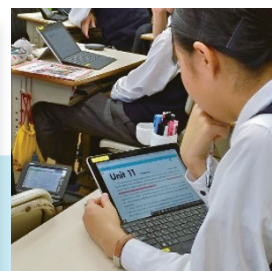
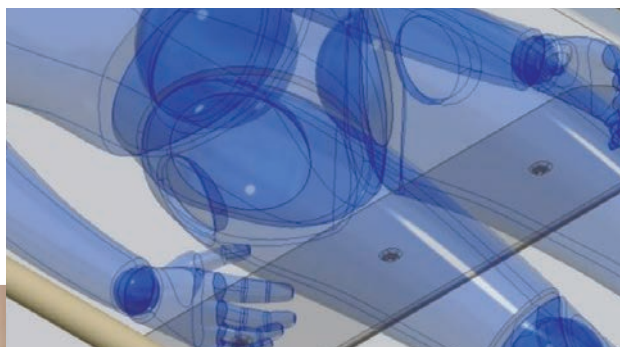


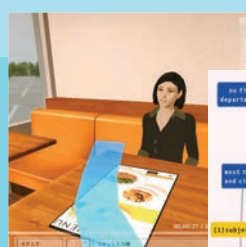
SIP第2期

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年度ー2022年度)



```
WARN [1623047401.438629857]: topic /robotsound_jp/goal already ad
WARN [1623047401.439762569]: topic /robotsound_jp/cancel already
WARN [1623047401.431075203]: [robotsound_jp] action server is not
goal=0, cancel=0, feedback=0, r
action server /robotsound_jp not fou
INFO [1623047403.651134425]: お会計は円になります
topic /robotsound_jp/goal already ad
topic /robotsound_jp/cancel already
WARN [1623047403.651354298]: [robotsound_jp] action server is not
goal=0, cancel=0, feedback=0, r
WARN [1623047404.762136788]: action server /robotsound_jp not fou
goal=0, cancel=0, feedback=0, r
WARN [1623047404.762329794]: topic /robotsound_jp/goal already ad
00:02:18.000 00:02:19.000 00:02:19.000 00:02:19.000
06.495539473]: 代金 円お預かりしました
06.495752714]: topic /robotsound_jp/goal already ad
06.495772974]: topic /robotsound_jp/cancel already
```



一枚も払うんですが別に
angerfang:74.47.hap:4.53.net



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。

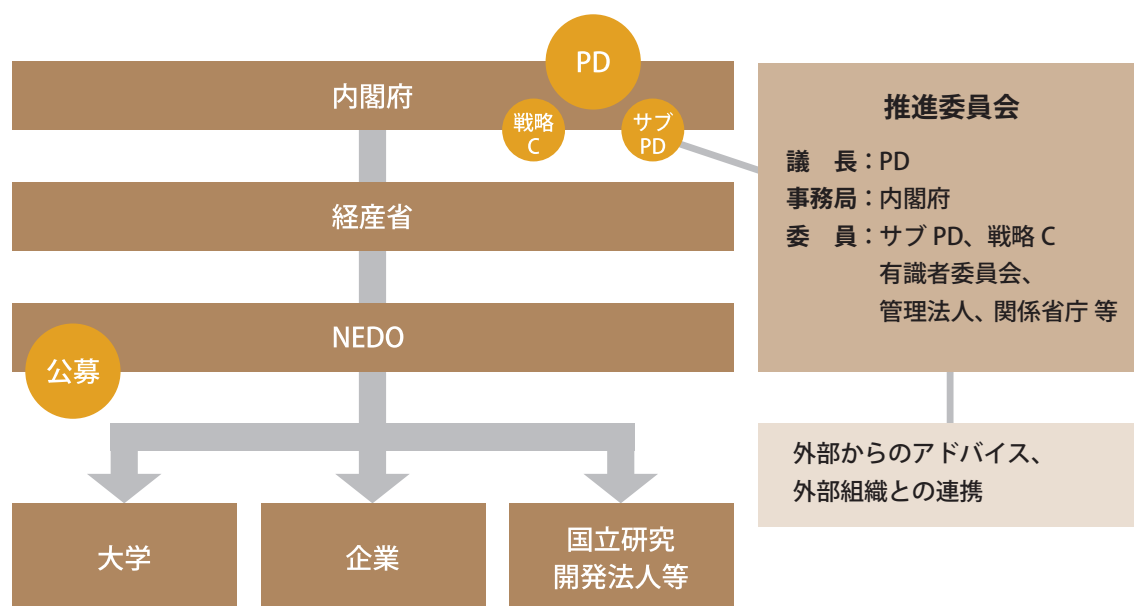
(4) アーキテクチャ構築

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
- あとながき 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

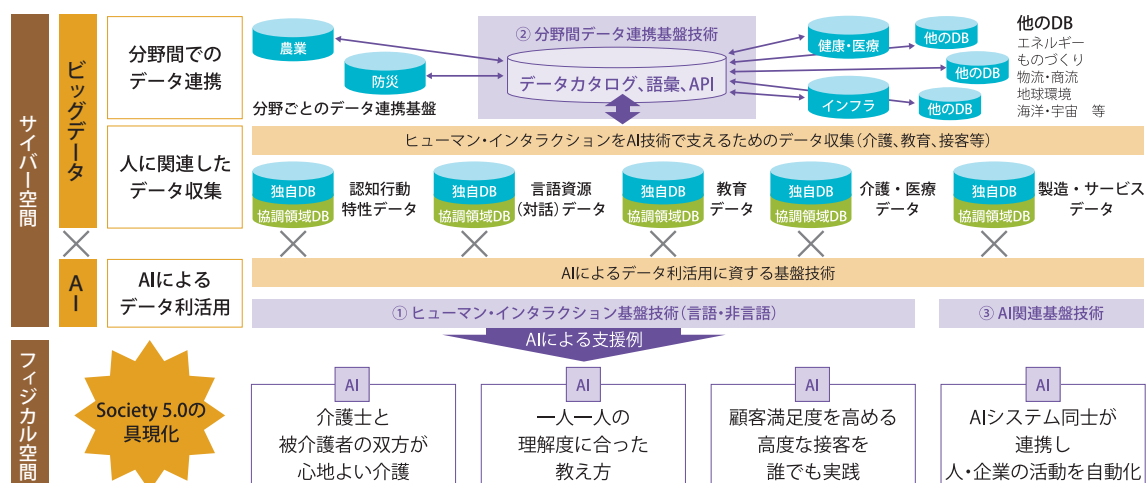


図1 「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」の全体構想

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

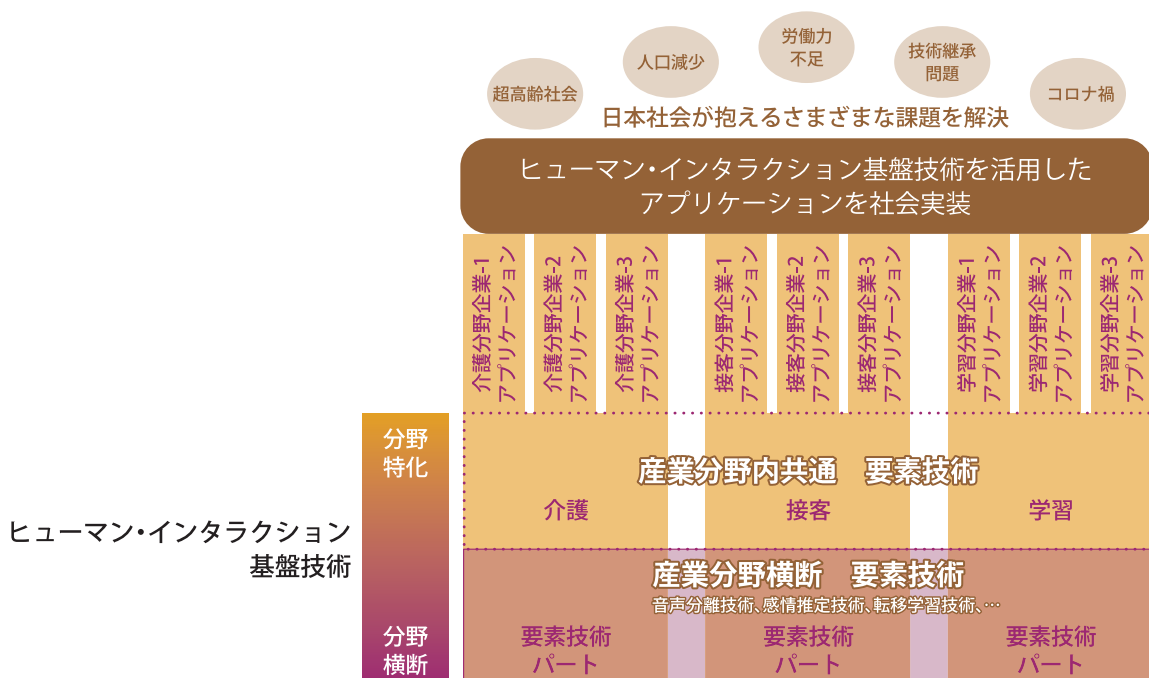


図2 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の構成イメージ

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

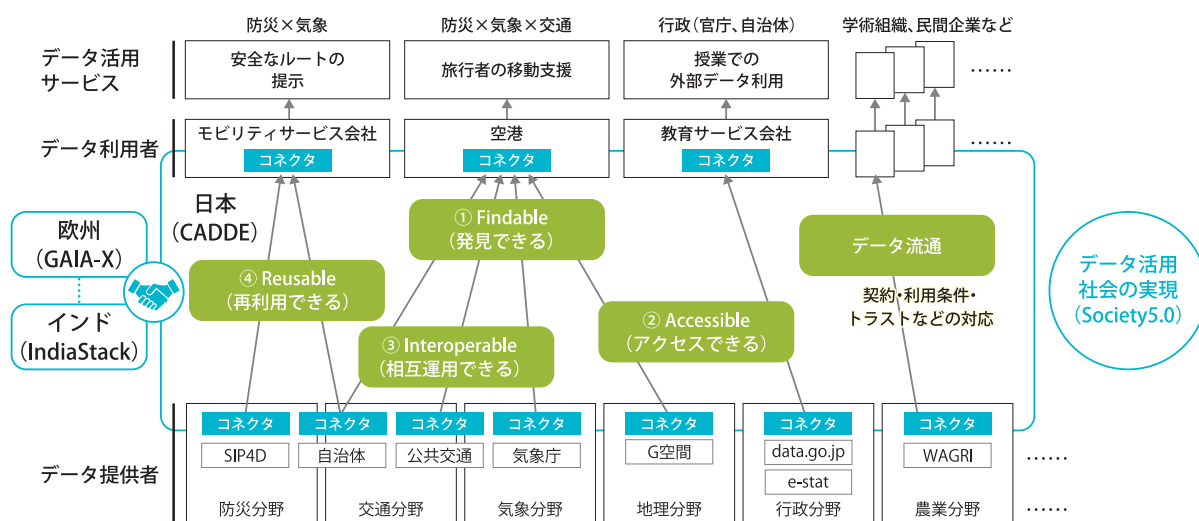


図 3 分散型分野間データ連携の全体イメージ

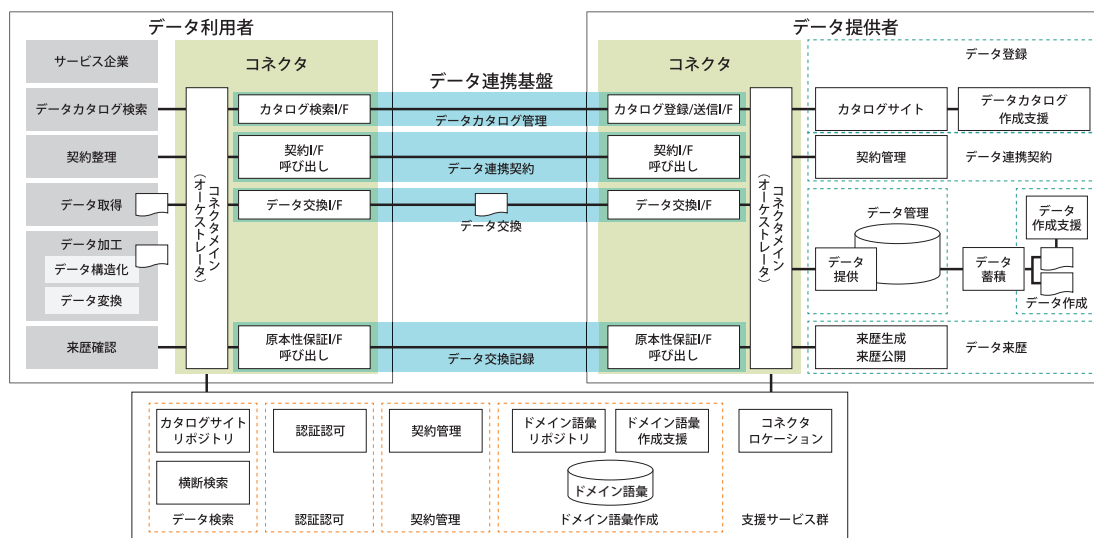


図 4 分野間データ連携基盤技術 (コネクタ) の全体アーキテクチャイメージ

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

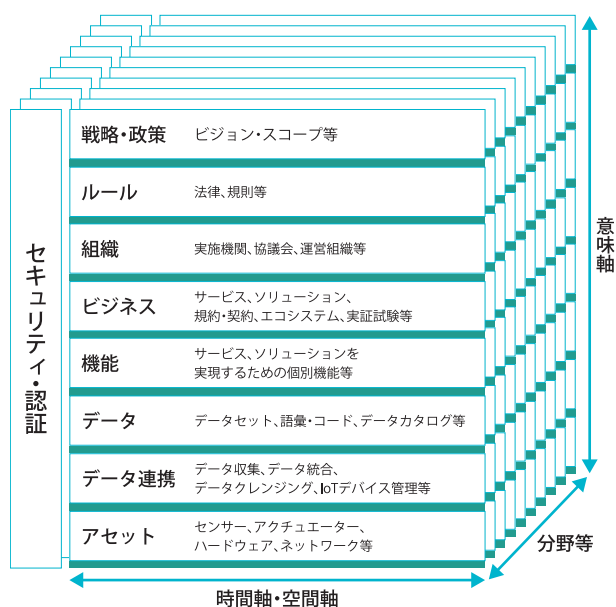


図5 Society 5.0 リファレンスアーキテクチャ

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、人と人との間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。

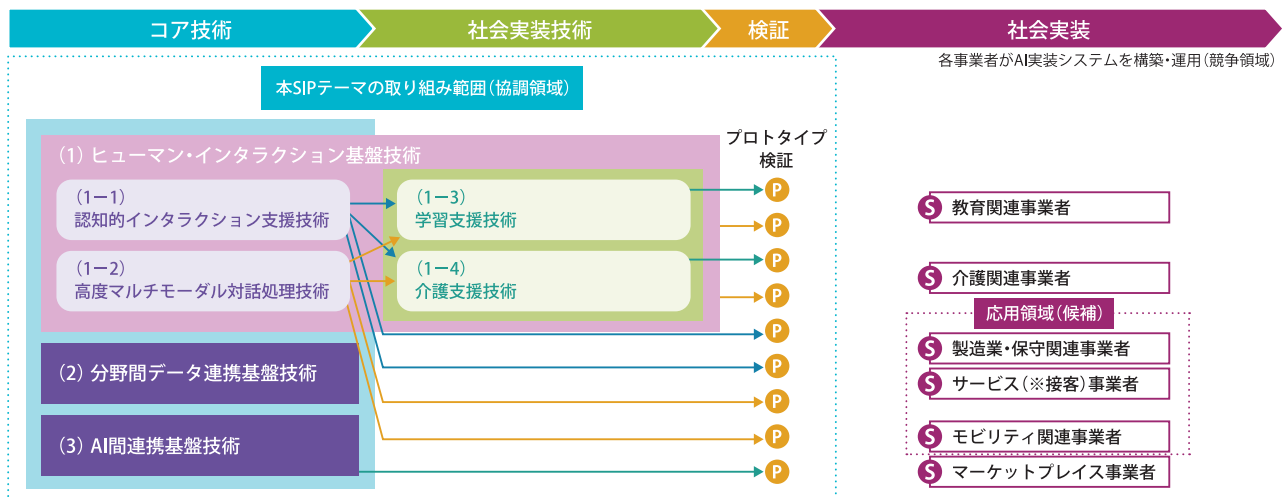
持丸 サービスにも、いろいろな側面があり、例えばeコマースはBtoCのサービスではあるのですが、人と人とのやり取りはリアルタイムには発生しません。そういったサービスではなく、民間活力だけでは解決できない社会的課題などをテーマに、政府が資金を投入して解決することを目指しています。そこで今回は選ばれたのが、教育と介護の分野です。教育の分野の支援といえば、本来は教育効果を上げることが目的になるのですが、今、学校の先生は日常業務だけで手いっぱいの状況です。そして、少子高齢化は、今後日本だけの社会課題ではなくなってくるはずですが、日本でうまく適応できたモデルは、海外でもある程度展開できるかもしれない。介護の分野も、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になります。

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、顧客自身ははっき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ぬわけで、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くれる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。

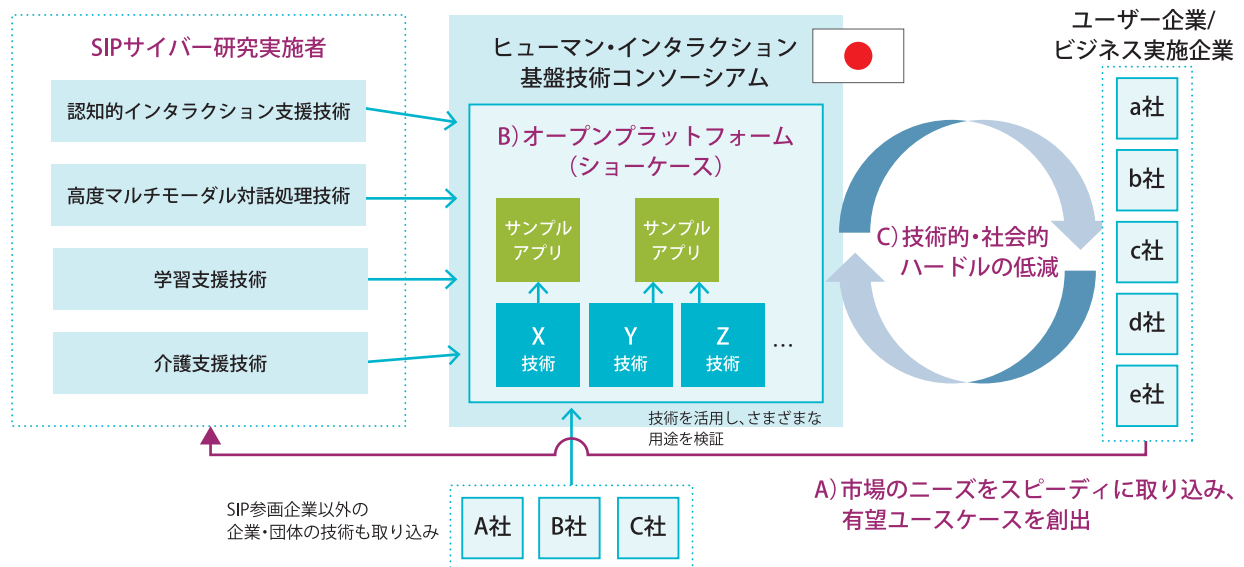
例えば、接客係の説明中に顧客の表情が曇った場合、それが通常の商品説明の最中であれば、単に説明不足があったのではないかと判断し、より丁寧に説明し直すといった行動をとれば良いでしょう。一方で、表情が曇ったのが、顧客からの要求を断ったタイミングであれば、それは相手が少し不機嫌になったという反応であり、「ちゃんと伝わらなかった」と判断してわざわざもう一度断りの言葉を発してしまうと、逆効果になってしまいます。このように、AIによる感情認識も、接客で使われる場合はその場に応じて状況判断できる機能を持ったものが求められます。ここで目指している感情認識は、心理学的な意味で深い感情を読み取っているのではなく、サ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

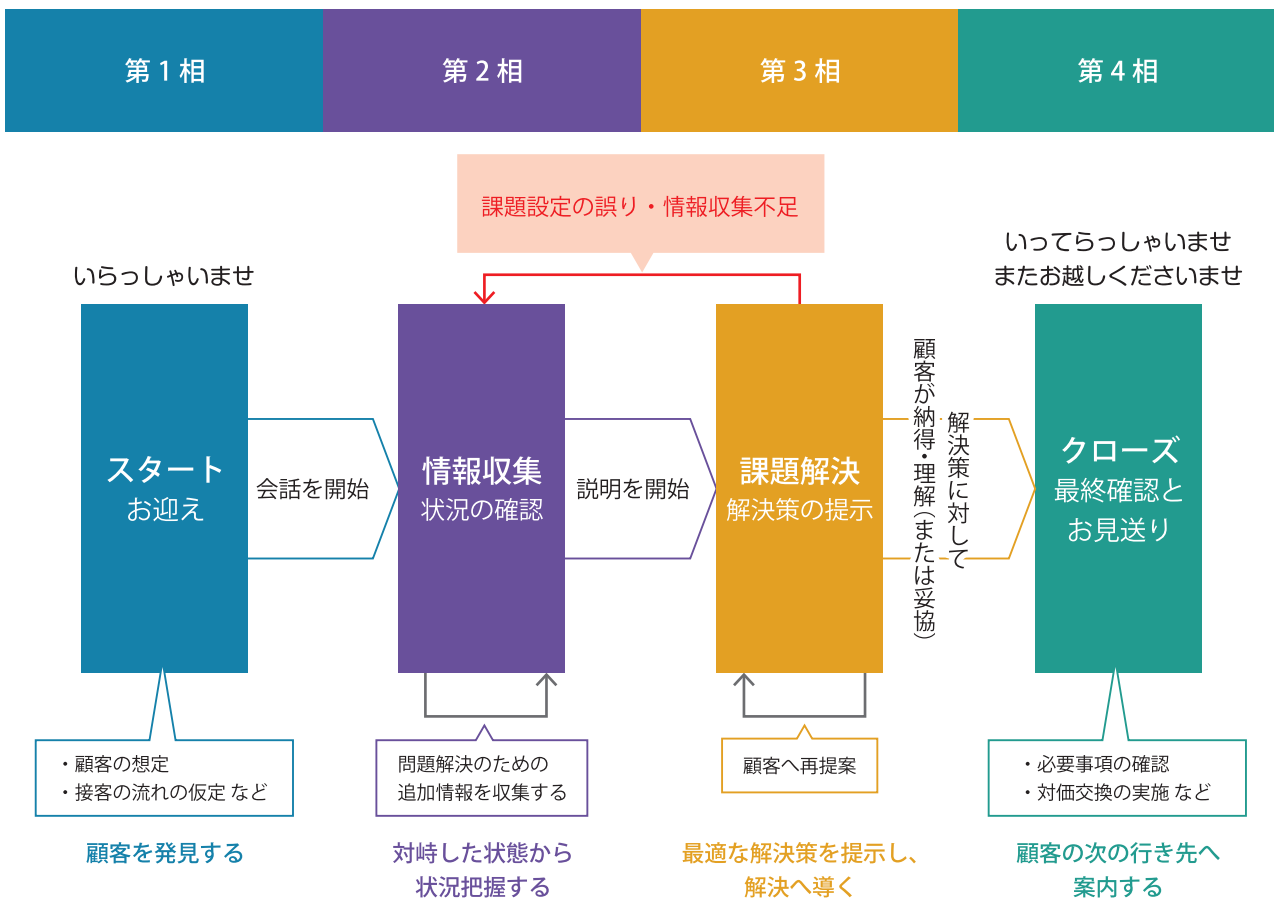


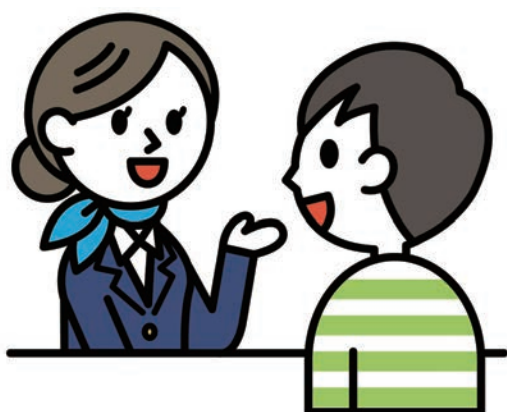
図1 行動遷移分類手法の概念モデル

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.

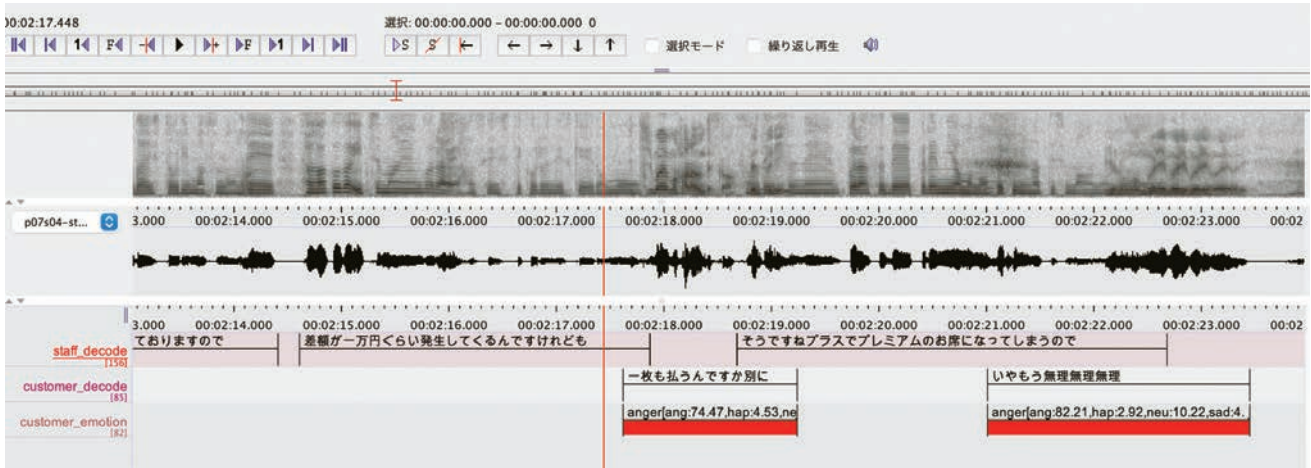


図3 マルチモーダル時系列データの可視化

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

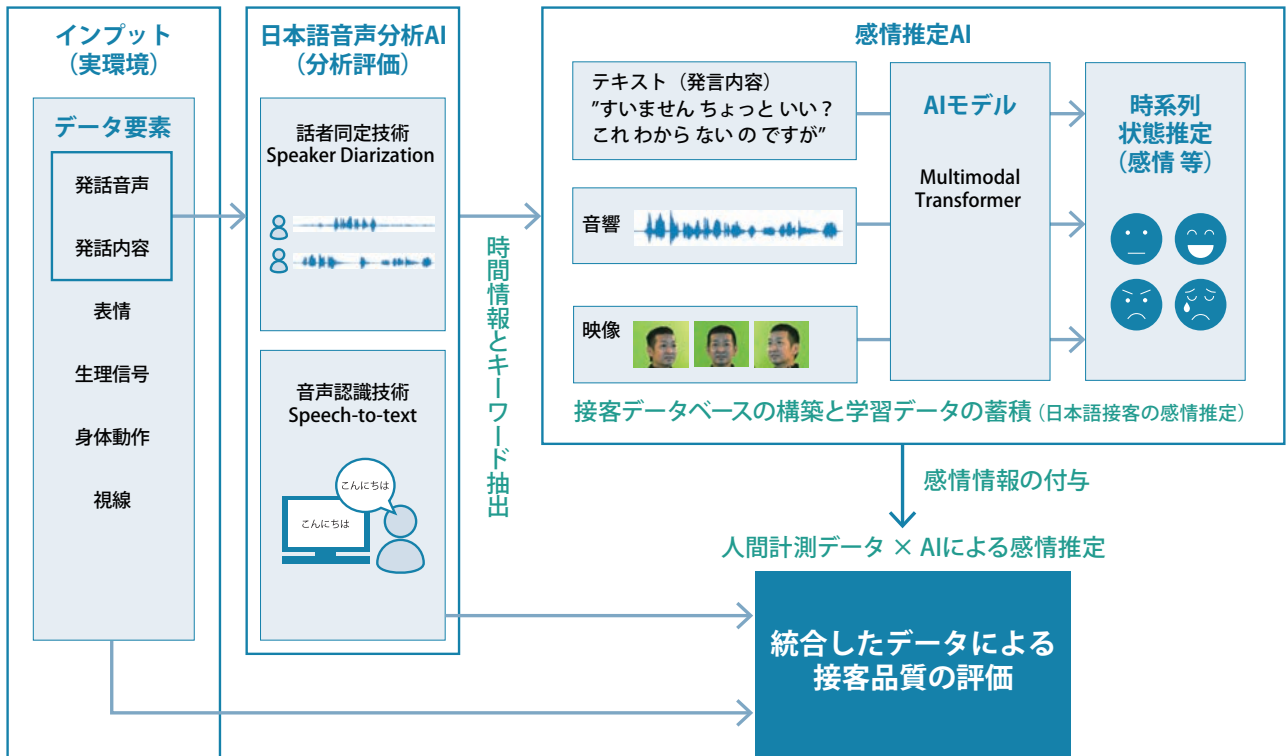


図4 マルチモーダルデータによる自動状態記述システムのデータフロー

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法を用いて、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。

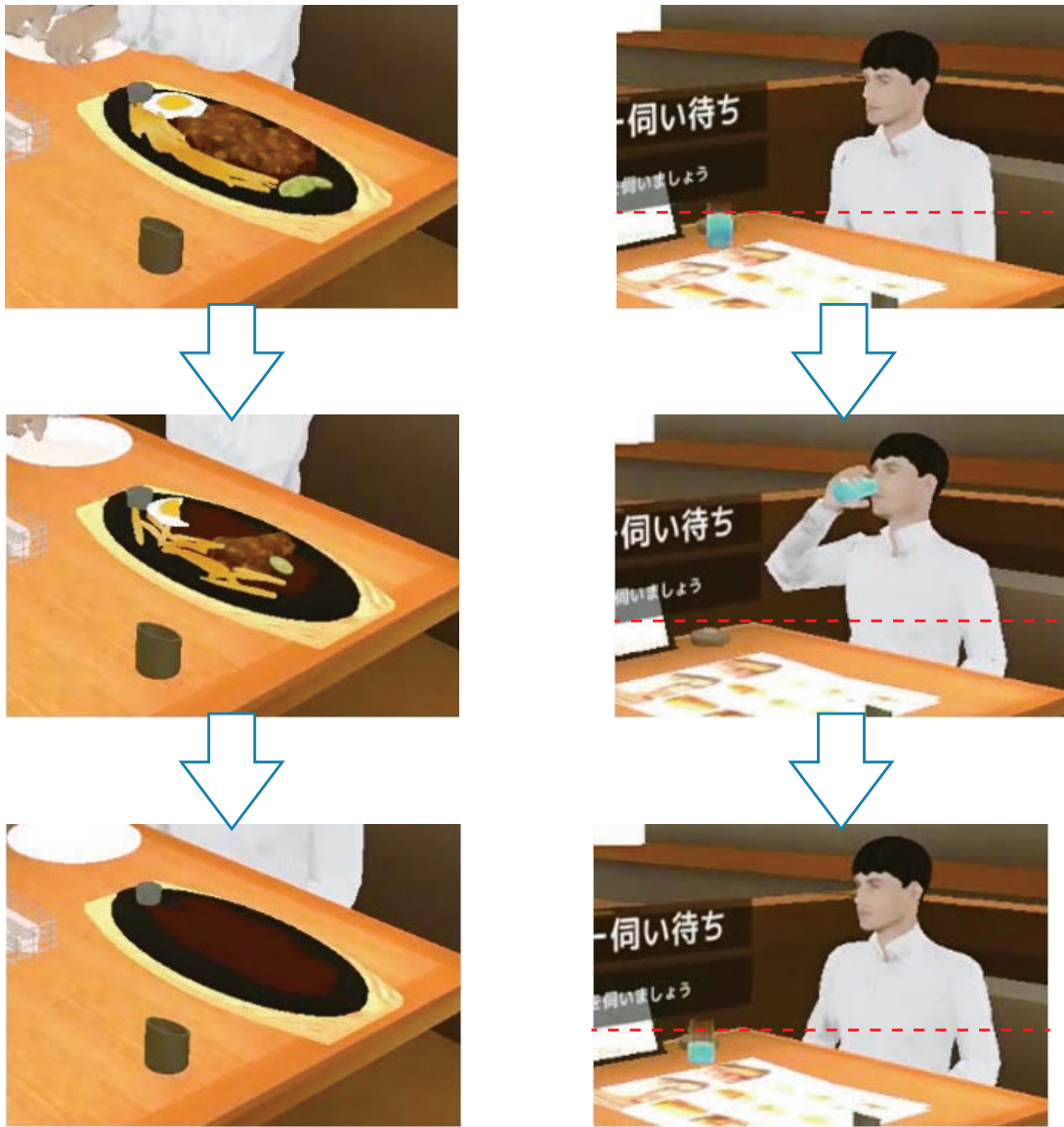


図2 食事や水の減り

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

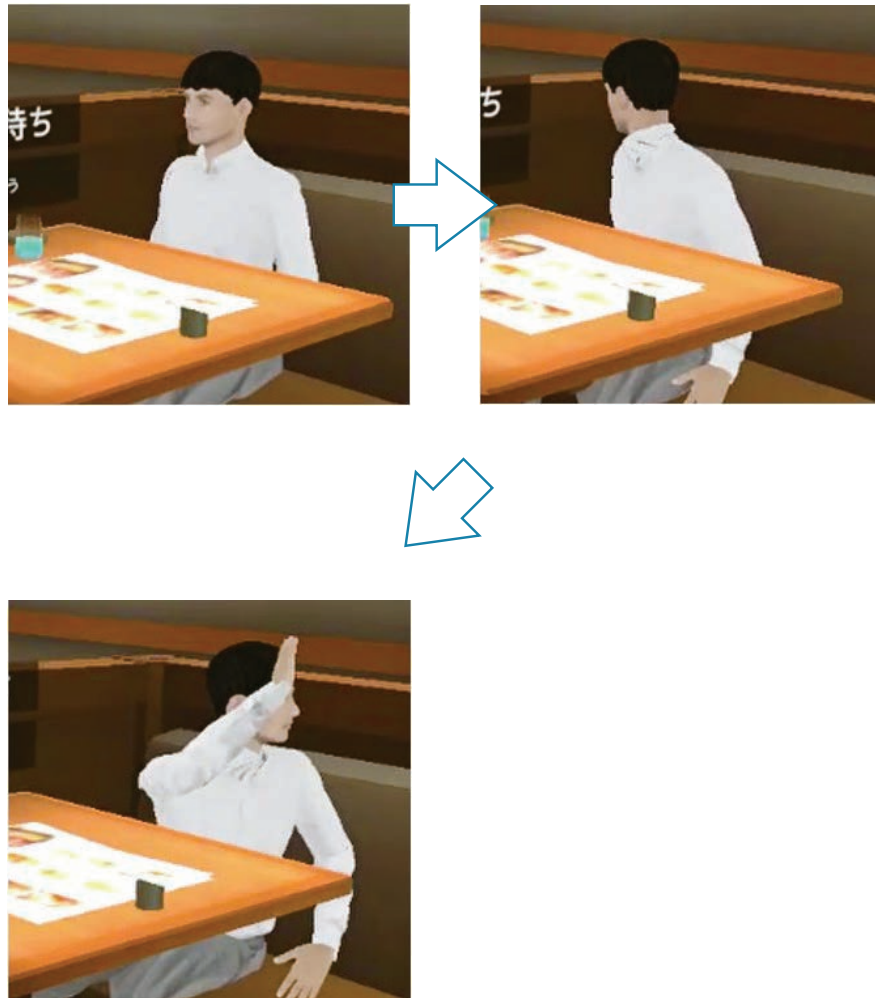


図3 待たされた時の顧客の挙動



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。