



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

実施状況報告書

2022年度版

一人に一台一生寄り添うスマートロボット

菅野 重樹

早稲田大学 理工学術院

 **MOONSHOT**
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM



研究開発プロジェクト概要

柔軟な機械ハードウェアと多様な仕事を学習できる独自の AI とを組み合わせたロボット進化技術を確立します。それにより 2050 年には、家事、接客はもとより、人材不足が迫る福祉、医療などの現場で、人と一緒に活動できる汎用型 AI ロボットの実現により、人・ロボット共生社会を実現します。

https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal3/31_sugano.html

課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
菅野 重樹	早稲田大学 理工学術院	教授
大原 賢一	名城大学 理工学部	教授
木村 啓二	早稲田大学 理工学術院	教授
尾形 哲也	早稲田大学 理工学術院	教授
堂前 幸康	産業技術総合研究所 情報・人間工学領域	研究チーム長
山下 祐一	国立精神・神経医療研究センター 計算論的精神医学研究室	室長
村垣 善浩	神戸大学 未来医工学研究開発センター	教授
小林 英津子	東京大学 工学部	教授
桑名 健太	東京電機大学工学部	准教授
岩田 浩康	早稲田大学 理工学術院	教授
正宗 賢	東京女子医科大学 先端生命医科学研究所	教授
高橋 利枝	早稲田大学 文学学術院	教授

1. 当該年度における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

本研究開発プロジェクトは、「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」における「人が違和感を持たない、人と同等以上な身体能力をもち、人生に寄り添って一緒に成長するAIロボット」を実現するものである。具体的には、柔軟かつ強靭さ(高出力+自己修復能力)を有する身体(ハード)によって、人間を含む実世界に物理的に関わり、複数の複雑タスクにける人間の作業スキルと、自らの身体状態を反映した情緒表現とコミュニケーションを実現するAIを開発する。研究開発プロジェクト実施期間中には、これまでの機械的なロボットではなく、人の循環器系や筋肉などの生体に近づけたスマートロボットの設計方法を示し、試作機を用いて衣服を畳むなどの洗濯補助、キッチンツールを使った攪拌などの調理補助、車椅子への移乗補助、食事介助や口腔ケアといった介護補助、情緒コミュニケーションを伴った健康モニタリング作業等を実証評価する。予測AIによるロボティクスの拡張、逆にロボティクス(身体知)の視点による予測AIの再設計という相互革新によって、従来ロボット利用が困難であった多様な分野への応用を進める。

(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

既存技術によるロボットとして、試作1号機に加えて小型化等を図った試作2号機を開発した。さらに、ドライ・ウェットハイブリッドロボットに向けた要素技術開発として、油圧駆動型7自由度マニピュレータ、油圧式ハンド等の設計を完了し、試作を進めている。加えて、自己修復用カプセルの製作方法を確立し、吸着可能な流路製作手法を構築した。

ロボットへのAI技術実装については、深層予測学習の適用により、調理作業、ボタン留め作業、タオル掛け作業に加えて、多指ハンドによる物体持ち上げ動作学習、物体形状に応じた拭き取り操作学習など、各種具体的な作業を実現している。

ロボットの介護・看護・医療応用については、ロボットによる超音波検査や口腔ケアなどの模擬動作も実施し、AIRECへの技術実装について着実に進めている。

ロボットの社会受容性調査については、日英米の量的・質的調査と分析を実施の上、具体的な提案まで行っている。さらにAIREC倫理基本方針の素案をまとめている。

研究開発項目別の主な実施概要を以下に示す。

1) スマートロボットの身体と制御システムの構築

前年度開発した最先端の人間協調ロボットプリプロトタイプ(Dry-AIREC)を用いて、さまざまな使用場面を想定した実験を行うと共に、深層予測学習等のAI技術の実装を引き続き進めた。また、人の生体を模した新しいドライ・ウェットハイブリッドスマートロボットに関しては、流体駆動型7自由度アームを含む上半身およびハンド部の設計、MRFベーンモータの開発などを実施した。さらに、自己修復用カプセルや流路の製作、柔軟皮膚センサの信頼性向上や新規デザイン提案などを進めた。

複数のミドルウェアでの連携が可能なフレームワークを活用し、OpenRTMとROSの間の連携を行い、フレームワーク上でDry-AIRECの動作を実現した。

スマートロボットに搭載する低消費電力AIアクセラレータプロセッサチップに関して、その基本構成の設計を行い、さらにFPGA上の設計検証兼予備評価環境を構築した。また、こ

れを制御するコンパイラの開発も進めた。

2) スマートロボットの知能システムの構築

Dry-AIREC を用いて、複数の基本タスクの動作学習に関する研究を実施した。具体的には多指ハンドを用いた多様な物体の操り、視覚・力覚を用いた複雑形状物体の拭き取り、学習済言語モデルと運動の統合学習などを実施した。

透明物体の深度推定技術として、透明物体・非透明物体の RGB 画像と距離画像のペアの相対関係を学習する手法を提案し、学習効率が大きく改善することを確認した。さらに、視覚から力の分布を想起する手法を提案し、力の分布の予測が可能であることを確認した。

予測符号化・自由エネルギー原理の理論を、スマートロボットに実装可能な力学系モデルとして定式化するため、ロボットの関節角度などを模した人工的なデータを用いて、物体操作行動などにおける感覚・運動制御のシミュレーションを行い、実装モデルの妥当性に関する理論的検討を行った。

3) スマートロボットの福祉・医療への展開技術の構築

AIREC が令和 5 年度以降に医療現場や介護現場で施設案内や健診・治療説明などのコミュニケーションを実現するために、既に製品化されているロボットを活用した実証実験を実施すべくロボットのシステムインテグレーションを実施した。

医療現場や介護現場における薬剤管理状況や服薬インシデントなどを調査し、システムに求められるニーズステートメントの抽出を行った。

介護老人保健施設 遊において介護士や被介護者を対象に生体情報を計測・管理するシステム及び環境構築を行なった。

Dry-AIREC による超音波診断装置のプローブ操作デモンストレーションを実施した。また AIREC の介護支援仕様を検討するために既存ロボットを用いて実験室、および介護現場での実証実験を行うべく、介護現場での現地調査・ヒアリング及び資料調査を実施し、食事介助・院内案内・口腔ケア等の課題を抽出した。

介護施設に設置したビデオを検証し、AIREC にて支援が想定される内容についてリストアップした。ロボットによる超音波操作を対象とし「超音波画像診断ロボットのガイドライン」準備会を発足した。

医療現場での既存ロボティクスを用いた実証実験等でのリスクリストから抽出した環境・受益者依存リスクに基づき、AIREC 導入による検証における評価項目を整理した。

手当を可能とするハンドの開発のため、皮膚科医師の触診動作の分析とロボットハンドの要求仕様の検討を行い、指先反力などを工学的に解析した。また、体性感覚センサのウェット化へのステップとして視診と触診が可能なセミドライ体性感覚センサの試作、自己修復ゲル素材によるセンサ皮膚および痛覚センサ機構の原理検証等を実施した。

4) スマートロボットの実用化方策

AI ロボットの社会実装を実現するための社会的課題について、昨年度までに得られた日英米の社会調査データを分析し、AIREC 設計への反映に向けた提案を作成した。また、さらなる分析に先立ち、本定量調査データの信頼性を再検討し、特にサンプリングに関する留意点と限界を明らかにする作業を進めた。また、倫理的課題と法的課題についても検討し、AIREC に特化した倫理基本方針案を作成した。

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

①技術的・試作マイルストーン、中間評価デモンストレーションなどの PJ 内全体調整、② AIREC の産業応用に向けた民間企業との調整、③PJ 内評価会や PJ 会議、中間評価デモンストレーションに関する PJ 内会議などの開催、④昨年度2名、今年度1名の PI 追加による体制強化、⑤海外研究機関との MOU 締結推進、⑥IROS2022 におけるブースデモ実施、⑦プロモーション動画制作など、体制強化や会議開催、広報活動、海外連携など、必要なプロジェクトマネジメントを潤滑に推進している。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1:スマートロボットの身体と制御システムの構築

研究開発課題1:人間との接触を伴う作業が可能なロボットシステムの構築

当該年度実施内容:

令和4年度は、前年度開発した最先端の人間協調ロボットプリプロトタイプ (**Dry-AIREC**) を用いて、さまざまな使用場面を想定した実験を行うと共に、深層予測学習等の AI 技術の実装を引き続き進めた。また、人の生体を模した新しいドライ・ウェットハイブリッドスマートロボットに関しては、流体駆動型7自由度アームを含む上半身およびハンド部の設計、MRF ベーンモータの開発などを実施した。さらに、自己修復用カプセルや流路の製作、柔軟皮膚センサの信頼性向上や新規デザイン提案などを進めた。具体的には、以下の研究開発を実施した。

1) **Dry-AIREC** による実験と改良版試作

Dry-AIREC を用いて、様々な人との接触を伴う協調作業 (受け渡し(弱い接触)や介護動作(強い接触)等) を行わせることで、人と協調するための **AIREC** の現状の性能を確認し、課題を抽出した。さらに、**Dry-AIREC (ver.1)** を、身長短縮とハンド部接触センサの高密度化の観点で改良した **Dry-AIREC (ver.2)** を試作した。加えて、昨年度構築した一般住居を模擬した評価実験室に加え、2022年10月には病院、カフェを模擬した評価実験室を新規構築した。

2) 7自由度マニピュレータの設計・試作

流体駆動型上半身の設計を完了し、目標となる体格、手先のペイロード等を実現するための各関節のリンク機構、シリンダサイズ、サーボバルブ等を決定し、3次元モデルを構築した。また、柔らかさと力強さが求められる手首関節部に相当する **MRF** 直動アクチュエータや **MRF** ベーンモータを製作し、良好な出力と逆可動性を確認した。

3) 油圧式ハンドの設計・試作

ハンドのアクチュエータとなる **MRF** ベーンモータを、強磁性体材料(コイルコア)、寸法(磁束密度・磁気抵抗)、**MR** 流体(初期粘性、透磁率)の組み合わせ最適化を考

慮して設計・製作し、設計したスペックと同等の出力および逆可動性を得られることを確認した。ハンド部の各関節のリンク機構、油圧回路（開回路）、油圧ホース、マニホールドなどの機構面の設計を進めた。また、派生した研究開発として、電動多指ハンドに用いることを前提とした、高強度・高剛性・低バックラッシュの世界最小サイズのサイクロイド減速機を開発した。

4) 人工循環系による物質供給系の機能の検証

自己修復用カプセルの製作方法を確立し、カプセル形状を得ることを確認した。さらに、カプセルの吸着が可能な流路を製作する手法を構築し、ポンプを用いて流路内部で液体を循環できることを確認した。

5) 伸縮可能かつ液体格納構造を有する触力覚センサ

皮膚センサの信頼性向上のため伸縮部の素材を全面的に見直し、コイル状の銅線およびシリコンを使用することで、繰り返し引張に対して出力の安定化による信頼性向上を達成した。さらに、液体格納構造センサの新規デザインを提案した。

6) AI・ロボットプラットフォームへの適合

大原 PI との協働により、複数のミドルウェアでの連携が可能なフレームワークに関して、Dry-AIREC での動作検証を進めた。シミュレータおよび実機での検証を行うために OpenRTM と ROS の間の連携を行い、大原 PI の所で開発を進めているソフトウェアフレームワーク上で Dry-AIREC の動作を実現した。

課題推進者:菅野重樹(早稲田大学)

研究開発課題 2:スマートロボット用ミドルウェアの構築

当該年度実施内容:

令和3年度までに開発を進めてきた複数のミドルウェアでの連携が可能なフレームワークを活用し、Dry-AIREC での動作検証を進めた。シミュレータおよび実機での検証を行うために、令和3年度に開発した OpenRTM-aist-2.0 に搭載された ROSTransport を用いて OpenRTM と ROS の間の連携を行い、開発を進めているソフトウェアフレームワーク上で Dry-AIREC の動作を実現した。また、AI ライブラリの違いを考慮に入れて、本研究開発で進めているソフトウェアプラットフォームに組み込んでいくための方策について、実装を通じて検証を行った。さらに、OpenRTM-aist のツールを用いて ROS との相互運用のための機能の拡張及び、この機能を組み込んだロボットシステムの管理・運用簡便化のためのフレームワークを作成し、基礎検証を行なった。

課題推進者:大原賢一(名城大学)

研究開発課題 3:スマートロボットの頭脳を実現するコンパイラ協調低消費電力 AI プロセッ

サの開発

当該年度実施内容：

令和4年度は、本研究プロジェクトのスマートロボットに搭載する低消費電力 AI アクセラレータプロセッサチップに関して、その基本構成の設計を行い、さらに FPGA 上の設計検証兼予備評価環境を構築した。さらに、基本構成設計から次年度のチップ製造に向けた設計情報を作成した。これと並行して、製造したチップを搭載し評価するための評価ボードの基本設計も行った。

AI アクセラレータプロセッサチップの設計と並行して、これを制御するコンパイラの開発も進めた。深層学習の演算処理に必要な畳み込み計算のアクセラレータ用コード生成だけではなく、そこに主記憶上のデータ分割・データ配列変換・データ転送の機能を、チップの基本構成用に開発を進めた。さらに、評価ボード用のランタイムプログラムの開発を行った上で、FPGA 上の予備評価環境上で AI アクセラレータプロセッサとコンパイラの動作検証と評価を行った。

課題推進者：木村啓二(早稲田大学)

(2) 研究開発項目2:スマートロボットの知能システムの構築

研究開発課題1:スマートロボットによる環境との柔軟なインタラクションの実現

当該年度実施内容：

既存の人間協働ロボット、およびプロジェクトで開発した最先端の従来技術ベースの人間協調ロボット Dry-AIREC を用いて、複数の基本タスクの動作学習に関する研究を実施した。具体的には多指ハンドを用いた多様な物体の操り、視覚・力覚を用いた複雑形状物体の拭き取り、学習済言語モデルと運動の統合学習などを実施した。

(1) グラフネットワークと分散触覚センサを用いた多指ハンドマニピュレーション

グラフ畳み込みネットワーク(GCN)を用いて、複雑なセンサ配置を持つ触覚データから測地的な特徴を抽出する制御手法を提案した。

(2) 画像・力・触覚センサデータを用いた物体形状に応じた拭き取り操作学習

物体の形状知覚と動作生成のため、マルチモーダルを積極的に活用する深層学習モデルを構築した。画像／力／触覚データを、状況に応じて有機的に組み合わせる手法であり、天井照明の傘を模した物体の拭き掃除をするロボットを構築した。

(3) 説明文と行動の少数のペアデータ学習による双方向変換

AIREC による実世界に立脚した(Symbol grounded)対話を実現するため、説明文と行動の双方向変換学習について、双方向翻訳のための2段階学習法を提案した。

(4) リアルタイム動作修正 VR デバイスの開発

人間のモーションキャプチャデータを事前学習し、人間が実行しうる運動の部分空間(motion manifold)を獲得させ、リアルタイムにモーションキャプチャデータに適用する手法を提案した。

課題推進者:尾形哲也(早稲田大学)

研究開発課題 2:スマートロボットの経験拡張のための基盤整備と実証

当該年度実施内容:

透明物体の深度推定技術として、**Cyclic adversarial learning(cycle GA)**と呼ばれる手法の概念を用いて、透明物体・非透明物体の RGB 画像と距離画像のペアの相対関係を学習する手法を提案し、学習効率が大きく改善することを確認した。

視覚から力の分布を想起する技術として、ロボットが複数の物体を押しした時の様子と、その時発生する力の分布を可視化し、ここから得られた情報をエンコーダ・デコーダモデルの学習データとすることで、視覚と力の関係を想起できるモデルを構築した。その結果、おおよその力の分布の予測ができていることを確認した。

課題推進者:堂前幸康(産業技術研究所)

研究開発課題 3:スマートロボットにおける知能に関する数理的アプローチ

当該年度実施内容:

予測符号化・自由エネルギー原理の理論を、スマートロボットにおけるリアルタイムでの高次元感覚・運動統合、シンボル情報処理との統合システムとして実装可能な力学系モデルとして定式化を進めた。当該年度は、数値シミュレーションを中心とした理論的検討を行った。昨年度に引き続き、ロボットの関節角度などを模した人工的なデータを用いて、物体操作行動などにおける感覚・運動制御のシミュレーションを行い、実装モデルの妥当性に関する理論的検討を行った。V-RNN を用いたシミュレーションによる妥当性検証を、外受容感覚(視覚)と固有感覚を統合した確率的潜在表現の獲得学習課題に拡張することを試みた。

課題推進者:山下祐一(国立精神・神経医療研究センター)

(3) 研究開発項目 3:スマートロボットの福祉・医療への展開技術の構築

研究開発課題1:福祉・医療現場に導入可能なロボットの設計とシステム構築と実用化

当該年度実施内容:(当該課題は令和4年9月に正宗 PI の課題と分割されたが、それまでは分割された正宗 PI 担当の2つのサブテーマについても実施。ここでは重複を避けるため、分割した上記マイルストーンに記載の2つのサブテーマについてのみ記載。)

(1)5R(正しい;患者, 薬剤, 用量, 用法, 時間)を担保し、与薬・薬管理が可能なインテリジェントカートの開発

医療現場や介護現場における薬剤管理状況や服薬インシデントなどを調査し、システムに求められるニーズステートメントの抽出を行った。ここでは、看護師・家族などの立場からステートメントに着目し、優先順位の高いステートメントからシステム要件の抽出や機能開発に着手した。

(2) シームレスな健康モニタリングを実現する情報基盤システムの開発

介護老人保健施設 遊において介護士や被介護者を対象に生体情報を計測・管理するシステム及び環境構築を行なった。

課題推進者: 村垣善浩(神戸大学)

研究開発課題 2: 福祉・医療ロボット設計と福祉・医療応用の品質保証・国際標準化

当該年度実施内容:

(1) 福祉・医療ロボットの品質保証・国際標準化を目的とした支援シナリオの作成および AIREC が実現する機能に基づいた標準化対象の決定と委員会の発足:

介護施設に設置したビデオを検証し、AIREC にて支援が想定される内容についてリストアップした。その結果から、非接触による支援と、弱い継続的に接触する支援に着目した。特に、弱い接触支援については、ロボットによる超音波操作を対象とし「超音波画像診断ロボットのガイドライン」準備会を発足した。

(2) 福祉・医療現場においてスマートロボット AIREC が支援をすることを想定し、現場実証に有効なデータの収集方法の検討:

実際の介護医療現場における、サービスロボットの安全性・有効性検証のためのデータ収集手法の検討として、3点実施した。①被介護者および介護者の行動分析が可能な、LiDAR を用いた位置検知システムを介護施設「遊」に設置し、データ収集を開始。②接触した支援としての超音波操作機能の AIREC への実装と操作力による画質評価、③多機能ハンドの評価の一環として、ハイドロゲルによるハンドの材料力学特性と接着力の評価。

課題推進者: 小林英津子(東京大学)

研究開発課題 3: 福祉・医療ロボット設計と福祉・医療応用のリスクマネジメント

当該年度実施内容:

スマートロボット AIREC 導入による検証に向け、令和 3 年度に東京女子医科大学を中心に、東京大学、東京電機大学が連携して実施した医療現場での既存ロボティクスを用いた実証実験やこれまでに作成した介護現場でのリスクリストおよびリスクリストから抽出した環境・受益者依存リスクに基づき、検証における評価項目を整理した。また、実環境での環境や受益者依存リスク抽出のための要素技術研究として、東京女子医科大学、東京大学、早稲田大学と連携し、リスクマネジメントに加え標準化を意識しつつ、受益者の動作の解析や、対象の形状・対象に加わる力などの対象との接触状態を評価する手法について

研究を行った。さらには、令和3年度に作成した妊婦の保健指導タスクの作業範囲案に沿って、スマートロボット AIREC の自律レベルに着目し、リスクリストを作成した。

課題推進者: 桑名健太(東京電機大学)

研究開発課題 4: 福祉・医療現場に導入可能なロボットハンドシステムの構築と実用化

当該年度実施内容:

手当を可能とするハンドの開発のため、皮膚科医師の触診動作の分析とロボットハンドの要求機能の検討を行い、指先反力などを工学的に解析することで医師からのヒアリングとは異なる5分類であることを明らかにした。また、体性感覚センサのウェット化へのステップとして視診と触診が可能なセミドライ体性感覚センサの試作、自己修復ゲル素材によるセンサ皮膚および痛覚センサ機構の原理検証、皮膚疾患を模したファントムの試作と触覚共有グローブの要素検討、超触診面に搭載するセンサ候補の調査を実施した。

ヒアリングによる診療科別のニーズ抽出と医師らによる評価では、皮膚科医師の触診判断の調査により触診で重視されるやわらかさ5段階および表面特徴3種類に属するベンチマーク材質を皮膚科医に対して横断的に調査して従来は得られていなかった統一見解の抽出をおこなった。また、得られた触診ベンチマーク材質の柔らかさ・表面特徴を教師データとして用いることにより、皮膚科医師の触診判断を再現可能な AI を、ベンチマーク材質への体性感覚センサによる押し込みや振動伝搬により取得した触覚波形により分類・再現可能なことを示した。また、触診と親和性の高い診療科の調査を追加実施した。

課題推進者: 岩田浩康(早稲田大学)

研究開発課題 5: 福祉・医療現場に導入可能なスマートロボットの機能強化と実装評価

当該年度実施内容:(当該課題は令和4年9月に村垣 SPM の課題から分割されたが、それまでは分割された村垣 SPM 担当の2つのサブテーマについても共同で実施。ここでは重複を避けるため、分割した上記マイルストーンに記載の2つのサブテーマについてのみ記載。)

(1) 検査・施設案内が可能なスマートロボット AIREC の開発

AIREC が令和5年度以降に医療現場や介護現場で施設案内や健診・治療説明などのコミュニケーションを実現するために、既に製品化されているロボットを活用した実証実験を実施すべくロボットのシステムインテグレーションを実施した。

(2) 食事介助・口腔ケア・清拭・エコー操作・器械出しが可能なユニバーサルロボットハンドの開発

ドライ AIREC による超音波診断装置のプロープ操作デモンストレーションを実施した。また AIREC の介護支援仕様を検討するために既存ロボットを用いて実験室、および介護現場での実証実験を行うべく、介護現場での現地調査・ヒアリング及び資料調査を実施し、食事介助・院内案内・口腔ケア等の課題を抽出した。

課題推進者: 正宗 賢(東京女子医科大学)

(4) 研究開発項目4: スマートロボットの実用化方策

研究開発課題1: ELSI の視点からの AI ロボットのニーズおよび社会受容性の国際評価

当該年度実施内容:

倫理的・法的・社会的な課題(ELSI)の視点から世界に通用する AI ロボットの社会実装を実現するための要件を明らかにすべく、(1)社会的課題について、昨年度までに得られた日英米の社会調査データを分析し、AIREC 設計への反映に向けた提案を作成した。また、さらなる分析に先立ち、本定量調査データの信頼性を再検討し、特にサンプリングに関する留意点と限界を明らかにする作業を進めた。また、(2)倫理的課題と法的課題についても検討し、AIREC に特化した倫理基本方針案を作成するとともに、より一般的なスマートロボット開発原則に向けた基礎的研究を進めた。

課題推進者: 高橋利枝(早稲田大学)

3. 当該年度の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

PM 支援:

本プロジェクトは早稲田大学次世代ロボット研究機構が受入窓口となるが、早稲田大学では大型予算を受け入れた際の研究支援組織として実務経験が豊富なスタッフが揃っている研究戦略部門が設置されており、その部門と機構とが協働し、予算管理、研究実施場所の管理、人事などの事務処理を行い、さらに本プロジェクトの研究マネジメント支援や事務的支援を専従で行う PM 支援室を設置することにより、PM を補佐する体制を構築している。令和4年度も引き続きこの体制で PM を支援し、各種会議体の開催、予算管理、PJ 全体の報告書のとりまとめなど、潤滑な PJ 運営を行った。

運営会議・進捗管理:

下記のような会議体開催により PJ 全体の研究進捗状況の把握を行った。また、研究開発項目3においては、月2回程度の定例会議(原則オンライン開催)を行っており、その会議に参加することにより進捗状況の把握や PM サイドからの情報提供を行い、適切な情報共有に努めた。

1) プロジェクト内報告会

令和4年6月4日(土)に、早稲田大学 121 号館地下会議室において、ムーンショット AIREC プロジェクト内報告会を開催した。会議はオンライン併用の形態にて、PI から

PM に対して R3 年度研究成果と R4 年度研究計画について報告する形態にて実施した(オンラインを含め、参加者数約 30 名)。

2) PM 報告会

令和4年10月13日(木)と19日(水)に、早稲田大学西早稲田キャンパス会議室および早稲田大学 121 号館地下会議室において、下記プロジェクト会議に先駆けて、今年度の研究開発進捗状況に関する PM 報告会を開催した。会議はオンライン併用の形態にて、実施した(参加者数約 15 名)。

3) プロジェクト会議

令和4年10月21日(金)に、早稲田大学西早稲田キャンパス会議室において、ムーンショット AIREC プロジェクト会議を開催した。会議はオンライン併用の形態にて、PJ 関係者に加えて、福田 PD、橋本 SPD、久保田 SPD、石塚 AD、奥乃 AD、塩沢 AD、JST 関係者同席の下、実施した(参加者数約 40 名)。

4) 中間評価デモンストレーションに関する PJ 内会議

令和5年3月29日(水)に、早稲田大学 121 号館地下会議室において、令和 5 年 7 月に開催される中間評価報告会&デモンストレーションに関して、PJ 内会議を開催した。会議は対面とオンライン併用の形態にて、各 PI から予定しているデモンストレーション内容に関する報告とそれに関するディスカッションを実施した(参加者数約 35 名)。

施設設置支援:

令和4年10月に、第2期評価実験施設として、早稲田大学 120-5 号館3F に、病院、カフェを模擬した評価実験室を設置した。既にこの評価実験室を活用して各種ロボット実験を行っており、令和5年7月に予定している中間評価報告会におけるデモンストレーションの半分は、この実験室で行う予定である。

競争・協働:

令和4年度より、計算コストや省エネ性能向上を実現し、より実用的なロボットに仕上げることを目指して、AI 用の低消費電力チップ開発に関する研究開発に関する課題推進者として、早大木村教授に参画いただいた。さらに、医療用ハンドに関する研究開発加速として、早大岩田教授に参画いただいた。加えて、令和4年9月の村垣 SPM の神戸大学への異動に伴い、村垣 SPM の担当研究開発課題を分割し、東京女子医科大学の正宗教授に課題推進者として参画いただいた。このように、必要に応じて研究開発体制を強化し、目標達成を目指した体制整備に取り組んでいる。

また、今年度ムーンショット目標3の PM 追加公募で採択された理研大武美保子 PM とは、菅野 PM、尾形 SPM などとの研究ディスカッションを適宜行い、マイルストーン策定に関する助言、AI 研究の進め方や AIREC ハードウェアの共通プラットフォーム活用に関する議論、評価実験室見学など、連携しつつ適宜相談しながら進めている。令和5年度秋頃には大武 PJ 用の Dry-AIREC が納品予定であり、対話を交えた介護動作に関する研究を加速する予

定である。さらに、同じく目標3の PM 追加公募で採択された森島 PM の PJ に関しては、ナニヤン工科大学の佐藤先生と生物サイボーグを使った人・AI ロボットが必要とする環境情報(例えば、住まいの外の安全性など) 収集に関するディスカッションを行った。

研究資金の効率的運用:

令和5年度の研究予算については、菅野 PM、尾形 SPM、村垣 SPM、正宗 SPM、高橋 SPM の予算を当初の計画額から効率化し、ロボットへの AI 実装を加速するための Dry-AIREC3台、遠隔操縦装置2台の加速予算配分に対応した。

(2) 研究成果の展開

知財・事業:

本格的な産業界との連携・橋渡しはこれからであるが、(株)日立製作所が共同研究先(尾形 PI)としての参加について継続的に検討している。また、これまで早大とNDAを締結し共同研究に関する議論を進めていた矢崎総業(株)とロボットマニピュレーション技術の産業応用(自動車ハーネスのハンドリング作業など)に関する共同研究を開始する予定である。本 PJ との関連が深くなった段階で、プロジェクト参画についても検討予定である。このような産学連携に関して徐々に進めている。

また、ロボット皮膚等に応用可能なハイドロゲル等に関する特許申請2件を進めており(正宗 PI)、今後もハードウェア関連技術を中心に積極的に特許化を進める予定である。

調査:

高橋 SPM の取組において、AI ロボットに関する日米欧の国際調査を実施し、その分析が進んでいる。

展示:

・IROS2022

2022/10/23-27 に開催された IROS2022 において、ムーンショット目標3に関するフォーラム(Big Challenge Forum)を尾形 PI が中心となって開催した。デモブースを併設し、目標3の4つの PJ のデモンストレーションを他の PM と協議しながら実施した。



IROS2022 におけるブースデモの様子

国際連携:

A) アランチューリングインスティテュート(英国)

AIREC プロジェクトの AI 研究に関する国際連携先として、アランチューリングインスティテュートとMOU 締結した(2022/11/14(月)に調印式を実施)。既に早大の博士課程の学生が先方に研究滞在しており、このような人的交流のみならず、AIREC の海外実証活用などを見据えて先方との協議を進めている。

B) ミュンヘン工科大学(ドイツ)

同じく AI 研究に関する連携先として、ミュンヘン工科大学のゴードン チェン教授と研究交流を行っている。先方の学生が約2カ月間研究滞在し、AIREC による洗濯物の折り畳みタスクに関する研究を実施した。

C) ケンブリッジ大学(英国)

高橋 PI の ELSI に関して、海外調査研究(質問紙調査、調査票調査)を、ケンブリッジ大学と連携して実施した。

D) スタンフォード大学(米国)

同じく、高橋 PI の ELSI に関する海外調査研究(質問紙調査、調査票調査)を、スタンフォード大と連携して実施した。

(3) 広報、アウトリーチ

A) ホームページ更新

AIREC プロジェクトのホームページ(<https://www.waseda.jp/airec/>)を随時更新している。ニュースにおいて各種講演会や AIREC 試作機のデモ動画、ロゴマーク制作、市民公開講座などの新着情報を掲載し、プロジェクト成果などを発信している。また、研究成果情報(論文、口頭発表等)についても研究カテゴリー別に整理し、情報については定

期的に更新している。さらに、今年度の PI 追加(早大木村教授、早大岩田教授、東京女子医大正宗教授)などの体制変更にも対応した。

B) パンフレット更新

AIREC プロジェクトのパンフレットを作成し、見学者等へのアピールに活用している。上記の HP 同様、研究体制の変更、図・写真のアップデートなど、随時更新している。

C) ロゴマーク制作

AIREC プロジェクトのロゴマーク、ロゴ動画を作成し、プレゼンテーション等で活用している。

D) プロモーション動画制作

AIREC プロジェクトで取り組んでいる研究開発の将来イメージを訴求するため、プロモーション動画制作中。2030 年以降の具体的な AIREC 活用イメージ(家事、介護、医療)を3D の CG により表現する内容で制作を進めている。完成次第、各種プレゼンテーションでの使用、HP への掲載等を行い、アウトリーチ活動で活用予定である。

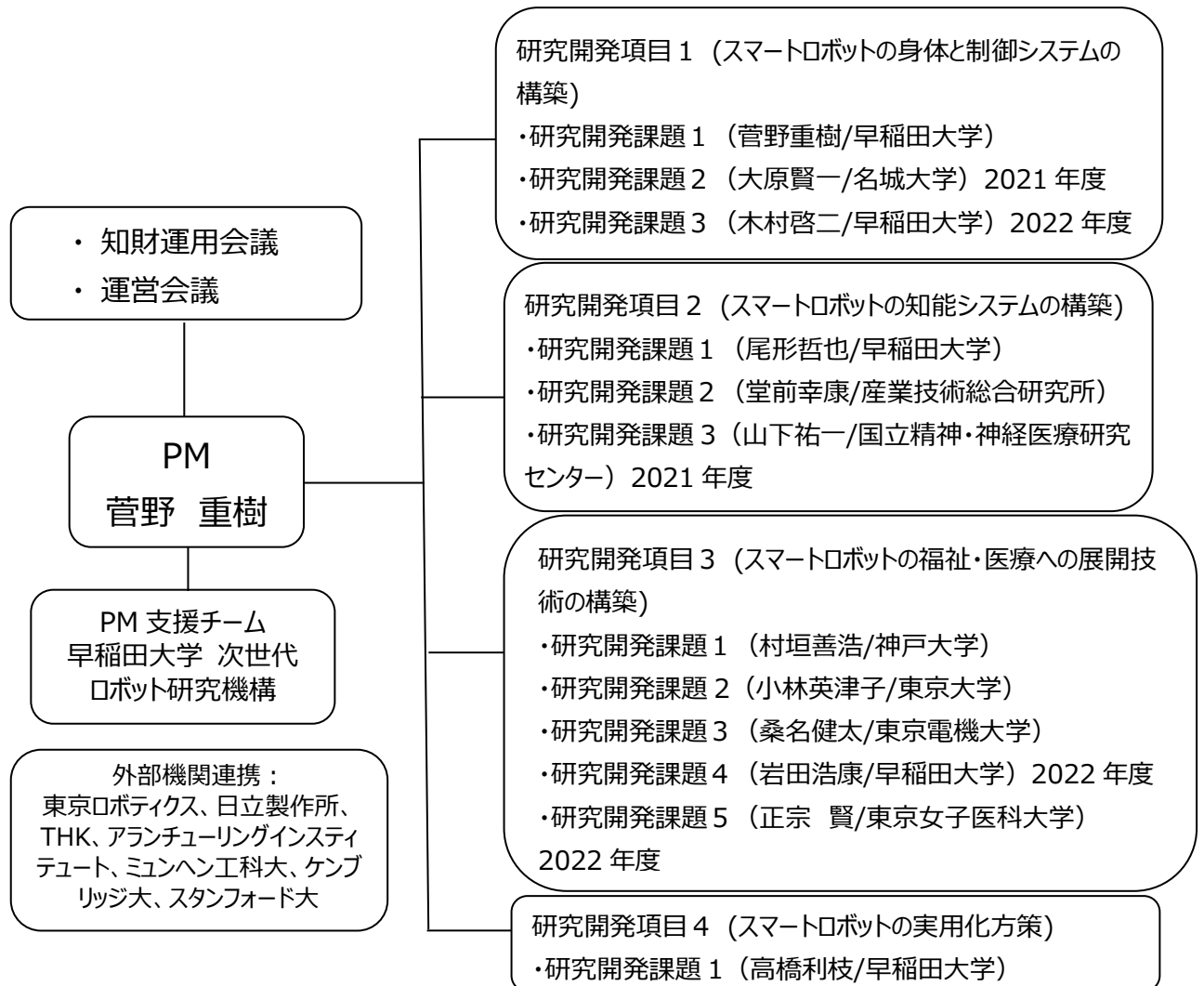
E) 市民公開講座

2022/6/11(土)に開催された CARS2022 市民公開講座(主催:CARS2022、日本学術会議、JST)において、福田 PD、菅野 PM、平田 PM、原田 PM によるムーンショット目標3の研究紹介とパネルディスカッションを、東京女子医大のメンバーを中心に企画・実施した。

(4) データマネジメントに関する取り組み

プロトタイプロボットの Dry-AIREC 第1号機が3台(菅野 PM、尾形 PI、村垣 PI)、第2号機が1台(菅野 PM)稼働しており、早大内に設置した評価実験室(一般住居、病院、カフェを模擬)等において、AI 技術実装による各種実験を実施している。このように各種作業(家事、介護、医療等)に関する実験が本格化しつつあるが、現在は個別のデータ収集に留まっている。今後はクラウド上で組織化、構造化された各種データを研究者間で迅速に情報共有すると共に、セキュアな環境下で保管・管理を行う予定である。なお、上記のような AIREC 学習用データ及び学習済みモデル(菅野 PM、尾形 SPM)、ロボット制御プログラム(大原 PI)、社会受容性評価調査データ(高橋 SPM)、については、現在は非共有・公開であるが、今後共有・公開を図る予定である。

4. 当該年度の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：早稲田大学、神戸大学、東京女子医科大学、名城大学、産業技術総合研究所、国立精神・神経医療研究センター、東京大学、東京電機大学、研究プロジェクト遂行に関与する企業等
- ・ 実施内容：知財の発生は速やかに PM に報告するが、PM が必要と認めた際に知財運用会議を開催し、各研究開発課題遂行時に発生する知財の情報共有、特許申請、運用方法について検討する。

運営委員会 運営会議 分科会 実施内容

- ・ 研究プロジェクト全体の進捗管理のために、PM と研究開発項目代表者から構成する運営委員会を設置し、定期的に運営会議を開催する。
- ・ 研究開発項目（ロボットハードウェア、AI、福祉・医療、ELSI）に応じて分科会を設置する。分科会構成員は研究開発項目の課題推進者とし、代表者が分科会をまとめる。
- ・ 分科会代表者は、PM および PM 補佐と定期的に進捗確認・情報共有する。

5. 当該年度の成果データ集計

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	44	16	60
口頭発表	17	15	32
ポスター発表	9	5	14
合計	70	36	106

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	19	19
(うち、査読有)	0	19	19

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	6	0	6
書籍	2	1	3
その他	0	0	0
合計	8	1	9

受賞件数		
国内	国際	総数
7	5	12

プレスリリース件数
0

報道件数
15

ワークショップ等、アウトリーチ件数
4