



ムーンショット目標 3

2050 年までに、AI とロボットの共進化により、自ら学習・行動し
人と共生するロボットを実現

終了報告書

ありたい未来を共に考え行動を促す

AI ロボット

大武 美保子

理化学研究所 革新知能統合研究センター



1. 研究開発プロジェクトの実施概要

(1) 研究開発プロジェクトの概要

研究開発プロジェクト「**ありたい未来を共に考え行動を促す AI ロボット**」では、自分の想いや考えを言葉にして気づきを得て、よりよく生きるための行動ができるよう促す、行動変容支援ロボットを開発する。会話での言葉や様子から、多くの人の知恵や知識、体験を収集し、特定の人の気持ちを考え、価値観にあった逸話や声掛けを通じ、新しい視点や方法を提示して、行動を促す技術を開発する。それにより、2050 年には、「ありたい未来を共に考え、そのための行動を促す AI ロボット」の実現を目指す。

2022 年度は AI ロボットのための研究開発項目として、利用者の各種の生体信号等から、状態を推定して介入を行うための「**状態認識介入技術**」、および現場で活動している熟練者の知識を収集・構造化し、的確な介入方法を提供する「**介入知識生成技術**」に関する研究テーマについて、開発を進めた。これらと、本プロジェクトにおける8つの研究開発課題の関係を図 1 に示す。

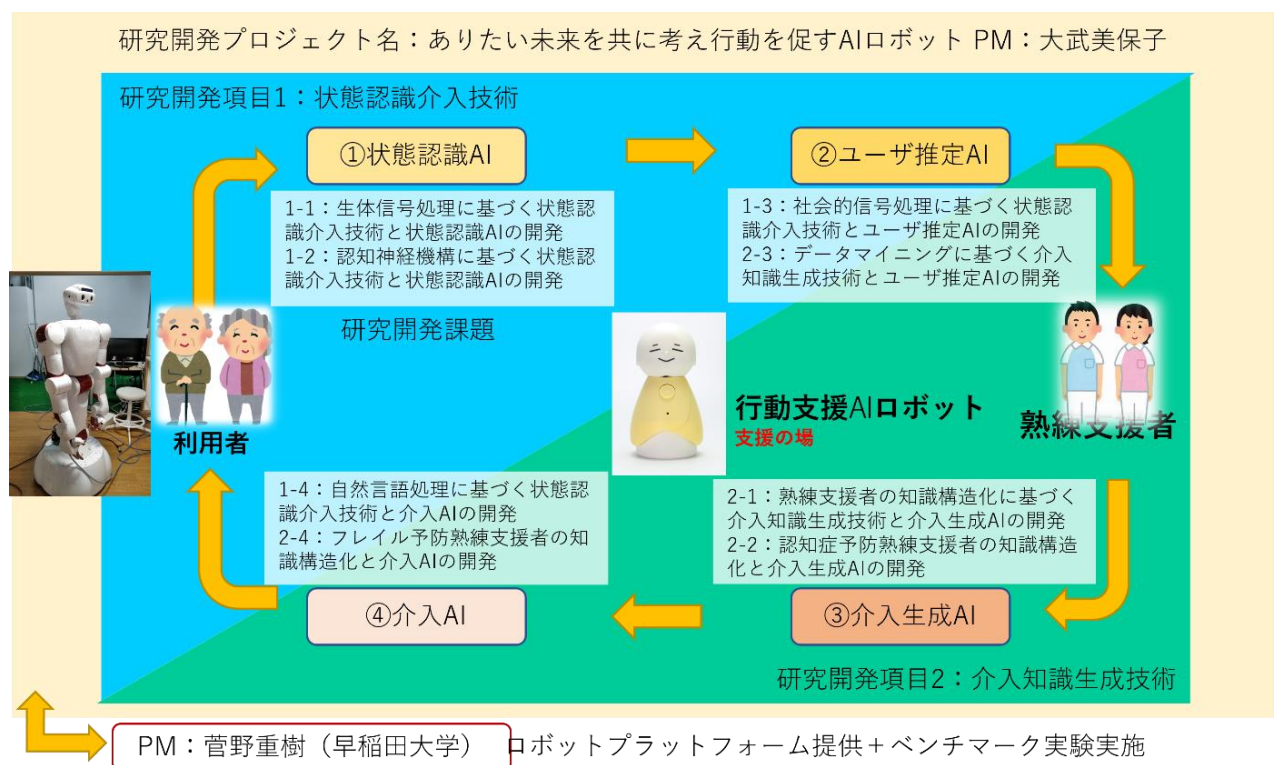


図 1. 研究開発項目、研究開発課題の関係

2023 年度は、脳波、脈波、血圧等の生理的な信号、音声、表情、言語等の各種信号を用いた内面推定に関する基礎技術の開発とベンチマークの設計を進めた。さらに共想法、認知症予防支援、フレイルサポーターの熟練支援者が利用者に対して行う作業を抽出し、さらに暗黙知を含めた構造化やデータベース化を進め、AI 解析の準備を進めた。また、認知症およびフレイルへの介入に関するプログラムを整備し、次年度からの研究に向けた準備を整える予定で進めた。

更に 10 月の成果報告会に向けてプロジェクトのテーマの一端を示すベンチマークとして、人と AI ロボットとの会話や動作などのコミュニケーションを通して人の行動変容を促す場面をいくつか想定し、菅野プロジェクトで研究が進んでいる AI ロボット「AIREC」を含めたデモを行うことができるシステムを設計し実証した。

(2) 研究開発プロジェクトの実施概要

2022 年度は、利用者の各種の生体信号等から、状態を推定して介入を行うための「状態認識介入技術」、および現場の熟練者の知識を収集・構造化し、的確な介入方法を提供する「介入知識生成技術」の両技術に関して、効率的な研究体制にむけて、それぞれサブPMを配置した。また次年度からの全課題推進者の協力体制の構築と情報共有および戦略作りと、両技術を融合することにより実現するベンチマークについて議論を開始した。

2023 年度は、2022 年度より進めている将来のあるべき姿を明確化、深化させる目的で立ち上げたワークショップを継続実施した。自律分散型社会に向けた活動や実践している社会システムデザイナーなどの外部有識者を交えて複数回のワークショップを開催し、最終回のワークショップではムーンショット関係者一同が集合、議論を重ね、情報共有を進めた。

また、2023 年度は、利用者の各種生体信号等から、PM、及びサブ PM を中心に状態を推定して介入を行うための「状態認識介入技術」、および現場の熟練者の知識を収集・構造化し、的確な介入方法を提供する「介入知識生成技術」の両技術に関して、検討を進めた。

さらに、両技術を融合することにより実現するベンチマークについて議論をすすめた。具体的には、10 月開催の成果報告会に向けてプロジェクトのテーマの姿の一端を示すベンチマークとして、人と AI ロボットとの会話や動作などのコミュニケーションを通して人の行動変容を促す場面をいくつか想定したデモの設計を進めた。

デモでは菅野プロジェクトで使われている AI ロボット「AIREC」を含めるようにとの指示のもと、菅野プロジェクトのメンバーと協力し、「AIREC」とデモシステムのインターフェースを統合し、デモシステムを完成させた。

そのシステムを使って 10 月の成果報告会において下記のデモを実施した。

* 要素技術デモ

- ・ユーザに装着されたセンサや画像解析からユーザの状態を推定し可視化
- ・ユーザの脳波情報から視覚と聴覚のどちらに注意が向いているかを判別

* 全体デモ

- ・帰宅したユーザを AIREC が迎えて、会話と動作を通してユーザをねぎらう
- ・食事をするユーザと AIREC、BONO の 2 台のロボットがその日を振り返りアドバイスを行う
- ・起床したユーザへ AIREC が会話と体操指導により身体と頭を整える

(3) プロジェクトマネジメントの実施概要

2022 年度は理研鼎業と連携し、初年度の計画書作成、各会議の実施、進捗管理などのプロジェクトマネジメント業務を推進した。また次年度に向けて、PM が運営する理化学研究所において、PM 補佐1名を採用した。PM、課題推進者を中心に運営会議を開催し、次年度からの研究体制や各機関の連携などの計画の具体化、サイトビジットを進めるとともにコミュニケーション環境を構築した。また今後の展開に向けて知財方針策定やアウトリーチ活動を進めるべく、専門家と議論を開始した。

2023 年度は PM 補佐を理化学研究所で雇用し、理研鼎業と連携をしつつ各種活動を進めた。将来のあるべき具体的な姿を研究者全員で共有するためのワークショップを複数回開催し、情報共有を進めた。

また 10 月の成果報告会で実施したデモシステムの完成に向けて、菅野プロジェクトのメンバーと

数多くの打合せと実験をすすめた。

また 11 月に開催されたステージゲート評価会の結論として研究終了となったため、プロジェクトの終結に向けた作業をすすめると同時に 2023 年度の成果を論文等にまとめ発信した。

2. 研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目 1: (状態認識介入技術の開発)

研究開発課題 1-1: 生体信号処理に基づく状態認識介入技術と状態認識 AI の開発 実施内容:

2022 年度はユーザの内部状態を推定する技術の開発のための実験デザインを検討した。また、多拠点を連結するデータ収集・蓄積を進めるための、システム基盤の検討を行った。さらに、これまで課題推進者が、ユーザ(ヒト)の生理信号(特に脳波、心電図、皮膚抵抗等)について蓄積したデータについて、脈波、脳波などの生体信号を中心として、それ以外の信号と組み合わせ、利用者の状態を認識し、最適な介入を推定する機械学習モデルを開発するための検討を実施した。

2023 年度はユーザの内部状態を推定するための実験環境および複数センサを統合できるシステムを開発した。さらに、本システムを用いて、ユーザ(ヒト)の生理信号(特に脳波、心電図、皮膚抵抗等)について蓄積したデータについて、脈波、脳波などの生体信号を中心として、それ以外の信号と組み合わせ、利用者の状態を認識し、最適な介入を推定する機械学習モデルを開発した。

またこのシステムと菅野プロジェクトで研究されている AI ロボット「AIREC」を接続し、会話や動作などのデモに活用できる統合システムを完成させた。

課題推進者: 田中聡久(東京農工大学)

研究開発課題 1-2: 認知神経機構に基づく状態認識介入技術と状態認識 AI の開発 実施内容:

2022 年度は、「こころの状態」の自己認識がどのような状態のときに生じ、どのような時系列的な変化が生じた時にどのように変化するかを把握するための実験環境を整備し、実施する実験課題内容の検討を行った。実験環境については、自律神経測定装置および連続血圧計のセッティングの必要があったが、納期が翌年度にずれ込んだため、既存の類似機器を用いての準備的整備を行った。連続血圧計の測定時は、当装置の仕様により、定期的にキャリブレーションが入り、データが乱れることがある。また、姿勢が変わることで、測定値が乱れることもある。そこで、メーカーが異なる機器を用いることで、キャリブレーション中の測定値をどのように補えるかについて、詳しく検討を行った。また、「こころの状態」を把握するため、個人差の把握としてどのようなパーソナリティ傾向に着目すべきか、また、どのような環境でどのような実験を実施する必要があるのかについて、詳細な検討を行った。

2023 年度は、「こころの状態」の自己認識がどのような状態のときに生じ、どのような時系列的な変化が生じた時にどのように変化するかを把握するための実験環境を整備し、実施する実験課題内容の検討と実験を進めた。身体状態を推定するため連続血圧計を採

用しキャリブレーションなど有効なデータを収集できるような体制を構築した。その実験環境のもとで被験者に各種のストレス負荷を与えながら自律神経状態と主観的感情、内受容感覚、およびそれらの側面と関連するパーソナリティ特性との関係性などについて詳細に調べた。一連の成果は、今後のストレスの捉え方に関する重要な示唆を与えるものであった。

課題推進者:梅田 聡(慶應義塾大学)

研究開発課題1－3:社会的信号処理に基づく状態認識介入技術とユーザ推定 AI の開発 実施内容:

2022 年度は、個人に特化した内面状態推定技術と、行動変容の度合い・自己制御感の予測モデル基盤の確立をめざし、意識・無意識行動の統合に基づく内面状態推定の精緻化と個人適合型マルチモーダル機械学習に向けた知見の収集、ベンチマークデータの検討、機械学習モデルの設計に向けた知見の収集を行った。

2023 年度は、クラスタリングによる単位分割手法や大規模言語モデルを使う方法を検討し、個人差に堅牢な機械学習手法を構築しメタ学習型の内面状態推定モデルを構築した。本モデルに対してマルチモーダル対話コーパスをベンチマークとして検証し目標の精度を達成することができた。

また、内面状態変化を推定するためのデータセットの構築を進めた。その元データとして共想法のグループ対話データを活用し、行動変容を推定するモデルを構築した。小規模のデータではあるものの内面状態変化を推定するモデルとして所望の精度を得ることができ、介入効果を測定する技術の構築に向けて重要な知見を得ることができた。

課題推進者:岡田将吾(北陸先端科学技術大学院大学)

研究開発課題1－4:自然言語処理に基づく状態認識介入技術と介入 AI の開発 実施内容:

2022 年度は、基盤モデルを応用した状態認識・対話生成技術について研究開発を行った。具体的には、(1)発話からユーザ状態や熟練者知識を認識するための自然言語処理システム、および(2)行動支援のための対話を生成する自然言語処理システムの研究開発を進めた。(1)については、自然言語テキストに対する情報抽出・意味解析の先端研究について調査を行い、発話からユーザ状態や熟練者知識を認識するために基盤モデルを活用する技術について検討を行った。(2)については、基盤モデルを用いた対話生成モデルの先端研究について調査を行い、高齢者の行動支援や対話による行動変容への応用可能性について検討を行った。

2023 年度は、ユーザおよび熟練支援者の発話に対して、行動支援の熟練者がどのような状態認識を行っているか、およびどのような知識を利用しているかを分析し、タスク定義を行った。他課題推進者と協力し、2 台のロボットと2 名の対話者(高齢者とその家族)との対話場面を対象タスクとして設定し、ベンチマーク設計を行なった。具体的には、ユーザ(高齢者またはその家族)の発話、およびマルチモーダルセンサーデータを入力とし、ユーザ状態を推定するタスクとしてベンチマークを設計した。

また、基盤モデルを用いた状態認識システムおよび対話生成システムの実現に向けて、

共想法を想定して決められたシナリオに基づき対話を行うシステムを構築し、その効果や妥当性を検証した。その結果、自然な対話の実現に向けた課題として、基盤モデルに基づく対話はある程度の精度で実現できるものの、音声やその他センサーデータの入力を適切に処理すること、また自然な対話を実現する応答速度に問題があることを明らかにした。

課題推進者:宮尾祐介(東京大学)

(2) 研究開発項目2:介入知識生成技術の開発

研究開発課題2-1:熟練支援者の知識構造化に基づく介入知識生成技術と介入生成 AI 実施内容:

2022 年度は熟練者知識構造化に向けて知識構造化方法と知識構造化支援システムの使用方法を共有し、各分野の専門家からの支援マニュアルを元に初期構造化知識構築を開始した。また、熟練者らからのインタラクティブ知識の獲得に向けて、認知症予防、フレイル予防および共想法の3つの現場での状況を調査した。

2023 年度は利用者の気持ちや考えに気づき、良い方向に働きかけ、行動を促すことができる熟練者の技術と暗黙知などの非言語情報の知識構造化技術の構築に向けて、共想法、フレイル予防、認知症予防で成果を上げている熟練者に向けてインタビューを実施し知識構造化を進めた。これら3つの現場に共通する心のケアおよび身体動作に関する熟練者の知識を構造化した。また、将来の支援 AI 構築を目指し、日常的に無理なく知識を集め構造化する手法を研究した。

更に、将来の AI ロボットシステムに必要となる介入知識生成モジュールの実現に向けて、成果報告会で実施するデモで行われる状況を想定した知識構造化ツリーを構築した。

課題推進者:西村拓一(北陸先端科学技術大学院大学)

研究開発課題2-2:認知症予防熟練支援者の知識構造化と介入生成 AI の開発

実施内容:

2022 年度は、認知症予防のための活動を持続、習慣化へ導くための行動変容支援による認知症予防戦略の構築を見据え、知識構造化と AI 学習のための熟練支援スキル収集に向けた基盤整備を行った。

2023 年度は認知症予防の知識構造化および行動変容支援プログラムの開発に向けた予備的な介入実験を実施した。具体的には、認知症予防の経験が深い熟練者と、まだ経験が浅いスタッフが支援者となり認知症予防に有効とされるテーマについてグループ共想法を実施し、それらの比較から熟練支援スキルを抽出したとともに、本介入方法の実行可能性を確認した。更に、行動変容支援プログラムの開発に向け、認知症予防に有効とされる身体活動、認知トレーニング、社会活動、食事管理の 4 要素をテーマとした共想法と、本機関が開発した「オンライン通いの場アプリ」とを組み合わせた行動変容支援プログラムを作成し、ランダム化比較試験のプロトコールまでを完成させた。

課題推進者:島田裕之(国立長寿医療研究センター)

研究開発課題2-3:データマイニングに基づく介入知識生成技術とユーザ推定 AI の開発 実施内容:

2022 年度の研究計画は、大きく分けて、1.「専門家との議論により、データとアルゴリズム、モデルなど研究開発の適切な方向を議論すること」と、2.「行動変容に関わるケアの現場の専門家、当事者から、暗黙知につながる知見を得るために議論、インタビューを行うこと」である。

1については、当初予定していた看護、介護の数理モデル化に携わる研究者、介護予防実証研究に携わる研究者との議論を行った。2については、ほのぼの研究所で共想法の運営を行っているスタッフ、熟達したベテラン8名へのインタビューを行った。また、それらのインタビューの結果を記録し、まとめて特徴や構造をあぶり出し、全体的な構造に対する仮説を導き出した。

2023 年度は、各分野の熟練者と専門家へのインタビューを実施し、自然言語の形で、それぞれの熟練者が持つ色々な暗黙知やノウハウを抽出することができた。

また 2022 年度に実施した共想法の運営を行っているスタッフ、熟達したベテランへのインタビューの内容を情報学、数学、人文学の3つの視点から分析し、会話の構造として興味深い特徴的な性質を多く持つことがわかった。

さらに、高齢者の生活・行動様式と意識に関する調査アンケートを、データマイニング技術で解析した。具体的には、質問項目を抽象的なレベルでカテゴライズしてデータの分割を行い、それぞれのデータに対してデータ研磨によるマイクロクラスタリング技法を用いることで、全体的な特徴を捉えることができた。

課題推進者:宇野毅明(国立情報学研究所)

研究開発課題2-4:フレイル予防熟練支援者の知識構造化と介入 AI の開発

実施内容:

2022 年度は、オンライン行動支援プログラムを実施する地域を選定し、各地域の地域在住高齢者の多様性を考慮したプログラムのシナリオ案を作成した。このシナリオ案を元に 2023 年度は共想法を取り入れたオンライン行動支援プログラムを実施し、熟練支援者(フレイルサポーター)との関係性構築から暗黙知の収集を開始した。

また、フレイル予防熟練支援者の暗黙知の収集・構造化と利用者の意識／行動変容データの事例 DB 構築の準備として、熟練支援者より暗黙知データの収集を実施した。

フレイル予防熟練支援者の介入 AI 開発に向け、住民主体のフレイルチェック活動の現場を、AI ロボット開発研究者が見学する機会を設けた。

2023 年度は、2022 年度に各地域で活動しているフレイルサポーターの中から、一つのモデル地域に本研究に協力いただく準備をすすめた。また 2023 年度はフレイル予防に必要な三本柱「①栄養(食事と口腔機能)・②身体活動(運動と生活活動)、③社会参加」を主テーマとした講演と、その内容をテーマとしたオンライン共想法を組み合わせた 20 回のオンライン行動支援プログラムを作成し、2023 年度末時点で、熟練支援者と高齢参加者を対象に第 10 回まで試行した。

また、フレイル予防熟練支援者からのノウハウ、暗黙知を収集、構造化を進めるため、オンライン行動支援プログラム内で実施された共想法のデータやフレイルサポーター、フレイルトレーナー、自治体担当者からインタビューを実施し、知識構造化につなげた。

課題推進者:飯島勝矢(東京大学)

3. プロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

進捗状況の把握

- 2022 年度は理研鼎業と連携し、初年度の計画書作成、各会議の実施、進捗管理などのPM業務を進めた。
- PM、課題推進者を中心に運営会議を開催し、次年度からの研究体制や各機関の連携などの計画の具体化を進めた。
- PM、課題推進者、関係する研究者間の効率的なコミュニケーション環境作りとして slack を採用し、各種議論や情報共有の活動の手段を構築した。
- 各課題推進者の活動を相互に理解するため、PM、PI および各チームメンバー有志が、飯島チームへのサイトビジットを実施し、各モデル地域のフレイルサポーターを中心とした地域フレイル予防活動に関して情報共有を実施した。
- 2023 年度は PM 補佐を理化学研究所にて採用し 4 月より活動を開始した。
また理研鼎業と連携し各イベントなどを進めた。
- 研究の進捗や成果報告会でのデモの検討などの打合せをPM、課題推進者間で頻繁に実施した。
- 菅野プロジェクトとのメンバー間の交流連携と技術協力をすすめ、2023 年 10 月 16 日の成果報告会のデモシステムの完成に向けて、打合せや共同実験の実行計画と進捗を管理し、システムを完成させた。

研究開発プロジェクトの展開

- 実在する熟練支援者をモデルに、熟練支援者の有する暗黙知、具体的には、人の状態を読み取り、個性を理解した上で、よりよい状態に向かうよう、継続的なやり取りを通じて働きかける技能を、抽出、解析、構造化すること、各種生体情報を収集解析し、AI ロボットに実装することなどに取り組み、当初より計画した技術を開発した。
- ムーンショット目標 3 の PM 間連携に関して菅野プロジェクトチームとの情報交換やサイトビジットを含め議論と 10 月の成果報告会に向けて複数のデモの実施に向けて協力して研究開発を進めた。本年度の目標に向けた技術説明と統合システムと各ロボットによる複数のデモを実施したが、11 月のステージゲート評価会の結論として本プロジェクトは終了となった。
- 「システム開発と社会実装」に関する課題推進者と、熟練支援者の暗黙知を収集する実証実験の研究計画の検討を進め、倫理審査を受け、参加者候補を特定するためのスクリーニングをするなどの準備を進めていたが、研究終了に伴い中止となった。

(2) 研究成果の展開

- 11 月のステージゲート評価会の結果、研究終了となったが、2023 年度の成果は、論文が採択、出版されており、今後も論文などで発信していく。

(3) 広報、アウトリーチ

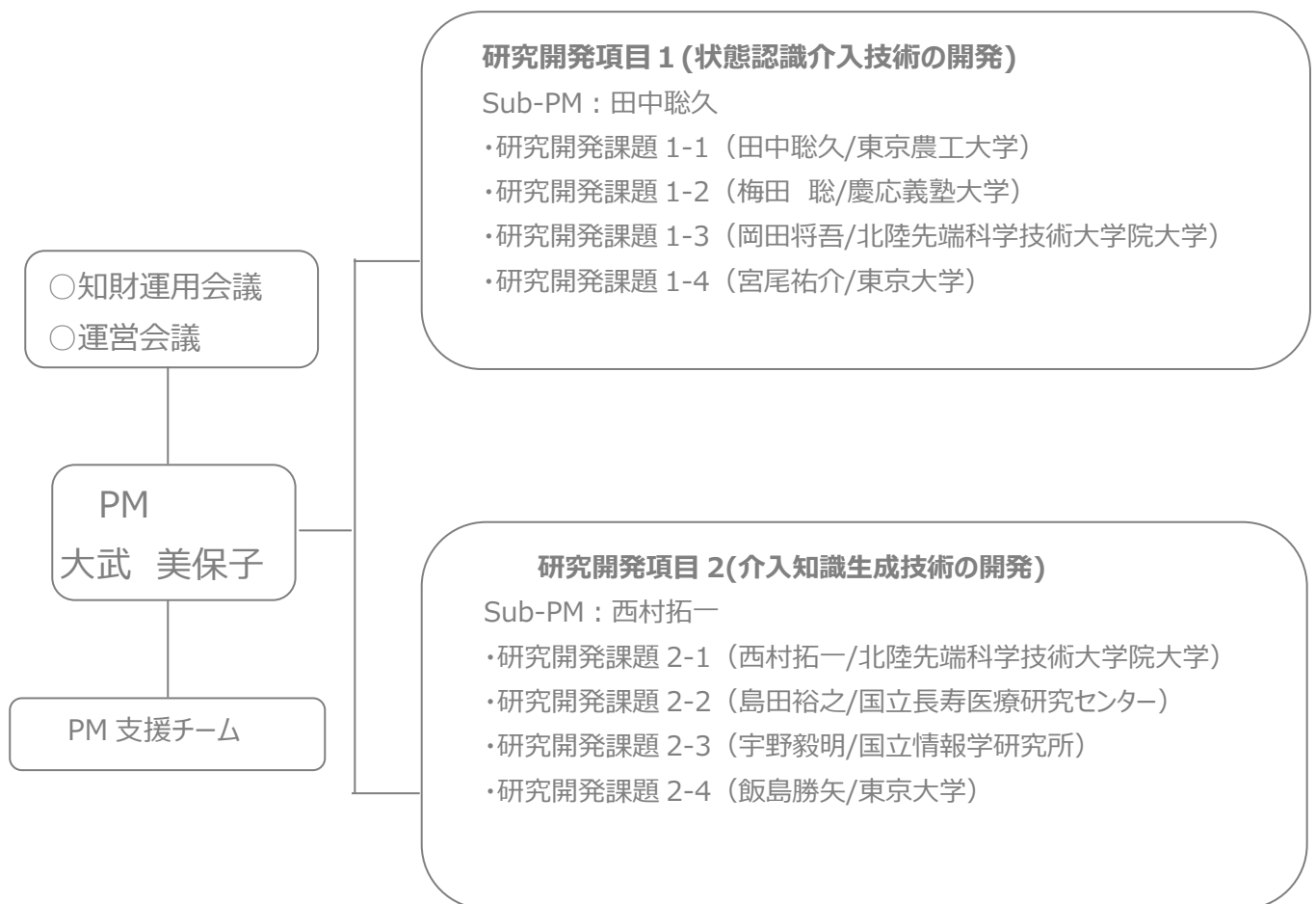
- 2023 年 8 月に、大武 PM と飯島 PI による講演会、12 月に、大武 PM と島田 PI による講

演会を開催するなど、広報、アウトリーチを行い、NHK、日本経済新聞、夕刊フジ等 9 件の報道につながった。

(4) データマネジメントに関する取り組み

○状態認識AI、介入生成AIの開発に必要な各種データ(脳波や血流などの生体情報、共想法活動、認知症予防活動、フレイル予防活動における様々な会話情報、動画情報など)を収集、蓄積していき、まずは各機関にて管理するとともにPM、及び各課題推進者間で有効に解析などが行えるように情報共有を進めた。

4. 研究開発プロジェクト推進体制図



知財運用会議 構成機関と実施内容

- ・構成機関：理化学研究所、東京農工大学、慶応義塾大学、北陸先端科学技術大学院大学、東京大学、国立長寿医療研究センター、国立情報学研究所
- ・実施内容：本プロジェクトにかかる論文作成時など適宜、特許出願の可能性を検討し、所属機関と協議を進めた。

運営会議 実施内容

作り込みのため、課題推進者会議を実施。委託研究開始後も PM と課題研究者を中心に研究メンバーを加え、ほぼ 2 回／月のペースで連携など各種議論や進捗報告など情報共有を進めた。また 2023 年 3 月 22 日には PD、JST も参加したキックオフ会議を開催した。さらに 2023 年 10 月 16 日の成果報告会におけるデモンストレーションに向けて、システム構築、シナリオ検討などの検討を進めるため PM を中心に課題推進者会議を実施した。

5. 研究開発プロジェクト成果

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際 (PCT 含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計 (出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	7	4	11
口頭発表	8	11	19
ポスター発表	1	4	5
合計	16	19	35

原著論文数 (※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	6	6
(うち、査読有)	0	6	6

その他著作物数 (総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	0	0	0
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	0	0	0

受賞件数		
国内	国際	総数
1	0	1

プレスリリース件数
0

報道件数
9

ワークショップ等、アウトリーチ件数
6