

**戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)**  
**ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術**  
**研究開発計画**

**2021年11月30日**

**内閣府**  
**科学技術・イノベーション推進事務局**

## 目次

研究開発計画の概要	4
1. 意義・目標等	4
2. 研究内容	4
3. 実施体制	5
4. 知財管理	5
5. 評価	5
6. 出口戦略	5
1. 意義・目標等	7
(1) 背景・国内外の状況	7
(2) 意義・政策的な重要性	7
(3) 目標・狙い	9
2. 研究開発の内容	12
(1) ヒューマン・インタラクション基盤技術(2018～2022年度)	15
(1-1) 認知的インタラクション支援技術(2018～2022年度)	18
(1-2) 高度マルチモーダル対話処理技術(2018～2022年度)	36
(1-3) 学習支援技術(2018～2022年度)	44
(1-4) 介護支援技術(2018～2022年度)	55
(2) 分野間データ連携基盤技術(2018～2022年度)	70
(3) AI間連携基盤技術(2018～2020年度)	92
(4) アーキテクチャ構築(2019年度)	101
3. 実施体制	122
(1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の活用	122
(2) 研究責任者の選定	123
(3) 研究体制を最適化する工夫	124
(4) 外部からのアドバイス・外部組織との連携の工夫	124
(5) 府省連携	124
(6) 産業界からの貢献	124
4. 知財に関する事項	125
(1) 知財委員会	125
(2) 知財権に関する取り決め	125
(3) バックグラウンド知財権の実施許諾	125
(4) フォアグラウンド知財権の取扱い	125
(5) フォアグラウンド知財権の実施許諾	125
(6) フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾について	126
(7) 終了時の知財権取扱いについて	126
5. 評価に関する事項	127

(1) 評価主体.....	127
(2) 実施時期.....	127
(3) 評価項目・評価基準.....	127
(4) 評価結果の反映方法.....	127
(5) 結果の公開.....	127
(6) 自己点検.....	127
6. 出口戦略.....	129
(1) 出口指向の研究推進.....	129
(2) 普及のための方策.....	129
7. その他の重要事項.....	131
(1) 根拠法令等.....	131
(2) 弾力的な計画変更.....	131
(3) PD及び担当の履歴.....	132

## 研究開発計画の概要

### 1. 意義・目標等

Society 5.0 として目指すべき社会では、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、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が起こることが期待されている。Society5.0を具現化するためには、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作りが不可欠であり、未ださまざまな開発要素・課題がある。

本課題においては、「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」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。

具体的には、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」においては、特に介護、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、これまで出来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・行動を理解するとともに、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はなく、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し、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を目指す。

また、「分野間データ連携基盤技術」においては、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、分野を越えたデータ共有と利活用のための技術開発による分散連邦型の分野間データ連携を促進し、持続的に自立運用可能となるエコシステムの形成を目指す。

さらに、「AI間連携基盤技術」においては、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し、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機会の形成を目指す。

### 2. 研究内容

Society 5.0を具現化するサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合するサイバー・フィジカル・システムの社会実装に向けて、ビッグデータ・AIに係る基盤技術として、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間連携基盤技術を開発する。

開発した基盤技術について、人工知能技術戦略産業化ロードマップで示された生産性、健康・医療・介護、空間の移動の重点3分野を念頭に、我が国が質の高い現実空間の情報を有する領域や我が国が解決すべき社会課題の領域における複数の現場等でのデータ収集、プロトタイプング、技術実証・評価を実施し、基盤技術の有効性検証と複数の実用化例を創出することで、ビッグデータ・AIを活用した新たなビジネスモデルの誕生を促進する。

具体的には、以下の研究開発を行う。

#### (1) ヒューマン・インタラクション基盤技術

(1-1) 認知的インタラクション支援技術：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・

行動に関わる言語データと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

- (1-2) 高度マルチモーダル対話処理技術: 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
- (1-3) 学習支援技術: 教育現場等から教師及び学生に係るビッグデータを収集し、AIと組み合わせることで教育、学習活動を個別最適化する技術
- (1-4) 介護支援技術: 介護現場から介護士及び被介護者に係るビッグデータを収集し、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技術
- (2) 分野間データ連携基盤技術: 分野を越えたデータ共有と利活用のための分野間データ連携基盤技術とこれらデータをワンストップで供給する分散連邦型の分野間データ連携の促進体制確立
- (3) 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
- (4) アーキテクチャ構築: 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

### 3. 実施体制

安西祐一郎プログラムディレクター(以下、「PD」という。)は、研究開発計画の策定や推進を担う。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う。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(以下、「NEDO」という。)を活用し、公募により選定した研究責任者により研究開発を推進する。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する。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、また、イノベーション戦略コーディネーター(以下、「戦略C」という。)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する。

### 4. 知財管理

課題全体の知的財産のマネジメントを実施する知財委員会をNEDOまたは選定した研究責任者の所属機関(委託先)に置き、各委託先で出願される知的財産の動向を把握・管理し、産業利用する際の利便性向上につながるよう、調整を行う。

### 5. 評価

ガバナリングボードによる毎年度末の評価の前に、研究責任者による自己点検、および、PDと管理法人による自己点検を実施する。

### 6. 出口戦略

自動化が難しく、人とAIの協働が効果的と考えられる分野(例えば、介護、教育、接客等)において、出口となるユーザー(企業を含む)が開発の初期段階から参画し、開発実施者と多様なユーザーが基盤技術を活用した実証実験を実施することで、参画企業による新たなサービスや事業の創出を促進する。

関連する他SIP課題である「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」、「AI(人工知能)ホスピタルによる

高度診断・治療システム」、「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」、「スマートバイオ産業・農業基盤技術」などとの連携を図り、具体的な社会実装に向けた検討を行う。特に、「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」の課題とは強く連携を図り、サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合を具現化する。

## 1. 意義・目標等

### (1) 背景・国内外の状況

第5期科学技術基本計画で掲げた我々が Society 5.0 として目指すべき社会では、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させ、ビッグデータと人工知能(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、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が起こることが期待されている。Society 5.0 を具現化するためには、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作りが不可欠であり、未ださまざまな開発要素・課題がある。また、AI技術によるイノベーションの創出を実現するためには、これまでのように分野ごとのデータのみならず、分野の垣根を越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現実社会でのAI技術の社会実装が必要になっている。

世界に目を向けると、ここ数年のビッグデータとAI技術の利活用は、ネット上の膨大なデータを囲い込み、その利活用に成功した米国のIT企業が主導してきた。現在では、米国や中国の企業等による激しい覇権争いが繰り広げられ、我が国は米国や中国に比べると研究論文数やビジネスへの導入等で後れを取っている状況である。また、AIの開発や利活用を担う人材の育成に関しても、2020年に先端IT人材で約5万人、IT人材で約30万人が不足するとの推計<sup>1</sup>が示されており、我が国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ためには、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。他方、データ連携に関する政府主導の取組としては、米国では2005年にNIEMが、欧州では2011年にSEMICが、それぞれデータ連携標準の取組を開始するなどデータ連携の仕組みを整備しているほか、中国では国内の個人データ等の持ち出しを規制する法律を施行することにより、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、我が国が有する良質な現場データを含むビッグデータの整備とともに、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て、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、人工知能技術戦略会議が2016年4月に設置され、同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組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分野及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月に取りまとめられた。また、2016年12月に総合科学技術・イノベーション会議と経済財政諮問会議が合同で取りまとめた「科学技術イノベーション官民投資拡大イニシアティブ」に基づき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(ターゲット領域)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るとともに、領域全体としての方向性を持った研究開発を推進することとしている。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」を車の両輪として位置付けており、生産性革命に向けたSIP及びPRISM等による研究開発と社会実装の着実な推進や技術基盤の構築とともに、そのために必要となるSociety 5.0の実現に向けた必須の社会インフラとして、

<sup>1</sup> 経済産業省「IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果」(2016年6月)。IT人材は中位シナリオでの推計。

国、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3年以内に整備することが掲げられている。

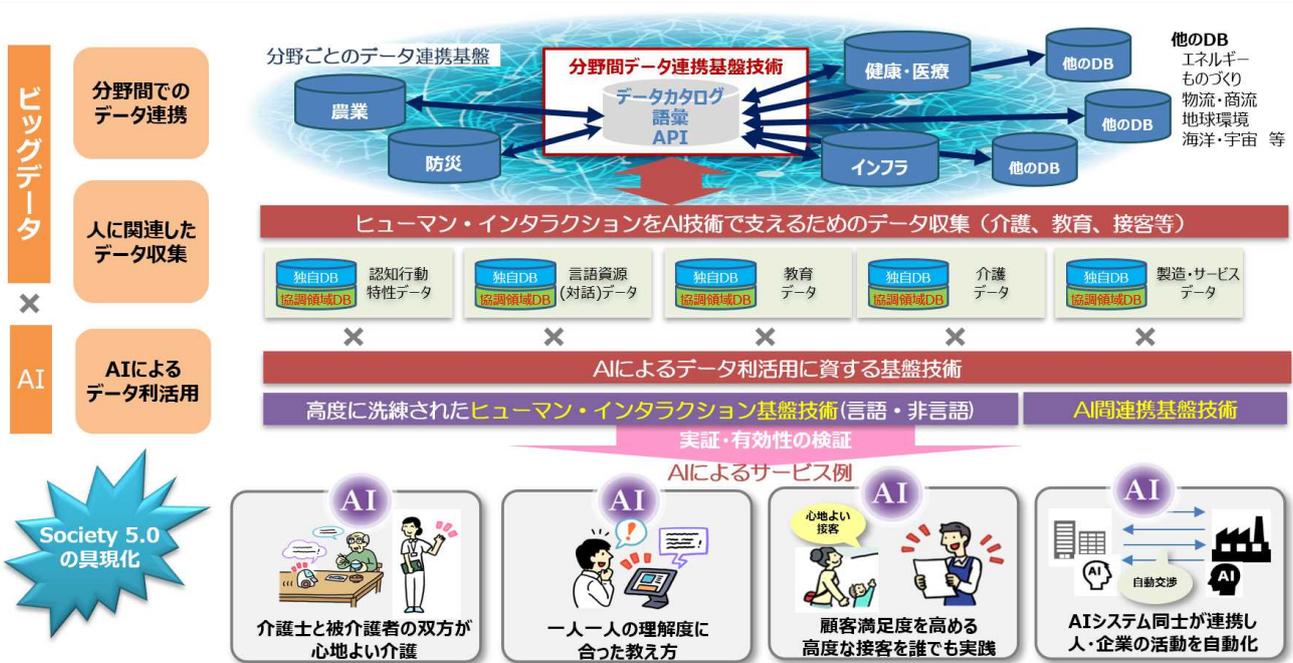
このため、本課題においては、「サイバー空間基盤技術」の中で、特に「ヒューマン・インタラクション基盤技術」、「分野間データ連携基盤技術」、「AI間連携基盤技術」を確立し、ビッグデータ・AIを活用したサイバー・フィジカル・システムを社会実装する。

具体的には、「ヒューマン・インタラクション基盤技術」においては、特に介護、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、これまで出来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・行動を理解するとともに、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はなく、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し、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を目指す。

また、「分野間データ連携基盤技術」においては、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越えたデータ共有と利活用のための技術を開発し、分散連邦型の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す。

さらに、「AI間連携基盤技術」においては、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し、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機会の形成を目指す。

本課題において、官民投資の促進を目的としたPRISMのターゲット領域「革新的サイバー空間基盤技術」の中核プロジェクトとして、5年後に実用化を目指し、企業単独ではリスクを取ることが困難なビッグデータ・AIの基盤技術の確立とその社会実装を目指す意義は高いものと考えられる。



図表1-1. 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

### (3) 目標・狙い

#### ① Society 5.0 実現に向けて

- ・ 以下の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・システムを社会実装して、生産性(作業時間・習熟速度・エラー率等)<sup>2</sup>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」を具現化する。
  - 人と人のインタラクションをAIが支援するヒューマン・インタラクション基盤技術を開発し、自動化が難しく、人とAIの協働が効果的と考えられる分野(例えば、介護、教育、接客等)における実証実験を通じた有効性検証と実用化例を創出する。
  - 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分散連邦型の分野間データ連携を、3年以内に整備し、5年以内に本格稼働させ、実用化例を創出する。
  - 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し、実証実験を通じた有効性検証と実用化例を創出する。

#### 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が誕生し、さまざまな分野で新たなサービスや価値が創出されることで、生産性の向上と社会課題の解決の両立に寄与する。
  - 機械による自動化が難しく、人の介在が必須のサービス分野(例えば、介護、教育、接客等)における業務の省力化・自動化等により、生産性(作業時間・習熟速度・エラー率等)を10%以上向上【我が国の生産性(一人あたり、一時間あたりの実質GDP)の年2%向上<sup>3</sup>に寄与】
  - 介護士業務の省力化・自動化による介護士不足の改善【2025年時点で介護士約37万人不足<sup>4</sup>の緩和、介護士の離職率約17%(2015年)<sup>5</sup>の改善】
  - 認知症予防の推進による社会保障費低減【2025年に約20兆円と予想される介護費<sup>6</sup>の抑制】
  - AI間の自動的な協調・連携による受発注関連業務における生産性の向上、発注・受注の品質(正しい発注・受注判断)の向上
- ・ さらに、上記のうち特にビッグデータ・AIを活用した学習支援に関する研究開発を通じて、学習個別化や文理融合、国際化等を可能にする学びのイノベーションを進めることで、以下のAI時代に適した人材を育成する。
  - AI技術などの先端情報技術を基にした革新的なビジネスモデル、生産・流通・サービス・行政事業等あらゆる経済社会分野の革新的なモデルを開発・実践できる人材【2020年に先端IT人材で約5万人、IT人材で約30万人が不足するとの推計<sup>7</sup>】
  - 技術力のみならず、問題発見能力、問題構成能力、国際コミュニケーション能力、現場力を備え

<sup>2</sup> 活用前と比較した人の作業時間・学習速度・理解度・エラー率・安全率・省エネ等のいずれかにより算出

<sup>3</sup> 「新しい経済政策パッケージ」(2017年12月8日閣議決定)では、我が国の生産性を2015年までの5年間の平均値である0.9%の伸びから倍増させ、年2%向上を目標。

<sup>4</sup> 厚生労働省「2025年に向けた介護人材にかかる需給推計」(2015年6月)

<sup>5</sup> 公益財団法人介護労働安定センター「平成28年度介護労働実態調査」(2017年8月)

<sup>6</sup> 厚生労働省社会保障審議会介護給付費分科会(2014年4月)資料

<sup>7</sup> 経済産業省「IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果」(2016年6月)。IT人材は中位シナリオでの推計。

た世界に通用するAI人材

### 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越えてつながる分散連邦型のデータ連携を整備し、我が国が質の高い現実空間の情報を有する領域や我が国が強みを有する産業(ロボット等)等において、AI技術等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させ、産業競争力の向上に寄与する。
- ・ 革新的なビジネスモデル、生産・流通・サービス・行政事業等あらゆる経済社会分野の革新的なモデルの開発と実践が可能な人材の育成を支援し、これにより世界をリードする新産業創出に繋げる。
- ・ 状況の変化・表情・動きなど、非言語コミュニケーションを支援する次世代のAI技術の基盤として、新産業分野を創出する。
- ・ 視聴覚だけでなく、触覚などを合わせた多感覚多次元コンテンツの設計評価基盤によって、次世代以降のコンテンツ産業を日本がリードする。
- ・ 高度マルチモーダル対話処理技術の研究開発成果のオープン化によって、幅広い産業分野のイノベーションを促す。
  - 例えば、サービスロボット産業の国際競争力強化【国内ロボットの産業市場予測は 2025 年時点で約 9.7 兆円<sup>8</sup>(2025 年にサービス用ロボット市場が産業用ロボット市場を逆転)】
  - 例えば、介護のノウハウを蓄積したAIによる高齢者支援産業で世界をリード【介護・福祉・健康・スマートホームのロボット需要予測 2035 年時点で約 1 兆 2900 億円<sup>8</sup>(2015 年比 5.1 倍)】

### ④ 技術的目標

- ・ データカタログ(メタデータ)等を用いて、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実現する。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等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。
- ・ 日常生活や作業における状況の変化・表情・触覚・姿勢・身振りなど、言語化されていない大多数の情報を言語情報と同じように符号化・構造化して分析し、状況判断やコミュニケーション支援を向上する。
- ・ 世の中のあらゆる知識や情報を駆使しながら、決められたシナリオベースの会話展開だけではなく臨機応変な高度マルチモーダル対話を実現する。
- ・ 複数のAIが社会制度に則して、機能的に連携できる仕組みを実現する。

### 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、我が国産業の競争力強化を図る。
- ・ 実証実験等を通じて、技術開発及び社会実装に関連する情報関連法制(個人情報保護、著作権

<sup>8</sup> NEDO「ロボット産業将来市場調査」(2010年4月)

保護、応用分野固有の制度など)や導入に係る課題を調査し、抽出することで関連する制度改革を推進する。

## ⑥ グローバルベンチマーク

- ・ ここ数年のAI技術の利活用は、ネット上の膨大なデータを囲い込み、その利活用に成功した米国のIT企業が主導してきた。現在では、米国や中国の企業等による激しい覇権争いが繰り広げられ、我が国は米国や中国に比べるとビジネスへの導入等で後れを取っている状況にある。他方、我が国では、SIP等により、一部の分野では、分野ごとのデータ連携基盤の整備が進められてきたが、いまだ整備途上であり、データ連携に関する関係機関の連携が十分ではなかった。このため、サイバーセキュリティ、個人情報保護等の課題への対応について早急に検討を進め、欧米等との相互運用性を確保しつつ、分散連邦型の分野間データ連携を整備する必要がある。
- ・ 現在のAI技術は、機械学習・深層学習によって大量のデータ(ビッグデータ)から学習して、人の手を介さずに必要な機能を獲得するソフトウェアであり、データ量に依存し、データを獲得できるネット(サイバー空間)上での利活用が中心となっている。このため、ネット上ではない現実空間における利活用、特に人との協調・協働に関しては信頼性・安全性の観点からも課題が多く、限定的な社会実装に留まっている。近年、人とAI等との協調・協働に必要な「ヒューマン・インタラクション」に係る研究は世界中で盛んに行われ、米国政府は、「米国人工知能研究開発戦略計画」(2016.10 米国大統領府)において、AIについて7つの戦略研究目標(5~10年以上先に高価値の結果を生むためのハイリスク研究、人とAIの協調のための効果的な手法開発等)を定義し、民間が投資する可能性が低い分野に連邦予算を集中させて取り組んでいる。他方、音声認識に関しては、欧米企業を中心に、言語情報の認知特性データをコアとした基盤技術を確立しつつあるが、パターン化された言語情報に限定されている例が多い。人とAIの協働による生産性向上には、より現場に近いデータを活用し、人とAIが協働した場面での安全性・信頼性の高い技術が必要であり、そのためには、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、マルチモーダルなインタラクション技術が不可欠である。

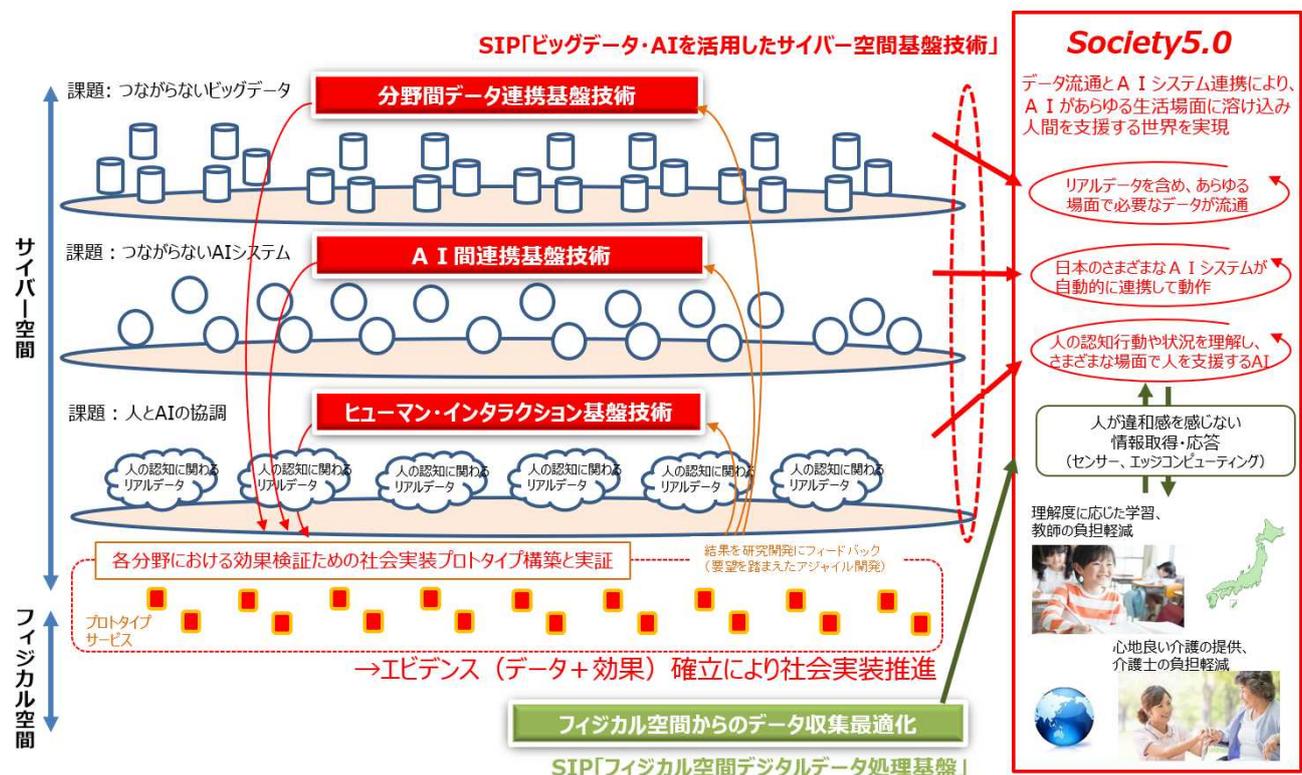
## ⑦ 自治体等との連携

- ・ 研究開発やその実証試験に自治体等を参画させるとともに、自治体・企業・大学・研究機関等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き研究開発段階から開放することにより、先端技術と社会課題を抱える現場との間の橋渡しを推進する。

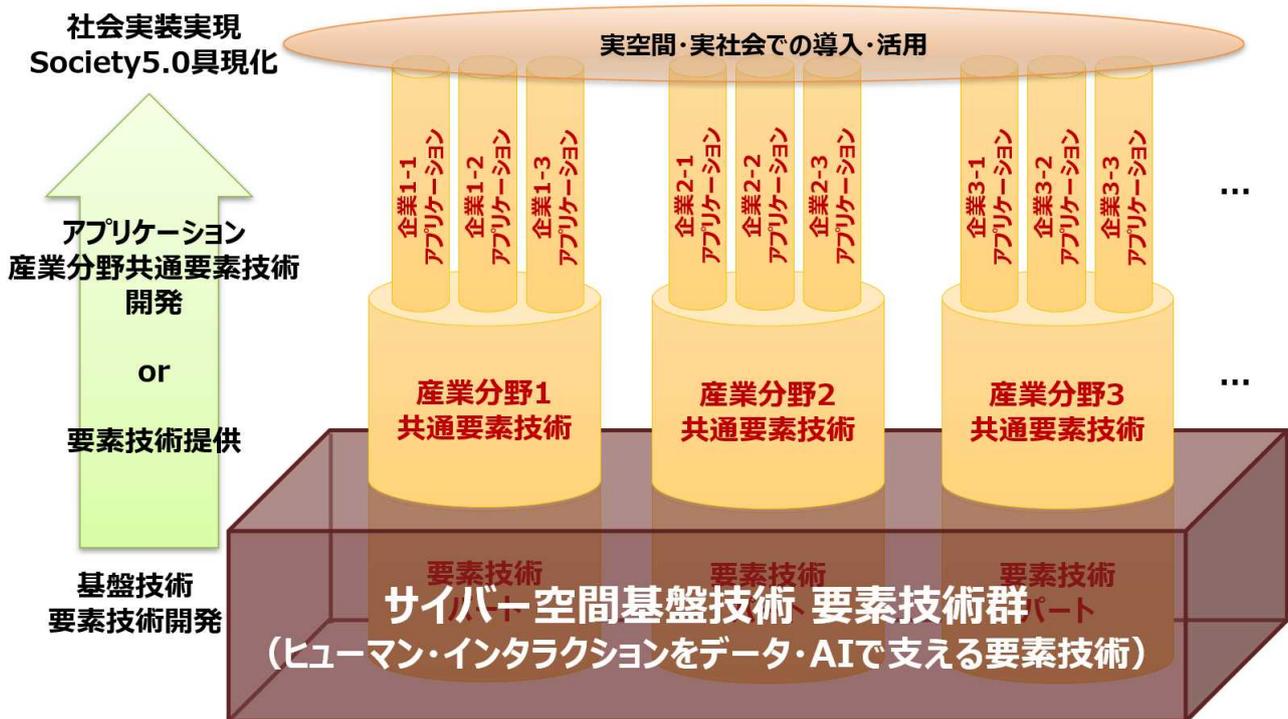
## 2. 研究開発の内容

Society 5.0 を具現化するサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合するサイバー・フィジカル・システムの社会実装に向けて、ビッグデータ・AIに係る基盤技術として、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間連携基盤技術からなるサイバー空間基盤技術を開発する。サイバー空間基盤技術を本プログラムにて取り組むことにより、人と人のインタラクションを支援するAIを、分散連邦型の分野間データ連携基盤の技術構築およびデータ流通・AIシステム連携とともに実現し、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する。具体的には、サイバー空間基盤技術となる要素技術開発と社会実装に向けたシステム開発もしくは要素技術提供を通して、サイバー・フィジカル・システムの社会実装を促進する。

課題全体の統一目標として、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以上創出することを掲げる。なお、研究開発の達成評価に関して、グローバルベンチマークを踏まえ、社会的・経済的ニーズを見据え、技術確立と社会実装に関する最終目標を2021年度に再設定し、社会実装を目指したマネジメントを確実なものとしていく。



図表2-1. 課題全体像



図表2-2. サイバー空間基盤技術の研究開発・社会実装方針

開発した基盤技術について、人工知能技術戦略産業化ロードマップで示された生産性、健康・医療・介護、空間の移動の重点3分野を念頭に、我が国が質の高い現実空間の情報を有する領域や我が国が解決すべき社会課題として想定される領域における複数の現場等でのデータ収集、プロトタイピング、技術実証・評価を実施し、基盤技術の有効性検証と複数の実用化例を創出することで、ビッグデータ・AIを活用した新たなビジネスモデルの誕生を促進する。

具体的には、以下の研究開発を行う。

(1) ヒューマン・インタラクション基盤技術

(1-1) 認知的インタラクション支援技術：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・行動に関わる言語データと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

(1-2) 高度マルチモーダル対話処理技術：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

(1-3) 学習支援技術：教育現場等から教師及び学生に係るビッグデータを収集し、AIと組み合わせることで教育、学習活動を個別最適化する技術

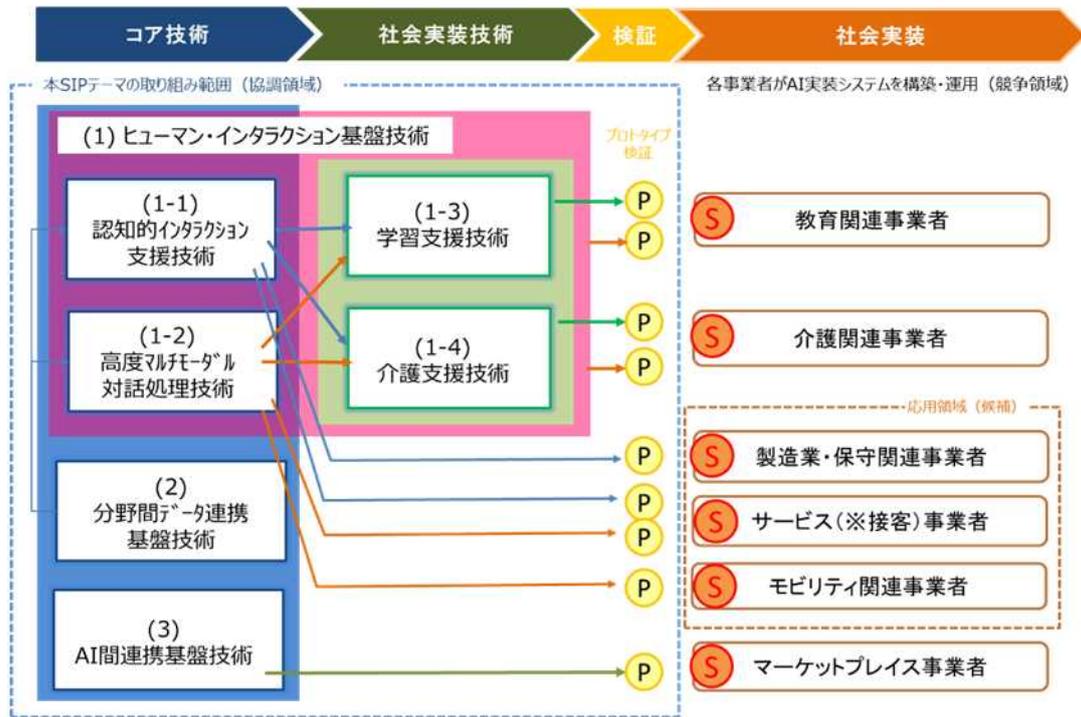
(1-4) 介護支援技術：介護現場から介護士及び被介護者に係るビッグデータを収集し、AIと組み合わせることで介護士・被介護者双方の負担を軽減する技術

(2) 分野間データ連携基盤技術：分野を越えたデータ共有と利活用のための技術とこれらデータをワンストップで供給する分散連邦型の分野間データ連携を整備

(3) AI間連携基盤技術(2018～2020年度)：複数のAIを自動的に協調・連携させるための技術

(4) アーキテクチャ構築(2019年度)：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



図表2-3. 研究開発計画の全体像

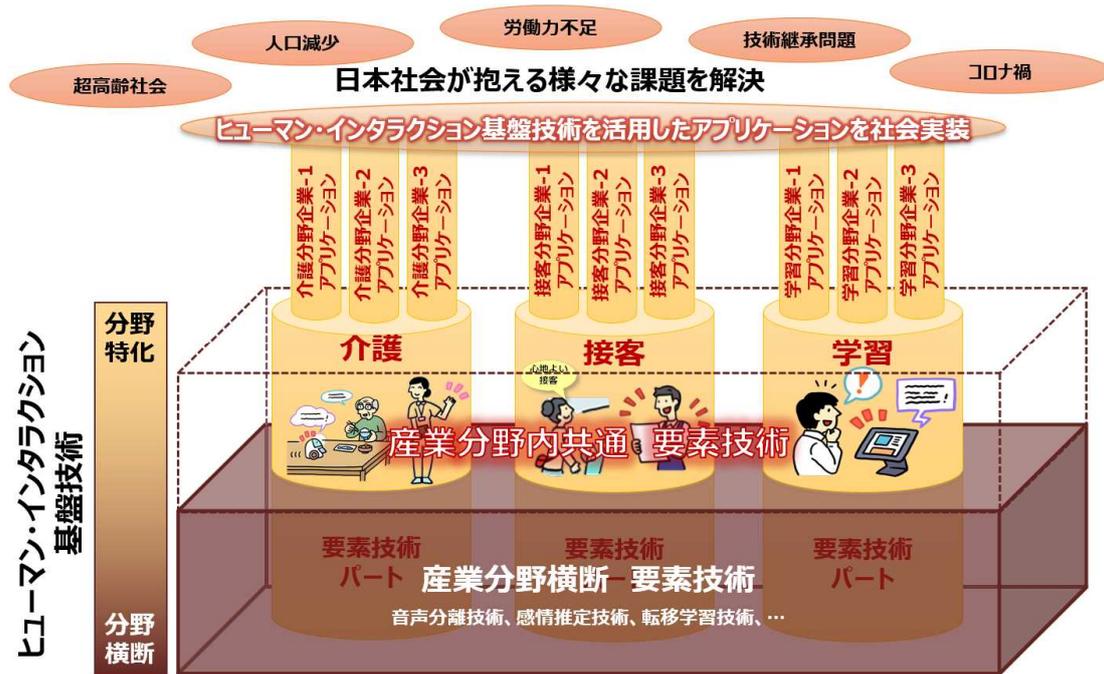
## (1) ヒューマン・インタラクション基盤技術(2018～2022年度)

担当サブPD:持丸 正明(全体管理)、兼村 厚範(先端AI基盤技術推進)

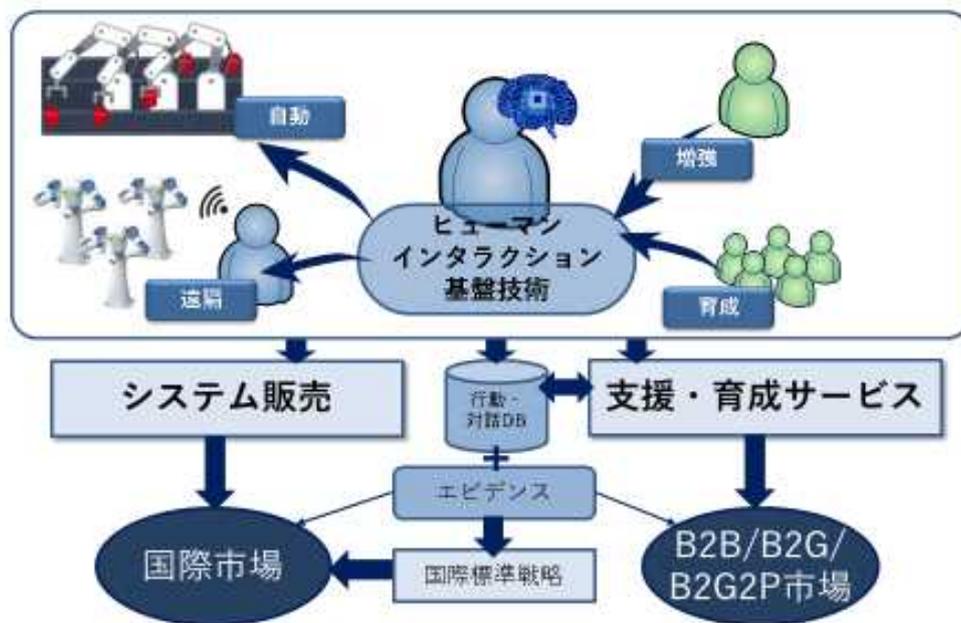
ヒューマン・インタラクション基盤技術は、人と人のインタラクションをAIが支援・増強するために必要となる「分野横断もしくは分野内で横展開可能な要素技術」である。本研究開発ではこの要素技術から活用アプリ・出口までを一気通貫で研究開発を進めていく。

本基盤技術開発は、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する。その実現のためには、単に既存データを集めてAI分析するのではなく、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化する必要があり、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フェースでフィードバックする技術が不可欠となる。社会実装のためには、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な実証エビデンスを獲得する必要があり、エビデンスに基づいて国内B2B(接客サービス、製造)、B2G(学習、介護)、B2G2P(維持管理)への普及を目指す。

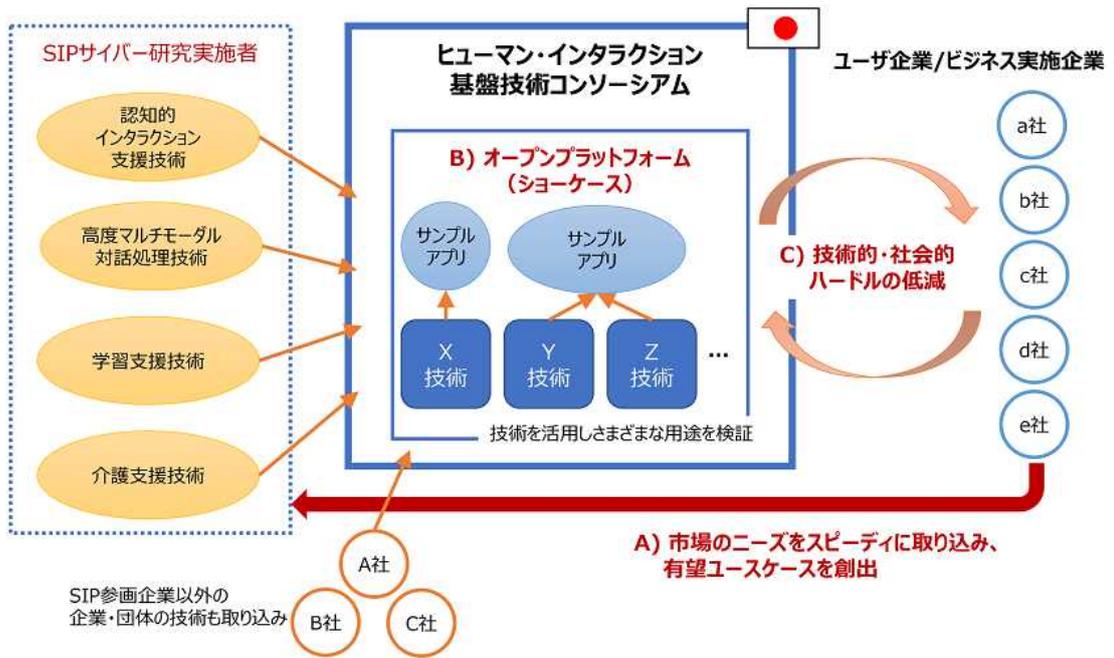
本基盤技術により実現されるユースケースは広範に渡るが、そのうち「介護」「教育」「接客」を本プログラム終了時点の優先ターゲット領域とする。「介護」においては、被介護者の医療バイタルデータだけでなく、排泄などの生活データ、感情や表情のデータも取得され、それらのデータとAIから疾患進捗や生活サイクルの予測を実現する。被介護者ごとの予測を基にした個別ケアサービスプランを効率的に実施できるようになり、介護コストの低減とクオリティの向上を同時に実現する。これらの成果を数値的なエビデンスとして取得し、それに基づいて国内で普及を図るとともに、高齢化が進むアジア圏に技術展開する。「教育」においては、生徒に学習用のデジタルデバイスが配布されるのを契機に、個人の学習ログの蓄積と、それらのデータとAIに基づく個別学習プランの推奨を実現する。結果的に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る。こちらも、成果を数値的なエビデンスとして取得し、それに基づいて国内で普及を図る。「接客」においては、顧客の状態を音声データや視線・表情等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を実現する。2021年度は、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する。特に、サブPDに先端AI基盤技術推進を専門に担当する兼村厚範を新しく配置し、分野横断的に展開できるAI要素技術構築による基盤技術の具現化を強化するとともに、要素技術の持続的な社会実装を見据えたユーザ提供方法+課題の整理および枠組み構築を重点的に取り組む。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、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)を形成し、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・仕組みを構築する。本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等を実施する体制を整備する。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する。



図表2-4. ヒューマン・インタラクション基盤技術の構成イメージ



図表2-5. ヒューマン・インタラクション基盤技術の出口戦略



図表2-6. 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

### (1-1) 認知的インタラクション支援技術(2018～2022 年度)

人と人のインタラクションをAIが高度に支援・増強する世界を実現するため、さまざまな分野における人間の行動や状況の変化に対する視線・表情・姿勢・身振り等、言語化されていない情報を収集・構造化し、さまざまな場面で再利用可能とすることで、人の行動と認知を支援する高度なインタラクション支援技術を開発する。

具体的には、さまざまな現場から人間の行動(主体者・他者)や環境情報(環境に配置された物や提示された情報等)をセンシングし、人間の行動や認知に関わるデータを網羅的に蓄積したデータベース(認知行動特性データベース)を構築するとともに、認知行動特性データベースを用いて人の行動や認知を適切に支援するため、誰もが直観的に理解可能な多感覚による情報提示方法や適切な情報量・タイミングを設計評価する技術を開発する。認知行動特性データベースは、さまざまな分野で横断的に利用可能とするため、汎用性・拡張性の高い共通フォーマットを規定する。また、構築した認知行動特性データベースをさまざまな分野の多種のタスクの認知・行動インタラクション支援に適用するため、安全性を含めた評価手法の確立、および、評価用システム(技術評価プラットフォーム)を開発する。

当該基盤技術の研究開発とあわせて、認知的インタラクション支援技術が効果的な応用分野(接客を含むサービス分野、製造業等)を具体的に特定し、応用分野におけるユースケースの明確化、プロトタイプング、実証モデル構築、実証評価等を実施する。事業終了後の実用化・事業化に向けて、引き続きシステム開発や研究開発環境の運用整備を実施し、研究開発成果を効果的に実用化・事業化につなげる。

これらの基盤技術を活用することにより、活用前と比較した生産性(作業時間・学習速度・理解度・エラー率・安全率・省エネ等のいずれかにより算出)の10%以上向上、および、客観的根拠に基づく安全性の確保を達成する。

#### ○研究開発の最終目標

人間の行動と認知を支援する人とAIの協調のための高度な技術を開発し、実用化例を創出することで、人とAIが協働する社会実現に資する。

#### [1](1-1)-① 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(2018～2022 年度)

##### ■研究開発責任者

佐藤 洋(国立研究開発法人産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門 研究部門長)

##### ■参画機関

国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人筑波大学、一般財団法人デジタルコンテンツ協会、株式会社コトバデザイン、(以下、再委託)国立大学法人東京大学

##### ■本テーマの目的

業務現場において、業務状況の計測・評価によりタスクデータ・情報ベースを構築し、AIを活用した業務上の認知的インタラクション評価方法を確立し、「認知的インタラクション支援技術」を実用化することにより、

人の行動や認知を適切に支援できるようにする。

#### ■目的達成のアプローチ

実務に携わる人の行動や環境情報をセンシングするとともに人の内的状態を把握することで豊富なデータを集積し、データベースとして整備することが重要であるとする。本研究開発では、主に対人業務から2種以上の事例を対象として、センシング技術とエスノグラフィカルな手法、実場面における認知的インタラクションを感情面まで含めて測定・理解し、これらをデータベース化することを目指す。その際、人工知能技術を駆使してパターン・シンボル情報統合型データベースを構築する。さらにデータベースをもとに、業務現場における認知的インタラクションをバーチャルリアリティ技術等により再現する業務訓練・支援システムを構築し、社会実装を目指す。

#### ■最終目標(2022年度末時点) ※<>内は2021年度目標進捗率

##### 【技術確立アウトプット】

- ① 日本語による複数話者の会話から単一話者の人間の発言を分離する音声分離技術<60%>(関連個別開発テーマ:1,3)(TRL:7)
- ② 6企業以上の接客行動場面において、接客業務に分類されるプロセスに関する10名程度のスタッフおよび10名程度の顧客の行動データからなる実現場における行動の70%以上を網羅できる接客行動評価技術(タスク内容データベース含む)<40%>(関連個別開発テーマ:1)(TRL:6)
- ③ 6企業以上の接客行動場面において、10名程度のスタッフおよび顧客の10名程度の行動データからなるマルチモーダル接客データベース<50%>(関連個別開発テーマ:1,3)(TRL:6)
- ④ 接客行動評価支援コンテンツの設計に資する接客スタッフスキル評価支援知識グラフ化技術<40%>(関連個別開発テーマ:2)(TRL:6)
- ⑤ スタッフおよび顧客の映像、音声を入力とし、接客支援に有益な感情(怒り、悲しみ、喜び等の感情カテゴリまたはポジティブ・ネガティブの感情の度合い、スタッフの接客対応、等)の変化を時系列にラベル化するマルチモーダル深層学習による感情推定技術<40%>(関連個別開発テーマ:1,3)(TRL:6)
- ⑥ スタッフのウェアラブル感情センシングデバイス<60%>(関連個別開発テーマ:4)(TRL:6)
- ⑦ 接客サービス業において、現行の訓練の代替あるいは現行訓練に追加して持続的に採用される効果量とアクセシビリティを持ったVRトレーニング技術<80%>(関連個別開発テーマ:5)(TRL:7)
- ⑧ カメラ、マイクから顧客や従業員の動き・振る舞い・反応・音声について、システムへの入力後1秒程度のレイテンシで実時間処理可能なデータ処理技術<70%>(関連個別開発テーマ:8)(TRL:7)
- ⑨ 4段階以上の手順からなる接客サービスに対して、顧客目線、企業目線、同僚目線等の3種類以上の評価に応じて最適な手順を生成し、ユーザに提示あるいはロボットを誘導するタスクプランニング技術<50%>(関連個別開発テーマ:9)(TRL:7)

##### 【社会実装アウトプット】

- ① 接客行動評価技術、マルチモーダル感情推定技術、接客スタッフスキル評価支援知識グラフ化技術を搭載し、他の現場においても汎用的に展開可能な業務訓練・支援を実施する業務訓練支援システム<30%>(関連個別開発テーマ:1,2,3,4)(TRL:6)

- ② 顧客モデル・評価モデルを改良したスタッフ向け業務訓練VRシステムの製品<75%>(関連個別開発テーマ:1、4、5)(TRL:7)
- ③ 業務訓練・支援システムを用いた効果的な接客場面でのスキル習得を目的とした運用ガイドライン<50%>(関連個別開発テーマ:1、6)(TRL:5)
- ④ プロジェクト成果の社会実装のためのサービス産業向けオープンイノベーションプラットフォームとなるヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム<50%>(関連個別開発テーマ:7)(TRL:5)
- ⑤ 高度人材育成、学習支援、介護支援等の分野で15社以上で使えるヒューマン・インタラクション基盤技術の社会実装の実証実験結果<30%>(関連個別開発テーマ:7)(TRL:5)
- ⑥ 業務スキルに関わる認知的インタラクション要件についての技術報告書のISO提案<30%>(関連個別開発テーマ:7)(TRL:5)
- ⑦ 国際標準化の推進を目指した国外の研究機関等との共同研究推進による3件の国際標準化提案<50%>(関連個別開発テーマ:7)(TRL:5)
- ⑧ リモート接客用途にて、産総研等のコンソーシアム内のヒューマン・インタラクション基盤技術を搭載した1秒以内のレイテンシで要支援かを判定して支援コンテンツを通知・提示可能なリアルタイム支援システム<70%>(関連個別開発テーマ:8)(TRL:7)
- ⑨ 2種類以上の業態の接客サービスに対して、顧客目線、企業目線、同僚目線など3種類以上のその場で与えられた役割に応じて、エキスパートの経験に基づいたインタラクション動作の手順を生成し、ユーザに提示するシステム<50%>(関連個別開発テーマ:9)(TRL:7)

#### ■個別開発テーマ(10件)

##### ○開発テーマ1:タスク内容データベースの構築

業務内容、労働環境、労働者と労働者が作用する人および人工物の状態について計測・分析し、作業者の心理的状況及び身体状況と連携させて整理し、タスクデータ・情報ベースの一部となるタスク内容データベースを構築する。

##### 【参画機関】

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

##### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ 飲食接客業務では、訓練用VR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、ガイドライン策定委員会と連携し、事前検討のうえ、並進時・回転時の機能の実装を進めた。さらに、訓練用VRシステムでの店舗内の移動を実現するため、コントローラのジョ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。(TRL:5)
- ・ 空港ロビー接客業務では、認知的インタラクションモデルの構築のために、エキスパートとノービスとのスキルの比較方法について検討を行った。まず、現場企業の協力のもと、実験動画閲覧時にスタッフ視点(企業視差)・顧客視点(顧客視差)からの接客行動の評価を行った。その結果、企業視差・顧客視差の違いにより、接客行動で重要視している要素が異なっており、接客全体を構造的に見る必要があることがわかった。そこで、接客時の行動遷移モデルの仮説を立て、接客を一連の流れとして見たときのエキスパートとノービスの比較を行う評価法の検討を進めた。(TRL:4)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 接客時の行動遷移モデル(TRL:5)  
現場 2 例のデータ解析作業を行うとともに、各モダリティにおいて認知的モデルおよびAIによる人の状態推定技術の開発を継続する。このモデルを用いることで、遷移確率のパターンによって、スタッフの業務の習熟度を推定可能にすることを目的とし、2021 年度はそのモデル構築の技術を開発する。
- ・ 各行動カテゴリに分類された計測データ(TRL:5)  
複数の販売業への現場適用・拡充の準備を進め、サービス業間の横展開をはかることができる共通要素を抽出するとともにドメインスペシフィックな要素も業種ごとに定義したデータベースを設計する。計測データは現場企業で計測する生データとして表情・音声・視線・身体動作であり、これらのデータを処理したものとして、接客中の状態(例えば、接客場面、顧客感情、接客行動、等)のラベルが付加されたものとし、これらのデータを蓄積し、データベースを構築する。
- ・ マルチモーダル接客データベース(TRL:5)  
マルチモーダル接客AIの学習・構築を目的として、模擬接客を活用した新たなデータベースの構築を開始する。本データベースはマルチモーダル状態推定の基礎となる表情データ、音声データを既存のデータベースを参考に 10000 発話程度収録することを目指しており、具体的には現場企業で想定される 4 つのシナリオに基づき、役者による接客シーンの再現によりデータを計測する。

#### ○開発テーマ 2:業務訓練・支援課題の抽出およびタスクデータ・情報ベースの構築

タスク内容データベースに基づいて、労働者のモチベーションの向上と効率的業務遂行やそのためのスキル向上が期待できる業務訓練・支援課題の抽出を行う。さらにタスクを構造化し、知識化することにより、タスクデータ・情報ベースを構築する。

#### 【参画機関】

国立研究開発法人産業技術総合研究所

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 業務訓練・支援課題の評価を行うため、接客対応の動画の各フレーム画像情報に対して、Deep Neural Network(DNN)を適用した認識結果とマニュアルアノテーションされた情報の同一性判定と紐づけのためのシステムを開発した。DNN モジュールによってフレーム単位で認識された座標情報に対して、フレームをまたいだ同一性判定や認識漏れの補完を通して、DNN モジュールが動画中で認識した情報とマニュアルアノテーションした情報を連携した知識グラフの生成を可能とした。加えて、人や物の間の定性的な位置関係(前にいる, 上にある等)をマニュアルアノテーションするための機能を拡張した。このシステムを活用することで、接客対応中の特定の時点における立ち位置等の位置関係をベテラン、ノビスそれぞれで検索し、熟練技術習得のために直接比較表示可能とした。(TRL:4)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 接客スタッフスキル評価支援知識グラフシステム(TRL:5)  
開発テーマ 1 の現場適用例 2 例のタスク内容データベースの業種について、計測データの知識グラフ化技術を拡張する。オントロジーに基づいた熟練作業行動パターンのデータライブラリ化を行い、知

識グラフ上でのインタラクションを伴う行動パターンなどの検索技術を開発する。さらに、次年度に向けた複数の販売業への現場適用・拡充の準備を進め、サービス業間の横展開をはかることができる共通要素をオントロジー上で示していく。

### ○開発テーマ 3: マルチモーダル深層学習に基づく接客支援AIの開発

タスク内容データベースの構築において計測されたさまざまなデータ、アノテーションを活用・学習することで、接客業務におけるサービスQoE(Quality of Experience)を自動推定するための人工知能技術を開発する。音声、映像、テキスト(発言内容)、バイタルデータ等の複数のモダリティを統合的に学習・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、接客訓練やリアルタイム接客支援を実現する基盤技術の研究開発を行う。具体的には、接客シーンにおける人の状態(顧客における怒り、悲しみ、喜び等の感情カテゴリまたはポジティブ・ネガティブの感情度合い、スタッフの接客応対等)の変化を時系列に推定可能な「マルチモーダル状態推定技術」を開発する。

#### 【参画機関】

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

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 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。本事業では、東北大学によって構築された日本語感情音声コーパス(データベース)を利用して、音響・テキスト(発言内容)の 2 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。日本語音声の感情推定実験を実施したところ、本システムは高い性能を示すことがわかった。また、実験を通じてとくにテキスト(発言内容)が感情識別において重要な要因となることが確認された。(TRL:4)
- ・ 日本語会話音声のための音声(話者)分離技術の研究開発にも取り組んだ。産総研大規模クラウド計算システム ABCI を活用して、膨大な日本語音声データから分離モデル(日本語 VoiceFilter)を学習・構築した。実際の日本語接客音声会話に対して適用したところ、高い精度で音声分離が可能であることがわかった。(TRL:4)
- ・ スタッフスキル評価 AI の研究開発として、前述の音声分離に加え、接客時のスタッフ発声評価のためのパラ言語解析(声の大きさ、速度)について既存のシステムの適用と検証を行った。(TRL:4)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ マルチモーダル深層学習による感情推定システム(TRL:6)  
マルチモーダル深層学習による顧客の状態推定システムの高度化ならびに実用性向上のための研究開発に取り組み、実際の接客データにおいてその有効性を示す。加えて、視線検出・姿勢検出、オントロジーに基づく知識グラフ生成など、接客スタッフスキル評価のためのAI技術の研究開発に取り組み、実際の接客データにおいてその有効性を示す。

### ○開発テーマ 4: 業務訓練・支援システムおよび評価技術の開発

労働者の労働意欲を高め、より充実した労働を実現するとともに効率的な業務の遂行に資する業務訓

練・支援手法を開発し、それら手法の有効性を検証する評価方法を開発する。その際に、必要なセンサデバイスを開発する。また、タスクデータ・情報ベースに、業務訓練・支援技術の開発において創出された訓練・支援手法とその効果についての検証結果の情報を追加する。

#### 【参画機関】

国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学、国立大学法人東北大学、  
国立大学法人筑波大学

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 業務訓練・支援システムおよび評価技術の開発において、音声や生体電気信号・動き計測を行うウェアラブルデバイス、また触覚フィードバックを行うためのウェアラブル振動モータアレイの試作を行った。ウェアラブルデバイスの実用化に向けて、伸縮等に耐えるセンサ実装構造の新規提案とその特性評価、および発泡超弾性体を用いた人への密着方法の提案とその特性評価を進めた。(TRL:5)
- ・ 球状マイクロホンアレイを用いた音場情報收音・再生技術の実現のため、複数のマイクロホンアレイを用いて收音した音場情報から、アレイ群を含む空間における音場情報を広領域に取得する技術開発を進めた。具体的には、再現したい点の周囲に仮想的な境界面(仮想球)を仮定し、複数のアレイ群で收音された音場情報から仮想球表面の音圧を求め、高次アンビソニックスのエンコードを適用して聴取点における音場情報を算出する方法を提案し、計算機シミュレーションによりその有効性を確認した。(TRL:5)
- ・ 訓練者・顧客の音声に含む感情情報を分析するための基礎となる感情音声認識について、既存のデータベースの分析に向け、CNN で抽出した特徴量と LLD がどのように関係しているのかを調査し、音声感情分析の認識性能向上に寄与する特徴量の抽出法について検討した。(TRL:5)
- ・ 接客中の言語的なやり取りにおける、話し方の違いが顧客の印象(経験不足・スタッフ自身の接客に対する自信のなさ、など)に影響するという研究仮説を立て、フィラー(言いよどみ)に着目し、スタッフの話し方の訓練をするシステムの構築を進めた。開発したシステムの利用者(スタッフ)は、画面内の仮想キャラクター(顧客)に対しての言語を用いた接客行動を行うことができ、システムでは接客中の利用者の発話中のフィラーを検出することを可能とした。この評価結果から、フィラーの回数や長さなどの情報を訓練者にフィードバックすることで、訓練者に発話中のフィラーを意識させ、フィラーを減少させる可能性を示唆した。(TRL:5)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ ウェアラブルデバイス(TRL:6)  
作業者および作業者が対峙する人の状態を非拘束にモニタリング可能なセンサの開発を継続する。心拍・筋活動量・皮膚抵抗・加速度の 4 つのデータの計測が可能なウェア型デバイスを用いて、カメラの導入が難しい接客等でも顧客の感情を推定するためのシステムを構築する。具体的には、教師データとなる表情からの 5 つ程度の感情データを予め取得しておき、ウェア型デバイスを用いて 20 名を対象としたデータ取得実験を行い、得られたデータから感情の推定精度を検証する。
- ・ 業務訓練VRシステムの製品プロトタイプ(TRL:6)  
ヒアリングに基づく業務プロセスモデルをベースとし、難易度設定に応じて優先度判断をして接客手順を学習する機能を有するプロトタイプの構築。プロトタイプを現場企業の人事・研修関係者に体験・評価

してもらい、得られたコメントを反映するとともに実験で取得したデータに基づく顧客行動モデルを反映したプロトタイプの改良を行う。

- ・ 実現場音場再現システム(TRL:5)  
産総研つくばに構築したテストスタジオにおいて、32チャンネルの包囲型スピーカアレイを用い、アンビソニックスマイクロホンによる1次アンビソニックスで収録された音環境をスタジオ上で再現し、聴感印象評価を行う。さらに、より高次の音環境の再現に向けたシステム実装を進める。あわせて、27チャンネルの包囲型マイクロホンアレイを用い、顧客、訓練者の位置を既知のものとしたときのそれぞれの音声情報を取得する。
- ・ 音声評価AIを搭載した訓練評価用プロトタイプ(TRL:5)  
経験者・未経験者を含む10名以上の訓練者により、3種類以上の訓練シナリオ場面における接客音声収録し、AIによるフィルター検出結果と人間による検出結果を比較する。

#### ○開発テーマ5:業務訓練・支援用情報ディスプレイ技術の開発

本提案では、東京大学VR教育センターとの有機的な連携を実現し、業務訓練・支援に資する効率的な情報ディスプレイおよび情報フィードバック手法を開発する。その際、VR/AR/MR技術を情報ディスプレイ技術に援用し、効果的認知的インタラクションを実現するために必要十分な情報を明らかにするための検証を実施する。

##### 【参画機関】

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、  
(以下、再委託)国立大学法人東京大学

##### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ 開発中の業務訓練・支援用VRシミュレータに対して、顧客アバタにAIを搭載し、事前に準備したシナリオから現状最適なものを選択してシナリオを自律的に遷移させるAIを相手に接客トレーニングを行う自律型シミュレータと、顧客役として熟練者がアバタを動かす憑依型シミュレータの2種類の技術開発を進めた。技術開発要素として、簡易シナリオ編集システムならびに想定シナリオ収集システム、ネットワークスルーVRシミュレータシステム、生体データに基づくストレス推定技術、教育マネジメントシステムの4要素の開発を進めた。ネットワークスルーVRシミュレータシステムの開発ポイントは、新型コロナウイルスの影響から、接客訓練をオンサイト(企業の訓練センター等)で実施しなければならないこれまでの状況と異なり、オフサイト(スタッフの自宅等)で実施することを可能とするため、これまでのHMD型のみならず、ブラウザ上やオンライン会議システム(Zoom等)で動作するように改良を進めた。(TRL:4)

##### 【2021年度目標アウトプット】

- ・ VRヘッドセット等を用いた環境ならびに顧客シミュレータ(TRL:6)  
HMD(Head Mounted Display)等を装着し運動や生体情報、音声を計測して適切な心理負荷を与えつつ、これらのログを記録・再生できる高機能なシミュレータを構築する。2020年度に開発したサービス産業のためのVRシミュレータについて、現場実証による評価とその評価に基づいた改良を行う。この改良では、CG環境・内部の物理特性(さまざまなオブジェクトを把持することができるかなど)、訓練サポー

ト(シナリオ遂行のヒント)の提示方法の変更を想定している。

- ・ ネットワークオーバーVRシミュレータ(TRL:6)

2020 年度に開発したサービス産業のためのネットワークオーバーVRシミュレータについて、現場実証による評価とその評価に基づいた改良を行う。ネットワークオーバー型ではHMDやセンサ等のウェアラブルデバイスを利用しない方式を採用することで、アクセシビリティを向上させたシミュレータを開発していく。こちらも、実証企業との打ち合わせを通し、画面越しでのトレーニングに適切なシナリオや心理負荷のかけ方などを調整していく。なお、上述の二つのシステムそれぞれが、自律的に顧客の役割を果たすアバターを搭載した自立モードと、遠隔地や別の部屋にいる熟練者等が顧客役を果たす黒子モードを持つ。上述の研究を通して、実証企業において実際の訓練の1つの代替として利用される、あるいは新規にトレーニングに採用されるシステムならびにコンテンツとなる。

### ○開発テーマ 6: 社会実装に向けたガイドライン作成、標準化推進および企業連携体制の構築

本プロジェクトの参加企業を中心として、プロジェクト外の企業も含めて、企業連携体制を構築し、10 以上のユーザー企業のニーズ調査、ユーザー企業の現場において開発するシステムの効果の実証を行い、本プロジェクトの成果を普及させるための運用ガイドラインの作成を行う。

さらに、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の開発技術への応用も視野に入れた、成果の社会実装に資するデジュール標準作成に向けた国際標準化推進を実施する。

#### 【参画機関】

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、

(以下、再委託)国立大学法人東京大学

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ ガイドライン作成のために接客サービスを構成する要素を抽出し、効果的に訓練するための方法を検討した。業務訓練・支援に VR/AR 技術を導入することによる効果的かつ安全・快適な業務技能の向上のために、業務スタッフのやりがいと顧客体験を高めることができるシステムとするため、ガイドラインの適用範囲や接客業務におけるスキル、そのスキルの訓練・支援方法についてまとめ、ガイドラインの骨子を検討した。(TRL:5)
- ・ 本プロジェクトの出口戦略の一つとして国際標準化を推進するため、経済産業省関係課との議論を行ったほか、2021 年 3 月にガイドラインの検討成果を踏まえたパネルディスカッションを実施した。(TRL:5)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 行動遷移段階に応じた接客業務スキルの体系的分類データ(TRL:5)  
2020 年度まで実施した調査結果に基づき、接客業務上の行動遷移状態の適用法の創出と、各遷移段階における効果的業務スキルの抽出・分類に基づくスキルのリスト化とそれを裏付ける事例データの整理を行う。
- ・ 国内企業との連携体制構築と国際標準化戦略の素案(TRL:5)  
「業務スキル訓練における認知的インタラクション」についての国際標準化戦略を検討することを目的として、国内企業との連携体制を構築し、戦略の素案を作成する。

## ○開発テーマ 7: 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研究成果の社会実装に向け、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)を形成し、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・仕組みを構築する。本コンソーシアム活動は、国内外を問わず情報発信を行い、2020 年度中に情報発信の仕組み(Web サイト、他)を構築する。

メタコンソではオープンイノベーションプラットフォームとして以下の3点に資する活動を実施する。

- A) 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)
- B) ニーズを充足するオープンな技術開発
- C) 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

### 【参画機関】

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

### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 2019 年度に「ヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム(HIコンソ)」を設立した。(TRL:5)
- ・ 社会実装の促進策、共通課題等について検討するため、HIコンソ主催によりセミナー・シンポジウム、パネルディスカッション等を開催し、関係者意見を交換した。(TRL:5)
- ・ ヒューマン・インタラクション基盤技術の社会実装を行うため、コンソ内のビジネス展開企業・ユーザ企業へのウェブ会議形式によるニーズ調査を行い、その調査結果に基づきコンソーシアム運営メンバー間の 2021 年度以降の方向性を議論した。(TRL:5)

### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 社会実装に係る実証実験評価結果(TRL:5)  
活動を開始したヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム(HIコンソ)を、開発成果の社会実装の場として活用していくため、ビジネス形態を想定した上でユーザとなるサービス事業者を集め、対応するベンダー企業等とともに導入に向けたニーズの抽出および整理を行った上で、社会実証に係る実証実験を6件程度、実施する。
- ・ ユーザーおよびベンダーのニーズに基づくオープンイノベーションプラットフォーム(TRL:5)  
活動を開始したヒューマン・インタラクション基盤技術コンソーシアム(HIコンソ)を、開発技術の社会実装の場として活用していくため、ビジネス形態を想定した上でユーザー企業を集め、対応するベンダー企業等とともに、導入に向けたニーズの抽出および整理を行い、ルール化を目指す。
- ・ ヒューマン・インタラクション基盤技術に関するベンチマーク調査結果(TRL:5)  
本プロジェクトの社会実装を促進するため、業界企業の抽出を進め、当該現場企業等に対するヒアリング調査を行い、ヒューマン・インタラクション基盤技術の活用に関するニーズを整理し、ヒアリング結果を取りまとめる。

## ○開発テーマ 8: 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

接客の現場に対して、顧客と接客業務者を見守り、状況を理解し続けるリアルタイムセンシングと、リアルタイムセンシングが把握した状況に基づき、適切な認知負荷、伝達手段で顧客への接客体験を向上させるためのアドバイスを行うリアルタイム支援システムの研究開発を、現場へのヒアリング等を通して課題を抽出し、リアルタイムな支援が重要となる状況や支援内容を明確にしながらか実施する。

#### 【参画機関】

国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社コトバデザイン

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 接客業務者への支援方法(リアルタイムセンシングされた情報からの支援を行うか否かの判断や、接客業務者へのフィードバック方法など)の研究開発において、ヒアリング等を踏まえて支援の方法を検討した。接客業務における課題から「a)要望の理解」、「b)解決策の提示」、「c)接客態度」に対する接客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仮説とそれぞれの具体的なユースケースを明らかにした。(TRL:5)
- ・ リアルタイム支援方法を実現するためのアドバイスエンジンとアドバイスコンテンツを受信するアプリケーション、前記アプリケーションを搭載する情報端末等を含む、リアルタイム支援システム全体の研究開発において、リアルタイムセンシングシステム、アドバイスエンジン、アドバイスコンテンツの受信アプリケーション、情報端末の基本設計と試験実装を行い、動作を確認した。(TRL:5)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ リアルタイムセンシング技術(TRL:6)  
カメラやマイクから顧客や従業員の動き・振る舞い・反応・音声について、システムへの入力後 1 秒程度のレイテンシで実時間処理可能なセンシング技術およびセンシングシステムを開発する。センシングシステムは、エッジとクラウドの両方で構成可能にする。センシングでは、人の姿勢情報、人物トラッキング、接客中の音声および音声認識結果を基本特徴量とし、アプリケーションに合わせたセンシング機能をルールや機械学習により柔軟に追加可能にする。
- ・ リアルタイム支援システム(TRL:6)  
リアルタイムセンシングシステムから得られるセンサーデータストリームを入力に、1 秒程度のレイテンシで現場に情報を通知する否かを判定しつつ、通知が必要な場合に端末に支援コンテンツを送信・提示するシステムを開発し、支援コンテンツを試作して、リモート接客システムに組み込み動作確認を完了させる。具体的には、リモート接客中の顧客の反応の可視化、音声分析によるペーシング(相手にペースを合わせることで親近感や信頼関係を得やすくする技術)の支援、音声認識結果を用いた会話支援(FAQ、トークスクリプト、説明資料等の提示)を行うことで、接客スキルの均質化や顧客にとってよりわかりやすい説明を提供するための支援を想定している。

#### ○開発テーマ 9: 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

接客等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や因果関係を予測、推論するタスクプランニング技術の研究を行う。具体的には、タスクプランニングに必要な状況観測取得技術(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、現場毎の明文化されたルールに加えて、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)も視野に入れる。開発したシステムは各種タスク環境に加え、プロジェクトでの企業フィールドでの実地検証を行う。特に本研究開発では取得したデータ並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する。

#### 【参画機関】

国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ MongoDB ベースで開発してきた状態時系列対応データの取得システムに対し、時系列データの扱いに特化し、読み書きのスループット性能の高い InfluxDB を活用することで効率化を実施し、ロボットセンサで取得できる 1kHz - 1Hz のさまざまなデータストリームに対して、そのデータの出力周期を維持したまま、データベースに取得し、状況の観測取得が可能なシステムを構築した。(TRL: 4)
- ・ ヒューマンインタラクション基盤技術コンソーシアム定例会への参加をはじめとして、連携テーマ推進者との個別の打ち合わせを通じて進捗状況・技術状況を調査し、これまで進めてきたインタラクションに基づくタスクプランニングに必要な論理記述言語によるタスクプランニング技術、ならびにそのインタラクション・タスクプランニングの実行管理システムが利用可能なことを確認した。(TRL: 4)
- ・ 連携テーマ環境であるレストランでのサービスインタラクションを想定した簡易タスクと、そのインタラクション状況の観測システムを試作した。本研究ではタスクプランニング技術により生成した行動列をロボットにより実現、あるいは、ロボットでも実現できる程度の簡潔な指令として人に提示することで、インタラクションの支援を行う。そこで、ロボットでの実現可能性を検証するために、以下の 2 つのインタラクションを含む動作を試作した。1) 二腕移動ロボットによるレジ横物品の取り扱い等の動作、2) 四脚移動ロボットによるお客様案内に必要なお客様案内に必要な指定された位置への誘導案内動作。(TRL: 4)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ タスクプランニング技術に基づくインタラクションサービス候補・推論結果の提示・誘導システム(TRL: 6)  
サービス実施者およびユーザ環境におけるサービスの論理タスク記述体系の構築を行い、実際にタスクプランニングが可能なことを簡易データにより検証する。これまで上記開発テーマ 1、3、4 で取り組んできたサービスエンカウンタ時点の理解と支援だけでなく、そこに至る従業員や顧客の行動履歴の推論や、あるいは現在の従業員や顧客の行動状態から将来時点でのサービスエンカウンタの予想が可能になり、エキスパートのインタラクション情報を用いた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したり、あるいは未経験者のインタラクション情報から必要な手順を指示・支援するための基盤システムを構築する。

#### ○開発テーマ 10: 介護施設における業務プロセスの認識技術の横展開

ヒューマン・インタラクション基盤技術の社会実装の一例として、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期のビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術の中での開発技術の横展開を行うため、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支援事業へ活用する。具体的には、介護支援現

場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 センサ等で計測する情報)や音声信号情報などを取得し、介護動作の推定を行う。

**【参画機関】**

国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社 aba

**【連携研究テーマ】**

(1-4)-③排泄情報を基軸とした介護業務の最適化及びケアの質向上実現システムの開発

**【2020 年度までのアウトプット】** ※2021 年度開始のため記述なし

**【2021 年度目標アウトプット】**

- ・ 対面検知センサを活用した介護業務活動記録技術の開発  
手作業で記録した正解データと比較して 80%以上の精度で対面作業を実施した時間、対象情報、作業位置を推定する
- ・ 介護業務活動記録技術 PoC を用いた実証
  - ・現場での計測データ
  - ・現場で記録した正解データ
  - ・現場の業務効率や介護者の負担に関連する定量指標の推定結果

**【2】(1-1)-② 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 (2018～2020 年度)**

**※本研究開発項目は 2020 年度で終了**

**■研究開発責任者**

相山康道(国立大学法人筑波大学)

**■参画機関**

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

**■本テーマの目的**

近年、労働力不足の解決策として、高齢者再雇用、女性活躍、外国人労働力、障がい者雇用など多くの検討がなされているが、製造業においては重労働環境やワークライフバランスの問題などからあまり進んでいない。本研究開発では、フィジカルな作業をサイバー空間で支援する遠隔作業システムを開発し、上記の問題の解決を図る。

**■目的達成のアプローチ方針**

具体的には、(1)熟練者の目視判定の手技や欠陥を見え易くする揺動手技手法を自動的に学習し、光沢のある表面をもつ部品・製品の外観検査を支援するAIシステム(AI検査支援システム)、(2)初心者でもサイバー空間を通じて容易にロボットを制御・教示可能な遠隔教示コントロールシステム(VRテレワークシステム)の2つのテーマについて、必要なセンシング情報の抽出、データ・情報ベースの構築、人間の遠隔認知構造の理解とそれに基づく見直し、生産性向上のための具体的な実システムの検討を行い、人が中心で

違和感なくAIが寄り添う魅力的な職場や快適な家庭環境の創造を目指す。

#### ■個別開発テーマ(2件)

##### ○開発テーマ1: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

多品種少量生産の目視外観検査工程において、熟練者の動作や良品・不良品判定基準をAIで解析・再現することにより、初心者への教育の効率化と、検査工程の自動化するシステムを実現する。

##### 【参画機関】

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

##### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ 協力会社の検査ワークを目視検査する揺動機構と撮影環境からなるAI検査支援システムのプロトタイプを完成。
- ・ 検査用ワークの傷候補をディスプレイに表示し、作業者が傷と判断するポイントをタッチすることでアノテーションデータを保存する自動アノテーションシステムを開発し、AI検査支援システムに実装。

##### ○開発テーマ2: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

ロボット等の操作・教示作業を遠隔から直感的に操作可能なテレワークシステムを開発し、中小企業へのロボット導入のハードルを下げ、初心者でも容易で安全に操作可能なシステムを実現する。

##### 【参画機関】

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

##### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ ワーク把持とグラインダー当てを行う研磨作業を対象に、ロボットシステム及び遠隔教示に必要なカメラ等のセンサシステムからなるプロトタイプを完成。
- ・ スマートフォン、タブレットを用いた傾け動作や表示画面の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とで直感的なロボット操作を可能とする手法を開発し、プロトタイプに実装。

### 【3】(1-1)-③ インフラ領域における職人の技の伝承教育と機器実装の研究開発(2018~2022年度)

#### ■研究開発責任者

和田 智之(国立研究開発法人理化学研究所)

#### ■参画機関

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otonラボ

#### ■本テーマの目的

日本のインフラを支えている優秀な職人の不足・高齢化に対応することである。

#### ■目的達成のアプローチ方針

職人の技を科学的に分析し、判断過程をAIの形に再構築した工学的な前兆判定AIを基盤技術として確立する。

この基盤技術「工学的な前兆判定AI」をソフトウェアとして組み込んだ「新人職人への教育普及システム」構築するとともに、SIP第1期において開発されたインフラ計測デバイス(MIMM)に対して「工学的な前兆判定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、前者システムにより教育された人間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有機的連携により、Society5.0で実現を目指すインフラ検査のCPS(Cyber Physical System)型社会実装形態を実現する。

■最終目標(2022年度末時点) ※<>内は2021年度目標進捗率

【技術確立アウトプット】

- ① インフラ維持管理領域の近接目視において90%以上の精度で職人の判断と一致し土木工学的な裏付けを持った工学的な前兆判定AI<70%>(関連個別開発テーマ:1、3、4)(TRL:5)  
<内包するAI技術>
  - (1) 危険箇所推定AI
  - (2) 危険度判定AI
  - (3) 職人判断推定AI
- ② 初心者打音点検員に、評価用試供体の判定結果で熟練職人の90%以上に一致する技術習得をもたらす職人教育システム<70%>(関連個別開発テーマ:1、4)(TRL:5)  
<内包するAI技術>
  - (1) 教育用打音判定AI
- ③ 0.3mm幅以上のひび割れ箇所について80%以上職人と一致する工学的な前兆判定AIの概念とアルゴリズム・判定基準を移植した画像ベース危険性判定技術<70%>(関連個別開発テーマ:3、4、5)(TRL:6)
- ④ 道路トンネル点検要領(平成31年3月制定、国土交通省道路局国道・技術課)に則した工学的な前兆判定AIの概念とアルゴリズム・判定基準を移植したレーザー打音による欠陥判断技術<70%>(関連個別開発テーマ:4)(TRL:6)

【社会実装アウトプット】

- ① 工学的な前兆判定AIを実装したロボット検査システムの市場ニーズに基づく製品<80%>(関連個別開発テーマ:3、4、6)(TRL:8)
- ② 同製品を活用した供用中のコンクリート構造物(トンネル・橋梁・建築物など)に対する計測・検査サービス(事業期間内提供開始)<80%>(関連個別開発テーマ:3、4、6)(TRL:8)
- ③ ロボット検査システムで必要となる計測データ等の蓄積基盤(SIP第1期開発の計測機以外の計測データ相互連携基盤)<70%>(関連個別開発テーマ:5、6)(TRL:8)
- ④ 初心者打音点検員への熟練職人技術の習得を目的とした教育キット<70%>(関連個別開発テーマ:1、4)(TRL:8)

■個別開発テーマ(6件)

## ○開発テーマ 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

インフラメンテナンスにおける職人の技を解析し、科学的な裏付けのもとに職人の判断を再構築する工学的な前兆判定AIシステムの研究開発を行う。

### 【参画機関】

国立研究開発法人理化学研究所

### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ ウェアラブルカメラとエッジコンピュータで職人技データ収集システムを構成した。(TRL:4)
- ・ システム動作のための、カメラ制御、画像処理、データ管理を行うソフトウェアを開発した。(TRL:4)
- ・ 0.5 秒間隔での連続打音作業から、各打撃について、打撃時の画像、打音、供試体上の打撃点の座標、作業者が判断した供試体の欠陥領域をデータ保存できることを確認した。(TRL:4)
- ・ 工学的な前兆判定 AI システムを教育システムの AI を使用する構造とした。教育システム AI は、ディープラーニングによる欠陥判定とその判断時の特徴量の可視化の機能を有する。(TRL:4)
- ・ 職人の打音における判断過程を、聴覚特性に合わせて処理・解析した音波データ(時系列周波数解析データ)のディープラーニング解析から究明し、用いた供試体においては、判断基準(値)がピーク周波数と強度にある可能性を明らかにした。(TRL:4)

### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 実際のトンネル打音作業環境で機能する職人技データ収集システムプロトタイプ(TRL:4)  
2020 年度に完成したハンマおよびコンクリート表面の画像認識技術を実際の職人作業動作と照明環境に対応するよう強化する。
- ・ 当該プロトタイプを使用して供試体およびトンネルにて打音職人から収集・蓄積する職人技データ(データ数として約 16 万を目標)(TRL:5)  
2022 年度に完成目標とする工学的な前兆判定AIのための教師データとなる。
- ・ 打音職人技データをもとに職人の判断過程と判断基準を推定するAI(TRL:5)  
工学的な前兆判定AIの一部となり、それは開発テーマ 2 の教育システムで開発する打音判定AIと同じアルゴリズムで動作する。

## ○開発テーマ 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

職人の技を土木工学やコンクリート工学などの科学的手法に基づき体系化した教育システムを構築する。

### 【参画機関】

国立研究開発法人理化学研究所

### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 打音について人の聴覚で重みづけして解析した時間周波数データをディープラーニング解析し供試体の欠陥判定(有無の 2 判定)を行うソフトを開発した。192の訓練用データによって基本動作を確認した。(TRL:4)
- ・ 判定理由の出力を目的に AI 解析で重視された特徴を表示するソフトを開発した。(TRL:4)
- ・ マイクで収録した打音をその場で AI 解析し欠陥判定を行う試験に成功した。(TRL:4)
- ・ 教育用に一般性をもたせた(先入観を与えずらい)欠陥構造を導入した供試体を作製した。(TRL:4)

- ・ 教育システムでは、教育場所の一つとして想定している照明完備の屋内環境にて、特定の教育用供試体を用いて欠陥有無の位置判断にて職人判断と80%以上の一致を確認した。ただし、システムの位置認識機能の実現を目的としたため、職人判断については理想結果である供試体の設計値を用いた。そのため、非試験者(新人)の数は5名で十分な確認ができた。(TRL:4)
- ・ 教育システムのSIP完了年度における完成形を機能試作パッケージ(ウェアラブルエッジコンピュータと周辺機器および教育AIソフトからなる)とし、具体的な社会実装は(株)フotonラボ等に引き継がれる全体計画を検討した。(TRL:4)

#### 【2021年度目標アウトプット】

- ・ 供試体を用いた新人教育で有効性を示す(技術レベルの指標であるスコアの改善を確認できる)教育システム(TRL:5)  
職人技データ収集システムプロトタイプと打音判定AIを組み合わせ、当該システム装着者が判断した欠陥領域を熟練点検者のそれと比較し、スコアと判断誤りの理由をその場で示す打音判定AIを開発する。(打音判定AIは、職人の判定の論理と基準を推定する機能を持つため工学的な前兆判定AIとしても機能する。)
- ・ 判断レベルの異なる専用の供試体(TRL:4)  
当該システムで新人の技術レベルが向上することを確認する。教育キット以外の社会実装は、当該システムを教育用供試体とセットにした教育キットによって準備を進めるが、それ以外の出口についても調査する。

#### ○開発テーマ3: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

コンクリート工学や土木工学によって再構築された職人の判断をもとに計測画像から危険箇所を判定するシステムを構築する。

#### 【参画機関】

計測検査株式会社

#### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ 画像からのひび割れ抽出について、0.3mm幅以上のひび割れを80%以上の精度で抽出する手法の検討および実装を行った。(TRL:5)
- ・ 抽出されたひび割れが閉じた箇所の抽出および線ベクトルより閉じる可能性のある箇所を推定し抽出した。また、データ連携用に、位置情報のメッシュ化処理を行いメタデータとして出力する事を試行した。(TRL:4)
- ・ 更に、漏水、遊離石灰、錆汁、補修跡、前回浮き箇所のチョーキング囲いなど、コンクリートの浮き、剥離に影響を与える、ひび割れを除いた変状の抽出の教師学習の追加と抽出手法の検討、並びにその他変状の抽出試行を行った。(TRL:4)

#### 【2021年度目標アウトプット】

- ・ 抽出精度80%、従来判定(人による判定)を、全面で2倍以上の速度による画像ベース危険性判定技術(TRL:5)  
危険箇所推定精度・速度の向上として、職人技の集積である点検要領記載の基準のうちのひび割れ以外(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)の精度向上を図った画像ベース危険性

判定技術を確立する。

#### ○開発テーマ 4: 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

SIP第1期で開発したレーザー打音計測により得られる内部欠陥の計測結果と画像計測システムの結果を統合したレーザー打音計測による欠陥判断システムを構築する。

##### 【参画機関】

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

##### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 国土交通省のトンネル点検要領に準拠した4段階の欠陥判定を行うために、レーザー打音計測で取得した表面振動の時間波形及び周波数分布から多段階の欠陥判定を行う AI エンジンの開発を行った。特に、時間波形をパラメータとして導入した事で、過剰判定の主な原因である不定期なノイズを効果的に除去する事が可能となった。実トンネルで得られたデータへの AI の適用試験的では、従来アルゴリズム(検出率 200%(過剰検出)・的中率 50%)と比較して、(検出率 75%・的中率 75%)への改善が確認された。(TRL:4)
- ・ 検出率・的中率の向上を図るための教師データの取得に関しては、トンネルの点検業務を行っている建設コンサルタント会社及びコンクリートの研究を行っている大学と共同で開発した 10 種類の供試体に対して、熟練検査員による判定及びレーザー打音によるデータの取得を行った。(TRL:4)
- ・ レーザー打音検査装置が国土交通省の点検支援技術性能カタログ(2020 年 6 月)に掲載され、建設コンサルタントを通じた点検業務への参加が可能となったことで、実トンネルにおけるデータ収集も開始した。(TRL:5)

##### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ レーザー打音装置出力データによるトンネル点検要領に準拠した 4 段階欠陥判定(TRL:5)  
4 段階の欠陥を再現した供試体(全 40 種類)を対象として、人力打音による判定結果とレーザー打音による振動データ(教師データ)を蓄積・検証し、目標精度(90%)を得るための AI による判定基準を確立する。合わせて、実トンネルを対象としたデータの収集を行うと共に、レーザー打音法を橋梁等に適用するための技術的な検証を行う。

#### ○開発テーマ 5: 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

計測システムで得られたデータを格納し、利活用するデータプラットフォームに関する研究開発を実施する。

##### 【参画機関】

一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会

##### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 画像計測システムからレーザー打音システムへのデータ流通を行うデータプラットフォームについて、データ連携やデータベース仕様案(データベースの項目、入力データ(画像計測システムデータ)および出力データ(打音計測データ)のデータフォーマット、データの管理単位(トンネルの1スパン毎に管理)など)およびモックアップを作成した。また、データプラットフォームのプロトタイプ構築に着手し、画像計測システム(計測検査株式会社)から受領する入力データのサンプルをもとに仕様案

に見直しやレーザー打音システムにアウトプットする際のデータ仕様や課題について整理した。(TRL: 3)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 画像計測データ(開発テーマ3)と打音計測データ(開発テーマ4)を紐付けるデータベースの仕様書案・流通モデルアーキテクチャ案・データプラットフォームプロトタイプ(TRL:4)  
3 トンネル程度のデータをサンプルにして検証し、データベース仕様書及びデータ流通モデルアーキテクチャ案を作成する。

#### ○開発テーマ6: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

インフラメンテナンス領域に特化した特殊 AI「工学的前兆判定 AI システム」を搭載したインフラ検査ロボットおよび教育システムにおいて、市場調査等に基づいたニーズ・市場規模・競争力などを明確にし、仕様決定、製品化し、供用中コンクリート建造物の維持管理現場に対して製品販売・計測サービス提供のビジネスを実現する。

#### 【参画機関】

株式会社フotonラボ

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 道路トンネルの現場で実証実験を行い、性能限界・課題抽出により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。(TRL:5)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 供用中の道路トンネルの現場での開発テーマ2の教育システム実証結果(TRL:6)  
性能限界・課題抽出を行い、改良の方向性を見出し、開発チームにフィードバックする(実証実験1件)。
- ・ 供用中の道路トンネルの現場での「工学的前兆判定AI(開発テーマ1)」の初期バージョンを搭載した画像計測システム(開発テーマ3)とレーザー打音システム(開発テーマ4)をデータプラットフォームのプロトタイプシステム(開発テーマ5)の連携実証結果(TRL:7)  
性能限界・課題抽出を行い、改良の方向性を見出し、開発チームにフィードバックする(開発テーマ1、3、4、5の連携実証実験3件)。
- ・ インフラ計測システム事業海外展開案(TRL:3)  
インフラ計測システムの海外市場への展開に関して可能性を調査し、事業展開案を企画する。

## (1-2) 高度マルチモーダル対話処理技術(2018～2022 年度)

人間とコンピュータ・機械の間の高度かつ知的なコミュニケーションを可能とする高度マルチモーダル対話を実現する基盤技術を研究開発するとともに、実証評価等の実施に不可欠な高度マルチモーダル対話基盤が必要とする大量の言語資源データや、深層学習等の技術を開発することにより、世の中のあらゆる知識や情報を駆使しながら、決められたシナリオベースの会話展開だけではなく臨機応変な対話を実現する。さらに本基盤技術の活用により、言語情報と非言語情報を融合し、既存の産業構造や技術の枠を超越した革新的サービス・ビジネスの創出を目指す。

また、当該基盤技術の研究開発とあわせて、高度マルチモーダル対話基盤技術を社会実装する応用分野(介護分野、都市空間におけるサービス革命分野、スマートモビリティを実現する車内対話分野、教育分野等)を具体的に特定し、応用分野におけるユースケースの明確化、プロトタイピング、実証モデル構築、実証評価等を実施する。

これらに加えて、開発コミュニティを構築するとともに、言語資源データ等のオープン化のメカニズムを検討、確立する。

さらに、社会課題を抱える現場とのニーズ・シーズマッチング及び利用技術の開発を推進し、高度マルチモーダル対話基盤技術の研究開発成果を効果的に実用化・事業化につなげる。

### ○研究開発の最終目標

世の中のあらゆる知識や情報を駆使しながら、決められたシナリオベースの会話展開だけではなく臨機応変な対話を実現する高度マルチモーダル対話の実現により、社会課題の解決及び産業競争力の強化に資する。

### 【1】(1-2)-① 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 (2018～2022 年度)

#### ■研究開発責任者

滝嶋 康弘(KDDI株式会社)

#### ■参画機関

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

#### ■本テーマの目的

高齢者介護分野における介護モニタリングと呼ばれる面談を対話システムで実施できるようにするため、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型対話と大規模データ駆動型対話(雑談)という複数種の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高度マルチモーダル音声対話システムを開発する。

#### ■目的達成のアプローチ

最終目標達成に向け、開発と並行して、開発する対話システムの有用性を検証するための実証実験を

段階的に行う。

■最終目標(2022 年度末時点) ※<>内は 2021 年度目標進捗率

【技術確立アウトプット】

- ① トータルなシステムとしての高度マルチモーダル音声対話システムMICSUS <80%> (関連個別開発テーマ: 1, 2, 3, 4)なお、これは以下の条件を満たすものとする(TRL:6)
  - 介護モニタリングにおける高齢者の健康状態、生活習慣のチェックに関して、対話シナリオで指定された情報のうち、80%以上を適切に収集可能。
  - 目的志向型対話と大規模データ駆動型対話の両方を含むハイブリッドな対話において、利用者発話の 80%以上に対し、適切な応答の出力が可能。
  - 目的志向型対話と大規模データ駆動型対話のハイブリッド化により、利用者の満足度が目的志向型対話のみを利用する条件と比較して有意に高いこと。
- ② 高齢者介護分野における介護モニタリングにおいて、高齢者の健康状態、生活習慣のチェックをする際、高齢者の発話の意味解釈を行うユーザ発話意味解釈モジュールの学習等で必要な 300 万件の累計言語資源<83%> (関連個別開発テーマ:2) (TRL:7)
- ③ 高齢者介護分野における介護モニタリングにおいて、高齢者の発話の意味解釈を行う深層学習を用いた意味解釈モジュール<80%> (関連個別開発テーマ:2) (TRL:6)
- ④ 「顔表情」「音韻的特徴」「うなづき・首ふり」により感情が表出されてから 0.1 秒以内に感情を判定する AI 推定技術<80%> (関連個別開発テーマ:3) (TRL:7)

【社会実装アウトプット】

- ① マルチモーダル音声対話システムMICSUSの実証実験および実用化への課題解決を通じて、ベンチャー企業、介護サービス事業者など計 5 社以上との開発コミュニティ及びビジネスモデル案<60%> (関連個別開発テーマ:1, 2, 3, 4, 5) (TRL:6)
- ② 上記コミュニティも念頭に、意味解釈モジュール等の開発成果のライセンス・技術供与先案<10%> (関連個別開発テーマ:2) (TRL:6)
- ③ 上記コミュニティも念頭に、表情および音韻的特徴を用いた感情推定の製品サービス<50%> (関連個別開発テーマ:3) (TRL:7)

■個別開発テーマ(6 件)

○開発テーマ 1: 高度マルチモーダル対話プラットフォーム

高齢者介護等の応用分野に特化した対話シナリオを用いた「目的志向型対話モジュール」と、目的志向型対話システムでは対応が不可能な多様な入力に対して、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「大規模データ駆動型対話モジュール」を組み合わせたハイブリッド型の高度マルチモーダル音声対話システムを実現するためのプラットフォームを開発する。

【参画機関】

KDDI株式会社

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ ハイブリッド対話制御技術について、実証実験を円滑に行うためのユーザ ID ごとの機能モジュールの切り替えおよび最大同時接続数(15 同時接続)について評価実験を行い、問題なく動作することを確認した。(TRL:6)
- ・ マルチモーダル情報を利用した目的志向型対話技術について、実用性の評価に関し、応答時間 890msec 以下を達成した。目的志向型対話モジュールにおける雑談対話のシナリオへの割り込み機構を実現し、大規模データ駆動型対話モジュールとシナリオ間の自然な遷移を実現した。受動発話、訂正発話、個人属性取得の発話、雑談発話(WEKDA、KACTUS)の発話候補から、マルチモーダル情報から判定した優先度に従い、発話テキストを選択する機能を実現した。(TRL:6)
- ・ 注目話題雑談対話の高齢者適応技術について、ニュースや SNS 情報から雑談を生成する KACTUS に関し、マルチモーダル対話プラットフォームへの接続を完了した。雑談に使用する SNS 情報の取捨選択に必要な、bot フィルタリング、酷似投稿フィルタリング、4-gram を利用した非文フィルタリングの機能の有効性を確認した。(TRL:5)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ ハイブリッド対話制御技術を実装した MICSUS に対し、社会実装における迅速な運用監視を想定した実行環境監視機能の追加(TRL:6)
- ・ マルチモーダル情報を利用した新規シナリオ作成を簡易化するシナリオデバッグ機能の追加(TRL:5) 本デバッグは、与えられた対話事例の実行過程の詳細を表示するCUIツールであり、これまで逐一手動で行う必要があった5つの作業(①デバッグ用対話事例を実行する作業、②対話事例が期待通りに実行できたかの確認作業、③期待通りに実行できなかった場合の問題箇所同定作業、④問題箇所修正作業、⑤動作の再確認作業)のうち、①、②、⑤について、自動化することが可能となり、作業工数が削減できる。
- ・ 注目話題雑談対話の高齢者適応技術に関して、注目話題雑談対話の遷移方法4パターン(対話開始初期、話題の転換時、感情極性の変化時、対話終了間際とその制御)の実装完了と受容性評価の実施(TRL:6)

#### ○開発テーマ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発話意味解釈モジュール、シナリオ自動拡張モジュールの開発を行い NICT の音声対話システム「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マルチモーダル音声対話システムへと組み込む。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する。

#### 【参画機関】

国立研究開発法人情報通信研究機構

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ BERT-large と呼ばれる超大規模なニューラルネットワークに、Web より抽出された22億文のテキストで事前学習と呼ばれる教師無し学習を施して新たに構築したモデルを用いて、システムが行った質問に対するユーザーの回答を YES/NO に分類するユーザ発話意味解釈モジュールを開発した。更に、ユ

- 一々の訂正の意図の検知や雑談遷移の判断など、本モジュールの機能拡張を実施した。(TRL:6)
- 上記のユーザ発話意味解釈モジュールの拡張に関して、そのモジュールの解釈結果をもとに適切な対話を実行する対話シナリオを自動的に生成する機能をシナリオ自動拡張モジュールに追加した。これによって、それまでに回答した情報に関して訂正をすべき場合や、その後予定していた質問への回答に相当する情報が発話された場合、雑談を実施すべき場合等に関して対話シナリオを修正しなくても、適切な対話が可能となった。(TRL:5)
- 次世代音声対話システム WEKDA を高度マルチモーダル対話プラットフォームに接続し、上記のユーザ発話意味解釈モジュールとシナリオ自動拡張モジュールの拡張によって、Web ベースの雑談と Q&A がシナリオベースで行われる対話、すなわち、システムからの質問及びそれに対するユーザの回答の合間に可能となるようにした。(TRL:5)
- 本プロジェクトでの累積 200 万件となる大規模言語資源を構築した。(TRL:6)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- シナリオベース対話におけるユーザ入力の柔軟な意味解釈(TRL:6)  
システムからのYES/NOで回答できるもの以外の質問に対するユーザ発話から、具体的な回答部分だけを抽出する機構をユーザ発話意味解釈モジュール等に追加する。
- シナリオの柔軟性を担保するシナリオ自動拡張モジュール(TRL:6)  
雑談や過去の発話の訂正への遷移を促進する対話ターンをシナリオに自動的に追加するようシナリオ自動拡張モジュールを開発する。
- シナリオベース対話と融合する高齢者対話用大規模データ駆動型対話技術(TRL:5)  
NICTの音声対話エンジンWEKDAが出力する雑談応答について、高齢者が好む可能性が高いトピックに関連する応答を生成できるようにし、最終目標の技術確立アウトプットで明記した対話の質に関する指標の達成に貢献する。
- ユーザ発話意味解釈モジュールの学習等で使うための 250 万件の累計言語資源(TRL:6)

#### ○開発テーマ 3: 高度マルチモーダル対話インタフェース技術

開発テーマ 1 の高度マルチモーダル対話プラットフォームにおいて活用するマルチモーダル情報を処理し、ユーザの状態など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・音響・映像(画像)などの情報処理、および対話ログ、さらにはケアマネジャーや介護事業者が業務を遂行するために必要なバックエンドDBなどの解析処理と、出力用インタフェースとしてのスピーカー・ディスプレイなどのモダリティを取り扱う。

#### 【参画機関】

NECソリューションイノベータ株式会社

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- システムと対話する高齢者の音声収録において SNR を 10dB 程度改善した結果、Google 音声認識エンジンでの単語再現率 80%となり、目標とした先行研究によるヒトの認識精度 80%と同じ精度を達成した。また、システムと対話中における高齢者の感情の推定において、音韻的特徴からの感情推定では

再現率 56%/目標 70%・適合率 78%/目標 60%、表情からの感情推定では再現率 61%/目標 65%・適合率 83%/目標 85%であった。更に、対話の開始と終了を操作するスイッチの視認性と操作性、対話時におけるカメラ姿勢や発話タイミングのディスプレイ提示の視認性を改良し、対話時に通信帯域に応じて装置からのデータ転送量を制御可能にする対策を行った。(TRL:5)

- ・ バックエンド DB に保存した、システムからの発話テキスト、高齢者の音声テキスト・感情、ならびにシステムとの対話中における高齢者の動画データを、時系列で整列表示が可能な Web アプリを開発した。(TRL:5)

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ マルチモーダル情報センシングモジュール(TRL:6)  
コロナ感染が拡大する以前の 2019 年度に高齢者介護施設で実施した実証実験で収集した対話システムと高齢者の対話の動画(のべ 18 人、73 分)を用い、高齢者の表情が「緩やか」なものから「明らかなものまでを含む各フレームの静止画像すべて(約 87,500 枚)に対し、第三者(研究者)が表情から認識した高齢者の感情を記録したデータセットを作成した。(なお、この動画収集においては感情をオーバーに表情にだしてください、といった感情、表情に関する特別なインストラクションは一切行っていない。)このデータセットを用いた評価実験で、その時点での認識技術による感情推定の適合率は 80%程度、再現率は 60%程度であった。一方で、人間の第三者(研究者)による表情からの感情認識においては、優れた点として、高齢による表情筋の弛みが自然緩和(個人バイアス調整)されたり、明らかな表情でない限り直前までに認識した感情へ揃える(揺らぎ補正)傾向があることがわかった。  
そこで 2021 年度においては、マルチモーダル情報センシングモジュールによる高齢者の感情推定のために、人間であれば解消することのできる上記個人バイアスを調整する機能モジュールを開発し、明らかな表情・緩やかな表情に関わらず、高齢者の対話中における表情から第三者が視認により推定できる感情に対して、上記データセット上で人間と同じ精度である適合率が 85%以上、再現率が 65%以上となることを確認する。また、発話文と感情の認識結果からなる発話履歴を活用し、人間であれば遂行可能な上記揺らぎ補正を行う技術の開発を目指す。
- ・ バックエンドDBを活用したケアマネジャー・関係者向けの高齢者の発話状態履歴閲覧モジュール(TRL:6)  
開発テーマ 2 において、システムの質問に対する高齢者の回答のテキストからの意味解釈(YES、NO、不明など)等が高精度に実現されつつある。この意味解釈した高齢者の回答に対し、高齢者がどのような感情をもって回答していたかを追記・整理し、ケアマネジャーが高齢者の真意を短時間で理解しやすく提示する機能を開発する。

#### ○開発テーマ 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う。対話シナリオの実装のために、クラウド環境を利用したシナリオ作成用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する。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選択して実行できるシナリオセットを提供する。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する。

## 【参画機関】

KDDI株式会社

### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 介護、基本情報のそれぞれについて、シナリオ記述言語に沿った実行用シナリオ定義を作成した。また、個人属性として個人の趣味趣向をヒアリングするためのシナリオ記述言語設計を元に、個人属性のシナリオ定義を作成した。そして、雑談への取り組みとして、シナリオ自動拡張による雑談遷移のために、シナリオ記述言語仕様改善の検討、および、その他機能改善のためにシナリオ定義を作成した。(TRL:6)
- ・ マルチモーダル対応に関する検討及び実証の結果を踏まえ、「ケアマネジメント標準」で整理されたモニタリング項目に準拠して約 6,000 件の質問文のブラッシュアップを行った。(TRL:5)
- ・ 上記シナリオに対してシナリオ自動拡張モジュールを適用して、質問の聞き返し、回答の訂正、質問予定の内容をユーザが先に発話した際の対応、ユーザが雑談的な発話をした際は WEKDA による雑談を行うなどのシナリオを追加した。実証の結果、被験者からポジティブな感想が得られた一方、シナリオの課題として、ユーザの回答を受けて行う発話を改善する必要があることが分かった(TRL:5)
- ・ 開始終了、基本ケア、個人属性の質問文と応答文を入力可能とするエディタ画面を作成し、質問と質問への応答とマルチモーダル情報センシングにより推定した対話時における感情毎の応答文を作成可能とする等のオーサリングツールを開発した。(TRL:5)

### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 対話シナリオ記述言語の改善(TRL:6)  
本プロジェクトでは、シナリオ記述言語に関して、ミニマムな設計で開発を開始した。これは実装をシンプルにすることで頑健なシステムを素早く開発するためである。一方で、雑談と健康状態チェックのハイブリッド化や、雑談に関しても複数のモジュールが存在し、文脈も考慮する機能が追加される等、システム、対話が複雑になるにつれ、不必要に記述が複雑になる等の問題も顕在化している。こうした問題を解決するための改善を行う。
- ・ 介護用対話シナリオ(厚生労働省老人保健事業推進費補助金(老人保健健康増進事業)「適切なケアマネジメント手法の策定に向けた調査研究事業」の支援で株式会社日本総合研究所が策定を推進している「ケアマネジメント標準」に準拠<sup>9)</sup>)(TRL:6)  
1 人の高齢者に半年間程度適用可能なプリセットシナリオを構築し(累計 60 件以上)、シナリオのベースとなる「適切なケアマネジメント手法」のリバイスを踏まえた介護用シナリオ及び趣味嗜好シナリオを実証を通してブラッシュアップする。
- ・ ケアマネジャー等向けにシナリオ作成を支援するシナリオオーサリングツール(TRL:5)  
これまでに、介護事業者、もしくはケアマネジャーごとに、さらには高齢者ごとに、ヒアリングしたい内容が異なることがあるため、ヒアリング内容をケアマネジャー等の側で変更できるようにしたいとの要望が現場のケアマネジャー等から寄せられている。一方で、IT リテラシーの低いケアマネジャー等が現状のシナリオ記述言語でそれらの特異的なヒアリング内容を実装するのは困難である。本オーサリン

<sup>9)</sup> 詳細は <https://www.jri.co.jp/page.jsp?id=38679> 及び厚生労働省全国介護保険・高齢者保健福祉担当課長会議資料 p.149-151( <https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/000750940.pdf> ) 参照

グツールは、そうしたケアマネジャー等が、対話システム、シナリオの実装の詳細に煩わされることなく、限定的ではあるものの、質問文や対話の遷移を変更することを可能とする。これによって介護現場の実情により適合したシナリオプリセット作成の効率化を可能とする。

#### ○開発テーマ 5:ベンチャー企業等とのコミュニティ構築のための評価・検証

本プロジェクトでは、対話技術そのものはもとより、ベンチャー企業等と開発コミュニティを構築することを想定している。そこで、介護モニタリング事業におけるビジネスモデルの検討、および対話技術の応用の幅を広げることができると考えられる、(1)映像や音声以外のセンサ情報の活用技術、(2)ヒト型ユーザインタフェースの受容性の評価、および(3)対話システムの評価(ユースケースの妥当性やビジネス化の検証)を目的とした実利用環境での実証実験を実施する。これらを通じて、ベンチャー等の他社を巻き込んでコミュニティを構築して行く。

##### 【参画機関】

KDDI株式会社

##### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 試作システム及びユーザ実証結果の動画を活用し、開発コミュニティの構築に向けた可能性探索のため、自治体、サービス付き高齢者向け住宅の運営事業者等との実用可能性や実用上の課題のヒアリングを行った。自治体や住環境を提供する立場から本システムを活用することで要介護者の見守りや保健・介護予防活動のフォローアップ、入居者の生活相談(コンシェルジュ)のユースケースへの活用可能性を確認した。(TRL:6)

##### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 高齢者介護分野でのマルチモーダル対話技術の社会実装を目的としたコミュニティ(TRL:6) 実証に用いたデバイスあるいはそのデモ動画を用いた、開発パートナーとなりうるベンチャー企業・介護サービス事業者・保険者(地方公共団体)の各1者以上との、MICSUS の社会実装に向けた契約等の締結を想定した課題を把握する。

#### ○開発テーマ 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等が進められている。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、本プロジェクトと他の関連性の大きい他プロジェクトと連携し(1)音声対話を用いたトイレ状況確認システム、(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を実施しプロジェクト間協働を推進する。

##### 【参画機関】

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

##### 【連携研究テーマ】

(1-4)-②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

(1-4)-③排泄情報を基軸とした介護業務の最適化及びケアの質向上実現システムの開発

【2020 年度までのアウトプット】 ※2021 年度開始のため記述なし

#### 【2021 年度目標アウトプット】

- ・ 音声対話を用いたトイレ状況確認システム(TRL:4)  
他プロジェクト参加者の擁する介護支援者システムとMICSUSとを連携するためのAPIを新たに備え、排泄センサ・扉センサにてマルチモーダルを拡張とトイレ内での音声対話を可能とするシナリオの追加および、トイレ内での発話に応じる言語資源の拡充(20 万件)を行う。
- ・ 地域包括ケアシステムとMICSUSの連携システム(TRL:4)  
地域包括ケアシステムTeamのAPIを活用してMICSUSとのデータ連携を可能とし、MICSUSで蓄えた日々の対話データおよび映像データを要介護者毎の経過観察・申し送り情報として連携する。さらにTeamでの時系列分析による変化の兆しが検知可能となる分析モジュールを構築する。

### (1-3) 学習支援技術(2018～2022 年度)

学校における教育の在り方を 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技術によりいつでも再現可能とし、エビデンスに基づき、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、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する。併せて、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、学習者の個性、理解度、集中力等を教師にフィードバックするシステムを開発し、教師に対する支援も実現する。

また、膨大な個人情報である教育ビッグデータの安全な管理運用システムの検討を行い、テーラーメイド教育を普及させる上で必要な基盤技術を開発する。

Society 5.0 の実現に向け、AI技術などの国際的な先端情報技術に基づく世界中で通用する革新的なビジネスモデルを生み出す人材の育成に向けて、データ分析等に資する基礎的な構想力・問題発見解決力や、論旨明快にものごとを思考し表現する力といった基幹的に必要な能力を身に着けるため、本技術開発がターゲットとする科目は、ものごとの構造を明確に理解し目標を達成する力の向上に有用な「数学」、世界に通用する水準で論旨明快に思考し、判断し、表現する力の向上に有用な「英語」とする。また、実証現場となる学校は、ビッグデータの収集やAI技術の導入に積極的かつ継続的な参加が見込める中学校や高校を対象とする。

本分野の研究開発にあたっては、人とAIの協調を支援する高度な認知的インタラクション支援技術(開発項目(1-1))、及び高度マルチモーダル対話処理技術(開発項目(1-2))の研究成果の活用も検討する。

#### ○研究開発の最終目標

生徒一人一人の個性や個々の習熟度に合わせた学習方法の提案、及び学習者の状況を教師へリアルタイムにフィードバックする新しい教育技術をAI技術の活用により実現し、新たな産業としてのEdTechの基盤を創る。

#### [1](1-3)-① エビデンスに基づくテーラーメイド教育の研究開発(2018～2022 年度)

##### ■研究開発責任者

開一夫(国立大学法人東京大学)

##### ■参画機関

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・コミュニケーションズ株式会社、エヌ・ティ・ティラーニングシステムズ株式会社、  
(以下、再委託)慶應義塾大学、明治大学、WillBooster 株式会社、アセンブローグ株式会社

##### ■本テーマの目的

テーラーメイド教育の実現により、Society 5.0 時代に求められる数学・英語における学習効果を 20%以上向上させることを目標とする。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。

## ■目的達成のアプローチ方針

公正に個別最適化された学習支援を目指し、学習認知科学、人工知能、情報基盤技術を有機的に統合したペダゴジカル情報プラットフォームを構築する。ターゲットとするのは、小・中・高等学校生徒の英語と数学(算数)の学力向上である。具体的には、学校における生徒と教師のインタラクションデータやタブレット端末上での学習履歴等をスタディ・ログとして 2,000 人規模で長期間蓄積し、類似度マッチング等の手法を用いて最適な学習教材・学習方法を提案するシステムを構築する。加えて、スタディ・ログを広範囲に実装する際に課題となる個人情報保護の仕組みやベンチャー企業等が新規参入可能なデータ基盤を構築する。

## ■最終目標(2022 年度末時点) ※<>内は 2021 年度目標進捗率

### 【技術確立アウトプット】

- ① 簡易に取得可能なデータにより、数学、英語での学習効果 20%向上する学習方法提案技術<80%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:7)
- ② スタディ・ログの蓄積に対応した逐次学習による効率的な理解度推定技術(ペダゴジカル AI エンジン要素技術①)<80%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:7)
- ③ 推定精度 80%を実現する学習効果推定技術(ペダゴジカル AI エンジン要素技術②)<50%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:7)
- ④ 問題を推薦した学習者群の 80%に対し理解度向上の効果が見込める教材推薦技術(ペダゴジカル AI エンジン要素技術③)<50%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:7)
- ⑤ スタディ・ログから自動でエビデンス抽出による介入効果推定技術<70%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:7)
- ⑥ Speaking20%、Listening10%以上向上する学習支援技術(語彙数推定、問題自動作成、英語発話リズム訓練)<70%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:7)
- ⑦ 教育・学習を通じて生成されるデータである「スタディ・ログ」の標準仕様<70%> (関連個別開発テーマ:2) (TRL:7)

### 【社会実装アウトプット】

- ① Speaking 20%、Listening 10%以上向上する学習アプリ<70%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:6)
- ② 学習者の成績・活動の変化の因果関係エビデンスを蓄積するシステム<60%> (関連個別開発テーマ:1) (TRL:7)
- ③ ペダゴジカル AI エンジンを具備したペダゴジカル情報提供サービス<60%> (関連個別開発テーマ:1、2) (TRL:7)  
※事業化にあたっては、開発されたLRSの技術をAPIにて開放し、スタートアップを含めた 10 社以上の事業主体の参画がなされたオープンプラットフォームを自走化
- ④ 教育パーソナルデータに関するデータ共有ガイドラインの一般公表<50%> (関連個別開発テーマ:2) (TRL:7)
- ⑤ 教育ビッグデータに関する匿名加工ガイドラインの一般公表<50%> (関連個別開発テーマ:2) (TRL:7)

## ■個別開発テーマ(2件)

### ○開発テーマ1:エビデンスの収集およびエビデンスに基づく学習支援の研究開発

#### ▶ 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

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・高校生を想定)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する。

#### ▶ 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

ペダゴジカル情報プラットフォームに蓄積されたスタディ・ログを分析して認知科学的アプローチから類型化することにより、一人一人の学習者毎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する。

#### 【参画機関】

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、  
(以下、再委託)慶應義塾大学、明治大学

#### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ Cloze Test による英語学習アプリを試作し、三浦学苑及び明治高等学校で効果検証のための実証実験を行い、データ収集を実施した。Cloze Test 学習を実施するにあたり課題となる英文穴埋め問題の作成工数に対応するため、英文テキストから解答が一意に特定可能な箇所を抽出し穴埋めを行う自動穴埋め問題作成について検討し、問題作成のプロトタイプを作成した。(TRL:4~6(Cloze Test アプリ開発→6、問題自動生成技術→4))
- ・ 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 学習用の英文音声読み上げ機能追加および、語彙/文法項目などに関連する Missing Links や単語並べ替えなどの問題自動生成機能を実装した PC アプリを構築し、10名以下の学習者を対象に実験を実施した。また、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(発話文章、訓練回数など)を実装したスマホアプリを構築し、三浦学苑において12名の学習者による実証を行い、効果を検証した。(TRL:4)
- ・ 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。(TRL:5)
- ・ 西京中学校 1~3年の数学に知識マップを導入し、理解状況の推定と問題推薦メール機能を実装した。閲覧行動、知識マップ、コーススケジュールによるクイズ推薦の個人化が可能になった。西京中学校 1~3年・高校1年では合計8994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の eBook 約550冊を導入し、また語彙・文法知識マップ作成のためメタデータを抽出し、中学・高校英語の語彙知識マップを構築した。(TRL:5)等

#### 【2021年度目標アウトプット】

- ・ 作成工数を80%削減する英語の穴埋め問題自動生成システム(TRL:6)  
※自然言語解釈ができるAI技術を利用し、人手による英語穴埋め問題作成の工数限界問題を解消し、

学習者の学習レベルに応じたテーラーメイドな問題提供方法の実現

- ・ 語彙数推定、文法問題自動生成、英語発話リズム訓練統合アプリ(TRL:6)
- ・ 英語学習支援システムEnavis用コンテンツ収集データ(著作権処理済みの利用可能コンテンツで、36,121 種類の英単語(自立語)、全 501 種類のCEFR-J<sup>10</sup>文法項目中 402 項目程度のデータ量)(TRL:6)
- ・ 学習者 10 名から数 10 名程度を対象とした語彙数推定、文法問題自動生成、英語発話リズム訓練統合アプリを使った学習効果エビデンス(TRL:6)
- ・ 試行用標準データに基づくスタディ・ログの蓄積に対応した逐次学習による効率的な理解度推定技術(ペダゴジカルAIエンジン要素技術①)(TRL:6)
- ・ 試行用標準データに基づく推定精度 80%を実現する学習効果推定技術(ペダゴジカルAIエンジン要素技術②)(TRL:6)
- ・ 試行用標準データに基づく問題を推薦した学習者群の 80%に対し理解度向上の効果が見込める教材推薦技術(ペダゴジカルAIエンジン要素技術③)(TRL:6)
- ・ 学習者約 1200 名のスタディ・ログ、学習者の成績・活動の変化の因果関係エビデンス抽出(TRL:6)  
※構築した知識モデルを用いて学習者モデルを構築し、複数の授業において教材と問題を推薦し、成績や学習者の活動がどのように変化したかをエビデンスとしてERS(Evidence Record Store)に登録
- ・ 学習者の成績・活動の変化の因果関係エビデンス活用効果検証結果(TRL:6)

## ○開発テーマ 2: 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

- ▶ スタディ・ログの収集、蓄積、分析のためのペダゴジカル情報 プラットフォームの研究開発  
適切な加工や同意等の許諾を行ったうえで、研究開発の基盤として教員のみならず、塾やベンチャー企業、教育行政担当者等にも共有可能なエコシステム(ペダゴジカル情報プラットフォーム)について研究開発する。
- ▶ 学習支援の仕組みの社会実装に向けた情報管理に関する研究開発  
スタディ・ログが有効に活用されるユースケースを検討し、データ流通を促すために協調すべき領域を定め、標準を策定していくことともに、社会実装に向けて個人情報保護法制、教育情報セキュリティガイドライン(文部科学省)も考慮したデータ取得・保管・共有等の手続き、運用ルールを研究開発する

### 【参画機関】

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、エヌ・ティ・ティラーニングシステムズ株式会社

### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ プロトタイプ LRS 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。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り、対象となる期間・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。(TRL:6)
- ・ 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スタディ・ログ標準規格として策定した。  
xAPI プロファイルについては、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

<sup>10</sup> ヨーロッパ共通言語参照枠(CEFR: Common European Framework of Reference for Languages)をベースに、日本の英語教育での利用を目的に構築された、新しい英語能力の到達度指標

準仕様として活用頂くよう交渉を開始。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の突合を行い有用性について検証を行った。(TRL:7)

- ・ 個人情報保護法改正の動向について、継続的に調査を行った。また、スタディ・ログの社会実装に向けて、教育目的での利用における著作権に関する現行法制度の調査を行い、プロジェクト内にて共有を図った。(TRL:5)
- ・ 英語の学習について、既存評価指標による短周期での学力評価を実施しつつ、スタディ・ログ等のデータを活用した学力評価方法の仮説を構築し、その妥当性を検証した。(TRL:5)等

#### 【2021年度目標アウトプット】

- ・ NTTコミュニケーション科学基礎研究所等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データ(TRL:4)  
※LRS(Learning Record Store)として構造化されたデータに加え、非構造化データを含めた3提供事業者以上のデータ
- ・ ペダゴジカル情報提供サービスのビジネスモデル案(TRL:4)  
※ペダゴジカルAIの研究開発状況/実用化判断を踏まえて、自律的に情報提供するプラットフォームサービスのビジネスモデルを検討する
- ・ 個人情報保護法改正の内容を反映した教育パーソナルデータに関するデータ共有ガイドライン(TRL:6)
- ・ 教育ビッグデータに関する匿名加工ガイドライン(TRL:6)
- ・ 学習効果の向上度を測定する手法の仮説と検証結果(TRL:6)  
※実証校において、ペダゴジカルAIエンジンの活用による学習者の獲得語彙数や文法、読解問題等の学習時間と解答状況を分析

#### 【2】(1-3)-② 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 (2018~2020年度)

※本研究開発項目は2020年度で終了

##### ■研究開発責任者

寺澤孝文(国立大学法人岡山大学)

##### ■参画機関

国立大学法人岡山大学、(以下、再委託)株式会社内田洋行、株式会社アスク出版、株式会社増進堂・受験研究社、国立大学法人東北大学、国立大学法人宮城教育大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人鳴門教育大学、国立大学法人兵庫教育大学

##### ■本テーマの目的

現在のモデルシステムを全国規模に対応可能でよりセキュアなシステムにグレードアップすることで、小学校から社会人にいたる個人を対象に、主に語彙習得を支援し個人の活力を向上させられるティーラーメイド学習支援を、スピード感を持って社会に拡大していくことを目指す。あわせて、明らかになる新たな成果を速やかに社会へ還元していく。

## ■目的達成のアプローチ方針

高精度教育ビッグデータにより可視化される学習効果は、学力低位の子どもであっても確実に積み上がり、そのフィードバックを受けることで、意欲を失いあきらめている子どもたちの意欲を向上させられることが検証され始めている。その他、これまで教育分野で求められつつも、手に入らなかった様々な客観的情報が抽出できる状況が生まれている。

## ■個別開発テーマ(6件)

### ○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

様々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し、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年度までに構築する。

#### 【参画機関】

国立大学法人岡山大学、(以下、再委託)株式会社内田洋行、株式会社アスク出版、株式会社増進堂・受験研究社

#### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ 個人を特定し、その個人に有益な情報を提供するため、インターネットとは独立させたローカルなデータストレージとサーバシステムで構成される e-learning システムを構築し、実証実験現場(教育現場)となる小中高校大学等で約 6,000 人規模の実証実験を実施。

### ○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

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等を学習・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 2020 年度中に設計し、2021 年度までに構築する。

#### 【参画機関】

国立大学法人岡山大学

#### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ 自宅におけるネット接続を制限できるアプリを開発し、学校と自宅において、利用できるアプリを自動で切り替え、自宅では問題の少ない学習アプリのみ利用できるしくみを構築。そのシステムを導入した、スマートフォンサイズの携帯端末を、2つの自治体と附属中学校へ導入した。
- ・ アクセス制限をサーバ上で変更・管理できるシステムを導入し、導入済みの端末の制限を解除していく仕組みを構築した。それをを用い、自宅学習を高度化し、学校だけでなく自宅での知識習得を強化する実証実験を行った。その結果、附属中学校で学習量が3倍以上に増加した。

### ○開発テーマ 3: テー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

学習者の反応を定点観測し、実力を正確に測定し、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既に確立している。その方法をベースにすることで、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構

築する。

【参画機関】

国立大学法人岡山大学

【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 学習データから実カレベルの成績を問題ごとに推定し、その推定値が最高点を超えたものを学習リストから排除していく機能と、全問題ごとの学習状況(推定データ)を学習者ごとに管理し、完全習得まであと何問残っているのかを学習者に提示する仕組み(個別最適化の機能)を実装。
- ・ 個別最適化の機能を、岡山大学の大学生対象の英単語学習の e-learning へ実装した他、2019 年度の e-learning の成績を分析し、学習コンテンツの難易度を高め、学生の語彙レベルに合わせた e-learning を提供した。その結果、学習量の大幅な増加(2 倍以上)が認められた。さらに、総合的語学力を測定するGTEC(Global Test of English Communication)得点が、この e-learning の学習により有意に上昇する結果が得られた。どの程度の e-learning の学習で、GTECの得点がどの程度上昇するのかといった予測も出てきており、さらに効率的な学習スケジュールを解明する基盤が構築できた。

○開発テーマ 4: 教育現場や多様な学習の場等と認知科学、心理学等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

実力テストの成績の基盤にある知識に対応する記憶は潜在記憶といわれ、その特徴は一般的な記憶(顕在記憶)と大きく異なる。例えば、見流す程度の学習でも実力(潜在記憶)は確実に積み上がること、英単語の場合 1 日の中で同じ単語を 5 回を超えて繰り返し学習した効果は実カレベルの成績には積み上がらないこと等が明らかになっている。そのような新たな知見を一般に周知する他、意欲や主体性、社会性等の情意面の成長に関して新たな理論展開を目指し、実践家と連携し、情意面の成長を可視化するスケジューリングシステムを開発する。

【参画機関】

国立大学法人岡山大学、(以下、再委託)国立大学法人東北大学、国立大学法人宮城教育大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人鳴門教育大学、国立大学法人兵庫教育大学

【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 収集される高精度教育ビッグデータを、研究者のほか一般の高校生・大学生に提供し、解析結果を一般に公開。データを提供できる環境づくりを通じて、ビッグデータを解析できるデータサイエンティストの養成に貢献。
- ・ これまでの成果を一般向けに公表するフォーラムをオンライン開催し、そのフォーラムをきっかけに e-learning 支援を高等学校等が導入することになった。

○開発テーマ 5: コンテンツ企業が情報企業に代わるモデルの明示及び人財育成

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れることをモデルとして示すことを目指す。

【参画機関】

国立大学法人岡山大学、(以下、再委託)株式会社アスク出版

【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 出版図書に本学習支援を受けられる URL とID、パスワードが記載されたページもしくは用紙を綴じ込み、当該図書を購入した不特定の個人が本学習支援を受けられる方法を明確にした。
- ・ TOEIC(Test of English for International Communication)用学習コンテンツ、中高生向けの社会科と理科の学習コンテンツの提供を受け、スケジュールリングを開始。

#### ○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しくみの確立

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、教育サービス等に還元する仕組みが必要になる。このサービスを提供するベンチャーを 2021 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等を検討する組織設立のための準備組織を立ち上げる。

##### 【参画機関】

国立大学法人岡山大学

##### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ 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等に還元する仕組みが必要であり、このサービスを提供するベンチャー設立に向けた情報収集を行い、ベンチャーの他、データを管理する組織、自治体、国等の関係組織の在り方を検討し、モデル案を作成した。
- ・ 個人情報取り扱い方法や、収集されるビッグデータと外部試験等のデータの活用と公表の方法について、e-learning を導入した学校等と協議を行い、データの共有に関して一定の枠組みを作り上げた。

【3】(1-3)-③ 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ラーメイド学習支援 (2018～2020 年度)

※本研究開発項目は 2020 年度で終了

##### ■研究開発責任者

平嶋宗(国立大学法人広島大学大学院工学研究科)

##### ■参画機関

国立大学法人広島大学、(以下、再委託)国立大学法人山口大学、広島工業大学

##### ■本テーマの目的

人の思考に関する認知科学、心理学の知見を記号的 AI に基づきモデル化し、思考を外在化して探索的に行える学習環境をICT技術を用いて構築する。

##### ■目的達成のアプローチ方針

この外在化環境における学習者の活動は学習者にとっての思考の経験となり、その経験からの思考様式に関する学習が期待できる。さらに、そこで学習ログとして得られる思考を反映した外的表象の変化データから各学習者の思考パターンを検出する。外的表象の変化データはシーケンスデータとなり、そこからのパターンの抽出に統計的AIが活用可能となる。抽出されたパターンに基づくことで、個々の学習者の個性に応じたテラーメイド学習支援を実現する。さらに、その有用性を教育現場において実証する。

## ■個別開発テーマ(4件)

### ○開発テーマ1: 記号的AIに基づく思考経験のデザインとセンシング

思考を記号的AIアプローチにより外的表象の操作プロセスとしてモデル化する。モデル化のベースは、知識工学で古くから用いられている意味ネットワークのような概念間を関係付けたグラフ表現である。学習者が自分の得た情報をグラフ構造などとして整理し、外的表象としてコンピュータ上に表現した上で、その構造の妥当性を確認する、構造を変更してその結果を確認する、構造同士を対応付け・比較して異同を確認する、などの対象の構造を外的表象として組み立て・変更・操作する活動を行わせる。そして、この活動は内的表象との相互作用として行われることとなる。よって、外的表象とその操作のデザインが思考経験のデザインとなり、外的表象の操作プロセスが思考経験の記録となる。そして、学習者による外的表象の作成と操作のための環境(外在化環境)のベースとして、あらかじめ定義された部品と関係を学習者が直接的に操作するキットビルド方式を利用する。また、学習者が作成した外的表象の正誤判定に関する自動診断機能も実装する。また、思考経験のセンシングとして外的表象の操作プロセスをリアルタイムで収集し、教師に可視化して提示するシステムも実装する。

#### 【参画機関】

国立大学法人広島大学

#### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ キットビルド方式をベースとした学習支援環境のプロトタイプシステムを構築。教育現場での実践運用とデータ収集を実施し、小中高校において2,924時間・人の実践を実施し、98,740回答、368,650ステップのデータを収集。
- ・ 実証を行った教育機関の数学教諭および英語教諭数名と学習方法としての妥当性について協議を行い、学習方法としては現行の学習内容および指導方法に反するものでなく、理解を深めるために有効であることを確認。

### ○開発テーマ2: 統計的AIに基づく思考パターンの検出

外在化環境で取得されたデータを学習支援に用いるために、開発テーマ1で得られる具体的な外的表象の操作プロセスデータからパターンを検出する。ここ得られるパターンは2つの意味があり、一つは、キットビルド方式であらかじめ定義された部品と関係から事前に検討できるパターンが実際に出現するかであり、もう一つは、事前に検討できた以外のパターンが実際に存在するかである。このために、実際の外的表象の変化データから統計的AI手法としてベイジアンネットワークを利用して外的表象の変化パターンを検出する。このパターンを思考経験のモデルに基づいて意味づけし、思考パターンとして定義する。その思考パターンの妥当性を、教師による判断と比較することによって検証する。さらに、検出した思考パターンを脳波データや視線データなどの生体データと結びつけ、脳の機能や視線の動きで説明することでも妥当性を検証する。

#### 【参画機関】

国立大学法人広島大学、(以下、再委託)広島工業大学

#### 【2020年度末までの成果アウトプット】

- ・ 統計的AI手法の調査を行い、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を用いたパターン検出が有望であることを確認。

- ・ 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する状態および有意に下降させる状態を検出。

### ○開発テーマ 3: 思考パターンに基づくテラーメイド学習支援

開発テーマ 2 で取得した思考パターンを開発テーマ 1 でデザインした学習環境に還元することで、各個人の思考経験に合ったテラーメイド学習支援を実現する。具体的には、学習者の思考経験から検出した思考パターンを学習者の個性に応じたアドバイスの提供や学習コンテンツを推薦するために利用する。このテラーメイドの妥当性を、思考経験データに対する教師らの判断と比較することで検証する。また、その検証結果に基づくテラーメイドの方法を改善する。これらを学校での授業内利用や家庭での利用を通じて効果を検証する。数学に関しては小学生から中学生の文章題、英語に関しては高校生から大学生の英文読解を社会実証実験の対象として、思考経験デザインに基づく学習環境と思考パターンに基づくテラーメイド学習支援による学習分析の妥当性と学習効果を検証する。

#### 【参画機関】

国立大学法人広島大学、(以下、再委託)国立大学法人山口大学

#### 【2020 年度末までの成果アウトプット】

- ・ テラーメイド学習支援のための学習支援システム利用時の学習ログデータの収集と、授業の記録や理解度確認のためのテスト、学習者や教師へのヒアリングによるデータの分析を実施。特に英文読解について、理解度が低い学習者において学習効果があることを確認。
- ・ 記号的AIモデリングにより算数・数学および英語の学習支援環境における学習者の間違いとその原因について整理。開発テーマ 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。

### ○開発テーマ 4: ポータブルでセキュアな分散型データ管理

様々な場面で記録された思考経験データを使って、様々な機関で提供される学習コンテンツの利用に活用するためには、データが個人に紐付けられ、詐称や改竄がなく安全に利用できるようになっている必要がある。このようなセキュアでポータブルなデータの運用のためのプラットフォームとして期待されているのがブロックチェーンである。ブロックチェーンは、データを分散管理すると同時に改竄や欠損が無いことを保証する。これを学習履歴や教材更新のデータ管理に利用する。このようなデータ管理を行うことで、教室での利用と家庭等の教室外での利用をシームレスに行うことができ、また、その状況を教師にも提供できるようになる。さらに、教室を拠点としない学校外での学習にも学習機会を提供できることになる。本研究テーマ