93% に達成した。社会実装に向けて、遠隔鑑別スクリーニング AI の薬事申請および DPC モデルの保険適応を見据えた臨床研究を行った。学習用の脳波データの収集とラベリング作業を行い、てんかん異常波検出のための鑑別アルゴリズムを設計・開発し、遠隔鑑別スクリーニング AI の薬事申請を行った。また、70 名の認知症患者に対して臨床研究を行い、DPC モデルの有用性を検証した。認知症専門医が遠隔から面談した結果、認知症患者の処方変更につながり、認知症周辺症状の改善につながった。

## 4 まとめと今後の展望

「介護者への負担増加を抑制」および「被介護者への生活の質向上」（図 3）を目指し、より多くの介護が必

要介護者1000人（仮定の標本集団）



要介護者1000人の要介護度は母集団と同様に分布していると仮定。  
この場合投入されている介護士数は316人

介護士の生産性の観点で以下を仮定：

- 脳梗塞（脳卒中）の発生が1名減少することにより、要介護4相当の利用者が1名減少
- 認知機能が1名で改善することにより、当該利用者の要介護度が2低下
- 認知症への移行を1名で回避することにより、当該利用者の要介護度を1低下
- 骨折を1名で回避することにより、当該利用者の要介護度が2低下
- ポリファーマシーの是正で、当該利用者の要介護度を1低下

この環境で各種AIを投入した場合、必要とされる介護士数は298人まで減少（当初の94%）。

心房細動をもち抗認知症薬を投薬しているハイリスク患者1000人に限った場合には、必要とされる介護士数は263人まで減少（当初の83%）。

#### モニタリングAI

- 1000人中0.8人の脳梗塞が回避
- 心房細動をもつ要介護者を母数とした場合には1000人中15人の脳梗塞が回避



#### 認知症サポートAI 脳波スクリーニングAI

- 1000人中10.5+3.6人の認知機能が改善
- 認知症の診断で投薬中の要介護者を母数とした場合には1000人中94+17人の認知機能が改善



#### MCI検出AI

- 1000人中4.5人の認知症への移行が回避



#### 介護サポートAI

- 【骨折】1000人中2.3人の骨折を回避
- 【ポリファーマシー】1000人中53人でポリファーマシーの是正



図3 「介護者への負担増加を抑制」と「被介護者への生活の質向上」



- 本研究では、「介護者への負担増加を抑制」および「被介護者への生活の質向上」を目指し、より多くの介護が必要となる状態への移行を予防するAIを開発。
- 主な介護原因として知られる、認知症、脳卒中、骨折に焦点を当て、検査機器からの情報や介護記録からの情報をインプットとし開発し、AIを地域包括ケアプラットフォームであるTeamに接続。
- これにより、介護現場へのシームレスな導入が可能となり、疾患の進展や発症を予防が期待される。

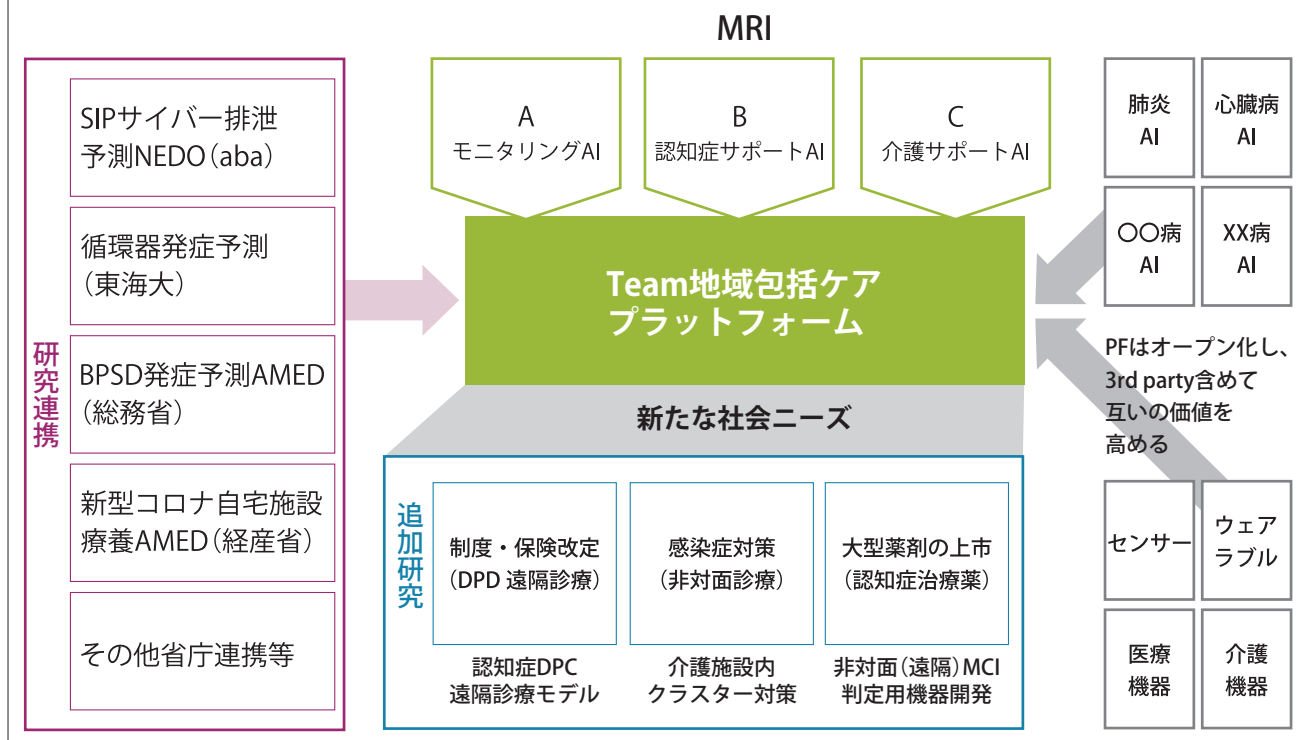


図4 今後の展望

要となる状態への移行を予防するAIを開発した結果、介護現場の課題であった労働力不足に対する解決策の一つとなった。今後、介護の効率化はますます重要になってくる。高齢化に直面する状況は日本だけでなく、海外においても同様である。国ごとに介護に関する制度は異なるものの、高齢者人口が増加し、若年人口が限られたリソースでそれを支えていく構図は変わらないと考えられる(図4)。

今後も本事業での成果を地域包括ケアのプラットフォームとして、日本と世界の介護現場における効率化と質の向上に寄与するよう尽力していく。

# 排泄情報を基軸とした介護業務スケジュールの最適化およびケアの質向上を実現するシステム

株式会社aba

- さまざまな状況に適した排泄デバイスを開発して各センサーの特性を考慮し、尿便識別が可能なAIモデルを作成した。
- 介護現場の中で業務効率の根幹であるにも関わらず、最適化が難しい業務スケジュールを開発することで全体的な生産性向上を図った。
- 本成果を「排泄情報を基軸とした介護業務スケジュールの最適化およびケアの質向上を実現するシステム」に導入し、その効果の定量的な可視化を実施した。
- コンソーシアム企業間連携の一つとして、プライベート空間であるため介護者の目が行き届きにくいトイレ内にて、介護者の代わりに要介護者と対話し、見守りを可能にするシステムを開発した。

## 1 研究の目的

本事業では「排泄情報を基軸とした介護業務スケジュールの最適化およびケアの質向上を実現する介護者支援システム」の開発を行った。介護現場を支える多くの人材は、介護の専門的知識を十分に身につけられずに介護を始めている。一方で、適時的確に適切なケアを実践すれば、要介護者のQOLを向上させることが可能である。また、要介護者が好状態であれば介護者の負担も軽減され、双方にとって好循環が生まれる。

本開発により無資格未経験者であっても適切なケアを実践できる機能をシステムに構築し、その効果の定量的な可視化を実施した。

具体的には、介護業務の中で介護者が行っている業務内容を推定するため、動作情報（介護者の身体動作をIMUセンサーや画像解析などで測定した情報）や、音声情報などを取得し、介護業務の内容推定を行った。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

2020年度までは主に調査期間として、開発するシステムについて現場のニーズに近づけるため、指標の検討や業務分析を行った。2021年度以降は開発期間として、モジュールごとのシステムやデバイスの開発を行った。最終年度は検証期間として、実際の施設や事業所の協力をもとに実証実験を行い、その効果を可視化した。

#### 1) 効果検証Before（業務分析による現状把握）、効果検証Afterの実施

2020年度は、2018年頃から開発していた排泄センサー用のWebアプリケーションを実証実験の現場で使用し、先行的な効果検証を行った。abaの既存サービスでは、尿量や便の形状などの詳細な排泄情報の記録はパソコンからの入力にしか対応していなかったため、新たにスマートフォンアプリケーションを開発して導入した。

## 2) 実証実験先協力施設の実験環境整備

実証実験や効果検証を行う上で、実験環境の整備は非常に重要である。実験が行えなければ本末転倒であり、あらかじめ実験環境が整っている機関や企業を除いて、ほとんどの企業が実験環境の整備に多くの時間を消費している。特に、研究の効果実証のために人に協力を依頼する際は、倫理的な観点から個人情報保護やプライバシー保護がひととき重要になってくる。本事業では実験環境の整備のため、同意書の作成や実験実施の際の検討事項について改めて洗い出しを行い、ノウハウ化した。

## 3) 排泄センサーデバイスおよび尿便識別AIの開発

排泄センサーデバイスでは、以下の三つのコンセプトに大きく分けて開発を行った（図1）。

- 小型化
- メンテナンス性

### • シーンごと（日中、夜間）の利用

まず小型化の開発においては、近年では従来品より薄いにおいの濃度でも反応可能な高性能センサーが流通し始めており、2019年度および2020年度には2種類のおむつ装着型の小型デバイスを開発した。MEMS技術\*1を利用した高性能センサーを搭載することで省電力化および小型化を実現し、一方はボタン電池で約2日の駆動が可能であり、もう一方はUSBの有線式による安定した稼働を実現していることが特徴となっている。

次にメンテナンス性の開発においては、abaの従来製品では排泄臭気をポンプで吸引してセンサーに当てていたが、デメリットとして尿や便が漏れ出した際に汚物も吸い込んでしまい、メンテナンスが大変であるという課題があった。そこで、前提となる方式を刷新し、空気を吸引しない無吸引を特徴としたデバイスを実現した。

最後にシーンごとでの利用においては、前記の無吸引



図1 実際に開発した実験用排泄デバイス

\*1 微細加工技術によって、機械要素部品やセンサー、電子回路などを一つのシリコン基板などの上に集積化したデバイス。



デバイスを日中および夜間の二つのシーンを想定し、それぞれ開発を行った。夜間は従来製品と同様にベッド上で使用可能なシートタイプ、多くの時間を過ごすことになる椅子や車椅子といった座乗で利用できる座布団型デバイスを開発した。開発したデバイスでは、社内での基礎評価のほかに、実験に協力いただける施設においても臨床評価を行った。

また、現時点では尿便識別に特化したセンサーが存在しない。そのため、ハードウェアとして尿便の識別を可能とするための排泄センサーの開発を行い、並行してソフトウェアとして尿便識別アルゴリズムを用いた尿便識別 AI の開発を行った。

尿便識別 AI の開発では、開発した排泄センサーデバイスで取得したデータを利用し、尿便識別のための機械学習モデルの研究開発と識別実験を行った。また、テスト用の環境だけではなく、実際の現場である介護施設において精度検証を行った。精度検証は協力を得られた 2 件の施設に対して日中と比べデータの収集しやすい夜間帯にて 1 週間ほど行った。

実験は、尿便識別 AI による予測の結果を職員に対してメールやチャットアプリケーションなどを利用して通知し、排泄介助および排泄記録を実施していただいた。その後、排泄記録と通知時刻を照合した結果を集計し精度を評価した。

#### 4) 業務スケジュール最適化 AI の開発

業務スケジュール最適化 AI の開発では、「業務分析による現状把握」で得られた結果をもとに、業務スケジュールを最適化する上での要素を洗い出した。具体的には、職員のシフト情報（勤務可能時間帯、出勤パターン）や資格情報と、要介護者ごとの 1 日のスケジュールを入力することで 1 日分の業務スケジュールが出力される仕様とした（図 2 中央）。また、介護者が扱いやすい専用画面を開発するため、従来製品などに対して実際の介護現場職員が抱く不満などのヒアリングを実施した。

実証実験は、ユニット型特別養護老人ホーム施設の協力のもと、早朝の時間帯（6:30～8:30）の 2 時間に限定して 5 日間実施した。ここで、早朝の時間帯としたのは実施の現場において最も慌ただしくスケジュールが読めない時間帯であり、業務スケジュール最適化 AI の効果を検証するのに適しているためである。協力いただいた施設の職員（介護者）は 3 名（ベテラン〔熟練者〕2 名、新人 1 名）である。また、施設に入居されている

7 名の利用者（要介護者）にも協力いただいた。

具体的には、ベテランの要介護者に対する介助時間と業務スケジュール AI が最適化したスケジュールを新人が確認しながら業務を実施した介助時間とを比較した。

#### 5) 生活スケジュール最適化 AI の開発

排泄を基軸とした生活スケジュール最適化 AI 開発のため、排泄に関して直接的な因果関係のある以下の要素を洗い出し、現場職員へのヒアリングを行った。

- 食事摂取
- 水分摂取
- 投薬（下剤）

この中で、意見の多かった投薬物（下剤）に注目し、既存システムに対して下剤情報を管理できるユーザーインターフェースを追加した（図 2 下）。

また、将来的には夜勤帯に介護無資格・未経験者が 1 名で多数の要介護者を見なければならぬ可能性が十分に考えられることに着目し、適切な排泄確認タイミングを算出する機能を検討・改良した。これは、現場介護者からのヒアリングにより、夜間帯のおむつ交換について要介護者の睡眠障害防止のため「排泄があり、かつ眠りの浅いタイミングでおむつ交換をしたい」というニーズがあったことから、介護現場にある従来の睡眠センサーと排泄センサーを併用し、排泄パターンから算出されたタイミングにおいて要介護者がどのような睡眠状態であるかを考慮しつつ訪室する実証実験を実施した。

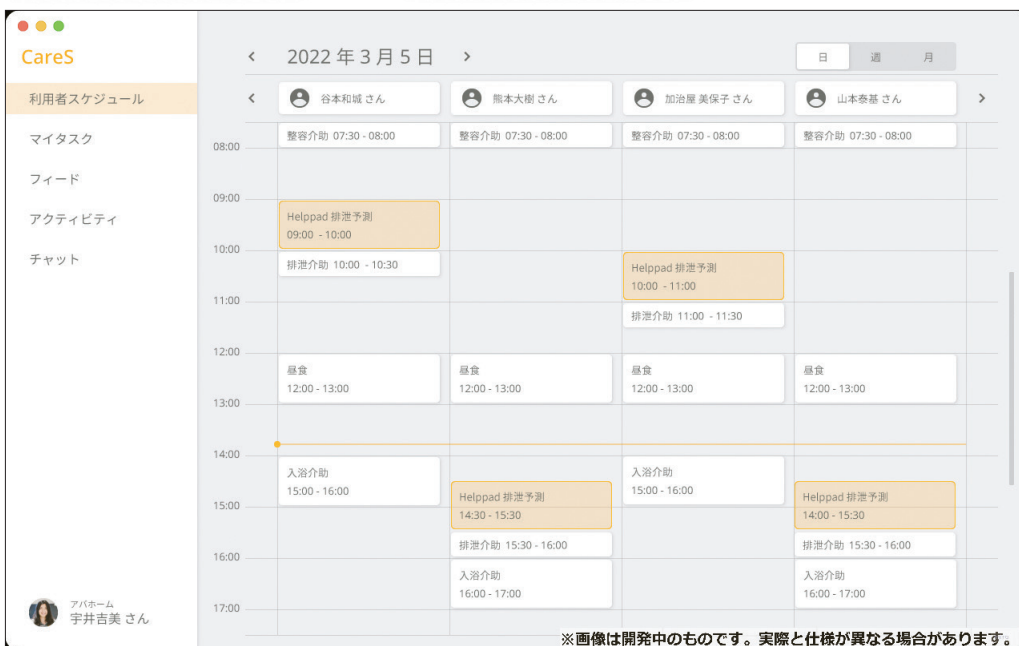
#### 6) トイレ内対話型システムの開発

2021 年度からコンソーシアム企業間連携として aba の排泄検知技術と、NICT、KDDI、NEC ソリューションイノベータ株式会社のマルチモーダル音声対話システムである「MICSUS」の対話技術を連携し、プライベート空間でもあることで介護者の目が行き届きにくいトイレ内にて、介護者の代わりに対話しつつ見守りを可能にするシステムの開発を行った。

具体的には、介護施設のトイレに設置するハードウェアの新規開発、および aba の排泄検知エンジンと MICSUS の連携部分を新規に開発した。また、職員が持つお知らせ受信用のスマートフォンアプリケーションについても別途開発した（図 2 上）。動作や精度検証は、弊社社員の自宅やオフィスのトイレに設置を行い、実施した。また、ユーザビリティ検証は別途実験協力の得られた 2 か所の施設や事業所で実施した施設内トイレに



※画像は開発中のものです。実際と仕様が異なる場合があります。



※画像は開発中のものです。実際と仕様が異なる場合があります。

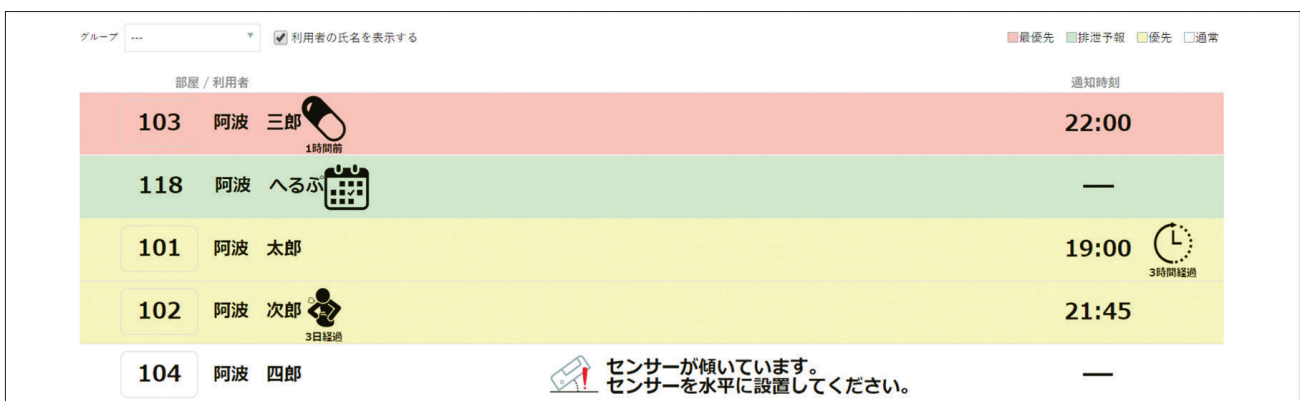


図2 業務スケジュールユーザーインターフェース画面および生活スケジュールユーザーインターフェース画面（下割通知）

設置された本システムを、介護職員と利用者を利用してもらい、その後使用感のヒアリングを行った。

### 7) 介護業務活動記録技術の開発

業務スケジュールの最適化と並行して、介護者の介護状況を自動で記録・学習するための行動解析システムについても開発を進めていた。事業開始当初は、安価なウェアラブルデバイスを用いた位置や姿勢の推定を行う計画であったが、装着したウェアラブルデバイスにより要介護者を傷つけてしまう可能性を考慮し、画像や動画から人物の骨格をリアルタイムで検出できる「OpenPose (オープンポーズ)」というソフトウェアに着目し、介護者の介護状況を推定できるような行動解析システムの開発を検討した。しかし、カメラを利用する場合、プライバシー保護の観点\*2から実証が難しく、カメラに代わる位置情報取得デバイスを開発する必要が生じた。

再検討の結果、2021年度から Bluetooth Low Energy (BLE) ビーコンを利用して動線データを取得し、介護業務において誰が・いつ・何をしたかを可視化するシステムの開発を開始した。この介護支援システムの導入前後で、介護職員の行動変容の可視化やシステムの評価を定量的に行えるようになり、業務効率化につながると考

えられる。本事業では、主にコンソーシアム企業間連携として産業技術総合研究所とともに実証実験を行い、動線データの取得・解析を実施した。

## 3 研究の成果

### (1) 効果検証 Before (業務分析による現状把握)、効果検証 After の実施

排泄センサーシステムの導入前は、ケアステーションにおいて記録が滞っていた情報を、業務終了直前に入力する必要があり、その結果業務時間が長くなるという問題が発生していた。しかし、システム導入後はスマートフォンからアプリケーションを通じてすきま時間での情報を入力することが可能となり、効率的であるという声が多かった。実際に入力情報が多い時で1～2時間程度残業していたが、0.5～1時間に改善された。

さらに、ユーザーへのヒアリングの結果を受け、Webアプリケーション画面の改善も行った。具体的には、夜勤帯に見やすい配色・コントラスト、文字の大きさなど視認性に関する改善を行った。現場では、片手間にチェックや入力を行うため、1画面上における要素数を少な

	ベテラン		新人	
	スケジュールなし	スケジュールなし	スケジュールあり	
			コールなし	コールあり
利用者 A	03:30	07:01	05:25	06:15
利用者 B	09:24	14:02	13:56	13:56
利用者 C	11:08	18:22	16:44	18:32
利用者 D	05:23	10:53	14:04	14:04
利用者 E	07:19	08:47	17:07	17:07
利用者 F	02:52	05:48	04:21	04:21
利用者 G	07:27	13:00	18:03	18:28
合計時間	00:47:03	01:17:53	01:29:40	01:32:43
比率	0.60	1.00	1.15	1.19

表1 ベテランと新人による利用者(要介護者)への介助時間の違い

\*2 骨格情報に限定した実際の映像が残らない仕組みであっても、居室内にカメラが存在することに対する精神的不安感への意見が多かった。



くする工夫を行った。そのほか、プリストルスケール表（便の性状分類）についてイラストのみでは理解しづらいという指摘があり、情報説明を追加する形で改善した。

## (2) 実証実験先協力施設の実験環境整備

実験環境整備のための成果として、検討・準備・実施（運用）の三つのフェーズに大きく分けて、実験者および被験者の選定条件や、同意書などの資料準備のタイミング、実験実施時に起きうるインシデントやその対策などについて可能なものはフローなどにまとめた。

## (3) 排泄センサーデバイス開発および排泄検知AIの改良

開発したデバイスを用いて実験を行った結果、小型デバイスでは以下のような課題が明らかとなった。

- 全体的に小型すぎておむつへの装着位置が定まらず、検知が行えるようなデータが取得できなかった。
- ボタン電池型では稼働時間制限による電池交換や置き忘れ問題、紛失や要介護者による誤飲のリスクがあった。
- USBによる有線型ではコードの取り回しに難があり、絡まりなどによる危険が示唆された。

また、座布団型や夜間シート型では小型デバイスでの課題をフィードバックできたため、比較的安定して検知可能なデータを取得できるようになった。また、本デバイスの開発により、実用性を考慮した以下の課題と解決策を明確にすることができた。

- 課題1：座ったり寝たりするとノイズが発生してしまう。

解決策：起床／臥床時を検出する仕組み（圧力センサー等）を組み込むことによる、ノイズの除去。

- 課題2：センサーデバイスのほかにデータ収集用スマートフォンが必要。

解決策：遠距離の通信規格（WiFi/LTE）を活用したセンサーデバイスの開発。

AIの開発では、主にセンサーデータの質の向上に取り組み、1回の排泄記録を1データとする取得目標数を2,400データと設定していた。しかし、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）による実証実験現場の閉鎖（感染クラスターなど）の影響で実験実施が簡単に実施できずにいた。さらに、実験協力者の拡充を進めていたがコロナ禍での要介護者への負担増加や家族説明の難しさという問題から同意を得ることができず、おむつへの装着

型デバイスを用いた実証実験では、データ数1,198データという目標数の約半分程度の結果となった。

データの取得目標は未達であったが、取得できたデータを用いて尿便識別AIを開発した。

本事業では三つの尿便識別モデルを開発した。それらの中で最も性能の高い深層学習モデルでは、従来アルゴリズムを利用したモデルよりも「排便」の識別性能が2倍優れている結果を示した。

最後に、施設で行ったAIの精度検証実験で取得できたデータは全53件（正報：47件、誤報：5件、失報：1件）であった。

このうち排便のデータは4件のみであったが、本事業で開発したAIは実験中に排便の排泄通知ができた。チューニングなど改良の余地はあるものの便の特徴を捉えられていることが示唆される結果となった。

## (4) 業務スケジュール最適化AIの開発

2021年度および2022年度に、業務スケジュール最適化AIと専用の画面を開発した。職員のシフト情報（勤務可能時間帯、出勤パターン）や資格情報と要介護者ごとの1日のスケジュールを入力することで、1日分の業務スケジュールを出力させることができた。

実証実験で得られた結果については、ベテランと新人における要介護者に対する介助時間の比較を表1に示す。なお、今回は移動時間を考慮せず、ナースコールなどの緊急性のある呼び出しは別途考慮した。

まず、業務スケジュールを用いない普段通りの介助時間をベテランと新人で比較した場合、新人の介助にかかる合計時間はベテランの合計時間に比べて最大でおよそ2倍の時間を要していることが分かった。一方で業務スケジュールを用いた場合、合計時間上では普段よりも時間を要する結果となっているが、利用者ごとの所要時間を見ると7名中4名で所要時間の減少が見られ、1名あたり平均で14.5%の所要時間が減少した。ただし、これらの結果は2の4)で前述したとおり、明確に条件をそろえるために補正を実施している。

上記の差が生まれた理由として、ベテランと新人の各業務において介護者自身の中で「迷いの有無」が目立った。ベテランは常に何時までに何を終えていなければならぬかを把握しており、ゴールからの逆算で業務を行う一方で、新人はその見通しが曖昧であるため、介助ごとに目移りする対応が散見された。業務スケジュールを使用することで、その迷いがなくなり次の業務が明確に

## ビジョン実現に向けたアプローチ

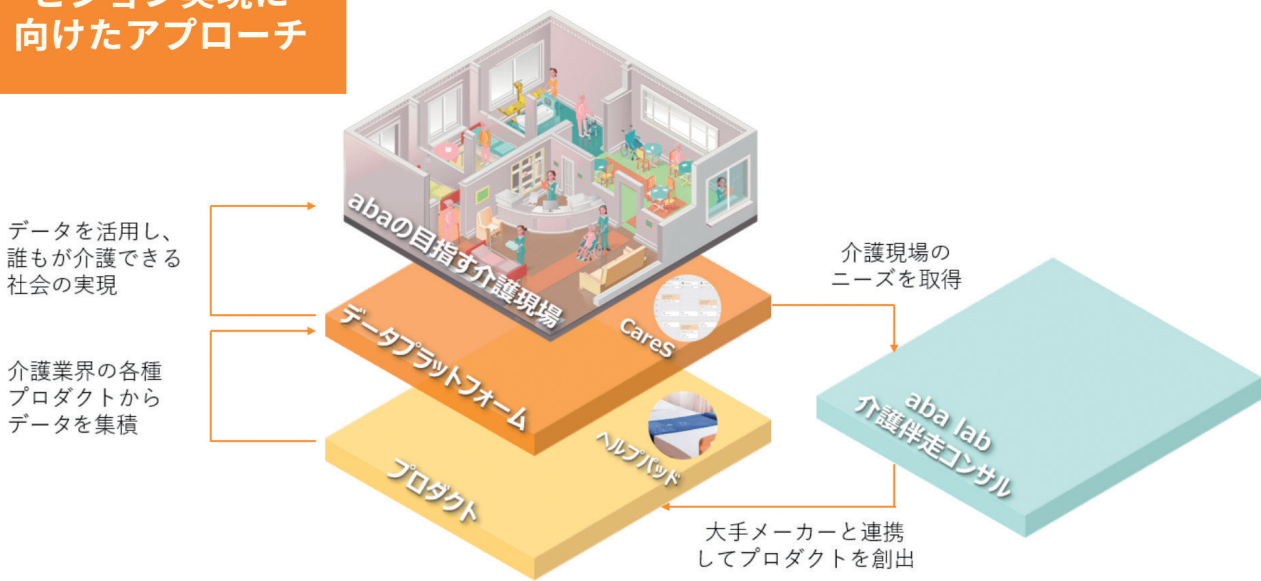


図3 今後のアプローチ

なり、介助時間の軽減につながったと考えられる。

実験後の新人へのヒアリングでも「スケジュールのおかげで迷いなく、業務に集中できた」という回答が得られた。本実験の結果では、移動時間について触れていないが、全体的な業務の見通しが立つことで業務と業務の間の移動時間が短縮される。また、ベテランと新人において業務内容の理解に差が存在しており、新人は曖昧な定義のまま理解・業務を行ったり、何を満たせば完了したことになるのかが曖昧となっていたりすることが分かった。これらは細やかなコミュニケーションが前提である介護現場において、人材教育に時間を多く割けない施設や事業所で起こり得る一種の「情報の非対称性」であるといえる。ベテランは普通だと思って認識していることが新人からすると当たり前ではないだけでなく、情報すら把握していない可能性がある。今後はベテランと新人の間に存在するノウハウや情報といった部分も加味していく必要があると考える。

### (5) 生活スケジュール最適化 AI の開発

既存システムに対して下剤情報を管理できるユーザーインターフェースを追加し、排泄通知時に下剤に関連した排泄であるかなどの付加情報を提示する形へと改良した。今までは下剤による影響で漏れ出しているかなどの予想ができず、排泄介助を完了するまでに15～20分ほど必要していたが、下剤が影響している排泄である可

能性が高いという情報があることで、準備などの時間を約5分短縮することができた。

夜間の排泄介助タイミング・おむつ交換回数の適正化や睡眠センサーとの併用などの検証では、システムが算出した排泄パターンに基づいたタイミングで夜間の排泄介助を実施したことで、検証以前は夜間帯に平均約4回行っていた排泄介助を平均約3回に減少できた。また、検証以前に多かった空振りの回数も減少することで、間接的に利用者の睡眠効率の向上が見られたという結果となった。排泄センサーの社会実装という視点でも、睡眠センサーとの連携は有効性があり、「排泄×睡眠」は有効な組合せであることが分かった。

### (6) トイレ内対話型システムの開発

動作や精度検証時に収集した排泄データを用いて、排泄検知エンジンを開発した。abaの排泄検知AIでは、十分な精度検知までに15分を必要とし、一般的な排泄行動としての所要時間を超えてしまうことや、対話型システムに必要な速やかなシナリオ展開が困難であることが判明したため、検出精度は劣るが1分程度で判定できるエンジンを開発した。

また、トイレ内外で生じる雑音による発話処理が遅延する事象が多発したが、発話を処理しているMICSUS側で調整いただき、実使用に堪えられるシステムに改善することができた。ユーザビリティ検証については、2

施設で実証実験を実施した結果、利用者8名中6名がトイレ内での対話が「退屈しない」、「楽しい」という好意的な意見が得られた。一方で8名中2名から、トイレ内で話しかけられて「びっくりした」、「対話リズムが噛み合わなかった」という意見があった。また、介護職員4名中4名からはトイレの見守りが人ではなくロボットやシステムだと人目を気にする必要がなくて良いという意見が得られた。

両者の意見から本システムがトイレ内で利用者に対し、抵抗感を感じさせることなく対話できる可能性を見出せたため十分なニーズも確かに存在していることが分かった。

一方で、システムからの声掛けが行われないと利用者には不快感を覚えさせてしまう場合もあると分かったため、利用者を選ばず確実に対話を始められる仕組みの検討が今後の課題である。実証実験で得られたシステムの課題として、次のような点が挙げられる。

- 対話開始判定の改善
- 対話の反応精度改善
- 利用者からの問い掛けから始まる対話応答の実装
- 排泄判定の改善

今後はこれらの課題を解決するためにさらに実証実験を重ねる予定である。

## (7) 介護業務活動記録技術の開発

ビーコンを用いた実験では、位置情報や業務内容などを組み合わせて動線を可視化できた。このような業務活動記録があれば、新しい介護支援システムの導入前後で介護職員の行動がどのように変化したのかが確認でき、導入されたシステムを定量的に評価することも可能である。また、職員のスキルセットの違いや、個人のくせなどによる業務効率の低下、および熟練職員のノウハウをデータから抽出して勉強会で共有することで、人材教育にも生かすことが可能となり、職員スキルの底上げが期待できる。

さらに、2020年頃から世界中で猛威を振るっている新型コロナウイルスなどの感染症は、介護施設の利用者にとって重症化リスクが高いため、陽性者が出た際には移動経路の履歴から濃厚接触者の特定や、早い段階での健康診断や隔離といった感染拡大の抑制対策にも期待できる。

## 4 まとめと今後の展望

本事業では、認知的インタラクション支援技術で構築したシステムを、介護者支援事業へ活用するための一部として、以下のような内容を実施した。

- 排泄センサーデバイスおよび尿便識別 AI 開発
- 業務スケジュール最適化 AI の開発
- 生活スケジュール最適化 AI の開発
- トイレ内対話型システムの開発

今後の展開については、以下のように構想している。

- 排泄センサーに関しては、2023年秋頃を目処に、SIP内で開発した尿便識別AIを搭載した排泄センサーを発売、社会実装する。
- 今後の普及計画としては、2030年までに30万台の普及を目指している。

これは、本排泄センサーがターゲットとしている「寝たきりで意思疎通の取れない高齢者/障害者」が国内のみで160万人おり、その20%のシェア率から算出している。なお普及させていく中で、尿便識別はもちろんのこと、多様な排泄情報をさまざまなセンシング方式/AIによって検出できるように進化させていく。最終的には、排泄臭からの疾病検出についても研究開発を進めている。

次に業務スケジュールならびに生活スケジュールに関しては、2025年頃にサービスリリースを目標としている。2025年のリリース時点では、SIP内で開発を進めてきたスケジューリング機能はもちろん、介護現場の業務可視化なども目指していく。施設導入数は2030年時点で、国内のみで数千施設を目指す。

トイレ内対話型システムに関しては、今後排泄センサーの普及をさせていく中で、トイレ内での排泄検知も目指していく。その中でトイレ内の対話型システムの導入も見据えていく。

今後は、これらの内容をデータプラットフォームとして展開すべく、排泄情報を基軸とした介護業務スケジュールの最適化およびケアの質向上を実現するシステム「CareS」や一部の成果について、製品化を視野に入れている(図3)。



# ヒューマン・インタラクション基盤技術の社会実装に向けたオープンイノベーション活動

国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人デジタルコンテンツ協会

- 「ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム（メタコンソ）」を設立した。
- メタコンソのメンバーに対してヒューマン・インタラクション基盤技術開発プロジェクトの技術カタログを公開した。
- ニーズ調査として50社に対する調査を実施し、さらに絞り込んだ10社に対して追加ヒアリングを実施した。
- 追加ヒアリングを実施した企業のうち4社と社会実装に向けた実証実験を進めている。
- 接客業務訓練支援システムの普及を目的とした「接客業務訓練支援システム開発ガイドライン」を作成・公開した。

## 1 はじめに

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の社会実装に向けたオープンイノベーション活動を実施することを目的として、「ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム（メタコンソ）」を設立し、成果である高度人材育成システム、学習支援システム、介護支援システム等を用いてビジネスを展開する企業、ユーザーとなる企業、さらには将来に向けての改善や現場適合を実施する企業の参画を促し、サービス産業への成果の社会実装を支援・加速する仕掛け・仕組みを構築した。

本コンソーシアムの活動については、Webサイト (<https://hi-conso.org/>) において情報発信を行っている (図1)。Webサイトでは、各プロジェクトが開発している技術について、より分かりやすく伝えることを目的として「株式会社コトバデザイン」、「国立研究開発法人産業技術総合研究所」、「東京大学」による3件の接客支援技術、「NTT コミュニケーション科学基礎研究所」、「国立研究開発法人理化学研究所、株式会社フォトンラボ」による2件の教育支援技術、「株式会社アルム、東

京慈恵会医科大学、日本テクトシステムズ株式会社、データセクション株式会社」、「株式会社aba」による2件の医療・介護支援技術のPR動画を作成し、Webサイトで公開した (図2)。

本コンソーシアムの統括責任者は、持丸正明氏 (国立研究開発法人産業技術総合研究所 人間拡張研究センター 研究センター長)。事務局は、国立研究開発法人産業技術総合研究所と一般財団法人デジタルコンテンツ協会が共同で運営を行っている。

メタコンソでは、以下の3点に資する活動を実施している。

- ニーズを充足するオープンな技術開発。
- 市場ニーズの取り込み (技術開発企業の企業ニーズも含む)。
- 技術を社会実装するための社会的・ビジネス的ハードルの低減に資する活動。

メタコンソとしてNEDOと共催で、2022年10月26日 (水) ~ 10月28日 (金) に幕張メッセで開催された「第2回XR総合展秋」において、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の研究開発成果を紹介することを目的とした出展を行った。



図1 Web サイト (https://hi-conso.org/)



図2 PR 動画

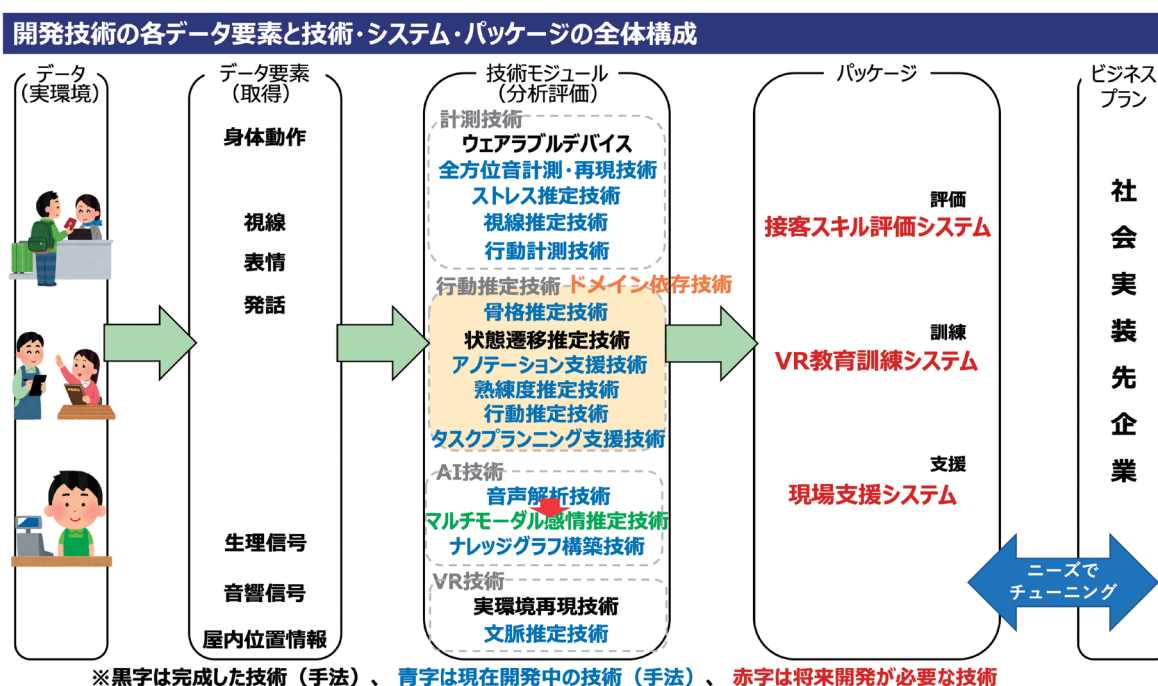


図3 技術カタログ

具体的には、「マルチモーダルデータによる自動状態記述システム」(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、「飲食業向け気づきスキルVRトレーニングシステム」(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、「インタラクションを支援するリモート接客システム」(株式会社コトバデザイン)、「インフラ領域における職人の技の伝承教育と機器実装」(国立研究開発法人理化学研究所)、「遠隔医療AIが連携した日本式ICT地域包括ケアモデル」(株式会社アルム、東京慈恵会医科大学、日本テクトシステムズ株式会社、データセクション株式会社)、「ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアムの紹介」(ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム)の6事業についての展示を行った。

また国立大学法人東京大学が開発した「サービス産業従事者のためのVR技術を用いたトレーニングシステム」と国立研究開発法人産業技術総合研究所が開発した「飲食業の接客担当者向けのVR訓練システム」のデモ展示を行い、800名近くの方にSIP事業の成果を体験いただいた。

## 2 ニーズを充足するオープンな技術開発

ニーズを充足するオープンな技術開発として、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」開発プロジェクトの技術カタログ(図3)を、メタコンソのメンバーに対

して公開している。技術カタログでは、計測技術、行動推定技術、AI技術、VR技術などの技術モジュールについて、完成した技術、現在開発中の技術、将来開発が必要な技術に分類して紹介している。

技術カタログでは、各技術モジュールについて、概要、特徴、提供方法、利用についての紹介を行い、それら技術モジュールに興味を持った方が、事務局を通じて各担当者に連絡を取ることができる仕組みを構築している。

### 3 市場ニーズの取り込み (技術開発企業の企業ニーズも含む)

開発技術の社会実装に向け、想定される導入企業を対象に接客における研修・教育訓練の課題とニーズを捉えることを目的に、開発中の各システムに対する企業の受

容性について2021年度にヒアリング調査を実施。

流通・メーカー、物流、自動車、外食、娯楽、観光、金融、そのほか（生活関連）の業界区分における約25種の業種を対象に、上場企業を中心とした50社に対し、オンラインまたは対面によるヒアリング調査を行った。具体的なイメージができるよう、「接客スキル評価システム」、「VR教育訓練システム」、「現場支援システム」という三つのシステムについてのヒアリングを行った。

「接客スキル評価システム」（図4）はAIを活用して、実際の接客現場や研修用の模擬的な設備で、従業員の接客スキルを客観的に評価することができるシステムである。データに基づく客観的な接客スキルの評価が可能となっている。このシステムで測定・評価したデータは、ほかの二つのシステムでも活用できる。「接客スキル評価システム」のヒアリング結果は、接客スキルが客観的

**用途・特長**

- 接客トレーニングにおける習熟度の評価
- 接客トレーニングにおける重点的な教育項目や強化すべきサービス内容の特定
- 業務評価や採用時のスキル評価

**利用方法**

※本システムの利用はコンサルティング企業やシステムベンダーなどの協力が必要

**Step.1** **ドメイン依存技術**  
接客スキルを評価するために、ロールプレイ等により、動作、手順、表現（感情）の要素に分けて、評価用データを作成

**Step.2**  
接客トレーニングや現場での接客状態を測定し、AIを活用して評価データと比較分析する

**Step.3**  
分析結果をもとに、従業員への評価結果のフィードバックや教育プログラムの改善などに活用する

**Step.1: 評価用データの計測**  
取得可能なデータ群  
立ち位置、姿勢、動作、表情、視線、会話、声のトーン、大きさ  
各計測デバイスは可搬型のため、実現場での模擬接客シナリオの計測が可能

**Step.2: AIを活用した評価データの比較分析**  
計測データの比較分析

**Step.3: 従業員への評価結果の活用**  
接客プロセス評価

（航空接客業務）  
実環境を模擬した実験設備の活用例  
@産総研 つくばセンター

図4 接客スキル評価システム

**用途・特長**

- VRを活用したバーチャル空間で、CGの顧客を相手にした接客トレーニング
- 企業毎に必要な接客シナリオやCG空間、CG顧客を作成することで、臨場感のある接客体験を実現
- 集合研修だけではなく、オンラインによる遠隔研修にも対応

**利用方法**

※本システムの導入にはコンサルティング企業やシステムベンダーなどの協力が必要。導入後はユーザー企業様での運用を想定。

**Step.1** **ドメイン依存技術**  
VRコンテンツ（接客する空間のCGや人物アバターのCG制作）と接客シナリオ等を制作し、トレーニングシステムに入力する

**Step.2**  
VR用ヘッドセット等を受講者が装着し、VR空間内でCGの顧客アバターを相手にトレーニングを行う。受講者の発話、視点、ストレス度合いに応じて、顧客の態度や発言など難易度が変化する

**Step.3**  
トレーニング状態を指導者が観察し、コメントや採点できるVR空間でのトレーニング内容は録画され、受講者が振り返り可能

**VRトレーニングの概要**  
研修施設等で利用の他、オンライン受講も可能。

研修施設等で利用の他、オンライン受講も可能

顧客（コーチまたはAI）  
データベース

**飲食業フロアスタッフ業務における活用イメージ**  
次々と来店する顧客に、定められた手順で対応する訓練を行う。

図5 VR教育訓練システム



**用途・特長**

- 接客中の従業員に対して、音声や映像などの情報で接客や作業手順等に関する支援を行う
- 従業員と顧客の会話内容、発話スタイル（話速やピッチ、アクセント、感情など）、身振り手振り等をリアルタイムで分析して適切な情報を提示する

**利用方法**

※本システムの導入にはコンサルティング企業やシステムベンダーなどの協力が必要。導入後はユーザー企業様での運用を想定。

**Step.1**  
接客マニュアル等から業務内容の分析を行い、接客現場で必要となる現場サポート情報のデータベースを構築する

**Step.2**  
現場全体を確認するためのカメラ、従業員が装着するウェアラブルデバイス等から構成されるモニタリングシステムを導入する

**Step.3**  
従業員がイヤホンやスマートグラスを装着して接客や作業を行っている際に、円滑な接客や作業に必要な情報を適切に提示する

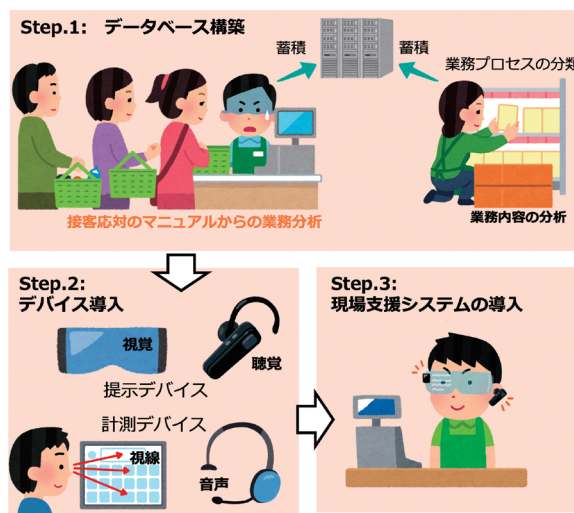


図6 現場支援システム

に評価できることでスキルの可視化、課題点の抽出ができ、社員の教育レベルが見える化できることに期待が大きい。さらに、自身のスキルレベルが見えることで、社員のモチベーション維持につながることを期待された。一方、接客の多様な業務への対応、納得できる評価基準が設定できるかという点でハードルの高さを感じられた。

「VR教育訓練システム」(図5)は、各企業の接客マニュアルや接客手順に合わせた訓練が可能なシステムである。ヘッドマウントディスプレイと呼ばれるVR用のヘッドセットを活用することで、臨場感の高いトレーニングを実現している。訓練者のスキル度合いやストレス度合いなどに応じて、訓練内容をインタラクティブに変更することができる。「VR教育訓練システム」のヒアリング結果は、新入社員や臨時スタッフなど経験の浅いスタッフへの基礎教育への活用が期待され、自習スタイルや複数同時実施などで教育のための人員、時間削減する

ことへの期待が大きい。一方、個々の顧客に応じた対応が難しく、VR環境を構築することへの費用対効果が疑問視され、VRである必要性を感じられないという意見が見受けられた。

「現場支援システム」(図6)は、実際に接客している従業員に、接客相手からの質問や苦情に対して、必要な情報やアドバイスを提示するシステムである。スマートグラスなどを着用することを想定している。「現場支援システム」のヒアリング結果は、複雑な対応、難易度の高い対応などに、迅速かつ確に反応するサポートシステムとして期待された。特に、顧客の目に触れない業務分野での活用がイメージされ、顧客の感情が可視化される、多言語対応、ジェスチャーでの指示出しなどができれば面白いとの意見が寄せられた。しかしながら総じて、顧客の前での装着は不向きとの評価となった。

開発システムに対する評価の全体集計結果としては、「接客スキル評価技術」、「VR教育訓練システム」に対し

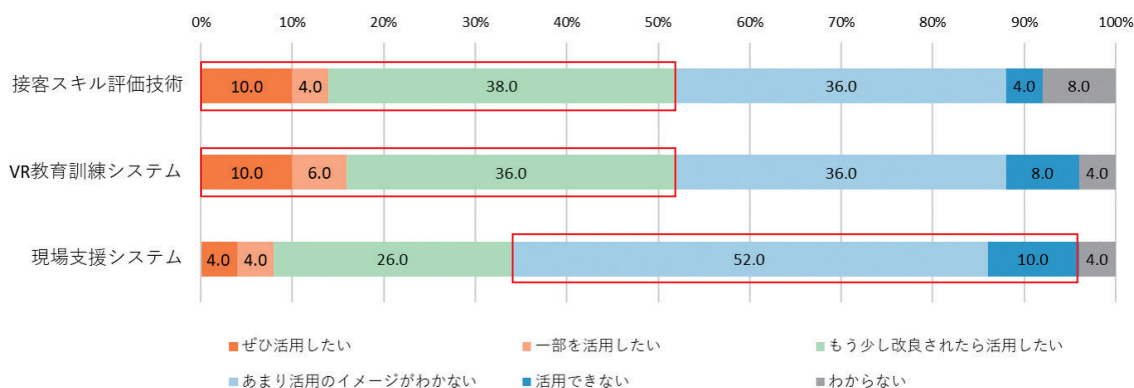


図7 開発技術に対する評価 (50件)



図8 提供システムの全体イメージ

では「ぜひ活用したい」、「一部を活用したい」、「もう少し改良されたら活用したい」との回答が全体の5割を超え、期待の高さがうかがえた。一方で「現場支援システム」は「あまりイメージがわからない」、「活用できない」との回答が6割以上を占める結果となった(図7)。

#### 4 技術を社会実装するための社会的・ビジネス的ハードルの低減に資する活動

前項で実施したヒアリング調査結果をもとに、特に導入の可能性の高い企業10社に対する詳細ニーズヒアリングを実施するとともに、個別のニーズに合わせたシステム概要を設計する追加調査を2021年度に実施した。調査方法としては、前回の調査よりもより具体的なシステムをイメージいただくために、動画を用いたシステム説明を行い、それに対する意見をいただいた。

追加調査の結果を踏まえ、大日本印刷株式会社の協力のもと、社会実装に向けた以下の4件の実証事業を実施している。

- 保育業務訓練：幼稚園や保育園の午睡時に行われる幼児の呼吸確認の見守り行動(午睡チェック)に係る訓練への、本研究開発成果の活用可能性に関する実証実験
- 小売業務訓練(2件)：スーパーマーケットの(セルフ)レジ・コーナーにおける顧客への挨拶やお声掛け等の顧客対応業務に係る訓練に対する、本研究開発成果の活用可能性に関する実証実験
- 宿泊業務訓練：ラグジュアリーホテルのカウンターにおける宿泊客のお困り事への対応等の顧客対応業務へ

の、本研究開発成果の活用可能性に関する実証実験

これら実証実験の結果、訓練の効率化・コスト削減、教育の最適化、スキルの可視化・評価などの効果を明らかにすることで、今後の事業化に向けた取り組みが進められる(図8)。

#### 5 今後の予定

接客業務訓練支援システムの普及のため、「『XR接客トレーニングシステム』ガイドライン」を取りまとめている(図9)。2022年度末に完成予定で、完成後はヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアムのWEBサイトでの公開を予定している。

ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアムは、今後会費を有償化することで継続して技術のマッチングや研究会を進めることを予定している。運営については、国立研究開発法人産業技術総合研究所のコンソーシアム活動とも連携を図り推進することを予定している。

# テクノロジーを活用した 接客トレーニングシステムの開発に向けて

## 「XR接客トレーニングシステム」ガイドライン ダイジェスト版

社会の変化が激しいなかであって、サービス産業界は新たな課題に直面している。コロナ禍の影響から、接客サービスの自動化やリモート化が加速する一方で、十分なスタッフの確保も難しくなっている。

日本の強みである「おもてなし」を活かし、人と人がふれあう接客の現場に、テクノロジーがどのように貢献できるかについて検討を重ね、『業務訓練・支援システム開発のためガイドラン』を作成した。

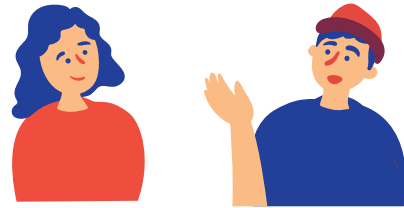
これは、そのダイジェスト版である。このガイドラインでは、VR(人工現実)・AR(拡張現実)・MR(複合現実)・SR(代替現実)を含めたXRを活用した接客トレーニングシステムにより、サービス産業界の生産性向上とさらなる発展を目指している。

サービス産業に携わる方々には、テクノロジー活用の可能性について理解を深めていただき、また開発者の方々には接客サービスについて、さらに深く知っていただくことを目的としている。

各項目について、ガイドライン本編の対応箇所を参照していただければ、詳細な情報と解説が得られるようになっている。

「おもてなし」は日本の強み!  
海外からも評価が高いよ!

テクノロジーで、  
その強みをサポート  
できるのかな?



## VRなどのXR接客トレーニングシステムのメリットや課題

Q1

### VRって何?

バーチャルな空間で、  
あたかも現実のような  
体験ができること!

Q2

### VR接客トレーニング システムを利用すると 何がよいの?

トレーナーがいなくても、自分のペースで訓練を受けることができたり、普段起こりにくいクレーム対応が体験としてトレーニングできたり、また人によって伝える内容にバラつきが出るのを防ぐこともできるよ。

目録 第6章 6.13(p.52)

Q3

### VR接客トレーニング システムの課題は?

クオリティの高いシステムを作るには高額な費用が必要だったり、トレーニングを受ける人が多い場合、HMD(ヘッドマウントディスプレイ)などの機器の購入費もかかる。また、訓練するシナリオに変化がないと、慣れてしまって成果が出づらいつこともあるよ。

目録 第6章 6.13(p.53)

Q4

### どんなトレーニングが VRに向いているの?

たとえば火災が起こった時の対応や、難しいクレーム対応など、発生する頻度が少なかったり、経験することが難しかったりするものなどは、VRでのトレーニングに向いているよ。

目録 第8章 8.3.1(p.70)

図9 「XR接客トレーニングシステム」ガイドラインダイジェスト版



# スマートシティなど未来社会に不可欠な分散型のデータ連携基盤と日本の戦略

国立大学法人東京大学大学院情報学環教授  
越塚登

## データ連携の現状、日本は進んでいるのか、遅れているのか

—— 越塚先生がサブプログラムディレクターを務める「分野間データ連携基盤技術」ですが、なぜ今、データ連携が重要な課題となっているのでしょうか。

越塚 実は今、日本ではどこに何のデータがあるのかが分からない状況となっています。例えば、鉄道やバス、道路などの交通に関するデータも、それぞれ個々の分野の中だけで管理されているので、それらの分野以外の人には、どこから必要なデータを取得すれば良いのかが分かりません。日本はヨーロッパなどと比べ、各分野の中ではデータ基盤もしっかりできているし、データ流通の仕組みも充実しているので、データの利活用が進んでいます。それなのに、日本の縦割り社会の中では、分野を超えたデータ収集ができないことで、いろいろな弊害が生まれています。一方、ヨーロッパではIDSやGAIA-Xなど、データ連携の取り組みが進んでいます。

例えば、都市全体を網羅するスマートシティのサービス開発を考えた場合、そこには住民サービスや教育、福祉、医療、交通、防災など、さまざまな分野が関わってきます。これらの分野を連携させて、都市全体でサービスを提供しようと考えても、現状では困難なことが多い。また、防災だけを捉えても、災害が起きる自然現象には雨もあれば、雪、地震、津波、土砂崩れ、火山噴火などいろいろな要因があります。ですが、それぞれの記録を管理している機関に蓄積されているデータをつなげて関連づけることができません。

これにより今後、重要な弊害が出てくる可能性が指摘されています。産業分野でいえば、サプライチェーンマネジメントの課題です。今後、ヨーロッパに工業製品を輸出する際には、製造時にどれくらいCO<sub>2</sub>を排出したのかについて、データを提出することになりそうだからです。例えば、電気自動車のバッテリーを製造する場合、材料から薬品、化学物質に至るまでさまざまな分野の企業から部品を調達し



### 越塚登(こしづか・のぼる)

1994年東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻博士課程修了、博士(理学)。1994年東京工業大学理学部情報科学科助手。1999年東京大学情報基盤センター助教授。2006年東京大学大学院情報学環助教授。2009年東京大学大学院情報学環教授。2015年東京大学総合分析情報学コース長。2017年東京大学大学院情報学環ユビキタス情報社会基盤研究センター長。2019～2021年東京大学大学院情報学環長・学際情報学府長。専門は計算機科学。特に、IoT(モノのインターネット)やオープンデータ、スマートシティなどの研究に取り組んでいる。

ますが、その製品をヨーロッパに輸出する際には、各社が排出したCO<sub>2</sub>のデータを全て集める必要があります。そうして集められたCO<sub>2</sub>排出量に、関税をかけようとする動きがあるのです。

こうした世界情勢から、ものづくりの現場においても分野間データ連携基盤技術が必要になり、サプライチェーン全体でCO<sub>2</sub>排出に関する情報が集められない会社は、国外に製品が輸出できなくなり、投資機関からの融資が受けられなくなるかもしれません。

そこで、本研究テーマでは、産学官に散在するデータ基盤を分野横断で連携させ、AIなどで活用可能なビッグデータを供給するための技術開発を進めてきました。そのシステムのことを、CADDE(ジャッデ)と呼んでいます。そして2020年に設立された「一般社団法人データ社会推進協議会(DSA)」に、CADDEの成果をインプットし、分野を超えたデータ連携を目指すプラットフォーム「DATA-EX」の提供を2023年から開始する予定です(p.162～165参照)。これによって、日本でも本格的に分野間データ連携を社会に普及させていきます。また、分野間だけではなく、サプライチェーンなどにもデータ連携で貢献できる範囲を広げることができると考えています。

## 国際的なイニシアチブが求められる「スマートシティ・アーキテクチャ構築」

—— もう一つの研究テーマとなっている「スマートシティ・アーキテクチャ構築」についても教えてください。

**越塚** 今、世界的にスマートシティ 2.0の流れが起きていますが、日本はまだ対応が遅れているといわれています。一方で、日本にはすでにデジタルを使ったさまざまな都市サービスがつくられており、そこでの課題も分かってきました。次のポイントは、何をつくるかではなく、どうつくるかです。すなわち、「What to make」から「How to make」になります。それぞれのサービスは充実していても、つくり方をきちんと考えないとコストが下がらないし、サービスの信頼性も上がりません。日本の場合は都市全体でスマートシティに取り組む必要があり、民間企業が個別に進めていたら、いつまでたっても構築できない分野もあります。ですから、「How to make」を考える必要があるのです。

そして、「How to make」を考えるには、プラットフォームが必要になってきます。例えば、企業活動の中でも、プラットフォームなしにデータの利活用を優先して進め、いろいろなサービスをつかって

しまった結果、気がついたらデータベースが 50 個くらいあるけど、全然つながっていないという状況が起きるわけです。スマートシティにおいても、このような状況に陥って、これ以上の拡張は無理ですという状態になるかもしれません。

例えば、東京のある都市でスマートシティのサービスを構築したので、同じサービスを今度は大阪の都市で展開しようと思っても、プラットフォームがないと、もともと作り直しになります。なぜそうなるのかというと、東京と大阪にプラットフォームがないから連携ができないのです。これからこういうところに限界がくるでしょう。

スマートシティで利用されるプラットフォームは、「都市 OS」と呼ばれています。「How to make」を考えるには、まず都市 OS をどうつくっていくのかをよく考えなければいけません。とはいえ、都市 OS は単なるプラットフォームとなるシステムにしかすぎないので、それ以外にも上位階層でのルールづくりが必要になります。また、サービスもつくる必要があります。ハードウェアの面でも、さまざまな場所にセンサーを埋め込んだり、アンテナを立てたりしないといけない。やらなければならないことが数多くあります。そうしたプラットフォームをどのように作り込み、どのように連携させるのか。この How to make をまとめた、スマートシティ構築のための設計書が「スマートシティ・アーキテクチャ」になります。

2022 年の「スマートシティ・アーキテクチャの構築」というテーマにおいては、その設計書を完成させる取り組みを進めています。設計書自体はすでに 2 年前につくられていたので、今はそれを改定するためにさまざまな要素をまとめています。さらに、今後はスマートシティ・アーキテクチャの世界展開も進める必要があります。今、世界の都市のほとんどがスマートシティになっていて、自動車ですらスマートシティのノードの一つになってきました。こうなってくると、スマートシティ全体の技術的な覇権を取っていないければ、自動車の輸出すらできなくなってしまいます。

—— 日本のスマートシティ政策は、SIP の成果であるスマートシティ・アーキテクチャに基づいて進められていると考えていいのですか。

越塚 例えば、首相官邸が進めている国家戦略特区のスーパーシティ構想や、内閣官房が進めているデジタル田園都市国家構想、そして各省庁が進めているスマートシティ政策などもこのスマートシティ・アーキテクチャを参照しています。

一方で、スマートシティには国自治体が関わる人が多いので、多くの調達が公共調達になります。公共調達になると、工業製品などの各国の規格、および規格への適合性評価手続き（規格・基準認証制度）が貿易障害とならないよう、国際規格を基礎とした国内規格策定の原則、規格作成の透明性の確保を規定した「TBT 協定（Agreement on Technical Barriers to Trade）」に準拠する必要があります。今、日本はスマートシティの国際標準にはあまり積極的に関わっていません。このままでは、スマートシティの国際標準は全て海外でつくられてしまいます。これから、日本がどこまで国際標準に貢献できるかは分かりませんが、少なくとも、国際標準よりも優れたアーキテクチャをつくれれば認めてもらえるかもしれません。

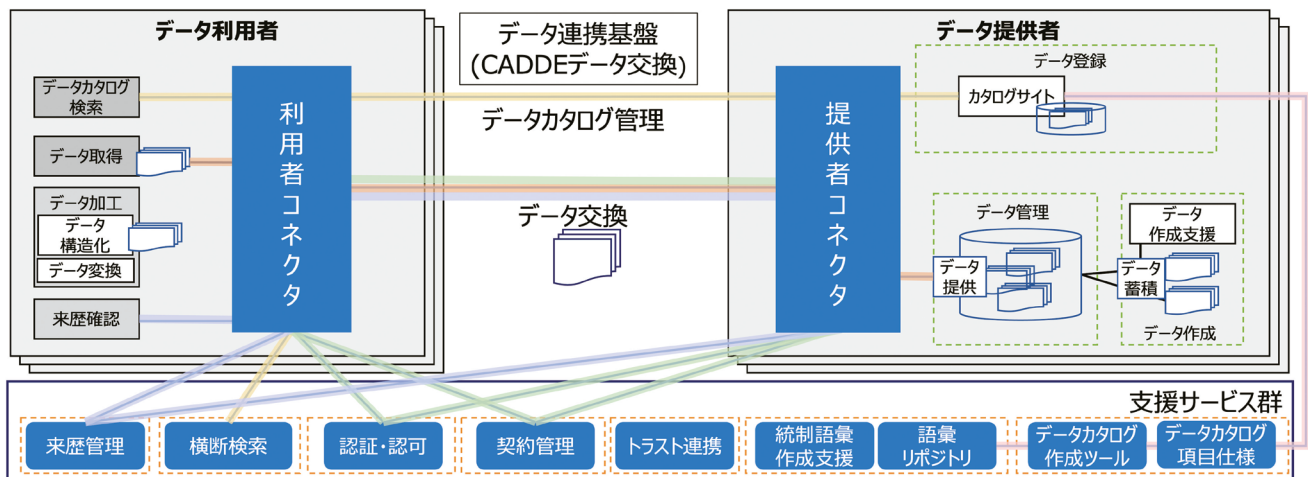
このように、「分野間データ連携基盤技術」や「スマートシティ・アーキテクチャ構築」のテーマに関しては、国内だけの問題ではなく、国際的なイニシアチブを取れるくらいの実力を日本が持つべきだと思います。

## 日本の良いところを生かし、強くしていく

—— 人材育成なども含め、日本は今後どうしていけば良いのでしょうか。先生のお考えを教えてください。

越塚 分野間データ連携に関する人材育成は、まだこれからになります。大学でも、データサイエンス





CADDE のコンポーネント・アーキテクチャ

やデータエンジニアリングなどデータの名前がついている教育が始まっているのですが、問題なのは、これらの学部では、実はデータを使う部分にばかりフォーカスしていることです。本来データサイエンスには、データをつかって流通し、それを使って活用するというライフサイクルがあるのに、どちらかといえば AI や統計など、ライフサイクルの下流でデータを使う場面での教育が中心になっています。より上流でのデータをつくることやデータ流通に必要な人材育成に関してはあまり積極的ではありません。

データ連携については、今はヨーロッパがリーダーシップをとっています。アメリカはメガプラットフォームなど民間に任せようという立場、中国とインドは外国と連携する気配はありません。インドでは企業はデータを政府に提出し、政府がそれを積極的に使っていくという、政府主導の完全なトップダウン型となっています。どのやり方が良いか国際競争になっています。日本のやり方が正しいと思っていますが、日本のやり方で産業を成功させないと、ほかの国のルールに従わざるを得ないかもしれません。

とはいえ、日本の場合、分野単位でのデータ基盤は結構できあがっているので、データ活用に関して結構進んでいる部分もあります。したがって、人材育成に関してはヨーロッパだけを見て合わせようとするのではなく、日本の良いところも生かせるように国際調整する必要があるでしょう。

—— データ利活用における日本の良いところとは、具体的にはどういった部分なのでしょう。

**越塚** 日本人は、すぐに個々の問題解決のために手が動きます。ヨーロッパの人は、すぐに手を動かさずに、まずは物事の本質を見極めようと頭を動かします。汎用的な理論だけで勝負するところで覇権が決められると日本は弱いのです。国際会議の席においても、書類ベースだけで話をされると、日本人は負けてしまいます。今、国際標準組織は多かれ少なかれそういう世界になっており、国際標準化団体の中で日本はなかなか大変です。

しかし、日本人の強さは手が動かすことなので、すぐにシステムをつくったり、製品をつくったり、適切なサービスをつくったりするのが得意です。データの分野でもそういう力を利用して、世界覇権にうまく関わっていかなければなりません。そのためにも、できるだけ良いところを強くしていきたいと思っています。

データ連携基盤を活用した取り組み

# 分野間データ連携基盤技術(コネクタ)の機能ツール開発

株式会社日立製作所、日本電気株式会社、富士通株式会社、  
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所

- さまざまに分散されているデータ基盤を相互に連携させ、ビッグデータとして利用するためのデータ連携基盤に必要な技術として「CADDE (Connector Architecture for Decentralized Data Exchange)」を開発した。「CADDE」は「ジャッデ」と読み、トルコ語で「道」を意味する。
- 分野間データ連携基盤技術のコネクタ機能や支援サービス群機能、支援ツール群機能の開発を進めた。

## 1 研究の目的

国や地方公共団体、民間などで散在するデータ基盤を連携させてビッグデータとして扱い、分野や組織を超えたデータ活用とサービス提供を可能にする。そのために、関係府省庁で整備が進められている分野ごとのデータ連携基盤や、そのほかのさまざまなデータ基盤を相互に連携させる、分野間データ連携基盤技術(コネクタ)を用いた分散型分野間データ連携を実現した。

分野共通のコア語彙や分野固有のドメイン語彙、ならびにデータ構造などを整備する関係府省庁の動きと連携し、コネクタの開発および語彙の整備を通して、分野を横断したデータのインターオペラビリティ(相互運用性)を実現した。また、プラグイン構造などにより、さまざまなデータ形式への対応を目指した。

データ連携の原本性や編集履歴を保障する来歴機能や、契約および認証認可機能、カタログ構築の支援や構造変換技術などの運用支援環境も実現。開発した技術成果の国際標準化に取り組み、技術成果を国益に還元した。さらに、具体的な分野間データ連携のユースケースについて、フィールドでの有効性検証を行い、その結果をコネクタの安定版に取り込んでいく。

最終的には、産官学に散在するデータ基盤を連携させ、AIの学習データなどとして活用可能なビッグデータを供給する、分散型分野間データ連携が持続的に自立運用

できるエコシステムの形成を目指している。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

#### 1) コネクタ機能開発

##### ① コネクタアーキテクチャ

Society 5.0の実現に向けた課題の一つとして、さまざまなデータを活用した、新たなビジネス創出のための仕組みが必要というものがある。それぞれの分野ごとにデータ連携の基盤が整備されつつあるものの、データの活用といったものは、それぞれの分野内に閉じてしまっている、というのが現状である。また、どこかの分野のデータ基盤が、他の分野とつなぐための仕組み、特に、共通的な仕組みをつくることは難しい状況であり、分野ごとのデータ基盤の間をつなぎ、異なる分野のさまざまなデータを相互に連携させる、分野間データ連携のためのアーキテクチャとして、データ交換にコネクタという新しい技術要素を取り入れる。

本研究開発においては、これらのデータの発見、契約、交換、来歴管理という機能を、コネクタを基盤としたネットワークで一元的に実施できるというものを目

指す。

世の中でデータ連携基盤と呼ばれているものは、大きく二つに分けると、巨大なデータベースをつくるのか、データを交換するネットワークをつくるのか、という違いがある。

中央に巨大なデータベースをつくる、というアプローチは、誰がそのデータベースを運用・管理するのかなどの問題が発生し、なかなか実現が困難であると考える。

そこで、データ提供者とデータ利用者それぞれにコネクタを置いてもらい、コネクタが間を取り持つ形でデータを交換するネットワークをつくるというアプローチを

採用した。

安心・安全なデータ交換を実現する上で求められる、認証やアクセス制御、交換履歴の記録等はデータ交換に紐づく形で一貫通貫に実現しつつ、異なる基盤の間をコネクタが取り持つデータ連携ができる、というのが本研究のメリットであり特徴でもある(図1)。

本研究の実施にあたっては、まずはオープンデータに対応するためのデータ交換機能を開発し、その後、アクセスコントロールや契約や許諾が必要なデータへの対応のため、認証、認可、データ連携契約機能を開発するという、徐々に機能を追加するアプローチを採用した(図2)。

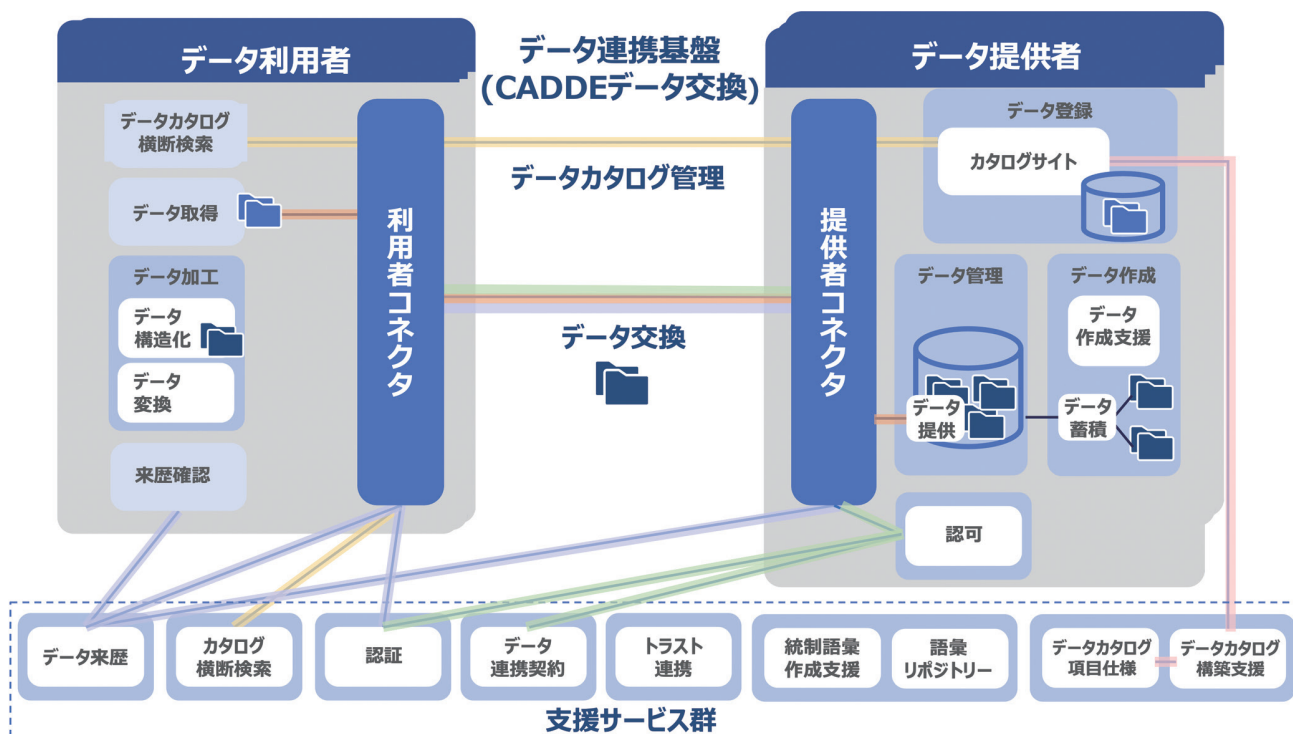


図1 開発したコネクタアーキテクチャ

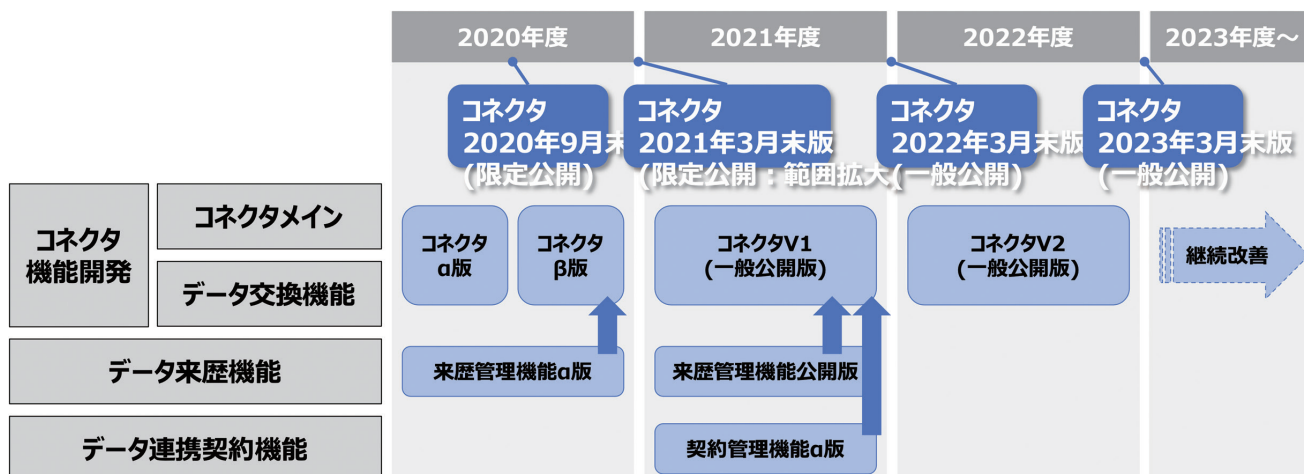


図2 開発アプローチ



α版は、開発コミュニティの立ち上げと特定環境での動作検証を目的とし、他 SIP と実証参加者と開発希望者へ限定公開とする。また、リリース時の動作確認状態は、コネクタ機能（正常系）動作確認済みとした。

β版は、開発コミュニティの拡大と動作検証の環境拡大を目的とし、他 SIP と実証参加者と「データ社会推進協議会」(Data Society Alliance。以降、DSA。p.163 参照)の会員と開発希望者へ限定公開とした。また、リリース時の動作確認状態は、コネクタ機能（正常系 / 異常系）動作確認済みであり、特定環境での動作確認済みとした。

V1以降の一般公開版は、普及促進を目的とし、一般公開を行う。リリース時の動作確認状態は、コネクタ機能（正常系 / 異常系）動作確認済みであり、数多くの利用環境での動作確認済みとした。

β版と一般公開版では、Web アプリケーションの脆弱性確認およびファジングツールでの API 脆弱性確認を実施済みとした。

## ②データ連携契約機能

分野によっては、契約が必要なデータなどもあり、そのようなデータには、コネクタの外に存在する機能と連携して対応できるようにする。データ取引市場と連携して契約処理が可能となるようにした。

## ③データ交換機能

各分野が持っているデータにはさまざまな提供形態があり、その中でも、ファイルでのデータ交換、HTTP、FTP、NGSI への対応を優先的に対応すべきものとした。

## ④データ来歴機能

分野を横断するデータ連携において、データ利用者は、入手したデータを自身が所有するデータと組み合わせたり、加工したりして、新たなデータを生成し、今度はデータ提供者として、生成したデータを提供することが想定される。これにより、多様なデータが生成され交換される一方、データの生成過程が複雑化していく。そのような中で、データ利用者は、入手しようとするデータについて、大元の原本が何か、現状のデータに至るまでにどのような加工が施されたのか、どのように流通されてきたのか、といったデータにまつわる履歴を確認できないと、安心して利用することができない。

従来、組織内のデータについて、原本からデータに至るまでの加工履歴を管理して提供するデータの来歴管理の機能は存在していたが、組織間を流通するデータに対する来歴管理の機能は開発されていなかった。本開発で

は、分野を横断するデータ連携において、異なる複数の組織をまたいで生成されるデータにおいて、大元の原本から、組織間でのデータ交換履歴、組織内のデータ加工履歴を一気通貫で確認可能な新しいデータ来歴機能の実現を目指した。また、来歴の信頼性の観点では、改ざんへの耐性が必要である。分野間をまたぐデータの連携においては、特定の運用者に依存して中央サーバを置くことは想定できない。このような分散環境でのデータ来歴の機能を実現するため、耐改ざん性が高く、透明性を確保したままデータ共有を可能とするブロックチェーンの分散台帳を活用した。

## 2) 支援サービス群機能開発

### ①カタログ横断検索

分野間でデータ交換を実現するには、データが見つけれられる (findable な) 状態でなければならない。このデータの発見機能を、本研究開発ではカタログ横断検索として実現した。

各分野、組織などで公開されるデータは、データカタログに掲載され、必要な範囲で公開される。しかし、この個別のデータカタログがあるだけでは、必要なデータがどこにあるかを探すのは容易ではない。カタログ横断検索では、これらのデータカタログのデータを収集して、1か所で検索と内容が確認できるようにした。

### ②語彙リポジトリ

分野間データ連携基盤において、語彙はデータ提供者が提供データを準備する段階で用いることができる。語彙とは、データで用いられている用語やデータの記述様式のことを指し、単に用語を集めたものから、統制語彙と呼ばれる一定のルールで集めた用語・概念の集合、分類体系、あるいは、概念の実例を記述するとき用いる項目の集まりである概念スキーマといったものを含む。この語彙を、データ提供者の間で共有することによってデータで使われている語彙を共通化することで、データを理解しやすくし、データ利用の促進を図る。この共有化のためのシステムが語彙リポジトリである。

データ提供者は、自らが持つデータを公開するにあたり、なるべく多くの人々が利用しやすいデータとして提供することが望まれる。データ提供者は、語彙リポジトリにある語彙を参照することで、共通的な語彙を適用して自らのデータをより利用しやすい形に変換してから提供することが可能となる。

### ③認証認可機能

データ流通において、安心・安全を確保するために、ユーザーを認証する必要がある、また、オープンデータ以外に特定の利用者を識別して提供されるデータに対応する必要があるため、認証機能および認可機能を開発した。

認証機能によって、認証要求者の正当性（正当なユーザー）と真正性（authenticity\*1）を検証する機能を提供。さらに、認可機能により、認証によって識別されたエンティティ（主体）にサービス利用やデータ取得の許可を与える機能を提供することで、特定の利用者を識別して提供するデータの交換が可能となり、安心・安全なデータ流通が実現できる。

なお、それぞれの分野では、ID プロバイダーを保有しており、それらとの連携が必要となるため、認証機能は、ID プロバイダーとの連携も可能とした。

### 3) 支援ツール群機能開発

#### ① データカタログ構築支援機能

データカタログとは、データを取引する際にデータの概要情報をリスト化したもので、データ利用者は、このデータカタログから目的のデータを探ることができる。

データカタログはメタデータを管理しており、メタデータにはそのデータを表す属性や関連する情報などのデータの概要情報が記載されているため、メタデータを見ることで、どのようなデータであるのかを端的に把握できる。

なお、データカタログは各分野でそれぞれ整備されているものの、データカタログ項目は共通化されておらず、各分野で独自の構成となっている。そのため、他分野のデータカタログを参照する際は個別に解読する必要があり、同じ内容を含む項目であっても名称が異なっているため、分野を横断して必要なデータを検索しながらの利用ができないという課題がある。

この課題を解決するため、国際的な標準（W3C DCAT）に基づき、分野をまたいだ項目内容の理解が可能で、分野を横断的に検索することが可能な項目を策定した。

なお、項目が多数存在し、データ提供者にとって、データカタログの多くの項目に入力することは、非常に大きな負担になることが想定される。この課題を解決するため、支援機能（データカタログ作成ツール）を開発した。

#### ② 統制語彙作成支援機能

分野をまたがって他組織でデータを使用するには、同じ事柄を表す用語がデータソースごとに異なる表記であると、機械的に使用できない。IMI 共通語彙基盤では、分野横断でのデータ利活用を目的とし、コア語彙とドメイン語彙を連携させ、異なる分野のデータの相互運用性を高めることを目指すフレームワークが提供されている。

本活動は当初、IMI の考えを踏襲しつつ、同じ意味であるが分野ごとに異なる表記の用語を推定する、統計学的機械学習を用いた自然言語処理エンジンの開発を目指した。

そのためには、分野ごとの自然言語処理に必要な学習用データ（コーパス）が必要である。コーパス構築のために、「現代日本語書き言葉均衡コーパス」などの既存のコーパス構築方法や著作権などの関連法案について調査した。あわせて、コーパス構築ではなく実際に作成されている語彙の調査として、農業や金融、ものづくり分野の語彙の作成過程と作成結果を調査した。その結果を用いて、どのような分野間の語彙の連携を行えば良いか検討した。

## 3 研究の成果

### (1) コネクタ機能開発

#### 1) コネクタアーキテクチャ

分野間のデータ交換の実現に向けた、データ利用者とデータ提供者間のデータ交換を可能とするコネクタのメイン機能の設計および開発をコネクタ α 版（2020 年 9 月末版）として完了した。本コネクタメインは、複数のデータ取得インターフェースを選択してデータ取得を可能にするアーキテクチャとした。

また、必要に応じてデータ来歴機能とも連携し、データの受け渡し記録を取得することを可能としコネクタ β 版（2021 年 3 月末版）の設計と開発を完了した。

2021 年 3 月末には、登録制ではあるが、一般の方に利用していただくため GitHub でのコネクタ OSS 公開（限定公開）を行った。

2021 年度は、コネクタへの追加機能として、データ来歴機能と連携した組織間のデータ交換履歴、データ交

\*1 主体がそれを主張する本人であること。

換機能としてNGSI (API) へ対応した。また、商用データの利用を可能とするための認証認可機能とデータ連携契約機能との連携機能、および組織間のデータ加工履歴と組織間のデータ交換履歴機能の設計・開発を実施し、2022年3月末にコネクタV1をOSS公開(一般公開)した。

2022年度は、社会実装を見据えたCADDEの高セキュリティ化として、多要素認証や認可の分散化を行ったことに伴い、コネクタと認証機能、コネクタと認可機能間のシーケンスの見直しを実施した。

また、NGSIインターフェースで提供するデータの来歴管理対応ができるようにデータ来歴機能とのインターフェースの見直しを実施した。さらに、コネクタ全体のエラーメッセージの強化を行い、2023年3月末にコネクタV2をOSS公開予定である。

コネクタはCADDEの特徴の一つであり、分野ごとにプロトコルなどがバラバラであっても、コネクタを導入することで、データ交換相手の仕様を意識することなく、お互いにデータ交換が可能となった。また、認証機能や認可機能、データ連携契約機能を必要に応じて組み合わせることで、安心・安全なデータ交換を実現する上で求められる、認証やアクセス制御、交換履歴の記録等について、データ交換に紐づく形で一貫通貫に実現しつつ、異なる基盤の間をコネクタが取り持ってデータ連携ができる、というのがCADDEのメリットである。

## 2) データ連携契約機能

2021年度に、有償・非公開データを契約に基づいて利用者に提供するための、データ利用権取引市場との連携インターフェースおよびシーケンス策定をもとに、契約を要するデータ交換をデータ取引市場と連携して実現した。また、一つのデータ取引市場(EverySense, Inc.のサービス)と連携実装を行った。その際、複数のデータ取引市場との連携も可能にするため、CADDEとデータ取引市場間のAPIを規定した。

2022年度は、社会実装を見据えたCADDEの高セキュリティ化に伴い、データ取引市場との連携においても認証を実施するAPIに改定した。

分野によっては、アクセスコントロールや契約や許諾が必要なデータもあり、そのようなデータに対して、コネクタの外に存在する機能と連携して対応できるようになった。また、アクセスコントロールが必要な場合、認証機能と連携した利用者の認証や、契約が必要な場合、

データ取引市場と連携して契約処理を行うことも可能となった。

## 3) データ交換機能

2020年度は、コネクタ内の各機能は独立性の高いモジュールでの構成(ビルディングブロック)とし、新たな要件等への対応が必要になった場合でも簡単に対応できるように設計した。

取得するデータに合わせたインターフェースもビルディングブロック構成で設計し、3種のインターフェース(①FTPインターフェース、②HTTPファイルダウンロードインターフェース、③NGSIインターフェース)の開発を完了した。

2021年度は、取得したデータを加工した後での来歴が取得できる機能を開発した。

2022年度は、データ来歴機能とのインターフェースにもたせるパラメーターの見直しを実施し、NGSIにおけるデータ提供時の来歴が取得できるようにした(図3)。

今後、上記以上に必要となるインターフェースがある場合、必要なインターフェースのみ追加することで、新たなインターフェースに対応したデータ交換が可能となり、CADDEの適用範囲が広がるものとする。

## 4) データ交換機能(NGSI)

スマートシティプラットフォームで広く普及している、「FIWARE」で使用されるネットワークAPIであるNGSI(NGSI v2)に対応し、データ提供者とデータ利用者の間においてNGSI v2形式のコンテキストデータの授受を行う機能を開発した。

また、認証機能や認可機能、データ連携契約機能、およびデータ来歴管理機能との連携機能を開発。コンテキストデータにおいてもファイルデータの授受と同様に、限定された利用者とのデータの授受や、データ取引市場などの契約に基づく有償データの授受、およびファイルの授受に関する履歴を登録することを可能にした。

## 5) データ来歴機能

従来、組織内で生成されるデータの原本情報やデータの改変や結合といったデータの加工の履歴、組織間で受け渡されるデータ交換の履歴を一元的に管理する機能は存在しなかったが、カタログ作成ツールやデータ交換機能、データ加工ツールといったデータ連携における機能



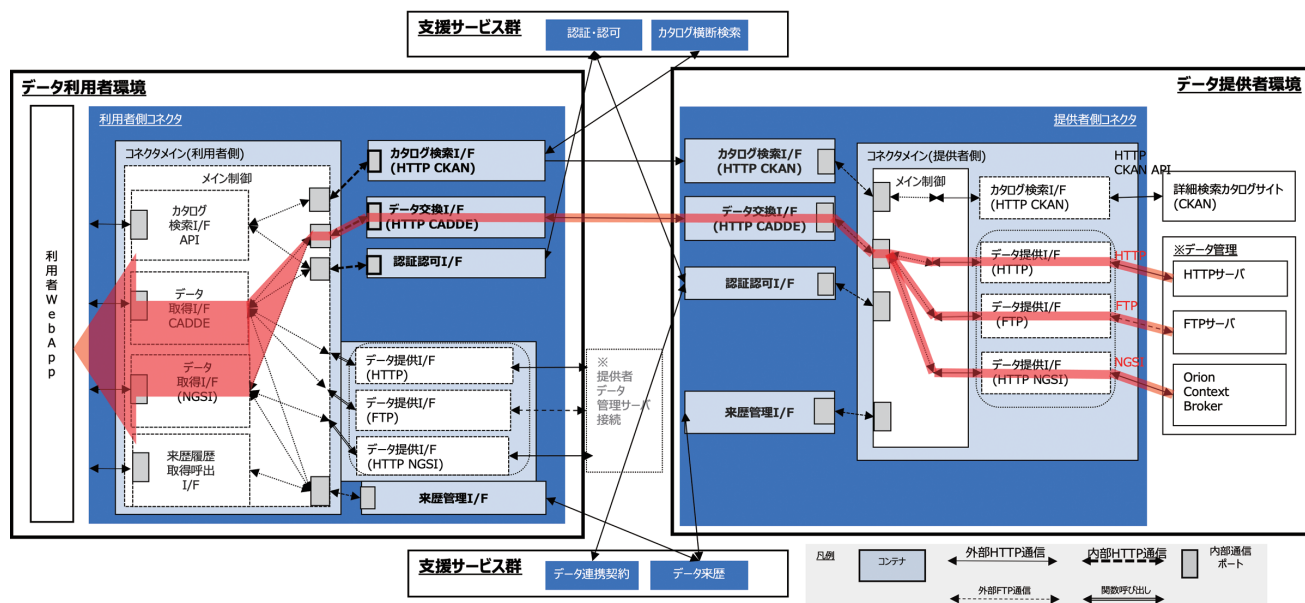


図3 データ交換機能

との協調および履歴登録のインターフェースや履歴のデータモデルの統一化を進め、組織をまたいだエンドツーエンドの来歴の管理および参加者への提供を可能とした。また、複数の異なる組織が参加するデータ連携においては、来歴情報の改ざんへの耐性が重要となるが、特定の運用者が集中して管理するのではなく、複数の運用者ならびに参加者が分散的に管理するブロックチェーンの分散台帳の活用により、どの参加者や運用者であっても途中での改ざんが困難な来歴情報の管理を可能とした。

また、分野間データ連携基盤技術(コネクタ)の有効性検証の行政・交通分野のデータ連携実証において、本データ来歴機能を適用し、データ提供者である自動車メーカーから提供されるデータの流通先の追跡を実現するとともに、データ提供者視点での有用性を確認した。本実証実験については、SBテクノロジーと富士通共同で2022年3月31日にプレスリリースを公開した。

## (2) 支援サービス群機能開発

### 1) カタログ横断検索

カタログ横断検索は、インターネット上に分散して存在するカタログサイトから情報を収集して、検索および内容が確認できるようにするものである。実装においては、カタログサイトで世界的なデファクトとして使われている「CKAN」を基本として設計した。

収集機能ではCKAN APIを用い、収集したカタログ一覧あるいはカタログ更新一覧に基づいて、個別カタログ

のデータを収集している。公開機能としては、基本的には個別のカタログの情報を公開するが、いくつかの項目(idなど)については、横断検索内でのデータの一貫性管理のため、個別のカタログの情報から変換して生成している。検索機能では、基本的には全てのカタログのデータ項目が検索可能である。また、一部のデータ項目においては、データ項目とその値の組という形で検索を指定できる。横断検索自体も、CKAN APIに準拠したAPIを公開している。このAPIは、CADDEのコネクタなどのコンポーネントから利用される。さらにこのAPIを用いて、横断検索自身を複数設置しカスケードして運用することもできる。

CKAN以外のカタログサイトにも、一部対応している。また、国立情報学研究所が収集する学術データ(IRDB)も掲載している。2022年8月現在、62のカタログサイトから9万5,000件以上のカタログを収集公開している。学術データを含むと16万件以上になる(図4)。

### 2) 語彙リポジトリ

語彙リポジトリでは、語彙の登録、更新、検索に加え、CADDEのほかのコンポーネントとのAPI連携が可能である。

構築した語彙リポジトリでは、登録可能な語彙として、まずSKOS語彙と呼ばれる統制語彙がある。これはRDFスキーマあるいは簡易フォーマットで登録できる。簡易フォーマットとは、項目が規定されたCSV形式でSKOS語彙を記述するものである。SKOS語彙は統

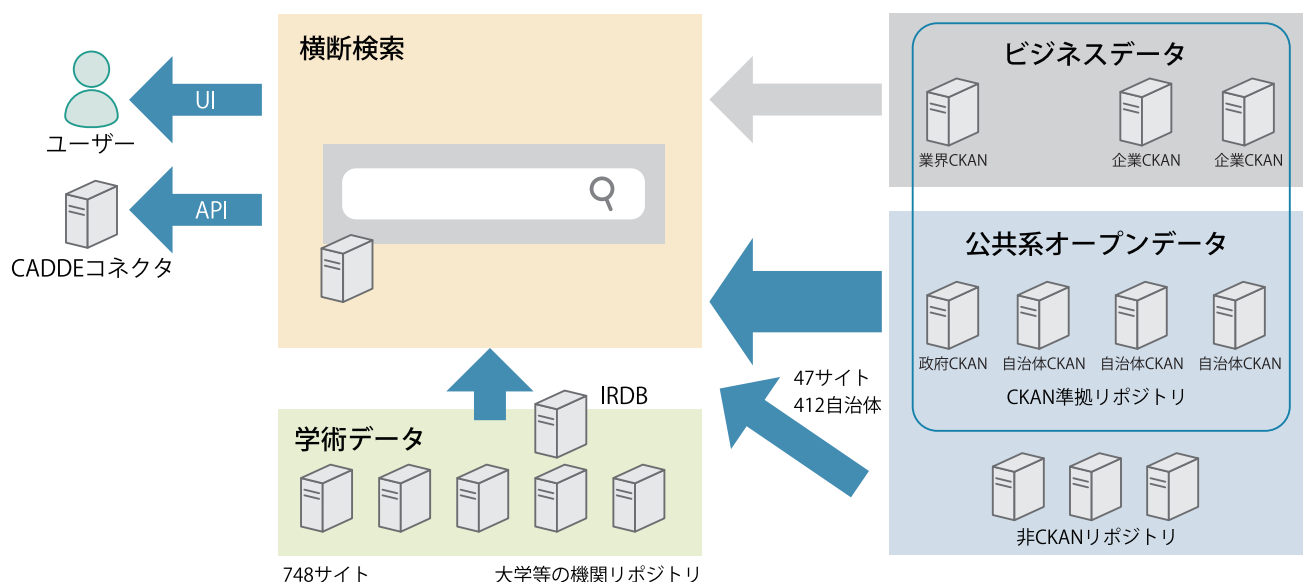


図4 横断検索の概念図

制語彙作成支援ツールでもサポートされており、この形式で2つのシステムはAPI連携する。このほか、RDFSやOWLで書かれた語彙全般、JSONスキーマも登録可能である。また、語彙共有を促進するため、ダブリンコアなど汎用のスキーマや統計LODの語彙なども事前に登録されている。

語彙リポジトリの基本インターフェースは検索画面であり、ここでキーワードなどを入力して登録されている語彙を発見する。その語彙で内容を確認し、必要であればダウンロードできる。語彙の登録においては、まずユーザー登録を行い、その上で自ら語彙データをその語彙に関する説明（メタデータ）と共に登録する。また、必要であればその語彙のprefix（接頭辞）を新たに取得できる。

### 3) 認証認可機能

有償・非公開データを契約に基づいて利用者に提供するための、標準仕様に基づく認証認可の連携仕様を策定し、アクセス制御を必要とするデータ交換に対応する認証機能および認可機能を2021年度に開発した。

2022年度は、社会実装を見据えたCADDEの高セキュリティ化として、多要素認証や認可の分散化を行った。

## (3) 支援ツール群機能開発

### 1) データカタログ構築支援機能

分野ごとにデータカタログの項目やルールについては異なっているのが現状であり、異なる分野のデータカタ

ログの内容が理解しにくい課題への対応ため、国際的な標準（W3C DCAT）に基づいて、部門を横断しても理解しやすく共通的に利用できるデータカタログ項目を策定した。また、単なる共通化だけではなく、分野をまたがって検索する際に、必要となる項目として精査を実施した。

なお、精査を実施しても、必要なデータカタログ項目は89項目と多い状態であり、データを提供する人がデータカタログを作成する負担が多いため、機械学習を利用し、入力値を推測して提示する等の負担軽減のための仕組みを備えた支援ツールとして、カタログ作成ツールを開発した。これにより、データカタログ作成の工数を最大62%削減する効果が見られた。

### 2) 統制語彙作成支援機能

コーパス構築の調査の結果、著作権者からの利用の許諾といった著作権処理を非常に注意深く行う必要があり、また収集するコーパスに偏りがないよう注意する必要があることが分かった。著作権処理に関しては人間系で行わざるを得ず、技術的な解決は難しい。よく行われる手法としてはオープンソースソフトウェアの開発で用いられているコントリビューターライセンス同意があり、多人数の協力によるデータ生成の場合は権利譲渡のルールを事前に明記し、それに合意した上で作業を実施する方法がある。そのため、著作権処理は本研究の対象外とした。さらに、各分野で作成されている語彙の調査の結果、「語彙」として作成された用語の集合の構造が

それぞれ異なり、用語の一覧やその説明まで含めた辞書、または表形式データのスキーマに相当するものやそのデータ型まで規定されているものなど、オントロジースペクトラムという光の波長分解のようにさまざまな粒度を持つことが分かった。

語彙を構築する過程では、その分野の専門家と知能情報処理の専門家が共同で数か月かけて構築作業を行っており、その作業の基礎となるデータに、テキストデータのみならず、表形式データやデータベースのスキーマなど、統計学的機械学習の学習に適さないものも多く見られた。各用語やスキーマと IMI 共通語彙基盤のコア語彙との対応関係であるマッピングを行っている語彙は、調査した中では存在しなかった。さらに、時間が経つと新しい用語が出てくるため、語彙を一度作成して終わりではなく、語彙の更新が必要なことも分かった。

そこで我々は、各分野での語彙と共通語彙基盤のコア語彙のマッピングが実現可能であるかどうかを検証するため、ものづくり分野を例にとり、分野に紐づかないコーパスで学習した類似用語検索エンジンにより、定量的にマッピング精度を計算した。正解となるマッピングは、事前に手作業で作成した。その結果、検索結果の最上位は事前に手作業で設定した用語が出ることはほとんどなく、完全な機械処理ではマッピングできないことが分かった。

上記の調査および検証結果から、我々は機械処理のみによる語彙マッピングの方針を転換し、各分野での専門家の語彙作成を支援する機能の開発を目指した。オントロジースペクトラムの中でも最も構造が単純であり、すべての語彙作成の入口となる、同義語や上位語を定義した統制語彙の作成を支援することとした。

我々は新語に追従するために、分野の専門家のみでも統制語彙が作成できることを要件とし、語彙作成の作業負担を軽減する GUI ソフトウェアを作成した。開発したソフトウェア「Controlled Vocabulary Designer (CVD)」は、マウス操作のみで同義関係・上下関係が設定できる。AI による同義語や上位語の推定結果や、既存語彙の情報を参考にしながら操作が可能である。また、CVD では、作成した統制語彙を機械可読性の高い SKOS という、RDF 形式で出力できる。RDF を用いれば、全体部分関係 (part-of 関係) や属性関係 (attribute-of 関係) といった、より詳細な関係性を記述していく際の橋渡しを担うことが可能である。一方で、SKOS は人が見た際の一覧性に乏しく、分野の専門家が作業結果を確認した

り、ほかの人がレビューをしたりすることが難しい。そこで我々は、SKOS のサブセットとなる CSV フォーマットを定義した。同フォーマットは、CVD の入出力のみならず、語彙リポジトリの入出力にも対応しているため、作成した統制語彙を広く他分野に公開でき、一方で同一分野内においても複数人で、共同で更新作成作業を行うことが可能である。

CVD は GUI アプリであるため、機能性だけでなく、操作性は非常に重要で、我々は複数の被験者に対して UI/UX の評価を行いながらソフトウェアの改善を重ねてきた。我々が実施した評価実験では、CVD の操作に慣れれば表形式ソフトのみを用いて統制語彙を作成することに比べ、素早く不整合なく作成できることが確認されている。我々は本成果を、オープンソースソフトウェアとして公開した。

上記オープンソースソフトウェアと語彙レポジトリを用いて、いろいろな分野の持つ語彙を公開・共有することで、各分野の持つデータの意味的連携性を高めることが期待できる。我々は、ほかの SIP にご協力いただき、各プロジェクトで保持する語彙の中から、語彙を作成する作業を支援し、語彙を公開していただいた。ご協力いただいた方々に作業実施後にアンケートを実施し、RDF 化された語彙の公開により、データの表記ゆれ抑制やデータの理解に役に立つという意見を得ることができた。

## 4 まとめと今後の展望

### (1) コネクタ機能開発

#### 1) コネクタアーキテクチャ

アーキテクチャとして、各分野におけるデータ流通の仕組みを最大限尊重し、それらを各分野の特性に合わせて分散的に連邦化する、ビルディングブロック型とした。

コネクタのネットワークを通じてデータ交換が実現されることとなり、分散的に存在するデータ提供者とデータ利用者は、それぞれの窓口となるコネクタを用意することでネットワークに参加し、データ交換が可能となる。コネクタ間のデータ交換においては、必要に応じて認証認可や契約管理、来歴管理などの機能が呼び出されて利用される。

また、データ交換のプロセスだけではなく、データ記述語彙の共有からデータ発見、データ変換といった、デ



一タ利活用の一連のフェーズで必要となる機能を支援するツールやサービスも提供しており、幅広い活用が想定される。

その結果、Society 5.0の目指す、さまざまなデータを活用した、新たなビジネスの創出が期待される。

今後については、DATA-EXを推進する団体(p.165参照)による普及促進や、本研究開発に携わった企業・団体による機能拡充、およびサービス提供による社会実装が想定される。

## 2) データ連携契約機能

本機能の提供により、契約を要するデータ交換にも対応できるため、より適用範囲が広がることとなった。今後、データ取引市場の拡大が想定されるため、より広い範囲でのコネクタの普及を想定している。

また、本機能については、GitHubでオープンソースとして一般的に公開しており、さまざまな分野での活用が想定される。

## 3) データ交換機能

一般的なファイル交換プロトコルであるHTTPやFTPへの対応や、認証機能、認可機能との連携により、契約有無、有償無償データなど、幅広いデータ交換が可能となり、安心安全なデータ流通の促進への寄与が想定される。

また、本機能については、GitHubでオープンソースとして一般的に公開しており、さまざまな分野での活用が想定される。

今後については、競争領域において、本機能の提供のみにとどまらず、データの収集・分析等も含めたサービス提供などにより、さらなる社会実装への普及拡大を期待している。

## 4) データ交換機能(NGSI)

スマートシティプラットフォームで広く普及されているFIWAREで使用されるネットワークAPIであるNGSI(NGSI v2)への対応についても、FTPとHTTPと同様に認証機能、認可機能との連携により、契約有無、有償無償データなど、幅広いデータ交換が可能となり、安心安全なデータ流通の促進への寄与が想定される。

また、GitHubでオープンソースとして一般的に公開する点も同様であり、さまざまな分野での活用が想定される。

今後については、機能拡充などを行った上で、サービス提供などによる社会実装を予定している。

## 5) データ来歴機能

分野間における安心なデータ流通・利用の実現に向けて、データを基点として、大元のデータの原本情報およびデータ交換履歴、加工履歴を確認可能とするデータ来歴機能を実現した。本データ来歴機能は、今後の分野間や異なる組織間において転々と流通され改変されていくデータにおいて、データにまつわる各種履歴を、データ利用者から確認可能とするものであり、安心なデータ利用として必須となる機能である。

現在、富士通では本技術を発展させ、新サービス「Fujitsu Computing as a Service Data e-TRUST」として2022年度末より提供開始する予定である。

これにより安心安全で自由なデータ流通の両立を実現し、金融や製造、流通、医療分野などにおけるさまざまな課題解決に取り組む。

## (2) 支援サービス群機能開発

### 1) カタログ横断検索

カタログ横断検索においては、デファクトで使われているカタログサイトのソフトウェアであるCKANに準拠する形でシステムを構築し、その上でいくつか拡張した。結果として、サイト数としては60程度であるが、自治体(市区町村)であれば400弱、数でいえば20%強、人口比でいえば30%強をカバーできた。ただ、これ以上のカバー率を目指すのであれば、CKAN準拠以外のサイトをどう取り込むかを検討する必要がある。

カタログ横断検索の運用においては、基本的には大きな問題はなく、運用そのものは軽微なコストである。しかし、長期運用にあたって運用体制を組む必要があり、これが今後の課題となる。

開発したソフトウェアはオープンソースとして公開している。今後、長期運用にあたっては、ソフトウェア自身の更新も必要となってくるため、その体制も検討する必要がある。

なお、自治体などのオープンデータに加え、学術データを取り込む総合サイトは世界的にも稀有であり、データ利用の可能性を広げたという点で意味がある。

### 2) 語彙リポジトリ

語彙リポジトリ開発においては、語彙の共有と再利

用を目指して、語彙リポジトリソフトウェアの開発と試験運用を行った。語彙を共有するメリットとしては、データの理解の向上、データ作成の簡略化、データの再利用性の向上があり、語彙リポジトリはそのハブ的な役割に期待される。

今回開発されたリポジトリは、語彙記述のデファクトである RDFS/OWL 言語をサポートすること以外に、CSV による簡易フォーマットもサポートしている。このことにより、語彙登録と利用のハードルが下がることが期待される。また、統制語彙作成支援ツール (CVD) と API 連携をすることで、ユーザーが語彙データに直接触ることなく、語彙の登録や利用ができるようになっている。この点も利用促進に貢献すると考える。

語彙リポジトリの運用においては、基本的には大きな問題はなかった。しかし、長期運用にあたっては運用体制を組む必要があり、開発したソフトウェアはオープンソースとして公開している。今後、長期運用にあたってはソフトウェア自身の更新も必要となってくるため、その体制も検討する必要がある。

### 3) 認証認可機能

本機能の提供により、オープンデータ以外にも特定の利用者を識別して提供されるデータの交換にも対応できるため、より適用範囲が広がり、広範囲でのコネクタの普及が想定される。また、本機能については、GitHub でオープンソースとして一般に公開しており、さまざまな分野での活用が想定される。

本機能により、分野間における安心安全なデータ交換が可能となった。

また、各分野における ID プロバイターとのつながりが容易となり、分野間のデータ交換が活性することが期待される。

## (3) 支援ツール群機能開発

### 1) データカタログ構築支援機能

本機能の提供により、データ提供者のデータカタログ作成負荷の軽減が可能となるため、データ提供者の増加が想定される。

また、分野間をまたがった標準的なカタログ項目によるデータカタログサイトが増加することによって、より目的のデータを見つけやすくなり、データ流通そのものの活性化も想定される。

### 2) 統制語彙作成支援機能

オープンソースソフトウェアである CVD を用いることで、分野の専門家がいつでも簡単に統制語彙を作成できるようになった。今回の開発成果は OSS での公開であるため、実際には分野の専門家を使用するにはソフトウェアをインストールする作業が必要となる。より簡易的に使うために SaaS での提供が考えられる。また、今回の実装では一人で作業することを想定していたが、複数の分野の専門家は遠隔地にいることも想定され、遠隔地にいる専門家同士が共同で編集を実施できる語彙リポジトリサービスとのシームレスな連携が考えられる。

今回我々が定義した SKOS のサブセットとなる CSV フォーマットを用いることで、既存の表形式データや文章、PDF で保持され開示してある既存の語彙を同 CSV にコピーし、その CSV を CVD へ読み込むことで、同義語関係や上下関係を GUI 上で可視化し簡易に把握したり定義したりすることが可能になる。また、それを RDF で保存するだけで、ほかの分野の人が理解しやすくなる。このようなデータの解釈可能性を高める作業のハードルを下げることで、今後、さまざまな分野で統制語彙が作成され、機械処理可能なデータが増えていき、データ社会の実現に寄与することが期待される。

## データ連携基盤を活用した取り組み

## 分野間データ連携基盤技術(コネクタ)の運用支援技術開発

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構

- データの利活用に適した表形式データの検索、構造変換、意味解析技術を研究開発し、国際的な評価コンペティションに参加。この評価を通じて世界トップレベルの性能を有することを確認した。
- オープンソースのツールを開発するとともに、これらの要素技術を連携して使用するためのプロトタイプシステムを開発し、開発技術の利用促進を図った。

## 1 研究の目的

本研究開発は、Society 5.0 の時代においてサイバー空間に取り込まれた、さまざまな分野のデータ基盤を連携して活用するデータ編集支援ツール群を研究開発することで分野間のデータ連携を容易にし、データ活用を促進することを目的としている。

Society 5.0 で扱われるデータ空間には多様なデータ提供者とデータ利用者がアクセスするため、やりとりされるデータは、多様な形式や構造、表現が混在することになる。これらのデータを組み合わせて活用するには、データの形式や構造、表現の変換が必要になる。また、これらのデータをコンピューターで効果的に分析する場合には、データに意味を付与することが望ましい。本研究開発では、データ形式の変換技術や類似表現の処理技術、データの意味付与に関する要素技術を研究開発するとともに、各要素技術を連携して活用するデータ編集支援ツールを開発することでデータ活用コストの低減を図った。

## 2 実施期間と方法

## (1) 実施期間

2018 年度～2022 年度

## (2) 実施方法

本研究では、代表的なデータ構造である表形式データを核とし、「データ構造の発見による構造変換支援」、「意味と構造を利用したデータ発見支援」、「語彙知識とデータの関係の学習によるデータの意味同定」の三つの要素技術の研究開発に取り組む。また、これらの研究開発の成果を連携させる「データ編集支援ツール TableLinker」のプロトタイプシステムを開発する。さらに、自治体を実証フィールドとした「実データを用いた研究開発技術の検証」を行い、その結果をフィードバックして、要素技術および編集支援ツールを改良する。図 1 に、表形式データを核としたデータ編集機能の構成を示す。

## 1) データ構造の発見による構造変換支援

明示的な構造を持たない文書などを含む、多様なデータソースを解析して表形式データに変換することにより、データソースとして想定できるデータの範囲を拡大する。オープンデータにはエクセルや CSV\*1 といった

\*1 各項目間がカンマ(,)で区切られたデータ。



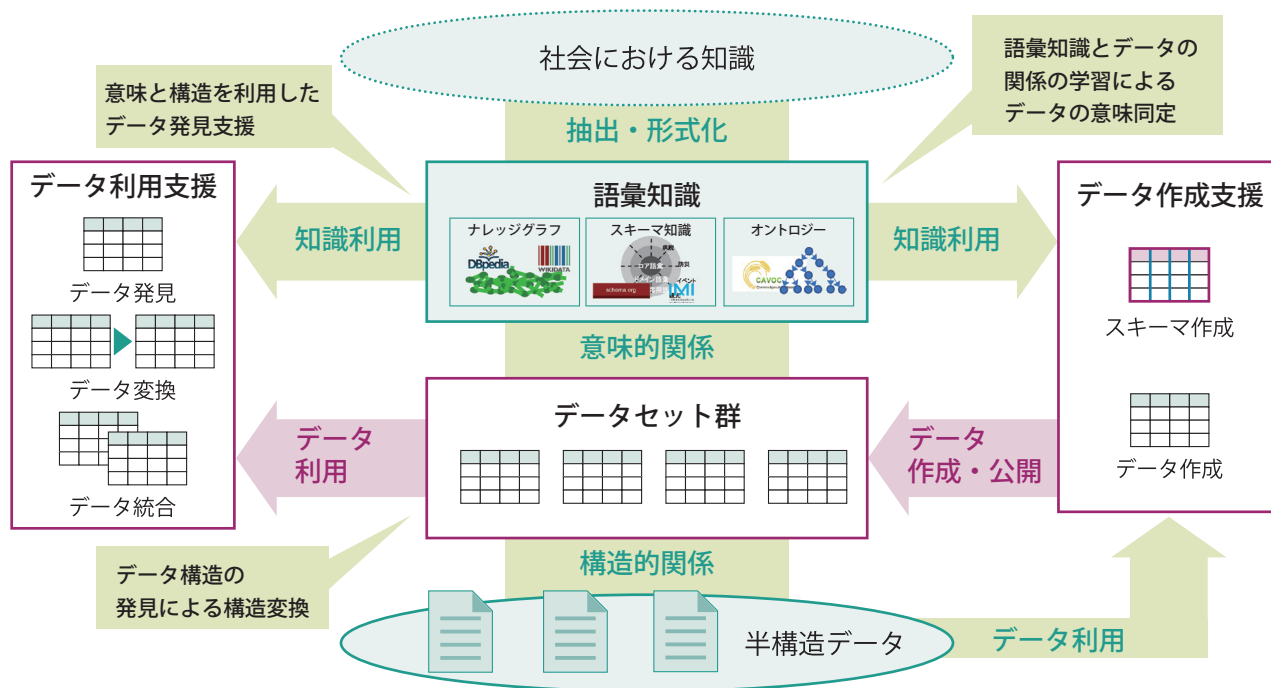


図1 データ編集支援技術群の概要

表形式データに加え、ワードなどの文書にデータが埋め込まれていることも多い。本研究では、オープンデータに含まれる割合の多いPDFから、表形式データを抽出する技術に取り組んだ。

まず、PDFファイルの各ページを分析し、タイトル、パラグラフ、図、表といった文書の構成要素に対応する矩形領域を抽出し、表に対応する領域を特定するページレイアウト分析、および表領域抽出法の研究開発を行った。次に、ページレイアウト分析によって得られた表領域から、表を構成するセルや見出しを抽出する表解析技術や、表の埋込み表現技術、および取り込み精度の高い表解析技術を研究した。

精度の高い表領域抽出および表解析技術を実現するには、大規模な訓練データが必要になる。そこでLaTeX\*2などで記述された学術論文のソースファイルと、対応するPDFファイルとの組み合わせによって大規模な評価データセットを作成し、表埋込み表現の学習に用いるとともに、その精度評価を行った。

## 2) 意味と構造を利用したデータ発見支援

ユーザーの入力から検索要求を推測して、データカタログの語彙やメタデータ構造に対応付けすることで適切

な検索コマンドを生成し、データの利用や登録を支援することを目的とする。このために、自然言語解析技術を利用した、類似データ検索機能の高度化に関する研究開発に取り組む。2019年度までの研究開発において、自然言語処理分野の深層学習の適用によって、データ発見の機能が高度化できることを確認した。これを踏まえ、2020年度以降では、まず、ユーザーのクエリから表形式データを検索するコンペティション型の研究に参加し、「3) 語彙知識とデータの関係の学習によるデータの意味同定」と連携して検索機能の高度化モジュールを開発し有用性を検証した。また、類似構造化データの発見と自動マッピング機能を開発して、「1) データ構造の発見による構造変換支援」と連携して公的機関のオープンデータを用いた実証を行った。さらに、自然言語文によるユーザーの問い合わせを解析して、データベースクエリに自動変換する意味解析技術の研究に取り組んだ。特に、これまでの技術では扱うことが難しかった、表形式データ中のデータ値に関する条件を考慮した解析技術を開発し、国際的なチャレンジデータセットを用いて有効性を検証した。

\*2 テキストベースの組版処理システム。

### 3) 語彙知識とデータの関係の学習によるデータの意味同定

データベースのデータや表計算ソフトウェアのデータなど、表形式データは分野横断型データの利用において重要なデータである。ここでは、多様な表形式データの意味を同定することで、分野横断型データの利用を促進する仕組みを確立した。

表形式データの意味同定の原理としては、ナレッジグラフ\*3に格納された語彙知識と個別のデータの関係を学習させることで、新規データの意味が語彙知識を用いて説明できるようにした。語彙に含まれる用語ごとに、用語を用いて記述されているデータ(文字列、数値)を収集して機械学習を行うことで、新規データの各部分ごとの用語に対応しているものかを判定した。この結果、類似するデータの発見や重複する項目を用いたデータの統合、拡張が可能になる。

まず、表形式データの意味的アノテーションの基礎技術を確立し、コンペティション型の研究企画への参加を通して技術の評価した。この基礎技術に基づき、ユーザーおよびシステムから利用可能な表形式のアノテーションを行うプロトタイプシステムを開発した。

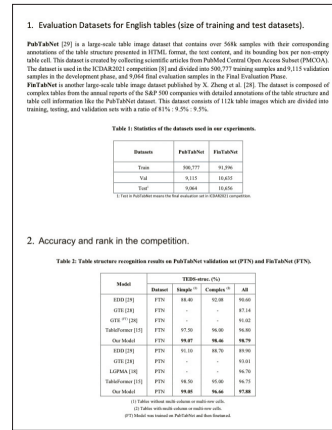
### 4) データ編集支援機能の実装

「データ構造変換」、「データ発見」、「意味同定」の各支援機能を組み合わせ、利用者が持つデータをコネクタに提供可能なデータに変換する過程、およびカタログ横断検索結果をまとめるデータ加工過程を、表形式データを介して支援する「TableLinker」を実装した。

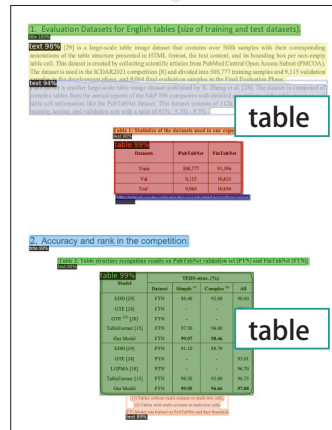
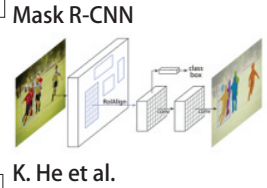
まず、利用者が表形式データをアップロードして加工するために必要となるユーザー管理、データ検索、データのインポート/エクスポート機能を設計・実装し、外部からアクセス可能なクラウド上にプロトタイプシステムを設置した。次に、データ作成・加工を支援する共通テンプレート、および類似データ検索機能やデータ変換・加工機能の研究開発を行って実装した。

### 5) 実データを用いた研究開発技術の検証

2020年度は、2019年度にデータ連携の試行を実施した札幌市を中心とする地域での実証環境を用いて、異分野データの新たな連携の発見とデータ統合を対象に、1) から 2) での開発技術の検証を実施した。ここでは、



- ・ ページ分割
- ・ 領域分類



- ・ セル抽出
- ・ セル文字認識
- ・ 表構造抽出

Datasets	PubTabNet	FinTabNet
Train	500,777	91,596
Val	9,115	10,635
Test <sup>1</sup>	9,064	10,656

Table image with detected cell bounding boxes

Model	Dataset	TEDS-struc. (%)		
		Simple <sup>(1)</sup>	Complex <sup>(2)</sup>	All
EDD [29]	FTN	88.40	92.08	90.60
GTE [28]	FTN	-	-	87.14
GTE <sup>(FT)</sup> [28]	FTN	-	-	91.02
TableFormer [15]	FTN	97.50	96.00	96.80
Our Model	FTN	<b>99.07</b>	<b>98.46</b>	<b>98.79</b>
EDD [29]	PTN	91.10	88.70	89.90
GTE [28]	PTN	-	-	93.01
LGPM [18]	PTN	-	-	96.70
TableFormer [15]	PTN	98.50	95.00	96.75
Our Model	PTN	<b>99.05</b>	<b>96.66</b>	<b>97.88</b>

Predicted Table HTML (view on Web browser)

図2 表領域抽出と表解析

\*3 さまざまな知識を体系的に連結し、グラフ構造で表した知識ベース。

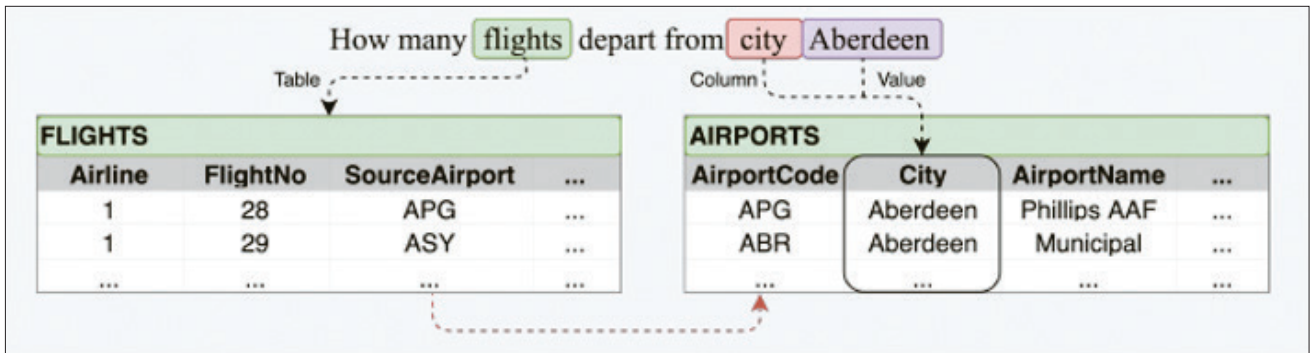


図3 ユーザークエリの言語解析

2019年度に用いた札幌市オープンデータを中心とする公的データと、流通分野（コンビニエンスストアやドラッグストアなどを想定）のデータ、および収集した道路・交通状況などによる交通流データと連携し、行政や事業者などに有用なデータ統合を各者の協力のもとで検証した。また、これらの分野間データ統合の他地域への展開、および地域間連携の検証のための実装を行う。

2021年度は、以上の活動を継続するとともに、地理空間上での情報統合において、各分野での業務や分野間での連携に重要な「路線」に着目し、分野間連携の基盤データとしての路線網データ標準を作成した。また、市民や来訪者に対して各種情報を提供するスマートシティアプリケーションにおいて、自治体が有する各種情報の統合に1)から3)での開発技術を適用した。さらに、以上の検証を反映させ、公開用に路線網データ標準を作成するとともに、スマートシティアプリケーション向けの複数分野データ統合ソフトウェアをパッケージ実装した。

## 3 研究の成果

### (1) データ構造の発見による構造変換支援

PDF ファイル中に現れる表の抽出および抽出された表から、セルや行、列を抽出することを目的とした深層学習モデルを構築した。このモデルは、「①表構造全体の構造解析」、「②表に含まれるセルの抽出」、「③セル中の文字認識」を行うネットワークから構成される、マルチタスク型の深層学習モデルとなっている（図2）。

この分野の代表的な評価データセットであるICDAR2021 評価用データセットを用いて分析性能を評価し、ICDAR2021 コンペティションにて最も性能の良

かった手法と同程度の96.2%の精度を達成した。また、日本語表形式データの解析に適したモデルを構築するために、Wikipediaから表形式データを抽出し、評価用データセットを構築した。このデータを用いて日本語用のモデルを学習し、92.6%の精度を達成した。

### (2) 意味と構造を利用したデータ発見支援

単純なキーワード検索では見つけられないデータの発見を容易にするため、埋込み表現を用いた意味検索手法を開発した。国際的なコンペティションで、7評価指標のうち6つで参加チーム中トップレベルの性能を達成した。表形式データ連携のため、埋込み表現を用いた項目マッピング機能を開発・実装して自治体オープンデータに適用し、医療機関のオープンデータ116件に対してマッピング結果を検証したところ、96.4%の項目が人手によるマッピング結果と一致することを確認した。

また、自然言語によるユーザー問い合わせの意味解析の研究開発では、データ値を考慮した解析モジュール（図3）を実装して、この分野の代表的な評価データセットであるSPIDERデータセットを用いて、従来モデルの性能が提案追加モジュールにより2%向上することを示した。

### (3) 語彙知識とデータの関係の学習によるデータの意味同定

異なる情報源から得られたデータを連携して機械可読性を高める、表形式データのアノテーション技術は、人手による登録・検索作業コストの低減に重要な技術である。この技術に関しては、数値データ項目理解に関する独自のアルゴリズムと、表理解の独自の再帰的統合処理を研究開発してきた（図4）。Semantic Web Challenge on Tabular Data to Knowledge Graph



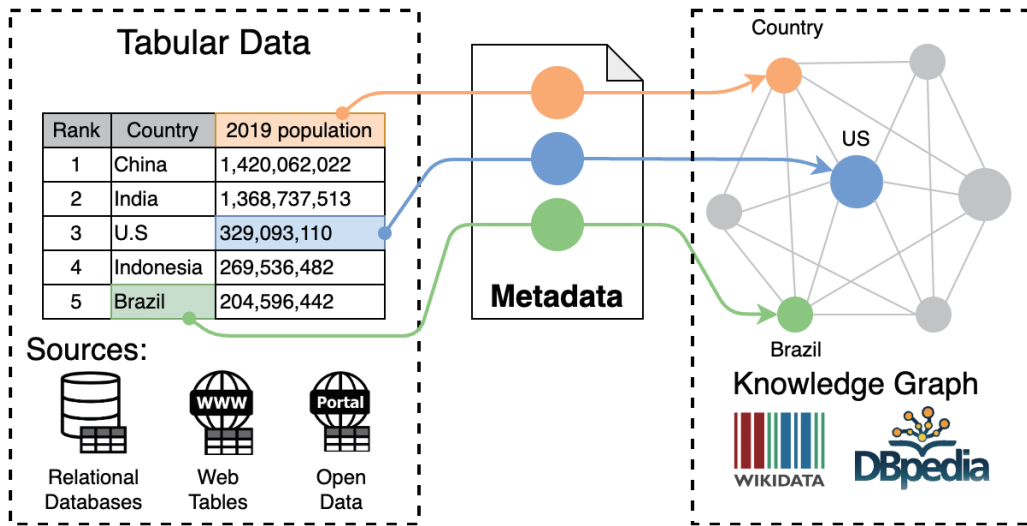


図4 表形式データの意味的アノテーションの役割

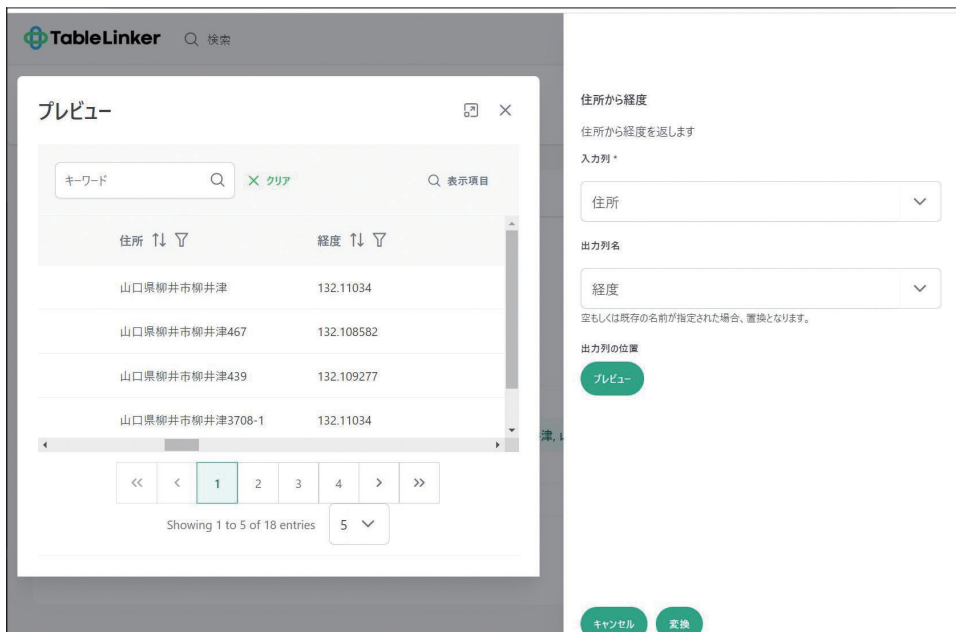


図5 開発した TableLinker

Matching (ISWC2019、2020、2021) のチャレンジに参加して、2019年と2020年には総合1位、2021年は usability 部門1位、accuracy 部門2位と評価され、世界トップレベルの性能を継続して達成した。

このアルゴリズムを用いた表形式データのアノテーションシステムを開発して試験公開を行い、ユーザー向けインターフェースとシステム連携のためのAPIを提供した。

#### (4) データ編集支援機能の実装

データ構造変換、データ発見、意味同定の各支援機能を組み合わせ、利用者が持つデータをコネクタに提供可能なデータに変換する過程、およびカタログ横断検索結果をまとめるデータ加工過程を、表形式データを介して支援する TableLinker を設計した。表形式データのデータ形式・文字コードのエラー検出機能の強化や、表形式データの意味型の登録機能、基本フィルタを用いたデータ変換などを円滑に利用するためのUIの設計および実装を行うとともに、(1)、(2)で開発した類似構造データの発見と自動マッピング機能および(3)で開発した表形式データの同定技術との連携モジュールを開発実装した。

#### (5) 実データを用いた研究開発技術の検証

コネクタ機能ツールおよび運用支援技術の実データ、実問題における技術検証を想定し、流通分野、モバイル分野、および公共分野での各データの統合に基づくマーケティング分析事例を踏まえた、分析システムのプロトタイプ化を行った。

まず、流通分野におけるコンビニエンスストアのID-POSデータ、モバイル分野のスマートフォンアプリによって広く収集されるポイント型の流動データ(緯度経度で位置が取得されたデータ)を導入し、その地域の自治体オープンデータと連携させた。次に、これらの事例を踏まえ、データ統合によるサービス効果を評価するための地理情報を考慮した、時系列データの分析プロトタイプシステムを作成した。

オープンイノベーションの創出と社会実装の推進を目指した、新規サービス構想に資するユースケース整備は、2020年度からこの「実データを用いた研究開発技術の検証」と一体で進めてきたが、2021年度は、複数の自治体にてそれぞれ作成されるコンテンツの統合タスクにおいて、TableLinkerを用いた統合支援技術とシステム

の導入検討を進め、システム開発に着手した(図5)。

また、さいたま市のスマートシティ基盤を活用したアプリケーションにて、関連自治体などのコンテンツのCADDE(Connector Architecture for Decentralized Data Exchange)を適用した統合利用のためのシステム構成を検討した。

## 4 まとめと今後の展望

表形式データの構造変換支援技術として、PDF文書から表形式データを抽出する技術を研究開発し、国際会議のコンペティションで使用された評価用データセットを用いた実験でトップレベルの表解析性能を有することを確認した。オープンソースのライブラリとして公開し、普及を図るとともに、利用者からのフィードバックを得て技術の改良を継続する。

意味と構造を利用したデータ発見支援においては、当初計画通りに機械学習を用いた類語推定技術に基づく表形式データの検索を実現し、国際的なコンペティションでトップクラスの性能であることを示すとともに、表形式データ構造へのマッピングにも適用し、代表的なベンチマークセットを用いて有効性を示した。ただし、自然言語文による複雑な問い合わせの解析を実用レベルにするには、さらなる研究開発が必要である。

語彙知識とデータの関係の学習によるデータの意味同定においては、当初計画通りに大規模知識ベース(Wikipedia、DBpedia、Wikidata)を用いた表形式データへのアノテーションを実現し、世界トップクラスの性能であることを示した。

また、UI付きのシステムも開発し、任意のデータが動作することを確認した。ただし、ベースとなる知識ベースは、日本国内に関する情報が必ずしも潤沢とはいえないため、こういった情報を知識ベースに追加で入れていくことが必要となる。

データ連携基盤を活用した取り組み

# 分野間データ連携基盤技術（コネクタ）の有効性検証

SBテクノロジー株式会社、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所、国立大学法人東京大学、JIPテクノサイエンス株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ

- SIPにおける成果の社会実装を見据え、コネクタ導入に向けた課題を機能開発側にフィードバックするため、交通と行政分野間で実証した。
- 自治体にてコネクタを利用し、民間事業者の行政・交通データを活用して検証を行い、効果を抽出した。
- コネクタと学術情報ネットワーク（SINET）との連携を想定したアプリケーション（リアルタイムデータ連携による長周期地震動予測および映像データをもとにしたバイオメカニクス情報の抽出）を整備した。
- 路線網データ基盤とコネクタを連携した、道路周辺空間情報の分野間データ連携への活用手法について検証を行い、効果を抽出した。

## 1 研究の目的

組織や業界の壁を越えたデータの流通と活用により、人間中心の社会（Society 5.0）を実現するには、技術開発のみならず、技術開発によって得られた成果について、想定されるユースケース等を通じた有効性の検証が必要である。

特に、分野間データ連携基盤技術は、その性質上、分野を超えて広く活用されるべきものであるため、さまざまなフィールドでの検証が必要である。

本研究においては、行政・交通分野、社会インフラ分野、地理空間情報分野および学術分野において、多様なデータを活用した新たなビジネスモデルの策定やサービス、アプリケーションを開発し、それらについて有効性検証を行うとともに、分野間データ連携基盤技術についての課題等を抽出し、技術開発側へとフィードバックすることで、分野間データ連携基盤技術の社会実装を踏まえた上での機能改善等を目指している。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

#### 1) 行政・交通分野のデータ連携実証

行政・交通分野のデータ連携実証の初年度（2020年度）は「CADDE（Connector Architecture for Decentralized Data Exchange：分散型データ交換のためのコネクタ・アーキテクチャ）」を利用して、防災データ（ハザードマップ、気象データ）を取得し、既存のスマートフォン向けナビゲーションサービスの交通分野の情報に重畳させる実証と検討会を行った。災害時の避難経路を検討する際、スマートフォンのナビゲーションにハザードマップなどを表示させ、有益性を確認した。また、データ提供者が、データセット作成業務やデータカタログ作成支援業務などにおいて、データカタログ検索機能やデータカタログ作成支援機能を利用したときの効果や課題の抽出を行った。その際、データ利用者が、既存サービスにコネクタを実装したときの効果や課題の抽出、業務工数を測定した。



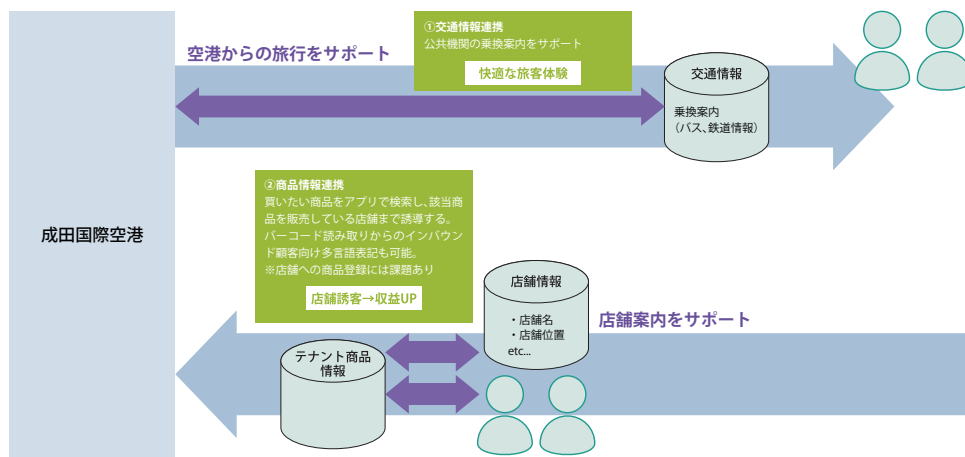


図1 成田国際空港で実施された実証実験

次年度(2021年度)では、自治体が保有するEV公用車の電力消費量やソーラーカーポートの再生エネルギー発電量のデータを、コネクタのデータ交換機能(HTTP、NGSI)で収集し可視化を実証した。4つの自治体(会津若松市、水戸市、多治見市、加古川市)を対象に、EV公用車から取得した走行実績やCO<sub>2</sub>排出量などの情報を、可視化ツールのレポート画面で閲覧することで、データ活用による効果を確認した。また、自動車メーカーは公用車データの流通状況を来歴管理機能で把握し、データの不正利用に関する有効性を確認した。

2022年度は2021年度のCO<sub>2</sub>削減量の見える化だけでなく、CADDEを利用して電力・交通などのデータを収集し、BIツール\*1などでCO<sub>2</sub>削減のクロス分析(分野間を掛け合わせて分析)を深掘し、温室効果(GHG)プロトコルにおける、Scope2の範囲拡大(+施設)とScope3のレファレンスモデルの検証(2021年度はScope2のみ)を行った。

## 2) 路線網データを核とするデータ連携実証

ID-POSと地理情報を組み合わせた顧客購買分析を具体的な課題として取り上げ、データ加工支援ツールを適用する際のデータセット検索技術の課題を整理するとともに、地理情報を考慮した時系列データの分析プロトタイプシステムを作成した。

また、インフラ点検などに必要な情報を登録可能な路線網データ標準の構築、分野間データ共有用の道路周辺空間構造物の情報をAIで抽出するエンジンを構築し、路線網データの上に抽出した各種道路周辺情報をコネク

タ機能によって付加していく仕組みを構築した。

あわせて、語彙リポジトリと横断検索機能を活用して、道路名称(呼称)がユーザーによって異なる場合でも、インフラに関連する有効なデータが収集できるか調査を実施した。

## 3) 地理空間情報分野のデータ連携実証

2018年度から2019年度には、以下に示した交通結節点におけるサービスモデルの策定を実施した。

具体的には、成田国際空港株式会社(NAA)からの協力のもと、今後の実用サービスとしての展開可能性も視野に、空港の利用客に交通情報と店舗・商品情報を提供するサービスの評価を実施した(図1)。

2020年度には、2019年度の検討を踏まえて移動支援を行うサービス実証を行った。

NAAにおいては、ターミナル内の旅客混雑が懸案となっていることから、外国人観光客を主要ターゲットとして「リアルタイムの交通機関のイレギュラー情報をもとに、異常時も通常時と変わらず空港利用者の第1次交通手段の選択をシームレスに」をコンセプトとする移動支援Webアプリケーションを開発し、サービスの有効性を確認するため、実地での利便性の検証およびCADDEのコネクタ機能有効性の検証を実施した(図2)。

2021年度には、空港内の人流分析およびその結果の可視化を行うサービス(人流分析サービス)の有効性検証と、同サービスに必要なCADDEコネクタの機能検証を行った。

サービスの有効性検証においては、成田空港内の商業

\*1 さまざまなデータを分析・見える化して、経営や業務に役立てるソフトウェア。



図2 開発した移動支援 Web アプリケーション

施設エリアへの人流の効果的な誘導を支援することを目的に、人流分析サービスの有効性について評価した。

CADDE コネクタの機能検証においては、CADDE コネクタの機能のうち人流分析サービスに必要となるデータ交換機能、カタログ作成支援ツール、来歴管理機能の三つの機能の有効性検証を実施した。

#### 4) テストベッドとしての活用を想定した学術情報ネットワーク（SINET）との連携技術

##### ① PoC アプリケーション 1

2020 年度には、防災科技研や気象庁、国立大学などが整備する地震観測点からの地震データを、SINET および気象庁が整備する JDXnet（全国地震観測データ流通ネットワーク）によってリアルタイムに収集し、3次元強震動シミュレーションにリアルタイムデータ同化を融合させた、新しいシミュレーション手法の研究開発を実施した。

具体的には、Oakbridge-CX（大規模超並列スーパーコンピュータシステム）上で、東京大学地震研究所が開発した Seism3D/OpenSWPC-DAF（Data-Assimilation-Based Forecast）コードを連動して実行するフレームワークを改良し、2007 年新潟県中越沖地震に対して疑似リアルタイムで実行できることを確認。さらに、リアルタイムへの対応コードの開発を行った。

2021 年度には、長周期地震動の予測と災害軽減に向け、JDXnet の観測結果を SINET 経由で活用する、3次元強震動シミュレーション・リアルタイムデータ同化融合による、新しい予測手法の研究開発を実施した。

2021 年 5 月に運用を開始した「計算・データ・学習」融合スーパーコンピュータシステム（Wisteria/BDEC-01）において、革新的基盤ソフトウェア h3-Open-BDEC を整備し、フィルタリングやデータ同化、3次元シミュレーションという複雑なプロセスを、スーパーコンピュータ上でシームレスに実施できることを検証した。さらに、処理データや入力モデル、計算結果などをコネクタ経由で利活用する手法について検討した。

##### ② PoC アプリケーション 2

2020 年度は、複数のビデオカメラの映像から深層学習と骨格モデルを用いてモーションキャプチャを行う技術、および運動・バイオメカニクス解析を融合するために、深層学習に基づく画像解析や骨格の 3次元再構成、運動解析、バイオメカニクス解析までを一気通貫して計算するサービス型ソフトウェアを開発した。

東京大学情報基盤センターの Reedbush-L などの GPU クラウド計算機システム上での導入・運用の便利さを考慮し、Linux 上のコンテナ型アプリケーション実行環境である Docker および Singularity を採用して開発した。

2.3K カメラを 4 台を用いて 120fps で撮影した映像を圧縮してキャリブレーションデータと共に転送し、処理時には解凍、画像抽出、歪補正を行った上で上記の一気通貫サービスで処理できる。

2021 年度の研究成果は次のようにまとめられる。

- ビデオ映像から身体運動、筋活動までの計算を一気通貫で完全自動化した。
- 身体運動、筋活動の計算結果を直ちに時系列データベースでデータベース化し、計算直後のデータ検索を

可能にした。

- データベース可視化システムを連動させ、計算直後のデータ検索結果をグラフ表示して運動を観察できるようにした。
- ビデオ映像からデータベース化、グラフ表示までをノンストップの完全自動で行うサービスをクラウド上に実装した。

## 3 研究の成果

### (1) 行政・交通分野のデータ連携実証

2020年度はCADDEを利用して防災データ（ハザードマップ、気象データ）を各自治体から収集し、データカタログ作成業務において、データカタログ検索機能やデータカタログ作成支援機能を利用してスマートフォン向けナビゲーションサービスの交通情報に重畳させる実証を行った。2021年度では、EVデータの流通履歴を記録、管理する来歴管理システムとCADDEコネクタを連携させ、各自治体が保有するEV公用車の電力消費量やソーラーカーポートの再生エネルギー発電量などのデータを収集して、データ可視化ツールを用いて各車両のCO<sub>2</sub>排出量やガソリン車と比較した場合のCO<sub>2</sub>削減量を閲覧可能にした。CADDEを利用して、他分野で収集した多様なデータを活用することで、EV移行の動機付け、職員の環境意識向上への寄与など、ゼロカーボンシティ施策の推進に効果があることを確認した。

#### 1) 実証による有効性確認

##### a. CADDEについて

データ収集・可視化については、防災データ（ハザードマップ、気象データ）、EV公用車、ソーラーカーポートのデータを収集する際に横断検索機能を利用し、データが容易に見えてきた。また、検索した複数のデータをCADDEで収集した際にデータ項目がバラバラであるため、データカタログ作成ツールを利用し、カタログの統一が容易にできた。データの発見から作成、収集、可視化までCADDEの機能を利用し、データ連携をする際の効果を確認した。効果の指標については、ISO25023の項目を流用し、評価した。

##### b. ゼロカーボンシティ推進施策について

EV公用車ごとの移動データを随時取得することによる車両の稼働管理の効率化、ガソリン車と比較したCO<sub>2</sub>

削減量についてゼロカーボンシティ推進施策につながるダッシュボードを作成し、4市で可視化して比較できるようにした。

#### 2) 実証結果

##### • CADDEの機能有効性評価結果

CADDEの有効性については7段階評価で5～7と高い評価であったが、快適性は4以下となり低い評価となった。快適性が低い理由として、データ収集する際にコマンドラインの実行であったため、CADDEをラッピングするUIが必要であると考える。

##### • 18自治体のアンケートでの評価

CADDEの社会実装推進の課題を明確にするため、本実証実験の結果を18自治体に展開し、CADDEへの期待、利用時の課題、要望などをアンケートした。

期待として、単独データではなく、ダッシュボードなどでほかのデータと重ね合わせて分析することで、SDGsにおけるさまざまな可能性を探ることができるという回答を得た。さらに、交通や環境に限らず、都市計画や防災、災害対応、健康、医療、介護分野など、分野や組織を超えたデータの活用や連携にはCADDEは有効であり、新たなサービスの創出につながるといわれるといった、ポジティブな回答を得た。

利用時の課題として、自治体はデータ活用が黎明期であるため、活用が進むまでには人材育成と、業務推進方法の見直しなど課題が山積という状況があり、ゼロカーボンシティ施策、CADDE双方に求めるものは同様であった。

自治体の交通・環境政策およびCO<sub>2</sub>見える化におけるCADDEの活用に関する質問に対しては、CADDEも含めたデータ収集の自動化に対する期待が感じられた。

防災分野の課題では、通行情報（通れた道など）等の情報・データは自治体の防災・災害対策に寄与するものと思われるが、課題としては、どこに掲示するのか、データの信頼性はだれが担保するのかというデータの信頼性に関する意見があった。

自治体の脱炭素（環境分野）の課題として、

- 庁内のCO<sub>2</sub>排出量の算定にあたって、各部署（各施設）からの電力・燃料使用量などのデータ収集、エラーチェック、集計作業に多大な時間と人員が必要
- データを収集する人手に関連する部局との調整などが大変

などが挙げられており、CADDEの活用によって実際



に業務負担削減が可能であるならば有効ではないかという意見もあった。

CADDE に関する意見としては、実証のユースケースでは自動的にデータ収集が可能になったため、データを収集する人手の削減に寄与でき、この点が評価された。このことから、データを継続的に収集する際に持続性の観点からも手間を掛けずに収集が可能であれば有効であるという、ポジティブな意見が得られた。

これからの CADDE 活用の課題は、

- 自治体の CADDE 導入に向けては使いやすく分かりやすい UI 提供
- 民間企業のサポートや自治体の方が自ら加工作業しなくともデータ連携し、可視化できる仕組み

などが要望として挙げられた。

### 3) 実証システム構築時の課題

開発フェーズでは、自治体によってハザードマップの属性情報項目に違いがあった。オープンデータ化する際

にはカタログ化をする必要があるが、SIP データカタログ項目仕様に従って登録したので、カタログベースでは各自治体のデータは統一化された。

また、EV 公用車の車種によって取得できるデータ項目が異なるため、個々に成形する必要があった。NGSI でのモデルを利用して成形することにより、異なる車種のデータも取り込めた。このような標準化の取り組みをサポートしている CADDE だからこそ、異なる車種のデータ連携を容易に行えることを確認できた。

## (2) 路線網データを核とするデータ連携実証

JIP テクノサイエンスがサービス提供している、スマートフォンによる路面評価システムを用いた社会インフラ+異分野で活用可能なデータ収集手法の検証、および本研究開発で構築する「路線網データ標準」を活用した、地方自治体の業務効率化を実証した。さらに、DATA-EX を利用した分野間データ連携手法のうち、語彙リポジトリを用いた検索機能および分野間データ連携用のカタログ

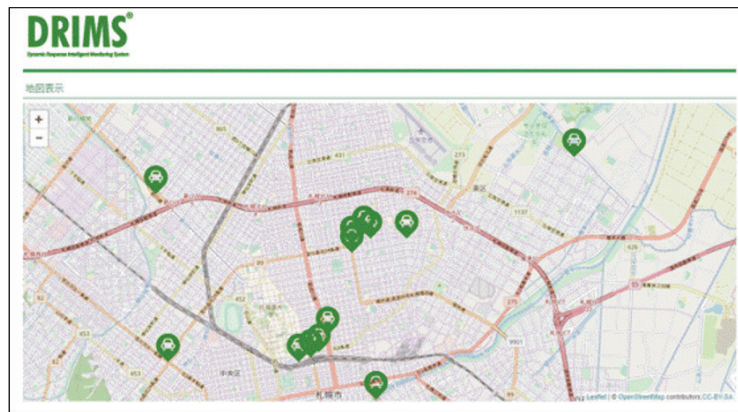


図3 タクシーの位置情報をリアルタイム転送する実証実験



図4 警備会社車両を用いた路面データを収集



図5 道路周辺空間構造物データ

グ作成からデータ提供に関連する機能について実証を行った。なお、これらの実証については、北海道札幌市から市内道路をフィールドとして提供いただいた(図3、図4)。

### 1) 路線網データ標準の構築

CADDE を利用した他分野に提供するためのデータ基盤として、社会インフラ分野で収集した情報である2020年度および2021年度の路面評価システムの計測結果および異分野間とのデータ連携が有用と思われる情報を用いて、路線網単位で登録する「路線網データ標準」を構築した。2021年度からは、道路周辺空間情報として、社会インフラ分野以外の分野間連携に活用可能な情報である「樹木繁茂(防災、消防)」、「標識(警察、安全)」、「スクールゾーン(警察、教育)」等についても路線網情報に紐づけが行えるよう、機能拡張を実施した。

路線網データ標準の機能拡張を行った結果、CADDE のカタログ機能および横断検索機能との連携により、分野間で共有可能な情報の蓄積・抽出を容易に行うことが可能となった。

### 2) CADDE 検証用データの整備

本研究開発で開発された CADDE 検証用の分野間連携に使用するデータ群として、JIP テクノサイエンスが保有する AI 画像診断手法のノウハウを応用した、道路周辺空間構造物データ(樹木繁茂、標識、スクールゾーン)の整備を2021年度および2022年度に行った(図5)。

道路周辺空間構造物のデータ整備を行うことにより、従来の社会インフラ用データ収集(路面・舗装)を行う

際に、あわせて樹木繁茂、標識等の分野間で活用可能なデータについても一括で収集することができ、CADDE での提供用データの作成が容易となった。また、SIP への協力として、札幌市の観光分野から飲食店等の情報を提供いただき、路線網と観光情報を紐づけた情報を CADDE のカタログ機能上で共有・提供し、観光ルート上でのさまざまな情報(バリアフリー、工事情報等)を利用者が活用できることが検証できた。

### 3) CADDE の活用

CADDE 上でのデータ活用検証として、2022年度に提供者(自治体:札幌市)コネクタおよび利用者(警察、消防など)コネクタを仮想的に構築し、路線網データ標準に格納されたデータ群を活用した、分野間でのカタログ検索、データ提供機能の運用を検証した。

CADDE のカタログ検索機能については、語彙リポジトリを活用することにより、道路の道路名(道道○号線)、通称名(札幌大通)等、語彙が異なった場合でも、必要とする路線網データ基盤内の情報を検索・抽出ができることを検証した。

語彙リポジトリの検証結果を横断検索機能に適用した結果、分野間の各プレイヤー(防災・安全・教育・観光等分野の関係者)が語彙の相違を吸収し、かつカタログ機能を介して必要なデータを効率的に提供することが可能となり、CADDE 上で双方向に連携できることを確認した。

### (3) 地理空間情報分野のデータ連携実証

2020年度は、分野間データ連携を前提とする移動支



援 Web アプリケーションを開発し、同アプリケーションを用いたサービスとしての有効性、および同サービスの機能要素として CADDE コネクタのデータカタログ検索機能、データ変換機能、データカタログ構築支援機能の効果を確認できた。

具体的には、サービスとしての有効性について、災害時に有用な情報が収集できる仕組みが評価され、分野間データ連携に対するニーズを把握できた。

CADDE コネクタの機能のうち、データカタログ検索機能においては、従来のブラウザ上での検索エンジンを利用する場合と比べて、データ収集時間の大幅な削減が可能であることが明らかになった。データ変換機能についても、Web などからデータ提供するケースと比較して作業プロセスが少なくなり、所要時間の削減が可能になるとともに、データ提供数が多く、さらに運用期間が長いほどその効果が大きくなることが明らかになった。

データカタログ構築支援機能については、CKAN を利用したときと比較して入力にかかる時間（1項目当たりの入力時間）に変化はなかったものの、入力補助機能によって登録するデータの表記ゆれが起りにくくなる利点があることが確認できた。

2021 年度は、複数分野のデータを用いて分析を行う「人流分析サービス」を、国際空港をフィールドとして実証した結果、同サービスの利用における有効性および同サービスで用いられる CADDE コネクタの機能として、データ交換機能やカタログ作成支援ツール、来歴管理機能の有効性を確認できた。

具体的に、サービス面においては新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の影響によって通常時と比較して 1 割程度の利用者しか空港内におらず、また商業施設の半数以上が休業していたため、人流データの可視化による商業施設の利用促進効果の測定は難しい状況であったものの、同サービスを緊急時の避難誘導へ活用することが見込めるなど、サービス範囲の拡大に向けた示唆が得られた。また利用者からは、性別や年代だけでなく、居住地や国籍などの詳細な属性情報も把握したいなどのコメントが得られるなど、分野間データ連携に対するさらなるニーズも伺えた。

CADDE コネクタのデータ交換機能、カタログ作成支援ツール、来歴管理機能については、同サービスにおいて問題なく運用できることが確認できた。また、データの利用状況の管理・確認機能へのニーズが新たに明らかとなり、CADDE コネクタへのさらなる機能付加が期待

される結果が得られた。

#### (4) テストベッドとしての活用を想定した学術情報ネットワーク (SINET) との連携技術

##### 1) PoC アプリケーション 1

本研究では、JDXnet による観測データを使用して、3次元長周期強震動シミュレーション・リアルタイムデータ同化融合を Wisteria/BDEC-01 (東京大学情報基盤センター) 上で実現した。JDXnet によるリアルタイム観測データを Wisteria/BDEC-01 の「データ・学習ノード群 (Aquarius)」でフィルタリング処理し、「シミュレーションノード群 (Odyssey)」上でデータ同化・シミュレーションを実施、さらに計算結果を Aquarius 上で可視化処理する。紀伊半島南東沖地震 (2004 年)、新潟県中越沖地震 (2007 年) の観測データによる検証を実施した。Odyssey の約 1,000 ノードにより、実現象の 10 分の 1 未満の時間でシミュレーションを実施でき、長周期強震動の正確な予測がリアルタイムで可能であることを示した。また、リアルタイムデータ同化融合シミュレーションを、Web 経由でインタラクティブに実行するフレームワークを整備した。利用者はデータ活用社会創生プラットフォーム「mdx」上の Web サーバーからシナリオやパラメーターなどの諸元を設定し、Wisteria/BDEC-01 上のデータを使用して、計算結果などを表示できる。CADDE 対応を含む汎用的インターフェースを整備した。多様なアプリケーションへの展開、データ共有を通じた分野横断によるデータの相互運用性実現の可能性を示すことができた。

##### 2) PoC アプリケーション 2

本研究では、映像から運動解析と筋活動推定などのバイオメカニクス情報を抽出して、誰もが容易に運動情報を手に入れることで生まれる大規模運動データの利活用の世界を切り開くことを目指してきた。

2019 年度は、体育館の全体の運動を計測するカメラシステムでバレーボールの試合を計測、情報基盤センターの GPU クラウドで画像処理サーバーを開発した。

2020 年度には、複数台の同期カメラの映像を SINET (5 および 6) 連携技術によって GPU クラウドに送り、各画像の深層ニューラルネットワークを用いた 2 次元ポーズ推定と 3 次元骨格モデルを組み合わせて 3 次元再構成を実現することによって、スケーラブルな運動解析・バイオメカニクス解析のプラットフォームを開発した。



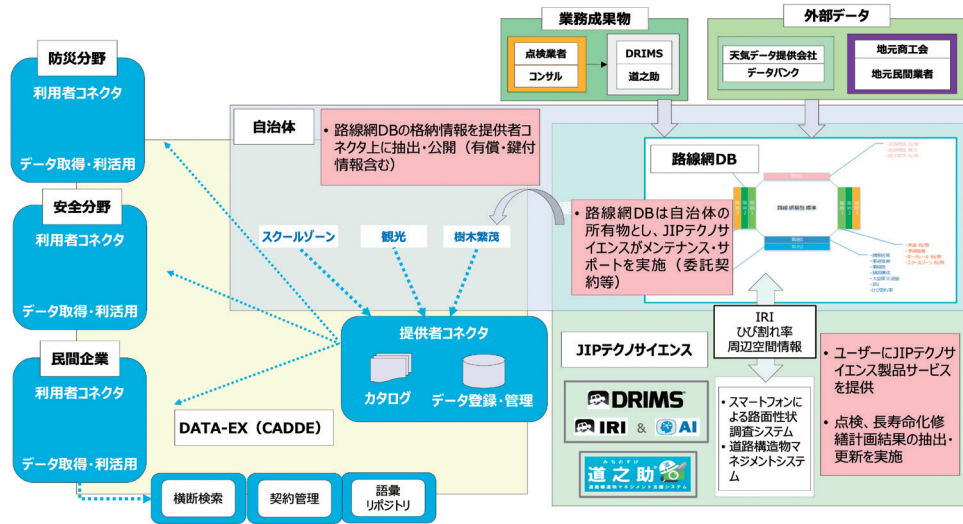


図6 ビジネスモデルの展開イメージ

GPU クラウドのプラットフォームとして、東京大学情報基盤センターの Reedbush-L を用いた。

2021 年度には、商用 GPU クラウドで運動解析・バイオメカニクス解析を全自動で一気通貫に行うサービスを世界で初めて実現した。計算後にバイオメカニクスデータは直ちに時系列データベース (Prometheus) に登録され、グラフ可視化システム (Grafana) を使って利用者にフィードバックすることができる。さらに、筋骨格の運動の様子を空間と時間の 4 次元データとして出力して Windows アプリによって自在に可視化することができる。

2022 年度には、独自に用意した複数競技のスポーツ映像から教師データを作成し、東京大学情報基盤センターの Reedbush-L と Aquarius を用いた深層ニューラルネットワークの転移学習を行い、スポーツ運動の 2 次元ポーズ推定性能を向上させることができた。さらに、認証やアクセス権設定を伴うデータベースの利用に向けてコネクタとカタログを用いた Cadde 対応の実施によってさらに必要な機能や課題の抽出を行った。

本研究を通じて、モーションキャプチャ技術による新たなビジネスモデルとサービスの創出に向けた基礎を築くことができた。また、社会実装に向けた研究開発を行い実用的な成果が得られた。これらの成果は、人間の運動に関わる情報の生産性を向上し、さまざまなフィールドへの利用が見込まれる。

## 4 まとめと今後の展望

### (1) 行政・交通分野のデータ連携実証

2021 年度は EV 公用車の CO<sub>2</sub> 排出量のデータを CADDE で収集し、ダッシュボードで可視化することにより、他の自治体と比較することができた。課題として、CADDE の横断検索機能により、データを見つけられやすくなかったが、分野間のデータの組み合わせやゼロカーボンシティに寄与するデータの扱いが足りていなかった。

2022 年度は、可視化のみならず、他のデータとの組み合わせによる分析機能や CADDE のデータ収集する際の認証認可機能を利用し、交通分野、環境 (エネルギー) 分野などの情報を取得するデータ連携や各サービスで収集・管理するデータと CADDE 実証での研究成果を組み合わせ、環境分野のデータ分析 (CO<sub>2</sub> 排出量の見える化、予測など) を提供していき、CADDE の普及、ゼロカーボンシティの実現に貢献していきたい。

### (2) 路線網データを核とするデータ連携実証

本研究開発では、CADDE 上で、提供者コネクタおよび利用者コネクタを仮想的に構築し、分野間でのカタログ検索や契約、データ提供機能の検証を行い、効果的に分野間データ連携が行えることを確認できた。今後は出口戦略として、自治体が路線網データ標準 (DB) および CADDE を活用することによる、分野間データ連携、外部データの収集を行う環境 (分散連邦型アーキテクチャ) を提供するビジネスモデルの展開計画を以下のとお

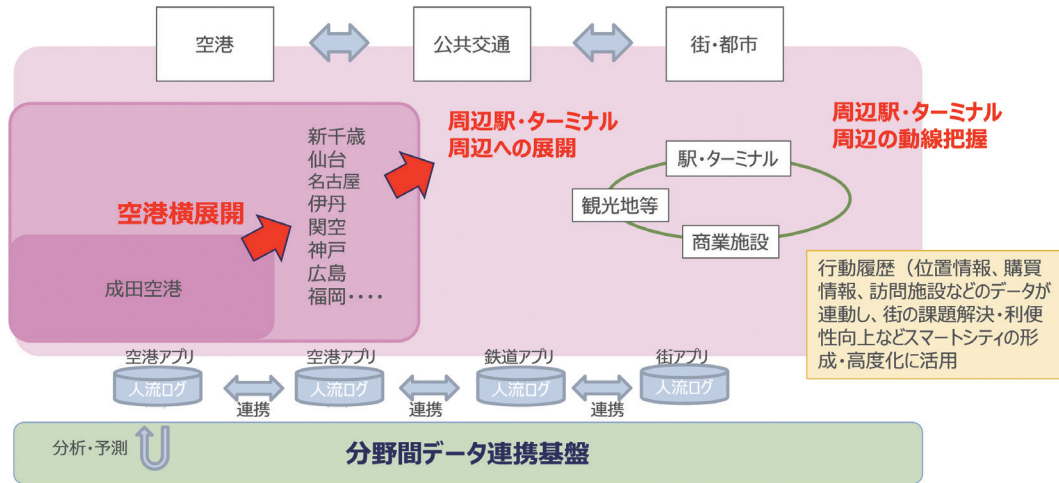


図7 移動支援・最適化のためのデータ連携

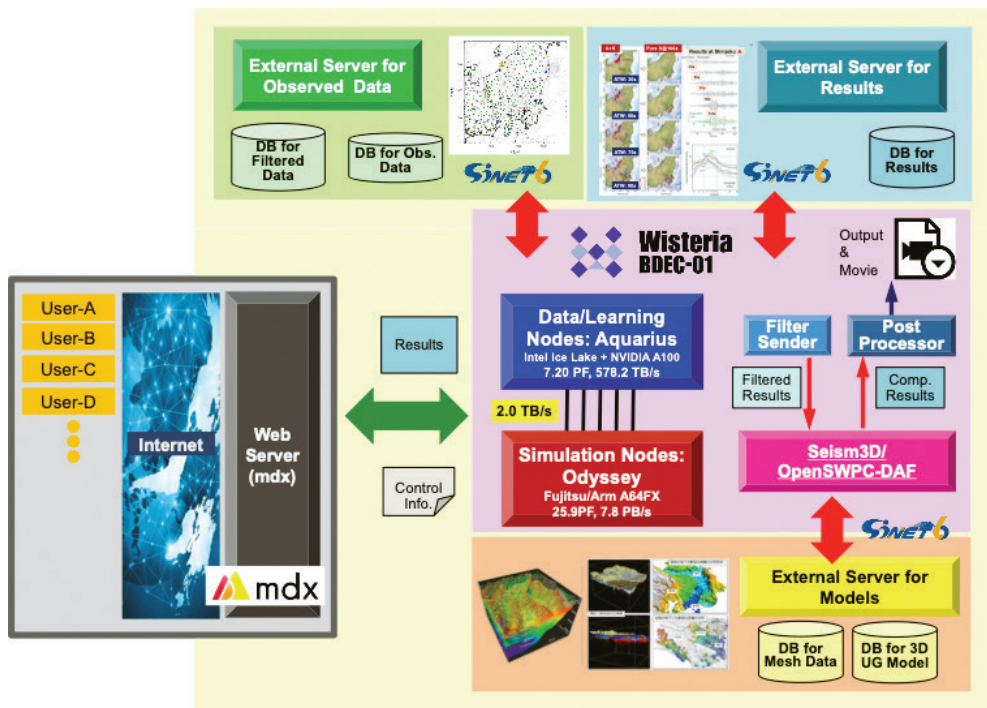


図8 学術情報ネットワーク (SINET) との連携

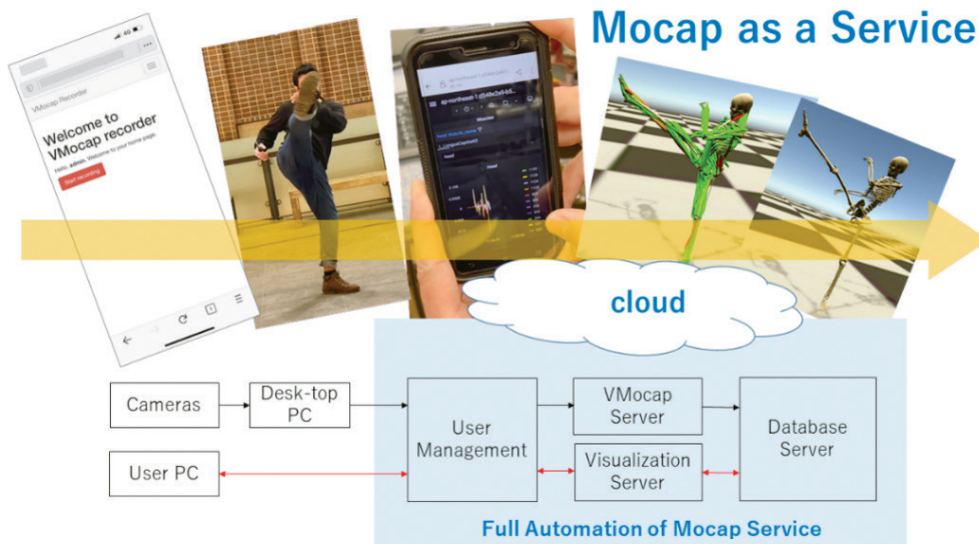


図9 スポーツトレーニングなどへの社会実装

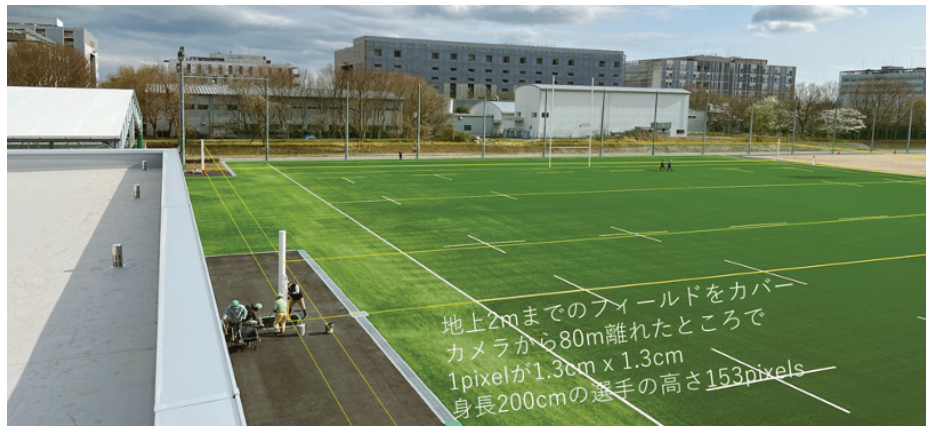


図10 東京大学柏キャンパス・フュージョンフィールド

り予定している(図6)。

- 分野間連携に有用となる、路線網データ基盤を各自治体に提供する。
- 従来の舗装点検では活用されなかった、社会インフラ分野以外の情報(道路周辺空間情報)を、路線網データ基盤を通じてCADDEの提供者コネクタ上に抽出・公開し、公共分野間のプレイヤー(防災・安全・教育等)との共有を行う。
- 外部データの取り込み(天気・事故情報、観光、ルート検索等)を行い、商業、観光等の民間分野に対しても、CADDE利用を拡充していく。

### (3) 地理空間情報分野のデータ連携実証

分野間のデータを空港で活用することの有効性が確認された。

具体的には、CADDEを活用することにより、必要なデータの収集および変換、データカタログの作成作業の効率化を図ることができ、さまざまなデータが集積する空港におけるデータ利活用を容易にすることができると考えられる。

今後は、空港をはじめとするターミナル・駅等の交通結節点を起点として、施設間の人の移動、周辺エリアにおける人の行動も含めた、トータルな安心安全・施設管理者の収益向上に向けて、幅広い範囲でのデータ収集、人流の予測・分析を行い、移動支援サービスの最適化を図る予定である。そして、CADDEを活用した移動支援サービスのビジネスモデルの展開を目指していく(図7)。

### (4) テストベッドとしての活用を想定した学術情報ネットワーク(SINET)との連携技術

#### 1) PoCアプリケーション1

本研究で開発した地震・リアルタイムデータ同化融合アプリケーションとWebベース実行環境は、「防災・減災」に関連した、官公庁、自治体における緊急事態向けインフラ整備、避難計画、制度策定、シミュレーション体験による啓蒙・教育、国土交通省「i-Construction」、産総研「都市域の地質地盤図」などのプロジェクトとの連携にも有効である。またCADDEが提供する分野横断によるデータの相互運用性により、建設や交通、保険などの分野にも展開できる。Webベースのインタラクティブ・フレームワークは、計算科学、計算工学分野のシミュレーション実行環境として適用可能である(図8)。

#### 2) PoCアプリケーション2

SINETを利用してアスリートやスポーツ愛好家が集まる各地のアリーナやグラウンドから映像を取得して運動解析・バイオメカニクス解析を行う社会実装を目指してきた。2021年度には、SINET青森市のノードからむつ市のアリーナを1Gbpsでつなぎ東京大学と直結した。2022年度には青森県むつ市マエダアリーナに多数のカメラを置きグラウンド全体やフロア全体を計測フィールドとしてSINETでつなぐための整備を行った。また、東京大学柏キャンパス・フュージョンフィールドのラグビーグラウンド全体を計測するカメラシステムをSINETと接続した(図9、図10)。今後は、整備した計測拠点から得られる大量のデータを用いた計測によってスポーツトレーニングやヘルスケアサポートに向けた社会実装を展開する。2023年度以降のカタログ化、クエリ型検索利用を展開することによって、青少年のスポーツ活動、アスリートのトレーニング、中高年の運動リテラシーの向上などを支援するデジタル社会のインフラを生み出す計画である。



## データ連携基盤を活用した取り組み

## 国際的な相互連携実現に向けた取り組み

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所、株式会社日立製作所、日本電気株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ

- オントロジーの国際化において、農作物語彙を対象に台湾の機関と連携し、5か国語対応のためのデータ構造の変更とデータの追加を行った。
- 語彙基盤の国際連携の仕組みの実装と普及においては、ウィキデータ（Wikidata）と連携できる形で、法人番号データと医療機関番号データのシステムへの搭載・公開を行った。
- データの真正性が国際的な枠組みの中で確認できるトラスト基盤を確立するため、リモート署名方式を通じて、証明書発行、署名付与、署名検証までの一連の相互運用を確認した。
- 日欧の相互運用実証（民間活動としてのEU連携のパイロットプロジェクト）にて、日欧トラストサービスプロバイダと実証を行った。
- 欧州データ基盤との接続検証にて、日本のCADDEコネクタと欧州のIDSコネクタ間で相互のデータ提供、取得を実現した。

## 1 研究の目的

データ連携は国内で閉じるわけではなく、むしろ国際的な連携が期待されている。しかし、国際連携においては国内連携とは異なる諸課題があり、この実施項目では具体的に国際的な相互連携を進めながら課題を明らかにして解決し、その結果をデータ連携基盤の機能として統合する。また、実際に国際連携のネットワークをつくることで、本プロジェクトの国際展開を図った。

分野を超えたデータ交換を促進するには、データの記述のもととなる、オントロジー\*1や語彙の公開が求められる。また、データの国際的な相互連携には、オントロジーや語彙が国際化されている必要もある。そこで、国内でつくられたオントロジーと語彙の国際化について、既存オントロジーの多言語化および国際的なデータ基盤を用いた国内語彙のデータ基盤を構築した。

さらに、語彙を安定的に提供する語彙基盤においても、

国際化が必要である。データの国際的相互連携においては、国内で定義され利用される語彙であっても国際的に利用できる必要があるため、語彙基盤も国際的に利用可能なものでないといけない。このための基盤づくりと語彙の提供を行った。

トラスト基盤連携として、国内外のデータ提供者から入手した情報を、本当にそのデータ提供者が作成したことを確認する手段が必要である。これを実現するには、CADDEやデータ取引市場をはじめデータを取り扱うアプリケーションへ、次のような共通的な機能を提供する必要がある。

- データ提供者およびデータ利用者が、データを安全に授受したことを保証
- データの発生元の統一的な確認
- データの統一的な改ざん検知
- 国外から受領したデータについても上記対応可能

本研究開発では、トラスト連携に必要な共通的な機能についてインターフェースを定義し、国内外のトラスト

\*1 対象世界をどのように捉えた（概念化した）かを記述するもの。

サービスベンダーと実証を行った。最終的には、国際的なデータ取引市場において相互運用可能な、トラスト連携基盤の社会実装を目指した。

欧州データ基盤との接続検証として、日欧で異なるシステム仕様とルールの中で、日本と欧州の分野間データ連携基盤（CADDE と GAIA-X）の対等な立場でデータ主権を保ったシステム間相互接続の実現を目指した。本研究における相互接続とは、日本から欧州へデータを横断的に検索でき、信頼性を相互に担保でき、多数のデータを扱える実用性を備えた状態を表す。具体的に相互接続を実現するには、インターフェースの差異の吸収やプロトコルの統一、さらには、ID 体系の統一または変換、信頼性を保証する監査やルール等の仕組みを検討し適応する必要があった。

相互接続実現に向け、本研究では CADDE コネクタ（日本）と GAIA-X のデータ交換を担う IDS コネクタ（欧州）との接続実証を行うことによって、CADDE と IDS 間の接続に必要な対応を確認した。接続実験を行い、円滑な相互接続の課題を抽出することで、国際間相互接続に必要な技術の進歩を図った。

最終的には世界規模のデータ流通を加速し、分野・都市間を横断したさまざまな知識や情報を連携させることで、日本のみならず世界各国の産業の発展に寄与することを目指した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018 年度～2022 年度（欧州データ基盤との接続検証は 2021 年度～2022 年度）

### (2) 実施方法

#### 1) オントロジーの国際化

オントロジーの国際化においてはすでに開発されているオントロジーと語彙を用いて、特定分野での国際連携を実施し、その中で課題の解決を図る。具体的には農業分野を取り上げ、農作業基本オントロジー（AAO）と農作業語彙体系（CVO、Corp Vocabulary）を使って台湾と連携し、データ統合やアプリケーション利用での連携を実施した。

#### 2) 語彙基盤の国際連携の仕組みの実装と普及

語彙は語彙をシステマティックに管理する、語彙基盤の上で運用されることが望ましい。ウィキデータの基盤であるウィキベース（Wikibase）は、語彙基盤としての機能を持つオープンソースであり、現在も継続して開発されているため、このシステムを利用した。ウィキベースに国内で利用される語彙である、法人番号データおよび保険医療機関コードデータを搭載し、既存のウィキデータにある法人および医療機関データと統合して提供をする。

#### 3) トラスト基盤連携

本研究では EU の技術標準やリモート署名 API のデファクトスタンダードである Cloud Signature Consortium（CSC）の既存のアーキテクトや API をベースに、リモート署名、タイムスタンプ、鍵管理、検証の四つの観点で「トラスト共通 API」の仕様策定を実施した。特に、鍵管理や検証については CSC においても API 定義はされていないため本研究の成果を CSC へ標準化の提案を実施した。

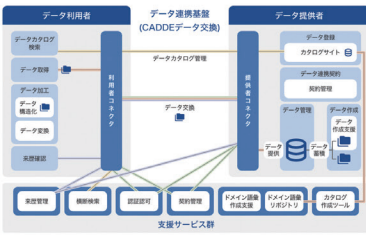
また、本研究では「トラスト共通 API」を利用したデータを取り扱うアプリケーションと、トラストサービス群（リモート署名システム、認証局、タイムスタンプ）における相互運用実証を行った。実証では、自然人による電子契約を想定したシナリオや、法人や組織がデータ生成元としてデータ提供を行う電子取引のシナリオを実施することで、API の技術的な課題や運用上の課題などについてフィードバックを行った。

#### 4) 欧州データ基盤との接続検証

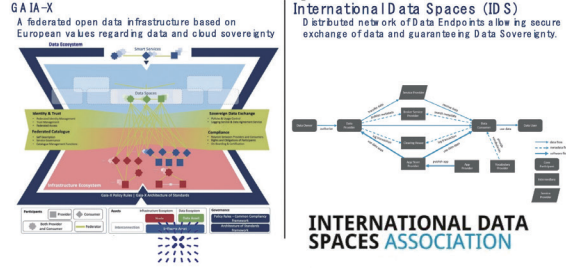
接続検証にあたり、CADDE とドイツのフラウンホーファ研究機関が提供する、IDS コネクタの相互接続を実現するために必要となる機能実装の検証の第一歩として、CADDE 側からのデータ要求に基づき、IDS コネクタから CADDE コネクタへデータを転送するテストを行い、CADDE と IDS コネクタとの相互接続の条件や課題を明らかにした。

日本から欧州へのデータ取得と、その逆方向である欧州から日本へのデータ取得の二つのシナリオで実施した。本実証では、IDS のデータスペースとデータ交換するために、IDS の認証を通す必要があるため、フラウンホーファ研究機関が提供する認証システム DAPS（Dynamic Attribute Provisioning Service）を使用し、国

### 日本側：CADDEコネクタ



### 欧州側：GAIA-X/IDSコネクタ



### 実証実験概要 gaia-x

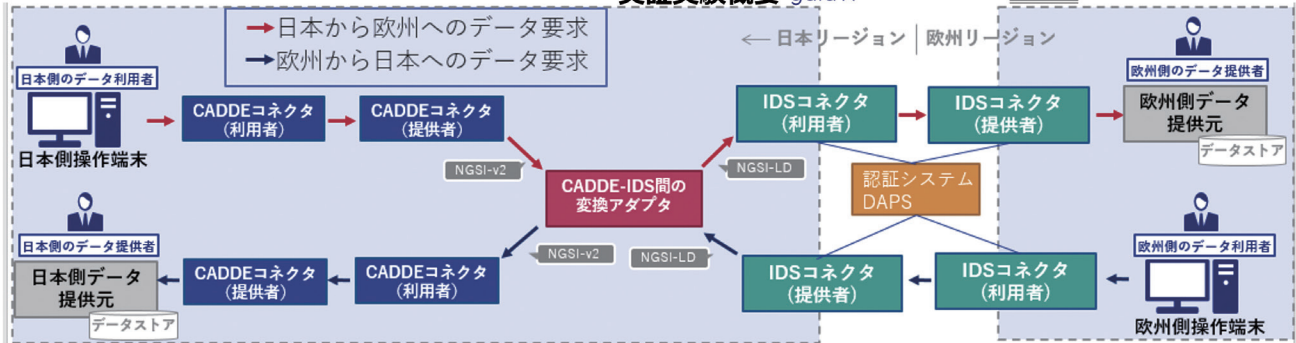


図1 CADDE側から欧州データ基盤との接続検証

内外のスマートシティ事業において多数の実績がある FIWARE 関連技術、およびその接続仕様である NGSI の技術を用いて、接続検証を実施した (図 1)。欧州で実績があるデータ連携基盤である FIWARE は日本でもスマートシティを中心に活用が進んでおり欧州とのデータ連携に対して技術的な優位性を確認しており、本実証において使用する技術として選定を行った。

これらの結果として、オントロジーの国際化は、オントロジー共有によるコストメリットがあること、またより包括的なオントロジー構築に貢献し得ることを確認した。

## 3 研究の成果

### (1) オントロジーの国際化

今回、オントロジーの国際化として、農作物語彙体系 (CVO) を対象とした。その上で、食品トレーサビリティシステムの国際相互運用性を例題として、農作物語彙体系に多言語対応など国際的運用に必要な要素を導入・拡張することで、国際相互運用性を確保できる仕組みを構築した。農作物語彙体系が国際相互運用性を確保するための必要条件は、「他言語表記の追加」、「代表表記の区分」、「識別子の変更」である。このほか、既存の CVO のデータを変更した。言語としては、日本語、中国語 (台湾)、韓国語、英語に対応した (図 2)。

### (2) 語彙基盤の国際連携の仕組みの実装と普及

語彙基盤の国際連携の仕組みとしては、ウィキデータの基盤ソフトウェアであるウィキベースを採用した。その上で、ウィキデータとシームレスに連携できるような形で、データを搭載する仕組みを検討して実装した。例題としては、法人番号データと医療機関番号データを用いた。法人番号におけるウィキデータ連携は、ウィキデータにおいて法人を記述するデータ構造 (type、property) を利用するとともに、ウィキデータ内の法人データを抽出して統合した。その結果、500 万社以上が登録された。また、医療機関番号データも同様にウィキデータ連携を行った (図 3)。

これらの結果より、大規模語彙 (件数で日本語ウィキペディアの 3 倍程度) の公開と既存の国際的な語彙基盤との連携が実験的に確認でき、今後の利用の指針が得られた。



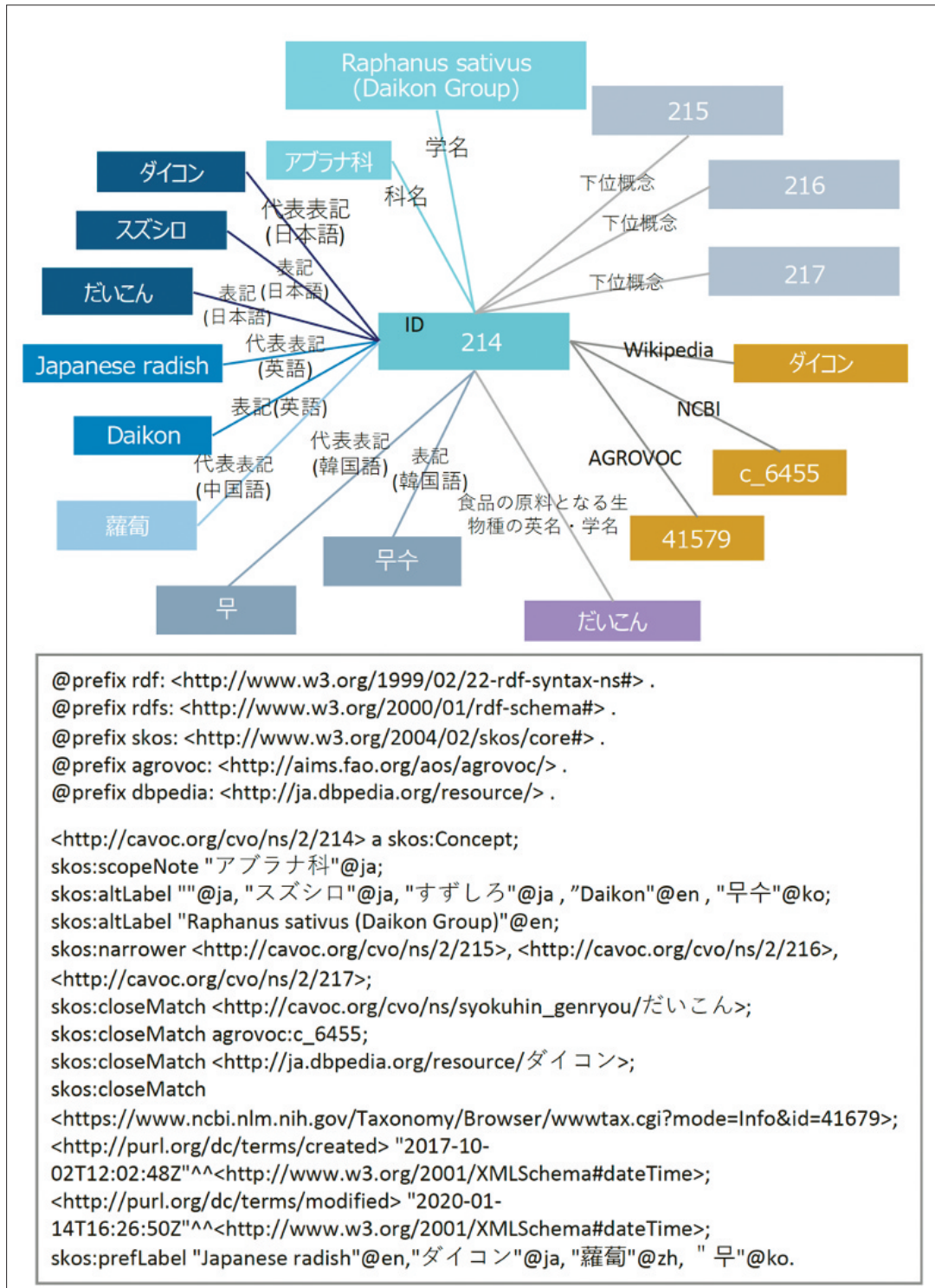


図2 農作物語彙体系を対象としたオントロジーの国際化

### (3) トラスト基盤連携

EUの技術標準や Cloud Signature Consortium (CSC) の中でリモート署名について提議されていたAPIに加え、国際的に定義されていなかった認証局とリモート署名サービスとの連携に必要と考えられる、鍵管理に関するAPIを定義した。欧州では認証局とリモート署名サービスは同一事業者が提供しているケースが多く、鍵管

理に関するAPIについてはCSC内でもスコープ外となっていた。しかしながら、日本においては認証局が必ずしもリモート署名サービスを運用しているわけではなく簡単に構築・運用できるわけではない。

リモート署名サービスが、鍵生成、証明書登録、鍵削除といった証明書発行に必要なAPIを提供することで他事業者である認証局とも相互運用が可能となる。

WikiCom

特別ページ

Wikicom内を検索

検索結果

ヘルプ

Q "株式会社日立"

検索

168 件中の 1 件目から 20 件目

本文ページ マルチメディア すべて 詳細

このウィキでページ「株式会社日立」を新規作成しましょう。検索で見つかった他のページも参照してください。

株式会社日立製作所 (Q12634)  
日本の総合電機メーカー  
文：108、サイトリンク：0 - 2021年12月7日 (火) 19:41

株式会社日立柏レイソル (Q21818)  
日本のサッカークラブ  
文：30、サイトリンク：0 - 2022年1月15日 (土) 17:27

**株式会社日立メドック (Q1391382)**  
文：7、サイトリンク：0 - 2022年1月12日 (水) 08:55

株式会社日立ゴルフセンター (Q1613127)  
文：6、サイトリンク：0 - 2022年1月13日 (木) 07:37

株式会社日立マシン (Q1270259)  
文：6、サイトリンク：0 - 2022年1月11日 (火) 19:07

株式会社日立アルミ (Q3032884)  
文：7、サイトリンク：0 - 2022年1月21日 (金) 17:22

株式会社日立エンジニアリング (Q2526301)  
文：7、サイトリンク：0 - 2022年1月21日 (金) 11:33

株式会社日立クリエイト (Q1623960)

WikiCom

Item 議論

株式会社日立メドック (Q1391382)

説明はありません

他言語の表示

設定

言語	ラベル	説明
日本語	株式会社日立メドック	説明はありません
英語	ラベルは設定されていません	説明はありません

文

法人番号 2050001040757  
1件の情報源

母語表記 株式会社日立メドック (日本語)  
1件の情報源

正式名称 株式会社日立メドック (日本語)  
1件の情報源

読み仮名 ヒタチメドック  
1件の情報源

分類 株式会社

図3 ウィキデータの国際連携例

国際的な相互運用を考えるとこの鍵管理に関する API は意義のあるものであり、CSC への標準化提案を実施し、CSC 技術委員会にて提案内容が正式に承諾された。

この活動は継続中であり、次期バージョンでの正式な標準化を目指している。

#### (4) 欧州データ基盤との接続検証

日本から欧州へのデータ取得において、CADDE と IDS の接続を仲介する変換アダプターを介して、日本の CADDE 側から欧州の IDS 側のリソースへデータ要求を実施した結果、IDS コネクタを経由して NGSI v2 形式で応答を受信し、データ取得に成功した。逆方向である、欧州から日本へのデータ取得においても同様に、NGSI-LD 形式で応答を受信し、データ取得に成功した。

その際の活用技術として、日欧が NGSI v2 と NGSI-LD という異なるデータ形式で送受信するために、コネクタ変換アダプターを開発した上、欧州にある正式版相当の認証システム (DAPS) の認証を通し、FIWARE 関連技術や NGSI を用いて、データ交換を実現した。

接続検証の結果、目的の整合性、信頼性の基礎となる概念の整合性、システム構成の互換性と機能間の相互連携、プロセスの相互連携の四つを大分類の課題と整理し、接続の条件として、これらの性質を形成する必要があると分かった。その中でも、技術的処置が必要な「システム構成の互換性・機能の相互連携」においては、カタログ管理システム、認証認可、来歴管理の三つの機能がデータ流通の根幹機能として、日欧間の接続の条件となることが分かった。

これらの結果より、日本と欧州間のデータ連携技術を前進させ、国際的な相互連携の発展を促進した。

## 4 まとめと今後の展望

### (1) オントロジーの国際化

データ交換を国際的に推進するには、データ記述のものとなるオントロジーの国際化が望ましい。オントロジーの国際化においては、ドメインにおける研究機関などの連携が不可欠である。農業においては、国際的な標準化も重要である一方、各国各地域での農業事情や食糧事情も尊重する必要がある。今回、台湾の機関と連携することで、当地での農作物の利用事情を知ることができ、それをオントロジーに反映できた。このような標準化と

多様性を両立した、オントロジーの国際化を進めていく必要がある。

### (2) 語彙基盤の国際連携の仕組みの実装と普及

語彙基盤の国際連携の仕組みとしては、ウィキベースを利用する方法を提案し実装した。この方法は語彙データの利活用において、識別子に基づくデータ統合等さまざまなに有用であることが分かった。一方、法人番号データ、医療機関番号データそれぞれにおいて、前者には規模と例外処理、後者には元データの多様性などの課題があり、どちらの場合もデータの前処理、統合処理、搭載の各段階でマニュアル的な作業が存在することからシステムの負荷も大きかった。今後は、データ搭載までのプロセスの (半) 自動化とシステムの最適化を行い、容易にデータ搭載・公開ができる仕組みを提供する必要がある。

### (3) トラスト基盤連携

リモート署名、認証局、タイムスタンプといったトラストサービス間およびデータを取り扱う業務アプリケーションと、トラストサービス間での相互運用を目的とした、トラスト共通 API の定義と実証を行った。

今後は、安心安全なデータ取引市場の社会実装の実現に向け、データ取引市場の担い手となるデータ取引サービス事業者と、より具体的なサービス運用を含めた議論を継続する必要がある。将来的には、データ取引市場において、複数のデータ取引サービス事業者と複数のトラストサービス事業者が参加した、相互運用可能なエコシステムの提供を目指す。

### (4) 欧州データ基盤との接続検証

二つの実証シナリオによる日本と欧州双方向のデータ交換を実現し、CADDE、IDS コネクタ相互のアーキテクチャ間の連携を目的とした実証を行った。今後は、国際的なデータ連携の拡大を目指すにあたり、CADDE-IDS 間において、連携できていない機能もあるためさらなる高度な機能連携が必須となり、技術課題の解決に向けた実証を継続する必要がある。また、本実証は技術的な連携に着目しており、技術以外にもガバナンスやビジネス等の多面的な課題がある。将来的には、日本-欧州間における信頼性のある自由なデータ交換を実現し、世界規模でのデータ流通を目指す。



## データ連携基盤を活用した取り組み

## 分野間データ連携基盤の普及促進・連携拡大

株式会社日立製作所、SBテクノロジー株式会社、日本電気株式会社、富士通株式会社、  
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所、株式会社エヌ・ティ・  
ティ・データ

- SIPの研究開発成果の周知・普及を目的として、2022年2月にWebサイトを立ち上げ、本SIPの研究目的や活動内容の紹介、成果物の提供を行った。
- データ連携基盤（CADDE）の認知向上および利用の動機付けを目的として、自治体や民間事業者に対する説明会を11回開催した。説明会後も、個別勉強会および試行環境の利用につなげた。
- SIP第2期終了後の成果の移管先として、2021年3月に一般社団法人データ社会推進協議会（DSA）を設立。同年6月公表された国のデータ戦略には、データ流通推進団体として明記された。
- コネクタの社会実装のため、SIPデータ基盤やそのほかのデータ基盤に対する実装支援を行った。SIPの七つのデータ基盤間の相互接続の検証を実施した。

## 1 研究の目的

組織や業界の壁を越えたデータの流通と活用により、人間中心の社会（Society 5.0）を実現するには、技術開発のみならず、研究成果の社会実装を両輪で進める必要がある。特に、本研究テーマである分野間データ連携基盤は、単体の団体・組織が導入しても効果は得られず、二つ以上の複数組織がコネクタを導入し、データを相互に流通させ活用することで初めて恩恵が受けられる。また、多くの組織が本研究成果であるデータ連携基盤（CADDE）とつながることで、多種多様なデータにリーチでき、より便益を実感できるようになる。このようにネットワーク効果が発現されれば、自律的に社会実装が加速するようになる。

本研究開発では、初期段階として、まずは研究テーマの世間における認知向上を図り、研究内容への興味関心を集めて研究成果物の試用につなげることで、各組織・団体へのCADDEの実装を進めることを狙いとする。あわせて、SIP事業終了後もCADDEが継続的に運用されるように、運営団体の創設を図った。

## 2 実施期間と方法

## (1) 実施期間

2018年度～2022年度

## (2) 実施方法

連携拡大作業では、成果を周知・普及させる活動と成果を社会実装させる活動の二つを実施した（図1）。

## 1) 成果公表Webサイトの構築

SIPの研究目的や活動内容を広く世間に周知し、開発成果の普及を図る目的でWebサイトを構築した。コンテンツとしては、本事業のコンセプトである「安心安全なデータ流通のコモンスの提供」を掲載するとともに、分野間データ連携基盤のアーキテクチャ、研究開発体制、技術概要、実証実験の紹介、リソース提供などを行うこととした。

## 2) 成果普及説明会の開催

SIP事業に対する一層の理解を促進させるため、説明会を開催した。対象者としては、国のデジタル田園都市

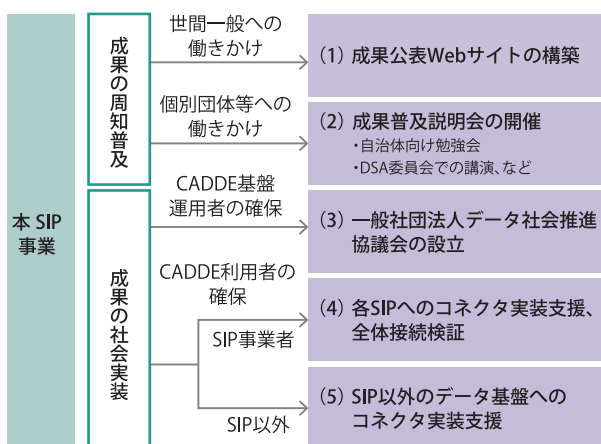


図1 連携拡大のための作業概要

国家構想などの政策を背景にエリアデータ連携基盤（都市OS）の整備を進める地方自治体、データの提供や利用に関心を有する民間企業を対象とした。なお、自治体への説明会の声掛けにあたっては、自治体 ICT システムの標準化を推進する一般財団法人全国地域情報化推進協会や自治体のデータ利活用促進を支援する一般社団法人オープン&ビッグデータ活用・地方創生推進機構に協力をいただき、メーリングリストを用いることで広くアナウンスした。

### 3) 一般社団法人データ社会推進協議会の設立

データ連携に係る既存の取り組みが協調した、連邦型分野を超えたデータ連携を目指し、産学官のメンバーから構成されるデータ流通の推進団体が設立されるに至った。日本ですでにデータ流通や活用を支援する次の主要な5団体にて、設立準備協議会（会長：越塚登サブプログラムディレクター）を立ち上げた。SIP 分野間データ連携基盤は設立準備協議会の事務局を担い、準備活動を牽引した。

- ・一般社団法人官民データ活用共通プラットフォーム協議会
- ・一般社団法人データ流通推進協議会
- ・一般社団法人日本 IT 団体連盟
- ・一般社団法人オープン&ビッグデータ活用・地方創生推進機構
- ・国立情報学研究所サイバーフィジカル情報学国際研究センター

設立準備協議会の推進会議を通じて（通算20回開催）、団体の活動内容、定款および各種規定、事業計画立案を行い、2021年4月に推進母体である、一般社団法人官

民データ活用共通プラットフォーム協議会と一般社団法人データ流通推進協議会が合併され、一般社団法人データ社会推進協議会 (Data Society Alliance : DSA) が設立された。

### 4) 各SIPへのコネクタ実装支援、全体接続検証

各SIP事業者へのコネクタ実装に向け、コネクタの仕様を説明するとともに、試行環境の提供、実装に向けた設計を支援した。また、2022年度は七つのSIP事業者を招集した全体接続検証タスクフォースを開催し、SIP間の相互接続によるユースケース検討を実施した。さらに、2022年の10月から12月にかけて、検討したユースケースに基づくCADDEの有効性検証、ならびに本格運用に向けた改善課題の抽出を実施した。

### 5) SIP以外のデータ基盤へのコネクタ実装支援

SIP事業者以外の民間事業者や自治体に対してもコネクタなどの成果を実装してもらうため、説明会を通じて関心を持ってもらった団体に対して、試行環境の提供や仕様の紹介、実装に向けたサポートなどを行った。

## 3 研究の成果

### (1) 成果公表 Web サイトの構築

一般の方に分野間データ連携基盤事業への理解を促すため、Webサイト (<https://sip-cyber-x.jp/>) を構築した(図2)。本サイトを通じて、SIPで開発した成果の公表および提供を行った。

### (2) 成果普及説明会の開催

2020年度から2021年度にかけて合計11回の説明会を開催し、本研究の理解周知および成果の普及を行った。2020年度は、SIPの課題テーマごとに構築してい



図2 分野間データ連携基盤のWebサイト

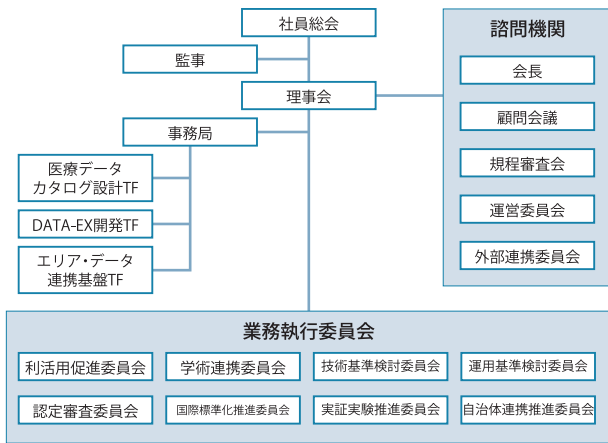


図3 2021年に設立された一般社団法人データ社会推進協議会の組織図（出典：<https://data-society-alliance.org/about/organization/>）

るデータ連携基盤（SIP データ基盤）を対象にして、コネクタ実装に向けた説明会を4回開催し、51名が参加した。また、SIP データ基盤以外への一般事業者向けにも説明会を3回開催し、32の組織や団体が参加した。

2021年6月には、DSA 技術基準検討委員会 WG1 で分野間データ連携基盤の説明会を開催し、約100名が参加した。また、同年12月には、DSAの第15回マッチングWGにて分野間データ連携基盤の勉強会を開催し、36名が参加した。2021年度は、自治体向けにも説明会を2回開催し、23の組織や団体、59名が参加した。説明会後のアンケートでは、回答者の半数以上から、分野間データ連携基盤を利用してみたいという意向を得られた。

### (3) 一般社団法人データ社会推進協議会の設立

2021年4月にDSAが設立され、2022年8月時点で167の組織や団体が加盟している。DSAは、理事会を協議会運営の意思決定機関として、八つの業務執行委員会と三つの専門タスクフォースを中心に活動している(図3)。

技術基準検討委員会では、データカタログのデジュールスタンダード\*1の策定を進めており、本研究開発で策定したデータカタログ項目との差分について反映を提案している。また、利活用促進委員会では、CADDE 活用の呼びかけなどを実施している。さらに、DATA-EX 開発タスクフォースでは、CADDEの基本仕様を参照し、本格運用に向けたアーキテクチャを議論している。

なお、2021年6月にデジタル庁が公表した「包括的

データ戦略」において「SIP（第2期）で分野間データ連携基盤のツールを開発し、DATA-EXにおいて本格運用を行う」と明記された。

### (4) 各SIPへのコネクタ実装支援、全体接続検証

SIP データ基盤のうち、「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」をテーマとしたSIP4Dについては、2020年度からコネクタの適用検討を実施し、2021年度に実装した。SIP テーマ「スマートバイオ農業・農業基盤技術」のSIP4A およびSIP3Bについても、2021年度に設計・実装するとともに、SIP4Dとの間で接続検証を行い、相互接続できることを確認した。

SIP テーマ「AIホスピタルによる高度診断・治療システム」、SIP自動運転、SIP光・量子についても2022年度にコネクタの設計・実装を行った(図4)。

また、SIP7基盤を招集した、全体接続検証タスクフォースを開催した。各SIPが提供可能なデータを調査し、65件のデータセットを収集した。また、当該データを活用したユースケースを検討し、11件のユースケースを創出した。2022年第3四半期には、ユースケースをもとにしたCADDEの有効性検証を実施し、産学官の各分野でのCADDE適用における改善ポイントを抽出した。より着実な社会実装を目指す。

### (5) SIP以外のデータ基盤へのコネクタ実装支援

2021年度は、国土交通データプラットフォームへのコネクタ実装に向けて、AIGIDの環境内でのコネクタ構築を支援した。また、SIP4Dとの接続試験を実施した。G空間センター\*2への普及支援としてカタログ作成ツールを提供し、SIP データカタログ項目仕様に沿ったカタログデータを作成した。さらに、神奈川県が2023年度に構築を予定している県のデータカタログサイトに対して、SIP データカタログ項目仕様の紹介および提供を行った。

## 4 まとめと今後の展望

成果公表 Web サイトや各種の説明会、講演会を通じて、SIP 分野間データ連携基盤事業の目的や活動内容に

\*1 公的な標準化団体によって定められた標準のこと。

\*2 産官学のさまざまな機関が保有する地理空間情報を流通させ、社会的価値を生み出すことを支援する機関。



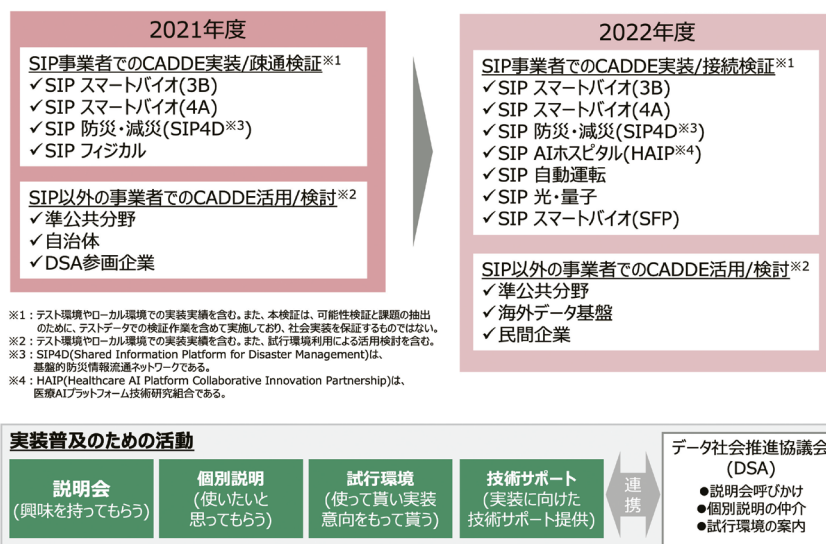


図4 各 SIP へのコネクタ実装支援、全体接続検証

分野間データ連携基盤・構築のマイルストーン

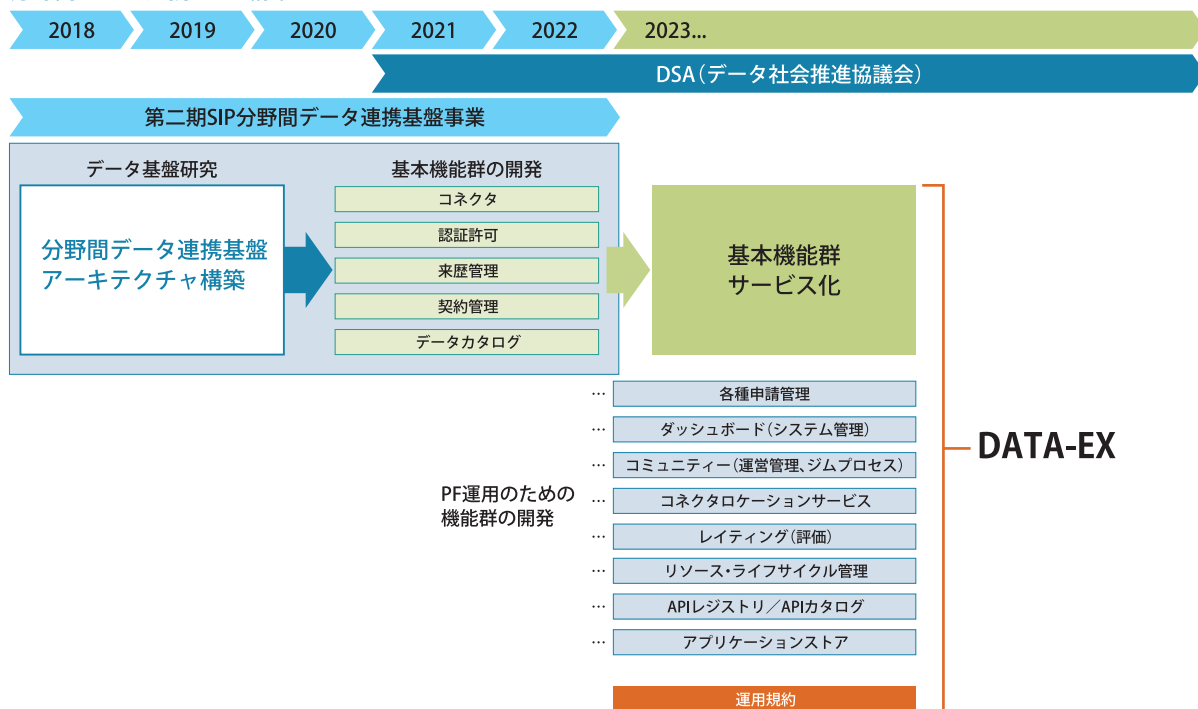


図5 分野間データ連携基盤・構築のマイルストーン (出典: [https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/c709efef-0641-4877-b144-4b85bba05d13/20211202\\_meeting\\_data\\_strategy\\_wg\\_03.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/c709efef-0641-4877-b144-4b85bba05d13/20211202_meeting_data_strategy_wg_03.pdf))

ついて、一定程度、世間での認知が得られた。また、研究成果の仕様書やソフトウェア、ツール類についても公開し、民間団体などによって再利用されている。データカタログ項目仕様も参照・準用されており、日本のデジタル化に貢献できたといえる。

また、異なる分野のデータ基盤である SIP 同士を接続し、ユースケースの創出およびデータの連携検証まで行ったことは先進的な試みであり、例えば、医療分野と防災分野が交差する災害時医療という課題に共同で検討できる基礎が構築できた。

今後は、本事業成果を DSA が引き継ぎ、DATA-EX の実装に活用していくことが予定されている (図 5)。DSA では、本 SIP の研究成果をベースに DATA-EX アーキテクチャの将来像を検討しており、社会インフラとして実運用されるプラットフォームが構築されると想定される。

また、日本国内でのデータ流通に閉じず、DSA が MOU (基本合意書) を締結する GAIA-X などともシステムが相互接続され、欧州の企業や団体ともデータ連携ができるようになると期待される。

## AI間連携基盤技術

# AI間連携によるバリューチェーンの効率化・柔軟化

日本電気株式会社、沖電気工業株式会社、豊田通商株式会社、国立大学法人東京農工大学、国立大学法人東京大学

- 受発注会社間での商取引条件の調整を支援・自動化する、自動交渉基盤技術の研究開発を実施した。
- 受発注者双方にとって、Win-Win となる条件の発見を容易にし、製造や物流のバリューチェーンの効率化・柔軟化を実現することで、日本の産業競争力の増大に資することをビジョンとした。
- 共同実施先を含む9機関からなる産官学連携の体制を組成し、2018年度から2022年度までの活動期間を想定して研究開発を推進した。

## 1 研究の目的

社会のさまざまな分野でAI活用が進展すると、個別システムの効率化や最適化では対応できない利害調整の必要が生じてくる。そこにAI間連携技術を適用することで、大きな価値を創造することが本研究開発の大ビジョンである。特に、バリューチェーン上で製造システムや物流システムを稼働させている各企業がそれぞれエージェントとなるAIを持ち、これらのAIが協調・連携動作を行うことで、発注者と受注者の双方にとってメリットとなる取引相手・取引条件が速やかに発見できるようにすることを想定ユースケースとして、活動を進めた。これにより、各企業の利益を増大しつつ、企業間取引の社会全体における効率化・柔軟化を並行して実現することを目指した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018～2020年度

### (2) 実施方法

#### 1) 研究開発項目①：並列交渉

特定の市場参加者が複数の交渉を並列に行う「並列交渉」で有効に働く、並列交渉プロトコルとナイーブなエージェント戦略を開発し、それらを検証した。特に、現実世界で重要な、並列交渉のユースケースに基づく交渉モデルに対して有効に働くナイーブな並列交渉プロトコルと、エージェント戦略や交渉戦略と交渉プロトコル間をつなぐ方式を複数提案し、交渉シミュレーションにより比較評価を行った。

#### 2) 研究開発項目②：動的ロバスト交渉

自動交渉が動的閉ループシステムであるとの観点から、制御理論の考えに基づき自動交渉理論の開発を目指した。具体的には、当初予定されていた研究期間（4.5年）の間に、相手のエージェントの提案条件と受け入れ可否の履歴から相手の効用関数\*1や交渉戦略を予測し、効用関数が不確かで動的に変化し、あるいは外乱が混入する場合にも有効な「動的ロバスト交渉」の確立を目的とした。

#### 3) 研究開発項目③：交渉プラットフォーム

さまざまな自動交渉ユースケースを実現するための基

\*1 消費者がものやサービスを購入して得られる満足感。

盤を設計し、基本部分を構築するため、当該業種の専門家や実務者との意見交換を通して、実務の観点から交渉プラットフォームの設計・開発を行った。また、30分以内に合意案を発見する交渉を実現するために ATP（有効在庫数量）・CTP（生産可能在庫量）を活用することで、交渉中の効用計算を高速化する方式を導入。具体的なユースケースにおいて、入れ子交渉・分岐交渉・相見積交渉を含む実用的な交渉の実現を検証した。研究開発項目④で検討した製造ユースケースに適用し、本交渉プラットフォーム上で動作することを検証した。

#### 4) 研究開発項目④：製造業務システム統合とユースケース実証

製造ユースケースにおける「表現方法が標準化された、数量、納期、価格に関する調整」について、動作実現のための設計・開発、標準化関連設計、デモシステムの試作を行った。受発注両側の市場参加者、および取引条件調整の基本動作を全体として実行する市場参加者システムを検討し、交渉プラットフォーム上で動作するデモを構築。一部現実の工場とつないでのデモンストレーションにより、一般的な商習慣と乖離なく連動可能であることを検証した。また、ユースケース動作実現のための全体アーキテクチャ設計およびデモ詳細開発を行い、市場参加者システムの原理面のデモンストレーションを実現した。

#### 5) 研究開発項目⑤：物流業務システム統合とユースケース実証

具体的な物流業への、AI間連携基盤技術の適用を検討した。実際に事業者とユースケースの妥当性や実証実験の可能性について合意できるものについて、実証実験を行うことを目指した。また、定義した交渉シナリオを完遂できるよう、デモシステムの構築、設計、開発を行った。リソース管理システムを簡易的な業務システムとし、それらと交渉システムを連結させたデモシステムの構築、設計、開発を行った。

#### 6) 研究開発項目⑥：レファレンスアーキテクチャ

交渉に基づく合意形成システムを、業界ごとに分けて設計するのではなく統一的に設計・開発すれば、世の中全体での投資効率が高まる。そこで、Industrie4.0、IIC

(Industrial Internet Consortium)、IVI (Industrial Value Chain Initiative) などで設計の整理を行うレファレンスアーキテクチャの活動を参考に、自動交渉におけるレファレンスアーキテクチャを検討した。

#### 7) 研究開発項目⑦：国際連携と標準化活動

AI間連携によるサプライチェーンの効率化・柔軟化の社会実装において、効率化・柔軟化の向上につながるネットワーク外部性が期待できる参加者の増加を促進するため、技術的・ビジネス的な参加障壁を下げる国際団体の活用を試みた。相互運用性を高めるための交渉プロトコル標準化を目指して、国連の下部機関である CEFAC (United Nations / Centre for Trade Facilitation and Electronic Business) に参加した。また、ビジネス効果をアピールするプロモーションを目指して IIC に参加した。

さらに、学术界での当該分野の発展と普及、および日本におけるプレゼンス向上を促すために、国際的な自動交渉エージェントの競技会である ANAC (Automated Negotiation Agent Competition) において、SCM (サプライチェーンマネジメント) リーグを主催した。

#### 8) 研究開発項目⑧：調整制度

本研究に関しては、技術開発およびその社会実装を支える諸制度、特に法制度が国際的に未整備であり、その制度設計の国際協調が進んでいないという課題がある。このため、調整制度に関する戦略、政策、制度、特に法制度に関する状況を把握しつつ、国際協調に資すると思われる議論に参加することを目的とした。

具体的には、先行研究、文献研究、研究者および政府や国際機関などの関係者へのヒアリングの実施、また国際協調のさまざまな検討過程に参加した。

#### 9) 研究開発項目⑨：マーケットプレイスとの安定性と安全性

マーケットにおいて、自動的に不公正取引や談合を行うプログラムの作成可能性の検証や分析に加え、安定性や安全性を分析するエージェントシミュレーションを用いた、取引き主体の行動分析などを行った。

\*2 貨物を確保したいトラック事業者と、荷物を確保したい荷主のニーズをマッチングさせる Web システム。



## 10) 研究開発項目⑩：情報共有による再調整・交渉モデルの開発

荷主側の要求や、物流側のリソースに関する情報の一部を、求貨求車システム\*2のような配車計画作成の催行者（あるいは信頼できる仲介者）と共有する仕組みを設け、その情報を参照し、催行者は複数の荷主の要求から積載率向上といった公益性をより良くさせる、輸配送計画の最適化状態を探索する横断探索機能を開発した。これにより、個別の荷主と物流企業間で立案した配送計画よりも、さらに省リソース化・効率化された配送計画を算出できることを目指す。

## 3 本研究の成果

### (1) 研究開発項目①：並列交渉の成果

2019年度目標である製造ユースケースの想定で、1社対5社程度の並列交渉を10秒オーダーで収束させることを実現した、並列交渉プロトコルを提案した。論点を単価と納期に絞った交渉シミュレーションで、提案した交渉プロトコルが交渉を破綻させることなく、実用的な実行時間で合意できることを明らかにした。

2020年度目標である二者間交渉プロトコル、およびその下で動作する自動交渉エージェントの開発にあたり、ユニキャスト、同期マルチキャスト、非同期マルチキャストの三つの方式の提案と実装を行い、論点を単価と納期に絞った交渉シミュレーションでの比較検証によって、各方式がどのような並列交渉モデルに対して有効かを明らかにした。

### (2) 研究開発項目②：動的ロバスト交渉の成果

約2年間の研究期間において、「ミクロな機能(最適化・推定)の設計手法の確立」と「マクロな振る舞いの解析」という大きく二つの結果を得た。具体的には、前者においては最適な提案列と交渉相手のモデル推定を導くアルゴリズムを提案し、後者においては相互推定する二者間交渉の収束性について結果を得た。関連して、マルチエージェントシステムにおける最適制御点問題・最適入力信号列の求解アルゴリズムについて結果を得た。

### (3) 研究開発項目③：交渉プラットフォームの成果

2018年度目標に関し、交渉におけるメッセージ送信の頻度は1日に片道1回から数往復以上が要求されるため、メッセージ送信のたびに生産計画を行うのは時間オーダーとして適切ではないことが判明。実務の観点から、交渉プラットフォームの設計・開発において、交渉時間30分を実現できることを目標とした。

2019年度目標に関し、リソースID、日付、利用可能数、予約済数、追加調整可能な数(CTP)などのフィールドからなるATP(Available To Promise)テーブルをデータベースとして、交渉中に生産計画を再度回すことなく、相手からのオファーを受理しても問題ないかどうかを判断できる機能を設計・開発した。これにより相手の提案を受け入れるかどうかの判断や、自分からの提案を作成する際に生産計画を行う必要がなくなり、交渉時間30分以内を実現することができた。

2020年度目標に関し、入れ子交渉・相見積交渉・分岐交渉のような並列交渉を実現するよう交渉プラットフォームを拡張した上で、研究開発項目④で検討した製造ユースケースのシナリオに適用し、本交渉プラットフォーム上で動作することを検証した。

### (4) 研究開発項目④：製造業務システム統合とユースケース実証

製造ユースケース実証として、受発注両側の市場参加者および取引条件調整の基本動作を全体として実行するための市場参加者システムを検討し、交渉プラットフォーム上で動作するデモを構築して、一部現実の工場とつないだデモンストレーションによって、一般的な商習慣と乖離なく連動可能であることを確認した。具体的には、ユースケースの妥当性に関してアドバイザからフィードバックを収集するために、GUIを試作して要件の明確化と修正を行った。また、仮想経済空間上での最小限の評価環境を構築し、一部現実の工場とつないでのデモンストレーションを交渉プラットフォーム上で動作することを確認した(図1)。



図1 試作した自動交渉 GUI (個社ダッシュボード)

### (5) 研究開発項目⑤：物流業務システム統合とユースケース実証

将来自動交渉が発達し交渉への障壁が下がると、物流需要家同士が物流リソースを融通しあう、もしくは各プレイヤーにとって都合の良い条件を探索することにより、物流リソースの活用最大化や、全体の利益にかなう物流リソースの活用が図られることが期待されるであろうことを示した。

また、現状の実装において、空輸会社、物流会社ともに、主要な機能である受諾可否判定機能、オファー作成機能がどちらも数秒程度で動作することを確認した。交渉の推移と並行して、リソース管理システム上の変化を観察する可視化を目的に、物流会社用リソース可視化 GUI を試作し、交渉前後での画面変化により業務システムと交渉システムが連携して動作したことを確認した(図2)。

### (6) 研究開発項目⑥：レファレンスアーキテクチャ

レファレンスアーキテクチャの構成を踏まえて検討した結果、「仲介の有無」、「交渉と合意の時間的な粒度」、「交換される情報のセマンティクスとシンタックス」、「交渉主体が人であるか AI であるか」、「交渉セッション間の依存関係」、「効用関数と戦略の種類」という六つの主要な軸で整理すると良いという結論を得た。

### (7) 研究開発項目⑦：国際連携と標準化活動

交渉プロトコルの標準化プロジェクトが、2020年9月のCEFACT理事会で正式承認され活動をスタートした。社会実装を目指す研究において、価値のプロモーションと必要な技術の標準化は、共に重要な活動であることが確認できた。また、各活動共に、2020年度末現在において、2020年度目標は達成しており、最終年度である2022年度目標において明示的なマイルストーンが置かれている、標準化活動とプロモーション活動に関しては、当該年度にそれらを十分に達成する見込みである。

### (8) 研究開発項目⑧：調整制度

国際的に最先端の状況を、課題を含めて常に把握し、国際的な議論の場に恒常的に参加した上、課題の整理のみならず、制度や基準の整備に関する検討に関わって貢献してきた。EDI約款の検討からは、その課題の整理のみならず、談合・価格カルテル、相場操縦、買い占めによる競合者の妨害・転売、買い占めによる自社製品の価格つり上げなど不正取引の可能性について、ルール作成や制度整備を検討することができた。

国際機関および欧州の各国政府の動向調査、専門家調査、文献調査からの知見は、メンバーからの疑問や質問に対する回答などに活用されたのみならず、研究成果が多くの国際学会での報告、基調講演、学術論文にまとめられた。

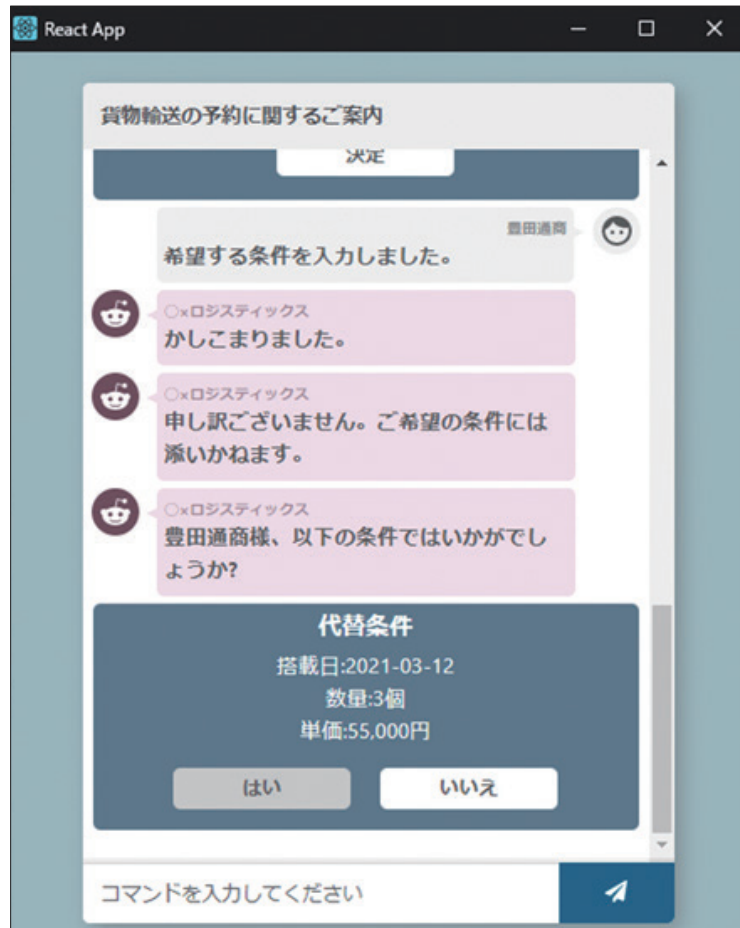
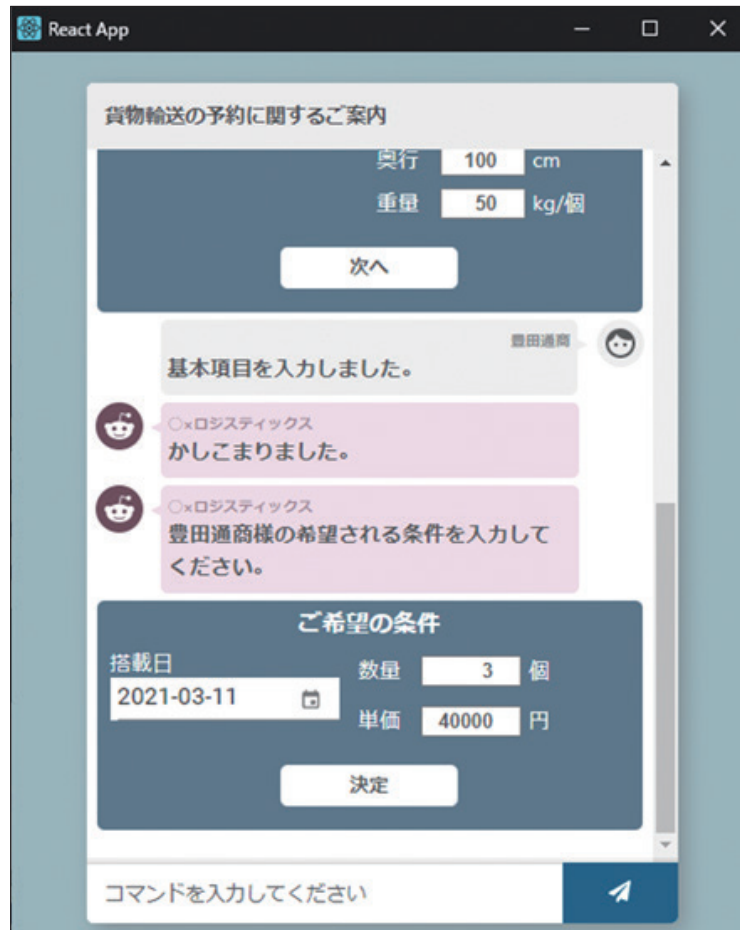


図2 物流需要家用手動交渉 GUI 画面例



### (9) 研究開発項目⑨：マーケットプレイスとの安定性と安全性

自動交渉プラットフォームにおける、実践的な不正行為を実証したほか、簡易的なサプライチェーンモデル内で強化学習を用いた、価格決定アルゴリズムに基づいて価格を決定した場合に、明示的な通信がなく、談合現象が発生することを示した。

さらに、強化学習の種類を変えた場合に、その談合水準が変化することを示した。加えて、より現実的なサプライチェーンを想定したシミュレーションを作成し、市場参加者の取引行動がサプライチェーン全体に与える影響について調査した。

### (10) 研究開発項目⑩：情報共有による再調整・交渉モデルの開発

横断的輸配送計画マージ方式や求貨求車マッチング方式、メタヒューリスティクス強化学習を用いた輸配送最適化手法の3方式を構築した結果、任意の輸配送計画セットの入力に対して、入力以上に輸送効率の高い輸配送計画セットが出力できることを証明した。

また、メタヒューリスティクス強化学習を用いた配送最適化手法については、原理モデルを構築するとともに、複数の配送情報を用いて物流会社ごとに最適配送ルートの生成を行い、ドライバーの選好情報に応じて交渉プラットフォーム上で入札・交渉することで、積載率などの効率化が検討可能であることを示した。

横断的輸配送計画マージ方式について、2020年度人工知能学会全国大会や日本オペレーションズ・リサーチ学会などに発表した。

## 4 まとめと今後の展望

2020年度目標に対しては、予算減額分を大規模なマッチングファンド・自己投資で補うことで、「デモシステムの稼働」、「国際標準化に資するプロトコルなどの候補群の開発」、「国際標準化団体において、自動交渉に関する標準化作業に着手」、「自動交渉AIの国際競技会でリーグの主催」の全てについて達成度100%となった。

最終年度（2022年度）の目標に対しては、2020年度で本研究開発が終了したことにより、2021年度、2022年度に計画していた事項について未達成であるが、2021年度に社会実装を加速させるため、自律調整

SCM コンソーシアムを立ち上げた。

また、2022年度は実際の部品購買業務において、自動交渉AIを活用した実証実験を行うなどの自主的な活動を継続しており、2023年度以降の実用化を目指している。

## AI間連携基盤技術

## 健康・医療・介護AI連携基盤の構築

学校法人慶應義塾大学、国立研究開発法人理化学研究所、国立研究開発法人国立成育医療研究センター、国立大学法人佐賀大学、東京都立小児総合医療センター

- 健康・医療・介護分野におけるAIの大きな可能性と貢献する範囲を考慮し、当該分野におけるAIの開発においてAIが連携・連動して個人を支えられるよう、標準化と相互の情報流通を可能にした。
- 各事業者の協調と競争を両立する、AI連携基盤の構築とユースケースによる検証を行った。
- 慶應義塾大学が構築してきた情報流通基盤を東京都立小児総合医療センターが支援し、理化学研究所が構築してきた調整技術と連携することで、AI間連携基盤の実装を進めた。
- ユースケースとして、成育医療研究センターや佐賀大学を中心にした救急診療を検証した。

## 1 研究の目的

「多様なデータの連携と各種AIシステムの相互連携」に向け、リファレンスアーキテクチャがAI間連携基盤に接続された各AIシステム間で適切にデータ連携され、それぞれのAIシステムや基盤が正しく動作することを検証した。これらの連携・統合機能を実証し、より高次のサービスモデルを実現した。

また、「協調と競争の両立を実現するアーキテクチャの開発と基盤の構築」に向け、健康・医療・介護に至るあらゆる情報を統合・再構成する基盤技術CDMS（情報流通基盤システム）を原型として採用する。その成果を取り込みながら拡張し、健康・医療・介護分野における拡張性のある分散配置を可能とするリファレンスアーキテクチャを開発した。個人がそれぞれ期待する生活像を表現した、多次元からなる指標・接続可能な各AIシステムの前条件や基準を検証した。

さらに、「本アーキテクチャやプロトコルを標準規格として海外に提案」するため、次世代の臨床技術・創薬開発情報基盤のアーキテクチャおよび体制が海外でも受容され、国際的な展開が可能になるよう、国際的準化団体・コンソーシアム組成の検討も含め、国際的な発信に向けた準備を進めた。

## 2 実施期間と方法

## (1) 実施期間

2018～2020年度

## (2) 実施方法

健康・医療・介護分野における各AIが連携・連動して個人を支えられるよう、標準化と相互接続を可能とし、協調と競争を両立するAI連携基盤の構築とユースケースによる検証を進めた。慶應義塾大学が構築してきた情報流通基盤をベースとして、東京都立小児総合医療センターがこれを支援し、理化学研究所が構築してきた調整技術と連携することにより、AI間連携基盤の実装を進めた。また、国立成育医療研究センターや佐賀大学を中心にした救急診療をユースケースとして、検証に向けて取り組んだ（図1）。

## 1) 各種プロトコルの策定

2018年度は、過去の検討状況の整理、通信プロトコルの仕様や基盤を策定した。標準的な通信プロトコルを策定するため、各種プロトコルに関する過去の検討状況を整理した。これをもとに、通信プロトコル拡張における基本データ構造の設計を策定した。

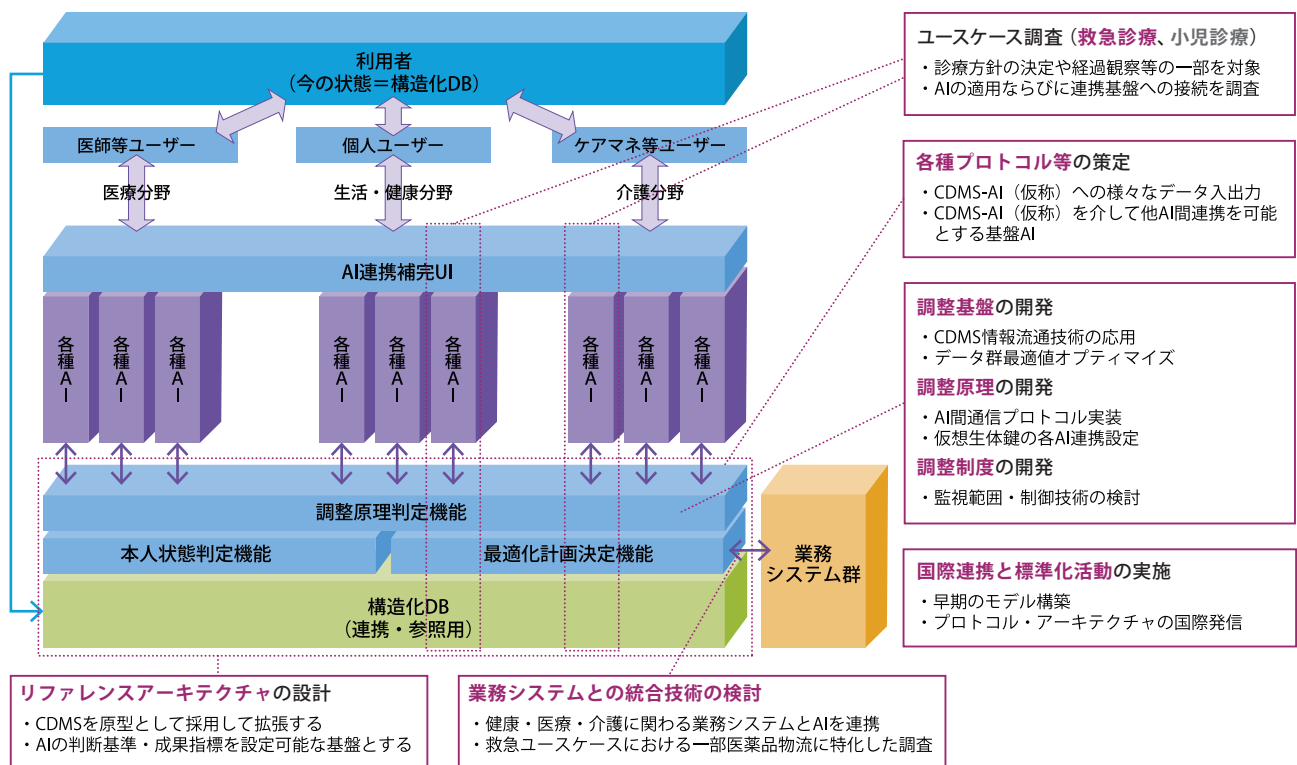


図1 研究開発計画の概要

## 2) リファレンスアーキテクチャの設計

2018年度は、関連するリファレンスアーキテクチャを調査した。2019年度は、小児と薬事業、およびAMED研究事業で採用されたデータ流通・制御基盤のアーキテクチャを整理し、構造化データセットの保持やデータの品質管理・監視の方法、同意制御の可否、セキュリティのレベルについて調査して情報流通制御技術について整理した。2020年度は、AI間連携基盤を次世代の医療情報交換規格（HL7 FHIR：Fast Healthcare Interoperability Resources）に対応させ、さまざまな業務システムや関連システム連携まで見据えた拡張設計が可能か検討した。

## 3) 調整基盤の開発

2018年度は、基本となるデータ連携基盤を構築し、医療分野における機能拡張部分、各種プロトコル・標準語彙基盤の機能をデータ連携基盤に拡張した。

## 4) 調整原理の開発

2018年度は、健康・医療・介護データと、開発している健康プラットフォームの構築に向け、CDMSプラットフォームのアーキテクチャと双方のデータ形式を確認した。2019年度は、神戸での1,000人計測データに基

づいた健康指標のAPI化を行った。このAPIを利用して、次に指標として標準化された入力と構造化データからなる、医療データを入力としたアンサンブル機械学習のモデルを設計し、最適なアンサンブル機械学習のアルゴリズムを選択可能なフレームワークを作成した。2020年度は、介護に係る「記録」と「気づき」のデータ収集システムを介護フィールドへ導入し、現場のデータ取得システムを開発。これらのデータを活用し、調整原理として、AI間の自動連携の基本方式を策定し、事例となるAIとして、被介護者と介護者間のQOLを最適化するAI間の調整原理を構築した。

## 5) 業務システムとの統合技術開発

2018年度は、関連システムの実態調査やデータ・システム間連携・統合機能の検討とプロトタイプを設計・開発した。AI間連携基盤において、電子カルテやレセプトなど、医療分野における業務システムとの間で、適切にデータおよび動作を連携・統合する機能を新たに実装するために、協力の得られた中小病院6施設で医療業務システムの実態を調査し、データフォーマット、データ内容、データの状況について、標準規格への準拠状況を整理した。異システム間連携のアーキテクチャをベースに拡張し、電子カルテやレ



セプトなど、医療分野における業務システムと、AI 間連携基盤に接続された各 AI との間で、適切にデータおよび動作を連携・統合する機能を新たに実装するため、システム間連携・統合機能の検討とプロトタイプを開発し、テスト環境での各種 API 動作を検証した。

2019 年度は、電子カルテやレセプトなど、各分野における業務システムのうち、救急ユースケースにおける医療品物流の一部について、AI 間連携基盤に接続された各 AI との間で、適切にデータおよび動作を連携・統合する機能を調査、検討し、PoC（概念実証）のための評価システムを準備した。2020 年度には、AI 間連携基盤を活用したさまざまなサービスの現場実装を進めた。

### 6) ユースケース実証

2019 年度は、防災・救急救命現場の有益なユースケースをヒアリングし、防災・救急救命領域における医療活動の基盤拡張に関するニーズを検討した。2020 年度は、AI 間連携基盤に接続された個人に関するデータをユースケースとして、データ提供元とデータ提供先との間で行われる同意形成に基づく、データ制御を用いたリファレンスモデルとの実装方法を設計した。

### 7) 調整制度の開発

2018 年度は、AI 間連携ルール設計に関わる実態を調査した。調査対象として、AI 基礎技術、AI と自他が呼称しているサービスやシステム、特に医療分野における活用目的、利用度合い、市場規模、市場シェアについて調査した。2019 年度、2020 年度は AI 基盤の監視に関する制御技術やその使用技術化、法的側面における行政運用の課題を検討した。

### 8) 調整原理や調整制度を国際的に展開するために国際連携と標準化活動の実施

2019 年度、2020 年度は国際的な展開のための現状の整理と、取るべき方策を検討した。また、AI 活用や健康医療データの活用など、多分野において国際的な連携や情報発信の手法について検討した。

## 3 本研究の成果

### (1) 各種プロトコルの策定の成果

通信は HTTPS で共通、データ形式については WAGRI（農業データ連携基盤）および CDMS は JSON\*1 である一方、小児と薬事業における電子カルテデータは HL7 3.0 形式の CDA でデータを蓄積しており、抽出する際には XML 形式になるため、WAGRI-小児と薬事業間でデータの受け渡しを行う場合はデータ形式の変換が必要だった。電子カルテマッピング実態調査を行い、WAGRI から登録した医療情報が CDMS で取得できることが確認できた。

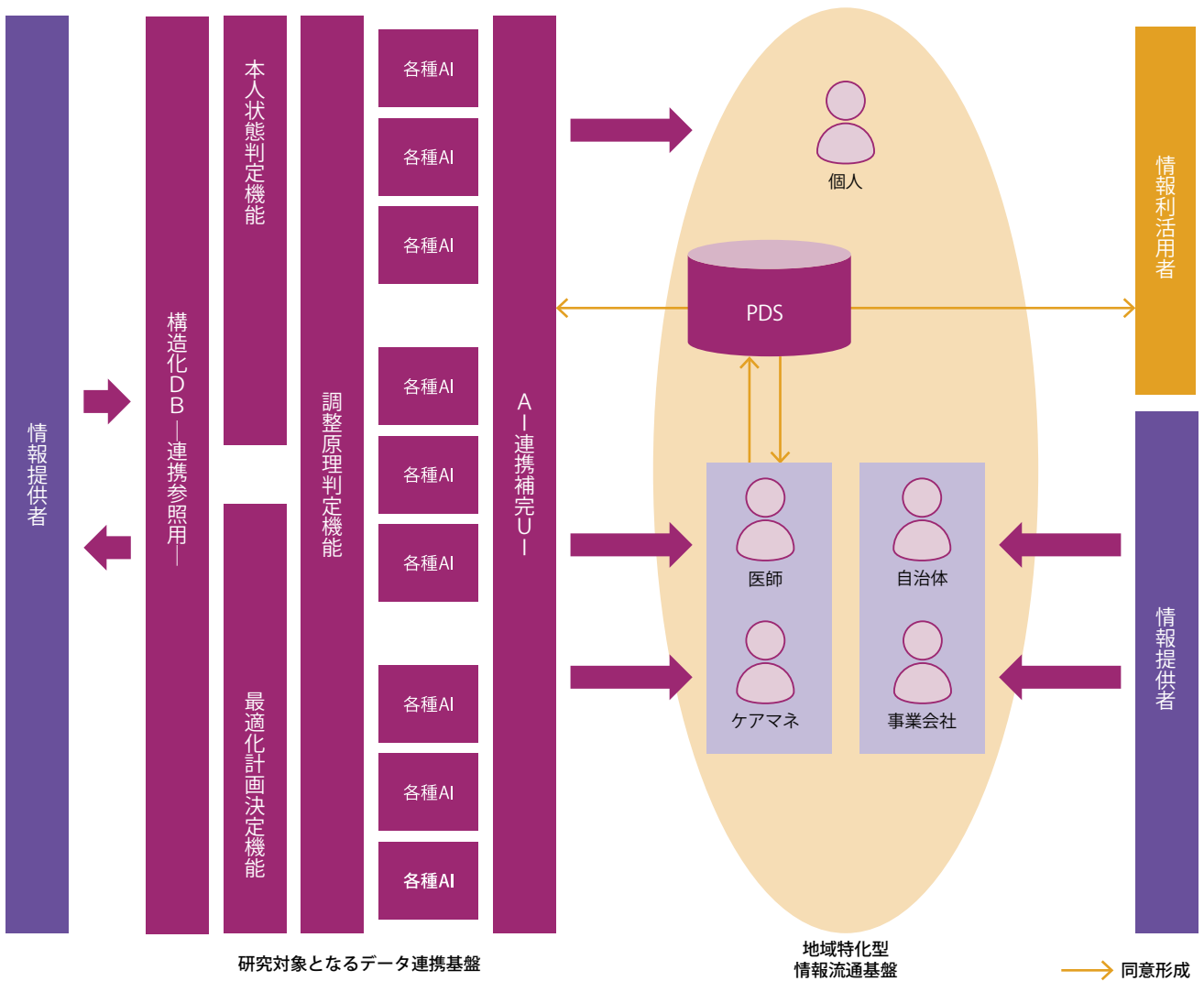
通信プロトコルの仕様、基盤（DynamicAPI による語彙間連携を含む）、通信プロトコル拡張における基本データ構造を設計した。

### (2) リファレンスアーキテクチャの設計の成果

国内における健康・医療・介護分野の主要な AI として、重症化リスク予測システム、コンピューター利用診断支援ツール、げんき予報を選定し、AI 間連携を実現するための同意制御技術、仮想生態鍵技術を基礎とする情報流通制御技術について、主に交換性、利活性、市場性の観点から調査し、CDMS を原型とした基盤拡張について整理した。得られた結果から、リファレンスアーキテクチャの標準化・AI 間連携プロトコルの標準化の整備が必要であることが明らかになった。また、AI 間連携による事業化は調整原理と各種 AI、および補完 UI を有する AI 間連携基盤を介して、情報利活用者などとの間で合意形成を果たして利活用が進む形が想定される（図 2）。

CDMS を HL7 FHIR規格に対応させ、CDMS が HL7 FHIR規格との間での接続し、相互運用性があることを確認した。これにより AI 間連携基盤を介し、HL7 FHIR を活用することで、業務システム間での情報連携が可能となり、いかなる業務システムとも連携できるリファレンスアーキテクチャを提案した。分散化 CDMS をさまざまな業務システムや関連システム連携まで見据えた、拡張性のあるリファレンスアーキテクチャとして整理して CDMS 基盤を拡張し、PoC のための評価システムを準備した。AI 間連携基盤で、AI の判定結果を公開デー

\*1 JavaScript のオブジェクト記法を用いたデータ交換フォーマット。



複数のAIを自動的に協調・連携させるための技術

図2 AI間連携による事業化イメージ

タセットの1項目として参照できることを確認した。

### (3) 調整基盤の開発の成果

調整基盤の医療分野における機能拡張として、「農業データ連携基盤」のアーキテクチャをベースに必要な機能を拡張し、新たに基本となるデータ連携基盤を構築(医療分野における機能拡張部分、各種プロトコル・標準語彙基盤の機能をデータ連携基盤に拡張)した。分散したデータソースを集約する情報流通基盤から、同意設定された必要なデータのみを制御下で流通させるため、AI間連携基盤との連携APIの仕様を拡張した。連携API拡張仕様に基づき、健康・医療・介護分野のAI間連携基盤を、同意設定された必要なデータのみが流通できる情報流通制御基盤へ接続した。

### (4) 調整原理の開発の成果

医療・健康・介護データ基盤上に接続される各AIについて、判断基準となる多次元の埋め込みによる指標を設定した。ユースケースとして介護モデルを採用し、介護者と被介護者における効用を最大化するためのそれぞれのAIエージェント間で両者を最適化する方法を用い、調整原理を検証した。

### (5) 業務システムとの統合技術開発の成果

異システム間連携を基盤とし、電子カルテやレセプトなど、各分野における業務システムと、AI間連携基盤に接続された各AIとの間で、適切にデータおよび動作を連携・統合する機能を新たに実装した。医療機関も含めて接続・連携され、同意の取れた必要なデータのみが流通するために必要な、新たなアクセスログ管理や証跡保存、各AIの挙動のリアルタイムモニタリングなどを

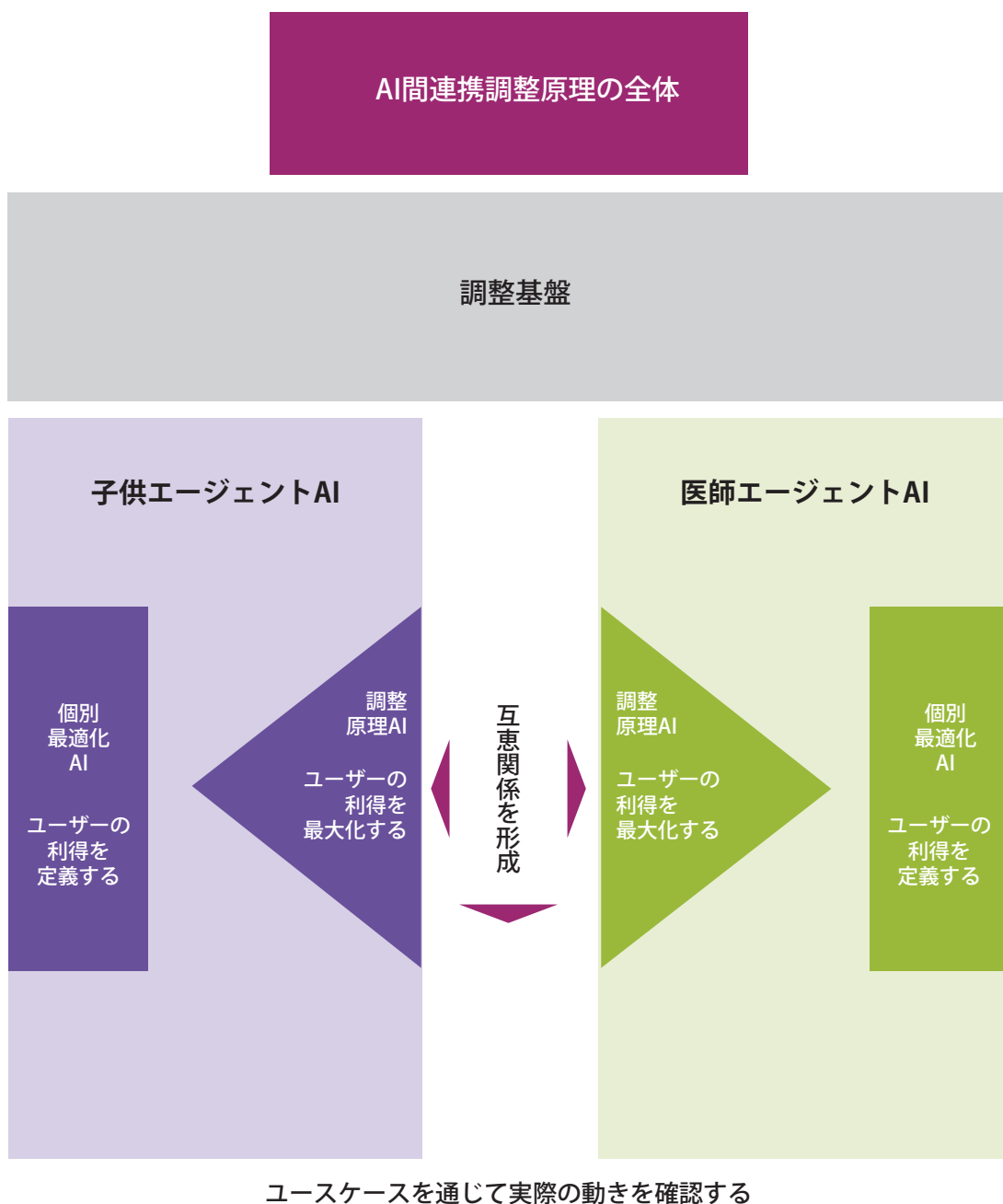


図3 ユースケース実証として実施したAI間調整原理の全体概要

可能とする改修を実施した。また、情報流通基盤で流通する情報が、同意流通制御に基づいて適切に流通可能となるよう接続仕様を設計した。さらに、北海道地域の成人・脳神経外科専門医療機関において、AIを活用したスマート問診を導入したほか、新型コロナウイルス感染症に対応した健康把握サービス（問診システム）の実サービスへの活用を拡大した。

### (6) ユースケース実証の成果

防災・救急救命領域における医療活動の基盤拡張に関するニーズを検討し、複数ベンダーのシステムにそれ

ぞれ分散型CDMSを組み込み、それらをPOPS（Person-condition Oriented Proxy System）と連携することで、マトリクス型の同意を介して公開データセットが確実に流通できることを確認した。また、AI間連携基盤規格で収集された医療情報を活用した、AI間調整原理についてのユースケースを実証した（図3）。

### (7) 調整制度の開発の成果

AI間連携ルールの設計に関わる実態を調査し、AI間連携ルール設計にかかる機能要件を整理した。

AI間連携ルールの設計に関わる実態として、AI基礎



技術、AIと自他が呼称しているサービスやシステム、特に医療分野における活用目的、利用度合い、市場規模、市場シェアについて調査した。業種ごとのAI活用状況として金融・流通・製造・インフラ・自動運転・農業・防犯・エネルギー・教育・物流・行政を対象として活用状況、市場規模、課題と対策などの実態を明らかにし、AI間連携ルール設計にかかる機能要件について整理した。

#### (8) 調整原理や調整制度を国際的に展開するために国際連携と標準化活動の実施の成果

国際的な展開のための現状の整理と取るべき方策、および、AI活用や健康医療データの活用など、多分野において国際的な連携や情報発信の手法について検討した。新生児医療現場で利用されるAIシステムは国外医療機関とも連携して開発が進んでおり、これは本研究で開発するAI間連携基盤で稼働するものであり、SIP第2期の発展・拡張性、国際的な発展可能性を提示するものである。また、AI間連携基盤と次世代電子カルテ規格である「HL7 FHIR」との連携を実証した。これにより電子カルテとの連携が容易になるとともに、国際的な展開が可能となる。

アプリなどの開発を加速推進する。同時に、現在多言語化も進み、海外のさまざまなアプリ開発企業への環境提供も戦略的に計画している。

2019年には「健康医療社会システム協議会」を設置し、企業との密接なアライアンス関係を構築した。この協議会が契機となり、本基盤技術の活用を積極的に検討する企業が新たに増えるなど、社会基盤としての継続性と盤石な展開が可能になって、本研究開発を発展的に浸透させている。本研究開発の5か年計画は、2年6か月で目標を達成し、3年で当初計画の範囲を超えて実現した。また、急速に成長する市場に対応すべく、今後5年で基盤利用の情報流通における市場の50%超獲得を目指す。これによって、本研究をビジネスにおけるスケラビリティへと展開させることから、SIP第2期の枠組みを終了し、AI間連携基盤の社会実装へとシフトする。

## 4 まとめと今後の展望

SIP第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」におけるAI間連携基盤技術／健康・医療・介護AI連携基盤の構築として研究開発を進めてきた内容は事業化が進み、今後は企業間のビジネス上の制約や秘密保持の観点などから、実業としての発展を加速させる。このAI基盤を全国に実装する環境は整い、その上で動く診療支援システム、例えば問診支援や診療録作成支援などに加え、そこで蓄積されたデータ分析により、患者ごとの個別医師の対応予測の最適化、待ち時間の最適化、そのほか病院単位、地域単位での医療の質比較分析をリアルタイムで提供することを可能とする。さらに、本技術を社会基盤として拡充することで、新たな感染症の発生に対しても、迅速な医療資源の再配置を計画・提案することも可能になる。

本研究開発によって実証したAI間連携基盤の構造化データの流通・制御技術こそがこれらを可能とし、それをもとにした医療分野におけるさまざまな革新的AIア

# スマートシティ等分野において、分野・企業横断の相互連携等を可能とするアーキテクチャの構築

日本電気株式会社、一般社団法人データ流通推進協議会、国立大学法人東京大学、アクセンチュア株式会社、国立大学法人名古屋大学、株式会社JTB、株式会社日建設計総合研究所、エブリセンスジャパン株式会社、大日本印刷株式会社、国立大学法人大阪大学、KDDI株式会社、セコムトラストシステムズ株式会社

- スマートシティ分野やパーソナルデータ分野において、ユースケースについて情報収集・分析を行った。
- 各分野に関して、国内外における具体的なユースケースの構成要素を Society 5.0 リファレンスアーキテクチャの各層（戦略・政策、ルール、組織、ビジネス、機能、データ、データ連携、アセット）に整理した。
- 各分野に関して、実証すべき複数のユースケースを選定した後、実証事業を実施し、ステークホルダーとの合意形成を進めながらアーキテクチャを構築した。

## 1 研究の目的

Society 5.0 の実現に向け、スマートシティ分野やパーソナルデータ分野において、官民連携体制によって AI・ビッグデータなどを活用した実証事業を進めつつ、分野・企業横断の相互連携などを可能とするアーキテクチャを構築した。スマートシティ分野やパーソナルデータ分野において、国内外のアーキテクチャやユースケースについて情報を収集・分析し、各分野に関する国内外における具体的なユースケースの構成要素を、Society 5.0 リファレンスアーキテクチャの各層（戦略・政策、ルール、組織、ビジネス、機能、データ、データ連携、アセット）に整理した（図 1）。

各分野に関して、実証すべき複数のユースケースを選定して実証事業を実施し、ステークホルダーと合意形成を進めながらアーキテクチャを構築。構築したアーキテクチャを利害関係者間で共有し、分野・企業横断のデータ連携、制度整備、国際標準化などの推進を目標としている。

ここでは、まず「スマートシティアーキテクチャ設計

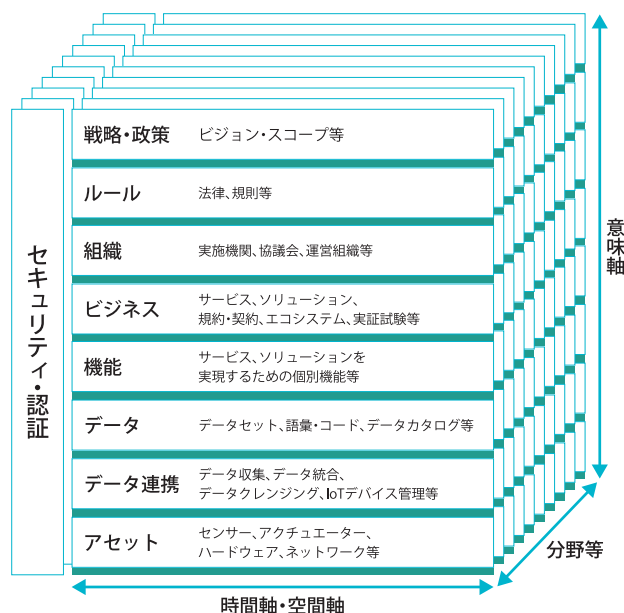


図 1 Society 5.0 リファレンスアーキテクチャ

と関係実証研究の推進」、「DFFT（Data Free Flow With Trust）実現のためのアーキテクチャ設計と国際標準化推進の研究開発」、「多様な分野を地理空間情報でつなぐ持続的なプラットフォームのデザインと実証」のアーキテクチャおよびプラットフォームに関する開発事業について

て解説し、スマートシティとパーソナルデータのそれぞれの実証実験について紹介する。なお、本研究開発は全て2019年度に実施した。

## 2 スマートシティアーキテクチャ設計と関係実証研究の推進

### (1) 事業者

日本電気株式会社、アクセンチュア株式会社、鹿島建設株式会社、株式会社日立製作所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般社団法人データ流通推進協議会。

### (2) 実施内容および研究の成果

国内のスマートシティは、全国各都市でさまざまな取

り組みが存在するものの、他地域への横展開や取り組みの持続化が困難となっている。スマートシティの共通アーキテクチャ構築を目指し、「国内外でのスマートシティに関する調査」、「アーキテクチャ・都市OSの検討」、「標準化の推進」、「実証研究の指揮」の研究項目を実施した。

#### 1) 国内外でのスマートシティに関する調査

欧州を中心とするスマートシティに関するIoTパイロットであり、21都市が参加する大規模な取り組み「SynchroniCity」、エストニア政府が整備した安全なデータ交換のためのプラットフォーム「X-Road」(図2)、インド中央政府統計・計画実施省(Ministry of Statistics and Program Implementation)が開発した、生体認証技術を活用した個人を一意に識別する番号「Aadhaar」(図3)、

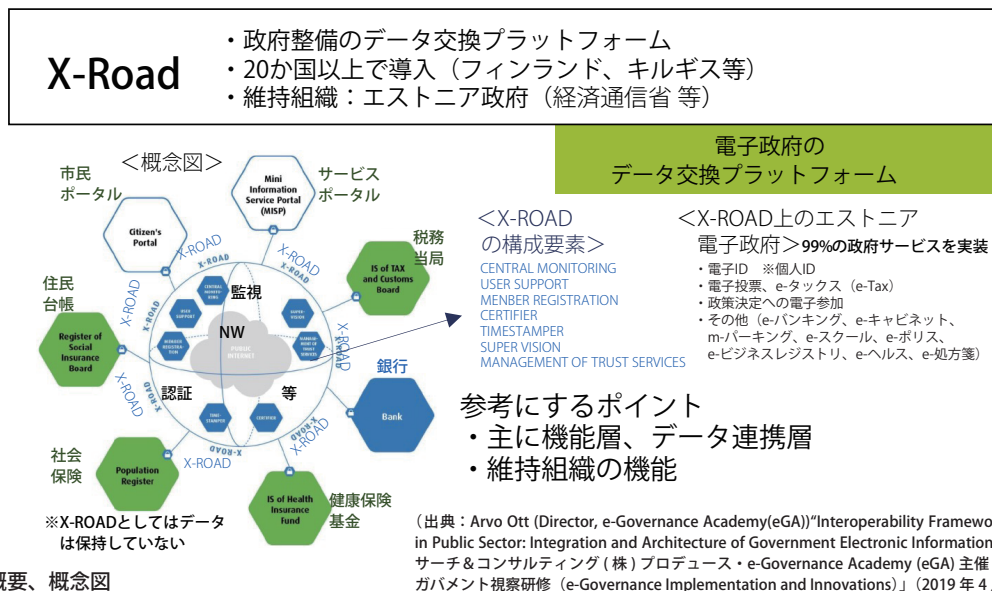


図2 X-Road 概要、概念図

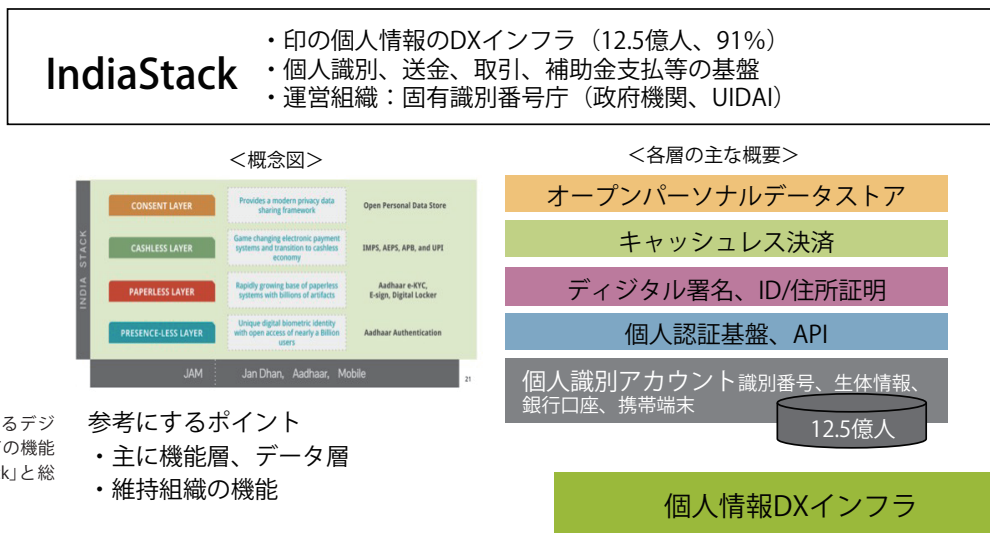


図3 IndiaStack 概要、概念図

(出典: <https://www.slideshare.net/indiastack/india-stack-a-detailed-presentation>)



NIST（National Institute of Standards and Technology：米国国立標準技術研究所）が主導して定めたコンセンサスフレームワーク「IES-City」など、海外での主要なアーキテクチャやユースケースを10件程度、および国内のユースケースを「都市類型」、「課題分野」、「地方区分」の偏りなく50～60件程度調査・分析し、アーキテクチャ構築のインプット情報とした。

## 2) アーキテクチャ・都市OSの検討

本事業で構築するアーキテクチャモデルに従って都市OSが構築されることで、スマートシティ間の相互運用性が担保され、さまざまなサービスモジュールがどの都市でも利用可能となる社会を実現することを念頭におき、アーキテクチャを構築した。

アーキテクチャの上位3層である戦略・政策層、ルール層、組織層の構成要素の特性と、それらの層内・層

都市名	事業名	事業時期	都市類型	地方区分	課題分野	ビジネス（サービス/システム）
さいたま市 浦和美園	データ利活用型スマートシティ推進事業	2017 -	A	関東	健康	・各種生活支援サービス
横浜市	データ活用・オープンイノベーション	2017 -	A	関東	その他	・オープンイノベーションの一環としての官民データ活用
京都府	「スマートシティ京都」モデル構築	2018 -	A	近畿	観光 環境 セキュリティ	・京都ビッグデータ活用プラットフォーム構築
柏の葉	柏の葉スマートシティ	2019 -	B	関東	エネルギー 健康	・エネルギーマネジメント ・スマートヘルス
福岡市	地域包括ケア情報プラットフォーム	2016 -	C	九州	健康	・データ集約（医療・介護情報） ・在宅連携支援システム ・情報提供システム ・データ分析（シミュレーション、見える化）
弘前市	弘前型スマートシティ構想	2013 -	D	東北	観光 インフラ（雪）	・除雪管理 ・スマートシティ観光都市 ・シェアリングエコノミーを活用した雪対策
藤枝市	スマートシティ・コンパクトシティ	2017 -	D	中部	インフラ セキュリティ	・河川水位計・雨量計測システム ・児童見守り
倉敷市	データ利活用事業	2018 -	D	中国	観光 その他	・オープンデータ・地域特性分析 ・人流分析・マーケティング ・人材育成
益田市	サイバースmartシティ構想	2018 -	D	中国	防災 健康 インフラ	・防災IoT（水位モニタリング） ・スマートヘルスケア ・道路インフラ管理

A：3大都市圏の中心都市 B：3大都市圏の周辺都市 C：地方都市圏（連携中枢都市圏）の中心都市 D：地方都市圏（連携中枢都市圏）の周辺都市  
表1 主たるインプットとする国内ユースケース

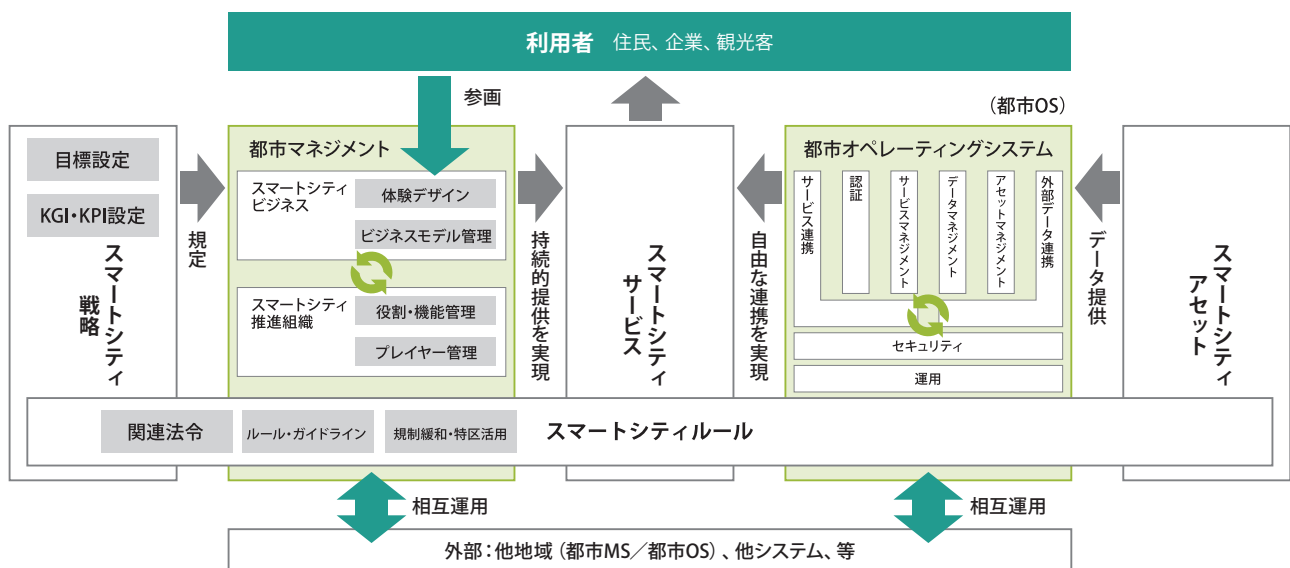


図4 スマートシティリファレンスアーキテクチャの全体像

間における関係性を整理・分析した上で、実際のまちづくりにおけるアーキテクチャ利活用面での課題などを明確化し、それに対応したアーキテクチャを提案した。なお、2次調査を実施したユースケースには表1がある。

また、都市OSは「サービス連携」、「都市OS間連携」、「アセット連携/他システム連携」に該当する外部連携が最も重要であると仮定し、各連携ユースケースから必要となる構成要素を抽出した結果、図4のようなアーキテクチャを構成した。

### 3) 標準化の推進

ITUやJTC1 WG11、AG8、NISTなどで出版されている、スマートシティに着目した標準規格、および作成中のものを調査することにより、本事業でのアーキテクチャに関して、標準化推進のために狙う領域を探索。スマートシティアーキテクチャの評価指標を5項目以上設計し、本研究開発で構築したアーキテクチャを評価。関連標準化団体と連携し、標準化に関するワークショップや情報交換などを実施して報告書としてまとめた。

### 4) 実証研究の指揮

全ての実証研究実施者の実証研究計画へ、連携実証内容を反映した上で実証を指揮し、得られた知見をアーキテクチャ構築へフィードバックした。各実証実験については、「5. スマートシティ実証実験」を参照。

## 3

### DFFT (Data Free Flow With Trust) 実現のためのアーキテクチャ設計と国際標準化推進の研究開発

#### (1) 事業者

一般社団法人データ流通推進協議会。

#### (2) 実施内容および研究の成果

パーソナルデータ分野を含むデータ流通において、日本は自由で信頼のおけるデータ流通のルールづくりに取り組む方針であるDFFTを提唱している。本研究では、パーソナルデータの利活用を促進するパーソナルデータ・リファレンスアーキテクチャ書の開発を目指し、「アーキテクチャの構築およびユースケースシナリオによる検証」、「ルール・制度、ビジネスモデルなどの検討」、「国内外でのパーソナルデータの活用に関する情報収集と分析」、「パーソナルデータ分野アーキテクチャ検討会議の設置と運営」、「標準化の推進」を実施し、下記

の成果物を開発した ([https://data-trading.org/sipb-1-personaldataarchitecture\\_dta/](https://data-trading.org/sipb-1-personaldataarchitecture_dta/))。

- リファレンスアーキテクチャ概要書
- リファレンスアーキテクチャ書
- ユースケースシナリオテンプレート
- ユースケースシナリオ集
- ELSI 検討報告書
- データジャケットの国際標準化

一例として、ドライブレコーダー販売事業者のユースケースシナリオを図5、図6に示す。

実施にあたっては、「パーソナルデータ分野アーキテクチャ検討会議」、「ELSI 検討会」、「パーソナルデータ分野における実証実験実務者会議」を設置・運営し、有識者や実務者の助言や意見を反映させた。パーソナルデータ分野の各実証実験については、「6. パーソナルデータ実証実験」を参照。

## 4

### 多様な分野を地理空間情報でつなぐ持続的なプラットフォームのデザインと実証

#### (1) 事業者

国立大学法人東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会、株式会社価値総合研究所。

#### (2) 実施内容および研究の成果

地理空間情報はさまざまな分野で共通の・汎用的に利用される情報であるが、地理空間情報プラットフォームはそれぞれのユーザーや用途に応じて構築されており、必ずしもそれらが連携されているものではない。そこで、地理空間情報プラットフォームを各プラットフォームやデータ保有者とデータ利用者などを結ぶハブと捉え、「ユースケースを構成する要素の抽出・整理・検討」、「ルール・制度、ビジネスモデル・組織体制などの検討」、「プラットフォームの設計・検討」、「ユースケースの実証研究」を実施。地理空間情報プラットフォーム「G空間情報センター」における実装・運用を提案している。

##### 1) G空間情報センターとは

G空間情報センターは、産官学のさまざまな機関が保有する地理空間情報(G空間情報)を円滑に流通し、社会的な価値を生み出すことを支援する機関である。2012年3月に政府で閣議決定された、地理空間情報活

## ステークホルダリスト ドライブレコーダービジネスの事例

目的：関与する個人、事業者の一覧表を作成することで、パーソナルデータの取り扱いの範囲を明確にし、プライバシー原則などを遵守すべきプレイヤーに抜けがないかを確認する

名称	概要	ISO/IEC 29100 での分類
ドライバー	ドライブレコーダーで録画した映像を提供する	PII principal
ドライブレコーダー販売事業者	ドライブレコーダーを販売する	非該当
データ蓄積事業者	ドライバーから提供された映像を蓄積管理する。映像加工（非個人情報化）をデータ加工事業者へ委託する。映像を購入したい事業者へ販売する。個人情報保護法上の個人情報取扱事業者に該当	Data controller
データ加工事業者	データ蓄積事業者から映像加工（非個人情報化）を受託する個人情報保護法上の委託先に該当	Data processor
データ購入事業者	データ蓄積事業者から映像を購入する	非該当（PII 扱わない）
通行人	ドライブレコーダーが録画した映像に映り込んでいる人	PII Principal

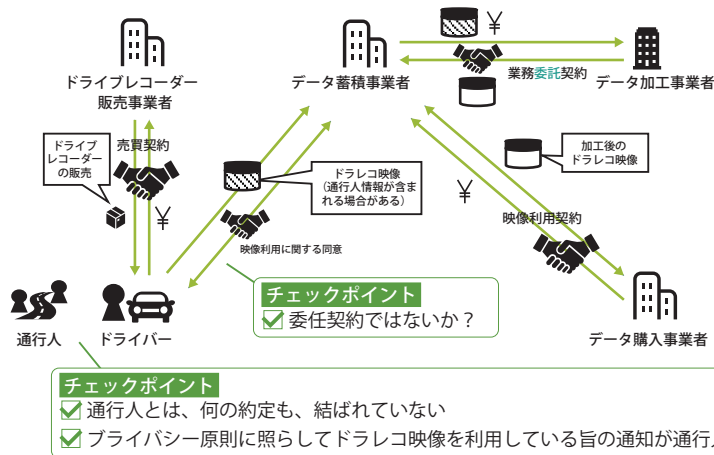
### チェックポイント

- ドライブレコーダー販売事業者は、パーソナルデータの取り扱いについて、特段の役目を持たないのか？
- 通行人は、パーソナルデータの視点では、システムを構成する一構成者としてリストされる

図5 ドライブレコーダービジネスのステークホルダリスト

## ビジネス関係 ドライブレコーダービジネスの事例

目的：関与する個人、事業者間のビジネス関係（契約など）を明確化する



### チェックポイント

- 通行人とは、何の約定も、結ばれていない
- プライバシー原則に照らしてドラレコ映像を利用している旨の通知が通行人ほかに対しては必要ではないか？

図6 ドライブレコーダービジネスの相関図

用推進基本計画に基づいて設立され、2016年11月より一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会が運営している。G空間情報センターの社会的役割を図7、システム構成を図8、データ連携を図9に示す。

### 2) ユースケースの選定とルール・制度、ビジネスモデル・組織体制などの検討

SIP（防災、自動運転など）の各分野におけるアーキテクチャやユースケースと連携し、地理空間情報プラットフォームにおける安定的な自立運営の実現に向けて、複数のユースケースを設定した。さらに、このうち実現可能性などを踏まえて「ユースケースの実証研究」とし

て取り組むユースケースを選定した。また、ユースケースを踏まえた、地理空間情報プラットフォームのビジネスモデルや経営戦略、利用規約などのルール設計・検討を行った。具体的には、これまで実際に地理情報プラットフォームを運営してきたG空間情報センターをモデルに、必要となる規約類や継続的な運営が可能になるよう組織体制を検討・構築した。

ユースケースの例を挙げると、複数の人流データの比較や複数のデータを組み合わせた、人流データの可視化までを支援するサービスの提供が考えられる（図10）。



スマートシティ等分野において、分野・企業横断の相互連携等を可能とするアーキテクチャの構築

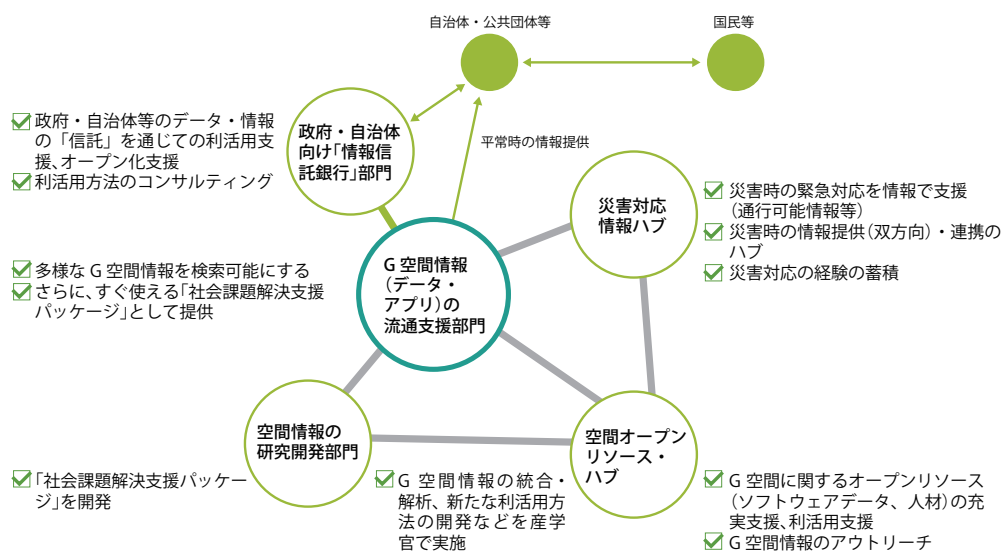


図7 G空間情報センターの社会的役割

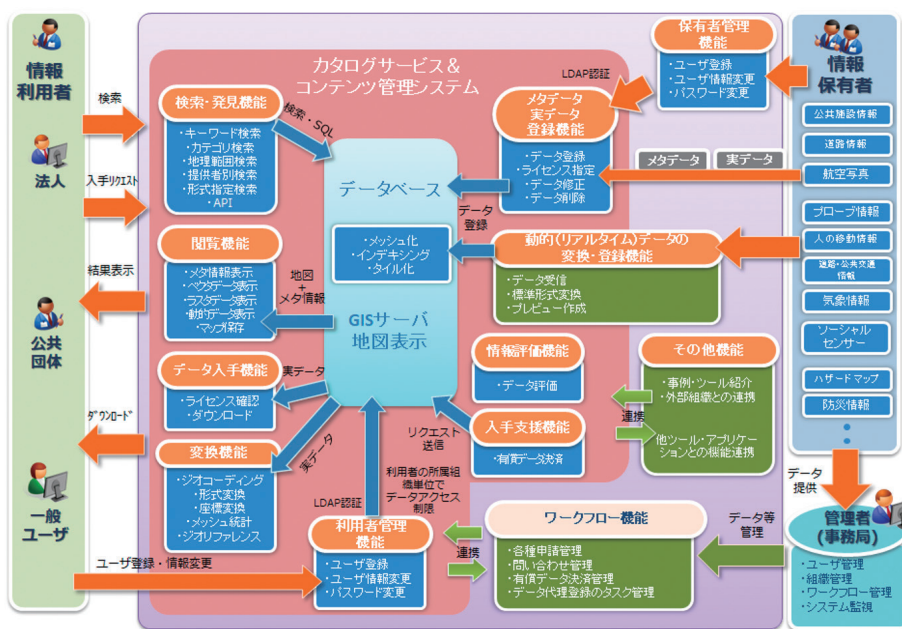


図8 G空間情報センターのシステム構成

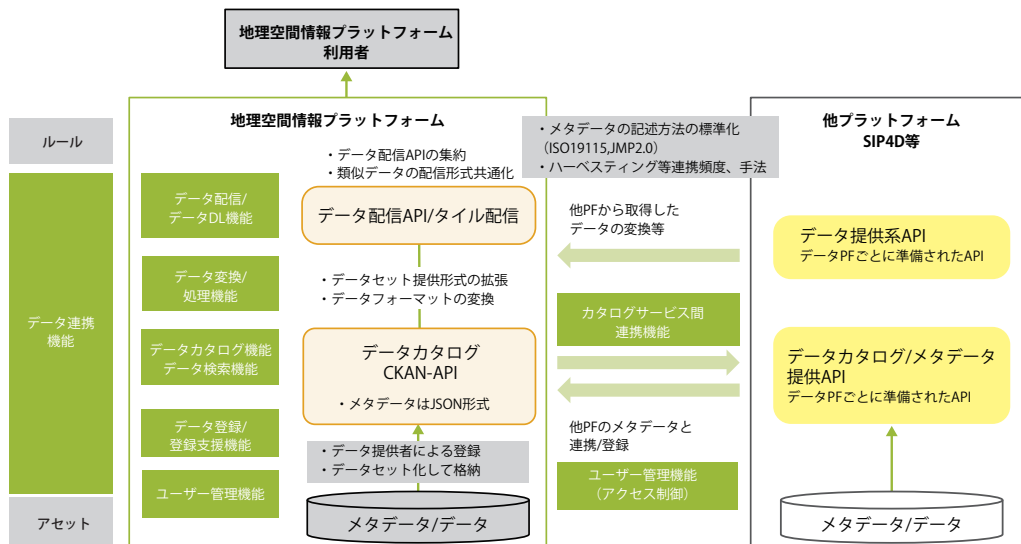


図9 G空間情報センターのデータ連携などに関するアーキテクチャ

概要（付加価値）	センターが行う活動※	センターによる収集・変換・提供データ※	機能※	ターゲット	ビジネスモデル 収益/コスト
さまざまな人流データをカタログとして揃える	●人流データをデータセットとして登録、検索しやすいようにする	・データフォルダからの収集	・データカタログ ・データ入手支援	・マーケティング、不動産、交通など各種サービス事業者	・レベニューシェア (販売代理)
様々な人流/流動データを共通のフォーマットでAPI配信する	●各者の人流データを共通API等で配信	・同上 ・人流データ共通フォーマット提供	・人流データ提供API ・データ変換	・自治体 ・他プラットフォーム運営者	・レベニューシェア
利用者のニーズに合わせて複数の人流データを組み合わせて提供。 個別のデータソースでは網羅性などに問題があるのでこれを解決するべく集約したデータとして提供	●2者以上のデータを組み合わせた人流推計データの提供	・人流データ提供	・人流データ提供API ・データダウンロード ・レポート提供		・レベニューシェア

※ 黒太字：実装・実現済み 赤字：本事業で実施 赤枠：ユースケース実証対象

図10 人流データ活用分野のユースケース

### 3) 地理空間情報プラットフォームのアーキテクチャの設計・検討

地理空間データプラットフォームはさまざまな応用領域から利用されるため、さまざまな分野で使われている地理空間データを調査し、分野ごとに検討されているさまざまな標準（データモデルや標準インターフェース、メタデータ標準など）が、どのような分野でどのように利用されているのかを俯瞰図として整理した。

直接的な地理空間データは、地球上に存在するあらゆる地物や事象の状態を情報で表現するデータである。地物や事象の「状態」を表す主なデータ構造としては、位置情報や大きさ、その形状などを表現する幾何データ、およびそれらに付随する名称や種類、状態などを表現する属性データで構成される。幾何データは、その形によってベクター型データとラスター型データで分類される。ベクター型データは、地物や事象の形状の位置を示す緯度と経度の座標値を持った点のデータを基本型とし、点（ポイント）、線（ライン）、面（ポリゴン）で表現される。代表的なデータ形式として、GML、ESRIのShapefile、KML、GeoJSONなどがある。ラスター型データは、気温など明確な形状として区切れず、連続的に変化する状態を表現するため、一定の領域を格子（セル）に細分化し、各格子にその属性値を持たせる。代表的なデータ形式として、地理画像のGeoTIFF、NetCDF、USGSのDEMなどがある。これらについても成果報告書で整理した。

また、SIP4D（府省庁連携防災情報共有システム）、

Tellus（経済産業省の衛星データオープン&フリー化およびデータ利活用促進事業）など、既存プラットフォームの機能概要についても言及した。

## 5 スマートシティ実証実験

スマートシティの実証実験の事業者と実証実験内容について簡単に紹介する。

### (1) 「利用者へのデリバリーを意識した都市OSの開発および実証研究」

#### 1) 事業者

アクセンチュア株式会社、株式会社アスコエパートナーズ、株式会社 ARISE analytics、TIS 株式会社。

#### 2) 実証実験内容

国のスマートシティで便利かつ効率的に活用可能な、都市OSの機能について検討した。具体的には、会津若松市役所、地元企業、市民などの現場の意見や知見を参考に、特に市民との接点が大きい行政手続き（デジタルガバメント）および医療分野（ヘルスケア）サービスを追加しつつ、以下の機能について都市OSへの導入を検討した。

- ・ワンストップ・ワンスオンリー機能
- ・リコメンド機能

・サービスの容易な追加・維持のために必要な機能  
ログイン処理の中で都市 OS より発行されたログイントークン、および都市 OS より事前に連携されているアクセスキーをもとに、ヘルスケアデータを取得する API を実行する。ログイントークンとアクセスキーを統合的に組み合わせて処理することで、ヘルスケアデータのセキュアな連携を実現した。

結論として、ワンストップ・ワンスオンリーについては、都市 OS と連携したオプトイン情報の取得や、管理する住民 ID とサービスの ID の紐づけが効率的であることが確認できた。リコメンド機能については、子育て中などの個人属性情報に紐づけて、必要な行政手続きを出し分けることが可能であることが分かった。

今後はサービスごとに異なる認証方式ではなく、OpenIDConnect などの標準的な仕様を用いて共通化していくことが必要で、課題としてはデータの更新、データなどの標準フォーマットの導入・運用、当該地域で住民からの信用を得た公民連携団体の設立・運用などが挙げられる。

## (2)「異種スマートシティ基盤のプログラマブル・フェデレーションによる広域人流把握・活用実証」

### 1) 事業者

国立大学法人名古屋大学、慶應義塾大学。

### 2) 実証実験内容

日々変化する社会状況に応じ、異なるスマートシティプラットフォーム間で任意のデータの相互流通を可能とする、CityFeder を提案した。

さまざまなデータに対するアクセス権を社会状況に応じて変更可能で、それぞれのプラットフォームは互いに異なるプロトコルを利用していることが想定されるため、プロトコルやデータフォーマットの相互変換が必要となる。この2点の要件を満たしつつ、開発の容易性を高めるため、CityFeder はオープンソースソフトウェアの Node-RED 活用した設計・実装を行った。

なお、社会状況に応じたスマートシティの相互接続を、本実証実験では「プログラマブル・フェデレーション」と呼び、「災害時物流支援シナリオ」、「人流データ連携シナリオ」で CityFeder の有効性を検証。CityFeder サーバー、東京都市 OS (FIWARE)、名古屋都市 OS (Synerex) の三つのシステムの連携では、東京都市 OS 内データへ

の動的なアクセス権変更や名古屋都市 OS 側のデータの受信・可視化が達成できることを確認した。

## (3) 異種システム連携による都市サービス広域化（高松広域 - 防災）と複数都市間のデータ連携の実証

### 1) 事業者

日本電気株式会社。

### 2) 実証実験内容

広域で発生する自然災害の驚異に備え、複数自治体の防災関係者が住民の安全を守るために必要な情報を迅速に共有できる IoT 共通プラットフォームの動作実験を行った。中核都市の高松市と近隣自治体である観音寺市および綾川町が、既存の防災システムと交通・気象などの異種システムの連携を通じて動作を確認した。

国際通信標準規格の API である NGSI (Next Generation Service Interfaces) を採用して異種データを扱うデータ形式に変換し、異なるシステムを相互接続した結果、「高松広域防災ダッシュボード」や「河川水位分析」において、各自治体の防災担当者が Web 上で災害情報を迅速に共有できた。

また、NGSI を採用した異なる都市 OS への相互接続についても、ダッシュボード上への情報表示により確認。再利用可能なデータやサービスアプリケーションを扱う「共通サービスカタログ」を試作し、動作を検証した。

## (4) 民間事業者含む都市内の異なるシステム連携による分野横断サービスの実証研究

### 1) 事業者

日本電気株式会社。

### 2) 実証実験内容

都市 OS と複数の民間システムとの連携を実証することを目的に、富山市が整備したスマートシティ推進基盤（居住区域 98% をカバーした LoRaWAN・データ流通基盤サービス FIWARE）を活用し、API を介して施設・店舗などの情報を提供するぐるなびシステムや Cyclocity（シェアサイクルシステム）、ジョルダン株式会社の経路検索システムと接続。ヒアリング調査なども実施し、分野間横断サービスの実現を目指した。

その結果、アセット層（鉄道時刻表情報の違い）、データ連携層（連携不足）、データ層（参加店舗などの不足）





などの課題が明らかになった。

また、富山市で構築したサービスを高松市に横展開する検証を行ったところ（図11）、データの不足・不表示・不統一などの課題が見えてきた。その改善施策として、データフォーマットの共通化、APIで連携可能な民間システムの利用によって、横展開時に、新規開発時と比較して約80%の開発期間の短縮、開発工数の削減が実現できた。

### (5) 観光関連サービス事業者向け、AI活用型高度データ共有化プラットフォームの研究開発・実証

#### 1) 事業者

株式会社 JTB。

#### 2) 実証実験内容

観光産業の活性化が進められているが、中小サービス事業者は蓄積されたノウハウをもとに経営し、必要なデータの蓄積もないため、急激な時代の変化への対応ができず、データ分析をもとに展開する大企業に押され経営は衰退傾向にある。

そこで、宿泊実績・予約データなど観光関連のデータを全国規模で提供する「観光予報プラットフォーム」に、観光に関わるリアルタイムデータ、および多様な事業者

が保有するデータを蓄積した。さらには、AIを組み込んだ近未来の需要予測データを推計・提供する「高度データ共有化プラットフォーム」を構築。神奈川県湯河原町、三重県伊勢市、長野県白馬村、沖縄県沖縄市において、開発した試行版システムの利用を通じて、システムをより利用者ニーズに即したものとする意見交換を複数回にわたって実施した。

白馬エリアの実証実験では、「高度データ共有化プラットフォーム」を構築し、その結果をヒアリングすることで、使用料や課題などを明らかにできた（図12）。

### (6) スマートウェルネスシティ実現に係る実証研究

#### 1) 事業者

株式会社日建設計総合研究所、株式会社つくばウェルネスリサーチ、有限責任監査法人トーマツ。

#### 2) 実証実験内容

札幌市を対象として ICT 施策・健康施策・都市づくり施策を連動させ、集積性の高い賑わいのある都心づくりと、公共交通と徒歩による移動を中心とした健康的な都市生活を可能にする「ウェルネス&ウォークラブルなコンパクトシティ」の実現を目指し、「スマート健幸ポイントシステム」、「屋内外シームレス人流計測システムの開

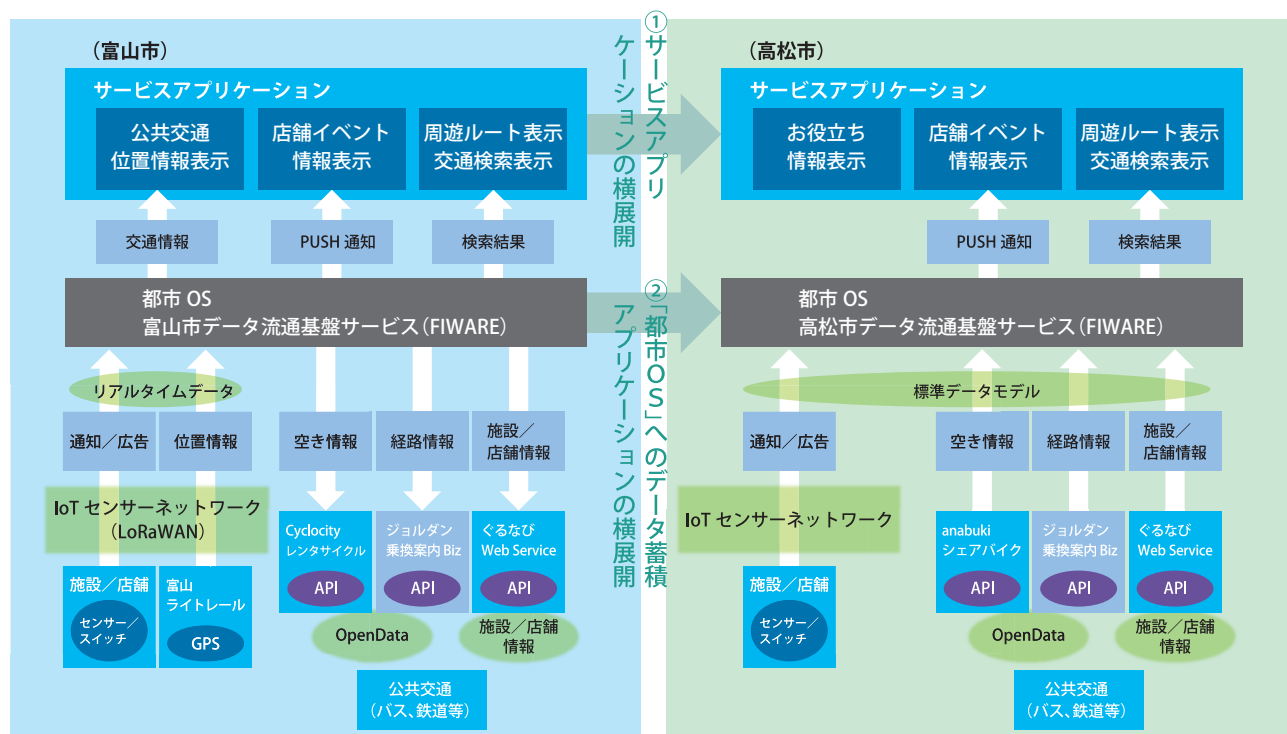
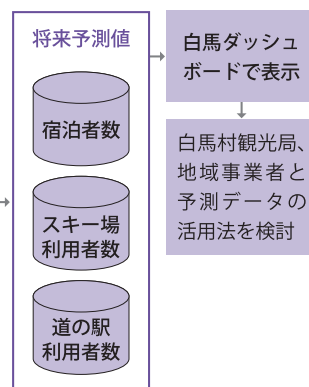
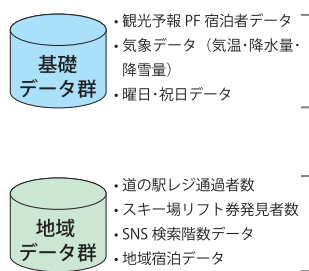


図11 富山市から高松市への実証におけるサービス展開イメージ

- ・簡易版の需要予測システムの開発・運用を行った。
- ・予測推計値は、白馬村宿泊者数、道の駅利用者数、スキー場利用者数を対象としている。



●実証での実施内容



●実証風景



図 12 白馬エリアの実証

発)、「ビッグデータを活用したスマート・プランニング手法」を開発した。また、その効果を検証するイベントなどを実施した。

さらには、スマートウエルネスシティの実現に必要な健康ポイントから得られる各種ビッグデータをスマート・プランニングに活用するために、データフォーマットの定義とデータベースを構築した。

**(7) スマートシティにおけるパーソナルデータと産業データのデータ取引市場による共有基盤の実証**

1) 事業者

エブリセンスジャパン株式会社、ソフトバンク株式会社、日鉄ソリューションズ株式会社。

2) 実証実験内容

スマートシティにおいては、市民のさまざまな活動に

紐づくデータ (パーソナルデータ) と、産業の諸活動によって生成されるデータ (産業データ) が存在している。パーソナルデータと産業データの双方において、時々刻々と変化する社会の姿を克明に示す「リアルタイムデータ」と、一定期間・量の集積後に統計・解析することで付加価値が生じる「蓄積型データ」があり、それらがCPS (Cyber Physical System) 上に散在している。

ここでは産業データとして、赤帽に加盟する軽貨物運送業を営む個人事業主の「荷捌き」に着目し、データ収集・加工方法のプロトタイプモデルの構築、異分野かつ都市ごとのデータの収集・調達・活用をするため、国際通信標準規格のAPIであるNGSI (Next Generation Service Interfaces) に対応したデータ取引市場の開発などを行った。さらには、データ取引市場を利用したデータの提供・分析加工・購入における課題整理、都市の変化に合わせた流出入データ変動についても、アイデアソンを行

い、都市開発のデータ活用についても検証した。

なお、データについては、Variety（データの多様性）、Volume（データ量）、Velocity（データ生成速度・頻度）の「ビッグデータの3つのV」の概念を参考に、車両の位置情報（位置、方角、加速度など）とドライバーの生体情報（位置、歩数、心拍数など）のリアルタイムデータや、50mメッシュのIDなど蓄積型データを加工している。データ加工の推進イメージを図13に示す。データ取引の3極型モデルは図14のとおりである。これ

らのビジネスモデル創出にあたっての、課題（法整備）、スマートシティのアーキテクチャ構築へのフィードバックなどを、2019年度成果報告書にまとめている。

### (8) 分野横断による課題解決型デジタルスマートシティの実現と複数都市間のデータ連携に関する実証研究

#### 1) 事業者

株式会社日建設計総合研究所、総合警備保障株式会社。

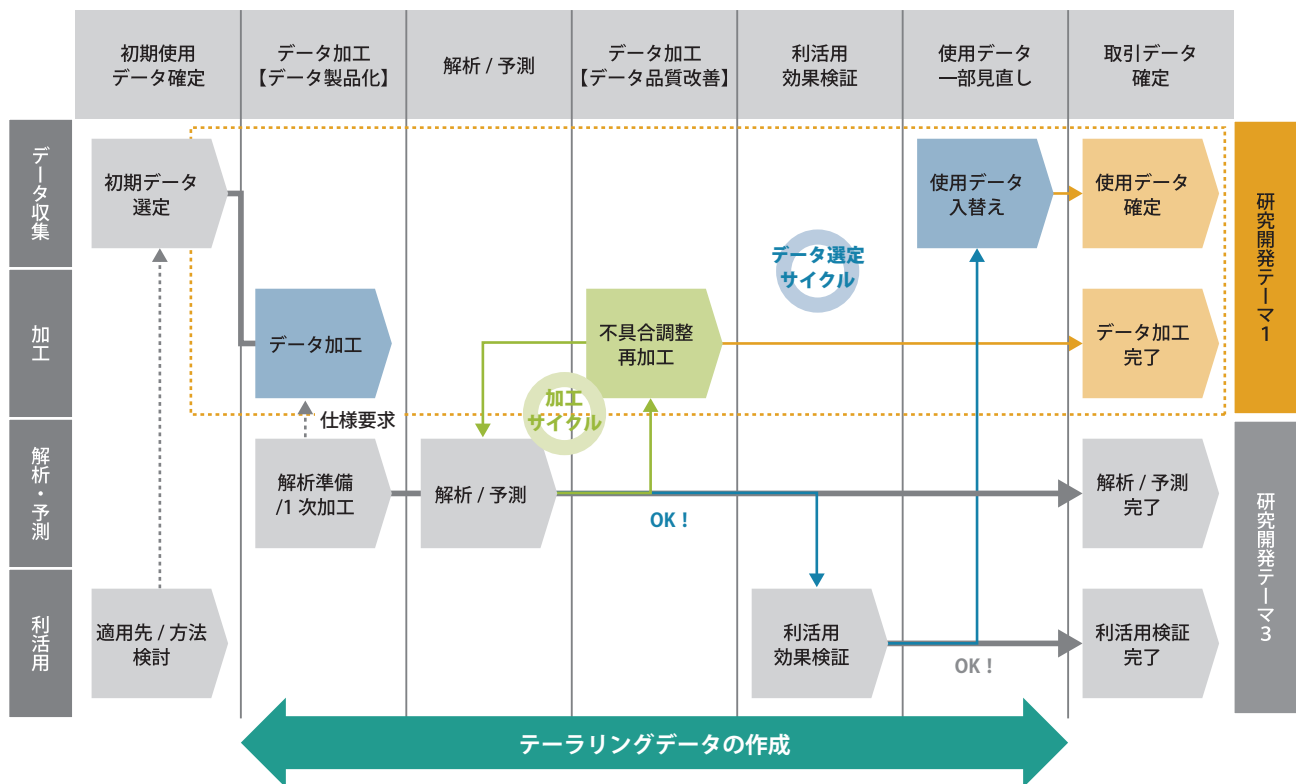
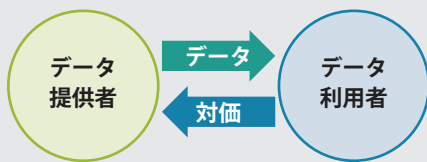


図13 データ加工の推進イメージ

#### 2 極型モデル



- ・ 売り手と買い手が当事者同士で、与信調査や契約締結など諸手続きと値段、数量、決済方法等の交渉を行う取引方法。
- ・ 欧州の IDSA や米国の NIST など提案されている「データ提供者（ブローカー）」と「データ提供先」によるデータ流通アーキテクチャ。

#### 3 極型モデル



- ・ 包括的合意（約款）によるデータ取引市場を介した取引方法。
- ・ データ取引市場はデータを収集保持加工せずデータの値付けに関与しない。
- ・ 令和元年6月14日に閣議決定された「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画（44頁）」で、DTAがデータ取引市場運営事業者の認定基準策定等の整備を進めていることが明記されている。
- ・ データ取引市場を介した3極モデルは、日本が世界に先駆けて提唱。
- ・ IEEE や ISO 等で国際標準化を検討する動きが始まっている。
- ・ 提供者と利用者によるデータ取引の安全性を第三者として保護する。

図14 データ取引における3極型モデル



## 2) 実証実験内容

日本の地方都市が抱える共有課題、人口減少と高齢化の解決に向け、収集データを加古川市スマートシティ向け情報基盤（FIWARE）に蓄積した上で、「加古川市オープンデータ API」を活用して、「次世代見守りサービスの展開」、「AI 高齢者行動分析に向けたデータ収集・利活用」、「スマート保育園」、「複数都市間のデータ連携（都市 OS 間連携）」の実証研究を実施。その結果、「AI 高齢者行動分析に向けたデータ収集・利活用」では認知症判定率 80%、MCI（軽度認知障害）判定率 70%を達成し、異システム間の連携を確認した。「スマート保育園」では、クロス分析による保育園サービスの向上、保育士の働き方改革などの効果を実感した。「都市 OS 間連携」では、収集データのデータベース化、データフォーマットの標準採用・共通化を検証できた。

## 6 パーソナルデータ実証実験

パーソナルデータの実証実験の事業者と、実証実験内容について簡単に紹介する。

### (1) 情報銀行間データ連携の実証と考察

#### 1) 事業者

大日本印刷株式会社、富士通株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ。

#### 2) 実証実験内容

情報銀行事業の成長に伴い、複数の情報銀行間に点在する生活者のパーソナルデータの統合連携や、サービス事業者の活用データの統合といったニーズの高まりが予想されるが、日本では情報銀行システムプラットフォームが存在していない。

そこで「複数の情報銀行に存在するパーソナルデータの統合連携」、「複数の情報銀行に存在するサービス事業者データの統合連携」を検証した。それぞれのモデルを図 15、図 16 に示す。

上記を踏まえ「異なる情報銀行システムプラットフォーム連携時の仮説構築、留意点検討」（図 17）を実施したところ、次の考察・提言を報告書にまとめた。

- 認証・認可に関する利便性の向上
- 利用規約等への同意方式に関して
- データ連携に関する共通仕様の策定

- トレーサビリティによるパーソナルデータ連携に対する生活者の不安感低減
- 生活者主権型データ流通社会の実現

例えば、「利用規約などへの同意方式に関して」では、データ連携先の情報銀行側プライバシーポリシーや利用規約への同意が必要となるが、生活者がそれら全てを読み込んだ上で内容を理解し、同意を行うとは考えにくいという問題点が挙げられる。「生活者主権型データ流通社会の実現」では、生活者からの同意取消やデータ消去依頼、退会などに伴う情報銀行間、およびサービス事業者への対応ルール整備が求められる。

なお、今回の同意設定やパーソナルデータ利用時の証跡に関しては、ブロックチェーンを用いている。複数情報銀行間でデータ連携してサービスを提供する際、コストをかけて各情報銀行が単独で証跡情報の信頼性を向上させるのではなく、比較的低コストで実装可能なブロックチェーンによる分散台帳技術を用いた証跡改ざん対策が有効と考える。

### (2) 個人起点での医療データ利活用の促進に向けた「医療版」情報銀行アーキテクチャの実証研究

#### 1) 事業者

国立大学法人大阪大学。

#### 2) 実証実験内容

ICT の普及により、従来は紙に記録されていた診療記録や健診結果の電子化が進んでいるが、医療データ流通サービスの整備はまだまだ発展途上である。

本研究では、「医療版」情報銀行（医療情報銀行と呼ぶ）のアーキテクチャを提示することを目的として、「医療データ利用サービスの内容についての調査」、「医療機関から医療データを外部に出力する際の課題の整理」、「医療データを外部に出力する際の医療データ標準化の検討」、「ヘルスサービス事業者との連携に関する調査および連携の実証」、「医療データ利用サービス全体のビジネスモデルの検討」、「法令・法令上の適合性を担保する医療情報銀行事業の運用のあり方の検討」を実施。一部は大阪大学病院で実証を行い、患者からの意見を聴取した。全体のアーキテクチャは図 18 のとおりである。

医療機関内の電子カルテを Electronic Medical Record (EMR) と呼ぶのに対し、医療機関が共有する形式のもの Electronic Health Record (EHR) と呼ばれ、世界

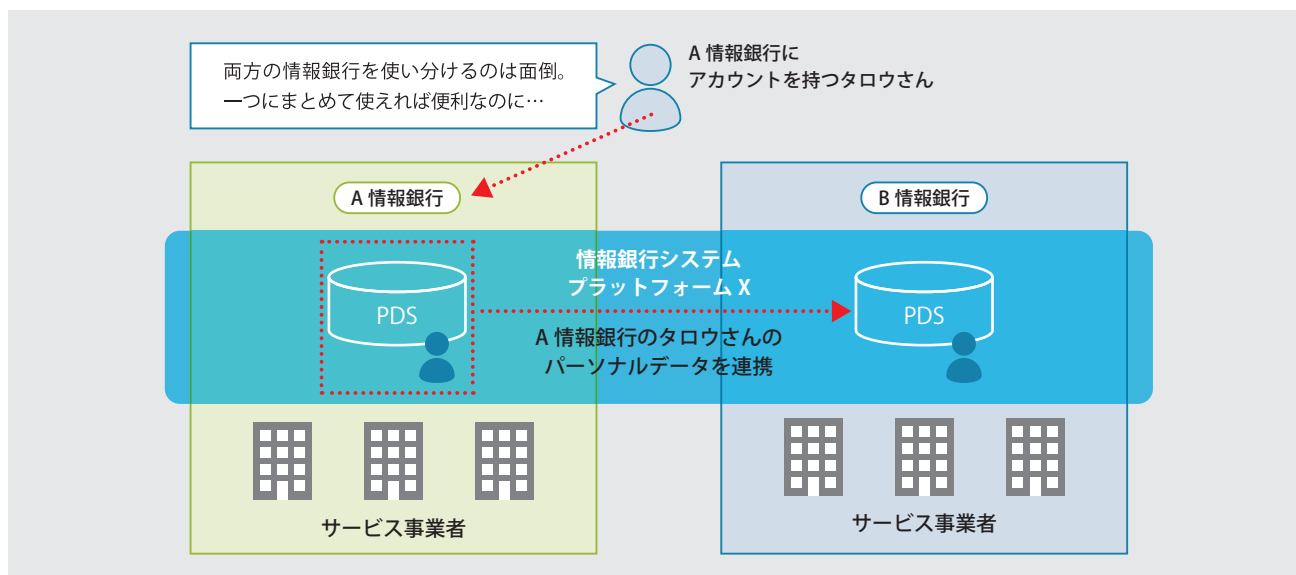


図 15 パーソナルデータ統合連携のモデル

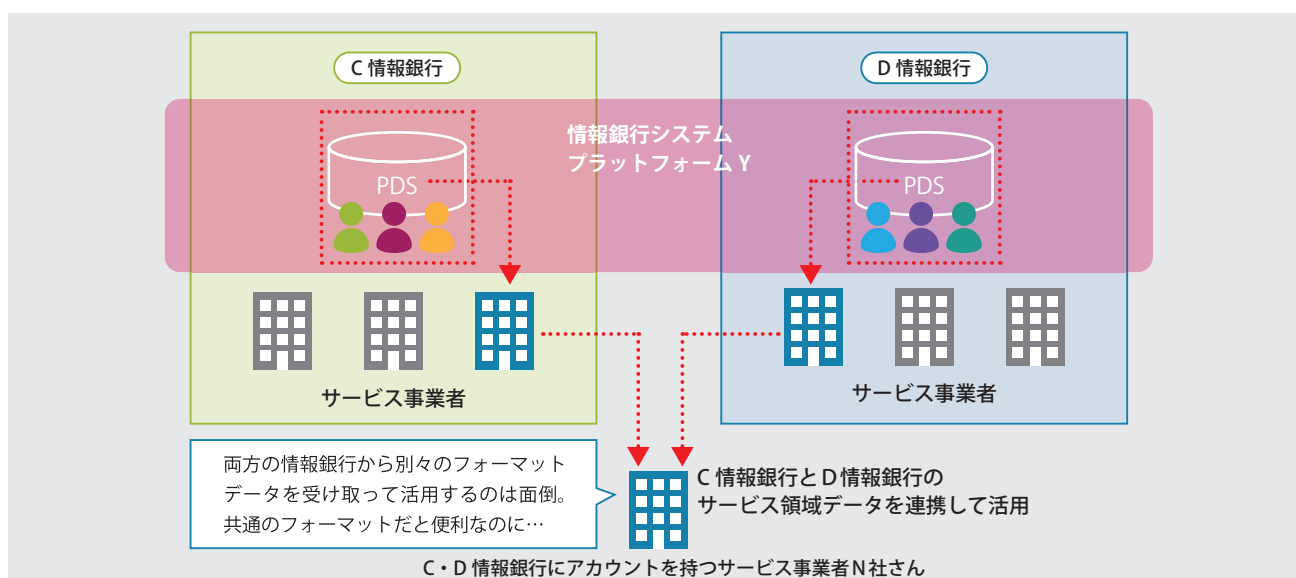


図 16 サービス事業者活用データの互換性獲得のモデル

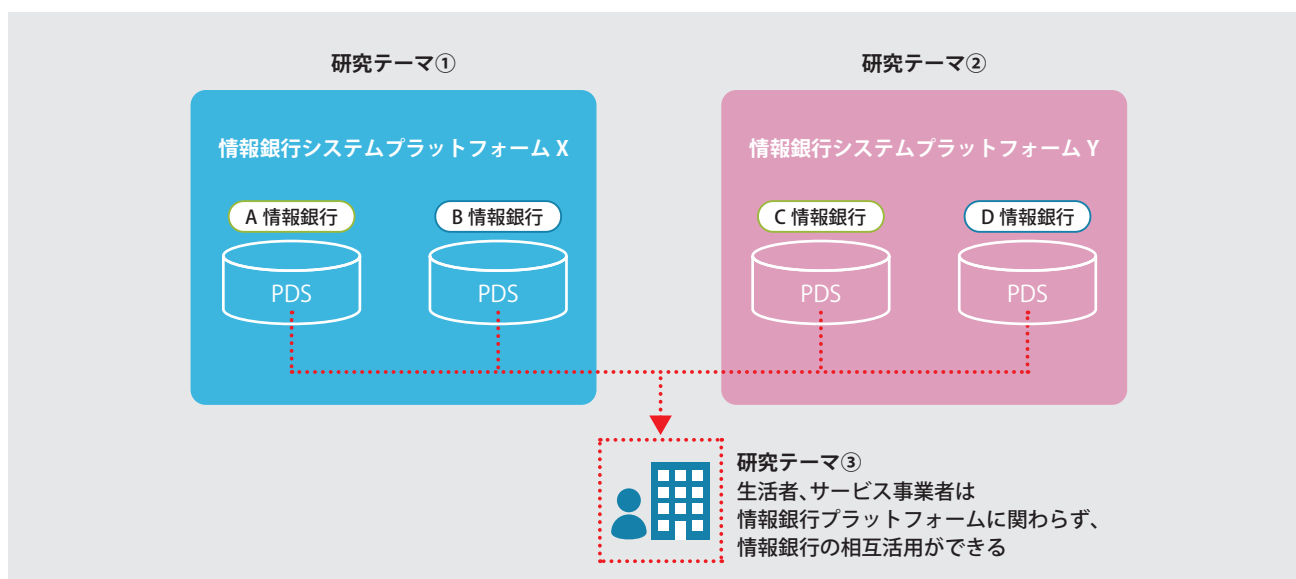


図 17 情報銀行システムプラットフォーム間連携のモデル

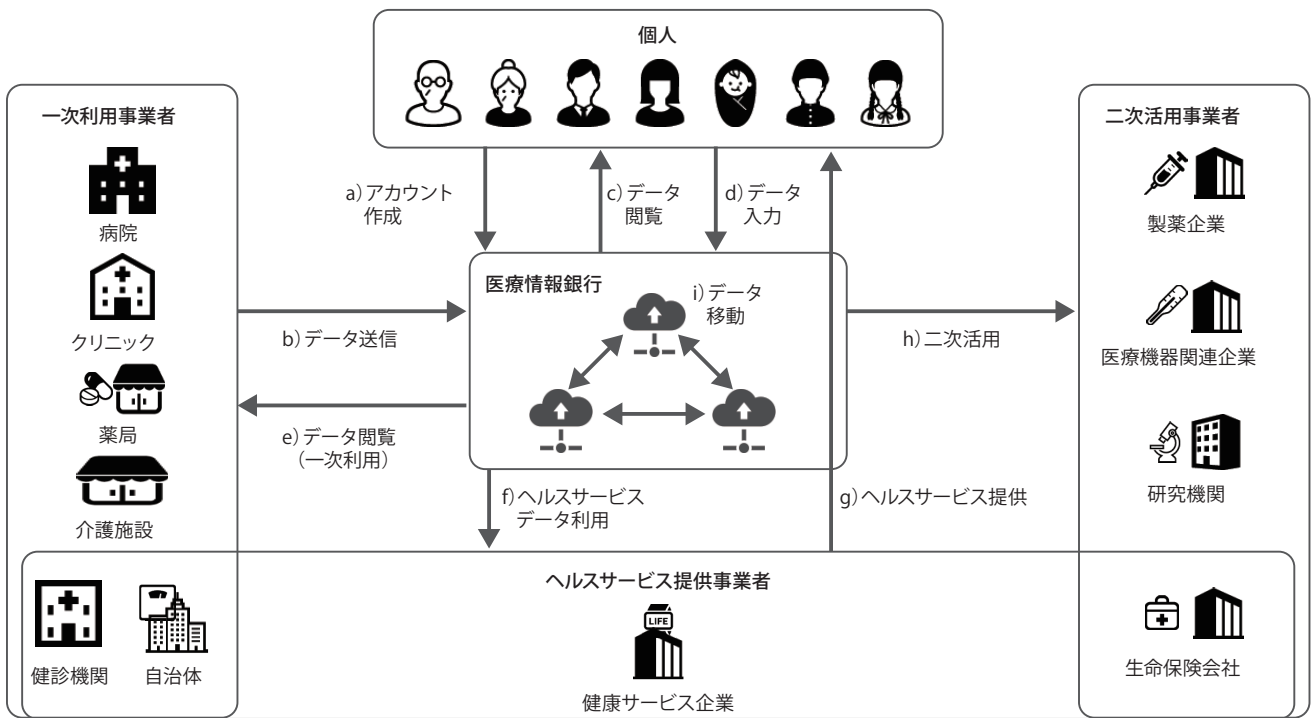


図 18 医療データ流通サービスの全体像

で多くの取り組みがされている。日本では、地域の医療機関が協力して、地域医療連携システムを運用している事例が多い。Web 技術を応用し、各病院の電子カルテをほかの医療機関から閲覧させる仕組みとなっており、センター側に大きなシステムが不要である点で、日本の状況に合ったシステム構成となっている。このシステムは、患者が医療機関を転院した際などで、地域の中で医療機関が連携する場合に有効である。一方、患者が転居した場合や旅行先での受診、さらには先天性疾患や慢性疾患の生涯の医療記録の作成には対応できない。

一方、北欧などで運用されている EHR は中央に大きなサーバーを置くタイプのものであり、EHR の管理組織がデータ管理を行っている。このデータの一部は患者が閲覧することを可能とし、Personal Health Record (PHR) の機能を兼ね備えている。これに対して、日本で普及している地域医療連携システム (EHR) では、センターに大きなサーバーを持つ構成ではないことや、医療機関がデータを管理するコンセプトで構築されていることから、これを PHR に拡張させることはできない。このため、日本においては EHR と PHR の双方を立ち上げ、患者が転院する際の医療データの共有では地域連携システム (EHR) を適用させ、慢性疾患や発作性疾患の医療データの管理には PHR を適用させ、両者が双方の欠点を補う形をとる構成が良いと考える。

また、電子カルテシステムは各ベンダーが独自の設計

で開発したシステムであり、データベースの構造はベンダーごとに異なる。さらに、薬や検査に関わるシステムは、オーダーエントリーシステムのときから継続して使われてきており、これらで使われているコードは、各病院が採番したハウスコードである。現在、HL7 が世界の医療情報の標準化の推進を担う団体として活動しており、2014 年には、HL7 FHIR がリリースされた。FHIR はこれまでの標準規格の考え方を改めて Web API や REST を取り入れ、システム構築のしやすさを重視した。データは XML または JSON で表現される。FHIR のコンセプトが世界的に好感され、世界中に一気に広がっており、バージョンが更新されて現在 Release 4 となっている。今後の医療情報の標準規格は、FHIR に統合されていくものと思われる。

成果報告書では、医療データ流通サービスのステークホルダーとその間の法的な関係、契約的な関係（適用される個人情報の保護に係る法令は、民間部門と公的部門で異なる）、ビジネスモデル化、今後の進め方についても成果をまとめている。

### (3) 生体認証（顔特徴量）データの事業者間連携に関するアーキテクチャ実証研究

#### 1) 事業者

日本電気株式会社。



## <顔照合技術の適正利用原則（案）の一部抜粋>

- 1. 情報自己決定の原則**（参照：自己情報コントロール権、EU ビデオ機器ガイドライン等）
  - 事業者は、利用者による情報自己決定権の行使を現実的に可能にするためのユーザ・インターフェースの設計・実装を目指す。例えば、以下の事項の実現が考えられる。
  - 利用者が、サービスの具体的な範囲（本人確認情報の連携先等）を自由に選択できること
  - 利用者が、一般的に本人確認サービスに同意していたとしても、文脈や状況に応じて同サービスの利用を一時的に拒否できること（利用者の好むタイミングで連携する場合としない場合を選択できること）
  - 利用者が、本人確認情報に連携（紐付け）されている属性情報や本人確認等の履歴を確認でき、いつでも連携を解除できること（本人が知らないなかでネガティブ情報が不当に拡散することによって生じるスティグマ化・烙印化を防止すること）
  - 利用者が、自己の本人確認情報が漏えいした場合などに、本人確認情報そのものの登録を解除し、再登録できること
  - 事業者は、利用者の顔情報を取得する際に、利便性だけでなくリスクを含めたわかりやすい説明を行うとともに、明確な本人同意を取得する（インフォームド・コンセント）。なお、事業者が利用目的を類型化し、アイコン化することなどにより、利用者に利用目的が一見してわかるように表示することも考えられる。
- 2. 実効的な救済の原則**（参照：ビジネスと人権に関する指導原則、消費者基本法等）
  - 事業者は、誤認証、他人受け入れ等により利用者に被害を与え得ることを理解し、利用者からの苦情相談対応窓口の設置など、利用者への回復措置や補償を含む実効的な救済を行うための体制を整備する。
  - 事業者は、利用者が本人確認情報に連携（紐付け）されている属性情報や本人確認等の履歴を確認でき、いつでも連携を解除できるようにする（本人が知らないなかでネガティブ情報が不当に拡散することによって生じるスティグマ化・烙印化を防止すること）。
  - 事業者は、実効的な救済のために、契約等により事業者間（システム提供者とシステム利用者間等）での責任の所在を明確にする。
- 3. 代替手段の提供の原則**（参照：EU ビデオ機器ガイドライン、NICT 調査報告書、国交省 ONE-ID ガイドブック等）
  - 事業者は、顔照合を望まない利用者向けに、顔照合技術を利用せずに、従来通りのサービスを受けられる方法を提供する。
- 4. 利用目的の限定の原則**（参照：国交省 ONE-ID ガイドブック等）
  - 事業者は、予め定めた利用目的に限定して利用者の顔情報を利用する。例え、事後的に新たなニーズが生じた場合でも、安易な拡張や変更は行わない（複合目的の回避）。
- 5. 安全管理の原則**（参照：技術論点検討 WG による実施報告書等）
  - 事業者は、顔情報がパスワード等と異なり基本的に変更できない特性をもつことに鑑み、暗号化や非保持化等のセキュリティ対策や、第三者による情報セキュリティ監査等を実施する。また、生体情報保護の機能等を用いた安全管理を行うことを検討する。

図 19 顔照合技術の適正利用原則（案）

## 2) 実証実験内容

生体認証（顔認証）の横断的活用に向けた、複数事業者による ID 連携に関する実証を和歌山県南紀白浜エリアにおいて実施した。事業者が注意すべき考慮要素、ID 連携ルールの整備や技術の標準化のための必要項目検討などを成果としてまとめている。

実証の結果、顔認証の負のイメージの払拭については、トラブル発生後の補償や情報漏洩リスクの軽減対応と、自身で利用するか／削除するかを選択できるコントロールが有効であることなどが分かった。

また顔情報を複数事業者間で連携する場合に、一般的な認証連携フローが適用でき、国際標準化されている生体情報保護の技術によって、一定程度安全に管理されることが分かった。

報告書では、ヘルシンキ宣言、OECD の AI に関する

理事会勧告、一般データ保護規則（GDPR）、EU 警察指令、ワシントン州生体識別子法、個人情報保護法、防犯カメラ条例など 63 件の各軌範について、概要、国内外の顔照合との関連性、執行性についてレポートしている。そして、顔認証技術を使ったサービスを開発する事業者が注意すべき考慮要素を抽出し、事業者が遵守すべき行動指針「顔照合技術の適正利用原則（案）」（図 19）としてまとめている。

## (4) 横浜スタジアムを中心とした行動データ活用 のアーキテクチャに関する実証研究

### 1) 事業者

KDDI 株式会社。

### 2) 実証実験内容

神奈川県横浜市の都市・地域のランドマークである「横浜スタジアム」、および同スタジアムを中心とした半径1km以内のエリア（関内、伊勢崎町、元町・中華街）で実証実験を実施した。経済活動を促進する対象として、デジタルサイネージ表示やクーポン配信、デジタル広告およびAR企画（アーキテクチャにおける機能層）を用い、来場前～横浜スタジアム内～来場後の各タームにおいてそれぞれ適切なタッチポイントでの来場者コミュニケーションを行って、横浜スタジアム内または周辺エリアの商業施設の体験向上および購買行動の活性化の検証を実施。その結果、利用者の同意取得、協力店舗との取引、主要ステークホルダーへのフィードバックを通じて、標準化（対協力店舗など）やステークホルダーとの長期的な関係構築に向けた、アーキテクチャのあり方の具体化が今後の課題であることが分かった。

### (5) トラストサービスに関するアーキテクチャとしての共通API仕様策定とその有効性に関する実証研究

#### 1) 事業者

セコムトラストシステムズ株式会社、セイコーソリューションズ株式会社

#### 2) 実証実験内容

Society 5.0の実現には、パーソナルデータ分野などのアプリケーションサービスは、データの作成者やアクセス者を確実に認証、認可し、流通データの真正性を担保する必要がある。そのためには、電子署名やタイムスタンプなどのトラストサービスの利用が有効だが、トラストサービス事業者ごとにAPIやユーザー認証の仕様が異なるため、各アプリケーション側にとってさまざまなトラストサービスと連携しやすい環境が整っていない。

そのため、国際連携を考慮し標準化を見据えたトラストサービス共通APIの仕様調査や仕様（要求仕様）策定、基本設計（外部仕様）、標準化を検証した。

共通API仕様を策定するにあたって、ビジネスで利用されるシーンを想定するために、自然人ではなく組織から発行される情報の正当性を確認できる電子証明書では、国際的に利用できるプロファイルとしてすでに実装されている、EUでの実態調査および本プロジェクトでの実証用の仕様（eシール）がある。

APIの仕様調査では、ドイツ、イタリア、ポーランド、

ハンガリーで、電子インボイス向けのeシールを提供しているTrust Service Provider（TSP）について、運用の実態や準拠している標準技術、実施法などの現地調査を行った。

フランス、ベルギー、ルクセンブルクでは、共通APIの標準化としてCloud Signature ConsortiumのAPIへの統合について意見交換を行い、EU標準化団体であるETSI ESIの定期ミーティングなどに参加し、日EUトラストサービス相互認証に向けた活動について意見交換を行った。

以上を踏まえ、利用者認証、リモート署名、eシール、タイムスタンプの各トラストサービスについて、必要とされる共通API要求仕様を策定した。

## 7 まとめと今後の展望

研究開発の最終目標としては、スマートシティ分野やパーソナルデータ分野における国内外関連事業の整理・構造化および実証事業を通じて、都市OS設計や国際標準化、分野・企業横断のデータ連携などに資するアーキテクチャを構築することを目指している。そのアーキテクチャに基づき、官民の関係者が共通の見方・理解を踏まえ、技術開発や社会実装、データ連携、国際標準化、制度整備などを進め、スマートシティの実現やパーソナルデータの円滑な連携・流通を加速させたいと考えている。

## 研究課題と成果

# 他のプロジェクトとの連携、相乗効果

## 国立研究開発法人産業技術総合研究所

- 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」で開発した、センサデバイスの現場活用を検討した。
- 顧客の体表面に対して非接触であり、かつ簡便に計測可能なセンサデバイスの応用可能性を検討した。

## 1 本研究の目的と連携による期待

本研究では、これまで技術的に困難であった、サービス業務中の状況をスタッフ・顧客の感情まで含めて把握し、それに対処するスキルを明らかにして支援する、認知的インタラクション支援技術を開発することを目指した。さらに、音声や映像、テキスト（発言内容）、バイタルデータなどの複数のデータを統合的に学習・処理することで、多角的な観点から接客シーンを自動解析して可視化するとともに、接客訓練や実現場での接客支援を実現する基盤技術を研究開発した。実現場（サービス現場）での接客支援には顧客の状態をセンシングする必要があるが、実現場でセンサデバイスを装着して体表面からセンシングすることは極めて難しい。そのため、顧客の体表面に対して非接触であり、かつ簡便に計測可能なセンサデバイスの開発が必要である。

以上の課題から、他のプロジェクトの連携として、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」で開発を進めているセンサデバイスを活用し、実現場で非接触・簡便に顧客の状態をセンシングできる手法の構築を目指した。加えて、本研究課題では顧客の身体動作に焦点を当て、足底面で計測可能な足圧分布から身体動揺量を計測し、応用可能性を検討することを目的とした。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2018年度～2022年度

### (2) 実施方法

#### 1) 接客応対中の顧客の足圧分布計測手法の検討

実験協力者の足圧分布を表情データや音声データと時刻同期して計測するために、フィジカル空間デジタルデータ処理基盤のプロジェクトで開発を進めたセンサシートを設置した。

今回使用したセンサシートは、横幅が800 mm、縦幅が500 mmだった。センサシートは、薄い樹脂シート内に格子状に配列させた感圧部の抵抗値をスキャン計測することで圧力の分布を取得し、可視化するものである。各感圧部は、抵抗膜が微小な2層のエアギャップを介して向かい合い、圧力を受けることで接触面積が変化し、圧力に応じた厚み方向の抵抗変化が得られる。

計測条件としては、駆動電圧3.3 V、サンプリング周波数が10 Hzで2048点（32×64の行列）をスキャン計測し、A/D変換を介して8ビットのシリアルデータをパソコンに送信する。このデータを計測時間分蓄積し、パソコン上に保存する。計測後のデータ処理としては、得られたシリアルデータを各感圧部の位置情報に配置し、圧力に準ずる0～255までのビット値を割り当てる。さらに、専用のソフトウェアを活用することによ



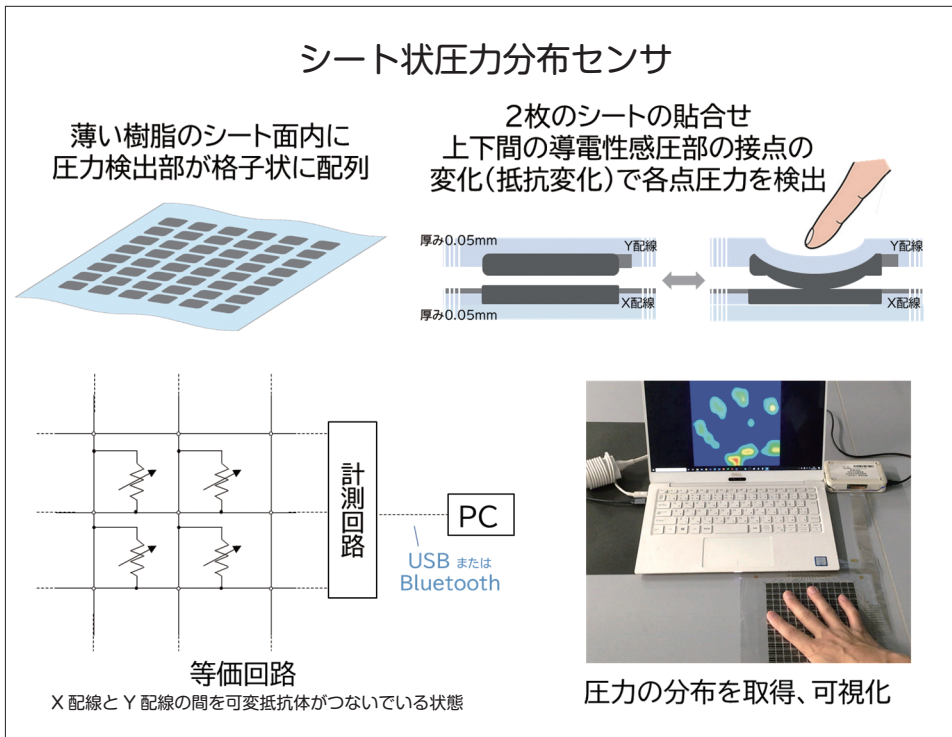


図1 センサシートの概要

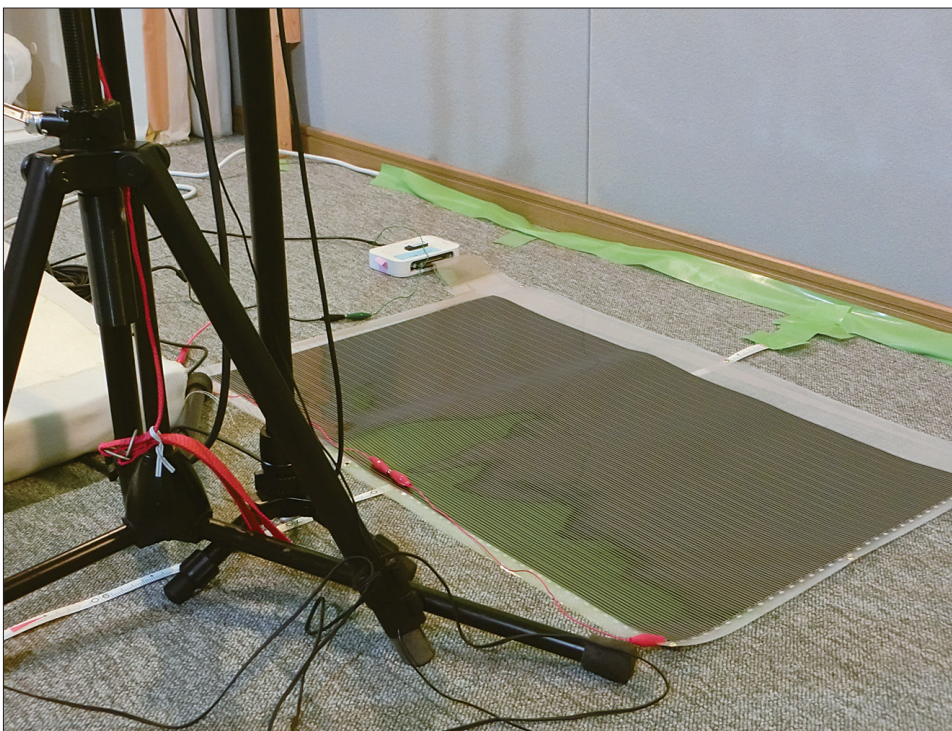


図2 接客データベース計測環境（被験者の立ち位置にセンサシートを設置）

り、ビット値に応じた色調変化をつくることで、圧力の可視化が可能である。可視化したグラフィクスを、動画として保存することも可能である（図1）。

さらに、得られた足圧分布のデータから、足圧中心（CoP：Center of Pressure）の取得も可能である。CoPの移動軌跡を算出することで、顧客の身体動揺の推定も可能となる。

他方、マルチモーダルデータとの統合した解析を行うため、データ統合解析ソフトウェア（KineAnalyzer、キッセイコムテック社製）を使用した。ソフトウェアの活用で、接客データベースのために取得した表情（動画）と同期して解析でき、CoPの移動軌跡との多角的な解析が可能になる。

本研究では、マルチモーダル深層学習に基づく接

客支援AIの開発のため、演劇経験者に協力を仰ぎ、「接客データベース」の構築を進めた。この実験において、実験協力者（演劇経験者）は、接客応対場面での顧客の感情が表出しやすい、喜びや驚き、期待、怒り、悲しみ、不安、さらにニュートラル（快/不快状態、覚醒

／非覚醒状態ではない）の7種類の感情表現を行った（接客データベース計測のための実験条件などは、p.22「マルチモーダルデータによる自動状態記述システム」を参照）。

センサシートは、実験協力者の足元に設置することとし、実験中の足圧分布およびCoPの計測を行った（図2）。

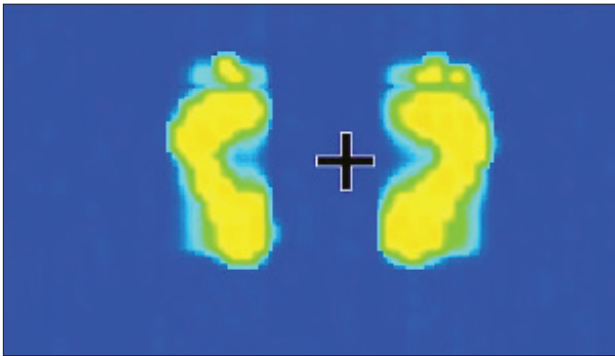


図3 足圧分布計測結果の一例

### 3 得られた知見と実現可能性

#### (1) 接客応対中の顧客の足圧分布計測

接客データベースに協力した被験者のうち10名に対して、実験中に足圧分布の計測を行った。実験時のデータの欠損はなく、ソフトウェアでのデータ取得は問題なく行うことができた。また、実験終了後に被験者に足底

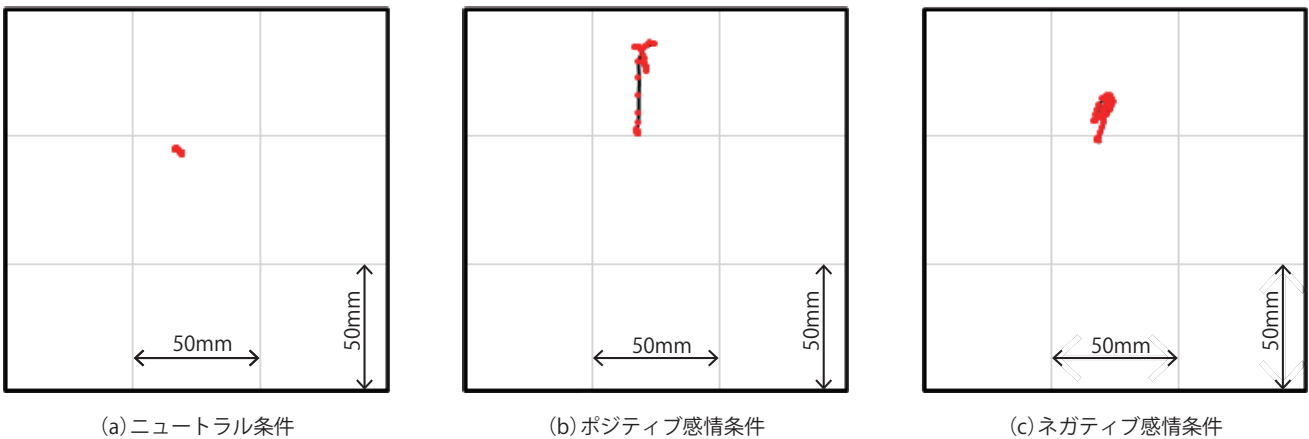


図4 3つの感情変化の計測結果の一例

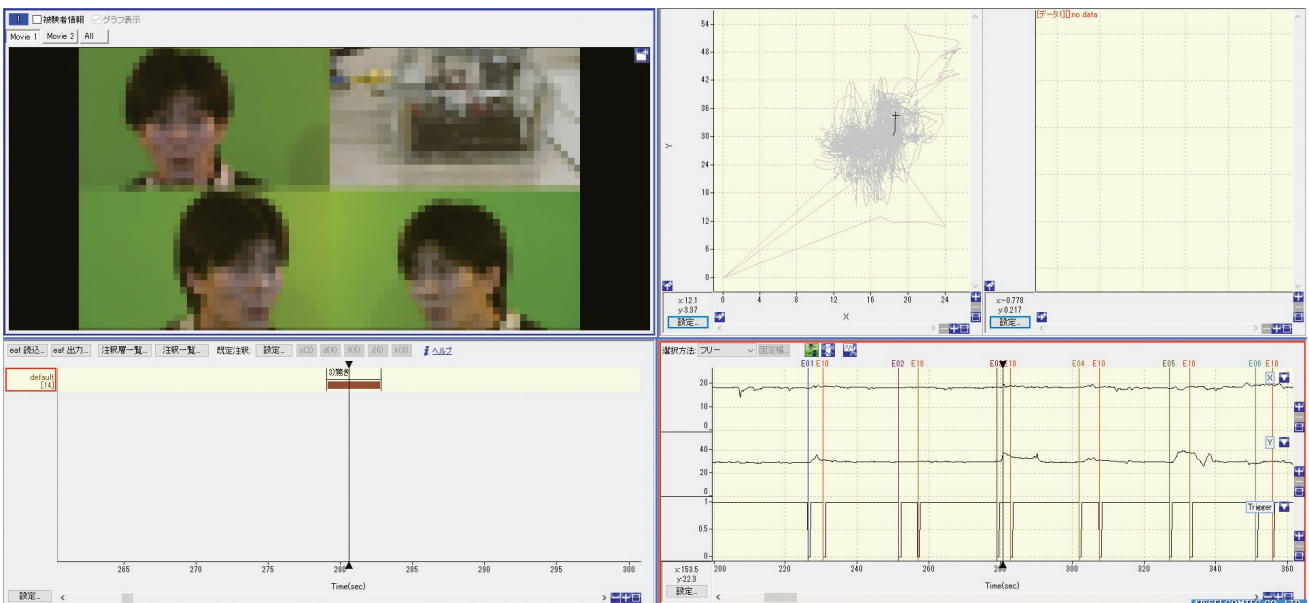


図5 マルチモーダルデータと統合した解析結果の一例





図6 実証実験での計測セットアップの全景

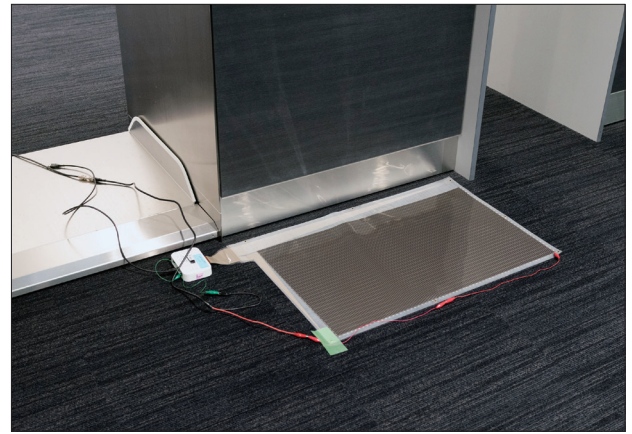


図7 顧客の立ち位置へのセンサシートの設置

部（センサと接しているときの使用感）について尋ねたところ、違和感がなかったという回答を得た。

他方、結果の一例として、足圧分布のローデータ（図3、図4）、本解析結果および接客データベースで取得した感情を含めた質的データ（図5）を組み合わせることで、感情ラベルが付与された CoP 移動軌跡が解析でき、データの意味づけが可能になると考えられる。

## (2) 実現場での運用可能性

本研究では、実現場での将来的な運用を見据えてのセンサデバイスの運用可能性について検討を進めている。今回の実験では、実験室内で統制された条件で顧客役の足圧分布と CoP を計測していることもあるため、データ取得が容易であった（図6）。しかしながら、足圧分布や CoP のデータだけでは実現場で起こっていることの確認は難しく、実現場で同時に取得する動画や音声データとの連携したデータ取得が必要になると考えられる。さらに、その同時に取得するデータと足圧分布や CoP データとの時刻同期も必要となる。

さらに、CoP データの意味づけが必要となる。今回の実験では、顧客役の被験者（役者）には立ち位置を固定する形で実験条件を定めた（図7）。しかしながら、実現場の場合には、顧客がその場にとどまるということは少ないため、感情変化による CoP の移動なのか、環境要因の移動なのかが判断できない可能性がある。そのため、今回の実験では検証できなかった実現場での運用も視野に入れた、顧客の身体動作と合わせた形でのデータ取得が重要になると考えられる。

上記のような課題があるものの、実現場での運用を見据えての同時収集システムを構築することなどで接客支

援が実現できると、本センサデバイスの新たな応用可能性が期待できると考えている。

## 4 まとめ今後の展望

本研究課題では、実現場での接客支援を行うため、顧客の体表面に対して非接触であり、かつ簡便に計測が可能な手法を構築することを目指し、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」と連携を進め、開発中のセンサデバイスを活用した検証実験を実施した。

その結果から、実験条件を限定した場面での活用可能性は示唆されたが、実現場運用に向けての時間同期計測の必要性などの将来的な課題も抽出できた。

今後の展望として、センサデバイスの実運用を計画する場合の映像や音声等のほかのデータとの時刻同期の取れた同時収集を可能とするシステムの実現を目指す。このシステムが実現することで、センサデバイスで得られるデータの意味づけができ、実現場での接客対応のさらなる客観化が期待できる。



## 研究課題と成果

## 国際連携、国際規格化

国立研究開発法人産業技術総合研究所人間拡張研究センター研究センター長 持丸正明

- SIP サイバー空間の研究成果の社会実装を推進するため、ルール整備を戦略的に推進した。
- 分野間データ連携の成果である CADDE コネクタ技術は、一般社団法人データ社会推進協議会（DSA）と連携し標準化を推進した。
- 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の介護分野では、DPC（Doctor to Patient with Care / Nurse）実現の法改正の活動を進めた。
- 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の普及に向けて ISO TC 312 で活動し、2 件の国際標準が策定された。

## 1 はじめに

SIP サイバー空間プログラムでは、研究成果の社会実装を推進するためのルール整備を戦略的に推進してきた。ルール整備には、コンソーシアム内での合意形成などのフォーラム標準、あるいは JIS や ISO (国際標準機構) などのデジュール標準、さらには業法の改正のアクションなどが含まれる。

最初に、「分野間データ連携基盤技術」の普及のために推進してきた、フォーラム標準から国際標準化への取り組みについて述べる。次に、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の普及に関するものとして、大きく二つの活動を進めてきた。一つは、特定のドメインに関する取り組みである。ここでは、介護支援技術の普及に向けた法改正のアクションについて述べる。もう一つは、より包括的な戦略として、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」そのものを普及させる国際標準戦略と、その標準化に向けたアクティビティについて述べる。

さらに、成果の普及や展開のために推進した国際連携の取り組みについて述べ、今後を展望する。

## 2 「分野間データ連携基盤技術」の標準化活動と国際連携

SIP サイバー空間プログラムのデータ連携パートで整備してきた、「分野間データ連携基盤技術」である CADDE (Connector Architecture for Decentralized Data Exchange: 分散型データ交換のためのコネクタ・アーキテクチャ) コネクタ技術について、2021 年 4 月より一般社団法人データ社会推進協議会 (DSA) と SIP サイバー空間プログラムとの連携によって普及に向けた活動を進めてきた。DSA 側では、自治体や一般企業、団体などを対象に、CADDE コネクタ技術のカatalogなどの仕様提供や導入支援を担当。SIP 側では、ほかの SIP 課題において構築する産業分野内のデータ基盤や、行政機関・研究機関の保有するデータ基盤について CADDE コネクタ技術を実装し、データ連携の実証を進めてきた。これらに基づき、国内でのフォーラム標準の策定、さらには、そのフォーラム標準に基づく国際標準化への取り組みを進めている段階である。

また、国際標準化に向け、同様の技術である欧州 IDSA コネクタとの相互接続について、国際連携も推進している (図 1)。

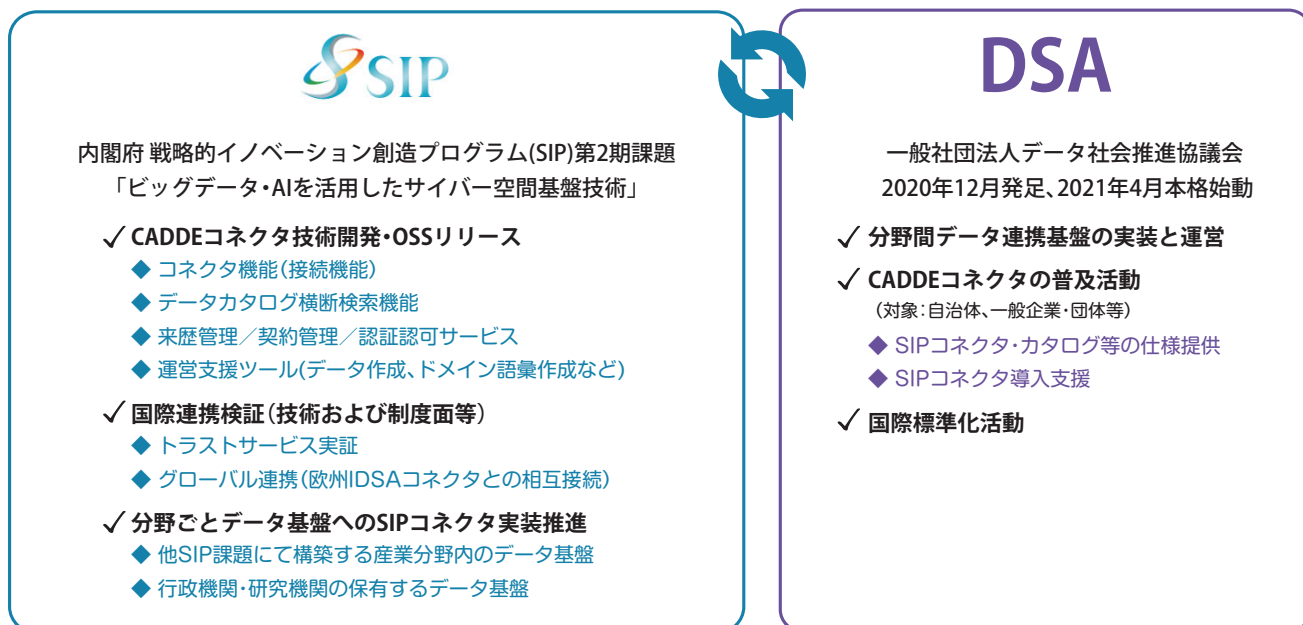


図1 分野間データ連携基盤技術の標準化活動と国際連携

### 脳波による認知症・てんかん鑑別AI



介護士/看護師の支援でデータ取得



脳波AI

脳波データに基づき  
てんかん、非てんかん判定

+ "DPDモデル"から"DPCモデル"への制度・保険改訂



専門医

認知症様の症状のみから投薬治療されている患者に対しててんかんと鑑別を行い、抗認知症薬から抗てんかん薬の方が望ましい患者を抽出。治療の適正化により、認知症様症状の軽減と不要な薬剤を削減する。

図2 DPC (Doctor to Patient with Care/Nurse)

### 3 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の介護分野におけるルール改正活動

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」では、介護・看護分野における研究成果として、脳波による認知症・てんかん鑑別 AI 技術を開発した。患者と同じ空間にいる介護士や看護師の支援によって、脳波などのデータを取得。これらのデータに対して、認知症やてんかんなどの症状の可否を、開発した AI 技術で判定できる。この AI 技術による処理結果を遠隔にいる専門医が診るといふ、DPC (Doctor to Patient with Care / Nurse) と呼ぶべきモデルを想定している。

現行法では、このような体制での遠隔診療は認められていない。高度な AI 技術があり、その技術を活用して遠隔地に分散する患者を迅速かつ効果的に診療できる可能性があっても、適法でなければ普及しない。

このため、SIP 事業において DPC モデルの有効性、安全性を示すエビデンスの蓄積、DPC 適用下での労働

報酬に関する課題の整理を進めてきた。これらに基づいて、実施事業者らが関係省庁と法改正に向けた協議を進めている (図 2)。

### 4 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の標準化活動と国際連携

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」では、人と人、あるいは人と環境のインタラクションを、AI を搭載したシステムが支援することで、高い付加価値の生産を支援することを目標に掲げている。これは、当たり前品質 (通常レベルの品質) のサービス提供を効率化、自動化して生産性を上げる方向ではなく、より高い品質のサービスを提供できる人材を育成、もしくは、現場支援する技術を通して、付加価値のさらなる向上か投入資源の低減を図ることを指向している。コモディティ化したサービスの価格競争に陥るのではなく、高い付加価値サービスにおけるコスト・パフォーマンスでの差別化を

#### AIがあらゆる生活場面に溶け込み、人間を支援する世界を実現

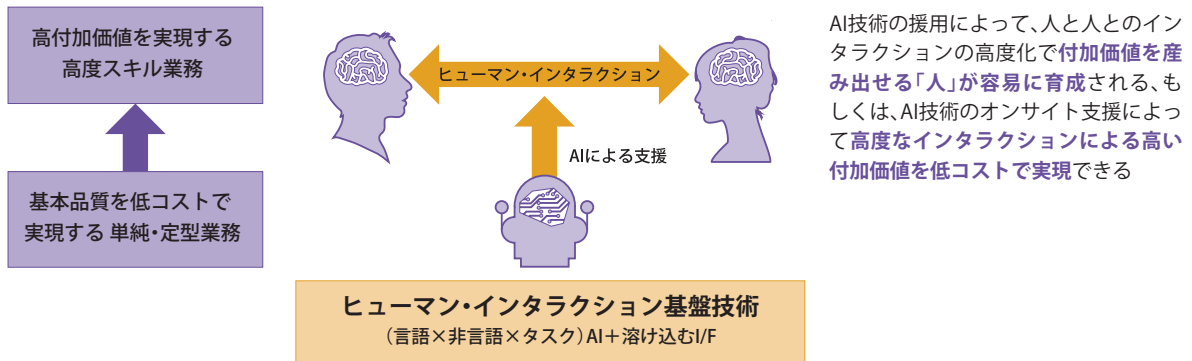


図3 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の概念

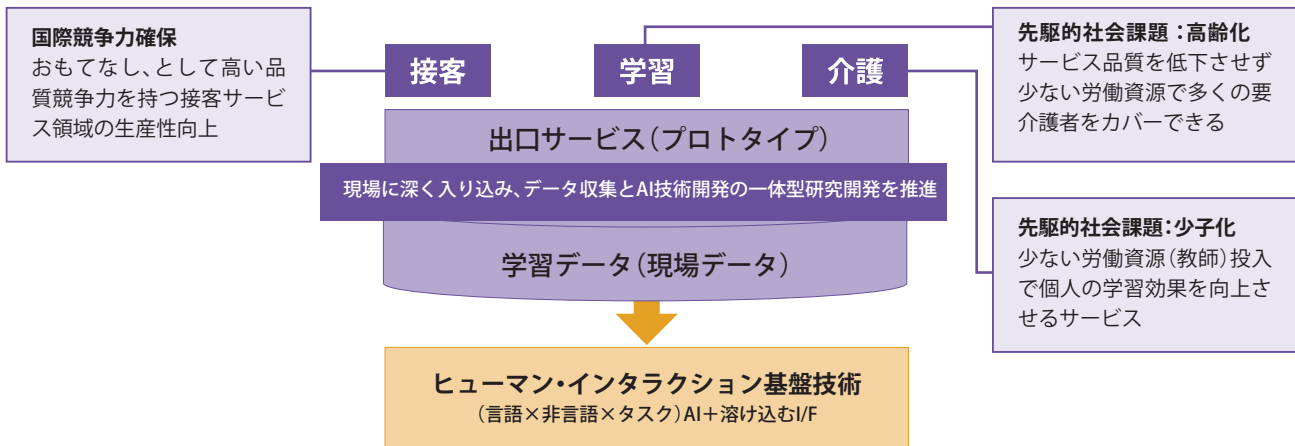


図4 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」を推進する具体分野の選定



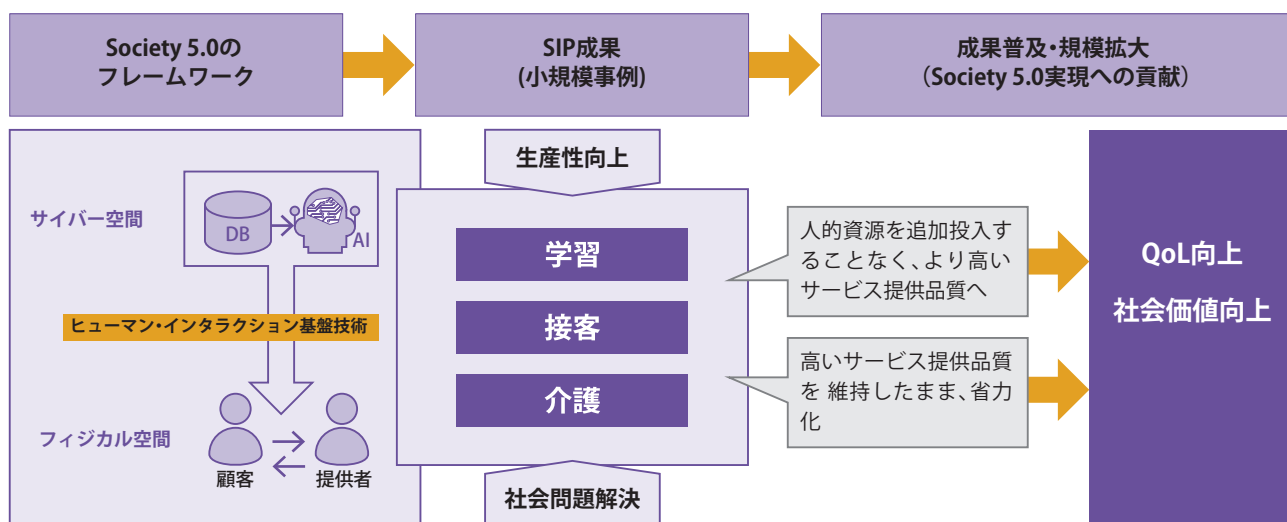


図5 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の展開

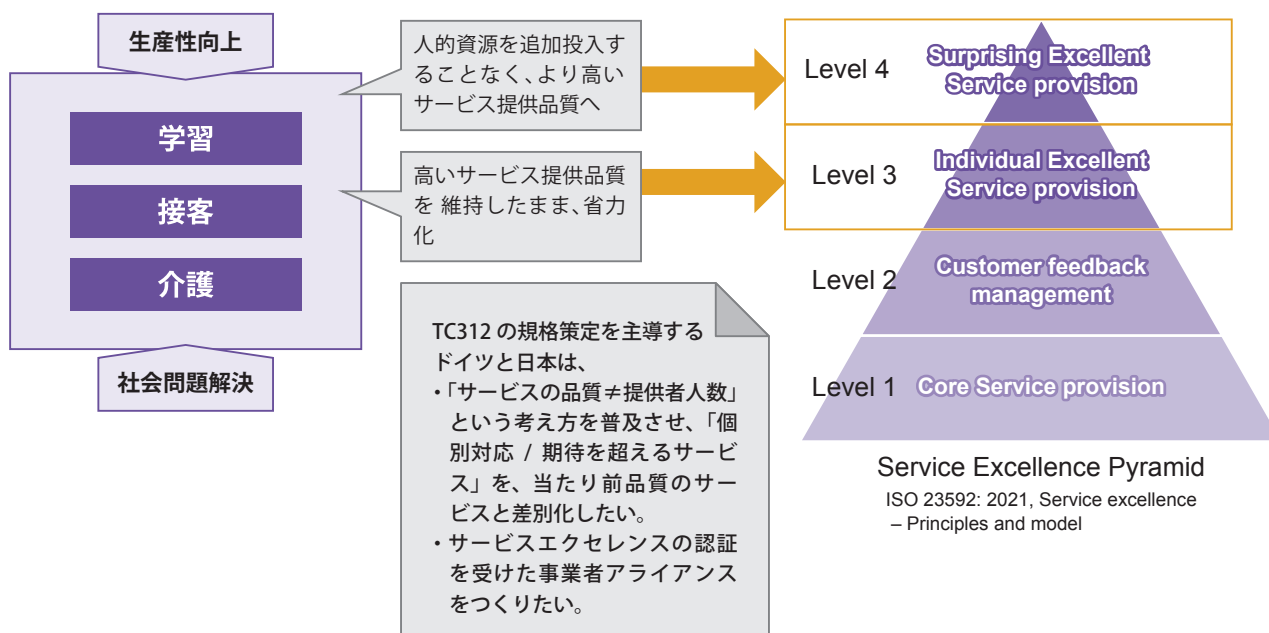


図6 サービスエクセルランスの国際標準と「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の展開戦略

図3)の戦略である(図3)。

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の研究開発は、このような戦略を具体的に推進する課題として、「高い付加価値サービスとして、日本がすでに優位にある産業分野の生産性向上」、「日本が先行して抱える、社会問題を解決するサービスの生産性向上」の二つを掲げた。前者については接客サービスを取り上げ、後者については高齢化対応として介護サービスを、少子化対策として学習支援サービスを取り上げた(図4)。

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」とは、フィジカル空間で活動する人を、サイバー空間と接続され

たシステム(特にサイバー空間で情報処理するAI)が支援することで、フィジカル空間における顧客と従業員(人と人)のインタラクションを高度化、高付加価値化する枠組みである(図5)。SIPサイバー空間プログラムの事業期間では、先に挙げた接客や介護、学習という事例を通じて、基盤技術の開発と事例実証を進めてきた。これらは、例えば回転寿司屋のように、当たり前品質で省力化、自動化を図る方向ではない。学習であれば、教員という人的資源を追加投入することなく、AI導入した個人適応型学習支援システムによって、学習効果を高める。高い学習効果は、すなわち、より高いサービス提

供品質の実現を意味する。接客や介護であれば、すでに優れた従業員のスキルによって実現される高いサービス提供品質を損なうことなく、AIを導入した業務支援システムにより省力化を図るものである。

SIP 事業期間中に実証した、これらの事例の実績と効果のエビデンスをもとに、事業終了後も成果の普及と規模の拡大を図ることになる。

このような「高いサービス提供品質の省力化」は、先に述べた「当たり前品質の効率化、自動化」とは質的に異なるものであり、単にコスト面だけを論じるのでは普及につながらないと考えてきた。国際的にも、高いサービス提供品質と当たり前品質を明確に区別し、高い品質のサービスを提供できる組織能力を標準化しようとする動きがある。ドイツが中心となり、2018年にISOに「TC (Technical Committee : 技術委員会) 312 Excellence in service」が発足した。議長国はドイツで、議長は同国経営学者の Matthias Gouthier 教授が務めている。ここでは、サービスエクセレンス (Service excellence) についての国際標準を議論することとなっている。サービスエクセレンスとは、高い品質のサービスを提供する組織能力と定義された。高い品質のサービスとは、図6に示すように、ISO 9001などで標準化されたコアサービスの提供能力 (service provision) や、ISO 1002で標準化された顧客からのフィードバック管理能力 (customer feedback management) で形成される「当たり前品質のサービス提供能力」を超え、「個別のすぐれたサービス提供能力 (individual excellent service provision)」や「驚きのあるすぐれたサービス提供能力 (Surprisingly excellent service provision)」に位置づけられている (ISO 23592 Service excellence — Principles and model)。

このように、「当たり前品質のサービス提供能力」と「高い品質のサービス提供能力」を明確に切り分け、いかにして「高い品質のサービス提供能力」を組織として獲得するかに焦点を当てた標準は、当該SIPサイバー空間プログラムの「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の展開の方向性と合致する。なぜならば、「高い品質のサービス提供能力」として有すべき組織能力の一部を、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」によって省力化できるからである。すなわち、「当たり前品質の効率化、自動化」とは、明確に異なるフレームワークで支援技術を競争できることになる。

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」のサブプログラムディレクターを務める産業技術総合研究所の筆者

は、このようなSIPサイバー空間プログラムの普及、展開の戦略を踏まえ、ISOTC312の日本からのエキスパートとして、同TCにおける国際標準策定に関与してきた。本稿執筆時点で、以下の2つの標準が策定されている。

- ISO 23592:2021 Service excellence - Principles and model
- ISO/TS 24082:2021 Service excellence - Designing excellent service to achieve outstanding customer experiences

前者は、サービスエクセレンスに関する原則とモデルについて合意した標準であり、後者はそのすぐれたサービスを設計するためのガイドラインを標準化したもので、日本から提案された。これらの二つの国際標準は即座に日本語訳され、2021年末に以下のような翻訳JISとして発刊された。

- JIS Y 23592:2021 サービスエクセレンス - 原則およびモデル
- JIS Y 24082:2021 サービスエクセレンス - 卓越した顧客体験を実現するためのエクセレントサービスの設計

接客サービスのよう、高い品質のサービスであって、かつ分野特有の標準が策定されていないものは、今後、このTC312で確立された標準を足掛かりに、「サービスエクセレンス(すぐれたサービスを提供する組織能力)を高めるAI支援システム」として、国際標準レベルのサービスエクセレンス獲得に関心を持つ企業へのビジネス展開を進めていくことになる。

なお、国際標準レベルのサービスエクセレンスを獲得した企業は、相互にアライアンスを形成することが想定されている。ツーリズムなど、複数のサービス事業者で顧客体験が形成されるサービス分野においては、飲食や運輸、宿泊などの企業がアライアンスを組んで、顧客に対して一貫した「高い品質のサービス提供」を担保するような動きも出てくるであろう (例えば航空サービスの国際的なアライアンス)。そうならば、このサービスエクセレンス・アライアンスに加盟できるかどうか、各企業において重要視されることになる。その際に、組織的にサービス提供能力を高める方策として、AIシステム支援での早期育成、現場支援を実現するヒューマン・

インタラクション基盤技術の成果は、強い期待を持って導入検討されるものと考えている。

## 5 国際連携と今後の展望

SIP サイバー空間プログラムでは上述のように、国際連携を推進しながら、開発した技術成果の普及に向けた国際標準化を戦略的に進めてきた。それに加えて、個別の分野においても、国際標準化を伴わない国際連携で、技術成果の普及を図っている。「ヒューマン・インタラクション基盤技術」におけるトンネルなどの保守サービスにおいては、まずは日本国内の自治体を中心とした市場に参入していくが、さらにその先として、日本のODA（Official Development Assistance：政府開発支援）の枠組みを活用し、将来的なトンネルなどの保守サービス市場となり得る途上国に対して、人による打音スキルの教育システムの提供援助の実現に向けて取り組みを進めている。SIP サイバー空間プログラムで開発した打音検査スキルの教育システムは、人材育成と同時に、レーザー打音検査の機械学習に必要な現地データを収集する意味も持っており、将来的なレーザー打音検査システムの導入も視野に入れている。

また、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の接客サービスにおいては、国際的なエアラインサービスの連携に向けて、カナダの国立研究所 NRC（National Research Council Canada）と、SIP サイバー空間プログラムにおける接客サービスを担う産業技術総合研究所とで包括的な連携契約を締結した。

NRC は、Air Canada と包括的な連携をしており、空港カウンターを模した実験施設も有している。ここに、SIP サイバー空間プログラムで開発した技術の展開を想定している。SIP サイバー空間プログラムで開発した感情推定技術は言語情報を用いており、現時点では日本語対話に限られているが、ベースとなっている AI エンジンは本来英語のものなので、技術モジュールとして多国語展開は十分に可能であると考えている。

そのほか、介護サービスや学習サービスについても、開発した技術に用いられている言語認識モジュールは、現時点では日本語に限られているが、そもそも英語の AI エンジンのカスタマイズしたものであり、技術的には英語圏への対応は可能である。ただし、介護サービスや学習サービスは、国ごとの文化や制度が大きく異なっ

ている領域で、実ビジネスとしても国際横断的なものが極めて少ない。これらの分野の技術成果の国際展開については、制度や文化が日本に近く、かつ、現地での技術のグラウンディングに意欲を持つパートナーの発掘と連携が必要になると認識している。

プロジェクト終了後の、国際連携、国際標準化の活動については、プログラム全体としては、分野間データ連携基盤技術については一般社団法人データ社会推進協議会（DSA）が、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」については、プロジェクト終了後に産業技術総合研究所内のコンソーシアムとして発足する「ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム（仮称）」が担っていくことになる。



## ベンチマーク調査結果

# 先端AI技術に係る技術動向 及び社会実装課題に関する調査

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

- 世界各国の政府や企業の研究開発費の国際比較として、国際統計や独自データベースを用いて国別、AI技術領域別に、政府研究開発費と企業研究開発費などを推定した。
- AI人材の育成に対する各国の施策の調査も行った上で、AI領域における日本のポジショニングを整理し、今後取るべき方針を示唆した。
- ヒューマン・インタラクション技術の社会実装に向けた技術動向を整理した上で、SIPサイバー空間プログラムで実施している6テーマの競合優位性の分析を行い、事業化に向けた取り組みの活動案を整理した。

## 1 研究の目的

世界各国の政府や企業では、AI領域の研究開発の発展と産業への適用を促進するために、社会実装に向けた事業環境の整備への投資や取り組みが進んでいる。しかしながら、AI技術を取り巻く社会実装状況は大きく変動しており、諸外国政府や国内外企業のAI領域の投資状況は把握できていない。また、SIPサイバー空間プログラムの事業目標達成に向けて出口戦略を見出す上で、各プロジェクトが開発している技術の妥当性の分析や、社会実装に向けた活動の整理が必要である。

本調査では「世界各国の政府や企業の研究開発費の国際比較」、「ヒューマン・インタラクション技術の調査およびSIPサイバー空間プログラムの研究開発テーマの競合分析」の2点を実施した。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2019～2021年度

### (2) 実施方法

#### 1) AI関連の研究開発予算などに関する調査

##### ① 政府および国際組織のAI関連施策

政府研究開発予算の技術領域の特定が可能なデータベース（グラントDB）を用い、各国の政府研究開発予算全体に対するAI関連予算の配賦額の割合や、AI技術分類ごとの配賦額を算出した。グラントDBとOECD統計の国別研究開発予算を組み合わせることで、OECD統計にある各国の政府研究開発予算から、各国のAI関連の政府研究開発予算を推定して国際比較を行った。

##### ② 企業の研究開発費

研究開発費から創出される特許数の割合（全特許数のうち、AI領域の特許数の割合）を用いて、AI領域の研究開発費を推定した。はじめに、世界の主要企業が出願した特許のうち、AI領域の特許数の割合を算出した上で、OECD統計に整理された各企業の研究開発費にAI領域の特許比率を掛け、1社ごとのAI関連研究投資額を算出した。

##### ③ AI関連の人材に関する動向調査

AI人材の能力を、AI研究者（AIに関する学術論文を執筆・発表する人材）、AI開発者（AIモデルをソフトウェアやシステムとして実装できる人材）、AI事業企画（AIモデルを理解した上で市場に売り出せる人材）に区分し、

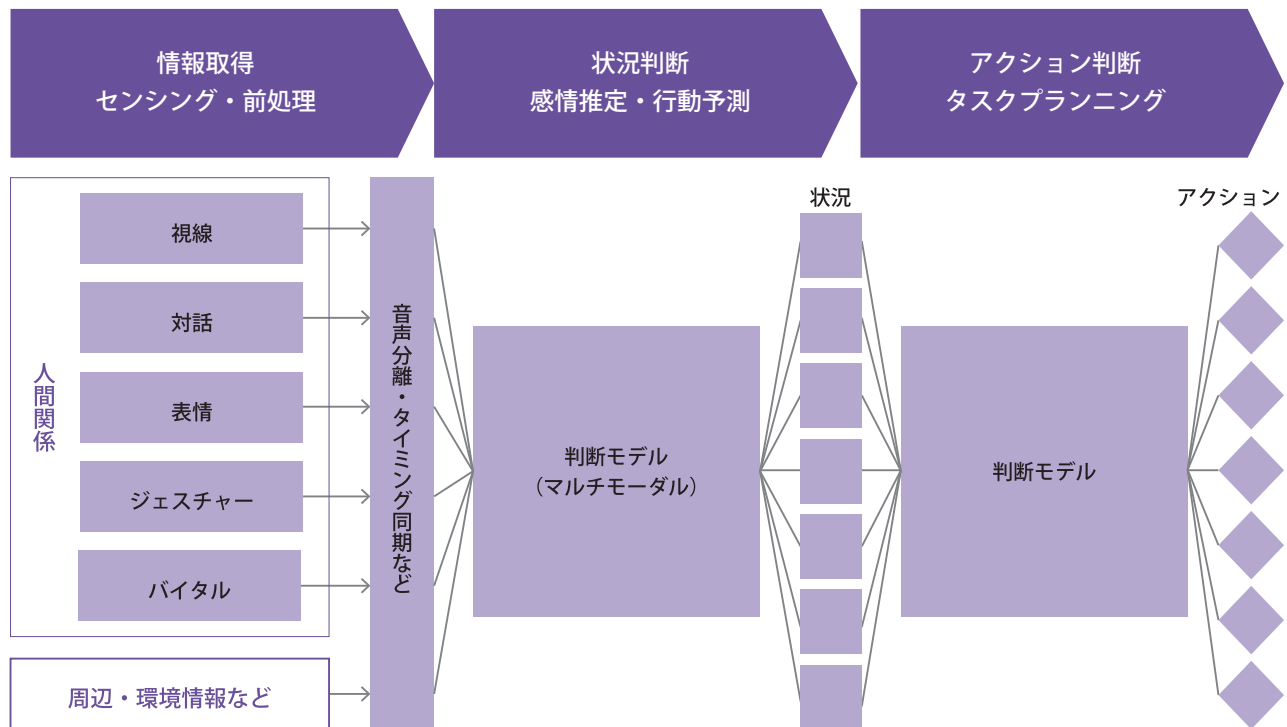


図1 ヒューマン・インタラクション技術の体系化

各区分のAI人材需給を試算した。

## 2)「ヒューマン・インタラクション基盤技術」に関する技術動向調査

### ①ヒューマン・インタラクション技術の体系化

ヒューマン・インタラクション技術は、情報科学分野の画像認識、自然言語処理、機械学習などさまざまな技術が有機的に連携した技術領域であり、基本機能としては「情報取得(センシング)」、「マルチモーダル状況判断」、「アクション判断」の三つに分けられる(図1)。ヒューマン・インタラクション技術が関わる技術領域をより明確にするために、人工知能学会が作成した「AIマップβ 2.0」(人工知能学会HP参照)に掲載されているAI技術マップEのキーワードをもとに、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」に関するキーワードを収集。近年の技術キーワードを収集し、体系に紐づけて整理した。

### ②ヒューマン・インタラクション技術の技術俯瞰図

AI技術に関わる技術キーワードから、特に「情報取得(センシング)」、「マルチモーダル状況判断」、「アクション判断」に関わる技術キーワードを抽出しマッピン

グした。

### ③ヒューマン・インタラクション技術の研究動向の調査方法

ヒューマン・インタラクション技術の研究動向を把握するため、関連する学会で2019年および2020年に発表された研究成果を対象に、ヒューマン・インタラクション技術に関わる学会論文・原著論文を抽出して、研究内容をまとめた。

④情報取得(センシング・前処理など)に関する研究動向  
運転に関する事前データ、ドライバーの眼球運動・心拍数・ガルヴァニック皮膚反応\*1といったマルチモーダルデータ、車両データを扱った研究や、ドライバーのテイクオーバーの意図・時間・品質を予測するディープニューラルネットワークベースのフレームワーク「DeepTake」の研究を紹介した。そのほか、心電図信号から負の感情を認識し、ロボットアシスタントを介して健康リスク低減を目指した研究を紹介した。

### ⑤マルチモーダル状況判断(感情推定、行動予測など)に関する研究動向

ロボットが声の大きさを調整することで参加者がパーソナライズされたと感じ、ロボットが段階的に行動を調

\*1 皮膚を流れる電流の抵抗が、皮膚の湿気で低くなる反応。

整することで参加者がロボットに立ち寄って交流する可能性が高まる研究を紹介した。そのほか、表情認識と音声認識から、感情予測による子供の痛みと感情を評価し、それに応じて言語的および非言語的な対話反応を適応させ、最適な気晴らしを行うインテリジェントな適応型ヒューマノイドロボットの開発の研究を紹介した。さらに、ヒューマノイドロボットを用いて、多人数での会話において受動的な被験者を検出して参加させる手法を紹介した。

#### ⑥アクション判断(タスクプランニングなど)に関する研究動向

Shared Cooperative Activity (SCA) の三つの要素である「相互応答性(意図の理解)・共同活動へのコミットメント(サブプランの調整)・相互支援へのコミットメント(支援の提供)」の全てを備えた「Teammate Algorithm for Shared Cooperation (TASC)」という新しいアルゴリズムを提案する、「人間とロボットのチームワークの多面性を推論するアルゴリズムの研究」をはじめとした、人間とロボットに関わる七つの研究を紹介した。

#### ⑦教育領域に関する研究動向

コンピュータービジョンを利用した新しいシステムを開発し、教育環境のデジタルツインを目指した研究を紹介した。そのほか、強化学習を用いた強化学習戦略を採用し、選択プロセスの自動化の研究や、深層学習と認知モデルや心理測定モデルにヒントを得た「Attentive Knowledge Tracing (AKT)」を提案する研究を紹介した。

#### ⑧介護領域に関する研究動向

米国の介護者 2,000 人を対象に、介護の課題についての調査を含め、介護領域の研究を紹介した。

#### ⑨接客領域に関する研究動向

合成データの特性(ジェスチャーのバリエーション、キャラクターの多様性、新しいジェスチャーへの一般化など)を、体系的に研究する取り組みを紹介した。そのほか、不適切な応答によって対話プロセスを誤らせる課題を解決する、マルチターン応答トリガーモデルを提案する研究を紹介した。

### 3)「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」に関する研究動向調査

人と人のインタラクションをAIが支援・増強するための、人の認知・行動に関わる非言語データを収集・構造化し、状況判断やコミュニケーションを個人に合わせ

て支援する高度なインタラクション支援技術「認知的インタラクション支援技術」をはじめ、人とAIが協働するためのマルチモーダルな記憶・統合・認知・判断を可能とする高度対話処理技術「高度マルチモーダル対話処理技術」や、教育現場などから教師および学生に係るビッグデータを取集し、AIと組み合わせることで教育、学習活動を最適化する「学習支援技術」、介護現場から介護士および被介護者に関わるビッグデータを取集し、AIと組み合わせることで介護士・被介護者双方の負担を軽減する「介護支援技術」という、四つのテーマの研究開発の内容を整理した。

#### 4) AIの社会実装課題に関する調査

AI戦略は、各国の社会課題や産業的な特徴、研究の強みなどが反映されており、それぞれが異なる特徴を持っていることから、日本、米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、中国、インド、イスラエル、シンガポール、オーストラリア、欧州連合、OECDのAI戦略策定状況やその特徴、課題などを横断的に分析した。

## 3 本研究の成果

### (1) AI関連の研究開発予算等に関する調査

「政府および国際組織のAI関連施策」の調査によって、米国の政府研究開発予算が圧倒的に多く、次いで英国、中国、日本の順で続くことが分かった(図2)。また、AI関連のグラントを特許中分類ごとに分類した上で、技術分類ごとに国別の政府研究開発予算をバブルチャートにまとめた結果、AI全体では米国、中国の政府研究開発予算が圧倒的に大きいことが分かった。「企業の研究開発費」の調査によって、企業全体の研究開発費では米国企業が圧倒的に大きい、中国企業の伸び率が著しく、日本を抜いて2位に位置付けていた(図3)。AIに関わる特許数は、米国、日本が同程度で世界トップの特許数であった。特に日本の特許数が多いAI技術領域は、Computer visionで世界トップであり、Knowledge representationが次いで多かった。また、日本はControl methodsの出願が相対的に多いという特徴もあった。

「AI関連の人材に関する動向調査」からは、今後の課題が「エキスパートレベル」の人材育成であることが明らかになった。



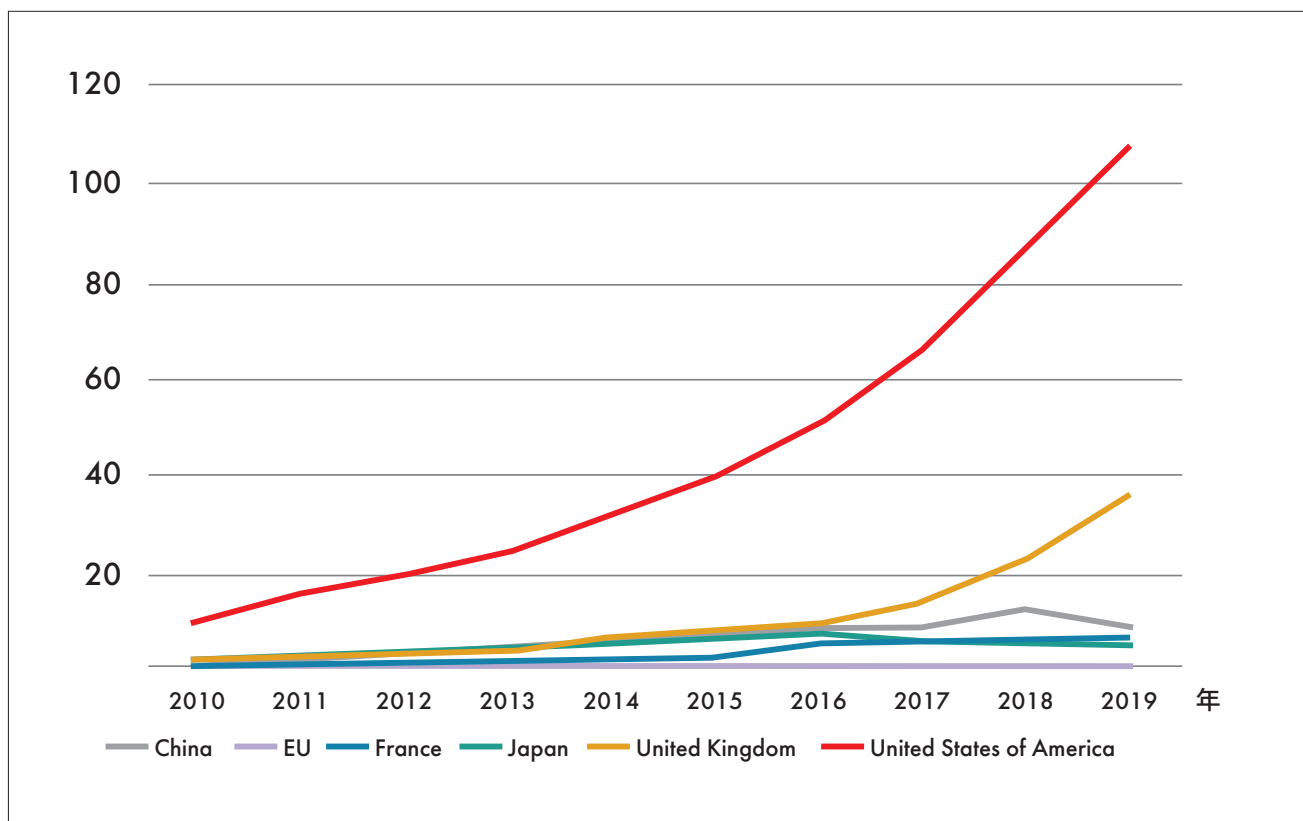


図2 国別 AI 関連の政府グラントの研究配賦額 (単位：10 億円)

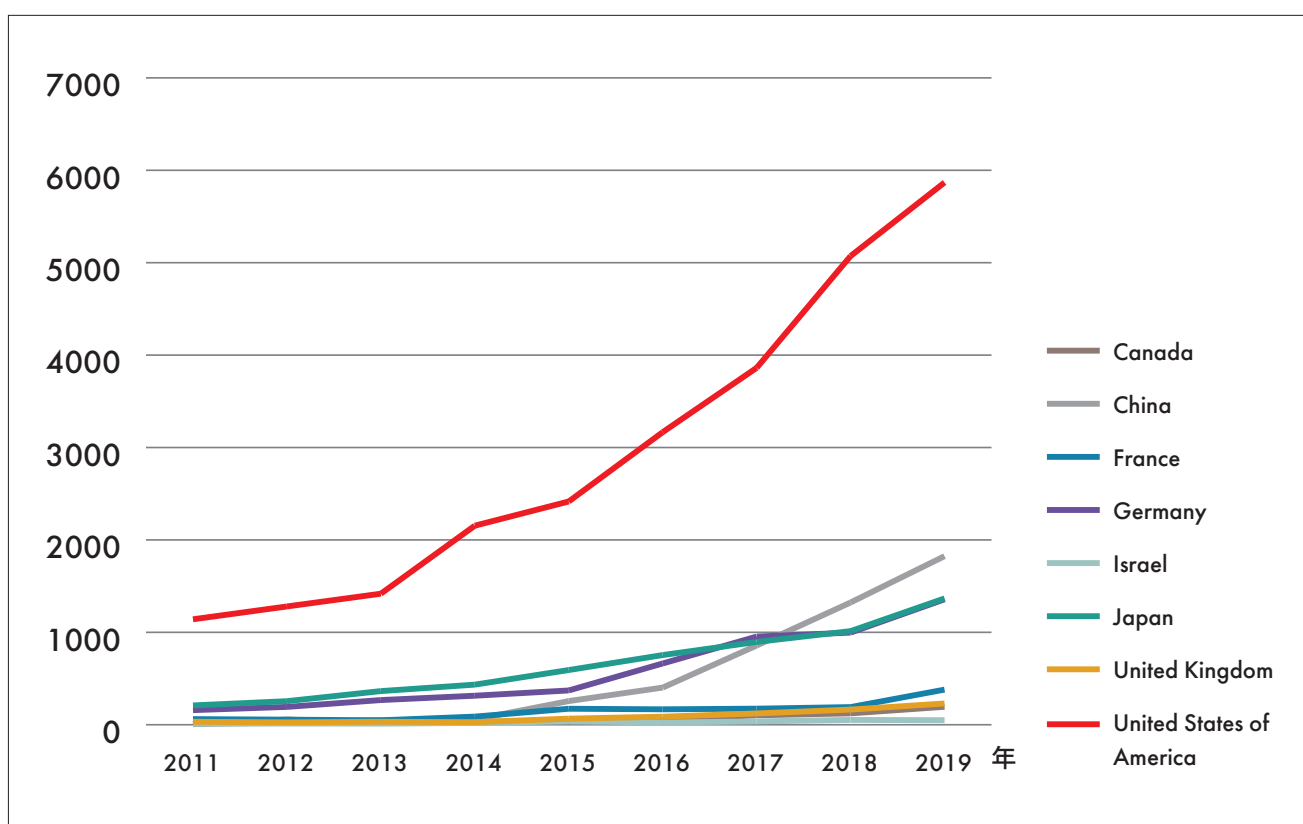


図3 OECD 記載の企業の国別 AI 関連研究開発費の推移 (単位：10 億円)

## (2)「ヒューマン・インタラクション基盤技術」に関する技術動向調査

全体としては、単体のデータや機能ではなく、表情認識と音声認識、顔検出と音源検出、表情認識といった複数のモーダルチャネルを組み合わせた研究が多く見られた。教育領域の研究では、電子教材の提供や教員の指導

方法の補助などにさまざまな情報技術が使われているが、業務効率化や個別化教育を目的としたものが主であり、生徒の学習意欲の向上や教育現場の講義などを支援するサービスはまだ見られず研究段階であった。介護領域の研究では、提供サービスのデジタル化によって、介護従事者の生産性向上を目指した研究開発が進められて

	AI 戦略やガイドラインの策定状況	課題
日本	AI 戦略を通じて各分野における具体的な AI 導入などの目標設定はされている。	AI 人材の不足や政府のデジタル化が不十分であることが課題である。
米国	AI 原則の策定が進み、社会実装課題から州レベルの規制まで踏み込んでいる。	社会実装が進んだことで、プライバシーや公正利用の問題が各地で発生。州によっては法整備による規制が進む。
カナダ	各国に先立ち AI 原則策定。基礎研究は活発だが民間での利活用は発展途上。	トップ人材を排出するものの、出口としてそれら人材を活用する企業が育っていない。
英国	米中に次ぎ、AI の利活用が進む。政府による AI 活用にも積極的である。	政府内で AI の利用が進むが、その透明性や利用方法について多くの問題が発生し批判が集まる。
ドイツ	モビリティなど得意な産業分野において AI 活用を推進する。	AI 人材の不足が顕在化している。
フランス	EU と整合を取るように AI 倫理面での積極的な関与を表明している。	AI の需要が高まることから、人材育成が課題視されている。
中国	米国に並び AI 研究開発と社会実装が進む。法整備に課題を持つ。	倫理面も政策が少ないことや、規制面の研究が少ない。
インド	デジタル分野での強みを生かし、AI 活用を推進する。	デジタル分野へのアクセス格差の存在や、プライバシー保護が不十分であると指摘されている。
イスラエル	民間レベルの研究開発が先行し、政府の AI 活用は発展途上。	指針策定に向け、継続的な国家予算が確保されていない。
シンガポール	政府による積極的な AI 活用とフィンテック分野で世界をリードする。	政府による情報監視が可能であり、企業活動への影響が指摘されている。
オーストラリア	各国の AI 原則を参考に関連ガイドラインの整備を進める。	研究開発の促進や人材育成が課題である。
EU	域内各国と協調し、AI 倫理面でリーダーシップを維持することを目指す。	技術の利用に厳しい評価を課すとしており、社会実装を阻害する恐れが指摘されている。
OECD	各国の指針となるような基準となる AI 原則を公表している。	組織の性質上、拘束力を持たないため指針提示の場にとどまる。

表 1 各国の AI 戦略やガイドライン策定状況と課題の一覧

おり、介護や医療の実際の現場で、リハビリ支援や見守り支援、在宅ケアなど、高齢者の身の回りの支援を行う研究が多く見られた。接客領域では、小売業などにおいて、店舗内の行動解析を通じたマーケティング業務の支援や、需要予測による発注業務の支援、接客助言・商品販促などのソリューションのための研究開発が進められている。ロボットを使った接客に関しては、ロボットの目新しさで単に興味を引く以外の点でのメリットや期待される効果に関する調査研究が進められている状況であり、ロボットの機能的な面では、接客に重要なプロアクティブなアクションをするための行動予測の研究が行われている。

### (3)「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」に関する研究動向調査

各研究開発テーマの独自性や優位性を整理した上で、今後の研究開発や事業化の方向性に関する示唆を得るために競合分析を行った。競合分析にあたって、「ターゲット市場」、「競合比較表」、「事業化に向けた取り組み」を整理した。

ターゲット市場では、各テーマで開発する最終プロダクトがターゲットとなる市場を整理した。競合比較においては、各テーマの最終プロダクトのコアコンピタンスおよびターゲットに近い企業を選定した。比較項目は、主にAI技術に関する主要な機能と、市場性・コストの2点とした。技術については、最終プロダクトの主要機能とともにAI技術で実装される機能を比較した。市場性については、ビジネス形態、ターゲット、市場獲得・シェアの状況を比較した。

これらの比較を通して、SIPサイバーの研究開発の強みと、事業化に向けた活動を示した。

### (4) AIの社会実装課題に関する調査

評価指標の国際比較(表1)から、日本の強みは「AI戦略」や「人間中心のAI社会原則」など、政府としてのビジョンが示されている点や、データの入手性や代表性も各国の平均を上回る評価となっている一方で、弱みとして政府のデジタル化のキャパシティや市場の成熟度、人材、インフラの指標について各国平均を下回っていることが明らかとなった。また、AI社会実装の取り組みは活発化しているが、国内の取り組みの多くは実証実験段階であることが分かった。

## 4

### まとめと今後の展望

「AI関連の研究開発予算などに関する調査」の結果から、政府機関や教育・研究機関、各産業領域で国際競争力を持つ企業など、多様なプレイヤーを結集して、政府機関や関連省庁が進める各施策の効果を最大化していくことを提案した。また、「AIの社会実装課題に関する調査」の結果を受け、介護医療分野では先端的な取り組みの認証制度の導入や予防医療分野へのAI技術の導入、公益性の高い医療データの流通に関して提案した。あわせて、教育分野では新規ビジネスモデルの提案や公衆送信補償金制度の改善などの施策を提案し、接客分野ではアワード型プロジェクトの設定や課題マッチングプラットフォームの導入を提案した。日本では「人間中心のAI社会原則」が提唱され、人々がAIを受容し社会全体でAIを使いこなしていく指針が示されている。ヒューマン・インタラクション技術の進展とともに、人と人のインタラクションをAIが支援・増強する、高度に洗練された技術が社会実装されていくことが期待される。



## ベンチマーク調査結果

# 分野間データ連携基盤技術に関する 国際動向調査

PwCコンサルティング合同会社

- AIによるデータ利活用に必要な海外との分野間データ連携基盤の実現に向け、具体的なデータ連携に関わる活動内容や成功事例、ユースケースを調査した。
- 174の候補団体に対して、「一次調査／深堀調査による詳細把握」、「PwCが持つグローバルな知見に基づく海外成功事例調査」、「国際動向を踏まえたCADDE\*1の立ち位置の分析」の3段階で調査を行った。
- 調査によって、「国際動向を踏まえた国内データ連携基盤の立ち位置」、「日本にとって参考となりうる事例」、「競合となりうる団体の検討」が分かってきた。

## 1 研究の目的

本調査は、総合科学技術・イノベーション会議における戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の、第2期で選定された12課題のうち「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」に関する研究開発テーマ「分野間データ連携基盤技術」についての調査という位置づけである。その目的は、現時点での海外の分野間データ連携基盤動向を踏まえつつ、今後の海外との分野間データ連携を国内で実現するための方向性や、進め方を取りまとめることである。

## 2 実施期間と方法

### (1) 実施期間

2021年度

### (2) 実施方法

次のようなアプローチで調査を実施した。

- ① 174の候補団体に対する一次調査／深堀調査による

#### 詳細把握

- ② PwCが持つグローバルな知見に基づく海外成功事例調査  
③ 国際動向を踏まえたCADDEの立ち位置の分析

①の事前調査から一次調査、深堀調査の3段階では、調査団体をインタビュー、デスクトップサーベイから論点を整理し、規模の大きさ、メタデータ基盤等の観点から抽出した。各団体に対しては公開情報をもとに、アーキテクチャや機能要素、政府の関与度、ビジネスモデルについて調査した。その上で、深堀調査団体に対しては有識者へのインタビューなどを通じて詳細情報を確認し、CADDEが国際競争力を持った基盤となるために参考となる示唆を抽出した。また、51団体については、アーキテクチャや採用技術などから任意に分類できるように整理した。調査は、デスクトップ調査とエキスパートインタビューを通じて、調査対象となる活動団体の設立目的などに対して実施した。

#### 1) 技術要素調査（一次調査）

機能要素においては、調査対象となる各団体に対して、「データ収集」から「データ蓄積・加工」、「データ活用・サービス提供」、「データ管理」という一連の流れに

\*1 SIP第2期の「分野間データ連携基盤技術」では、分野を超えてデータの発見と利用ができる仕組みを「CADDE（Connector Architecture for Decentralized Data Exchange：分散型データ交換のためのコネクタ・アーキテクチャ）」として提案している。

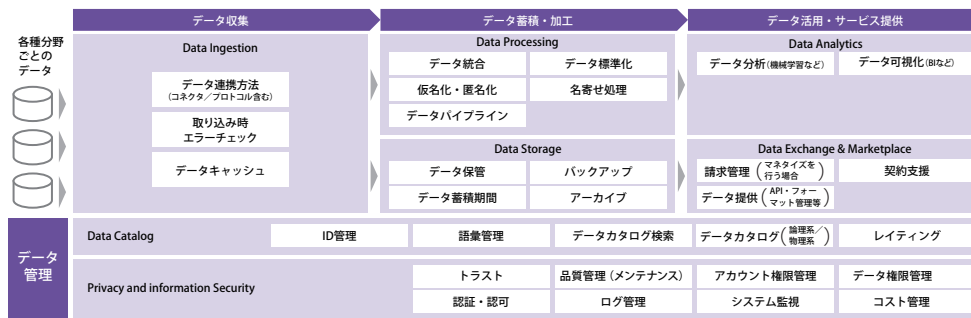


図1 データ連携基盤の技術要素

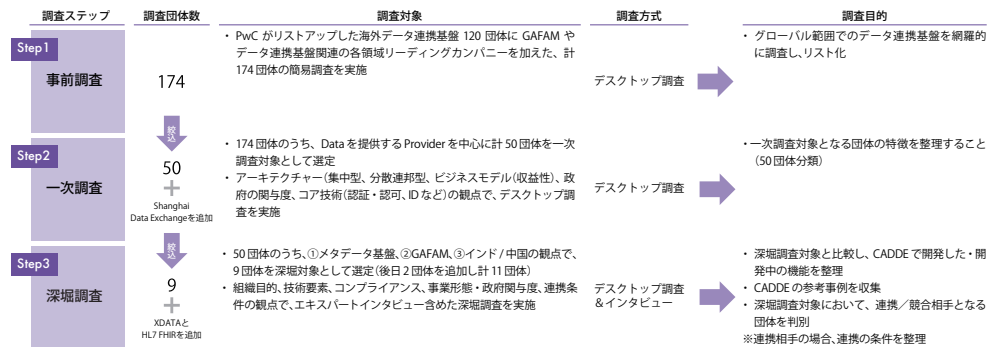


図2 グローバルベンチマーク調査の全体像

必要な機能要素を洗い出し、各調査対象の対応状況を整理した。また、本調査では、「Data Ingestion\*2」、「Data Processing」、「Data Storage」、「Data Analytics」、「Data Exchange&Marketplace\*3」、「Data Catalog」、「Privacy and Information Security」の7機能要素ごとに、対象となるデータ連携基盤の技術要素を定義した (図1)。

## 2) 事業形態調査 (一次調査)

「ビジネスモデル」、「政府の関与度合い」の二つの観点から、事業形態の調査を実施した。ビジネスモデルの対応事例として、データ取引市場、PDS\*4 & 情報銀行、データ担保融資、データ証券化、データ信託の5つを想定した。特に調査着手時点で情報の少なかったデータ担保融資とデータ証券化について、追加調査を実施した。

## 3) グローバルベンチマーク調査

グローバルベンチマーク調査を、事前調査、一次調査、深掘調査の3ステップで実施した (図2)。

なお、深掘調査団体の選定の考え方は、

- ① データ基盤を連携している団体 (「メタ基盤」に該当するか)
- ② GAFAM のように、自社でプラットフォームを持っている団体

## ③ インド/中国の団体

という三つの観点から整理した。これらの観点に基づき、GAIA-X、IDSA、Data.gov、Data.world、Google、Microsoft、Amazon、India Stack、Shanghai Data Exchange、さらに追加調査として XDATA と HL7 FHIR の合計 11 団体を深掘対象とし、有識者へのインタビューや追加のデスクトップ調査を実施した。

# 3 本研究の成果

## (1) 技術面での調査結果

技術面での調査結果については、海外データ連携基盤団体の7割以上の企業が、7機能要素全てに対応する一方で、「Data Processing」、「Data Storage」、「Data Analytics」については対応がまばらな状態である。

### 1) 調査観点1 (団体分類)

データプロバイダーとなる団体はデータ以外にも、関連のサービスまたはソフトウェアも追加で提供するものが多く見られる。特に民間団体においては、全ての団体がこのパターンに該当した。

\*2 データの転送によって、さらなる処理や分析のために取り込むことができるようにするプロセス。

\*3 データの取引と交換を行うプロセス。

\*4 個人が自らの意思で自らのデータを蓄積・管理するための仕組み。

## 2) 調査観点2(アーキテクチャ)

分散連邦型と集中型が主流であった。また、あらゆるケースに対応するために、分散連邦型と集中型の混合形態で構築するケースが多く存在した(図3)。

## 3) 調査観点3(コア技術)

コア技術については、以下に挙げた「来歴基盤」、「データ認証」、「ユーザー認証」の三つの観点から整理した。

- 来歴基盤：データ来歴は基本的に登録必須となっている一方で、データ加工来歴はデータのクエリ履歴、更新タイムスタンプ情報のみの管理が主流となっていた。
- データ認証：データIDやデータ提供者の認証は各団体独自での管理、ID認証はアカウントまたはAPIによる認証、契約データ形式はCSVなどデータファイル、API両方に対応しているパターンが多く見られた。
- ユーザー認証：利用者認証はアカウント管理の団体が主流であった一方で、DID\*5などの先端技術は一部の団体での検討にとどまるなど少数であった。

## (2) 事業形態での調査結果

事業形態(ビジネスモデル)を見てみると、民間団体の多くがデータの収益化またはデータの資産化を実現する、データ取引市場に該当した。PDS&情報銀行に該当する団体も一部存在したが、さらなる収益化に向け、これらに加えてデータ担保融資、データ証券化、データ信託といった三つの事業形態も存在している。

政府関与度については、「公開情報からは関与が確認できなかった団体」、「官民連合型で政府から資金を受け取っている団体」、「公共団体が主体で開発している団体」といった三つのパターンが存在している。

## (3) 国際動向を踏まえた国内データ連携基盤の

	公共団体	民間団体	計
分散型 (非連携)		Google* *GoogleのDataset Search製品のみ	1社
分散連邦型	digi.me w/Australia Gov Blue Button European Data Portal FaST GAIA-X	DATOS Streamr Harbr Adobe Wejo Alibaba Openprise Data Marketplace data.world DatabrokerDAO Crux Informatics	15社
	集中型と分散連邦型の混合形態 HDX India Stack Dataportal.asia Data.gov Luxembourgish data platform data.gov.uk		18社
集中型	CNGDb data.gov.sg NDAP ODX	Facebook Otonomo Salesforce Narrative.io Caruso Quandl AWS Here	12社
計	15社	31社	45社*

図3 一次調査の対象団体のアーキテクチャによる分類結果

\*Googleは「分散型(非連携)」と「集中型と分散連邦型の混合形態」に重複計上された為、総計から除外

## 立ち位置

今回の調査結果をもとに、海外団体とCADDEの要素技術を比較した(図4)。国際競争力を持ちつつ海外団体との連携を実現するために、海外団体の参考事例や競合可能性、連携に向けて解決すべき課題・法規制を整理した。

プラットフォームが機能提供するのか、利用者が機能を用意する必要があるのかという観点でCADDEと他団体を比較することで、CADDEが現在開発中の機能状況を把握した。

現状CADDEは、主にData StorageとData Analytics関連の機能を利用者側で対応しており、図4の①、②の論点が挙げられた。

## (4) 日本にとって参考となりうる事例の調査

今回の調査結果をもとに、CADDEの普及を加速する方針を提案した。現時点において、CADDEは「データストレージ機能」が未実装である。まだデータ連携のインフラが整備されていない分野へ、データ連携基盤が保有するデータストレージ機能を提供することが参入障壁を下げ、結果として分野間連携の早期拡大につながることを期待される。

また、現時点でのCADDEは「データアナリティクス領域」についても未実装であるが、サードパーティサービスを導入することによって、未対応機能の補完によるエコシステム構築と、機能利用を契機とした利用者・連携分野増加が期待される。

ストレージ機能やアナリティクスのサードパーティサービスの提供によって、CADDE普及の加速が期待できる。また、CADDEで対応済の重要機能はグローバルの取り組みと比較しても大きく劣後せず、メタデータ管理にAI活用する等先進的な取り組みも計画中である。

\*5 中央集権的なID発行者に依存せず、自分自身で自分のアイデンティティを証明する仕組み。



機能要素	#	機能名	CADDE	GAIA-X	IDSA	Google	Microsoft	Amazon
DataIngestion	1	データ連携方法（データ提供者側コネクタ）	○	△	△	△	○	○
	2	取り込み時エラーチェック	×	○	○	○	○	○
	3	データキャッシュ	×	○	○	○	○	○
DataProcessing	4	データ統合	△（開発中）	△	△	△	△	△
	5	データ標準化	△（開発中）	△	△	△	△	△
	6	名寄せ処理	△（開発中）	△	△	△	△	△
	7	仮名化・匿名化	△（開発中）	△	△	△	△	△
	8	パイプライン	△（開発中）	△	△	△	△	△
	9	データ保管	○	△	□	△	○	○
DataStorage	10	バックアップ	×	△	○	△	○	○
	11	データ蓄積期間 （詳細は「日本にとつての参考事例」を参照）	×	△（開発中）	○	△	○	○
	12	アーカイブ	×	△	○	△	○	○
DataAnalytics	13	データ分析	□	△（開発中）	△（開発中）	△	△	△
	14	データ可視化	□	△（開発中）	△（開発中）	△	△	△
DataExchange&Marketplace	15	データ提供	○	△	△	○	○	○
	16	請求管理	○	○（開発中）	○（開発中）	○	○	○
	17	契約支援	○	○（開発中）	○（開発中）	○	○	○
DataCatalog	18	データカタログ	○	○	○	○	○（開発中）	○
	19	ID管理	○	○	○	○	○	○
	20	語彙管理	○	○	○	○	○	○
	21	データカタログ検索 （詳細は「日本にとつての参考事例」を参照）	○	○	○	○	○	○
	22	レイティング	×	○	○	○	○	○
	23	トラスト	○	○	○	○	○	○
Privacyand InformationSecurity	24	品質管理	×	○	○	○	○	○
	25	アカウント権限管理	○	○	○	○	○	○
	26	データ権限管理	○	○	○	○	○	○
	27	ログ管理	○	○	○	○	○	○
	28	認証・認可	○	○	○	○	○	○
	29	システム監視	○	○	○	○	○	○
	30	コスト管理	×	○	○	○	○	○

1 CADDEはデータストレージを提供していないため、利用者はデータストレージを用意する必要があります

2 他団体は自社開発、または第三者より関連サービスを補完する一方、CADDEは現時点では関連機能を提供していない状況

凡例  
中央は仕様や機能を提供する  
○ 完全中央  
○ 中央提供 & 利用者実装必須  
△ 中央提供 & 利用者実装任意  
中央は仕様や機能を提供しない  
□ 完全利用者  
— 機能対応状況非公開  
× 機能開発なし

図4 機能比較の分類結果

## (5) 競合となりうる団体の検討

CADDEの普及にあたり、競合となりうる団体を検討した。その結果、提供データの分野ならびにデータの収集・提供地域、連携意思から、深掘団体とCADDEの競合可能性を分類し、協調／独立共存／競合の3段階で整理した。

連携意思が強い団体とは、今後の連携方策の検討、また、独立共存、競合であっても、技術の活用可能性について検討することで、CADDEの活用可能性を広げることが期待できる。

## 4 まとめと今後の展望

「分野間データ連携基盤技術」領域において、日本が海外各国の急速な整備対応に遅れをとることなく連携し、国際競争力を維持しながら安定した信頼性を持ち、持続的に運営することを目標として本国際動向調査を実施した結果、以下のようなことが見えてきた。

### (1) CADDE との国際比較

CADDEは、既存の分野内データ連携基盤同士を、分野を超えて連携させることを目的としている。海外団体はすでにデータの取り込みから管理まで、一連の機能をサービス提供しているが、CADDEの場合、現時点ではユーザー側で機能実装することを要求している。

一方で、すでにCADDEが機能実装している「Data

Catalog」や「Privacy」関連の機能については、海外団体と同水準の機能を提供している。CADDEが実装していない「Data Storage / Data Analytics」機能については、海外団体は実装しており、団体の参入障壁を下げ、サービス利用を契機としたプラットフォーム利用者拡大につなげている。

SIPの一環で海外基盤との連携実証が進められており、技術的にはCADDEによる海外連携の取り組みが進みつつある。

一方で、日欧でデータを扱う文化や制度に隔たりがあり、国際的な合意形成は引き続き課題と考えられる。

本調査の提言「CADDE機能拡張」は普及促進だけでなく、CADDEの信頼性や競争力強化にもつながり、交渉における優位性確保に資すると考えられる。

### (2) 競合可能性と連携課題

GAIA-X、IDSA、HL7 FHIRはグローバルでサービス提供しており、他団体との連携意思が強いため優先的に協調していくべき対象といえる。

一方で、Google、Amazon、Microsoft、Data.worldは、CADDEとの重複部分が多く連携意思が薄いため、競合対象として注視していくべき対象といえる。ただし、技術的には、活用の可能性が存在するとみられる。

海外団体との連携において、制度面では主に他団体よりCADDEのデータ提供者やデータ自体への追加審査、技術面では主にデータ・メタデータ基準や連携コネクタ整備に課題が存在している。

# SIP 第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」がもたらした価値を生かすために

## 出席者

安西祐一郎 プログラムディレクター(公益財団法人東京財団政策研究所所長)

持丸正明 サブプログラムディレクター(国立研究開発法人産業技術総合研究所人間拡張研究センター研究センター長)

兼村厚範 サブプログラムディレクター(未来報酬株式会社代表取締役)

越塚登 サブプログラムディレクター(国立大学法人東京大学大学院情報学環教授)

川上登福 イノベーション戦略コーディネーター(株式会社経営共創基盤共同経営者、マネージングディレクター)

## 司会・進行

遠藤論(角川アスキー総合研究所主席研究員)

SIP 第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」では、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」、「分野間データ連携基盤技術」、「AI 間連携基盤技術」、「アーキテクチャ構築」の研究開発が進められた。世界でAIの社会実装、データ連携基盤の構築が進む中、今回の開発によって得られた価値を高め、国際的にビジネス展開していくためにはどうすれば良いか、プログラムディレクター、サブプログラムディレクター、イノベーション戦略コーディネーターの方々にオンラインでディスカッションしていただいた。

## プロジェクトは将来を予見？ コロナ禍によって10年かかる社会変化が2年で起きた

— 今回のプロジェクトは、コロナ禍前の2017年に始まりました。当時は遠隔化やヒューマン・インタラクションの必要性が理解されていなかったと思われます。それがこの5年間でどのように変化してきたのでしょうか。

持丸 最も大きな変化はコロナ禍によって遠隔化に注目が集まったことです。アクセプタビリティとリテラシー

が劇的に変化し、おそらくあと10年はかかったと思われるほどの劇的な変化が、2年くらいで起きました。

「ヒューマン・インタラクション基盤技術」においても、遠隔化やテレワークに言及していましたが、プロジェクトを進めていくうちに、より遠隔化に重点を置くことにしました。

例えば、産業技術総合研究所(産総研)の接客のトレーニングは、もともとは遠隔対応がメインではありませんでした。移動が制約されず、同時性が求められないことに着目して、仮想空間でレストランを再現することに焦点を当てていました。ところが、コロナ禍によりファミリーレストランでも対面のトレーニングができなくな

り、そこから遠隔対応の側面を押し出すような形でプロジェクトを進めました。

一方で、遠隔化は対面インタラクションの価値を再考するきっかけになりました。介護における排泄など、どうしても遠隔化できないものがあります。AIなどを使って、その価値をどのようにして上げていくか。そういう観点においてもコロナ禍は研究を加速させたと思っています。

**安西** SIPのプロジェクトが始まった当初、自動運転やAIなどの最新技術を生活に取り込んでいくことに関しては、多くの人が必要さを認識していました。しかし、ヒューマン・インタラクションの重要性については、あまり理解されていませんでした。それがこの5年間でがらりと変わりましたね。遠隔でも、対面と同様に人と人がインタラクションできることの大切さを、世間一般の方々が仕事の上でも生活の上でも実感したのが大きかったと思っています。

また、ワクチン接種を進めるにあたって、国、地方自治体、保健所でデータが連携されていないことによる問題が多発しました。さまざまなデータが結びついていない状況がコロナ禍によって露呈したわけです。この5年間で、これらの人とデータの結びつきは技術でサポートすべきであり、そういうテーマが大事であることが分かりました。

—— ワクチン接種のときは「デジタル敗戦」など辛辣な意見も出ていましたよね。

**安西** 日本はデータ、あるいはデータ連携を大事にしてこなかった。さらには、人と人とのつながりは情的な問題で、技術が介入する問題ではないと思っていた。ここにいる先生方をはじめ、関係した方々のおかげですが、今回のプログラムは時代を見通していたと言っていると思います。

—— 兼村先生はどのようにお考えでしょうか。

**兼村** 持丸先生、安西先生のおっしゃるとおりだと思います。5年前、世間では「シンギュラリティが来る」などと言われていました。当時はAIのテクノロジーによって何が実現可能で何が不可能なのかの見極めがついていなかったのだと思います。そこが、この5年間で峻

別されるようになってきました。

そういう意味では、世の中も追いつきつつありますが、SIP「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」には先見の明があったのだと思っています。例えば教育分野だと、5年前に設立されたベンチャー企業である atama plus 株式会社が開発した「atama+」というAIを用いた学習システムが、すでに全国の塾などで使われるようになってきました。さらに、漫画を使った学習に関しては、集英社が出資している Mantra 株式会社が「Langaku」というスマホアプリを2022年にリリースしています。

SIPは企画を含めると6、7年前に始まっており、これらの動きに先行しています。SIPは、プロジェクトの中でも外でもいろいろなことを実現してきています。今回の成果でいうと、SIPでつくったりリモート接客システムが、私はコミュニケーションロボットと共に発展して、今後さらに身近になっていくと思っています。このように、AI技術で実際に実現可能かつ社会的要請が大きい領域に投資し、事業や技術を先回って育ててきたことの意義は大きいと感じています。

**持丸** もともと10年経てば、ヒューマン・インタラクション技術を社会は受け入れたと思います。ただコロナ禍以前は人と人の中にAIが入るシチュエーションを、みなさんが日常的に体験する機会がほぼありませんでした。それが、今では例えばリモート会議などでZoomを使う際に、自分の顔に猫耳をつけたりしている。これはAIが顔を認識して処理しているのですが、このようなことはリアルの対面ではできない技術です。まさに人と人との間に情報システム、AIが介入することで実現できたわけです。

これは些細な例ではありますが、人と人とのインタラクションが楽しくなるという体験によって、AI介入への抵抗感が減ったのではと感じています。

結局、社会でデジタル化が加速したのに、我々が「これからは遠隔の時代です」と今から研究開発を始めるわけにはいかない。先に進めておいて良かったです（笑）。

—— 安西先生からデータ連携の話がありましたが、越塚先生はどのようにお考えでしょうか。

**越塚** ヒューマン・インタラクションは難しいことにチャレンジしていると思います。例えば接客において、顧



客に同じクオリティの対応を複製していくようだと、データは使いやすい。ところが接客の現実、毎回条件が違って、顧客は望んでいるサービスの質も程度も違いますので、ある顧客の接客データが別の顧客に適応できるかどうかは分からない。

コロナ禍以前だと、接客などのAI等で対応が難しい分野は、人間がやればいいと考えてしまう。「それは人間の領分だ」という保守的な人もいたはずですが、コロナ禍によって人間が対応できなくなった。そういう意味では、強引に機械化ないしはAI化しないといけない環境が訪れました。

長期的に見たら、100年後も人間だけが接客しているかということ、そんなことはないと思います。どこかで切り替わるはずですが。持丸先生がおっしゃるように、そういう機会が今回のコロナ禍で訪れたのだと思います。

---

## ヒューマン・インタラクション技術のすそ野の広さに期待。社会実装を進める中で分かる課題も

---

—— プロジェクトではさまざまな研究開発が進められました。研究を社会実装、ビジネス化することに関して、日本人はあまり得意ではないように感じます。今回の成果をビジネス展開するには、どうすればいいのでしょうか。

川上 事業化の検討においては、平たくいうと、「誰が、何を、何のために、いくらで買うのか？」ということを考えていくこととなります。技術の確立イコール事業の成立というものではなく、提供価値、提供方法など、さまざまビジネス視点でも考えていく必要があります。

5年間という期限の中で、技術の研究開発段階から始めて、事業化を実現することは大変難しいチャレンジです。しかし、事業化・社会実装を目指したアクションを実際に行ってみることで、初めて見えてくる課題も多くあります。

社会実装に向けさまざま検討していても、実際にやってみると、例えばラストワンマイルのところで、予想もしなかった課題が見えてきたりします。これらの中には、多くの技術の社会実装においてボトルネックになっている、もしくはなりそうなものもあります。これら社会実装を進めていく過程で分かった課題が、研究にフィード

バックされ、そこから新たな研究開発のシーズが生まれるループが回っていく環境が必要だと思っています。

昔から、日本は技術で勝って事業で負けるといわれてきました。また、新技術の社会実装までのステップにおいても、新技術が研究・開発され、そこから量産化や製品化など、事業化の検討が行われることが多いと思います。ところが、AIなどの場合は研究と社会実装が密接につながっており、スパイラルで進んでいます。つまり、「技術で勝って事業で負けてができない世界」になってきているということだと考えています。

技術をつくって事業を興し、再投資され、さらに技術の進化を生む、このスパイラルを高速化していくことが必要だと感じています。

—— ベンチャー企業を経験・支援している兼村先生はどこに課題があると思いますか。

兼村 特定企業の話というよりは私が多数見聞きした最大公約数としてお話しますが、新しいビジネスをつくっていく上で、ベンチャーキャピタルの責任が重いと思っています。実際に素晴らしい技術を持っていながらも、まだ商品化できていない企業も多く、それを支えているのがベンチャーキャピタルです。お金を出してくれるベンチャーキャピタルなしでは、事業のタネとなる技術の多くが日の目を見ないままになってしまおうでしょう。

ベンチャーキャピタルは、まだ技術開発の段階にあつて、収益を上げるまでには年単位で時間が見込まれる企業に対しても投資します。場合によっては、企業が未成熟な段階で数億円クラスの出資をします。ベンチャー企業側としては、出資を受けるハードルが10年前に比べて下がっている状況です。

ところが、そのような出資を受けようとするベンチャー企業の経営者が、ある意味少し勘違いをしていて、かりそめの成功をしてしまっている部分があります。彼らが本気で取り組むべきは、その技術を利用する顧客に喜んでもらうことです。顧客に喜んでもらうことで、どれだけ資金が回収できるかを真剣に考えないといけない。それなのに出資者の方を見ながら、「これは今までにない技術です」、「SDGsです」、「最先端のAIが使われています」などと立派なことや流行の言葉を使いながら、資金集めに注力しています。それが成功して資金が集まってしまうことで、ベンチャー企業の健全な成長が阻害されていることがあると感じています。



オンラインで意見が交わされた。写真左から安西祐一郎プログラムディレクター、持丸正明サブプログラムディレクター、兼村厚範サブプログラムディレクター

ベンチャーキャピタルは、本来、この技術は誰の役に立つのかなどを、流行に惑わされずきちんと見極めなければいけません。そのうえで出資者をフォローすることが必要だと思うのですが、私の目から見ると、月1回の取締役会には出てくるけど、本質的なアドバイスをするわけでもない。あるいは、技術が尖ったベンチャー企業に対して正面から支援する能力に欠ける。結局、ベンチャー企業をコントロールできず、顧客の喜ぶものを形にできないまま時間だけが経過していくケースが結構あるように思えます。

**川上** 技術とは、何かを実現するための方法の一つと考えています。技術によって実現されたものが、ビジネス視点で見ても価値を持つ必要があります。事業化の視点においては、その技術で何ができるようになるのか、あるいは何がしたいのか。技術によって実現された製品やサービスは、いくらで、どのくらい売れるのか、何人に売れるのかを、考えるということだと思います。

**安西** 技術そのものだけでなく、その技術でビジネスを生み出せるか。例えば、人と人とのインタラクションをサポートして、どのような社会的ニーズを解決できるかが重要です。

私がこのプロジェクトが始まる前に身近な例でニーズがありそうだと考えていたのは、建設作業現場でした。建設作業現場においては、人手が不足していることから、監督は日本人でも、スタッフは外国人ということが多く見受けられます。その際、仕事を割り振る場合など、コミュニケーションを取るために日本語以外の言語が必要となるようなシチュエーションを実際に目撃します。

これは持丸先生のプロジェクトにも関わってきますが、人手不足に起因する課題は飲食店等の接客業でも発生しており、この状況はコロナ後も続くと思っています

す。これらの人と人のインタラクションに関わるところをAIで高度にサポートし、どのようにビジネスにつなげていくかを考えることは、価値のあることだと思います。

一方で、個人的には日本人の問題設定力が落ちてきているのではないかと危機感を抱いています。エンジニアも技術を積み上げていけば、何かができるのではないかと漠然と考え、技術開発を行っているケースが多いのではないのでしょうか。

実際には、建築や飲食、介護等の実態を観察してみれば、表には出ていなくても困っていることがたくさんあるわけで、そこに光を当て実際の社会的なニーズから得られた問題設定に基づいて、技術の社会実装を考えてきたのが、今回のヒューマン・インタラクションのプログラムです。

**川上** どのような技術かにもよりますが、AIの社会実装を考えた場合、AI技術導入が進むのは、もともとある程度自動化を進めている企業からになると考えています。例えば、そもそもITシステムや自動化ラインが多く入っている自動車会社のラインに新たなAIを入れるのと、飲食店の店舗に新たなAIが入るのは全く異なります。飲食店に展開することを考えた場合、大手チェーンでもない限り、飲食店にIT部門などはなく、投資できる予算も限られています。金額的にも、ユーザビリティにおいても、多くの飲食店に展開可能な、低コストで簡単に使えるレベルのAIソリューションにならないと、普及するのは難しい。人と人とのインタラクションが多くてコロナ禍で困っているのは、そういう業界なのです。

では、どうすべきなのか。ヒューマン・インタラクションに関しては、最終的なプロダクトをつくってビジネスに参入するのか、途中までできている要素技術を展開

していくのか。これらは、今後の課題だと思います。

**持丸** 課題があることは私も感じています。SIP 自体は、カタパルトから出るか出ないかくらいかなと思っています。とはいえ、社会のデジタル化が追い風になっています。いくつかの要素技術が SIP のプログラムから出てきているので、SIP に関わった方々、もしくはそれに近い方々が社会に吹いている風を読みながら、社会課題を解決する意識を持っていただきたい。そして、この風に乗って、SIP の技術を生かした課題解決にチャレンジするフェーズに移ってほしいと思っています。そういう事例がいくつか出てくると、当初我々が描いていたよりも早く社会の中にサンプルが出ていくのではないかと期待しています。

---

## データをめぐる覇権争いと日本の競争力強化への課題

---

—— 日本が抱える課題の一つに、競争力強化が挙げられます。データについてはどのような状況にありますか。

**越塚** 情報通信技術に関しては 1930 年代にコンピューターが生まれ、20 年くらいの周期で大きな変化がありました。60 年代になるとメインフレームの時代になって、さらに 20 年経って 80 年代になるとマイクロコンピューターの時代になりました。90 年代は OS といえど Windows が席卷してそれ以外に選択肢がないと思っていたら、インターネットの自由化があって、2000 年になりインターネットの商用利用の広がりやクラウド、スマートフォンが現れてがらりと変わってきました。さらにドットバブルが起き、新しいプレイヤーが続々と出てきました。今、そのインターネットの時代からさらに 20 年が経ち、その間に深層学習が生まれ IoT も普及が進み、競争領域がデータ活用といった上位レイヤーになっています。

そういう意味では、今は転換期だと思っています。例えばメガプラットフォームの新しい動きもペースが鈍っていますし、最近は新しいことや面白いことが出てきていません。むしろ Web3 など新しいサービスは、それ以外の企業から出てきているような気がします。つまり時代が変わり、新しい時代のイニシアチブをとっていかなくてはいけない時期にあるといえます。

—— 2022 ~ 2023 年の今はデータの時代というくらいでいいのでしょうか。

**越塚** 私の勝手なくくりですが、データの時代とっていいと思います。一方で、データは天然資源、石油であるというような表現がありますが、石油とは根本的に異なりながらも、その時代のイニシアチブを技術的にも産業的にもとっていくという面では石油と同じかもしれない。ですから、データ基盤を構築していくことが重要で、それが覇権争いになりつつあります。

—— 具体的には、どのような覇権争いになっているのですか。

**越塚** まずデータを守ることから始まります。EU はデータが EU 圏外にむやみに出ないように法律をつくって、自分たちの権益を守ろうとしています。もしデータが石油だとしたら、メガプラットフォームが石油メジャーのような存在で、そこからデータを守るために OPEC をつくっているような状況にたとえることができるかもしれません。

世界で最もグローバル化が進んでいた 2000 年の頃、冷戦が終わって東西の壁が崩され、みんなが自由に世界中を駆け巡っていたのに、20 年経った今、インターネットの世界でまた壁ができてしまいました。自由闊達に何でもやっていい時代ではなくなり、それぞれの国や地域の中で、ある程度規範を持って進めていく流れになっています。

つまり、データが上位レイヤーになって、規範に沿った IT の姿とはどのようなものなのかを考え始めているのです。特に主導権を握っているのがヨーロッパで、データのルールをいろいろと決めて、さまざまな基盤をつくっています。アジアでは、インドが “IndiaStack” というオープン API をつくり、国がデータを全て収集して基盤づくりを進めています。中国はデータ取引市場をつくっています。このデータ取引市場とは、データを売買するようなマーケットです。売買する場所からつくっていくというのが中国らしいやり方だと思います。

—— アメリカはどのような状況にありますか。

**越塚** アメリカやカナダは自由競争です。そこに政府は介入すべきではない、民間で任せるべきだという考え方





写真左から越塚登サブプログラムディレクター、川上登福イノベーション戦略コーディネーター、司会を務めた遠藤論氏

です。データについてはG7でも議論されるようになっていっています。アメリカは、政府がデータ分野を主導するEUのやり方に批判的です。

結局のところ、ルールづくりも含めて、データに関してはもう民間任せの時代ではありません。政府も関与して法律をつくり、産業界と官が連携するのです。そういう面でも、民間が主導した自由なインターネットの時代とはかなり異なってきました。

—— 本報告書には、越塚先生のインタビューも掲載しています (p.126 参照)。そこでは、自動車を売るにもデータ連携が必要になってくるという話がありますね。

**越塚** EV（電気自動車）が普及し、例えば東京の車が全てEVになったら、夜になると全員が充電を始めるでしょう。その結果、電力消費のピークが夜中にくることになります。それだと電力網がもたないですよ。ですので、EVの充電はスケジューリングすることになります。車ごとに、充電できる時間を決めなければいけないのです。その際には、電力網と通信しなければいけません。すなわち、都市のインフラ基盤とのデータ交換が必要になってきて、そういう意味では車は売り切りの単体商品ではなく、スマートシティの1ノードになってくるでしょう。

つまり、データ連携が、産業競争力にそのまま直結する時代になりつつあるのです。日本国内は少子化が進み、この5年間でも人口が減少しています。そうすると、産業のあり方も人口が増えているときとは異なります。例えば、地方の鉄道やバスなど、公共交通が成り立たなくなっており、国内のいろいろなところで統合しなければならぬ状況が起きています。現時点では日本の特殊な事情なので、何も考えずに日本独自の手を打ってしまうと、海外のマーケットで通用するものができなく

なってしまう恐れがあります。

**安西** AIに限らず、日本がこれから技術で世界に打って出たいと思ったら、アメリカと中国を乗り越えなければなりません。その際の技術は何かと考えると、おそらくアメリカと中国が不得手なサービスのところだと思います。そのため、本プロジェクトではヒューマン・インタラクションに力を入れることにしました。

サービスの視点で捉えると、教育や介護、接客だけでなく、製造業や先ほど触れた建設作業現場なども含めて、今やさまざまな職種の顧客や従事者を満足させるサービスが求められるようになってくると考えています。私は2016年4月に政府に設置された人工知能技術戦略会議以来、政府のAI戦略に関わってきましたが、サービスを技術によって本格的に支援することが、これからの日本の道だろうと感じています。

しかし、現実にはサービスという領域において、人間が関わる部分は非常に複雑でいろいろなデータの活用が不可欠です。

**越塚** 安西先生がおっしゃっているサービスやSociety 5.0の実現には、フロントエンドにサービスアプリケーションがあり、バックエンドにインフラがあります。持丸先生が取り組みを進めてきたのはフロントエンドの部分で、まさに人間に直接サービスするところです。そこを、いかに安く低コストでできるのかは重要ですが、そのサービスに必要なデータを低コストで集めてくるのも重要です。例えば、乗り換え案内のサービスは、今からではもう誰も参入できないでしょう。なぜかといえば、鉄道の駅やバスの停留所は何万もあり、それらの時刻表などのデータを低コストで集めることはなかなか難しいからです。

ところが、データを連携させ、流通させる基盤があれば、誰でも低コストでさまざまなデータが大量にやりと

りできて、新しいサービスをすぐにつくることができません。それがイノベーションにつながるし、失敗しても大きな損失にならなくて済みます。国内だと、すでに分野ごとのデータ基盤ができています。ただしデータ基盤の分野を超えた連携が日本は弱い。SIP のプロジェクトによって、日本のデータ基盤が全て連携できるようになったわけではありませんが、少なくとも現状でも、日本のどこにどんなデータがあるのかが分かるような横断検索型カタログを、今回のプロジェクトですでに提供することができています。

---

## 日本が技術で世界と戦うために必要なことは何か

---

—— 日本のとるべき道として、安西先生からサービスを技術で支援する話がありました。日本の今後の戦略についてお聞きしていきたいと思います。

**持丸** 技術を使ったサービスの研究開発分野を、私たちはサービス工学と呼んでいます。そこには三つの研究領域があり、日本は対人系のサービス研究が強い。アメリカが強いのは IT 系で、欧州の場合は環境に配慮した持続可能性の高い経済システムとして注目される「サーキュラーエコノミー（循環型経済）」の研究領域が強い。今回、安西先生のテーマで選ばれた介護や教育、接客などは日本が抱えている社会課題に密接に関わり、日本の強みを生かす分野でもあります。そして今後、ほかの先進国でも必ず起きる少子化や高齢化にフォーカスしています。今までの対人系のサービス研究では、インフラ構築という観点で乏しかったのですが、SIP ではサービスエンカウンターにフォーカスし、そこにインフラを構築できたことは良かったと思っています。越塚先生から人口減少の話がありましたが、人口が減少したときに必要となるインフラをつくっておいて、次に人口が減少した国に売れるのが理想ですね。

—— それはソフトウェアになりますか。

**持丸** サービス工学はソフトウェアが中心ですが、制度と一体になっていくので、全体的な社会システムデザインと、それを支えるインフラの方法論が中心になると思います。日本が得意なサービスの標準化のガイドライン

をつくり、インフラと一緒に海外に売っていくようになるかもしれません。今回の SIP でフォーカスしたターゲットは戦略的だったし、産業的に強いところをうまく海外戦略に生かすようなストーリーになっていくのだろうかと理解しています。

**兼村** 私は日本企業の在り方に課題があると感じています。SIP の受託者や実施者、あるいはいろいろな企業で新規事業として AI を導入したいという方々を見てきましたが、自ら手を動かす人が事業会社の中にいないと難しいと感じます。裏を返せば、外から AI を買ってほしいというスタンスだと難しいでしょう。

例えば、バス会社やタクシー会社が、自動運転は人件費削減につながる、安全性が高まるということを知って、「自動運転を導入したい」といって、その技術を持っている企業に相談しても、なかなか現実的な計画をつくるのは難しいでしょう。それを押して商談が成立したとしても、「3年間で数千万円を投下した結果、ものになりませんでした」みたいなことが、日本中で起きています。

これはある意味、AI が分かりやすくて分かりにくいから起きる問題です。一般の人にとって、AI は人間を置き換えるようなものだと聞けば一見分かりやすい。しかし、中身はどうなっているのかは分かりにくい。本来、技術の中身が分かれば、その適用範囲もある程度明らかになります。これは日本企業が IT を外注してきたことと関係しているのではないかと考えています。

**安西** 日本は欧米諸国に比べて、情報系の学部を出た大学の卒業生が IT メーカーやベンダーにばかり行って、ユーザー系企業にはあまり行かない。その結果、ユーザー系企業は IT 企業に丸投げせざるを得ない。高校生のときに文系と理系に分けてしまう問題を含めて、変えていく必要がありますね。

あと、日本は企業も行政も大学も非効率的なところが多い。

**川上** 日本には、意思決定力が必要と感じています。例えば、中間管理職で 2 千万円の決裁権があっても、日本人の場合は多くの場合、上司に相談します。それがよく相談してくれたという話になる。つまり自分で意思決定をさせる、意思決定ができる人を生み出す文化・メカニズムになっていない。また、そのほかにも多くの社会システムの課題が絡み合っており、一つ一つ解決して

いく必要があります。

**安西** 中間管理職が、若い人に仕事を任せないようにしているといった方が早いかもしれません。私が見た限りでは、問題設定力については中間管理職が優秀かどうかで決まってくると思っています。日本は若い人が急激に減っているわけですが、世界の中で見ると、現時点では絶対数がそれほど少ないわけでもない。若い人を応援する仕組みが必要です。

—— **教育を変えて、企業を変えるには、どうすればいいのでしょうか。**

**安西** 教育という面では、大学入学試験のところから変革を進めないと、本当のイノベーターは育ちにくいと思います。

また、日本全体で間違いを認めないような文化になってきていますよね。私は日本学術振興会に関与していますが、学振はノーベル財団と共催のシンポジウムなども開催しています。これらのシンポジウムは本当にフランクです。特に欧米の講演者は決まった原稿を読むのではなく、その場で臨機応変にコミュニケーションをとっています。日本の画一的で形式を重んじる、前もって決めておいたことしかしない、できない、不寛容さとは真逆です。

そもそも AI に 100% 正確を求めてはいけなし、そういうことを一般の方に理解してもらう活動も不可欠だと思います。そして日本の技術革新については SIP がしっかり進め、人材も育成しなければならないということですね。

—— **最後に、今回のプロジェクトに関心を持つ読者に向けて、メッセージをお願いします。**

**持丸** このプロジェクトを安西先生が立案した後、コロナ禍という不測の事態が起きました。デジタル化が研究の追い風になったのはそのとおりだと思います。何でも自動化するのではなく、人と人とのフィジカルな関わりについて、大事にするところは大事にしながら、AI で価値を高められるところには AI が入っていくべきだと思います。これからはサイバーな空間とフィジカルな空間をハイブリッドにしたような環境に、あらゆるサービスが移行していきます。今はその過渡期になってい

て、今回のプロジェクトで行った事業が、その最初の例になるといいなと思っています。こういう事例や技術を参考に、日本の産業が次々とチャレンジしてくれるとうれしいです。

**兼村** SIP では、受託者や実施者の方々に非常に頑張っていたいただきましたが、自ら技術を身につけて使おうとしている人たちは、やはり強いと感じました。そこにはさまざまなケースがあるのですが、私がこの技術にはこういう限界があるので、こういうことに気をつけないといけないですよという話をすると、すぐにご理解いただけて「じゃあこうしよう」、「こうします」といった、非常に気持ちの良いコミュニケーションができました。

一方で、受託者の方々の事業展開には、そのまま自社で事業にされる場合と、他社を通じて展開する場合があります。いずれにしましても、ドメインドリブンで技術をつくっていくことは素晴らしい取り組みですので、それが継続すればいいと思っています。

**越塚** データ基盤という、何をやっていいのかよく分からなかったところから始まり、この5年間で最終的な形にすることができました。前述したとおり、データ基盤の構築に関しては、民間主導で競争的に行うアメリカ的のやり方と、官民が連携して協調的に行うヨーロッパ的のやり方がありますが、今回の取り組みは後者で世界に冠たるものになりました。今、世界中で「データスペース」といわれるものに取り組んでいるのは、EU と日本だけです。この先には、アメリカ的なやり方との競争も待っているのに、頑張らないといけません。そのために、産業界、行政とも連携しながら、日本のデータスペースを育てていきたいなと思っています。

あと、実は我々のプロジェクトでは、スマートシティを構築するための設計図もつくりました。これが、デジタル田園都市国家構想などの基準になっています。現在、その設計図を改訂しているのですが、これも大きな成果だったと思うので、今後も引き継いでいきたいと思えます。

**川上** 思い起こせば、私もプロジェクト2年目くらいからプロジェクトに加わって、ヒューマン・インタラクションってなんだろうね、何をやるべきなのかみたいな悩みから入りました。

SIP で生み出されたそれぞれの成果については、今後



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

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期  
ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術における  
アーキテクチャ開発及び実証研究事業

2020年3月31日  
(第1版)

SIP 第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の成果をもとに、内閣府では、「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」（左画像）や、各地域でスマートシティに取り組むための「スマートシティリファレンスアーキテクチャのつかい方導入ガイドブック」を公開している。

<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html>



実際のマーケットの中で成長してほしいと思っています。全てが大成功を収めるということはないと思いますが、不確実性の世界ですから、いろいろ考えるより、とにかくスピード感高く、前に進むということだと思っています。

**安西** この5年間の間に、社会がいろいろと変わりました。コロナ禍だけでなく、世界情勢や経済など、あらゆることにおいて変化が起きています。日本もその大きな流れの中に巻き込まれてきています。そういう中で、やるべきことの本筋は、問題設定と技術革新です。

当初は、このプロジェクトの意義を理解してもらえるのか不安に思っていたのですが、持丸先生が指摘されたように、時代がついてきた感があるかと思います。これからの日本にとって経済成長は非常に重要なテーマです。そこに向かっていくには、今回のSIPを総括した上で、より柔軟な形でプロジェクトに取り組めるようSIPプログラム自体の改善も進めていくことが重要だと考えています。

これから日本の良さを打ち出していくためにも、自信を持って自分のやりたいことをイノベティブに進められる人が、一人でも増えることを期待しています。

# あとがき

研究開発課題として取り組んだ「ヒューマン・インタラクション基盤技術」、「分野間データ連携基盤技術」、「AI 間連携基盤技術」は、これからも重要な分野である。プログラムを終えるにあたり、研究成果と可能性、我が国が目指すべき方向性について述べる。

## 研究成果と可能性

今、働き方が大きく変わりつつある。リモートワークの導入により、それぞれが別の場所にながら働くことができるようになってきている。「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」では、サイバー空間とリアル空間を融合させ、人と人のコミュニケーションを AI が支援する技術を開発した。これにより、どこにいてもネットワークや AI を介して、仕事に役立つ情報を共有することができるようになるとともに、情報共有のための知的社会基盤の整備が推進された。研究の優先ターゲットとした介護分野においても、AI が被介護者の要望をよりの確に介護士に伝えることで、介護士・被介護者双方の負担を軽減しつつ、被介護者の QOL を向上させる試みが始まっている。

また、分散連邦型の分野間データ連携基盤技術を開発、分野を超えたデータ共有と利活用のためのプラットフォームを構築するとともに、運営に向けた整備や国のほかの事業との連携を進めてきた。個別に管理されているデータが分野を超えて利活用されれば、新たなサービスが創出される可能性がある。国や自治体が持つデータが連携することによって、デジタル化が遅れている公共・準公共分野でのサービスが爆発的に広がるきっかけになり得ると考えている。

## 日本が目指すべき方向性

自動車産業を例に過去の歴史を振り返ると、20 世紀の初頭にフォードが大衆車の製造を開始すると、アメリカがこの産業をリードしてきた。ところが、20 世紀後半になると世界中で日本車が走るようになった。日本車はアメリカ車と比較して品質が良く、安価で、しかもサービスが優れていたからである。つまり、日本車は生活者にとって使いやすい車だったのだ。

ヒューマン・インタラクション技術の視点で考えると、例えば、カメラは単に写真を撮るだけでなく、カメラを通じた人と人との間のコミュニケーションを行っているにとらえることができる。撮ったデータをどのように活用すべきか、そこに AI をどのように利用すべきか。そういう発想が求められている。

Society 5.0 を実現するには、我が国は世界の中でむしろ遅れていると言ってよい。しかし、世界を見渡しても、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」、「分野間データ連携基盤技術」、「AI 間連携基盤技術」について積極的に取り組んでいる国はまだ少ない。日本人が人と社会のことをよく考え、真に人と社会に役に立つ技術を確立していくことができれば、再び世界に誇れる製品やサービスを創っていけると確信している。

誰もが住みやすいと感じる社会の実現に向けて、引き続き先端技術開発および社会への導入と普及に取り組んでいきたい。

プログラムディレクター  
安西祐一郎

# 研究発表・講演、論文、特許等

## 1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所

### ●研究発表・講演

若林克弥, 近井学, 高松誠一, 伊藤寿浩, 井野秀一, テキスタイル型電極を用いたウェアラブルな振動刺激表示デバイスの試作, 第 19 回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI2018), (2018 年)
Choi Minkyu, 陳傲寒, 星野准一, 対話場面における複数バーチャルアバター間の視線制御手法, 情報処理学会インタラクティブ 2019, (2019 年)
落合拓朗, 植田裕貴, 藤田智, 益子宗, 星野准一, リダイレクト・ネスト手法: バーチャル環境に固定された視覚的オブジェクトを用いた VR リダイレクション手法, 情報処理学会インタラクティブ 2019, (2019 年)
Satoshi Nishimura, and Ken Fukuda, Towards Developing Measurement Indicator for Value, The 13th International Value Modeling and Business Ontologies, (2019)
福田賢一郎, 西村信史, 対人業務訓練・支援のための認知的インタラクティブ支援技術に必要な領域オントロジーについて, 人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー研究会, (2019 年)
西村信史, 太田祐一, 福田賢一郎, 高齢者行動ライブラリの定性的記述に関する一考察, 第 48 回セマンティックウェブとオントロジー研究会, (2019 年)
福田賢一郎, AI と人の協働に向けたマルチモーダル認知インタラクティブ情報基盤, 第 48 回セマンティックウェブとオントロジー研究会, (2019 年)
富田直人, 山本道貴, 高松誠一, 伊藤寿浩, インクジェットによる e-textile 用配線形成の検討, 2019 年度精密工学会秋季大会学術講演会, (2019 年)
Hiroshi Sato, AI and VR technology for training service skills of ground staffs of an airport, Aviation XR Weekend 2019, (2019)
Hiroyasu Ujike, Training system and its operation guidelines for skills of airport customer service staffs, Aviation XR Weekend 2019, (2019)
Satoshi Nishimura and Ken Fukuda, Prototyping a taxonomy of value types, SOLEE2019 (The International workshop on Ontology of Social, Legal and Economic Entities), (査読あり), (2019)
Julio Vizcarra, Ken Fukuda, and Kouji Kozaki, Violence Identification in Social Media, JIST2019 (The 9th Joint International Semantic Technology Conference), (査読あり), (2019)
富田直人, 山本道貴, 高松誠一, 伊藤寿浩, インクジェットによる e-textile 用配線形成の検討, 2019 年度精密工学会秋季大会学術講演会, (2019 年)
若林克弥, 高松誠一, 伊藤寿浩, 触覚情報フィードバック用振動デバイスの試作法と評価, 第 36 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, (2019 年)
Soichiro Iida, Takehito Utsuro, Hiromitsu Nishizaki, and Junichi Hoshino, Scenario-based Customer Service VR Training System with Honorific Exercise, 第 176 回 CG・第 23 回 DCC・第 219 回 CVIM 合同研究発表会, (2019 年)
王東皓, 藤田智, 星野准一, 対話型顧客アクターによるクレーム対応 VR 訓練システム, 第 176 回 CG・第 23 回 DCC・第 219 回 CVIM 合同研究発表会, (2019 年)
Tomohiro Tanikawa, Yuki Ban, Kazuma Aoyama, Eiji Shinbori, Shigeru Komatsubara, and Michitaka Hirose, Service VR Training System: VR Simulator of Man-to-Man Service with Mental/Emotional Sensing and Intervention, International Conference of 3D Systems and Applications, (2019)
Masahiro Inazawa, Yuki Ban, Development of Easy Attachable Biological Information Measurement Device for Various Head Mounted Displays, 2019 International Conference on Cyberworlds (CW), (2019)
佐藤洋, 伊藤納奈, 近井学, 遠藤博史, 水浪田鶴, 山口忠克, 曾原倫太郎, 市川庸彦, 曾布川美穂, 遠藤康平, 鳥居由紀子, サービス品質向上のための接客現場におけるインタラクティブのモデル化, サービス学会第 8 回国内大会 (オンライン), (2020 年)
伊藤納奈, 近井学, 遠藤博史, 水浪田鶴, 山口忠克, 曾原倫太郎, 市川庸彦, 曾布川美穂, 遠藤康平, 鳥居由紀子, 梶川忠彦, 沈東昇, 森瑞穂, 今村文弥, 佐藤洋, アンケート調査による接客スキルの構造化, サービス学会第 8 回国内大会 (オンライン), (2020 年)
近井学, 伊藤納奈, 遠藤博史, 水浪田鶴, 山口忠克, 曾原倫太郎, 市川庸彦, 曾布川美穂, 遠藤康平, 鳥居由紀子, 佐藤洋, 接客中の身のこなしに着目した熟練度の違いによる身体動作の評価, サービス学会第 8 回国内大会 (オンライン), (2020 年)
水浪田鶴, 伊藤納奈, 近井学, 遠藤博史, 山口忠克, 曾原倫太郎, 市川庸彦, 曾布川美穂, 遠藤康平, 鳥居由紀子, 佐藤洋, 熟練度の違いによる接客時の視線行動特性, サービス学会第 8 回国内大会 (オンライン), (2020 年)
大槻麻衣, 大隈隆史, 飲食サービス業における VR 業務訓練システムの開発, 第 187 回 ヒューマンコンピュータインタラクティブ研究会, (2020 年)
Huajin Deng, Youchao Lin, Takehito Utsuro, Akio Kobayashi, Hiromitsu Nishizaki, and Junichi Hoshino, Analyzing Effects of Features in Automatic Fluency Detection of Spontaneous Speech, 日本音響学会 2020 年春季研究発表会, (2020 年)
富樫凌, 坂本修一, トレバニョ ホールへ, サルバドール セザル, 鈴木陽一, 空間方向の平滑化頭部伝達関数が SENZI 音空間再現精度に及ぼす影響, 日本音響学会 2020 年春季研究発表会, (2020 年)
廣瀬通孝, ポストコロナ社会と VR, 台日科学技術シンポジウム (オンライン), (2020 年)
Ken Fukuda, Julio Vizcarra, Satoshi Nishimura, Massive Semantic Video Annotation in High-End Customer Service, International Conference on Human-Computer Interaction 2020 (オンライン), (査読あり), (2020)
Satoshi Nishimura, Yuichi Oota, Ken Fukuda, Ontology construction for annotating skill and situation of airline services to multi-modal data, International Conference on Human-Computer Interaction 2020 (オンライン), (査読あり), (2020)
廣瀬通孝, ポストコロナ社会と VR, CEDEC2020, (2020 年)
廣瀬通孝, 諸星一行, 船越靖, 青柳隆宏, 雨宮智浩, ブラウザオーバー VR とサービス, 第 25 回バーチャルリアリティ学会大会 (オンライン), (2020 年)
廣瀬通孝, 鈴木貴博, 原豪紀, 船越靖, ニュー・ノーマル時代のヒューマン・インタラクティブ技術, デジタルコンテンツ EXPO2020 (依頼講演), (2020 年)
Wei Yang and Jun Ogata, An Investigation of Sentiment Recognition with Error Prone Multimodal Language Sequences, 言語処理学会 (NLP2021), (2021 年)
遠藤聡志, 伊藤寿浩, 高松誠一, 近井学, VR 溶接シミュレータの触覚フィードバックデバイスの検討, 精密工学会春季講演大会, (2021 年)
水谷綾奈, 高松誠一, 伊藤寿浩, Zymelka Maria, 中川潤哉, 牧本なつみ, 山下崇博, 小林健, フレキシブル MEMS センサを用いたハンドモーションセンサの研究, エレクトロニクス実装学会春季講演大会, (2021 年)
片田晃輔, 坂本修一, 分散マイクロホンアレイのアレイ配置を考慮した仮想球モデル型広領域音場収録法の検討, 日本音響学会 2021 年春季研究発表会, (2021 年)
堀井大輔, 伊藤彰利, 能勢隆, 音声感情認識における量込みニューラルネットワークによる特徴量抽出の分析と有効性の検証, 東北大学電気通信研究所 工学研究会分科会音響工学研究会, (2021 年)
西尾唯希, 飯田宗一郎, 佐野裕太, レオ チー シャン, 西崎博光, 宇津呂武仁, 星野准一, 音声発話トレーニングが可能な接客訓練 VR システム, メディアエクスベリエンズ・バーチャル環境基礎研究会 (MVE), (2021 年)
廣瀬通孝, ニューノーマルとリモートが高齢社会にもたらす大変化〜登場するサービス・衰退するサービス〜, 東京ケアウィーク (依頼講演), (2021 年)
青山一真, 教育現場への VR 技術の応用, 専修学校における先端技術利活用実証研究〜検証 PJ の特色課題について〜分野横断連絡調整会議 (第 2 回) (依頼講演), (2021 年)
Masaaki Mochimaru, Human Augmentation Technologies towards Competence Sharing through Augmented Telework, IEEE InTech 2020, 2020/12/03, Human Augmentation Technologies towards Competence Sharing through Augmented Telework, IEEE Computer Society
近井学, 伊藤納奈, 水浪田鶴, 遠藤博史, 氏家弘裕, 岩木直, 山口忠克, 曾原倫太郎, 曾布川美穂, 遠藤康平, 鳥居由紀子, 名倉千紘, 佐藤洋, 接客場面における対人コミュニケーションのインタラクティブモデルの基礎的検討, 第 112 回福祉情報工学研究会, (2021 年)
Takashi Okuma, Masakatsu Kurogi, Ryosuke Ichikari, Mai Otsuki and Satoki Ogiso, Technologies for Improving "Quality of Working", The 28th International Display Workshops (IDW 21), Online, (査読あり), (2021)
Mai Otsuki and Takashi Okuma, "Service Skills Training in Restaurants Using Virtual Reality", ACM SIGGRAPH ASIA 2021, Poster, (査読あり), (2021)
Shusaku Egami, Satoshi Nishimura, Ken Fukuda, VirtualHome2KG: Constructing and Augmenting Knowledge Graphs of Daily Activities Using Virtual Space, The 20th International Semantic Web Conference, (2021)
Shusaku Egami, Satoshi Nishimura, Ken Fukuda, A Framework for Constructing and Augmenting Knowledge Graphs using Virtual Space: Towards Analysis of Daily Activities, The 33rd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, (2022)



Satoshi Nishimura, Shusaku Egami, Takanori Ugai, Mikiko Oono, Koji Kitamura, Ken Fukuda, Ontologies of Action and Object in Home Environment towards Injury Prevention, UCKG 2021: The 10th International Joint Conference on Knowledge Graphs, (2021)
青山一真, 松本啓吾, 松田勇祐, No Motion VR の挑戦, 日本バーチャルリアリティ学会大会 OS (サービス VR 研究委員会), (2021 年)
廣瀬通孝, ニューノーマルと VR の進化, 第 27 回画像センシングシンポジウム, (2021 年)
Michitaka Hirose, Advances in VR Technology and the Post-Coronavirus Society (Keynote Speech), HCI International 2021, (2021)
雨宮智浩, VR/メタバース講義の実践と課題, 第 44 回 大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム, (2021 年)
近井学, 緒方淳, 水浪田鶴, 瀧澤大吾, 佐藤洋, 接客データベースの構築に向けた基礎的検討, 日本人間工学会第 63 回大会, (2022 年)
水浪田鶴, 近井学, 伊藤納奈, 氏家弘裕, 岩木直, 緒方淳, 佐藤洋, 熟練度の違いによる接客時の発話傾向に関する実験的検討, 日本人間工学会第 63 回大会, (2022 年)
近井学, 伊藤納奈, 水浪田鶴, 遠藤博史, 氏家弘裕, 岩木直, 大曲哲雄, 遠藤圭悟, 伊藤州平, 佐藤洋, 接客行動の熟練度評価指標構築に向けたアンケート調査, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2022, (2022 年)
水浪田鶴, 近井学, 伊藤納奈, 緒方淳, 瀧澤大吾, 佐藤洋, 発話音声を活用した接客行動分類のためのキーワード選出に関する基礎的検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2022, (2022 年)
Takashi Okuma, Skills training using VR technology for awareness and priority judgment in customer service, Augmented Humans 2022, (2022)
江上周作, 鶴岡孝典, 窪田文也, 大野美喜子, 北村光司, 福田賢一郎, 家庭内の事故予防に向けた合成ナレッジグラフの構築と推論, 人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー研究会第 56 回 SWO 研究会, (2022 年)
鶴岡孝典, 江上周作, 大野美喜子, 福田賢一郎, 川村隆浩, 古崎晃司, 松下京群: コンベティションによる協創: 安心安全を守る AI の開発に向けて, 第 191 回ヒューマンインタフェース学会研究会「社会のデザイン・市民のデザイン」(2022 年)
福田賢一郎, 江上周作, 鶴岡孝典, 森田武史, 大野美喜子, 北村光司, Qiu Yue, 原健翔, 古崎晃司, 川村隆浩, イベント中心知識グラフによる人間生活を含む環境のサイバー空間への転写に向けて, 2022 年度人工知能学会全国大会, (2022 年)
江上周作, 鶴岡孝典, 太田雅輝, 川村隆浩, 松下京群, 古崎晃司, 福田賢一郎, イベント中心ナレッジグラフ埋め込みにおけるメタデータ表現モデルの分析, 第 57 回人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー研究会, (2022 年)
太田雅輝, 江上周作, 鶴岡孝典, 福田賢一郎, シーングラフ生成の精度向上に向けた最適なデータセット生成の調査, 第 58 回人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー研究会, (2022 年)
Jun Ogata, Estimating Emotions from Spoken Language in Human/Human Conversation, Augmented Humans 2022, (2022)
Wei Yang, Satoru Fukayama, Heracleous Panikos, Jun Ogata, Exploiting Fine-tuning of Self-supervised Learning Models for Improving Bi-modal Sentiment Analysis and Emotion Recognition, Interspeech2022 (2022)
Heracleous Panikos, Satoru Fukayama, Jun Ogata, Mohammad Yasser, Applying Generative Adversarial Networks and Vision Transformers in Speech Emotion Recognition, HCI International 2022 (2022)
Kanade Sumino, Ikuhisa Mitsugami, Ryusuke Sagawa, Expression-Controllable Facial Video Generation for Impression Quantification, Proc. IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), (2022)
工藤悠佑, 高松誠一, 伊藤寿浩, 接客現場における感情推定のためのマルチモーダルウェアラブルデバイスの研究, 第 36 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会, (2022 年)
堀井大輔, 伊藤彰則, 能勢隆, 音声感情認識における CNN による特徴量抽出の有効性の検証, 日本音響学会 2021 年秋季研究発表会, (2022 年)
堀井大輔, 伊藤彰則, 能勢隆, 演技発話を用いた日本語マルチモーダル感情コーパス構築のための検討, 日本音響学会 2021 年秋季研究発表会, (2022 年)
松岡広泰, 坂本修一, 直交平面アレイを用いた室内スポット收音に関する検討, 東北大学電気通信研究所音響工学研究会, (2022 年)
堀井大輔, 伊藤彰則, 能勢隆, クラウドソーシングを利用した感情演技発話マルチモーダルデータの収録と分析, 日本音響学会 2022 年秋季研究発表会 (2022 年)
坂本修一, 球状マイクロホンアレイと頭部伝達関数を用いたバイノーラル音空間收音再生 (招待講演), 音学シンポジウム, (2022 年)
廣瀬通孝, VR/メタバースで実現する活力ある超高齢社会, 東京 CareWeek2022 専門セミナー, (2022 年)
廣瀬通孝, VR からメタバースへ, 第 34 回日本ものづくりワールド (特別講演) (2022 年)
廣瀬通孝, DX と VR の融合世界: メタバースが切り拓く新たなビジネス領域, フロントオフィス DXPO 東京 '22 (2022 年)
Ken Fukuda, Human Daily Activity as Event-centric Knowledge Graphs: Toward Explainable AI Technology for Older Adults' Support, Workshop "Realization of Avatar-Symbiotic Society" on ICSR2022 (招待講演), (2022)

●研究発表・講演 (公開セミナー)

タイトル	開催日	場所	参加者
第 1 回 認知的インタラクション支援技術プロジェクトシンポジウム	2019 年 4 月 26 日	東京大学	159 名
第 2 回 認知的インタラクション支援技術プロジェクトシンポジウム	2019 年 10 月 4 日	東京大学	120 名
ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム公開シンポジウム 2019	2019 年 12 月 2 日	イイノホール&カンファレンスセンター	129 名
SIP_DCEXPO シンポジウム ニュー・ノーマル時代のヒューマン・インタラクション技術	2020 年 11 月 18 日	オンライン開催	108 名
サービス VR シンポジウム	2021 年 10 月 20 日	オンライン開催	340 名
人と人のインタラクションを高度化する AI 技術の社会実装展開	2021 年 11 月 18 日	オンライン開催	328 名
介護サービスにおける標準化の取り組み - 新たな介護サービスに向けて -	2022 年 2 月 3 日	オンライン開催	113 名
企業の視点と研究開発の最前線 - サービス産業における先端技術の活用可能性について -	2022 年 6 月 24 日	オンライン開催	117 名
成果発表シンポジウム	2022 年 10 月 7 日	秋葉原 UDX	467 名 (会場 263 名、オンライン 204 名)
XR 総合展	2022 年 10 月 26 日 -28 日	幕張メッセ	延べ 1022 名 (VR 体験数 795 名、名刺交換数 227 名)

●論文

Shuichi Sakamoto, César Salvador, Jorge Treviño and Yoichi Suzuki, Binaural synthesis using spherical microphone array based on the solution to an inverse problem (invited lecture), Proceedings of Inter-Noise 2019, (2019)

Julio Vizcarra, Ken Fukuda and Kouji Kozaki, Violence Identification in Social Media, Proceedings of JIST2019 (The 9th Joint International Semantic Technology Conference), (2019)

Seiichi Takamatsu, Takahiro Yamashita, and Toshihiro Itoh, Development of extremely large-area light-emitting diode-embedded fabric assembled and investigation of its mechanical properties, Sensors and materials, pp. 1103-1112, (2020)

Seiichi Takamatsu, Kanon Minami, and Toshihiro Itoh, Fabrication of Highly Stretchable Strain Sensor Fiber by Laserslitting of Conductive-polymer-coated Polyurethane Film for Human Hand Monitoring, Sensors and materials, pp. 1091-1102, (2020)

Satoshi Nishimura, Yuichi Oota and Ken Fukuda, Ontology Construction for Annotating Skill and Situation of Airline Services to Multi-modal Data. In: Yamamoto S., Mori H. (eds) Human Interface and the Management of Information. Designing Information. HCI 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12184. Springer, Cham, pp.265-278, (2020)

Ken Fukuda, Julio Vizcarra and Satoshi Nishimura, Massive Semantic Video Annotation in High-End Customer Service. In: Nah FH., Siau K. (eds) HCI in Business, Government and Organizations. HCI 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12204. Springer, Cham, pp.46-58, (2020)

小柳陽光, 青山一真, 大村廉, 谷川智洋, 廣瀬通孝, バーチャルリアリティ環境を利用したサービス業のための業務訓練シミュレータの構築, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp.78-85 (2020年)

塩崎敬祐, 小柳陽光, 青山一真, 鳴海拓志, 谷川智洋, 葛岡英明, 廣瀬通孝, 対面接客訓練 VR における交替時間がアバタの印象に及ぼす影響, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.26, No.3, pp. 169-176 (2021年)

稲澤将太, 伴祐樹, VR 体験中の人の覚醒度推定のための生体情報計測 Head Mounted Display の開発, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.24, No.4, pp.377-388, (2019年)

Tomohiro Tanikawa, Keisuke Shiozaki, Yuki Ban, Kazuma Aoyama, Michitaka Hirose, Semi-automatic reply avatar for VR training system with adapted scenario to trainee's status, Proceedings of Human Computer Interaction International 2021, (2021)

Yuuki Harada and Junji Ohyama, Quantitative evaluation of visual guidance effects for 360-degree directions, Virtual Reality, 1-12, (2021)

Shusaku Egami, Satoshi Nishimura and Ken Fukuda, VirtualHome2KG: Constructing and Augmenting Knowledge Graphs of Daily Activities Using Virtual Space, Proceedings of the ISWC 2021 Posters, Demos and Industry Tracks, (2021)

Shusaku Egami, Satoshi Nishimura and Ken Fukuda, A Framework for Constructing and Augmenting Knowledge Graphs using Virtual Space: Towards Analysis of Daily Activities, Proceedings of the 33rd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, (2021)

Wei Yang and Jun Ogata, Stronger Baseline for Robust Results in Multimodal Sentiment Analysis: Utilizing Self-supervised Models to Improve Crossmodal Transformer, Proceedings of the 35th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation PACLIC, (2021)

Satoshi Nishimura, Shusaku Egami, Takanori Ugai, Mikiko Oono, Koji Kitamura and Ken Fukuda, Ontologies of Action and Object in Home Environment towards Injury Prevention, Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Graphs, (2021)

伴祐樹, 生体情報センシング HMD, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol.26, No.3, pp.30-33, (2021年)

Akimi Oyanagi, Takuji Narumi, Kazuma Aoyama, Kenichiro Ito, Tomohiro Amemiya, Michitaka Hirose, Impact of Long-Term Use of an Avatar to IVBO in the Social VR, Proceedings of Human Computer Interaction International 2021, (2021)

近井学, 伊藤納奈, 水浪田鶴, 遠藤博史, 氏家弘裕, 岩木直, 山口忠克, 曾原倫太郎, 曾布川美穂, 遠藤康平, 鳥居由紀子, 名倉千紘, 佐藤洋, 航空接客場面における「おもてなし」の要素抽出のための顧客視点評価, 人間工学, vol.57, no.6, pp.303-309, (2021年)

Daisuke Horii, Akinori Ito, and Takashi Nose, Analysis of Feature Extraction by Convolutional Neural Network for Speech Emotion Recognition. Proceedings of IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.425-426 (2021)

古野友也, 藤田智, 王東皓, 尾身優治, 西崎博光, 宇津呂武仁, 星野准一, 対話型顧客アクターによるシナリオベース接遇訓練システム, 芸術科学会論文誌, vol.1, no.5, pp.1234-1237, (2022年)

Daisuke Horii, Akinori Ito, and Takashi Nose. Design and Construction of Japanese Multimodal Utterance Corpus with Improved Emotion Balance and Naturalness. Proc. APSIPA ASC, Chiang Mai, accepted. 2022.

Wei Yang, Satoru Fukayama, Heracleous Panikos, and Jun Ogata, Exploiting Fine-tuning of Self-supervised Learning Models for Improving Bi-modal Sentiment Analysis and Emotion Recognition, Proceedings of Interspeech2022, pp.1998-2002 (2022)

Heracleous Panikos, Satoru Fukayama, Jun Ogata, and Mohammad Yasser, Applying Generative Adversarial Networks and Vision Transformers in Speech Emotion Recognition, HCI International 2022 - Late Breaking Papers. Multimodality in Advanced Interaction Environments. HCI 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13519, pp.67-75 (2022)

Seiichi Takamatsu, Suguru Sato, Toshihiro Itoh, Stress concentration-relocating interposer in electronic textile packaging using thermoplastic elastic polyurethane film with via holes for bearing textile stretch, Scientific Reports vol.12, Article number: 9269 (2022)

古野友也, 藤田智, 王東皓, 尾身優治, 西崎博光, 宇津呂武仁, 星野准一, 対話型顧客アクターによるマルチモーダル接客訓練 VR システム, 情報処理学会論文誌, vol.63, no.1, pp.231-241 (2022年)

Seiichi Takamatsu and Toshihiro Itoh, Investigation of mechanical and electrical properties of e-textile bioelectrode consisting of conductive polymer and ionic liquid gel on knit fabric, 電気学会 E 部門論文誌, vol.143, no.1, pp.2-5

Seiichi Takamatsu, Katsuya Wakabayashi, Junji Ohyama, Manabu Chikai and Toshihiro Itoh, Multilayer interconnection structure for a wearable vibration motor array in tactile-feedback devices, 電気学会 E 部門論文誌, vol.143, no.1, pp.19-20

Yuki Ban and Masahiro Inazawa, Development of the Biological Sensing Head Mounted Display, HCI 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13306, pp.317-329 (2022)

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
東京大学 CEREBEA	特願 2019-157559	国内	2019年8月30日	人の脈波および呼吸波形を測定する測定装置および測定方法

●受賞実績

タイトル	受賞内容	日付	発表元
飲食サービス業における VR 業務訓練システムの開発	2020年度(令和2年度)山下記念研究賞	2020年10月1日	一般社団法人情報処理学会
VR 体験中の人の覚醒度推定のための生体情報計測 Head Mounted Display の開発	第 22 回論文賞	2020年9月17日	日本バーチャルリアリティ学会
VirtualHome2KG: Constructing and Augmenting Knowledge Graphs of Daily Activities Using Virtual Space	Best Poster Award	2021年10月25日	ISWC (GST20)
直交平面アレイを用いた室内スポット收音に関する検討	優秀発表賞	2022年3月	音響工学研究会
発話音声を活用した接客行動分類のためのキーワード選出に関する基礎的検討	優秀プレゼンテーション賞	2022年9月2日	ヒューマンインタフェース学会

●成果普及の努力（プレス発表等）

日付	タイトル	媒体
2020年1月24日	ユーザーの覚醒度を計測するVR HMD用生体センサー 東大が発表	ITmedia NEWS
2022年6月29日	吉本興業がAIの“国家プロジェクト”に全面協力!! タレントたちの「感情データ」を集める実験とは…	FANY magazine
2022年10月	成果発表シンポジウムに関連する内容（42件）	ウェブ媒体・紙媒体
2022年10月	XR総合展（33件）	ウェブ媒体・紙媒体

2. 国立大学法人筑波大学、茨城県産業技術イノベーションセンター、株式会社クリアタクト、エーテック株式会社

●研究発表・講演

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
大里美波, 飯島脩平, 相山康道	筑波大学	マスターアームを要しないマニピュレータのマスタースレープ型操作	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (ROBOMECH2020)	2020年5月
Takumi Tsuji & Sumika Arima	Univ. of Tsukuba	Automatic multi-class classification of tiny and faint printing defects based on semantic segmentation	13th International KES Conference (Virtual)	2020年6月
Zhuo Zhao, Yusuke Nishi & Sumika Arima	Univ. of Tsukuba	Interaction effects of environment and defect features to human cognition and skills in visual inspections	13th International KES Conference (Virtual)	2020年6月
大沼悠人, 有馬澄佳	筑波大学	「微小欠点の高精度検出手法の構築と検証」	日本経営工学会秋季大会 2020	2020年10月
青木邦知	ITC 茨城	現場の人手不足を解決する2つの最先端 AI システム	茨城県産業技術イノベーションセンター令和2年度研究成果発表会	2020年11月
Yasumichi Aiyama	Univ. of Tsukuba	Robot Remote Operation/Teaching with VR TeleWork System	IEEE InTech Forum	2020年12月
大里美波, 飯島脩平, 相山康道	筑波大学	自由視点映像を利用したロボット遠隔操作システム	第26回ロボティクスシンポジウム	2021年3月
枝谷昌博	エーテック	IoT・AI・VR ソリューション	いばらき成長産業振興協議会 IT・次世代技術研究会 ロボット/IoT・AI 関連企業との交流会 & エッジコンピューティング活用講演会	2021年2月

●論文

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	ページ番号	発表年月
Takumi Tsuji & Sumika Arima	Univ. of Tsukuba	Automatic multi-class classification of tiny and faint printing defects based on semantic segmentation	Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol.189	101-113	2020年
Zhuo Zhao, Yusuke Nishi & Sumika Arima	Univ. of Tsukuba	Interaction effects of environment and defect features to human cognition and skills in visual inspections	Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol.189	431-448	2020年

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
有馬澄佳, 辻拓幹, 大沼悠人, 西雄介	特願 2020-038172	国内	2020年3月5日	欠陥検出分類システム及び欠陥判定トレーニングシステム

●受賞実績

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
大沼悠人	筑波大学	Best Presentation Award	日本経営工学会秋季大会 2020	2020年10月
大沼悠人	筑波大学	優秀学生表彰	日本経営工学会	2020年3月

3. 国立研究開発法人理化学研究所、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、計測検査株式会社、一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会、株式会社フォトンラボ

●研究発表・講演

内閣府発行「インフラ技術総覧（2019年1月）」「レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術」として「レーザー打音」が掲載
文部科学省発行「科学技術白書（2019年4月）」身近な科学技術の成果（選定12種）として「私たちの生活を守るインフラ検査のハイパワーレーザーによる自動化」で「レーザー打音」が掲載
国際会議 LSSE2019（招待講演）バシフィコ横浜（2019年4月24日）、長谷川登、Verification Test for the High-Speed Laser Hammering Method in Road Tunnels
INTERGEOILMF2019（2019年9月17日-19日）、有高慎也、大手電機メーカーと共同出展するブース内で事例紹介のプレゼンを実施
レーザー学会中国支部研究会（招待講演）広島大学（2019年10月17日）、長谷川登、高強度レーザーを用いたレーザー応用研究
ビーム物理研究会（招待講演）大阪大学（2019年11月25日）、長谷川登、量子ビームの屋外利用-レーザーによるトンネル点検-
レーザー学会東京支部セミナー（招待講演）東海大学（2019年11月29日）、木暮繁・村上武晴、危機的状況に近く社会インフラのレーザー高分解能計測とその社会実装
レーザー学会第40回年次大会 仙台国際センター（2020年1月21日）、北村俊幸、レーザー打音装置を用いたコンクリート内部欠陥検出手法の高度化
点検支援技術性能カタログ（案）令和2年6月/非破壊検査技術（トンネル）、技術番号 TN020003-V0020、技術名：レーザー打音検査装置、開発者：株式会社フォトンラボ（QST認定・理研ベンチャー）、国土交通省ホームページによる発表、2020年6月30日



「最新レーザー技術を利用したインフラ計測のビジネス化」、第 81 回応用物理学会 フォトニクスが生み出すイノベーションと新産業創出Ⅲ ～羽ばたく大学・国研ベンチャーにて招待講演
「屋外でも使える高エネルギー・高繰り返しパルスレーザー技術の開発」、Opto2020 Symposium on Photon and Beam Science, Digital Conference, 2020 年 9 月 29 日, 招待講演
オープンイノベーションから持続的市場創造へ・戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の経験から学ぶ, 土木学会誌, 2020 年 10 月 1 日
「インフラ維持管理分野における新技術普及のための開発課題」土木学会、2020 年 9 月 11 日、招待講演
"Demonstration of High-Speed Laser Hammering System for the Lining Concrete Inspection", World Tunnel Congress 2020, Digital Conference, 2020/09/14 - 16, 学会発表
「オープンイノベーションから持続的市場創造へ」, 土木学会誌 vol 105, No.10, pp 22-25, 2020 年
「インフラ点検用レーザー装置の社会実装への最前線」, レーザー学会学術講演会第 41 回年次大会シンポジウム, 招待講演, 2021 年 1 月 20 日
情報処理学会 第 132 回数理モデル化と問題解決研究発表会 (2021 年 3 月 1 日)、錦野将元、レーザー打音分析によるコンクリート内部状態の推定
"Social Implementation for the Laser Hammering System", Laser Solutions for Space and the Earth 2021, 招待講演, 2021 年 4 月 22 日
経営者紹介番組「埼玉、彩響のおもてなし」に出演しフォトンラボの事業を説明、ラジオ日本、2021 年 4 月 27 日
内閣府主催の「Society5.0 科学博 (東京スカイツリー) に出席、2021 年 7 月 15 日 - 28 日
「インフラメンテナンス総合委員会 新技術適用推進小委員会/インフラマネジメントに関わる新技術の社会実装の現状とその展望」土木学会、2021 年 9 月 7 日、招待講演・パネルディスカッション
点検支援技術性能カタログ令和 3 年 10 月版 ○非破壊検査技術 (トンネル) 技術番号 TN020003-V0020, 技術名: レーザー打音検査装置, 開発者: 株式会社フォトンラボ (QST 認定・理研ベンチャー), ○非破壊検査技術 (橋梁) 技術番号 BR020016-V0021, 技術名: レーザー打音検査装置, 開発者: 株式会社フォトンラボ (QST 認定・理研ベンチャー)・建設技術研究所・計測検査 いずれも国土交通省ホームページによる発表, 2021 年 10 月 29 日
経済産業省関東経済産業局主催・中小機構共済「ベンチャー企業ミートアップ」 インフラ老朽化対策のビジネス展開「レーザーによるインフラ計測システム」フォトンラボ
経済産業省関東経済産業局 定例プレス会見 新たな取り組みや優れた技術をもつ「きらりと光る企業」として株式会社フォトンラボが紹介され、記者団に技術と事業展開を講演 2022 年 1 月 24 日
国土交通省関東経済産業局の月次定例プレス会見 インフラ点検ベンチャー株式会社フォトンラボ「光でインフラを測る」2022 年 1 月 25 日
「インフラ点検のデジタル管理に向けたレーザー打音計測技術」, 木暮繁, 錦野将元, デジタル庁第 2 回デジタル臨時作業部会, 行政のデジタル化に関する調査作業部会に国土交通省道路局国道・技術課の「点検支援技術カタログ施策」が調査対象となり、株式会社フォトンラボが同施策に適切に対応している民間 4 企業の中に国土交通省道路局から推薦され、技術開発の状況や施策への対応およびデジタル行政の課題について意見を述べた 2022 年 2 月 22 日
"Digitizing hammering operation in tunnel inspection with wearable camera system toward skill learning and training", 佐々高史, Featured Session "SIP project on Human-interaction platform technology", The Augmented Humans (AHs) International Conference 2022, 2022/03/13
「宇宙と地球のためのレーザー利用の現状と展望」, 長谷川登, Optics & Photonics International Exhibition 2022, 招待講演, Pacifico 横浜, 2022 年 4 月 21 日
「世界初の完全非破壊コンクリート遠隔打音検査手法を開発 コンクリート構造物のひび割れをレーザーで素早く視覚化」プレスリリース, 芝浦工業大学, 量子科学技術研究開発機構, 2022 年 2 月 22 日
「~人の手に頼らないロボット点検技術へのイノベーション~『レーザー打音検査装置』の社会実装を鉄道トンネルへ拡大」プレスリリース, 建設技術研究所, フォトンラボ, 量子科学技術研究開発機構, 2022 年 8 月 9 日
SIP 公開実証実験 - 山口, 山口県周南市矢地峠トンネル, 2022 年 8 月 25 日
SIP 公開実証実験 - 静岡, 静岡県焼津市浜当目トンネル, 2022 年 9 月 6 日
SIP 公開実証実験 - 山梨, 山梨県山梨市広瀬トンネル, 2022 年 10 月 18 日
「インフラ領域における職人の技の伝承教育と機器実装」XR 総合展・幕張メッセ、理化学研究所、フォトンラボ、2022 年 10 月 26 日 - 28 日
「創業・ベンチャーについて ~時代は挑戦者が切り開いて来た~」, 木暮繁, 埼玉大学 2022 年度後期 工学部「技術者のための産業経営論」, 招待講演, 埼玉大学, 2022 年 12 月 9 日
東京都主催のスタートアップ・エコシステム 東京コンソーシアム 「Greater Tokyo Startup & Government Pitch ~広域連携自治体の取組とスタートアップの可能性を探る~」において広域連携自治体: 和光市と協力機関: 理化学研究所・中小機構の連携推薦としてユニコーン期待スタートアップ企業 7 社の 1 社に (株) フォトンラボが選定され、SIP 成果の社会実装段階での公的機関 (自治体・国研・政府支援機関) の連携支援体制における事業展開について報告, WEB 会議 (一般公開), 2023 年 1 月 17 日

●論文

木暮繁, 坂本勝哉, レーザーによるインフラ計測を中心技術とした国家プロジェクトのビジネス化、第 1 回土木学会 AI・データサイエンスシンポジウム、2020 年 6 月 30 日, DOI <a href="https://doi.org/10.11532/jsceiii.1J1_48">https://doi.org/10.11532/jsceiii.1J1_48</a>
Katsuhiro Mikami, Noboru Hasegawa, Toshiyuki Kitamura, Hajime Okada, Shuji Kondo, and Masaharu Nishikino, Characterization of laser-induced vibration on concrete surface toward highly efficient laser remote sensing, Jpn. J. Appl. Phys. 59 (2020), 076502-1-10, doi.org/10.35848/1347-4065/ab9849.
Noboru Hasegawa, Masaharu Nishikino, Hajime Okada, Shuji Kondo, Toshiyuki Kitamura, Masamichi Abe, Kazuhisa Masuzoe, Shigeru Kogure, "Demonstration of High-Speed Laser Hammering System for the Lining Concrete Inspection", ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2020 and 46th General Assembly Kuala Lumpur, Malaysia 11-17 September 2020, pp.653-656, eISBN 978-967-18427-0-6.
和田智之, 村上武晴, 高藤徳人, 重田将宏, Zaixing Mao: "トンネル壁面画像からのクラック自動検出" 建設機械施工, Vol.72, No.9, P.89-93, 2020 年 9 月 25 日
長谷川登, 錦野将元, 岡田大, 近藤修司, 北村俊幸, 木暮繁: 高出力レーザーによるインフラ長寿命化に貢献する先進診断技術-レーザー打音装置-, フォトニクスニュース、第 7 巻、第 1 号 (2021 年) pp.20-24.
戸本悟史, 藤崎能正, 長谷川登, 北村俊幸: レーザー打音検査装置による浮き・はく離のデータ化への挑戦 人の手に頼らないトンネル診断技術の開発, 土木施工, vol.67, No.7, pp.84-87, 2021 年
長谷川登, 岡田大, 近藤修司, 北村俊幸, 錦野将元, 坂本勝哉, 木暮繁: トンネル覆工コンクリートのうき検知を遠隔で行うレーザー打音検査装置の現状と社会実装について, 計測と制御, VOL.60, No.11, pp.765-769, 2021 年
坂本勝哉, 木暮繁, 錦野将元, 岡田大, 近藤修司, 北村俊幸, 長谷川登: 高強度レーザーを利用したインフラ点検技術の社会実装, 光アライアンス 2021 年 12 月号, pp.38-43, 2021 年
戸本悟史, 長谷川登, 岡田大, 近藤修司, 北村俊幸, 錦野将元, 中村光: ラスター (格子状) スキャン機能を有するレーザー打音検査装置を用いたトンネル覆工コンクリートの診断支援技術の高度化に関する研究, 土木学会 構造工学 論文集, Vol.68A, pp.671-684, 2022 年
長谷川登, 錦野将元, 岡田大, 近藤修司, 北村俊幸, 坂本勝哉, 舩添和久, 木暮繁: コンクリートの中の見えない欠陥をレーザーで検知-レーザー打音検査装置-, オプトロニクス 2022 年 8 月号, pp.83-89.

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
量子科学技術研究開発機構レーザー技術総合研究所	特許 7129067	国内	2019 年 3 月 27 日	計測装置、計測システム、移動体、および計測方法
理化学研究所	特願 2022-140194	国内	2022 年 9 月 2 日	打撃点分析システム、打撃点分析方法、及びプログラム

●受賞実績

タイトル	受賞内容	日付	発表元
量子科学技術研究開発機構令和元年度理事長表彰	研究開発功績賞 特賞	2019年7月1日	量子科学技術研究機構
Noboru Hasegawa, Hajime Okada, Toshiyuki Kitamura, Syuji Kondo, Katsuhiko Mikami, Development of high energy, high repetition rate pulsed laser technology for use in the outdoor field	The 14th Osaka University Kondo Prize -Technological Contribution Award-	2020年9月29日	大阪大学
令和2年度彩の国ベンチャーマーケット（ビジネスコンテスト）	埼玉県知事賞	2021年1月21日	埼玉県

●成果普及の努力（プレス発表等）

日付	タイトル	媒体
2019年3月25日	建設テック争奪戦ベンチャーへの出資競争が勃発（新技術の社会実装を目的とした、フォトンラボと建設技術研究所の業務提携が報道）	日経コンストラクション
2019年4月11日	理研ベンチャーに出資 埼玉りそな銀行優良企業育成	日本経済新聞
2019年5月29日	私たちの生活を守るインフラ検査のハイパワーレーザーによる自動化	文部科学省 科学技術白書
2019年9月12日	トンネル剥離をレーザーで発見 フォトンラボ、打音システム	日刊工業新聞
2019年9月27日	コンクリート構造物の非破壊検査技術 レーザー法	日刊工業新聞
2020年10月	「オープンイノベーションから持続的市場創造へ」株式会社フォトンラボ	土木学会誌
2021年3月11日	「人の手に頼らないロボット点検技術へのイノベーション「レーザー打音検査装置」の社会実装に向け大きく前進！」	日刊建設通信新聞
2021年3月11日	建設技術研究所 / レーザー打音検査装置の適用開始 / トンネル定期点検を効率化	日刊工業新聞
2021年3月12日	「人の手に頼らないロボット点検技術へのイノベーション「レーザー打音検査装置」の社会実装に向け大きく前進！」	Optinews
2021年3月22日	道路トンネルの定期点検で初のレーザー打音、ベテラン検査員と同精度	日経クロステック
2021年4月12日	レーザー打音で道路トンネルの定期点検	日経コンストラクション
2021年9月4日	職人の世界にも広がるAI 近未来の光と影	毎日新聞デジタル
2021年9月8日	レーザー 未来切り開く	産経新聞
2021年10月14日	DX 振興4社に出資 JFE エンジ 連携して災害予測-フォトンラボ紹介	日本経済新聞
2021年10月15日	JFE エンジ スタートアップ企業を支援 磐田市と連携協定	鉄鋼新聞
2021年10月23日	追跡：トンネル打音検査、エビ養殖エサ調節 AI 職人修業中、微妙な違いのデータ集積	毎日新聞
2021年11月7日	中性子線、テラヘルツ波、ドローン 老朽インフラ見抜く科学の目	産経新聞
2022年1月12日	災害に備え、インフラを守る技	朝日新聞
2022年1月16日	遠隔操作ロボットにレーザー光、人の技も 災害に備えインフラを守る	朝日新聞
2022年1月25日	レーザー検査技術を実用化 道路、鉄道Tで24年から活用	建設通信新聞
2022年3月5日	レーザーでひび割れ可視化	検査機器ニュース
2022年3月9日	コンクリート欠陥 非破壊検査	日刊工業新聞
2022年3月25日	コンクリートを衝撃波で検査 芝浦工業大などが新手法	日経産業新聞
2022年5月26日	レーザーでハンマー代替 打音検査を効率化-	日刊工業新聞
2022年6月2日	高強度レーザー屋外稼働 打音装置 小型・安定化目指す-	日刊工業新聞
2022年6月9日	レーザー打音検査 進化-点検支援ツール 社会実装-	日刊工業新聞
2022年8月10日	目地部劣化を定量評価 レーザー打音検査 覆工診断支援に活用	日刊建設工業新聞
2022年8月10日	レーザー打音検査 鉄道トンネルに拡大	建設通信新聞
2022年8月15日	レーザー打音検査 鉄道トンネル展開	日刊工業新聞
2022年8月26日	レーザー打音検査装置を鉄道トンネル診断に活用	科学新聞
2022年9月7日	レーザーでトンネル点検	建通新聞
2022年9月13日	公開実験で紹介 / AI 活用インフラメンテ技術	建設通信新聞
2022年10月5日	レーザー光で精密計測 トンネル点検「脱ハンマー」	読売新聞
2022年10月13日	打音検査の技 AI 解釈	日刊工業新聞
2022年10月18日	管子トンネル事故10年を前に最新技術で設備損傷の点検公開	NHK 山梨
2022年10月18日	デジタル技術で“熟練の打音検査” AI が分析 トンネル点検の最新技術を実証実験 中央道・管子事故を受け開発	TBS
2022年10月18日	トンネル点検にAI 技術活用 実証実験を公開	YBS 山梨放送
2022年10月19日	トンネル壁損傷 レーザーで点検 理研が実証実験	読売新聞
2022年10月19日	レーザー打音 AI 判定	日刊工業新聞
2022年10月19日	レーザーでトンネル点検 理研など山梨市で実証実験	山梨日日新聞

日付	タイトル	媒体
2022年11月30日	[管子10年 残された思い] (4) 点検の技術開発進む…機械化で人手不足補う	毎日新聞
2022年12月1日	山梨で実証実験 管子事故を教訓に レーザーとAI駆使 トンネルの異常発見	中部経済新聞 (共同通信配信)
2022年12月1日	ニュースウォッチ9「管子トンネル崩落事故から10年」の特集の中で、最新技術として理化学研究所チームの山梨県山梨市広瀬トンネル公開実証実験およびインタビューが放送	NHK 総合テレビ
2022年12月6日	「管子トンネル事故10年インフラ老朽・維持困難 自治体 財源、人手足りず」の特集記事の中で最新技術としてレーザー打音が紹介	毎日新聞

#### 4. KDDI株式会社、国立研究開発法人情報通信研究機構、NEC ソリューションイノベータ株式会社

##### ●研究発表・講演

鳥澤健太郎、Two Dialog Systems for Two Extreme Environments: WEKDA and SOCCA、国際会議 PACLING 2019、Keynote Talk、2019年10月12日、ベトナム・ハノイ
滝嶋康弘、介護モニタリング支援のためのハイブリッド型マルチモーダル音声対話システム、ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム公開シンポジウム 2019、2019年12月
浅尾仁彦・Julien Kloetzer・水野淳太・齊木大・門脇一真・鳥澤健太郎、介護用対話システムのための高齢者の発話理解、言語処理学会第26回年次大会 (NLP2020)、pp.125-128、2020年3月、オンライン開催
鳥澤健太郎、コロナ対策に向けたNICTの自然言語処理、NICT 特別オープンシンポジウム「アフターコロナ社会のかたち」、2020年6月12日、オンライン開催
鳥澤健太郎、進化する人工知能「人工知能研究開発ネットワーク」中核センター長が語る研究開発の最前線、AI・人工知能 EXPO、2021年10月27日-29日、幕張メッセ
武智聡平・小関千穂・村田淳・高橋茂太・甲斐正義、個人の特徴的表現を考慮した感情推定の補正、情報処理学会第84回全国大会、2022年3月3日、愛媛大学
鳥澤健太郎、Semantic Interpretation in MICSUS, a Multi-modal dialog system for Long-term Care of Older People、The Augmented Humans (AHs) International Conference 2022、2022年3月13日、オンライン開催
浅尾仁彦・水野淳太・呉鍾勲・Julien Kloetzer・大竹清敬・福原裕一・鎌倉まな・緒形桂・鳥澤健太郎、介護支援対話システム MICSUS のための意味解釈モジュール、言語処理学会第28回年次大会 (NLP2022)、2022年3月16日、オンライン開催
浅尾仁彦、高齢者の言葉を理解するAIを目指して、けいはんな R&D フェア 2022、技術講演、2022年10月7日、オンライン開催
滝嶋康弘、Web等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究、内閣府 SIP ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術研究成果シンポジウム、2022年10月7日、秋葉原 UDX
鳥澤健太郎、MICSUS: A Multimodal Dialog System for Elderly Care、第3回日独 AI シンポジウム (Plenary Session, AI for a sustainable society)、2022年10月27日、日本科学未来館
サービス業向け次世代技術 EXPO ~サービス Tech2020、2020年2月18-21日、東京ビッグサイト
CEATEC2020、2020年10月20日-23日、オンライン開催 (NICT ブース)
けいはんな R & D フェア 2020、2020年11月5日-7日、オンライン開催
けいはんな R&D フェア 2021「誰もが分かり合えるユニバーサルコミュニケーションの実現を目指して」、2021年11月12日、オンライン開催
CareTEX One 横浜 '22 2022年5月25日-26日、横浜産貿ホール マリネリア
NICT オープンハウス 2022、2022年6月24日-25日、NICT 小金井本部
けいはんな R&D フェア 2022、2022年10月6日-7日、オンライン開催
内閣府 SIP ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術研究成果シンポジウム、2022年10月7日、秋葉原 UDX
CEATEC2022、2022年10月17日-21日、幕張メッセ (NICT ブース)
HANAZONO EXPO いのち輝く未来社会にふれてみよう Road to 大阪・関西万博、2022年11月5日-6日、花園中央公園

##### ●研究発表・講演 (公開セミナー)

タイトル	開催日	場所	参加者
Kentaro Torisawa, "Two Dialog Systems for Two Extreme Environments: WEKDA and SOCCA", PACLING 2019, Keynote, pp. 46-48, Ha Noi, Vietnam, October, 2019.	2019年10月11日-13日	ベトナム、ハノイ	不明
NICT 特別オープンシンポジウム「アフターコロナ社会のかたち」	2020年6月12日	オンライン開催 (Zoom+Youtube)	3,601名
AI EXPO 進化する人工知能「人工知能研究開発ネットワーク」	2021年10月29日	幕張メッセ	6,627名

##### ●論文

Jong-Hoon Oh, Kazuma Kadowaki, Julien Kloetzer, Ryu Iida and Kentaro Torisawa, "Open Domain Why-Question Answering with Adversarial Learning to Encode Answer Texts", In the Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2019), pp.4227-4237, Florence, Italy, July 2019.
Kazuma Kadowaki, Ryu Iida, Kentaro Torisawa, Jong-Hoon Oh and Julien Kloetzer, "Event Causality Recognition Exploiting Multiple Annotators' Judgments and Background Knowledge.", In the Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP 2019), pp.5820-5826, Hong Kong, China, November 2019.
Yoshihiko Asao, Julien Kloetzer, Junta Mizuno, Dai Saiki, Kazuma Kadowaki and Kentaro Torisawa, "Understanding User Utterances in a Dialog System for Caregiving.", In the 12th Edition of its Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2020), pp.653-661, May 2020.
Jong-Hoon Oh, Ryu Iida, Julien Kloetzer, and Kentaro Torisawa, BERTAC: Enhancing Transformer-based Language Models with Adversarially Pretrained Convolutional Neural Networks, In the Proceedings of the Joint Conference of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (ACL-IJCNLP 2021), pp. 2103-2115, Bangkok, Thailand, August 2021.

##### ●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
NEC ソリューションイノベータ	特願 2022-029674	国内	2022年2月28日	感情補正装置、感情推定装置、感情補正方法、感情推定方法、及びプログラム



出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
情報通信研究機構	特願 2022-029327	国内	2022年2月28日	言語モデル学習装置、対話装置及び学習済言語モデル

●受賞実績

受賞者	所属	タイトル	受賞内容	日付	発表元
鳥澤健太郎	情報通信研究機構	令和2年度 情報通信月間推進協議会会長表彰	志田林三郎賞	2020年6月1日	総務省
鳥澤健太郎	情報通信研究機構	2021年度 情報処理学会フェロ	情報処理学会フェロー	2022年3月28日	一般社団法人情報処理学会

●成果普及の努力（プレス発表等）

日付	タイトル	媒体
2020年7月12日	AIに五感、人間らしく複数のデータで察する力	日本経済新聞
2020年10月16日	見守り×話し相手 介護の味方 柴犬ロボ	読売新聞
2020年12月25日	AIに言葉の意味はわかるか 進化する自然言語処理	日経サイエンス 2021年2月号
2021年9月4日	AIは人間の敵になるの？ 深層学習で知性「人並み」に	日本経済新聞
2021年11月25日	介護現場、DX競う 「日本モデル」を磨く好機に	日本経済新聞
2021年12月9日	介護現場はDXの実験場	日本経済新聞
2021年12月27日	【京都スマートシティエキスポ2021】「超快適」スマート社会の創出 オータムフェア2021 けいはんな R&D フェアなど開催	日刊工業新聞
2022年10月29日	英語を3カ国語に同時通訳 NICT 大阪万博で活用計画	高知新聞
2022年10月29日	英語を3カ国語に同時通訳 NICT、AI技術公開	山形新聞
2022年10月29日	英語を3カ国語にAI使い同時通訳 NICT が技術公開	静岡新聞
2022年10月29日	3カ国語へ変換 AI 瞬時に通訳 NICT 25年万博活用へ	宮崎日日新聞
2022年11月1日	【情報通信】NICT 多言語への同時通訳システム 2025年の実用化へ研究成果公開	電波新聞
2022年11月1日	英語を3カ国語に同時通訳	神戸新聞
2022年11月2日	秋葉原で研究成果シンポジウム開催 ビッグデータ・AIのサイバースペース技術 SIP・NEDO	電波タイムズ
2022年11月4日	AIと雑談 試してね！ あす開幕 花園エキスポに最先端技術集結	毎日新聞 大阪
2022年11月4日	英語を3カ国語同時通訳 NICT が技術公開 大阪・関西万博で活用へ	大阪日日新聞
2022年11月10日	英語、3カ国語に変換 NICT AI 同時通訳技術公開	茨城新聞
2022年11月17日	人工知能活用し英語を同時通訳 NICT 最新技術	千葉日報
2022年11月1日 (Web掲載)	NICT 多言語への同時通訳システム、2025年の実用化へ研究成果公開	DEMPA DIGITAL
2022年11月1日 (Web掲載)	NICT 公開 AI 同伝技術 可同時翻訳成 3 種言語	客観日本
2022年11月2日 (Web掲載)	日本发布 AI 同伝技術：可同時翻訳成 3 種言語	騰訊網 (同様掲載: Cankao Xiaoxi / 参考消息・新浪财经・搜狐新闻・NetEase News / 网易新闻・今日头条・news.sina.com.cn / 新浪新闻・ChinaNews.com / 中国新闻网・推薦: 六度新聞)
2022年11月2日 (Web掲載)	内閣府 SIP 第2期 「高度マルチモーダル対話システム (MICSUS)」の高知県日高村での実証実験レポート	KDDI 地域共創活動レポート
2022年11月4日 (Web掲載)	日本发布 AI 同伝技術：可同時翻訳成 3 種言語	中国新闻网・海南新闻 (同様掲載: DRCNet・中国机器人网・中国青年网・Voc News・新浪網・香港・SEMI 半导体产业・中国新闻网・吉林新闻)
2022年11月4日 (Web掲載)	AIと雑談、試してね！ あす開幕 花園エキスポに最先端技術集結	大阪 毎日新聞
2022年11月7日 (Web掲載)	日本发布 AI 同伝技術：可同時翻訳成 3 種言語	Zaker
2022年11月7日 (Web掲載)	日本发布 AI 同伝技術：可同時翻訳成 3 種言語	新浪财经头条 (同様掲載: 今日头条・news.sina.com.cn / 新浪新闻・NetEase News / 网易新闻・騰訊網・Hexun.com / 和讯网・搜狐新闻)

5. エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、国立大学法人東京大学、国立大学法人京都大学、日本電信電話株式会社、エヌ・ティ・ティ・ラーニングシステムズ株式会社

●研究発表・講演

開一夫, "「認知脳科学に基づく EdTech の実証実験」, プレスリリース, 2019年5月27日
Hiraki, K., "Towards BabyTech: How infants and small children perceive technology.", CBDC Anniversary Workshop, London, England, 2019/11/16
Yamamoto, E., & Hiraki, K., "Does voluntary production of body movement have long-term effects on infants' learning about others' body movement?"; ICLC-15, Nishinomiya, Japan, 2019/8/7
Takahashi, S., Hiraki, K., "Interpersonal Body-Synchronization in Young Children When Watching Video Together.", International Conference on General Psychology and Behavioral Science (IC GPBS2020), New York, United States., 2020/1/30
開一夫, "脳科学最新事情〜ここまでわかってきた赤ちゃんの育ちのメカニズム. フレーベル館セミナー: 保育がもっとおもしろくなる!", 0・1・2歳児保育セミナー 2020, 2020年1月17日
開一夫, "認知科学と人工知能の挑戦: 赤ちゃんから高校生まで", オープンキャンパス模擬講義, 東大本郷キャンパス, 2019年8月8日
開一夫, "赤ちゃんの不思議について", 大阪府社会福祉協議会 保育士会創立60周年記念総会記念講演, 2019年5月14日
開一夫, "新生児医療に心のモニタリングを! 第三弾", 第22回新生児呼吸療法モニタリングフォーラム, 2020年2月14日
開一夫, "テクノロジーの時代における人間の学問", 第4回 EAA 座談会, 2020年7月14日
開一夫 (2021). AIで「学び」「教え」を変えられるか!? -課題と挑戦-. SIP 学習支援シンポジウム「Ed-AIへの挑戦」パネリスト, オンライン開催, 2021年3月9日

橋田浩一. データのガバナンスと価値創造. 情報処理学会連続セミナー 2021 第 2 回「情報技術のポストコロナ社会への貢献 (2)」, 2021 年 6 月 9 日
開一夫 (2021). テクノロジーで「教え・教えられること」をどうかえるのか? - 課題と挑戦 -. Ed-AI 研究会設立シンポジウム, オンライン開催, 2021 年 7 月 6 日
開一夫 (2021). パネルセッション「Ed-AI が目指すもの」. Ed-AI 研究会設立シンポジウム パネリスト, オンライン開催, 2021 年 7 月 6 日
開一夫 (2021). Ed-AI 教育理論 WG の活動方針について. 第一回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1), オンライン開催, 2021 年 7 月 26 日
谷沢智史 (2021). マンガリッシュにおけるデータ活用. 第一回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1), オンライン開催 (発表日 7 月 26 日)
今井倫太 (2021). 穴埋め問題自動生成のための AI 技術. 第一回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1), オンライン開催 (発表日 7 月 26 日)
開一夫 (2021). Live Interaction: 「今性」と「応答性」. 東京芸術祭 2021 シンポジウム「ライブでしか伝わらないものは何か? ~教育、育児、ダンスの現場から~», オンライン配信, 2021 年 9 月 7 日
橋田浩一. パーソナルデータの分散管理による個人のエンパワメント. NTT-GLOCOM メガトレンド・ワークショップ, 2021 年 10 月 26 日
今井倫太 (2021). AI による穴埋め問題の生成. 第二回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1), オンライン開催 (発表日 11 月 2 日)
坂本一憲 (2021). 個性に応じた学習の動機づけに向けて. 第二回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1), オンライン開催 (発表日 11 月 2 日)
Hiraki, K., How can cognitive science and technology contribute to student learning?, Augmented Humans International Conference 2022, 2022/3/13
開一夫 (2022). 教育と学びのイノベーション. 公益社団法人 経済同友会 教育改革委員会 第 5 回会合 (発表日 3 月 15 日)
開一夫 (2022). テラーメイド教育と EdTech: 漫画を使った個別適応教育の「新しい」プラットフォーム. Ed-AI 研究会 第 2 回シンポジウム「Ed-AI が生み出す未来の教育」(発表日 4 月 12 日)
開一夫 (2022). 赤ちゃん学から見た教育 (基調講演). 2022 発達科学研究所公開シンポジウム「就学前教育の過去・現在・未来: 赤ちゃん学から見た教育」(発表日 5 月 21 日)
開一夫 (2022). 『個別最適』な保育とは? (講演). 第 4 9 回幼児教育研究会「子どもの最善の利益と質の高い教育」(発表日 6 月 4 日)
開一夫 (2022). テクノロジーの発展と「学び方」. 模擬授業, 実践学苑高等学校 (発表日 7 月 11 日)
開一夫 (2022) 漫画リッシュ: 英語学習の新しいプラットフォーム, Ed-AI 研究会第 3 回シンポジウム「Ed-AI の未来」(発表日 12 月 3 日)
今井倫太 (2022) 英語表現力向上のための AI 技術, Ed-AI 研究会第 3 回シンポジウム「Ed-AI の未来」(発表日 12 月 3 日)
坂本一憲 (2022) 漫画リッシュ: アクティブユーザー獲得に向けた課題と展望, Ed-AI 研究会第 3 回シンポジウム「Ed-AI の未来」(発表日 12 月 3 日)
橋田浩一 (2022) 分散 PDS による学習ログの活用, Ed-AI 研究会第 3 回シンポジウム「Ed-AI の未来」(発表日 12 月 3 日)
久徳泰知, 西岡千文, 緒方広明, "学生向け論文推薦システムにおける説明インタフェースの比較評価", 情報処理学会 CLE 研究会, 2019/3
Louis Lecailliez, Brendan Flanagan, Hiroaki Ogata, "Construction of a Knowledge Map-based System for L2 Personalized Grammar Learning", 情報処理学会 CLE 研究会, 2019 年 3 月
Patrick Ocheja, Brendan Flanagan, Hiroaki Ogata, "Decentralized e-Learning Marketplace: Managing Authorship and Tracking Access to Digital Contents Using Blockchain", 情報処理学会 CLE 研究会, 2019 年 3 月
Yuan Yuan Yang, Rwitajit Majumdar, Huiyong Li, Hiroaki Ogata, "Task Design and Skill Measurement of Data Analysis Phase in GOAL System", 情報処理学会 CLE 研究会, 2019 年 3 月
Christopher C.Y. Yang, Gökhan Akçapınar, Brendan Flanagan, Hiroaki Ogata, "Ranking Lecture Slides for E-Book Preview Recommendation", 情報処理学会 CLE 研究会, 2019 年 3 月
緒方広明, Majumdar Rwitajit, Akçapınar Gökhan, Brendan Flanagan, "Data-driven Infrastructure for Evidence-based Education and Learning", 2019 年度人工知能学会全国大会, IP3-OS-21-01, 2019 年 6 月 1 日
緒方広明, "高等教育における先進的な実践例の紹介「教育データの活用と人工知能: エビデンスに基づく教育の実現に向けて」", 日本デジタル教科書学会研究会, 2019 年 6 月 8 日
小村桐子, 緒方広明, 中村央志, 宮部剛, "教育ビッグデータを活用した授業改善: 京都市の中学・高等学校での実践事例", データ活用社会創成シンポジウム, 2019 年 9 月 2 日
山田政寛, 島田敏士, 陳莉, 濱田さとみ, 歌学旺, 馬場寿士, 古川毅, 南里駒門, 黒岩晃平, 吉本悟 プレンダン フラナガン, ゴーハン アカピナー, リトジット マジュンダール, 緒方広明, "ラーニングアナリティクスによるエビデンスに基づいた授業デザインに向けて~高等学校における実践事例~", 日本教育工学会 2019 年秋季全国大会, 2019 年 9 月 7-8 日
緒方広明, 初等中等教育における取組, 【第 3 回】4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム (オンライン開催), 2020 年 4 月 10 日
緒方広明, LMS を使ってオンライン授業をやってみよう! 【第 7 回】4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム (オンライン開催), 2020 年 5 月 8 日
フラナガン・プレندان, Open e-Book Assessment による成績評価, 【第 8 回】4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム (オンライン開催), 2020 年 5 月 15 日
緒方広明, 続: LMS を使ってオンライン授業をやってみよう! ~教育データの活用編~, 【第 8 回】4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム (オンライン開催), 2020 年 5 月 15 日
Hiroaki Ogata, Combining Formal and Informal Language learning through Evidence-Based Education, PPTELL2020, University of North Texas (UNT), Denton, Texas, USA (held online), 2020.6.30.
Hiroaki Ogata, The research and development of learning analytics in Kyoto University, The Workshop on BookRoll Partnership Taiwan (virtual workshop), National Central University, Taoyuan City, Taiwan, 2020.7.8.
Hiroaki Ogata, International Technical Standards and Learning Analytics, IMS Japan Conference 2020 (held online), 2020.9.10.
緒方広明, 日本学術会議からの提言『教育のデジタル化を踏まえた学習データの活用に関する提言~エビデンスに基づく教育に向けて~』の報告, 【第 18 回】4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム (オンライン開催), 2020 年 10 月 9 日
緒方広明, ビッグデータ時代の教育, 滋賀県教育委員会研修会, 2020 年 10 月 22 日
緒方広明, Toward Data and Evidence Driven Education, AIVR2020: 4th International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality, 2020 年 10 月
緒方広明, これからの教育の在り方~ GIG A スクール構想を見据えて~, 大阪府高槻市教育委員会研修会, 2020 年 11 月
滝井健介, フラナガン プレンダン, 緒方広明, 語彙知識マップを用いた多読用絵本推薦システム, 第 32 回教育学習支援情報システム研究発表会 (CLE32), 2020 年 11 月 27 日~ 28 日
TARO NAKANISHI, HIROYUKI KUROMIYA, RWITAJIT MAJUMDAR, HIROAKI OGATA, Evidence Mining Using Course Schedule, 第 32 回教育学習支援情報システム研究発表会 (CLE32), 2020 年 11 月 27 日 - 28 日
緒方広明, BookRoll のログ分析とラーニングアナリティクスを始めるには, 【第 22 回】4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム, 2020 年 12 月 11 日
緒方広明, コロナ禍での教育データの活用と今後の展望, データ活用社会創成シンポジウム, 2020 年 12 月 25 日
緒方広明, 教育データの活用による教育変革: これまでの実践知を踏まえた今後の展望, 学術情報メディアセンターセミナー, 2021 年 1 月
緒方広明, 教育データを活用したエビデンスに基づく教育~ GIG A スクール構想を見据えて~, 川崎市有識者との意見交換会, 2021 年 1 月 15 日
緒方広明, 教育・学習効果の向上に向けた教育データの活用, CAUA シンポジウム 2020, 2021 年 2 月 16 日
緒方広明, 教育データの活用とエビデンスに基づく教育の実現に向けて, 超教育協会 CHANNEL・第 32 回オンラインシンポ, 2021 年 2 月 26 日
緒方広明, 教育データとラーニングアナリティクス: エビデンスに基づく教育の実現に向けて, $\alpha \times$ SC2021Q 教育とスーパーコンピュータシンポジウム, 2021 年 3 月 23 日
黒宮寛之, 中西太郎, 緒方広明, グラフデータベースを活用した事例推薦システムの開発~ 実世界エビデンスの活用に向けて, 第 33 回情報処理学会 CLE 研究会, 2021 年 3 月 25 日
Hiroaki Ogata, Brendan Flanagan, and Rwitajit Majumdar, Learning and Evidence Analytics Framework (LEAF): Design and Large-scale Implementation of LA Driven Infrastructure in the Japanese Context, LEARNING ANALYTICS LEARNING NETWORK, 2021.5.13.
緒方広明, 大学全体でラーニングアナリティクスを始めるには?: 教育データ活用ポリシーの策定について, 大学教育 ICT 協議会 CIO 部会, 2021 年 5 月 13 日
緒方広明, 教育データ解析チャレンジコンテストについて, 【第 33 回】大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム「教育機関 DX シンポ」, 2021 年 5 月 28 日
Chris Yang, 台湾におけるオンライン学習の状況, 【第 33 回】大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム「教育機関 DX シンポ」, 2021 年 5 月 28 日
緒方広明, 教育データの活用とラーニングアナリティクス, 帝京大学 TLAC セミナー, 2021 年 5 月 26 日
緒方広明, 島田敏士, 股成久, 山田政寛, 教育データ活用の仕組みづくり~各種システムの構築・運用を通じ~, New Education Expo (NEE), 東京, 2021 年 6 月 3 日
緒方広明, 宮部剛, 芳賀康大, 内田洋行教育総合研究所, 教育データの活用による教育変革~実践知を踏まえた今後の展望~, New Education Expo (NEE), 東京, 2021 年 6 月 4 日

緒方広明, 宮部剛, 内田洋行教育総合研究所, 教育データの活用による教育変革～実践を踏まえた今後の展望～, New Education Expo (NEE), 大阪, 2021年6月12日
緒方広明, ラーニングアナリティクスと高等教育 DX, 日本工学教育協会, 2021年7月8日
緒方広明, DXによる教育変革, ICT コンソーシアム京都総会, 2021年7月13日
緒方広明, ラーニング・アナリティクス研究の最新動向, 東北大学大学院情報科学研究科ラーニングアナリティクス研究センター・キックオフシンポジウム, オンライン, 2021年7月26日
緒方広明, 教育データの活用, 群馬県教育委員会, 2021年7月28日
緒方広明, 教育データの活用による教育革新, キャンパス・コンソーシアム函館, 2021年8月3日
緒方広明, 教育データの活用による教育 DX, 山口県教育庁教員対象セミナー, 2021年8月20日
緒方広明, ポストコロナ時代の教育 DX, 第43回教育システム情報学会全国大会, 2021年9月
中西太郎, 黒宮寛之, 緒方広明, ラーニングアナリティクス・ダッシュボードを活用したリアルワールド教育エビデンスの自動収集の仕組みと検討, 第43回教育システム情報学会全国大会, 2021年9月
近藤大翔, 緒方広明, Rwitajit MAJUMDAR, 学生の学習ログを可視化するアクティブリーディングダッシュボードの設計と評価, 第43回教育システム情報学会全国大会, 2021年9月
滝井健介, Brendan Flanagan, 緒方広明, 教育ビッグデータを用いた知識マップの作成とアダプティブ英語学習環境の構築, 第43回教育システム情報学会全国大会, 2021年9月
黒宮寛之, 中西太郎, MAJUMDAR, Rwitajit, 緒方広明, Sharing Best Practice of Teachers for Learning Analytics at Scale, 日本教育工学会 2021年秋全国大会, 2021年10月
緒方広明, ラーニングアナリティクスの今, 「EdTechを活用した新しい学び」研究会, 2021年11月12日
緒方広明, with コロナ時代の日本語教育を目指して, 台湾日語教育学会 2021年国際シンポジウム, 2021年11月27日
緒方広明, Pushing Forward to Data and Evidence Informed Education and Learning for a Post Covid-19 Era, TAECT 2021, 2021年12月3日
緒方広明, 角田和巳, 李慧勇, 高見享佑, 内田洋行教育総合研究所. AIを活用したラーニングアナリティクス研究と今後の展望. New Education Expo (NEE) Tokyo. 2022年6月3日
Hiroaki Ogata. Connecting Policy-makers, Researchers, and Practitioners through Data and Evidence-driven Education Infrastructure Towards Sustainable Education. ISLS Annual Meeting 2022. ISLS Annual Meeting 2022. 2022/06/07
Jeremy Rochelle, Toshio Mochizuki, Jun Oshima, Nancy Blair Black, Chee-Kit Looi, Inge Molenaar, Hiroaki Ogata, and Simon Buckingham Shum. Engaging Learning Scientists in Policy Challenges: AI and the Future of Learning. ISLS Annual Meeting 2022. 2022/06/07
緒方広明, 長濱澄, 豊川裕子, 田中英歳, 内田洋行教育総合研究所. 初等中等教育におけるラーニングアナリティクス研究と今後の展望. New Education Expo (NEE) Osaka. 2022年6月11日
緒方広明. Connecting Sustainability of Education and Education for Sustainable Development and Environments. 2022 Summer School International Environmental Humanities Workshop. 2022年6月20日
緒方広明. ラーニングアナリティクス研究の最前線と展望. ラーニングアナリティクス研究の最前線と展望. 日本人事テスト事業者懇談会第68回研究会. 2022年6月20日
Hiroaki Ogata. Data and Evidence- Informed Education and Learning in Post Covid-19. WCCE 2022. 2022/08/24
Hiroaki Ogata. Towards Data and Evidence-Informed Teaching and Learning in the Context of Language Learning. 大学英語教育会 (JACET) オンライン. 2022年8月26日
緒方広明. ラーニングアナリティクスと国際技術標準. IMS Japan Conference 2022 オンライン. 2022年8月27日
緒方広明. ラーニングアナリティクスとは? 公益社団法人私立大学情報教育協会「教育イノベーション大会」オンライン. 2022年9月7日
安田クリスチーナ, 桐生崇, 緒方広明, 堀口悟郎. AI活用・教育データの活用とその課題. 日本教育工学会 2022年秋季全国大会オンライン. 2022年9月10日
堀越泉, 緒方広明. LEAF システムを用いた教育データ活用事例. 日本教育工学会 2022年秋季全国大会. 2022年9月11日
緒方広明. 教育データの活用の動向と今後の方向性. 東京書籍株式会社社内講演オンライン. 2022年10月18日
緒方広明. ラーニングアナリティクスと教育の未来. オンラインラーニングフォーラム オンライン. 2022年11月2日
緒方広明. ラーニングアナリティクス研究の最前線. 広島大学内講義「情報科学の最前線」. 広島大学情報科学部. 2022年5月24日
緒方広明. デジタル教材配信システム BookRoll を用いた教育 DX の促進. 文部科学省 Scheme DCIC Tokyo. 2022年10月31日
奥村光貴, 堀越泉, 緒方広明, リアルワールド教育データからのエビデンスの自動抽出に向けた「対照群」の探索手法の開発. 第38回情報処理学会 CLE 研究会. 2022年11月4日
藤田早苗, 服部正嗣, 小林哲生, 納谷 太, 「日本人英語初学者の語彙数推定方法の検討」2020年度人工知能学会全国大会 (6月9日-12日), 人工知能学会, 2020年6月10日
服部正嗣, 澤田宏, 殿岡貴子, 坂田岳史, 藤田早苗, 小林哲生, 亀井鋼次, 納谷太, 「Variational Autoencoder を用いたテスト結果分析による学習者・問題の特徴抽出」, 人工知能学会, 2020年6月11日
小林哲生, 廣谷定男, 「語彙数推定のための DB 構築 / 英語発話リズム訓練アプリの紹介と実証実験」, 第1回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1), 2021年7月26日 (online)
納谷太, 「人と人とのインタラクションを高度化する AI 技術の社会実装展開 (パネリストとしての発表)」, DIGITAL CONTENT EXPO2021, 2021年11月18日
廣谷定男, 「英語発話リズム訓練スマートフォンの開発と実証実験」, 日本音響学会 2022年春研究発表会, 2022年3月11日
納谷太 (2022) ベタゴジカル AI を活用した英語学習支援, Ed-AI 研究会第3回シンポジウム「Ed-AI の未来」(発表日 12月3日)
NTT コミュニケーションズ, 「まなびポケットを活用した「学びをとめない」ための「One School」プロジェクトを実施」, プレスリリース, 2020年5月
NTT コミュニケーションズ, 「まなびポケットのコンテンツである schoolTakt で音声通話 (β版) の提供開始」, プレスリリース, 2020年6月
NTT コミュニケーションズ, 「大垣市, 大垣市教育委員会, NTT Com, WEBQU 教育サポートによる「先端技術を活用した教育・学習環境の充実に向けた連携協力に関する協定」の締結について～「まなびポケット」と「WEBQU」の活用による教育・学習環境の充実に向けて～」, プレスリリース, 2020年10月28日
NTT コミュニケーションズ, 「まなびポケット」の申し込み ID 数が 100 万を突破, プレスリリース, 2020年12月14日
小金井市, 東京学芸大学, NTT Com による, 「GIGA スクール構想による個別最適化された深い学び等の実現に関する連携協定」の締結について, 2021年4月20日
NTT コミュニケーションズ, 「クラウド型教育プラットフォーム「まなびポケット」が文部科学省が推進する「MEXCBT」との連携を開始」, プレスリリース, 2021年11月
NTT コミュニケーションズ, 「まなびポケット」の申込 ID 数が 300 万を突破, プレスリリース, 2022年3月24日
NTT コミュニケーションズ, 「まなびポケット」の申込 ID 数が 400 万を突破, プレスリリース, 2022年10月3日
サービス産業向け次世代技術 EXPO ～サービス Tech2020～ (HCJ2020), 展示会, 2020年2月

●研究発表・講演 (公開セミナー)

タイトル	開催日	場所	参加者
NTT Communications Digital Forum2020	2020年10月14日～16日	オンライン開催	10,009名
NTT Communications Digital Forum2021	2021年10月20日～22日	オンライン開催	13,592名
Ed-AI 研究会設立シンポジウム「Ed-AI が目指すもの」	2021年7月6日	オンライン開催	62名
第一回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1) 「『個別最適』な英語学習の実現に向けた取り組みと AI」	2021年7月26日	オンライン開催	47名
日本学術会議公開シンポジウム「教育データの活用の動向と社会への展開」	2021年10月17日	オンライン開催	182名
第二回 Ed-AI 教育理論 WG (WG1) 「オンライン授業のメリットとデメリット: AI をどう使うか?」	2021年11月2日	オンライン開催	37名



タイトル	開催日	場所	参加者
教育DX研修会 教育データの活用の実践～BookRollを使ってみよう！	2021年11月13日	オンライン開催	120名
学術情報メディアセンターセミナー「教育データの活用による教育変革：これまでの実践知を踏まえた今後の展望」	2021年11月19日	オンライン開催	198名
第三回 Ed-AI 教育理論 WG：「非認知能力」とはどんな「能力」なのか？	2022年2月21日	オンライン開催	78名
Ed-AI 研究会 第2回シンポジウム「Ed-AI が生みだす未来の教育」	2022年4月12日	オンライン開催	50名
学術情報メディアセンターセミナー「デジタル教材配信システム BookRoll と教育データ分析コンテスト」	2022年4月19日	オンライン開催	97名
第四回 Ed-AI 教育データ WG (WG3)：「教育データの標準化の動向とその課題」	2022年6月9日	オンライン開催	38名
第1回 Ed-AI 教育実践 WG (WG2)：「教員視点から見た教育システムの自治体共同調達やデータの標準化」	2022年8月4日	オンライン開催	33名
第五回 Ed-AI 教育データ WG (WG3)：「教育現場における教育データの活用とその課題」	2022年9月28日	オンライン開催	22名
第2回 Ed-AI 教育実践 WG (WG2)：「デジタル人材の育成」	2022年11月14日	オンライン開催	22名
Ed-AI 研究会第3回シンポジウム「Ed-AI の未来」	2022年12月3日	東京大学 大学院情報学環福武ホール 福武ラーニングシアター (オンラインとハイブリッド開催)	138名
docomo business Forum'22	2022年10月18日 - 21日	大手町プレイスカンファレンスセンター / オンライン	7,740名

●論文

Kokubun, K., Yama kawa, Y., Hiraki, K., "K. Association bet ween Behavioral Am bixexterity and Brain Health.", Brain Sciences. 10 (3) , 137., 2020/2/29

Taishi Kawamoto & Kazuo Hiraki, "Parental presence with encouragement alters feedback processing in preschoolers: An ERP study," Social Neuroscienc e,14:4, 499-504, 2019/8/14

Ozawa, S., Kanayama, N., & Hiraki, K., "Emotion-related cerebral blood flow changes in the ventral medial prefrontal cortex: An NI RS study," Brain and Cognitio n. 134:21-28., 2019/5/15

開一夫、安西祐一郎、中島秀之、浅田稔、橋田浩一、松原仁、山川宏、栗原聡、松尾豊, "AI 事典 第3版", 近代科学者 (東京). 33-34, 2019年12月21日

池上高志、石黒浩、梅田聡、佐藤 理史、中島 秀之、開 一夫., "人工知能研究は何をめざすか (後編)", 雑誌『科学』2019年5月号 VOL.89 NO.5, 2019年5月

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (一): なぜ赤ちゃん研究なのか? (1)", 究, 105, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2019年12月1日

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二): なぜ赤ちゃん研究なのか? (2)", 究, 106, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年1月1日

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (三): テクノロジーは我々の生活をどう変えるのか (1)", 究, 107, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年2月1日

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (四): テクノロジーは我々の生活をどう変えるのか (2)", 究, 108, 28-31 ミネルヴァ書房 (東京). 2020年3月1日

開一夫 (監修)、市原淳 (作), "もいもい (韓国語版)", RedStone (Gyeonggi-Do, Korea), 2019年2月

開一夫 (監修)、市原淳 (作), "もいもい (ベトナム語版)", Wabooks Co. Ltd (Hà Nội, VIỆT NAM), 2019年2月

開一夫 (監修)、市原淳 (作), "もいもい (中国語繁体字版)", 台湾東販 (股) 有限公司 (台北市), 2019年2月

開一夫 (監修)、ロロン (作), "うるしー (中国語繁体字版)", 台湾東販 (股) 有限公司 (台北市), 2019年2月

開一夫 (監修)、みうらし〜まる (作), "モイモイとキーリー (韓国語版)", RedStone (Gyeonggi-Do, Korea), 2019年2月

開一夫 (監修)、市原淳 (作), "もいもい、どこどこ?", ディスカヴァー・トゥエンティワン (東京), 2019年12月

開一夫 (監修)、ロロン (作), "うるしー (ボードブック)", ディスカヴァー・トゥエンティワン (東京), 2019年3月

Keshmiri, S., Alimardani, M., Shiom, M., Sumioka, H., Ishiguro, H., Hiraki, K., "Higher Hypnotic Suggestibility Is Associated with the Lower EEG Signal Variability in Theta, Alpha, and Beta Frequency Bands," Plos One, 2020/4

Ohki, T., Matsuda, T., Gunji, A., Takei, Y., Sakuma, R., Kaneko, Y., Inagaki, M., Hanakawa, T., Ueda, K., Fukuda, M., Hiraki, K., "Timing of phase-amplitude coupling is essential for neuronal and functional maturation of audiovisual integration in adolescents," Brain and Behavior, 2020/4

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (五): テクノロジーは我々の生活をどう変えるのか (3)", 究, 109, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年4月

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (六): テクノロジーと子育て (1)", 究, 110, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年5月

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (七): テクノロジーと子育て (2)", 究, 111, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年6月

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (八): テクノロジーと子育て (3)", 究, 112, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年7月

Matsunaka, R., Jouen, AL., & Hiraki, K., "Do infants learn foreign words from robot?: an ERP study. ", The virtual International Congress of Infant Studies., 2020/7/6

Suzuki, K., Yazawa, S., Matsunaka, R., Iwasawa, T., & Hiraki, K., "RAPIDLY GRASPING LEARNERS' MATHEMATICAL PERFORMANCE FROM BRAIN ACTIVITY.", 14th International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction, 2020/7/24

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (九): 「今性」と「応答性」(1)", 究, 113, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年8月

Alimardani, M., Kemmerer, L., Okumura, K., Hiraki, K., "Robot-Assisted Mindfulness Practice: Analysis of Neurophysiological Responses and Affective State Change.", Human-Computer Interaction, 2020/8

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十): 「今性」と「応答性」(2)", 究, 114, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年9月

Barbot, B., Hiraki, K., et al., "Manifesto for New Directions in Developmental Science. ", New Directions for Child and Adolescent Development., 2020/9

開一夫, "テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十一): 「今性」と「応答性」(3)", 究, 115, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年10月

Alimardani, M., Hiraki, K., "Passive Brain-Computer Interfaces for Enhanced Human-Robot Interaction.", Frontiers in Robotics and AI-Computational Intelligence in Robotics., 2020/10

開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十二): 注意と期待と環境と (1), 究, 116, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年11月

開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十三): 注意と期待と環境と (2), 究, 117, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2020年12月

開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十四): 注意と期待と環境と (3), 究, 118, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年1月

開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十五): 注意と期待と環境と (4), 究, 119, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年2月

開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十六): 知的好奇心とテクノロジー (1)、究、120, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年3月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十七): 知的好奇心とテクノロジー (2)、究、121, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年4月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十八): 知的好奇心とテクノロジー (3)、究、122, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年5月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (十九): 知的好奇心とテクノロジー (4)、究、123, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年6月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二十): 知的好奇心とテクノロジー (5)、究、124, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年7月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二一): 知的好奇心とテクノロジー (6)、究、125, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年8月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二二): テクノロジーと学び、究、126, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年9月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二三): テクノロジーと学び (2)、究、127, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年10月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二四): 「対話」と「学び」(1)、究、128, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年11月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二五): 「対話」と「学び」(2)、究、129, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2021年12月
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (二六): 「対話」と「学び」(3)、究、130, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2022年1月 [総説]
Yoon, S., Alimardani, M., Hiraki, K. The Effect of Robot-Guided Meditation on Intra-Brain EEG Phase Synchronization. HRI '21 Companion, March 8–11, 2021, Boulder, CO, USA, 318–322
Ozawa, S., Yoshimoto, H., Okanoya, K., & Hiraki, K. Emotional Distraction by Constant Finger Tapping: Pupil Dilation and Decreased Unpleasant Emotion and Task-unrelated Thoughts. Journal of Psychophysiology, 2021/4
Alimardani, M., Braak, S., Jouen, A.-L., Matsunaka, R., Hiraki, K. Assessment of Engagement and Learning During Child-Robot Interaction Using EEG Signals. ICSR 2021: Social Robotics, pp 671–682. 2021/11
Yazawa, S., Sakaguchi, K., Hiraki, K. GO-E-MON: A New Online Platform for Decentralized Cognitive Science. Big Data and Cognitive Computing, Volume 5, Issue 4, 2021/12
開一夫. テクノロジーの進化と人間の発達—私たちはどのような世界を生きているのか? (最終回): 子どもは未来、究、131, 28-31, ミネルヴァ書房 (東京). 2022年2月
開一夫. 発達研究の新たな方法論—ピアジェ再訪, Clinical Neuroscience, 40 (3) , 295-299, 2022年3月
Alimardani, M., Duret, L. P., Jouen, A.-L., Hiraki, K. Robot-Assisted Language Learning Increases Functional Connectivity in Children's Brain. HRI '22: Proceedings of the 2022 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp 674–677. 2022/3
Kanakogi, Y., Miyazaki, M., Takahashi, H., Yamamoto, H., Kobayashi, T., & Hiraki, K. Third-party punishment by preverbal infants. Nature Human Behaviour., 2022/6
松森匠哉, 奥岡耕平, 柴田遼一, 井上南, 吉野哲平, 福地庸介, 岩沢透, 今井倫太. マスク言語モデルを利用した Open Cloze 問題の自動生成, 2022年度人工知能学会全国大会 (第36回), 3N4-GS-10-04, 2022年6月
Ozawa, S., Nakatani, H., Miyauchi, C. M., Hiraki, K., & Okanoya, K. Synergistic effects of disgust and anger on amygdala activation while recalling memories of interpersonal stress: An fMRI study. International Journal of Psychophysiology, 182, 39-46. doi:10.1016/j.ijpsycho.2022.09.008, (2022) .
Mei-Rong Alice Chen, Hiroaki Ogata , Gwo-Jen Hwang , Yihsuan Diana Lin and Gökhan Akçapınar, "Effects of incorporating a topic-scanning guiding mechanism in e-books on EFL reading comprehension", IC3 2019, 2019/9/3-6
Christopher C.Y. YANG, Gökhan AKÇAPINAR, Brendan FLANAGAN & Hiroaki OGATA, "Developing E-Book Page Ranking Model for Pre-Class Reading Recommendation", ICCE 2019, 2019/12/2-6
Gökhan AKÇAPINAR, Mohammad Nehal HASNINE, Rwitajit MAJUMDAR, Brendan FLANAGAN & Hiroaki OGATA, "Exploring the Relationships between Students' Engagement and Academic Performance in the Digital Textbook System", ICCE 2019, 2019/12/2-6
Gökhan AKÇAPINAR, Mei-Rong Alice CHEN, Rwitajit MAJUMDAR, Brendan FLANAGAN, & Hiroaki OGATA, "Exploring Student Approaches to Learning through Sequence Analysis of Reading Logs", LAK2020, 2020/3/23-27
Louis Lecailliez, Brendan Flanagan, Mei-Rong Alice Chen and Hiroaki Ogata, "Smart Dictionary for E-book Reading Analytics", LAK2020, 2020/3/23-27
Satomi Hamada, Yufan Xu, Xuewang Geng, Li Chen, Hiroaki Ogata, Atsushi Shimada and Masanori Yamada, "For Evidence-Based Class Design with Learning Analytics: A Proposal of Preliminary Practice Flow Model in High School", LAK2020, 2020/3/23-27
Xu Yufan, Geng Xuewang, Chen Li, Hamada Satomi, Taniguchi Yuta, Ogata, Hiroaki, Shimada Atsushi, Masanori Yamada, " Can the Areamarked in eBook Readers Specify Learning Performance?", LAK2020, 2020/3/23-27
Yosuke Fukuchi, " Adaptive Enhancement of Swipe Manipulations on Touch Screens with Content-awareness", ICAART2020, 2020/2
Noriko Uosaki, Kousuke Mouri, Takahiro Yonekawa, Chengjiu Yin, Akihiko Ieshima, Hiroaki Ogata, "Learning Support for Career Related Terms with SCROLL and InCircle", 22th international conference on Human-Computer Interaction, 2020/7
Songran Liu, Kousuke Mouri, Hiroaki Ogata, "Learning Analytics Data Flow and Visualizing for Ubiquitous Learning Logs in LMS and Learning Analytics Dashboard", 22th international conference on Human-Computer Interaction, 2020/7
Songran Liu, Kousuke Mouri, Hiroaki Ogata, "The Information Infrastructure for Analyzing and Visualizing Learning Logs in Ubiquitous Learning Environments", 22th international conference on Human-Computer Interaction, 2020/7
Li Chen, Yufan Xu, Xuewang Geng, Hiroaki Ogata, Atsushi Shimada, Masanori Yamada, "Do different instructional styles affect students' learning on summer assignments?", 2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) , 2020/7
Xuewang Geng, Yufan Xu, Li Chen, Hiroaki Ogata, Atsushi Shimada, Masanori Yamada, "Learning Analytics of the Relationships among Learning Behaviors, Learning Performance, and Motivation", 2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) , 2020/7
Rwitajit Majumdar, Huiyong Li, Yuanyuan Yang, Brendan Flanagan, Gokhan Akcapinar, Hiroaki Ogata, "Oh! Another Deadline: Cohort Analysis of Learner's Behaviors in Self-Directed Tasks", 2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) , 2020/7
Brendan Flanagan, Rwitajit Majumdar, Gokhan Akcapinar, Hiroaki Ogata, "The Relationship Between Student Performance and Reading Behavior in Open eBook Assessment", 2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) , 2020/7
Hiroyuki Kuromiya, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata, "Fostering Evidence-Based Education with Learning Analytics: Capturing Teaching-Learning Cases from Log Data", Educational Technology & Society, 2020/8
Vijayanandhini Kannan, Hiroyuki Kuromiya, Sai Preeti Gouripeddi, Rwitajit Majumdar, Jayakrishnan Madathil Warriem and Hiroaki Ogata, Flip & Pair – a strategy to augment a blended course with active-learning components: effects on engagement and learning, Smart Learning Environments, Vol. 7, No.34, 2020.10.
Luan H, Gezcy P, Lai H, Gobert J, Yang SJH, Ogata H, Baltés J, Guerra R, Li P and Tsai C-C, Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education, Front. Psychol., 11 : 580820, 2020.10.19.
Huiyong Li, Rwitajit Majumdar, Yuanyuan Yang and Hiroaki Ogata, Design of a Self-Reflection Model in GOAL to Support Students' Reflection, 28th International Conference on Computers in Education (ICCE2020) , Vol.1, pp.330-335, 2020.11.23.
Kensuke TAKII, Brendan FLANAGAN & Hiroaki OGATA, Efficiency or Engagement: Comparison of Book Recommendation Approaches in English Extensive Reading, 28th International Conference on Computers in Education (ICCE2020) , Vol.2, pp.106-112, 2020.11.23.
Tom GORHAM & Hiroaki OGATA, Professional Learning Community's Views on Accessibility during Emergency Remote Teaching, 28th International Conference on Computers in Education (ICCE2020) , Vol.1, pp.570-572, 2020.11.23.
Tom GORHAM & Hiroaki OGATA, Improving Skills for Peer Feedback on Spoken Content Using an Asynchronous Learning Analytics App, 28th International Conference on Computers in Education (ICCE2020) , Vol.2, pp.782-785, 2020.11.23.
Rwitajit MAJUMDAR, Geetha BAKILAPADAVU, Ramkumar Rajendran, Sameer SAHASRABUDHE, Brendan FLANAGAN, Alice Meirong CHEN & Hiroaki OGATA, Learning Analytics for Humanities and Design Education, 28th International Conference on Computers in Education (ICCE2020) , Vol.2, pp.154-156, 2020.11.23.
Rwitajit Majumdar, Mei-Rong Alice Chen, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, "E-book based Learning in times of Pandemic", ICCE2020, 2020/11.

Patrick Ocheja, Brendan Flanagan, Solomon Sunday Oyelere, Louis Lecaillez and Hiroaki Ogata, "A Prototype Framework for a Distributed Lifelong Learner Model", ICCE2020, 2020/11.
Hiroyuki Kuromiya, Rwitajit Majumdar, Taisyo Kondo, Taro Nakanishi, Kensuke Takii and Hiroaki Ogata, "Impact of School Closure during COVID-19 Emergency: A Time Series Analysis of Learning Logs", ICCE2020, 2020/11.
Daichi Yoshitake, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, "Supporting Group Learning Using Pen Stroke Data Analytics", ICCE2020, 2020/11.
Albert Yang, Irene Y.L. Chen, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, "Applying Key Concepts Extraction for Evaluating the Quality of Students' Highlights on e-Book", ICCE2020, 2020/11.
Albert Yang, Irene Y.L. Chen, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, "How Does The Quality of Students' Highlights Affect Their Learning Performance in e-Book Reading", ICCE2020, 2020/11.
Mei-Rong Alice Chen, Rwitajit Majumdar, Gwo-Jen Hwang, Yihsuan Diana Lin, Hiroaki Ogata, Gökhan Akcaçınar and Brendan Flanagan, "Improving EFL students' learning achievements and behaviors using a learning analytics-based e-book system", ICCE2020, 2020/11.
Yuko Toyokawa, Mei-Rong Alice Chen, Rwitajit Majumdar, Gwo-Jen Hwang and Hiroaki Ogata, "Trends of E-Book-Based English Language Learning: A Review of Journal Publications from 2010 to 2019", ICCE2020, 2020/11.
Vijayanandhini Kannan, Jayakrishnan Warriem Madathil, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata, "Learning Dialogues orchestrated with BookRoll: A Case Study of Undergraduate Physics Class During COVID-19 Lockdown", ICCE2020, 2020/11.
Yanjie Song, Hiroaki Ogata, Yin Yang and Kousuke Mouri, "Examining primary students' after-class vocabulary behavioural learning patterns in user-generated learning context: a case study", ICCE2020, 2020/11.
Rwitajit Majumdar, Geetha Bakilapadavu, Reek Majumder, Mei-Rong Alice Chen, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, "Learning Analytics of Critical Reading Activity: Reading Hayavadana during Lockdown", ICCE2020, 2020/11.
Brendan Flanagan, Rwitajit Majumdar, Kensuke Takii, Patrick Ocheja, Mei-Rong Alice Chen and Hiroaki Ogata, "Identifying Student Engagement and Performance from Reading Behaviors in Open eBook Assessment", ICCE2020, 2020/11.
Taisho Kondo, Huiyong Li, Yuanyuan Yang, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata, "Design Explorations to Support Learner's Mental Health using Wearable Device and GOAL application", ICCE2020, 2020/11.
Victoria Abou-Khalil, Samar Helou, Eliane Khalife, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata, "Emergency remote teaching in low-resource contexts: How did teachers adapt?", ICCE2020, 2020/11.
Huiyong Li, Rwitajit Majumdar, Yuanyuan Yang and Hiroaki Ogata, "Design of a Self-Reflection Model in GOAL to Support Students' Reflection", ICCE2020, 2020/11.
Gökhan Akcaçınar, Mohammad Nehal Hasnine, Rwitajit Majumdar, Mei-Rong Alice Chen, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, "Exploring Temporal Study Patterns in eBook-based Learning", ICCE2020, 2020/11.
Mohammad Nehal Hasnine, Gökhan Akcaçınar, Kousuke Mouri and Hiroshi Ueda, An Intelligent Ubiquitous Learning Environment and Analytics on Images for Contextual Factors Analysis, In the Special Issue of the Applications of Context Awareness Computing and Image Understanding, Applied Sciences, Vol.10, No.24, pp.1-18, 2020.12.
Albert C. M. Yang, Irene Y. L. Chen, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, Automatic Generation of Cloze Items for Repeated Testing to Improve Reading Comprehension, Educational Technology & Society, 2021/07.
Mei-Rong Alice Chen, Yi-Hsuan Lin, Gwo-Jen Hwang, Victoria Abou-Khalil, Huiyong Li, Hiroaki Ogata, A reading engagement-promoting strategy to facilitate EFL students' mobile learning achievement, behavior, and engagement, International Journal of Mobile Learning and Organisation, 2022/01.
Christopher C. Y. Yang, Irene Y. L. Chen and Hiroaki Ogata, Toward Precision Education: Educational Data Mining and Learning Analytics for Identifying Students' Learning Patterns with Ebook Systems, Educational Technology & Society, Volume 24, Issue 1, pp.152-163, 2021.1.
Gwo-Jen Hwang, Ching-Yi Chang, Hiroaki Ogata, The effectiveness of the virtual patient-based social learning approach in undergraduate nursing education: A quasi-experimental study, Nurse Education Today, 2022.1.
Albert C. M. Yang, Irene Y. L. Chen, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, From Human Grading to Machine Grading: Automatic Diagnosis of e-Book Text Marking Skills in Precision Education, Educational Technology & Society, Volume 24, Issue 1, pp.164-175, 2021.1.
Victoria Abou-Khalil, Samar Helou, Eliane Khalifé, Mei-Rong Alice Chen, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata, Emergency Online Learning in Low-Resource Settings: Effective Student Engagement Strategies, Education Sciences, Volume 11, Issue 1, 2021.1.8.
Stephen J.H. Yanga, Hiroaki Ogata, Tatsunori Matsui, Nian-Shing Chen, Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible, Computers and Education: Artificial Intelligence, Volume 2, 2021.1.10.
Patrick Ocheja, Brendan Flanagan, and Hiroaki Ogata, Blockchain in Education: Connecting Learning Records and Contents through the Blockchain, BCK21, 2021.2.17
Mei-Rong Alice Chen, Gwo-Jen Hwang, Rwitajit Majumdar, Yuko Toyokawa and Hiroaki Ogata, Research trends in the use of E-books in English as a foreign language (EFL) education from 2011 to 2020: a bibliometric and content analysis, Interactive Learning Environments, 2021.2.28.
Christopher C. Y. Yang, Irene Y. L. Chen, Gökhan Akcaçınar, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, Using a Summarized Lecture Material Recommendation System to Enhance Students' Preclass Preparation in a Flipped Classroom, Educational Technology & Society, Volume 24, Issue 2, pp.1-13, 2021.4.
Nishioka, C. & Ogata, H., Extensive Reading Using an E-Book System and Online Forum, Learning Analytics and Knowledge 2021 (LAK2021) , 2021.4. (In Press)
Kuromiya H., Nakanishi T., Majumdar R., Ogata H., Real-time Evidence Analysis Library (REAL) : Automatic Aggregation of Learning Analytics Based Intervention, LAK2021, 2021.4.12-16.
Brendan Flanagan, Atsushi Shimada, Rwitajit Majumdar, Hiroaki Ogata, The 3rd Workshop on Predicting Performance Based on the Analysis of Reading Behavior, LAK2021, pp. 237-240, 2021.4.12-16.
Kensuke Takii, Brendan Flanagan, Hiroaki Ogata, An English Picture-book Recommender System for Extensive Reading Using Vocabulary Knowledge Map, LAK2021, pp. 40-42, 2021.4.12-16.
Majumdar R., Şahin D., Kondo T., Li H., Yang Y.Y., Flanagan B. and Ogata H., Enabling Multimodal Reading Analytics through GOAL Platform, LAK2021, pp. 79-81, 2021.4.12-16.
Huiyong Li, Rwitajit Majumdar, Mei-Rong Alice Chen, Hiroaki Ogata, Goal-Oriented Active Learning (GOAL) System to Promote Reading Engagement, Self-Directed Learning Behavior, and Motivation in Extensive Reading, Computers & Education (impact factor 8.538) , 104239, 2021.5.
Changhao Liang, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata, Learning log-based automatic group formation: system design and classroom implementation study, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol.16, No.14, 2021.5.12.
Victoria Abou-Khalil, Samar Helou, Mei - Rong Alice Chen, Brendan Flanagan, Louis Lecaillez, Niels Pinkwart & Hiroaki Ogata, Vocabulary recommendation approach for forced migrants using informal language learning tools, Universal Access in the Information Society, pp.1-12, 2021.5.15.
Huiyong Li, Rwitajit Majumdar, Mei-Rong Alice Chen, Yuanyuan Yang & Hiroaki Ogata, Analysis of self-directed learning ability, reading outcomes, and personalized planning behavior for self-directed extensive reading, Interactive Learning Environments, 2021.6.7.
Chen, C.-H., Yang, S. J. H., Weng, J.-X., Ogata, H., & Su, C.-Y., Predicting at-risk university students based on their e-book reading behaviours by using machine learning classifiers, Australasian Journal of Educational Technology, pp.130-144, 2021.6.27.
Umar Bin Qusheh, Athanasios Christopoulos, Solomon Sunday Oyelere, Hiroaki Ogata and Mikko-Jussi Laakso, Multimodal Technologies in Precision Education: Providing New Opportunities or Adding More Challenges?, Education Sciences, Vol. 11, issue 7, 2021.7.7
Toyokawa Y., Majumdar R., Ogata H., Lecaillez L. and Changhao L., Technology Enhanced Jigsaw Activity Design for Active Reading in English, ICALT 2021, 2021.7.12-15.
Li J., Majumdar R., Ogata H., Mining Mathematics Learning Strategies of High and Low Performing Students using Log Data, ICALT 2021, 2021.7.12-15.
Majumdar R., Kothiyal A., Mishra S., Pande P., Li H., Yang Y.Y., Ogata H. and Warriem JM, Design of a Critical Thinking Task Environment based on ENaCT framework, ICALT 2021, 2021.7.12-15.
Majumdar R., Yoshitake D., Flanagan B., Ogata H., ReDEw: A Learning Analytics Enhanced Learning Design of a Drawing based Knowledge Organization Task, ICALT 2021, pp. 302-304, 2021.7.12-15.
Kensuke Takii, Brendan Flanagan, Hiroaki Ogata, EFL Vocabulary Learning Using a Learning Analytics-based E-book and Recommender Platform, ICALT 2021, pp. 254-256, 2021.7.12-15.
Flanagan B., Changhao L., Majumdar R., Ogata H., Towards Explainable Group Formation by Knowledge Map based Genetic Algorithm, ICALT 2021, pp. 370-372, 2021.7.12-15.
Yuanyuan YANG; Rwitajit MAJUMDAR; Huiyong Li; Gökhan AKÇAPINAR; Brendan FLANAGAN; Hiroaki OGATA, A framework to foster analysis skill for self-directed activities in data-rich environment, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol.16, No.22, 2021.7.27.



Ogata H., Learning Analytics of Humanities Course: Reader Profiles in Critical Reading Activity, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 2021.8.
Liang C., Yuko Toyokawa, Taro Nakanishi, Majumdar R., & Ogata H., Supporting Peer Evaluation in a Data-driven Group Learning Environment, CollabTech2021, pp. 93-100, 2021.8.27-9.3.
Majumdar R., Flanagan B., Ogata H., E-book technology facilitating university education during COVID-19: Japanese experience, Canadian Journal of Learning and Technology, Vol.47, No.4, 2021.9.20.
Hiroshi Ueda and Hiroaki Ogata and Tsuneo Yamada, Developing Policies for the Use of Education and Learning Data in Japan, Procedia Computer Science, 2021.9.
Kuromiya H., Majumdar R., Ogata H., Mining Students' Engagement Pattern in Summer Vacation Assignment, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Toyokawa Y., Majumdar R., Lecailiez L. and Ogata H., A Flipped Model of Active Reading Using Learning Analytics-enhanced E-book Platform, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Ocheja P., Flanagan B., Majumdar R. and Ogata H., Blockchain in Education: Visualizations and Validating Relevance of Prior Learning Data, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Flanagan B., Takami K., Takii K., Yiling D., Majumdar R. and Ogata H., EXAIT: A Symbiotic Explanation Education System, ICCE 2021, 2021.11.22-26. (In Press)
Nakanishi T., Kuromiya H., Majumdar R. and Ogata H., Improvement of Teaching Based on the E-book Reader Logs: A Case Study at High School Math Class in Japan, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Majumdar R., Şahin D., Yang Y. and Li H., Preparations for Multimodal Analytics of an Enactive Critical Thinking Episode, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Zejie Tian, Guangcong Zheng, Brendan Flanagan, Jiazhi Mi, and Hiroaki Ogata, BEKT: Deep Knowledge Tracing with Bidirectional Encoder Representations from Transformers, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Majumdar R., Bakilapadavu G., Li J., Ogata H., Flanagan B. and Chen M. R. A., Analytics of Open-Book Exams with Interaction Traces in a Humanities Course, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Ryosuke Nakamoto, Brendan Flanagan, Kyosuke Takami, Yiling Dai, Hiroaki Ogata, Identifying Students' Stuck Points Using Self-Explanations and Pen Stroke Data in a Mathematics Quiz, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Takami K., Flanagan B., Dai Y., & Ogata H., Toward Educational Explainable Recommender System: Explanation Generation based on Bayesian Knowledge Tracing Parameters, ICCE 2021, 2021.11.22-26.
Hiroaki Ogata, Rwitajit Majumdar, Brendan Flanagan, and Hiroyuki Kuromiya. Learning Analytics and Evidence-based K12 Education in Japan: Usage of Data-driven Services for Mobile Learning Across Two Years, International Journal of Mobile Learning and Organisation, 2023/01. (In press) .
Hiroyuki Kuromiya, Rwitajit Majumdar, Gou Miyabe, and Hiroaki Ogata. E-book-based learning activity during COVID-19: engagement behaviors and perceptions of Japanese junior-high school students, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol. 17. No. 12, 2022/03/21.
Hiroaki Ogata, Rwitajit Majumdar, and Stephen Yang and Jayakrishnan M. Warriem. LEAF (Learning & Evidence Analytics Framework) : Research and Practice in International Collaboration. Information and Technology in Education and Learning, Vol.2, No.1, p. Inv-p001, 2022/11/08.
Rwitajit Majumdar, Liang Changhao, Hiroyuki Kuromiya, Huiyong Li, Brendan Flanagan, and Hiroaki Ogata. Learning and Evidence Analytics Framework (LEAF) : Innovating Log Data Driven Services for Teaching and Learning. Interactive Tools and Demo in 15th ISLS 2022. 2022/06.
Changhao Liang, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata. Continuous Data-Driven Group Learning Support: Case Study of an Asynchronous Online Course. In Proceedings of the 15th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning - CSCL 2022. 2022/06.
Rwitajit Majumdar, Li Huiyong, Yuanyuan Yang, Brendan Flanagan, and Hiroaki Ogata. Goal System to Support In-class Reading Activity: A Study of Advanced and Standard EFL Learners. ICFULL 38. 2022/07.
Patrick Ocheja, Brendan Flanagan, and Hiroaki Ogata. Assessment Results on the Blockchain: A Conceptual Framework. Artificial Intelligence in Education (AIED) . 2022/07/26.
Rwitajit Majumdar, Naomichi Tanimura, Yukihiro Arakawa, Yuta Nakamizo, Brendan Flanagan, Huiyong Li, Yuanyuan Yang and Hiroaki Ogata. Learning at a Cafe and Learning at a Lab: Integrating Learning Logs with Smart Eyewear and Environmental Sensor Data. The Proceeds of 22nd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2022) . 2022/07
Yuko Toyokawa, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata. Active Reading Dashboard to Enhance English Language Learning. ICFULL. 2022/07
Yuko Toyokawa, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata. Detecting Writing Difficulties among Students in Special Needs Class Using BookRoll's Pen Stroke Data. ICFULL. 2022/07
Yuanyuan Yang, Huiyong Li, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata. Leverage Technology to Support Self-direction Strategies for High School Students in Weekly English Vocabulary and Grammar Learning. ICFULL. 2022/07
Huiyong Li, Rwitajit Majumdar, Yuanyuan Yang and Hiroaki Ogata. Perception-behavior differences in self-directed language learning among junior high school EFL learners. ICFULL. 2022/07
Tom Gorham, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata. Pebasco: An Asynchronous Learning Analytics App for Communicative Language Teaching Built Using No-Code Technology. ICFULL. 2022/07
Yuko Toyokawa, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata. Application of Learning Analytics Enhanced e-book reader for Inclusive Education at Special Needs Class. The procs. of 22nd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2022) . 2022/07
Yuanyuan Yang, Rwitajit Majumdar, Huiyong Li, Brendan Flanagan, and Hiroaki Ogata. Design of a Learning Dashboard to Enhance Reading Outcomes and Self-directed Learning Behaviors in Out-of-class Extensive Reading. Interactive Learning Environments (Impact Factor 3.928) . 2022/07/21.
Vjayanandhini Kannan, Jayakrishnan M. Warriem, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata. Learning Dialogues orchestrated with BookRoll: Effects on Engagement and Learning in an Undergraduate Physics course. RPTTEL, Vol. 17, No. 28. 2022/07/22.
Hiroyuki Kuromiya, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata. Detecting Teachers' in-Classroom Interactions Using a Deep Learning Based Action Recognition Model. In Rodrigo, M.M., Matsuda, N., Cristea, A.I., Dimitrova, V. (eds) Artificial Intelligence in Education (AIED 2022) . Posters and Late Breaking Results, Workshops and Tutorials, Industry and Innovation Tracks, Practitioners' and Doctoral Consortium. Vol. 13356, pp. 379-382. 2022/07/26
Ryosuke Nakamoto, Brendan Flanagan, Yiling Dai, Kyosuke Takami and Hiroaki Ogata. An Automatic Self-explanation Sample Answer Generation with Knowledge Components in a Math Quiz. In Rodrigo, M.M., Matsuda, N., Cristea, A.I., Dimitrova, V. (eds) Artificial Intelligence in Education (AIED 2022) . Posters and Late Breaking Results, Workshops and Tutorials, Industry and Innovation Tracks, Practitioners' and Doctoral Consortium. Vol. 13356, pp. 254-258. 2022/07/26
Patrick Ocheja, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata. Assessment Results on the Blockchain: A Conceptual Framework. In Rodrigo, M.M., Matsuda, N., Cristea, A.I., Dimitrova, V. (eds) Artificial Intelligence in Education (AIED 2022) . Posters and Late Breaking Results, Workshops and Tutorials, Industry and Innovation Tracks, Practitioners' and Doctoral Consortium. Vol. 13356, pp. 306-310. 2022/07/26
Chia-Yu Hsu, Rwitajit Majumdar, Huiyong Li, Yuanyuan Yang, and Hiroaki Ogata. Extensive Reading at Home: Extracting Self-directed Reading Habits from Learning Logs. Artificial Intelligence in Education. AIED 2022. Vol. 13355, pp. 614-619. 2022/07/27
Brendan Flanagan, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata. Early-warning Prediction of Student Performance and Engagement in Open Book Assessment by Reading Behavior Analysis. International Journal of Education Technology in Higher Education (SSCI, IF=7.611) . Vol. 19, No. 41. 2022/08/09.
Changhao Liang, Rwitajit Majumdar, Izumi Horikoshi, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata. Exploring predictive indicators of reading-based online group work for group formation assistance. ICCE 2022. 2022/11.
Yuta Nakamizo, Rwitajit Majumdar, Izumi Horikoshi, Changhao Liang, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata. GWpulse: Supporting Learner Modeling and Group Awareness in Online Forum with Sentiment Analysis. ICCE 2022. 2022/11.
Chia-Yu Hsu, Izumi Horikoshi, Huiyong Li, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata. Extracting Students' Self-Regulation Strategies in an Online Extensive Reading Environment using the Experience API (xAPI) . ICCE 2022. 2022/11.
Izumi Horikoshi, Changhao Liang, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata. Peer Evaluation Behavior Analysis: Applicability and Reproducibility of the Method Across Systems and Activity Contexts. ICCE 2022. 2022/11.
Hiroyuki Kuromiya, Rwitajit Majumdar and Hiroaki Ogata. Evaluating Course Grading Fairness in Comparison of Learning Activity Logs Before and After COVID-19. WCCE 2022. 2022/11.
Changhao Liang, Rwitajit Majumdar, Thomas Gorham, Izumi Horikoshi, and Hiroaki Ogata. Estimating peer evaluation potential by utilizing learner model during group work. CollabTech2022. 2022/11.
Gustavo Zurita, Carles Mulet-Forteza, José M. Merigó, Valeria Lobos-Ossandón, and Hiroaki Ogata. A Bibliometric Overview of the IEEE Transactions on Learning Technologies. IEEE Transaction on Learning Technologies. 2022/11.
Changhao Liang, Rwitajit Majumdar, Yuta Nakamizo, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata. Algorithmic group formation and group work evaluation in a learning analytics-enhanced environment: implementation study in a Japanese junior high school. Interactive Learning Environments. 2022/09/19.
Patrick Ocheja, Friday J. Agbo, Solomon S. Oyelere, Brendan Flanagan, and Hiroaki Ogata. Blockchain in Education: A Systematic Review and Practical Case Studies. IEEE Access. 2022/09/15.

Christopher C. Y. Yang and Hiroaki Ogata, Lag sequential analysis for identifying blended learners' sequential patterns of e-book note-taking for self-regulated learning, Educational Technology & Society, 2023/04 (in press) .
Albert C.M. Yang, Brendan Flanagan, and Hiroaki Ogata, Adaptive formative assessment system based on computerized adaptive testing and the learning memory cycle for personalized learning, Computers and Education: Artificial Intelligence, Vol.3, No. 100104, 2022/10/29
Taisei Yamauchi, Kyosuke Takami, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, Nudge Messages for E-Learning Engagement and Student's Personality Traits: Effects and Implication for Personalization, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Kyosuke Takami, Gou Miyabe, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, Automated Test Set Quiz Maker Optimizing Solving Time and Parameters of Bayesian Knowledge Tracing model extracted from Learning Log, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Changhao Liang, Izumi Horikoshi, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata, Learning long-based group work support: GLOBE framework and system implementations, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Taito Kano, Izumi Horikoshi and Hiroaki Ogata, Classification and analysis of learners' proficiency level in marker use based on learning logs, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Rwitajit Majumdar, Hiroaki Ogata, Jayakrishnan Warriem and Prajish Prasad, LA-Reflect: A Platform for Data-informed Reflections in Micro-learning tasks, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Zeje Tian, Brendan Flanagan, Yiling Dai, and Hiroaki Ogata, Automated Matching of Exercises with Knowledge Components, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Izumi Horikoshi, Changhao Liang, Rwitajit Majumdar, and Hiroaki Ogata, Applicability and Reproducibility of Peer Evaluation Behavior Analysis Across Systems and Activity Contexts, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Naomichi Tanimura, Kensuke Takii, Brendan Flanagan and Hiroaki Ogata, A Learning Path Recommendation System for English Grammar Quiz Using Knowledge Map, Proceedings of 30th International Conference on Computers in Education (ICCE 2022) . Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE) , 2022/11.
Hiroaki Ogata, Rwitajit Majumdar, Brendan Flanagan, Learning in the Digital Age: Power of Shared Learning Logs to Support Sustainable Educational Practices, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E106-D, No.2, 2023/02
緒方広明, キャリアデザインにおける教育ビッグデータの活用と可能性, 調査月報, 2021年1月号, pp.2-3, 2021年1月
緒方広明, ラーニングアナリティクス: 教育ビッグデータの分析による教育変革, Nextcom, 45号, pp.14-21, 2021年3月
緒方広明, デジタル教科書で積み上げられる「データ」のゆくえ, 教職研修, 2021年6月号, pp.2-3, 2021年5月19日

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称	発明者
日本電信電話株式会社	2019-48173	PCT/JP	2019年10月12日	学習支援装置、学習支援方法、プログラム	服部正嗣, 藤田早苗, 白井良成
日本電信電話株式会社	2021-18588	PCT/JP	2021年5月17日	ニューラルネットワーク学習装置、ニューラルネットワーク学習方法、プログラム	服部正嗣, 澤田宏, 岩田具治
日本電信電話株式会社	2021-18589	PCT/JP	2021年5月17日	ニューラルネットワーク学習装置、ニューラルネットワーク学習方法、プログラム	服部正嗣, 澤田宏, 岩田具治
日本電信電話株式会社	2022-25898	PCT/JP	2022年6月29日	問題推薦装置、問題推薦方法、プログラム	服部正嗣, 澤田宏, 亀井剛次, 納谷太
日本電信電話株式会社	2022-25899	PCT/JP	2022年6月29日	状態推定装置、問題推薦装置、状態推定方法、問題推薦方法、プログラム	服部正嗣, 澤田宏, 亀井剛次, 納谷太

●受賞実績

タイトル	受賞内容	日付	発表元
VocabGO-An Augmented Reality English Vocabulary Learning App	2020 International Innovation and Invention Competition (IIC220) Gold Medal	2020年11月	International Innovation and Invention Competition

●成果普及の努力 (プレス発表等)

日付	タイトル	媒体
2019年4月8日	「International Symposium on Evidence-Based Education through Learning Analytics at Kyoto University, Japan」	SoLAR
2019年5月7日	「教育データを多方面で活用へ」	時事通信社 内外教育 (第6746号・合併号)
2019年5月28日	授業を受ける生徒の脳状態 リアルタイムに色で表示 東大、学習支援システム実証	日刊工業新聞
2019年5月28日	脳活動測定し授業改善 三浦学苑高と東大大学院全国初実証実験	神奈川新聞
2019年5月28日	ICT 授業効果は? 生徒の脳活動計測 東大実験	毎日新聞
2019年6月7日	授業集中 脳血流で確認	読売新聞
2019年6月8日	「AIで授業改善」	京都新聞
2019年6月10日	「ラーニングアナリティクスで変わるこれからの教育」	学習情報研究7月号
2019年6月25日	「学校のICT活用遅れ、解消へ一歩 文科省が工程表」	日本経済新聞
2019年6月26日	0.4秒 脳力が勝負を分かつ プレインテックで鍛える	日本経済新聞
2019年10月	「教育・学習データの活用により、生徒一人ひとりに応じた学習が可能になり、教育の在り方が変化」	河合塾進路指導情報誌 ガイドライン 10月号
2019年11月	「先駆的なICT活用校を選んだ Surface Go の、安定性とコストパフォーマンス」	日本 Microsoft HP
2020年3月5日	【脳科学と教育】開一夫・東京大学教授インタビュー	教育新聞
2020年4月3日	教育データ活用の可能性を探る	時事通信社 内外教育 (第6822号)
2020年6月8日	魅力ある遠隔授業、「MOOC」に学べ	日本経済新聞 電子版

日付	タイトル	媒体
2021年6月15日	「生徒の「分からない」を可視化するラーニングアナリティクス」	教育とICT Online
2021年7月19日	「データとエビデンスに裏打ちされた教育へ」	教育とICT, No.17
2021年8月23日	「エビデンスに基づく教育実践とは？——EDE 協議会が旗揚げのシンポジウム開催」	教育とICT Online
2021年9月7日	「教育データでエビデンス駆動型教育へ BookRoll 等で学びのデータ活用」	教育家庭新聞
2021年10月18日	知見がない1人1台端末の授業こそデータとエビデンスが役に立つ	教育とICT
2021年11月1日	内田洋行、文科省 CBT システム「MEXCBT」に使われてきた学習 e ポータル「L-Gate」の製品版を本格的に提供開始	株式会社内田洋行プレスリリース
2021年12月5日	学生対面授業「前面」二の足	読売新聞
2022年4月18日	特集 急加速する「日本型教育DX」の全貌 「教育データの分析と可視化が教員を助ける」	日経パソコン教育とICT 第20号 pp.20-23
2022年4月19日	「AI先生」阻む壁 教育データの利用、ルール作りに遅れ	日本経済新聞電子版
2022年5月26日	教育DXの焦点【4】ラーニングアナリティクスは未来の教室を夢見る	教育とICT Online
2022年5月31日	広がる教育データ活用 宿題の解答時間・弱点がリアルタイムで教師に	朝日新聞デジタル
2022年5月31日	学習データ活用 成長を実感	朝日新聞31面
2022年6月7日	デジタル庁や自治体が教育データ利活用の最新状況を語る	教育とICT Online
2022年7月19日	教育データ利活用に向けて研究や実証が進むラーニングアナリティクスやダッシュボードで活用	日経パソコン教育とICT 第21号 pp.8-9

## 6. 国立大学法人広島大学

### ●研究発表・講演

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
林雄介	広島大学	Open Information Structure Approach to Learning Support and Management with Kit-build Concept Map	The 4th International Conference on Educational Management and Administration (CoEMA2019)Invited Talk	2019年10月
平嶋宗	広島大学	「組み立てることによる学習」の設計とその支援環境の開発— 読解過程のホワイトボックス化の試みとして—	情報処理学会第152回CE研究会 招待講演	2019年11月
平嶋宗	広島大学	外的表象のデザインと心的状態のセンシング	第14回医療系eラーニング全国交流会 招待講演	2019年12月
平嶋宗	広島大学	iOSアプリケーション「AIと問題作りi3Monsakun 1」「AIと問題作りi3Monsakun 3」のリリース (株式会社ラーニングエンジニアリング※)	<a href="http://www.learning-engineering.co.jp/monsakun.html">http://www.learning-engineering.co.jp/monsakun.html</a>	2020年1月

※株式会社ラーニングエンジニアリングは研究代表者の研究成果をソフトウェア化して販売するために2013年に設立された大学発ベンチャー企業である。

### ●論文

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	ページ番号	発表年月
Banni Satria Andoko, Yusuke Hayashi, Tsukasa Hirashima	広島大学	An Analysis of Concept Mapping Style in EFL Reading Comprehension from the Viewpoint of Paragraph Structure of Text	The Journal of Information and Systems in Education	63-68	2020年10月
Nur Hasanah, Yusuke Hayashi, Tsukasa Hirashima	広島大学	Posing Arithmetic Word Problems in a Sentence Integration Learning Environment in English and Indonesian: A Utilization Analysis	The Journal of Information and Systems in Education	51-62	2020年10月
Banni Satria Andoko, Yusuke Hayashi, Tsukasa Hirashima, Atiqah Nurul Asri	広島大学	Improving English reading for EFL readers with reviewing kit-build concept map	Research and Practice in Technology Enhanced Learning	1-19	2020年3月
Lia SADITA, Tsukasa HIRASHIMA, Yusuke HAYASHI, Pedro GF FURTADO, Kasiyah JUNUS, Harry b. SANTOSO	広島大学	The effect of differences in group composition on knowledge transfer, group achievement, and learners' affective responses during reciprocal concept mapping with the Kit-Build Approach	Research and Practice in Technology Enhanced Learning	1-19	2020年6月
Lia SADITA, Pedro GF FURTADO, Tsukasa HIRASHIMA, Yusuke HAYASHI	広島大学	Analysis of The Similarity of Individual Knowledge and The Comprehension of Partner's Representation during Collaborative Concept Mapping with Reciprocal Kit Build Approach	IEICE Transactions on Information and Systems	1722-1731	2020年7月



発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	ページ番号	発表年月
Lia SADITA, Tsukasa HIRASHIMA, Yusuke HAYASHI, Warunya WUNNASRI, Jaruwat PAILAI, Kasiyah JUNUS, Harry b. SANTOSO	広島大学	Collaborative concept mapping with reciprocal kit-build: a practical use in linear algebra course	IEICE Transactions on Information and Systems	1-22	2020年7月

●受賞実績

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
林雄介、岩井健吾、平嶋宗	広島大学	研究会優秀賞	人工知能学会	2020年6月

## 7. 国立大学法人岡山大学

●研究発表・講演

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
山本康裕・益岡都萌・宮崎康夫・寺澤孝文	岡山大学・バージニア工科大学	大学生における短時間での語彙習得学習が総合的な英語能力の向上に与える影響	日本教育心理学会第63回総会発表登録済み	2021年8月

●論文

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	ページ番号	発表年月
寺澤孝文	岡山大学	高精度教育ビッグデータで変わる記憶と教育の常識—マイクロステップ・スケジューリングによる知識習得の効率化—	(著書) 風間書房	全135頁	2021年3月31日

●受賞実績

発表者	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
寺澤孝文 (岡山大学)	高精度教育ビッグデータによる学力測定精度の飛躍的向上	日本 e-Learning アワード：文部科学大臣賞 (e-Learning Awards 2019 フォーラム実行委員会、日本工業新聞社)	2019年11月

●成果普及の努力（プレス発表等）

タイトル	発表方法・媒体名	発表年月
大学院教育学研究科の寺澤教授が「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期ビッグデータ・AIを活用したサイバースペース基盤技術」に採択	岡山大学新着ニュースでの発表	2019年1月
寺澤研究室：YouTube チャンネルの開設 <a href="https://www.youtube.com/channel/UCpJ3bEIQTyv1KXdlW50Lpg">https://www.youtube.com/channel/UCpJ3bEIQTyv1KXdlW50Lpg</a>	YouTube	2019年7月
【マイクロステップ】学びが変わる 効果的学習の意外な姿（特集記事）	教育新聞による取材	2019年11月
ビッグデータで学習意欲向上 開発者の寺澤岡山大学教授が講演 e-Learningアワード2019 フォーラム	教育新聞による取材	2019年11月
【株式会社 MAYA SYSTEM】文部科学大臣賞受賞の e-Learning システムにクラウド SIM 搭載スマートフォン「jetfon P6」採用	プレスリリース（株式会社 MAYA SYSTEM 発信）	2019年12月
GIGA スクール構想の一步先を行く、小型で安価な学習端末の実証実験が全国で初めて自治体でスタート	プレスリリース	2020年10月
自主学習の高度化へ 高森中1、2年生 岡山大の協力で端末配布	南信州新聞（長野県）による取材	2020年10月
【増進堂・受験研究社】岡山大学・寺澤教授が推進する NEDO・SIP のプロジェクトに参画。文部科学大臣賞を受賞したマイクロステップ・スタディをコンテンツで支援	プレスリリース（増進堂発信）	2020年11月
成績アップには学習意欲向上がカギ！ 教育格差をなくす高精度教育ビッグデータを活用した新しい e-Learning	SDGs メディア／豪田ヨシオ部による取材	2021年1月
岡山大学 実践データサイエンスフォーラム／SIP 成果報告会開催のお知らせ	プレスリリース	2021年2月
【学ぶ 育む】「見るだけで暗記」岡大発の画期的ドリル／大学院・寺澤教授が開発（特集記事）	山陽新聞（岡山県）による取材	2021年3月
令和時代の新型 e-Learning：最新研究に基づき記憶定着に特化する気を上げる新型 e-Learning	月刊先端教育による取材	2021年4月（取材は2021年3月）

## 8. 株式会社エクサウィザーズ、国立大学法人静岡大学

●研究発表・講演

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2019年3月9日	第3回日本臨床知識学会学術集会	人間中心の人工知能学は臨床知識を広く深くする	竹林洋一
2019年2月6日	東京 CareWeek2019 超高齢社会のまちづくり展 専門セミナー	「本人と家族の視点を重視する「自立共生支援 AI」と認知症情報学～みんなが「ごちゃませ」になってつくる心豊かな共生社会」	竹林洋一

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2019年5月12日	全日本鍼灸学会第68回学術大会愛知大会	かけがえのない記憶の再興戦略	本田美和子
2019年5月14日	International Masterclass on Dementia Care, Design and Aging, Keynote	Designing for Dementia	堀田聡子
2019年6月6日	2019年度人工知能学会全国大会(第33回)企画セッション	KS-11 ヒューマンインタラクション技術による自立共生支援 AI の研究開発と社会実装に向けて	桐山伸也
2019年6月6日	2019年度人工知能学会全国大会(第33回)企画セッション	KS-11 ヒューマンインタラクション技術による自立共生支援 AI の研究開発と社会実装に向けて	小林美亜
2019年6月6日	2019年度人工知能学会全国大会(第33回)企画セッション	KS-11 ヒューマンインタラクション技術による自立共生支援 AI の研究開発と社会実装に向けて	石川翔吾
2019年6月6日	2019年度人工知能学会全国大会(第33回)企画セッション	KS-11 ヒューマンインタラクション技術による自立共生支援 AI の研究開発と社会実装に向けて	竹林洋一
2019年6月6日	2019年度人工知能学会全国大会(第33回)[3Rin2] インタラクティブセッション1	認知症の状態理解を深めるための ConceptNet を用いた認知症見立て表現モデルの構築	神谷直輝、吉沢拓実、石川翔吾、上野秀樹、小林美亜、前田実、西山千秋、村上佑順、桐山伸也、竹林洋一
2019年6月6日	2019年度人工知能学会全国大会(第33回)[3Rin2] インタラクティブセッション1	認知症のある人の個性表現に基づく自立を重視した生活環境デザインの評価と分析	寺面美香、石川翔吾、桐山伸也、加藤忠相、井出猛、竹林洋一
2019年6月7日	第34回日本老年精神医学会特別企画シンポジウム	認知症のある人の暮らしをともに紐解き未来をつくる：認知症未来共創ハブの活動を手がかりに	箕裕介、猿渡進平、徳田雄人、樋口直美、粟田圭一・堀田聡子(座長)
2019年6月7日	第33回人工知能学会全国大会	認知症ケア協調学習環境における多重思考モデルに基づく指導知識の表出化	小俣敦士 本田美和子他
2019年6月7日	第33回人工知能学会全国大会	認知症ケア協調学習環境における多重思考モデルに基づく指導知識の表出化	小俣敦士、石川翔吾、松井佑樹、原寿夫、宗形初枝、中野目あゆみ、坂根裕、本田美和子、桐山伸也、竹林洋一
2019年6月22日	第29回東北作業療法学会特別講演	地域包括ケアから地域共生社会へ参加とつながりを手がかりに	堀田聡子
2019年6月30日	みんなの認知症情報学会 第1回ポスター発表交流会	みんなの認知症情報学からみた慢性の痛み - 自立共生支援 AI のための多視点データベースの構築 -	柴田健一
2019年6月30日	みんなの認知症情報学会 第1回ポスター発表交流会	マルチモーダルセンシング基盤を活用した認知症ケアの見える化	小野塚優志、青木渉、宮坂光太郎、船橋美沙子、田中とも江、石川翔吾、桐山伸也
2019年6月30日	みんなの認知症情報学会 第1回ポスター発表交流会	認知症ケアの協調学習環境におけるコーチングの可視化と分析	小俣敦士、石川翔吾、原寿夫、宗形初枝、中野目あゆみ、香山壮太、坂根裕、本田美和子、桐山伸也、竹林洋一
2019年6月30日	みんなの認知症情報学会 第1回ポスター発表交流会	介護記録の見える化による認知症のある人の個性理解の深化	寺面美香、石川翔吾、桐山伸也、加藤忠相、井出猛、竹林洋一
2019年6月30日	みんなの認知症情報学会 第1回ポスター発表交流会	認知症見立て塾の ICT 化と学びの見える化	神谷直輝、石川翔吾、上野秀樹、小林美亜、村上佑順、桐山伸也、竹林洋一
2019年6月30日	みんなの認知症情報学会 第1回ポスター発表交流会	見立て塾と認知症支援	上野秀樹
2019年6月30日	みんなの認知症情報学会 第1回ポスター発表交流会	認知症見立て塾と生活環境デザイン塾の普及と本格発展に向けて	石川翔吾
2019年7月6日	第13回日本慢性看護学会教育講演	改めて地域のレジリエンスを考える - Compassionate Community (思いやりに満ちたコミュニティ) を手がかりに -	堀田聡子
2019年7月20日	第21回日本医療マネジメント学会学術総会	優しさを届けるケア技術ユマニチュード	本田美和子
2019年7月23日	21世紀政策研究所シンポジウム	誰もが参加できる社会に向けたチャレンジ：認知症未来共創ハブと健康の新しい概念を手がかりに	堀田聡子
2019年8月23日	日本キリスト者医科連盟第71回総会	優しさを届けるケア技術ユマニチュード	本田美和子
2019年8月26日	研究報告高齢社会デザイン (ASD), 2019-ASD-15 (2), pp.1-5	認知症ケアエビデンス創出のためのマルチモーダル状況理解センシング基盤の構築	小野塚優志、青木渉、田中とも江、船橋美沙子、桐山伸也
2019年8月31日	第29回日本保健医療社会福祉学会シンポジウム	地域共生社会の実現に向けて compassionate community を手がかりに	堀田聡子
2019年9月4日	第37回日本ロボット学会	マルチモーダル・ケア技術の技術評価と臨床効果	本田美和子
2019年9月4日	第37回日本ロボット学会	認知症ケア高度化のための構造化映像を用いた協調的コーチング環境	小俣敦士
2019年9月7日	みんなの認知症情報学会 第2回年次大会 特別企画	SIP の取り組み	石山洸、宮田裕章、桐山伸也、小林美亜
2019年9月7日	みんなの認知症情報学会 第2回年次大会	継承道場の IT を用いた可視化～人に教えることで自分が変容する姿を見て、また変わる	神谷直輝
2019年9月7日	みんなの認知症情報学会 第2回年次大会	多視点観察情報からみた慢性の痛みデータベース構築に向けた取り組み	柴田健一
2019年9月8日	みんなの認知症情報学会 第2回年次大会 特別セッション	自立共生支援 AI の取り組み - AI は認知症の課題にどのように貢献できるのか? -	坂根裕、石川翔吾
2019年9月8日	みんなの認知症情報学会 第2回年次大会 市民公開ワークショップ	認知症のある本人の声を中心とした自立共生社会について考えるワークショップ	桐山伸也、石川翔吾
2019年9月29日	一般社団法人日本認知症ケア学会 2019 年北海道ブロック大会	優しさを届けるケア技術ユマニチュード	本田美和子
2019年10月2日	日経認知症シンポジウム	認知症未来共創ハブ	堀田聡子

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2019年10月10日	第4回 CareTEX 関西 2019 専門セミナー	認知症当事者と家族の視点を重視する『自立共生支援 AI』と地域づくり	竹林洋一
2019年10月11日	第33回日本手術看護学会年次大会	優しさを届けるケア技術ユマニチュード	本田美和子
2019年10月20日	日本ユマニチュード学会	HOCORECO: 歩行×AIによる適切な介入手法の提案	坂根裕、江崎日淑、山崎寛、亀山悟
2019年10月27日	The IEEE International Conference on Computer Vision	First-Person Camera System to Evaluate Tender Dementia-Care Skill	Atsushi Kanakazawa, Miwako Honda
2019年11月1日	人工知能 34 巻 6 号 (2019 年 11 月), pp.845-846	企画セッション KS-11 「ヒューマンインタラクション技術による自立共生支援 AI の研究開発と社会実装に向けて」	桐山伸也, 石山洸
2019年11月8日	第73回国立病院総合医学会	優しさを伝えるケア技術・ユマニチュード	本田美和子
2019年11月9日	日本認知症ケア学会九州・沖縄ブロック大会特別講演	認知症未来共創ハブー認知症とともによりよく生きるいまと未来に向けて	堀田聡子
2019年11月10日	第24回 静岡健康・長寿学術フォーラム「県民フォーラム」	みんなでマルチモーダルなエビデンスと知を創り出す認知症情報学—サイバー・フィジカルAIによるお茶の多面的理解と文化の振興—	竹林洋一
2019年11月10日	第24回 静岡健康・長寿学術フォーラム「県民フォーラム」	からだどこの状態のビッグデータ構築と知識化を推進するセンシング情報基盤—誰といつどこでどんな「お茶」をすると健康になれるか?—	桐山伸也
2019年11月13日	公益社団法人群馬県看護協会年次総会	尊厳を回復させるケア“ユマニチュード”	本田美和子
2019年11月23日	人工知能学会 合同研究会 2019 第 14 回 コモンセンス知識と情動研究会	ミンスキー理論に基づく物語/対話理解とコミュニケーション支援への応用	桐山伸也
2019年11月23日	人工知能学会 合同研究会 2019 第 14 回 コモンセンス知識と情動研究会	認知症ケアの創造力を高める症例理解	石川翔吾
2019年11月23日	人工知能学会 合同研究会 2019 第 14 回 コモンセンス知識と情動研究会	ケアのナラティブな世界の構造化	小林美亜
2019年11月28日	第43回日本高次脳機能障害学会	認知症のある人の生活困難事例における神経心理学的考察	矢野真沙代
2019年11月30日	日本建築学会・福祉施設小委員会シンポジウム	地域に向かう福祉施設	堀田聡子
2019年11月30日	第21回神奈川看護学会	AIの看護への活用と未来—AIは認知症の人を看護できるのか—	竹林洋一
2019年12月15日	日本科学未来館 Miraikan フォーカス トークセッション	AI×超高齢社会 ～データでかわる? 介護の現場	石川翔吾, 加藤志相
2020年1月15日	デジタルプラクティス, 11 (1), pp.154-172	医学的知識を持つ介護従事者育成のための認知症見立て遠隔講義システムの開発	神谷直輝, 吉沢拓実, 石川翔吾, 小林美亜, 上野秀樹, 村上佑順, 桐山伸也, 竹林洋一
2020年1月17日	第20回日本クリニカルバス学会学術集会	人間中心のマルチモーダルな AI と IoT が拓く医療介護の未来	竹林洋一
2020年2月13日	(研究発表) 東京 CareWeek 第3回超高齢社会のまちづくり展 CareCITY2020 専門セミナー	当事者視点の介護機器システム高度化に向けた事例紹介とエビデンスづくりのワークショップ	石川翔吾, 佐藤武, 田中克明
2020年2月13日	東京 CareWeek 第3回超高齢社会のまちづくり展 CareCITY2020 専門セミナー	当事者視点の介護機器システム高度化に向けた事例紹介とエビデンスづくりのワークショップ	桐山伸也
2020年2月14日	東京 CareWeek 第3回超高齢社会のまちづくり展 CareCITY2020 専門セミナー	認知症当事者の心身状態のビッグデータ構築と生活環境デザイン ～人間中心の AI・IoT 活用を通じて～	竹林洋一
2020年2月14日	東京 CareWeek 第3回超高齢社会のまちづくり展 CareCITY2020 専門セミナー	在宅医療・介護領域における人材定着に向けたマネジメント	小林美亜
2020年2月14日	日本学術会議学術フォーラム	ユマニチュードと認知症	本田美和子
2020年3月19日 (2020年10月に開催延期)	Alzheimer disease international	Effect of an educational method that uses role playing for carecommunication -techniques with patients with dementia	Hisami Aoyagi, Miwako Honda
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回) 企画セッション	一人称視点ビッグデータを創るみんなの認知症情報学とマルチモーダル自立共生支援 AI	—
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	当事者視点重視のケアビッグデータの構築と活用	小林美亜
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	みんなで創るマルチモーダル自立共生支援 AI	桐山伸也
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	障害による引きこもり様態からの脱却プロセスにおける感情表現モデルの構築	川崎一平, 永井邦明, 原田瞬, 柴田健一, 小川敬之, 桐山伸也
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	マルチモーダル環境センシングによる認知症高齢者の生活支援ケアエビデンスの創出	徳元敦, 安間泰登, 小野塚優志, 小侯敦士, 田中とも江, 船橋美沙子, 桐山伸也
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	認知能力の多様な個性に対応する多世代学習環境の構築「子どもの願望」と「高齢者が幼少期から抱く願望」をつないで愛着形成と生涯発達を促進する	沢井佳子, 石川翔吾, 桐山伸也
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	臨床判断能力の向上を目指した口腔ケアの実践知学習システムの構築	小林美亜, 島田直哉, 小侯敦士, 奈良とみ子, 田中とも江, 小野塚優志, 神谷直輝, 桐山伸也
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	認知症の状態像理解深化のためのマルチモーダル多視点観察情報を用いた共生支援	柴田健一, 箸方陽介, 石川翔吾, 桐山伸也, 玉井顯
2020年6月11日	2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)	認知症見立て塾における状態像理解モデルを用いた学習プロセスの分析	神谷直輝, 田中遥介, 石川翔吾, 上野秀樹, 小林美亜, 村上佑順, 桐山伸也



発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2020年6月12日	2020年度人工知能学会全国大会(第34回)	認知症見立ての地域展開に向けたOpen Source Software型見立て知マネジメントシステムの開発	田中遥介, 神谷輝輝, 石川翔吾, 上野秀樹, 小林美亜, 楠田理佳, 村上佑順, 桐山伸也
2020年6月12日	2020年度人工知能学会全国大会(第34回)	認知症ケアエビデンス創出のための表情の変化に着目したインタラクション分析	小野塚優志, 高原祥平, 飯山将晃, 田中とも江, 船橋美沙子, 小林美亜, 桐山伸也
2020年6月12日	2020年度人工知能学会全国大会(第34回)	多重思考モデルに基づく認知症ケアの内省を高度化させるマルチモーダル映像学習環境	小俣敦士, 石川翔吾, 中野目あゆみ, 香山壮太, 宗形初枝, 原寿夫, 桐山伸也, 竹林洋一
2020年6月12日	2020年度人工知能学会全国大会(第34回)	多層思考モデルに基づく処遇困難事例に対する福祉支援	岡田太造, 石川翔吾, 桐山伸也, 竹林洋一
2020年6月12日	2020年度人工知能学会全国大会(第34回)	認知症見立ての継承道場講師養成における講師の継承スキルの評価	楠田理佳
2020年6月12日	2020年度人工知能学会全国大会(第34回)	生活環境デザイン知の表出化による当事者視点の評価	寺面美香, 石川翔吾, 加藤忠相, 田中克明, 小林美亜, 桐山伸也
2020年10月2日-4日	第58回日本医療・病院管理学会学術総会	人工知能による介護・医療・健診・税賦課データを用いた個人の将来介護費と医療費の予測モデル開発	林慧茹, 亀山悟, 高柳智美, 今中雄一
2020年10月20日-22日	第79回日本公衆衛生学会総会	機械学習を用いた医療・介護・健診・所得からの個人将来要介護度予測に関する研究	林慧茹, 亀山悟, 高柳智美, 池田(園田)紫乃, 高橋新, 一原直昭, 宮田裕章, 今中雄一
2020年11月28日-29日	みんなの認知症情報学会 第3回年次大会	リモートでもごちゃまぜ～コロナ禍で気づいたことをオンラインで語り合おう～	—
2021年1月26日	medRxiv: https://doi.org/10.1101/2021.01.20.21250146	Development and validation of gradient boosting decision tree models for predicting care needs using a long-term care database in Japan	Huei-Ru Lin, Koki Fujiwara, Sasaki Minoru, Ko Ishiyama, Shino Ikeda-Sonoda, Arata Takahashi, Hiroaki Miyata
2021年3月5日	第20回高齢社会デザイン(ASD)研究会	当事者本人の状態理解を深める認知症ケアインタラクション表現モデルの構築	小野塚優志, 中野目あゆみ, 香山壮太, 小俣敦士, 石川翔吾, 桐山伸也
2021年3月5日	第20回高齢社会デザイン(ASD)研究会	認知症ケアの高度化に向けたICFを活用した個性表現に基づく当事者視点アセスメント支援システムの開発	寺面美香, 柴田健一, 小林美亜, 石川翔吾, 桐山伸也
2021年3月18日	東京 CareWeek 第4回超高齢社会のまちづくり展 CareCITY2020 専門セミナー	「本人視点」の介護機器システムを創るには?	桐山伸也

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
株式会社エクサウィザーズ	特願 2019-112268	国内	2019年6月17日	情報処理装置、情報処理方法、プログラム及び学習済みモデル
株式会社エクサウィザーズ	特願 2019-112269	国内	2019年6月17日	情報処理装置、情報処理方法及びプログラム
株式会社エクサウィザーズ	特願 2020-116102	国内	2020年7月6日	情報処理装置、情報処理方法及びプログラム
一般社団法人 みんなの認知症情報学会	特願 2020-185833	国内	2020年11月6日	学習システム

●受賞実績

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
林慧茹 <sup>1,3</sup> , 亀山悟 <sup>1</sup> , 高柳智美 <sup>1</sup> , 池田(園田)紫乃 <sup>2</sup> , 高橋新 <sup>2</sup> , 一原直昭 <sup>2</sup> , 宮田裕章 <sup>2</sup> , 今中雄一 <sup>3</sup>	<sup>1</sup> 株式会社エクサウィザーズ <sup>2</sup> 慶応義塾大学 <sup>3</sup> 京都大学大学院医学系研究科医療経済学専攻	機械学習を用いた医療・介護・健診・所得からの個人将来要介護度予測に関する研究	第79回日本公衆衛生学会総会: 京都, オンライン開催 (優秀口演賞受賞)	2020年10月
林慧茹 <sup>1,2</sup> , 亀山悟 <sup>1</sup> , 高柳智美 <sup>1</sup> , 今中雄一 <sup>2</sup>	<sup>1</sup> 株式会社エクサウィザーズ <sup>2</sup> 京都大学大学院医学系研究科医療経済学専攻	人工知能による介護・医療・健診・税賦課データを用いた個人の将来介護費と医療費の予測モデル開発	第58回日本医療・病院管理学会学術総会: 福岡, オンライン開催 (優秀演題賞受賞)	2020年10月

●成果普及の努力(プレス発表等)

発表年月日	成果普及の形態	発表媒体	内容
2019年1月20日	テレビ出演	NHK「クローズアップ現代+認知症時代に希望“科学的介護”最前線」	ユマニチュードに対する、科学的アプローチの紹介
2019年3月21日	テレビ出演	NHK Eテレ「人間ってナンだ? 超AI入門シーズン2」第11回「老いる」	介護分野における人工知能の活用事例(コーチングAI)の紹介
2019年5月12日	市民公開講座	NHK 厚生文化事業団・NHK フォーラム	市民が学ぶケア技術と本研究結果を用いたその評価方法の紹介
2019年4月-10月	新聞連載	東京新聞 全12回	ケア技術の基礎と本研究結果を用いたその評価方法の紹介
2019年5月31日	NHK テキスト	NHK ガッテン! 健康 プレミアム・プラス Vol.16,50-51	ケア技術の基礎と本研究結果を用いたその評価方法の紹介
2019年6月30日	イベント開催/参加	みんなの認知症情報学会第1回ポスター発表交流会	—
2019年8月7日	イベント開催/参加	当事者重視のワークショップ	みんなの認知症情報学会による自立共生支援AIの実践～認知症の本人と人間中心のAI・IoTの連携～

発表年月日	成果普及の形態	発表媒体	内容
2019年8月9日	新聞記事	中日新聞	認知症AIで支援 静大がシステム開発 患者と対話、服装など助言
2019年8月29日	新聞記事	静岡新聞朝刊	2019年8月7日開催の当事者重視のワークショップの紹介
2019年9月7日～8日	イベント開催 / 参加	みんなの認知症情報学会第2回年次大会	みんなごちゃまぜで考えよう～ホントにできる?自立共生支援AIによるまちづくり～
2019年9月13日	新聞記事	静岡新聞朝刊	グラウンドゴルフの競技者データ分析やAI研究の取り組みの紹介
2019年11月2日	ラジオ出演	山形放送「Life is...」	本研究成果を用いたケア技術評価方法の紹介
2019年11月7日	雑誌特集	文藝春秋	本研究成果を用いたケア技術評価方法の紹介
2019年11月12日	イベント開催 / 参加	第5回心身健康創造学連続セミナー	エビデンス&ナラティブを考える
2019年11月16日	新聞記事	読売新聞夕刊	本研究成果を用いたケア技術評価方法の紹介
2019年11月30日	新聞記事	静岡新聞朝刊	ケア情報学研究所開設について
2019年12月	イベント開催 / 参加	2019国際ロボット展	本研究成果を用いた介護予防ロボット「ロコピョン」を出展
2019年12月21日	イベント開催 / 参加	第2回みんなの認知症情報学シンポジウム	みんなで創る「関係性」のみえるコミュニティ
2020年1月30日	市民公開講座	米國コーネル大学同窓会日本支部	本研究成果を用いたケア技術評価方法の紹介
2020年1月31日-2月11日	新聞特集連載記事	読売新聞 医療ルネサンス	本研究成果を用いたケア技術評価方法の紹介
2020年2月11日	新聞記事	中日新聞	認知症ケアでAI活用 加賀市と静岡大共同事業
2020年2月13日	イベント開催 / 参加	みんなの認知症情報学会 当事者視点の介護機器システム高度化に向けた事例紹介とエビデンスづくりのワークショップ	—
2020年2月13日	イベント開催 / 参加	みんなの認知症情報学会 第2回自立共生支援AIを考える会	—
2020年2月20日	Webメディア記事	CNET Japan	「女優のいとうまい子さんが「ロボット開発者」に転身したワケ - 超高齢社会に技術で挑む」
2020年2月21日	新聞記事	静岡新聞朝刊	静岡大学ケア情報学研究所、みんなの認知症情報学会による加賀市での健康増進・ケア向上事業の紹介
2020年2月25日	ラジオ出演	京都 KBS ラジオ	本研究成果を用いたケア技術評価方法の紹介
2020年3月20日	プレスリリース	株式会社エクササイズ (ホームページ)	宮崎市と「ケアマネジメント業務の最適化」に向けた実証事業を開始
2020年3月20日	新聞記事	宮崎日日新聞	「AI、ICTで介護計画 宮崎市と3社研究へ」
2020年3月21日	雑誌特集	NHK きょうの健康テキスト	本研究成果を用いたケア技術評価方法の紹介と参加した家族のコメント
2020年3月25日	新聞記事	静岡新聞朝刊	静岡大学ケア情報学研究所 発足会議の紹介
2020年8月27日	イベント開催 / 参加	第6回 静岡大学「心身健康創造学」連続セミナー	コロナ騒動から考える心身の健康・ケアと新しい高齢社会のデザイン
2020年9月3日	イベント開催 / 参加	オンライン交流会 一地域・社会づくり #0	—
2020年10月17日	新聞記事	静岡新聞	AI活用 健康増進 静岡大と加賀市連携協定へ
2020年11月3日	新聞記事	日本経済新聞	AIで健康長寿まちづくり実験 静大、加賀市越境連携 フレイル予防などデータ分析・提案
2020年11月17日	イベント開催 / 参加	みんなの認知症情報学会 オンライン交流会	Hugのできるごと、介護支援のこれから～介護支援ロボットの開発秘話と技術の良い関係～
2021年1月27日	イベント開催 / 参加	第7回静岡大学ケア情報学研究所「心身健康デザイン」連続セミナー	AIで考える心の健康・ケアと地域づくり
2021年3月18日	イベント開催 / 参加	みんなの認知症情報学会 介護機器開発やケア現場の事例から「本人視点」について考えるワークショップ	—
2021年3月26日	イベント開催 / 参加	第8回静岡大学ケア情報学研究所「心身健康デザイン」連続セミナー	痛みとAIをつなぐシステムづくり

## 9. 株式会社アルム、学校法人慈恵大学東京慈恵会医科大学、日本テクトシステムズ株式会社、データセクション株式会社

### ●研究発表・講演

業界団体 (日本医療ベンチャー協会) にてオープンプラットフォーム化に向けて発表 (2019年9月)
未来投資会議「健康・医療・介護会合」にて当分野の規制改革、保険適応についてプレゼン (2019年11月)
日本テクトシステムズプレスリリース「第5回日本脳神経外科認知症学会にて脳画像解析ツールの発表」(2021年6月20日)
日本テクトシステムズプレスリリース「第57回日本肝臓学会総会にて脳画像解析ツールを用いた研究成果の発表」(2021年6月17日～18日)
坂野哲平「Well Aging Society Summit Asia-Japan」にてプレゼン (2021年11月15日～16日)
舞草伯秀、日本認知症学会学術集「MRI 画像解析ツールを用いた「規模健康データベースを用いた Harmonized Z-score による AD 代理バイオマーカーの検討」をプレゼン (2021年11月26日～28日)
坂野哲平、経済同友会 47th AJBM Plenary Session 3 Paving the Way to the New Normal through Digitalization 「Healthcare/Medical ICT Business Collaboration」(2022年3月10日)
日本テクトシステムズ「第6回日本脳神経外科認知症学会学術総会にて脳画像解析ツールの発表」(2022年6月11日)
日本テクトシステムズ「第31回日本脳ドック学会総会にて脳画像解析ツールの発表」(2022年6月23日)
坂野哲平、ITU in Tokyo Telemedicine and e-Health Session 「Telemedicine & partnership bringing Medical DX in healthcare」(2022年9月29日)
坂野哲平、ITU in Rumania Telemedicine and e-Health Session 「Telemedicine & partnership bringing Medical DX in healthcare」(2022年9月23日)

坂野哲平、AMED 開発途上国・新興国がビジネスチャンスに！ニーズに合った製品開発のノウハウ「新興国・途上国向け機器開発に必要な組織作り」(2022年10月5日)
坂野哲平、第76回国立病院総合医学会「医療DXと働き方改革」(2022年10月7日)
坂野哲平、救急医療学会 第50回日本救急医学会「医療DX後の未来を考えてみよう」(2022年10月20日)
坂野哲平、がん治療学会 UICC シンポジウム「Close the Care Gap」がん治療のGAPを埋める「デジタルが乗り越える」(2022年10月22日)
竹下康平、HOSPEX 2022「何が変わる？～スマホを使った働き方への取り組み～」(2022年10月28日)
坂野哲平、Local Cancer Day 2022：地域でがんを生き延びる「がん医療を届けるためのアクセス改善の方策とは」(2022年11月13日)
竹下康平、デジタルツインカンファレンス「東京慈恵会医科大学附属病院でのデジタル医療の取組紹介」(2022年11月30日)
坂野哲平、SIP 第三期人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備 ワークショップ「介護DXをもたらず介護支援ロボットの課題と可能性」(2022年12月8日)

●研究発表・講演（公開セミナー）

日経 BP 総研主催「経営課題×社会問題解決フォーラム 2019～2020」～ゲームチェンジでプラットフォームになったスタートアップ「アルム」の取り組み (2019年10月17日)
ITU Virtual Digital World 2020、バーチャル出展 (2020年10月20日～22日)
坂野哲平、「医師対医師オンライン診療とIoTプラットフォームの可能性」、第4回IoTサミット、2019年12月14日
アルム出展「アフリカ・オンライン商談会」(2021年1月25日～2021年2月10日)
アルム出展「東南アジア健康・スポーツ産業オンライン商談会」(2021年1月19日～1月21日)
竹下康平「三菱UFJ銀行セミナー、病院におけるDXを活用した業務効率化の実践」(2021年10月21日～11月11日)

●論文

日本テクトシステムズの脳画像解析ツールを使用した舞草先生の論文公開「(Geriatric Medicine) Automatic detection of Alzheimer's dementia using speech features of Hasegawa's Dementia Scale-Revised」(2019年2月1日)
日本テクトシステムズの脳画像解析ツールを使用した舞草先生の論文公開「(PROGRESS IN MEDICINE) マルチアトラス法と大部位領域分割を利用した脳関心領域の高速自動体積算出法の開発」(2019年8月10日)
日本テクトシステムズの脳画像解析ツールを使用した舞草先生の論文公開「Harmonized Z-Scores Calculated from a Large-Scale Normal MRI Database to Evaluate Brain Atrophy in Neurodegenerative Disorders」(2022年9月21日)

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
アルム	特許第 6737487 号	国内	2019年5月20日	画像処理装置、画像処理システム、および画像処理プログラム
アルム	特許第 6683960 号	国内	2019年5月20日	画像処理装置、画像処理システム、および画像処理プログラム
日本テクトシステムズ	特許第 6738003 号	国内	2020年7月21日	MRI 画像に基づく解剖学的部位の抽出装置、方法、プログラム
アルム	特許第 6958880 号	国内	2020年4月17日	遠隔診断支援システム
アルム、東海大学	特願 2021-075064	国内	2021年4月20日	予測システム、予測装置、および予測プログラム

●成果普及の努力（プレス発表等）

日付	タイトル	媒体
2019年5月	海外事業化に向けた杭州市ヘルスケア特区での取り組み	中国キー局
2019年7月	日本テクトシステムズとグローバル大手 GE と本研究の認知症画像診断の加速に向けて提携発表	日経産業新聞
2021年1月	日経産業新聞「NEXT ユニコーン」特集	日経産業新聞
2021年2月18日	脳画像解析ツールの医療機器認証	日本テクトシステムズプレスリリース

10. 株式会社aba

●研究発表・講演

ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム公開シンポジウム 2019 排泄センサーを基軸とした介護者支援システムの開発, 2019年12月2日
JFlex2020 スタートアップセッション 排泄センサーで実現する、必要な時に必要な介護の未来, 2020年1月30日
文部科学省 科学技術・学術政策研究所 ナイスステップな研究者 2020 講演会 『介護者負担の軽減を目指し AI により予測を用いた「排泄」ケアシステムの開発』, 2020年7月15日
福岡市ケアテック推進コンソーシアム 第2回ケアテックオンラインセミナー 2020「介護業界における新たな技術の活用事例 / 活用のヒント」～介護現場編(省力化・負担軽減・夜間介護・排泄介護など)～, 2020年11月17日
日経クロステック EXPO 2021 介護ロボットで未来を支える～『日経テクノロジー展望 2022 世界を変える 100 の技術』出版記念, 2021年10月14日

●論文

Shohei Sugano, Kazuhiro Tanimoto, Toshiki Kobayashi, and Yoshimi Ui: "Excretion Detection Systems with Gas Sensors - Development of Excretion Detection Device with Non-suction utilizing Floor Cushion -," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.35, No.3, 2023. (Under review)
--

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
aba	特願 2018-143930 (PCT/JP2019/29307)	PCT	2019年7月25日	排泄又は放屁検知器
aba	特願 2019-173211	JP: 日本	2019年9月24日	介護支援装置、介護支援方法、プログラム及び介護支援システム
aba	特願 2021-068877	JP: 日本	2021年4月15日	排泄検知クッション



出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
aba	2020800644515 (PCT/JP2020/035268)	PCT (中国)	2022年3月14日	介護支援装置、介護支援方法、プログラム及び介護支援システム
aba	17/695,461 (PCT/JP2020/035268)	PCT (アメリカ)	2022年3月15日	介護支援装置、介護支援方法、プログラム及び介護支援システム
aba	11202202680U (PCT/JP2020/035268)	PCT (シンガポール)	2022年3月17日	介護支援装置、介護支援方法、プログラム及び介護支援システム
aba	特願 2022-160632	JP: 日本	2022年10月5日	排泄検知センサデバイス及び排泄検知センサパッド

●受賞実績

タイトル	受賞内容	日付	発表元
介護者負担の軽減を目指し AI による予測を用いた「排泄」ケアシステムの開発	科学技術への顕著な貢献（ナイスステップな研究者）2019（文部科学省科学技術・学術政策研究所）選出	2019年12月6日	文部科学省科学技術・学術政策研究所
排泄センサーで実現する、必要な時に必要な介護の未来第	2回 JFlex AWARD（委員長：山形大学 時任静士教授）デバイス分野 グランプリ受賞	2020年1月30日	JFlex AWARD
必要な時に必要な介護を。において尿と便を検知する排泄センサー「Helppad」（aba）	ICCサミット FUKUOKA2020 Sessioin 3B 「REALTECH CATAPULT リアル テック・ベンチャーが世界を変える」優勝	2020年2月18日	ICC パートナース株式会社
介護の最大課題“排泄ケア”を解決！「aba」はテクノロジーでだれもが介護できる社会をつくる	Industry Co-Creation (ICC) サミット KYOTO 2020「カタハルト・グランプリ」2位	2020年9月2日	ICC パートナース株式会社
排泄ケアシステム Helppad ～介護に関わるすべての人が輝く未来を、一緒に～	2021 61st ACC TOKYO CREATIVITY AWARDS / クリエイティブイノベーション部門 / ACC ゴールド賞	2021年10月28日	All Japan Confederation of Creativity
世界で最も高齢化が進む日本。介護現場の現実的な課題「排泄ケア」の負担をテクノロジーで軽減。	2021年「Innovators Under 35 Japan 2021」（MIT U35）において「コンピューター／電子機器」部門受賞	2021年12月17日	MIT Technology Review
「排泄ケアシステム [Helppad（ヘルパッド）]」	GOOD DESIGN GOLD AWARD 2022 年度グッドデザイン金賞（経済産業大臣賞）	2022年10月7日	公益財団法人日本デザイン振興会

●成果普及の努力（プレス発表等）

日付	タイトル	媒体
2020年2月7日	『アクティブ10 ミライのしごと〜』第7回「センパイに聞く！介護の仕事」	NHK E テレ
2020年2月14日	『アクティブ10 ミライのしごと〜』第8回「どうなる？介護業界のミライ」	NHK E テレ
2020年4月25日	介護をしたくなる。マイナスをプラスにできるケアテック	Forbes JAPAN 2020年06月号
2020年6月2日	abaが10年越しに実現した介護ロボ、排泄ケアが介護現場を救う	STARTUP DB
2021年5月30日	台頭する女性起業家 テック利用、社会課題に挑む	日本経済新聞
2021年6月7日	ディープテックを追い！ 排泄ケア におい検知 スムーズ介護	日刊工業新聞
2021年10月11日	介護の世界に工学を 33歳社長、目指すは現代のナイチンゲール	朝日新聞デジタル
2021年10月18日	介護の世界に変革を 「ケアテック」で魅力ある未来に	朝日地球会議 2021
2021年10月29日	介護の世界に変革を 「ケアテック」で魅力ある未来に 「ケアテックで変える介護現場 求められる意識改革とテクノロジー」	朝日新聞デジタル
2021年12月3日	社長が自らおむつを履いて 介護をアップデート「ケアテック」最前線	朝日新聞デジタル
2021年12月4日	（フロントランナー）宇井吉美さん 『日本の介護』を世界に発信していきたい	朝日新聞デジタル
2021年12月17日	介護現場の判断をセンサーやデータで支援、ベンチャーのツールがじわり浸透	日経クロステック
2022年1月12日	【宇井吉美】排泄センサー Helppad の株式会社 aba 代表インタビュー（前編）たゆまぬ研究開発、現場との約束。	AI ケアラボ
2022年1月14日	【宇井吉美】排泄センサー Helppad の株式会社 aba 代表インタビュー（後編）介護職の価値を明るみに出す。	AI ケアラボ
2022年3月8日	女性リーダーの「私が泣いた日」	日経 WOMAN 2022年4月号
2022年3月18日	宇井吉美：AI センサーで「誰も介護したくなる」社会を目指す起業家	MIT Technology Review
2022年3月22日	宇井吉美「においセンサーで排泄物を感知」テクノロジーで介護を支える	読売新聞夕刊
2022年4月18日	【aba CEO・宇井吉美 1】オムツの中見ずに排泄感知するロボットを開発。介護の負担減らす「ケアテック」で10億円調達	LIFE INSIDER ミライノックリテ
2022年5月27日	介護イノベーション・レポート においを科学し、心の通う「楽しい」介護を実現 排泄ケアシステム「ヘルパッド」	おはよう 21 (2022年7月号)
2022年6月7日	排泄物の臭い AI 検知 abaCEO 宇井吉美氏	日本経済新聞
2022年8月4日	介護で起業：先端技術の「においセンサー」で排泄物を感知	ニッポンドットコム

日付	タイトル	媒体
2022年9月19日	【特集】「敬老の日」インタビュー 介護テック企業「aba」(船橋市) 宇井吉美さん 淑徳大の藤野達也教授	千葉日報オンライン
2022年11月3日	「探求の階段」No.157 排泄ケアシステム開発/宇井吉美(株式会社aba代表取締役)	テレビ東京

11. 株式会社日立製作所、日本電気株式会社、富士通株式会社、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所、SBテクノロジー株式会社、国立大学法人東京大学、JIP テクノサイエンス株式会社、株式会社NTT データ

●研究発表・講演

Nakajima, K., Parallel Multigrid with Adaptive Multilevel hCGA on Manycore Clusters, Extreme-Scale/Exascale Applications China, Japan, World, ISC High Performance 2019, Frankfurt, Germany, 2019 (Invited Talk) .
Nakajima, K., Innovative Methods for Scientific Computing in the Exascale Era by Integrations of (Simulation+Data+ Learning) (S+D+L) -Supercomputing in "Society 5.0"-, University Day of Supercomputing 2019, Cineteca FCG of the University of Guadalajara, 2019 (Keynote Talk) .
Nakajima, K., An Innovative Method for Integration of Simulation/Data/Learning in the Exascale/Post-Moore Era, Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM 2019) , Taipei, Taiwan, 2019 (Semi-Plenary Talk) .
越塚登:「日本型スマートシティ:アーキテクチャの狙いと本質」,プラットフォームとしての都市研究 スマートシティ・インスティテュート特別フォーラム,「日本型スマートシティアーキテクチャの実装に向けて:戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の実証成果を踏まえた次なるアクション」,2020年6月29日.
越塚登:「IoT・AI時代のデータの活用とイノベーション」,2020年度 経済同友会 会員セミナー, 2020年8月.
越塚登:「Smart City: 中国と日本」,NRI 中国イノベーションオンラインセミナー,「ソーシャル・イノベーションのあり方〜中国のスマートシティの進化」,2020年8月4日.
越塚登:「スマートシティの動向と狙い」,IoT 国際シンポジウム 2020,パネルディスカッション2(日・欧連携),「スマートシティ分野におけるデータ活用の推進」,2020年8月5日.
越塚登:「オープンデータとその活用」,TRON フォーラムオープンデータ活用セミナー, 2020年9月11日.
越塚登:「IoTやAIを支えるデータ流通基盤」,情報処理学会 連続セミナー, 2020年10月13日.
越塚登:「リアルな都市空間は必要か?」,都市計画学会 全国大会,パネルセッション「with/after コロナ時代のスマートシティを考える」, 2020年11月7日.
越塚登:「IoTからIoTへ」,CSTI 全国キャラバン in 高知 m 2020年11月14日.
越塚登:「分野を越えたデータ連携促進団体"dataex.jp"および、その設立準備協議会について」,日本経済団体連合会 産業技術本部, 2020年10月30日.
越塚登:「IoT・AI・データによる地域課題の解決・地域活性化」,2020年度 地域未来産業研究会, 2020年11月27日.
越塚登:「データ駆動型スマートシティ:そのアーキテクチャと都市OS」,豊田中央研究所 第3回R フォーラム 2020,「これからの事業に向けた先端研究を切り拓く」, 2020年12月3日.
越塚登:「デジタル庁とマイナンバー」,日本記者クラブ, 2020年12月7日.
越塚登:「持続可能なモビリティシステムの実現に向けて:スマートシティ、データ連携、IoT等の視点から」,横浜国立大学 持続可能なモビリティシステム研究拠点シンポジウム 2020, 2020年12月8日.
越塚登:「スマートシティ/スーパーシティとオープンデータ」,オープンデータシンポジウム 2020(第2部),一般社団法人オープンデータ&ビッグデータ活用・地方創生推進機構(VLED). 2020年12月16日.
越塚登:「IoTやAIを活用した地域経済の活性化と地域課題の解決」,中部社研ITフォーラム, 2020年12月22日.
P. Nguyen, I. Yamada, N. Kertkeidkachorn, R. Ichise and H. Takeda: MTab4Wikidata at SemTab 2020: Tabular Data Annotation with Wikidata, in E. Jiménez-Ruiz, O. Hassanzadeh, V. Efthymiou, J. Chen, K. Srinivas and V. Cutrona eds., Proceedings of the Semantic Web Challenge on Tabular Data to Knowledge Graph Matching (SemTab 2020) co-located with the 19th International Semantic Web Conference (ISWC 2020) , Virtual conference (originally planned to be in Athens, Greece) , November 5, 2020, Vol. 2775 of CEUR Workshop Proceedings, pp. 86-95, CEUR-WS.org (2020) .
P. Nguyen, K. Shinoda, T. Sakamoto, D. Petrescuand, H.-N. Tran, A. Takasu, A. Aizawa and H. Takeda: NII Table Linker at the NTCIR-15 Data Search Task: Re-ranking with Pre-trained Contextualized Embeddings, Data Content, Entity-centric, and Cluster-based Approaches, in Proceedings of the NTCIR-15 Conference on Evaluation of Information Access TechnologiesACM (2020) .
石田明久, Society5.0の実現に向けた分野間データ連携基盤の取組みの紹介,電気システムセキュリティ特別技術委員会(電気学会内の特別委員会), 2020年11月25日.
森脇康貴, SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)における統制語彙作成支援の研究について,戦略的国際標準化検討委員会 次世代画像プラットフォーム・小委員会 第1回セミナー, 2020年12月8日
NTT データ経営研究所、SIP サイバー / 分野間データ連携基盤の概要紹介、スマートIoT 推進フォーラム 第53回技術標準化分科会、2021年5月25日
Hung Nghiep Tran, Atsuhiko Takasu: Towards Efficient and Expressive Knowledge Graph Embedding for Link Prediction, The 13th Forum on Data Engineering and Information Management, A14-4, 2021.
Nakajima, K., Matsuba, K., Hanawa, T., Furumura, T., Tsuruoka, H., Nagao, H., Integration of 3D Earthquake Simulation & Real-Time Data Assimilation on h3-Open-BDEC, MS290: Progress & Challenges in Extreme Scale Computing & Data SIAM Conference on Computational Science & Engineering (CSE21) (Online, March 4, 2021)
中島研吾, 古村孝志, 鶴岡弘, 坂口吉生, 松葉浩也, 住元真司, 八代尚, 荒川隆, 瑞敏博:「観測データ同化による長周期地震動リアルタイム予測へ向けた試み」,情報処理学会研究報告(2021-HPC-182-08)、2021年(in press) .
西山晃, Japan-Europe Pilot project towards mutual recognition of trust services, EU-Japan-US. International Digital Trust Workshop, 2021年6月
石橋香織, SIP サイバー / 分野間データ連携基盤 説明会, データ社会推進協議会 技術基準検討委員会 WG1, 2021年6月
廣野正純, 分野間データ連携基盤技術開発の概要, 国立情報学研究所オープンハウス, 2021年6月
濱口総志, SIP: Use of Trust Lists in Japan to build global trust spaces, Trust Services Forum-CA Day 2021, 2021年9月
西山晃, SIP/ Japan pilot for international recognition of trust services, 11th International Cybersecurity Symposium, 2021年10月
西山晃, トラストサービスの国際相互運用について(欧州での例), 情報処理学会 連続セミナー 2021, 2021年11月
石田明久, 「データ活用に関する取組の紹介」@日本技術士会 情報工学会部会 2021年度部会総会・講演会, 2021年5月.
石田明久, 「多分野・組織を超えたデータ活用のための分野間データ連携基盤の取組紹介」@デジタルサービス・プラットフォーム技術 第七回DPF研究会, 2021年6月.
石田明久, 「多分野・組織を超えたデータ活用のための分野間データ連携基盤の取組紹介」@電気学会 2021年度電子・情報・システム部門大会, 2021年9月.
内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期」における「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の研究開発において分散型の分野間データ連携基盤技術を開発し、社会実装に向けて実証を開始 SBテクノロジー株式会社 ホームページ 2022年2月28日 <a href="https://www.softbanktech.co.jp/news/release/press/2022/004/">https://www.softbanktech.co.jp/news/release/press/2022/004/</a>
自治体におけるゼロカーボンシティ施策の推進に向けた実証実験を実施、EV 公用車の走行情報など多様なデータを活用し CO2 削減量を可視化 SBテクノロジー株式会社 ホームページ 2022年3月31日 <a href="https://www.softbanktech.co.jp/news/release/press/2022/005/">https://www.softbanktech.co.jp/news/release/press/2022/005/</a>
SBテクノロジー株式会社、富士通株式会社、自治体におけるゼロカーボンシティ施策の推進に向けた実証実験を実施、EV 公用車の走行情報など多様なデータを活用し CO2 削減量を可視化, 2022年3月31日
根本直一, 「分野間データ連携基盤向けデータカタログ作成ツールの開発」@ 2022年電子情報通信学会総大会, 2022年3月.
石橋香織, SIP サイバー / 分野間データ連携基盤 説明会, データ社会推進協議会 技術基準検討委員会 WG1, 2022年5月

石田明久, 「Society5.0 実現に向けた分野間データ連携基盤の取組紹介」@日本機械学会 2022 年次大会, 2022 年 9 月.
Shinji Sumimoto, Takashi Arakawa, Yoshio Sakaguchi, Hiroya Matsuba, Hisashi Yashiro, Toshihiro Hanawa and Kengo Nakajima, A System-Wide Communication to Couple Multiple MPI Programs for Heterogeneous Computing, EuroMPI/USA 2022 Poster, Sept. 2022
濱口総志, Progress of SIP Project and Japanese Trust Framework, Trust Services Forum-CA Day 2022, 2022 年 10 月
K. Nakajima, Innovative Scientific Computing by Integration of (Simulation + Data + Learning) in Information Technology Center, The University of Tokyo, NHR PerLab Seminar, June 09, 2022 (Invited Talk)
住元真司, 荒川隆, 坂口吉生, 松葉浩也, 八代尚, 嶋敏博, 中島研吾, Wisteria/BDEC-01 における異種システム間連成計算実行環境, 情報処理学会研究報告 2022-HPC-185 (21), 2022 年
中島研吾, 住元真司, 八代尚, 荒川隆, 松葉浩也, h3-Open-BDEC: 「計算・データ・学習」融合による革新的スーパーコンピューティング, RIMS 共同研究: 数値解析が拓く次世代情報社会へエッジから富岳まで~, 2022 年 10 月 12 日~14 日, 京都大学益川ホール
Kengo Nakajima, h3-Open-BDEC: Innovative Software Infrastructure for Scientific Computing in the Exascale Era by Integrations of (Simulation + Data + Learning), The 31st International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (ITC31), November 8-11, 2022 (Invited Talk)
住元真司, 荒川隆, 坂口吉生, 松葉浩也, 八代尚, 嶋敏博, 中島研吾, WaitIO-Hybrid: 共有ファイルシステムと Socket を併用可能なシステム間通信ライブラリ, 情報処理学会研究報告(2022-HPC-187-06), 2022 年
Kengo Nakajima, Integration of 3D Earthquake Simulation & Real-time Data Assimilation, EU-ASEAN High-Performance Computing (HPC) School 2022, Kasetsart University, Bangkok - Thailand, December 5 - 10, 2022
松塚貴英, 高橋貢, 野間唯, 鷲尾傑, 池田栄次 「データ利活用における社会的状況と富士通の取り組み」富士通テクニカルレビュー, 2020 年 3 月 19 日
2022 年国内データ流通/DataOps に関わるプレイヤー分析: データ取引/シェアリング基盤、個人データ流通基盤、Data as a Service 関連事業者を中心に, IDC Japan, 2022 年 8 月
Hung-Nghiep Tran, Atsuhiko Takasu, A Unified Approach to Multi-field Dataset Search by Using Contextual Link Prediction, The 15th International Conference on Knowledge Discovery and Information Retrieval (KDIR2023), November 13-15, 2022 (Poster)
西山晃, New Proposal for CSC API Expansion, the CSC Member inSIGHTS, 2022 年 12 月

●研究発表・講演 (公開セミナー)

タイトル	開催日	場所	参加者
第 10 回サイバーセキュリティ国際シンポジウム 産官学のデータ流通・利活用	2020 年 10 月 9 日	慶應義塾大学サイバーセキュリティ研究センター & The MITRE Corporation	103 名
「データ社会推進協議会」設立シンポジウム — データ利活用によりイノベーションが持続的に 起こる世界を目指して	2021 年 1 月 14 日	オンライン開催	—
ゼロカーボンシティ宣言後に必要な脱炭素社会 に向けた取組とは ～環境省の支援策と先進事例～	2022 年 7 月 12 日	学校法人先端教育機構 月刊事業構想主催のセミナー オンライン及びアーカイブ配信	—
「データ駆動型社会論」講義	2022 年 6 月 20 日	秋田県立大学	約 20 名
データ流通の最新動向	2022 年 11 月 2 日	デジタルサービス・プラットフォーム技術 特別 研究専門委員会 (Technical Committee on Digital Service Platform Technology) (オンライン開催)	—

●論文

Phuc Nguyen, Khai Nguyen, Ryutarou Ichise, Hideaki Takeda, "EmbNum+: Effective, Efficient, and Robust Semantic Labeling for Numerical Values," New Generation Computing, 2019, <a href="https://doi.org/10.1007/s00354-019-00076-w">https://doi.org/10.1007/s00354-019-00076-w</a>
Phuc Nguyen, Khai Nguyen, Ryutarou Ichise, Hideaki Takeda, "Mtab: Maching Tabular Data to Knowledge Graph using Probability Models," arXiv:1910.00246, 2019.
Padipat Sitkrongwong, Atsuhiko Takasu: "Unsupervised Context Extraction via Region Embedding for Context-Aware Recommendations" 23rd International Database Engineering and Applications Symposium (IDEAS2019), pp.123 - 132, 2019.
Manabu Ohta, Ryoya Yamada, Teruhito Kanazawa, Atsuhiko Takasu: "A Cell-detection-based Table-structure Recognition Method," 19th ACM Symposium on Document Engineering (DocEng2019), p.4, 2019.
Phannakan Tengkiattrakul, Saranya Maneeroj, Atsuhiko Takasu: "Translation-based Embedding Model for Rating Conversion in Recommender Systems" IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI2019), pp.217 - 224, 2019.
相原健郎: "サイバーフィジカルシステムでの実世界データ収集," 電子情報通信学会論文誌 B, J102-B (6), pp.387-398, 2019 年
Takuma Udagawa and Akiko Aizawa: "An Annotated Corpus of Reference Resolution for Interpreting Common Grounding." The 34th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-20), 2020.
Yosuke Ikegami, Milutin Nikolic, Ayaka Yamada, Lei Zhang, Yoshihiko Nakamura: "Multi-TB High-Bandwidth Video Mocap of Competitive Team Sports", Submitted to IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2020) .
Kenji Satake, Hiroshi Tsuruoka, Satoko Murotani, and Kenshiro Tsumura, Analog Seismogram Archives at Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, Accepted to Seismological Research Letters (2019) .
K. Fujita, M. Horikoshi, T. Ichimura, L. Meadows, K. Nakajima, M. Hori and L. Madgededara, Development of Element-by-Element Kernel Algorithms in Unstructured Implicit Low-Order Finite-Element Earthquake Simulation for Many-Core Wide-SIMD CPUs, Proceedings of ICCS 2019 (International Conference on Computational Science), Lecture Notes in Computer Science 11536, 267-280, 2019.
Nakajima, K., Gerofi, B., Ishikawa, Y., Horikoshi, M., Parallel Multigrid Methods on Manycore Clusters with IHK/McKernel, IEEE Proceedings of 10th Workshop on Latest Advances in Scalable Algorithms for Large-Scale Systems in conjunction with SC19 (The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis), 2019.
Kawai, M., Ida, A., Matsuba, H., Nakajima, K., Bolten, M., Multiplicative Schwartz-Type Block Multi-Color Gauss-Seidel Smoother for Algebraic Multigrid Methods, ACM Proceedings of the International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region, (HPC Asia 2020), 2020 (in press) .
Padipat Sitkrongwong, Atsuhiko Takasu, Saranya Maneeroj, Context-Aware User and Item Representations Based on Unsupervised Context Extraction from Reviews, IEEE Access, Vol. 8, pp.87094 - 87114, 2020, <a href="https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993063">https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993063</a>
Tung Doan, Atsuhiko Takasu, Deep Multiview Learning from Sequentially Unaligned Data, IEEE Access, Vol. 8, pp.217928 - 217946, 2020, <a href="https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042217">https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042217</a>
Hung Nghiep Tran, Atsuhiko Takasu, Multi-Partition Embedding Interaction with Block Term Format for Knowledge Graph Completion, European Conference on Artificial Intelligence (ECAI2020), Aug. 2020.
Kenro Aihara, Atsuhiko Takasu, Development of One-Stop Smart City Application by Interdisciplinary Data Linkage, International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2020), LNCS 12203, pp.379-390, July 2020, <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-50344-4_27">https://doi.org/10.1007/978-3-030-50344-4_27</a>
Takuma Udagawa, Takato Yamazaki, Akiko Aizawa, "A Linguistic Analysis of Visually Grounded Dialogues Based on Spatial Expressions," The 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2020), findings, Sep.2020.
Taichi Iki, Akiko Aizawa, "Language-Conditioned Feature Pyramids for Visual Selection Tasks," The 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2020), findings&WS, Sep.2020.



西山晃: "押印廃止後のデジタル社会におけるトラストサービスの活用と利便性", 日本セキュリティ・マネジメント学会誌 34 巻 3 号, pp.22-32, 2021 年

Kenro Aihara, Atsuhiko Takasu, "Integrating Inter-field Data into Space-Time to Grasp and Analyze Activities in Town," Distributed, Ambient and Pervasive Interactions LNCS 12782, pp.3-14, July 2021, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77015-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77015-0_1)

Phannakan Tengkiattrakul, Saranya Maneeroj, Atsuhiko Takasu: "Attentive Hybrid Collaborative Filtering for Rating Conversion in Recommender Systems" International Conference on Web Engineering (ICWE 2021), (LNCS 12706), pp.151 - 165, May 2021.

Manabu Ohta, Ryoya Yamada, Teruhito Kanazawa, Atsuhiko Takasu: "Table-structure Recognition Method Using Neural Networks for Implicit Ruled Line Estimation and Cell Estimation" 21st ACM Symposium on Document Engineering (DocEng2021), pp.7, Aug.2021.

Thanakrit Julavanich and Akiko Aizawa: "NumER: A Fine-grained Numeral Entity Recognition Dataset," The 26th International Conference on Natural Language & Information Systems (NLDB 2021) . Online, June 23-25, 2021.

Taku Sakamoto and Akiko Aizawa: "Predicting Numerals in Natural Language Text Using a Language Model Considering the Quantitative Aspects of Numerals." The Second Workshop on Knowledge Extraction and Integration for Deep Learning Architectures (DeeLIO), collocated with NAACL 2021, pp.140-150. Online, June 10, 2021.

Kazutoshi Shinoda, Saku Sugawara, and Akiko Aizawa: "Improving the Robustness of QA Models to Challenge Sets with Variational Question-Answer Pair Generation." The Joint Conference of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing: Student Research Workshop (ACL-IJCNLP 2021 SRW), pp.197-214. Online, August 1-6, 2021.

Kazutoshi Shinoda, Saku Sugawara, Akiko Aizawa: "Can Question Generation Debias Question Answering Models? A Case Study on Question-Context Lexical Overlap." The 3rd Workshop on Machine Reading for Question Answering (MRQA), at the 2021 conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), pp. 63-72. Nov 10, 2021.

P. Nguyen, I. Yamada and H. Takeda: "MTabES: Entity Search with Keyword Search, Fuzzy Search, and Entity Popularities" The 35th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, No. 1N4-1S-1a-02 The Japanese Society for Artificial Intelligence (2021), 2021

Le Hong Van, Atsuhiko Takasu: "An Efficient Distributed Spatiotemporal Index for Parallel Top-k Frequent Terms Query," IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing, pp.149 - 156, 2022.1. <https://doi.org/10.1109/BigComp54360.2022.00037>.

Hiroyuki Aoyagi, Ryoya Yamada, Teruhito Kanazawa, Atsuhiko Takasu, Fumito Uwano, Manabu Ohta: "Table-structure Recognition Method Consisting of Plural Neural Network Modules," 11th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM2022), pp. 542 - 549, 2022.2. <https://doi.org/10.5220/0010817700003122>

Takafumi Ujibashi, Atsuhiko Takasu: "A Neural Approach to Program Synthesis for Tabular Transformation by Example," IEEE Access, Vol.10, pp. 24864 - 24876, Mar.2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3155468>

Hung Nghiep Tran, Atsuhiko Takasu: "MEIM: Multi-partition Embedding Interaction Beyond Block Term Format for Efficient and Expressive Link Prediction," Proc. 31th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-ECAI 2022), pp. 2262 - 2269, July.2022.

Takafumi Ujibashi, Atsuhiko Takasu: "Two-Dimensional Encoding Method for Neural Synthesis of Tabular Transformation by Example," International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN2022) Lecture Note in Computer Science 13532, pp. 321 - 332, Sep.2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15937-4\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15937-4_27)

Pongsakorn Jirachanchaisir, Saranya Maneeroj, Atsuhiko Takasu: "User Embedding Sharing with Deep Canonical Correlation Analysis for Dual-Target Cross-Domain Recommender System," IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI2022), p. 8, Nov.2023.

Phuc Nguyen and Hideaki Takeda: Wikidata-lite for Knowledge Extraction and Exploration, 2nd Workshop on Knowledge Graphs and Big Data in Conjunction with IEEE Big Data 2022, 2022

Hiroki Uematsu, Phuc Nguyen, and Hideaki Takeda: Design for Data Structures: Data Unification and Federation with Wikibase, Special Session on Platform for DFFT, IEEE Big Data 2022, 2022

Nam Tuan Ly, Atsuhiko Takasu: "An End-to-End Multi-Task Learning Model for Image-based Table Recognition," International Conference on Computer Vision and Applications (VISAPP2023), Feb.2023. (accepted)

Nam Tuan Ly, Atsuhiko Takasu, Phuc Nguyen, Hideaki Takeda: "Rethinking Image-based Table Recognition using Weakly Supervised Methods," International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM2023), Feb.2023. (accepted)

●特許等

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	名称
国立大学法人東京大学（著作権）	C13207004（産業財産権番号）	国内	2021年9月8日	ビデオ・モーションキャプチャーとサーバー・ソフトウェア
株式会社日立製作所	特願 2019-167132	国内・国外	2021年9月13日	データカタログ作成支援技術
富士通株式会社	特願 2020-000451	国内・国外	2020年1月6日	原本性保証技術
富士通株式会社	特開 2021-111810	国内・国外	2020年1月6日	不正利用検出システム、情報処理装置、不正利用検出プログラムおよびデータ履歴のデータ構造
富士通株式会社	特願 2021-046008	国内	2021年3月19日	データ修正方法およびデータ修正プログラム
富士通株式会社	<a href="https://github.com/fujitsu/controlled-vocabulary-designer">https://github.com/fujitsu/controlled-vocabulary-designer</a>	Open Source Software	2021年3月22日	Controlled Vocabulary Designer
NII	商願 2022-21150	国内	2022年2月25日	「CADDE」の商標
NII	商願 2022-21151	国内	2022年2月25日	「ジャッパ」の商標
富士通株式会社	<a href="https://github.com/CADDE-sip/cdl-front-server">https://github.com/CADDE-sip/cdl-front-server</a> <a href="https://github.com/CADDE-sip/cdl-chaincode-go">https://github.com/CADDE-sip/cdl-chaincode-go</a>	Open Source Software	2022年3月29日	来歴管理サーバー式
富士通株式会社	特願 2022-057621	国内	2022年3月30日	修正支援方法、修正支援プログラムおよび情報処理装置

●受賞実績

タイトル	受賞内容	日付	発表元
Semantic Web Challenge on Tabular Data to Knowledge Graph Matching	1st Prize	2019年10月30日	18th International Semantic Web Conference (ISWC2019)
SemTab 2020: Semantic Web Challenge on Tabular Data to Knowledge Graph Matching: 1st Prize	—	2020年11月6日	Semtic Web Challenge 2020
NTCIR-15 Presentation Awards: Data Search	—	2020年12月17日	NTCIR-15
Towards Efficient and Expressive Knowledge Graph Embedding for Link Prediction	優秀論文賞	2021年5月11日	The 13th Forum on Data Engineering and Information Management

タイトル	受賞内容	日付	発表元
Sem Tab 2021: Semantic Web Challenge on Tabular Data to Knowledge Graph Matching, Usability Track	1st Prize	2021年10月27日	20th International Semantic Web Conference (ISWC2021)
S.Sumimoto, T. Arakawa, Y. Sakaguchi, H. Matsuba, H. Yashiro, T. Hanawa, K. Nakajima, A System-Wide Communication to Couple Multiple MPI Programs for Heterogeneous Computing	Best Paper Award	2022年12月7日～9日	The 23rd International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT'22)

●成果普及の努力（プレス発表等）

日付	タイトル	媒体
2019年7月17日	経済教室：データ駆動型社会の展望（上）データ連携、基盤作りが急務	日本経済新聞
2020年7月17日	産官学データ一括検索 日立や東大、利用促進へ新団体	日本経済新聞 電子版
2020年7月17日	日立・富士通・NEC・NTT データ・東大が参画へ、産官学5団体がデータ流通の新組織	日経クロステック
2020年7月18日	産官学データ一括検索 日立や東大、利用促進へ新団体	日本経済新聞
2020年7月18日	データの流通や活用を促す連携組織 日立や東大など産官学が12月発足	電波新聞
2022年2月28日	東大・日立・NEC・富士通・SBテクノロジーなど、分散型の分野間データ連携基盤技術を開発し社会実装に向けて実証を開始	日本経済新聞（電子版）
2022年3月1日	交通・観光データを集約横断検索が可能	電波新聞
2022年3月21日	関節や筋肉の動きを可視化する新システム 東京大学が開発	NHK
2022年3月25日	骨格・筋肉の動きを自動解析 東大、スポーツや医療に	日経産業新聞
2022年3月31日	自治体におけるゼロカーボンシティ施策の推進に向けた実証実験を実施、EV 公用車の走行情報など多様なデータを活用し CO2 削減量を可視化	PRTIMES (WEB)
2022年3月31日	SB テクノロジーと富士通、EV 公用車の走行情報など多様なデータを活用し CO2 削減量を可視化する実証実験を実施	IoT NEWS (WEB)
2022年3月31日	富士通と SB テクノロジー、自治体におけるゼロカーボンシティ施策の推進に向けた実証実験の結果を発表	Biz/Zine (WEB)
2022年4月8日	富士通、自治体の EV 活用分析	日経産業新聞
2022年10月17日	富士通、「Fujitsu CaaS」にセキュアなデータ流通を実現する機能を追加	クラウド Watch

12. 日本電気株式会社、沖電気工業株式会社、豊田通商株式会社、国立大学法人東京農工大学、国立大学法人東京大学

●研究発表・講演

発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名等	発表年月
和泉潔	東京大学	データ解析とシミュレーションの統合による経済市場制度設計	情報処理学会知能システム研究会	2019年3月9日
平野正徳	東京大学	"SCM League: UTokyo Izumi Lab."	ACAN2019	2019年8月11日
平野正徳	東京大学	Simulation of Unintentional Collusion Caused by Auto Pricing in Supply Chain Markets	The 23rd International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA2020)	2020年11月19日
Takaki Matsune, Katsuhide Fujita	東京農工大学	Designing a Flexible Supply Chain Network with Autonomous Agents	11th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2019)	2019年2月19日
川田涼平, 藤田桂英	東京農工大学	複数回交渉のための多腕バンディットに基づくメタ戦略	第81回情報処理学会全国大会	2019年3月5日
細川雄太, 藤田桂英	東京農工大学	複数論点交渉問題における時系列情報を考慮した効用値推定	第81回情報処理学会全国大会	2019年3月5日
Ryohei Kawata and Katsuhide Fujita	東京農工大学	Meta-Strategy for Multi-Time Negotiation: A Multi-Armed Bandit Approach	18th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2019)	2019年5月15日
Reyhan Aydogan, Katsuhide Fujita, Tim Baarslag, Catholijn M. Jonker, Takayuki Ito	東京農工大学	ANAC 2018: Repeated Multilateral Negotiation League	Annual Conference of Japanese Society of Artificial Intelligence (JSAI 2019)	2019年6月4日
川田涼平, 藤田桂英	東京農工大学	複数回交渉問題における多腕バンディットアルゴリズムを用いたメタ交渉戦略の効果	電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会	2019年7月15日
Yuta Hosokawa and Katsuhide Fujita	東京農工大学	Estimating the Opponent's Preference Considering a Time Series in Multi-issue Negotiation	The 12th International Workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations (ACAN2019)	2019年8月10日
松下昌悟, 藤田桂英	東京農工大学	心理的効果を用いた人間とエージェントの繰り返し交渉戦略	電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会	2019年7月15日
川田涼平, 藤田桂英	東京農工大学	複数論点交渉問題における相手の選好推定精度を向上させる提案戦略	合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2019 (JAWS2019)	2019年9月9日
高橋唐樹, 藤田桂英	東京農工大学	不完全な効用情報下における歩み寄りに基づく自動交渉戦略	合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2019 (JAWS2019)	2019年9月9日

発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名等	発表年月
藤田桂英	東京農工大学	自動交渉における学術研究の現状と実応用にむけた取り組み	情報処理学会連続セミナー 2019「データ駆動で新時代を切り拓く」, 第5回「シミュレーションと人工知能」	2019年11月15日
細川雄太, 川田涼平, 藤田桂英,	東京農工大学	複数論点交渉問題における交渉空間事前絞り込みプロトコル	電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会	2019年12月6日
川田涼平, 細川雄太, Mark Klein, 藤田桂英	東京農工大学	複数論点交渉問題のための遺伝的アルゴリズムを用いた仲介プロトコル	電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会	2019年12月6日
細川雄太, 川田涼平, 藤田桂英	東京農工大学	複雑な交渉問題における交渉空間事前絞り込みプロトコルの効率性	Symposium on Multi Agent Systems for Harmonization 2020 (SMASH20)	2020年2月17日
川田涼平, 藤田桂英	東京農工大学	交渉戦略のパフォーマンスに対するドメインと相手エージェントの影響およびメタ交渉戦略	Symposium on Multi Agent Systems for Harmonization 2020 (SMASH20)	2020年2月17日
石川諒人, 藤田桂英	東京農工大学	マルチエージェントサプライチェーンにおけるブルウィップエフェクトの抑制	情報処理学会 第82回全国大会	2020年2月17日
谷口直也, 藤田桂英	東京農工大学	不完全な効用情報下での交渉問題における受け入れ戦略	情報処理学会 第199回知能システム研究会	2020年3月24日
高橋唐樹, 藤田桂英	東京農工大学	自動交渉エージェントのための効用推定に基づく深層強化学習	2020年度人工知能学会 全国大会	2020年6月12日
小森一輝, 藤田桂英	東京農工大学	Supply Chain Management League における取引量を考慮した自動交渉戦略	SMASH20 Summer Symposium	2020年9月14日
細川雄太, 藤田桂英	東京農工大学	ドメイン絞り込み交渉を用いた自動交渉プロトコルの効率化	情報処理学会第83回全国大会	2021年3月18日
小森一輝, 藤田桂英	東京農工大学	多腕バンディットアルゴリズムを用いた並列交渉における提案相手の選択	情報処理学会第83回全国大会	2021年3月18日
吉岡幸輝, 藤田桂英	東京農工大学	人間とエージェントの繰り返し交渉における Misrepresentation の効果	情報処理学会第202回知能システム研究会	2021年3月29日
森永聡, 中台慎二	NEC	Quarterly Meeting "Negotiation Automation Platform Testbed"	Industrial Internet Consortium	2018年9月より3カ月毎に
森永聡	NEC	AI 間連携技術の社会実装に向けて	合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2018	2018年9月15日
森永聡	NEC	Industrial Usecase and Societal Implementation of Automated Negotiation	The 21st International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems "	2018年10月29日
森永聡	NEC	自動交渉技術	神戸大学講義：データサイエンス特論	2018年11月7日
森永聡	NEC	"NEC the WISE - AI Technology Portfolio"	日独仏 AI シンポジウム	2018年11月22日
森永聡	NEC	"Negotiation Automation Platform"	Swiss Innovation Park Workshop	2019年2月25日
森永聡	NEC	"Realizing Smart Supply Chains by Next-generation AI Technologies"	ハノーファーメッセ	2019年4月3日
森永聡	NEC	製造業における AI/IoT の活用	金型・精密加工技術研究会	2019年4月18日
森永聡	NEC	データサイエンス、AI が変える製造バリューチェーンと新たな価値づくり	ネクストリーダー育成ワークショップ	2019年7月19日
森永聡	NEC	自動意思決定・自動交渉 一機械学習・最適化技術によるアプローチ	意思決定ワークショップ	2019年7月25日
森永聡	NEC	"Supply Chain Management League"	The Tenth International Automated Negotiating Agents Competition (ANAC2019) of IJCAI 2019, Macau, China	2019年8月15日
森永聡	NEC	"Industrial Application of Automated Negotiation Technologies"	オージェン大学特別講演	2019年9月23日
中台慎二, 森永聡	NEC	"Automated Negotiation Tutorial"	The 21st International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems	2019年10月28日
森永聡	NEC	自動交渉技術	神戸大学講義：データサイエンス特論	2019年11月8日
森永聡	NEC	AI × 製造業がもたらす未来社会	名工大テクノフェア パネルディスカッション	2019年11月1日
中台慎二	NEC	"Advancements in AI towards facilitating cross border paperless trade"	35th UN/CEFACT Forum Webinar:	2020年10月12日
中台慎二	NEC	"eNegotiation Project"	35th UN/CEFACT Forum, 5-16 Oct. 2020 Supply Chain Management and Procurement Domain	2020年10月13日
津村幸治	東京大学	自動交渉のフィードバックシステムによる定式化と解析	第62回自動制御連合講演会	2019年11月9日
Tomomitsu Suzuki, Koji Tsumura	東京大学	Optimal Control Points Problem in Domination Game on Large Scale	IFAC World Congress 2020	2020年7月11日 - 17日
Yunzhuo Wang, Koji Tsumura	東京大学	Preconditioned Distributed Trajectory Optimization Algorithm using Differential Dynamic Programming	59th IEEE Conference on Decision and Control	2020年12月16日



発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名等	発表年月
津村幸治	東京大学	相互最尤推定の収束性について	第8回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム	2021年3月4日
樋田愛	沖電気工業	マルチエージェントの協調・交渉による動的最適化と合意形成～物流輸配送計画最適化への挑戦～	数理システムユーザーコンファレンス2019	2019年11月22日
樋田愛, 伊加田恵志	沖電気工業	協力ゲームによる輸配送計画最適マージ問題定式化	オペレーションズ・リサーチ学会2020年春季研究発表会	2020年3月11日
樋田愛, 伊加田恵志	沖電気工業	協力ゲーム, 複数論点交渉を用いた輸配送計画マージ方式の提案	2020年度人工知能学会 全国大会	2020年6月9日
近藤愛	沖電気工業	物流に革命を! AIが実現する物流効率化	大阪府工業協会 AI 研究会	2021年2月15日

●論文

発表者	所属	タイトル	発表誌名	ページ番号	発表年月
モハマッドヤセル, 中台慎二, 森永聡, 藤田桂英	NEC, 東京農工大学	サプライチェーンマネジメントリーグ (SCML): 製造バリューチェーンにおける自動交渉エージェントを想定した競技会	人工知能学会誌, Vol.35, No.3	pp.351 - 359	2020年5月1日
Yuta Hosokawa and Katsuhide Fujita	東京農工大学	Opponent's Preference Estimation Considering Their Offer Transition in Multi-issue Closed Negotiations	IEICE Transactions, Vol.E103-D, No.12	pp.2531-2539	2020年12月1日
Ryohei Kawata and Katsuhide Fujita	東京農工大学	Meta-Strategy based on Multi-Armed Bandit Approach for Multi-Time Negotiation	IEICE Transactions, Vol.E103-D, No.12	pp 2540-2548	2020年12月1日
近藤愛, 伊加田恵志	沖電気工業	自動交渉プラットフォームを有する混載マッチングシステムの提案	オペレーションズ・リサーチ 66(1), 18-24, 2021-01	pp.18-24	2021年1月

●特許等

出願者	出願番号	国内・外国・PCT	出願日	名称	発明者
NEC	JP2020/005193	外国	2020年2月10日	交渉装置、交渉方法及びプログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体	森永聡 中台慎二 清水数馬 安藤友人
沖電気工業	特願 2019-208852	国内	2019年11月19日	最適輸配送計画生成装置及び方法	樋田愛
沖電気工業	特願 2020-164600	国内	2020年9月30日	階層構造のプレイヤーに対する資源分配量決定装置	近藤愛
沖電気工業	特願 2021-014335	国内	2021年2月1日	条件調整により決定する選好を元にした全体最適マッチングシステム	近藤愛

●受賞実績

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
平野正徳	東京大学	1st place in Standard Track	ANAC2019 in IJCAI2019	2019年8月15日
平野正徳	東京大学	1st place in Collusion Track	ANAC2019 in IJCAI2019	2019年8月15日
川田涼平	東京農工大学	研究奨励賞	電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会	2019年7月15日
川田涼平	東京農工大学	Winner of ANAC 2019 Diplomacy Strategy Game League	ANAC2019 in IJCAI2019	2019年8月15日
細川雄太	東京農工大学	3rd Place of Agent Negotiation with Partial Preferences (Individual Utility)	ANAC2019 in IJCAI2019	2019年8月15日
川田涼平	東京農工大学	2nd Place of Agent Negotiation with Partial Preferences (Individual Utility)	ANAC2019 in IJCAI2019	2019年8月15日
石川諒人, 細川雄太	東京農工大学	Honorary Award of ANAC 2019, Supply Chain Management (Sabotage Track)	ANAC2019 in IJCAI2019	2019年8月15日
細川雄太	東京農工大学	学生奨励賞	Symposium on Multi Agent Systems for Harmonization 2020 (SMASH20)	2020年2月17日
谷口直也	東京農工大学	2020年度山下記念研究賞	情報処理学会	2020年3月24日
小森一輝	東京農工大学	学生奨励賞, ベストプレゼンテーション賞	SMASH20 Summer Symposium	2020年9月14日
高橋唐樹	東京農工大学	2nd place of ANAC2020 Automated Negotiation League	ANAC2020 in IJCAI2020	2021年1月15日
小森一輝	東京農工大学	1st place of ANAC2020 Supply Chain Management League (Collusion Track)	ANAC2020 in IJCAI2020	2021年1月15日
Yunzhuo Wang	東京大学	SIYA-CDC2020	59th IEEE Conference on Decision and Control	2020年12月16日
近藤愛	沖電気工業	優秀賞	2020年度人工知能学会 全国大会	2020年6月9日

●成果普及の努力（プレス発表等）

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
—	—	NEC、AI 間交渉の基盤システム開発国際標準目指す	日本経済新聞	2019年8月22日
—	—	AI 間自動交渉プラットフォーム」のテストベッドを IIC が承認— NEC、沖電気などが提案	IT Readers	2019年8月22日
—	—	共創型 R&D により新事業創出を加速する BIRD INITIATIVE 社を異業種 6 社で設立	日本経済新聞など	2020年9月10日
—	—	AI を企業間交渉の調整役に NEC、22 年度までの実証目指す	電波新聞	2021年1月25日
NEC	—	展示ブースへ出展	第 4 回 スマート工場 Expo	2020年2月12日-14日
NEC	—	展示ブースへ出展	第 5 回 スマート工場 Expo	2021年1月20日-22日
NEC	—	展示ブースへ出展	第 14 回 国際物流総合展	2021年3月9日-12日
津村幸治	東京大学	5.6 節：制御理論からみたコロナ社会の課題	オンライン・ファースト、東京大学出版会	2020年12月18日

13. 学校法人慶應義塾大学、国立研究開発法人理化学研究所、国立研究開発法人国立成育医療研究センター、国立大学法人佐賀大学

●研究発表・講演

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
矢作尚久	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科	次世代の生活基盤としての医療社会システムを考える	第 19 回日本抗加齢医学会総会	2019年6月
矢作尚久	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科	個人情報の取り扱いと同意形成をどうするか	第 5 回クリニカルバイオバンク学会シンポジウム	2019年7月
矢作尚久	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科	個人の意思に基づいた健康・医療・介護の情報流通制御の世界を考える	AMED シンポジウム 2019- 医療研究が未来を変える -	2019年12月
森川和彦、矢作尚久、他	東京都立小児総合医療センター臨床研究支援センター	小児科外来における問診システムの入力時間に影響する因子	第 123 回日本小児科学会学術集会	2020年8月
矢作尚久	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科	医療をシステム視点で俯瞰する「診療プロセスの技術化による医療の再定義」 など	化学工学会第 51 回秋季大会システム	2020年9月
森川和彦、矢作尚久、他	東京都立小児総合医療センター臨床研究支援センター	PROJECT TO IMPROVE WAITING TIME AT MEDICAL INSTITUTIONS USING AN AUTOMATED HISTORY TAKING SYSTEM IN A PEDIATRIC OUTPATIENT DEPARTMENT AT A CLINIC	The 8th Congress of the European Academy of Paediatric Societies	2020年10月
川本章太、森川和彦、矢作尚久、他	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科	INNOVATIVE IDENTIFICATION SYSTEM WITH AI OF RSV INFECTION	The 8th Congress of the European Academy of Paediatric Societies	2020年10月

●論文

矢作尚久, 藤井進, 森川和彦, 川本章太, 加藤省吾. 競争戦略としての「医療の DX」イノベーション, 2021年36巻1号, p.79-97, 2021/06/30
---

●成果普及の努力（プレス発表等）

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
シーエスアイ	—	新型コロナウイルス感染拡大に対応し、従業者等の健康把握サービスを無償提供	インターネット：シーエスアイ HP	2020年4月
—	—	柏葉脳神経外科 AI 活用のスマート問診導入 診療効率化、コロナ対策も	北海道新聞	2020年8月
シーエスアイ	—	「かかりん DX 問診」(院内問診版)の提供について ～電子カルテベンダーだからできる、簡単に連携可能な問診サービス～	インターネット：シーエスアイ HP	2020年10月

14. 日本電気株式会社、一般社団法人データ流通推進協議会、国立大学法人東京大学、アクセンチュア株式会社、国立大学法人名古屋大学、株式会社 JTB、株式会社日建設計総合研究所、エブリセンスジャパン株式会社、株式会社日建設計総合研究所、大日本印刷株式会社、国立大学法人大阪大学、KDDI 株式会社、セコムトラストシステムズ株式会社

●研究発表・講演

発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名等	発表年月
久本拓也 樋口泰三	日本電気	内閣府 SIP 地域実証（高松市 - 交通・観光）について	スマートシティたかまつ推進協議会 第5回観光 WG	2019年10月16日
長坂友則	日本電気	スマートシティたかまつ「交通 観光」・「防災」取り組み紹介	2019年度第3回 NEC 情報サービス事業グループ九州ブロック社長会議	2020年2月7日
望月康則	日本電気	グローバルに活用が広がるデータ連携基盤 - FIWARE	IMI 共通語彙基盤セミナー	2020年2月21日

発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名等	発表年月
田代統	日本電気	戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術におけるアーキテクチャ構築及び実証研究スマートシティ分野 高松市における実証のご報告	スマートシティたかまつ推進協議会 第10回運営委員会	2020年2月26日
村田仁	日本電気	都市内の異なるシステム連携による分野横断サービスの実証(交通・観光)	富山市スマートシティ推進基盤実証実験成果報告会	2020年3月16日
藤田範人、岩井孝法 藤井篤之 Kyoung-Sook Kim	日本電気 アクセント 産業技術総合研究所	Reference Architecture Evaluation	Smart City Reference Architectures (SCRA 2020) (東京 お台場)	2020年1月13日
藤田範人	日本電気	スマートシティのアーキテクチャ設計の取り組み	データ視点のアーキテクチャ設計を考えるシンポジウム(東京 新橋)	2020年2月25日
松村泰志	大阪大学	「医療 AI への道筋」～データ収集・自然言語解析・画像診断支援～	日本医用画像情報専門技師会主催 医用画像情報の管理・運用における実務者向けセミナー	2019年10月20日
松村泰志	大阪大学	製薬企業等が Real World Data を活用するための道筋	第5回 Health Outcomes & Technology Forum	2019年10月24日
松村泰志	大阪大学	個人起点での医療データ活用のためのプラットフォーム	LINK-J シンポジウム 第2回メドテック・イノベーションシンポジウム&ピッチ	2019年11月5日
松村泰志	大阪大学	ICT がもたらす未来の医療の姿	第64回日本聴覚医学会総会・学術講演会	2019年11月7日
松村泰志	大阪大学	電子カルテ化後から始まる3つの課題	第3回 MI・RA・Is ソリューション展示・セミナー	2019年11月26日
松村泰志	大阪大学	医療データ二次活用環境構築のためのロードマップ	第22回関西ライフサイエンス・リーディングサイエンティストセミナー	2019年12月9日
河口信夫	名古屋大学	Harmaware-VIS: 手軽に使える時間情報 の 3 次元可視化・分析ツール	FOSS4G TOKAI 2019	2019年8月
米澤拓郎, 河口信夫	名古屋大学	異種スマートシティ基盤を柔軟につなぐプログラマブル・フェデレーション機構	計測自動制御学会 スマートセンシング部会	2019年11月
米澤拓郎	名古屋大学	CPS 時代における自治体サービスのスベクトラム	日本学術会議シンポジウム	2019年11月
河口信夫	名古屋大学	Synerex: 変化への対応を可能にする新しい需給交換モデル	WIDE Project 2019年12月研究会	2019年11月
河口信夫, 米澤拓郎, 廣井慧	名古屋大学	Synerex: 超スマート社会を支える需給交換プラットフォームの設計コンセプトと機能	情報処理系研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)	2020年3月

●論文

発表者	所属	タイトル	発表誌名	ページ番号	発表年月
松村泰志, 武田理宏, 真鍋史朗, 小西正三, 宮内恒, 坂田健太郎, 杉下滉紀, 東博暢, 五味健太郎, 片岡宏輔, 高石友博, 高木かなえ, 山内玲	大阪大学大学院 医学系研究科 医療情報学	医療情報銀行を中心とする Personal Health Record のアーキテクチャとその試行	日本医療情報学会	41 (1) : 17-28	2021年1月29日

●成果普及の努力(プレス発表等)

発表者	発表年月	タイトル	媒体
KDDI	2019年8月27日	KDDI と横浜 DeNA ベイスタース両社でのプレスリリース発信 <a href="https://iot.kddi.com/cases/baystars/">https://iot.kddi.com/cases/baystars/</a>	HP
一般社団法人データ流通推進協議会	2020年6月25日	内閣府の Web ページ、および、当協議会の Web ページにて成果を報告 <a href="https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html">https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html</a> <a href="https://data-trading.org/sipb-1_personaldata_architecture_dta/">https://data-trading.org/sipb-1_personaldata_architecture_dta/</a>	HP
日建設計	2019年12月20日	加古川市、連携事業者(株式会社日建設計総合研究所、ユニファ株式会社)「子どもたちと先生が、より快適に過ごせる園づくりをめざして!」加古川市スマート保育園に関する記事提供	東洋経済オンライン (2022年8月号)
日建設計	2019年10月23日	「さっぽろ健康ポイントプロジェクト」の実施について	札幌市 HP
日建設計	2020年2月7日	「AI タクシーによる実証実験の実施について」	札幌市 HP
JTB	2019年10月	観光予報プラットフォーム WEB サイトトピックへの掲載 観光予報プラットフォームメルマガ(配信数 9,100 通)	News Release 2019年10月号



発表者	発表年月	タイトル	媒体
JTB	2019年12月	観光予約プラットフォームWEBサイトトピックへの掲載 観光予約プラットフォームメルマガ（配信数9,350通）	News Release 2019年12月号
JTB	2020年1月	観光予約プラットフォームWEBサイトトピックへの掲載 観光予約プラットフォームメルマガ（配信数9,434通）	News Release 2020年1月号
JTB	2020年2月	観光予約プラットフォームメルマガ（配信数9,227通）	News Release 2020年2月号
アクセンチュア	2019年11月26日	会津若松市に於けるスマートシティ実証研究に関する記者説明会	記者会見
アクセンチュア	2019年11月26日	会津若松市の協力のもと スマートシティ・デジタルガバメントを推進する実証研究を実施	リリース
日本電気株式会社	2019年10月25日	南紀白浜「IoTおもてなしサービス実証」の顔認証サービス施設が拡大～観光名所やバス、ゴルフ場など5施設が新たに追加～ <a href="https://jpn.nec.com/press/201910/20191025_01.html">https://jpn.nec.com/press/201910/20191025_01.html</a>	NEC News Room プレスリリース
日本電気株式会社	2019年11月27日	< Eyes on >復活のカギは“共創”	NHK「おはよう日本」
日本電気株式会社	2019年12月11日	NEC、顔認証に量子暗号、漏洩防止で安全性を武器に、日本勢、中国企業に対抗	日本経済新聞
日本電気株式会社	2019年12月28日	顔認証 支払いも解錠も 観光入り口で 空港売店で NEC、和歌山・白浜で実験中	朝日新聞
日本電気株式会社	2020年2月5日～6日	ResorTech Okinawa イベント内ブースにて、本実証をPR <a href="https://www.resortech.okinawa/about/">https://www.resortech.okinawa/about/</a>	おきなわ国際IT見本市

## SIP第2期 「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」 研究成果報告書(2018年度－2022年度)

---

企 画……内閣府  
発行者……国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
編 集……SIP「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」  
研究成果報告書編集委員会  
発 行……2023年3月

---

本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務として実施したSIP第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の2018年度から2022年度までの成果を取りまとめたものです。したがって、本報告書の著作権は、NEDOに帰属しており、本報告書の全部または一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、NEDOの承認手続きが必要です。

禁無断転載



戦略的イノベーション  
創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic  
Innovation Promotion Program