



## 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

## 2023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



## 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

ドライ型スマートロボット試作機であるAIRECプリプロトタイプ(Dry-AIREC)により、人とのインタラクションを含む各種動作を実現するとともに、直動式油圧アクチュエータ型上半身システムの製作、回転型油圧式ハンドの一次試作機の設計製作を行った。人工循環系による物質供給系については、ハイドロゲル内の流路製作、刺激に応じて変形する人工血小板を作製し、伸縮性センサについては、液状のシリコンゴムタイプと伸縮性の布に導電糸を縫うタイプの2種類を作製した。

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、視覚・力覚を用いた、柔軟物物体のハンドリング、多指ハンドによる物体ハンドリング、学習済言語モデルの対話による環境認識、シミュレーション上での経験に基づいた力の分布を視覚的に想起する手法などの研究開発により、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、介護老人保健施設等において生体情報を取得し、SDM形式で保存・管理する仕組みの構築、AIRECによる案内・誘導業務の病院施設での実証実験、超音波プローブ制御用ロボットハンドの開発評価など、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、社会調査結果の再分析、「スマートロボット開発原則案」、「法的課題レポート」、「倫理的リスクアセスメント」の作成などを実施した。

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

Dry-AIRECについては、人の状態に応じ接触点や関節の固さを適応調整する動作などを開発することにより、体位変換支援動作等を実現した。さらに、片手10自由度から構成される電動多指ハンドを試作し、Dry-AIRECに搭載することで、ハンガー掛けや人の立ち上がり支援動作を実現した。

直動式油圧アクチュエータ型上半身システムの製作を完了し、最悪姿勢時でも27.5kgを保持できることや人から加えられた外力によって関節が適切にならうことを確認した。回転型

油圧式ハンドの一次試作機的设计製作を行い、1指で6kgの重りを保持することを確認した。

人工循環系による物質供給系については、ハイドロゲル内の流路やカプセル(人工血小板)の型を製作し、その型内で刺激応答性ハイドロゲルを重合することで、刺激に応じて変形する人工血小板を作製した。

伸縮性センサについては、巻線機で製作したコイルを4本作製し、液状のシリコーンゴムを流し込み硬化させることで弾性を持たせたものと伸縮性の布に導電糸を縫うことにより薄さと伸縮性を持たせたものの2つを作製した。

ミドルウェアプラットフォームにより、異種ロボット間での深層予測学習の適用を行い、多様な条件下における評価を行った。バイタルデータを活用した日常的な健康モニタリングに関するシステム構築を行った。異種ロボット連携フレームワークについて改良を進め、オープンソースソフトウェアとしてGithubに公開を行った。

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、基本構成の設計と検証を進め、その情報に基づき実チップの製造を行った。さらに、FPGA上の設計検証兼予備評価環境と組み合わせて動作する、実チップ搭載評価ボードを開発・製造した。

## 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。具体的には視覚・力覚を用いた柔軟物物体のハンドリング、多指ハンドによる物体ハンドリング、学習済言語モデルの対話による環境認識などを実施した。

シミュレーション上での経験に基づき、力の分布を視覚的に想起する手法について、重なった商品群から指定した商品をロボットにより取り出す際、より周辺の商品に影響を与えない丁寧な取り出し方ができることを確認した。さらに、産総研のコンビニ模擬環境で形状の異なる複数商品の把持などに成功した。視覚と力の可視化情報から、ロボットの動作を直接生成する深層学習手法を構築した。

引き続き、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。V-RNNを用いたシミュレーションによる妥当性検証をロボット実験から得られる視覚・関節固有感覚など2つ以上のモダリティデータに適用し、従来のMTRNNに対して学習効率を定量的に評価した。

## 3) スマートロボットの福祉・医療への展開技術の構築

医療現場や介護現場における与薬のニーズステートメントをもとに、5Rのうち3パラメータを認識できる機能を開発した。また、服薬状況を検知する機能の開発に向けて、検知手法のベンチマークを開始した。介護老人保健施設 遊や関連施設において、生体情報を取得し、SDM形式で保存・管理する仕組みを構築した。

介護施設において、接触支援におけるデータ収集として、仰臥位から側臥位への体位変換データを取得した。介護士と被介護者の相対的な動作をRGBDカメラにて計測、被介護者の体形をモデル化し、被介護者の体形変化にも対応可能な体位変換軌跡を求める手法を提案した。

昨年度発足した「超音波画像診断ロボットのガイドライン」準備会の議論を経て、ロボット学会にて「医療機器を搭載した汎用ロボットに関する研究専門委員会」を立ち上げた。また、

本ガイドラインに有効な超音波操作における操作力と画質の関係評価を東京女子医科大学と協力して実施した。

スマートロボット AIREC を介護老人保健施設に導入し、東京女子医科大学・東京大学・神戸大学・東京電機大学が連携し、環境・受益者依存リスクに関する検証を開始した。受益者依存性の確認のため、スマートロボット AIREC と高齢者とのコミュニケーションに着目し、健康成人と高齢者のスマートロボット AIREC に対する反応の違いを観察した。また、スマートロボット AIREC での超音波プローブ操作による超音波画像撮像に向け、超音波プローブ走査時にプローブに加わる力計測用センサモジュールの開発を行った。

AIREC への搭載を見据えた超触診ハンド、視触覚センサの研究開発として、皮膚科における触察所作 5 種(「押す」「さする」「こねる」「なでる」等)を再現可能な 2 指ハンド機構の開発と検証、セミウェット視触覚センサの原理検証などを行った。

触診 AI のためのデータセットを構築し、患部の柔らかさ 5 段階(軟、弾性軟、弾性硬、軟骨様硬、骨様硬)・表面特徴 3 種(緊張性、波動性、脆さ)の触察判断が可能なドライ/セミウェットセンサ向け AI の原理検証を実施した。

スマートロボット AIREC に搭載する機能 4 種類を実装し、病院を模擬した空間での案内・誘導業務を行い、進捗状況に応じて病院施設での実証実験も行った。ロボットベッド(手術台)との機能連携を進めるべく、本年度はパワーアシスト機能を試作した。

ロボットによる超音波画像診断を実施するために、AIREC の遠隔制御機能の基盤構築、超音波プローブ制御用ロボットハンドの開発評価、および超音波プローブ操作のデジタイズ化を実施した。併せてドライウェットハイブリッドの実現のための自己修復材料の開発を実施した。

#### 4) スマートロボットの実用化方策

これまでに実施した社会調査結果の再分析、及び倫理的・法的課題についての研究に基づいた「スマートロボット開発原則案」を作成した。さらに、「法的課題レポート」と「倫理的リスクアセスメント」を作成し、これを利用しながら AIREC 開発に係る他の 3 つの研究項目と協力して、AIREC の設計および社会実装の方策への反映を進めた。

### (3) プロジェクトマネジメントの実施状況

中間評価報告会やデモンストレーションの実施、各種 PJ 内会議の開催、AIREC の産業応用に向けた民間企業との調整、次年度 3 名の PI 追加に係る各種調整、大学見本市や国際ロボット展におけるブースデモ実施、プロモーション動画制作など、体制強化や会議開催、広報活動など、必要なプロジェクトマネジメントを潤滑に推進した。

## 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:

AIREC プリプロトタイプ (Dry-AIREC) については、人の状態に応じ接触点や関節の固さを適応調整する動作などを開発することにより、動的にタスクが発生

する状況において、ロボットが人の動作に応じてタスクの受け渡しを実現できることを確認した。また、マルチモーダルな情報を活用し、視覚と関節状態それぞれの情報に注意機構を設けることで、体位変換支援動作を実現した。さらに、片手 10 自由度から構成される電動多指ハンドを試作し、Dry-AIREC に搭載することで、ハンドの操作を伴う家庭内のタスクに関する実験を行った。具体的には、ハンガー掛けや人の立ち上がり支援において、対象物の形状に沿って適切に把持することができた。

直動式油圧アクチュエータ型上半身システムについては製作を完了し、可搬重量を測定した結果、最悪姿勢時でも 27.5kg を保持できることを確認した。さらに、力追従制御を実装することで、人から加えられた外力によって関節が適切にならうことを確認した。

回転型油圧式ハンドについては、一次試作機の設計製作を行い、1指で6kgの重りを保持できることを確認した。また、一部 MRF 化を進めた。

人工循環系による物質供給系については、恒温槽にハイドロゲルを入れ低融点金属を溶かした後、ポンプを駆動することで低融点金属を吸い出し、その後、壁面に残留した低融点金属を除去する手法で、ハイドロゲル内に流路を作製した。また、グレースケールリソグラフィにより製作したパターンを PDMS (ポリジメチルシロキサン) に転写することでカプセル (人工血小板) の型を製作し、その型内で刺激応答性ハイドロゲルを重合することで、刺激に応じて変形する人工血小板を作製した。

伸縮性センサについては、巻線機で製作したコイルを 4 本作製し、液状のシリコーンゴムを流し込み硬化させることで弾性を持たせたものと伸縮性の布に導電糸を縫うことにより薄さと伸縮性を持たせたものの 2 つを作製した。さらに、伸縮布+導電糸を用いた伸縮配線にシリコーンゴムを用いたウェットセンサを導入することでロボットの被覆が可能となり、なおかつ自己修復機能を持った液体を導入しても正確なセンシングを実現できる構造を提示した。

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:

Dry-AIREC に加え MikataArm においても深層予測学習の適用を行い、多様な条件下における評価を行うとともに、シミュレーション環境における学習結果の実ロボットを用いた検証を行った。バイタルデータを活用した日常的な健康モニタリングの実現のため、神戸大学と連携してシステム構築を行った。異種ロボット連携フレームワークについて改良を進め、オープンソースソフトウェアとして Github に公開を行った。

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 5 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、それまで開発した基本構成の設計と検証を進め、その情報に基づき実チップの製造を行った。さらに、同じくこれまでに開発した FPGA 上の設計検証兼予備評価環境と組み合わせて動作する、実チップ搭載評価ボードを開発・製造した。設計した AI アクセラレータプロセッサチップの予備評価を FPGA 上に構築した設計検証兼評価環境上で実施した。

AI アクセラレータプロセッサチップの設計と並行して、これを制御するソフトウェアツールチェーンの開発も進めた。本ツールチェーンは、深層学習モデルを C プログラムに変換する TVM、生成された C プログラムを並列化やメモリ最適化等の最適化を行う OSCAR コンパイラ、最適化後のコードから実行バイナリを生成する Clang/LLVM コンパイラから構成される。令和 5 年度は、本プロジェクトで拡張した TVM と OSCAR コンパイラの組み合わせにより実用的な深層学習モデルが、開発 AI チップアクセラレータ構成に近似しているベクトルマルチコア上で約 31 倍等の高い性能が得られることを示した。また、OSCAR コンパイラのメモリ最適化機能の開発により、画像認識用深層学習処理の主要計算である畳み込み演算の開発 AI チップマルチコア用メモリ管理の基本機能を実装し評価した。さらに、Clang/LLVM を開発 AI チップアクセラレータ用に拡張した。また、上記ソフトウェアツールチェーンが生成したコードを開発 AI チップアクセラレータ上で動作させるためのモニタプログラムを開発した。さらに、尾形 PI グループで開発した深層予測学習処理の開発 AI アクセラレータチップ上での動作を目指し、その解析と高速化を実施し、予備評価として組み込み GPU 環境上で性能評価を実施し、高速化によりオリジナルに対して約 2 倍等の性能向上を得た。

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。具体的には視覚・力覚を用いた、柔軟物物体のハンドリング、多指ハンドによる物体ハンドリング、学習済言語モデルの対話による環境認識などを実施した。

###### (1)衣類のハンドリング

マルチモーダル情報を扱う奥行きを考慮したモデルによる柔軟物操作の精度向上を目指して、学習の偏りを抑える階層型 RNN に視差を左右の注意点の位置の違いとして表現

するモデルを組み込んだ動作生成モデルを提案し、ハンガーにスーツを掛けるタスクにより有効性を検証した。

#### (2) 人型ロボットによる注意機構を用いた調理タスク

長期的なタスクを短期的なサブゴールに分解する手法について、ピザの切断と並べ替え、パスタとスープを注いだりかき混ぜたりする調理作業タスクにより有効性検証を行った。

#### (3) 多指ハンドによる操り

約 400 点の 3 軸触覚センサを搭載した多指ロボットハンドと深層予測モデルによる制御方法を用い、人間の繊細な操り動作の一つである触覚を頼りとしたキャップ開け動作をロボットによって実現した。

#### (4) LLM のロボット対話利用

人間と LLM 間での”対話”を通じてタスクに対する情報量を増やし、特に有効な言語情報を抜き出すことで環境認識に活用する手法を提案し、キッチンの冷蔵庫から牛乳パックを取り出すタスクにより、その有効性を確認した。

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:

シミュレーション上での経験に基づき、力の分布を視覚的に想起する手法について、物体の接触状態が面接触であるか、点接触であるかの違いを考慮することで、より現実に近い力分布の可視化をすることを試みた。重なった商品群から、指定した商品をロボットにより取り出す際、より周辺の商品に影響を与えない丁寧な取り出し方ができるかを、操作中の周辺物体の移動量に基づき評価したところ、提案手法は多くのシーンで、より少ない周辺物体の移動量を実現することが確認できた。さらに、産総研のコンビニ模擬環境で形状の異なる複数商品の把持、および AIREC 頭部のセンサからの物体姿勢推定に基づき、日用品を把持することに成功した。視覚と力の可視化情報から、ロボットの動作を直接生成する深層学習手法を構築した。

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、V-RNN を用いたシミュレーションによる妥当性検証をロボット実験から得られる視覚・関節固有感覚など 2 つ以上のモダリティデータに適用し、従来の MTRNN に対して学習効率を定量的に評価することを試みた。

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:

(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与薬のニーズステートメントをもとに、薬を渡す手法を探索する。特に、5Rのうち3パラメータを認識できる機能を開発した。また、服薬状況を検知する機能の開発に向けて、検知手法のベンチマークを開始した。

(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 遊や関連施設において前年度に検証したシステムを用いて生体情報を取得し、SDM形式で保存・管理する仕組みを構築した。デバイスやセンサを用いて計測した健康情報(体温、脈拍、血圧、SpO2)を、ミドルウェアを介してAIRECと連携する手法の構築と、AIRECがAI等を活用し人間の腕や指を認識し、生体情報をセンシングする手法の検討を実施した。

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)データ収集と解析については、介護施設において、非接触支援におけるデータ収集を東京電機大学と協力して行った。また、接触支援におけるデータ収集として、仰臥位から側臥位への体位変換データを取得した。介護士と被介護者の相対的な動作をRGBDカメラにて計測、被介護者の体形をモデル化し、被介護者の体形変化にも対応可能な体位変換軌跡を求める手法を提案した。高機能ハンドの把持機能向上と心地の良い支援を目指し、接着力を持つハンドの開発を最終目的とし、ハイドロゲルの粘弾性特性と接着力の関係評価を前年度に引き続き実施した。

(2)生活支援・介護ロボットの品質保証・国際標準化に関しては、昨年度発足した「超音波画像診断ロボットのガイドライン」準備会の議論を経て、ロボット学会にて「医療機器を搭載した汎用ロボットに関する研究専門委員会」を立ち上げた。開始点として、超音波画像診断機器操作ロボットをターゲットとし議論することとした。今年度は項目案を作成し、詳細の議論を次年度以降実施することとした。また、本ガイドラインに有効な超音波操作における操作力と画質の関係評価を東京女子医科大学と協力して実施した。



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:

当該年度は、これまでのリスク評価で課題となっている環境・受益者依存リスクに関する実証のため、スマートロボット AIREC を介護老人保健施設に導入し、東京女子医科大学・東京大学・神戸大学・東京電機大学が連携し、検証を開始した。受益者依存性の確認のため、スマートロボット AIREC と高齢者とのコミュニケーションに着目し、健康成人と高齢者のスマートロボット AIREC に対する反応の違いを観察した。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、これまで進めてきたスマートロボット AIREC に搭載されたカメラと環境に設置されたセンサからの受益者の運動機能評価や、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の研究を進めるとともに、スマートロボット AIREC での超音波プローブ操作による超音波画像撮像に向け、超音波プローブ走査時にプローブに加わる力計測用センサモジュールの開発を行った。

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:

1) AIREC への搭載を見据えた超触診ハンド、および搭載を見据えた視触覚センサの研究開発として下記を実施した。

- a) 皮膚科における触察所作 5 種(「押す」「さする」「こねる」「なでる」等)を再現可能な 2 指ハンド機構の開発と検証
- b) セミウェット視触覚センサの原理検証
- c) セミウェットからウェット化へ必要な要求の検証

2) 皮膚科医師の触診判断をリアルタイム動作で再現可能な AI 触診システムの開発を継続し、原理検証を実施した。

- a) ドライセンサむけ/セミウェットセンサむけの触診 AI のためのデータセットを構築し、患部の柔らかさ 5 段階(軟、弾性軟、弾性硬、軟骨様硬、骨様硬)・表面特徴 3 種(緊張性、波動性、脆さ)の触察判断が可能なドライ/セミウェットセンサ向け AI の原理検証
- b) 触診に必要な柔らかさや温度を設定可能な触診ファントムを試作し、皮膚科における触察の再現条件を検証

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：

(1) 検査・施設案内が可能なスマートロボット AIREC の開発

スマートロボット AIREC に搭載する機能4種類を実装し、病院を模擬した空間での案内・誘導業務を行い、進捗状況に応じて病院施設での実証実験も行った。また、機能連携として、ロボットベッド(手術台)との機能連携を進めるべく、本年度はパワーアシスト機能を試作した。

(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

ロボットによる超音波画像診断を実施するために、AIREC の遠隔制御機能の基盤構築、超音波プローブ制御用ロボットハンドの開発評価、および超音波プローブ操作のデジタル化を実施した。併せてドライウェットハイブリッドの実現のための自己修復材料の開発を実施した。

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活用化方策

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検討しこれを AIREC に反映すべく、今年度はまず、(1)これまでに実施した社会調査結果の再分析及び倫理的・法的課題についての研究に基づいた「スマートロボット開発原則案」を作成した。さらに、(2)今後の研究をより効果的に推進するために、友枝 AD との議論により、「実践的課題・法的課題・理論的(原理的)課題」に取り組む 3 つの研究グループを組織した。また、(3)これらの研究に基づき「法的課題レポート」と「倫理的リスクアセスメント」を作成し、これを利用しながら AIREC 開発に係る他の研究課題チーム(課題 1~3)と協力して、AIREC の設計および社会実装の方策への反映を進めた。

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5年度も引き続きこの体制でPMを支援し、中間評価等に係る各種会議体やデモンストレーションの開催、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、中間成果報告やPJ全体の研究進捗状況の把握などを行った。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) ムーンショットAIREC 中間成果報告会&デモンストレーション

令和5年7月12日(水)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 中間成果報告会&デモンストレーションを開催した。会議はオンライン併用の形態にて、菅野 PM、Sub-PM、PI、PD、SPD、AD、外部評価委員、JST 関係者などが参加し、プロジェクト側からこれまでの研究成果について報告すると共に、120-5 号館の評価実験室においてロボットデモンストレーションや要素技術展示等を実施した(オンラインを含め、参加者数約 60 名)。

##### 2) 中間評価結果に基づいた加速予算に関する打ち合わせ

令和5年9月23日(土)に、早稲田大学 121 号館地下会議室において、中間評価結果に基づいた加速予算に関するPJ内打ち合わせを開催した。菅野 PM、全 SPM、PM 補佐が参加し、加速予算要求に関する方針についての議論を行った(参加者数 5 名)。

##### 3) 次年度研究計画報告会

令和6年1月13日(土)に、早稲田大学 121 号館地下会議室において、次年度研究計画報告会を開催した。会議はオンライン併用の形態にて、各 PI から PM に対して R6 年度研究計画と R5年度研究成果を報告する形態にて実施した。会議後には 120-5 号館3Fにて懇親昼食会を開催し、PJ内の交流を深めた(参加者数約 30 名)。

#### 競争・協働:

令和6年度より、特に研究開発項目3のAI研究を加速するため、北陸先端科学技術大学院大学の岡田准教授、エジンバラ大学のセトゥ教授、日立製作所の野口部長をPIとして参画いただくこととし、研究計画や予算の調整等を行った。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、昨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った。令和5年9月～11月にかけて、大武 PJ メンバーが 120-5 号館評価実験室に滞在し、Dry-AIREC を用いて会話や身振りの実装を行った。残念ながら大武PJはR5年度で終了となったが、研究成果まとめなどのため、一部の取り組みについては、R6年度も協働する予定である。

#### 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、中間評価結果を踏まえたJSTとの協議により、菅野PI、尾形PI、正宗PI予算が増額された。令和6年度の研究予算については、新規3名のPI参加に係る予算捻出のため、主に菅野PI、尾形PI、高橋PIの予算を当初の計画額から大きく効率化した。

## (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、尾形 PI と継続的に連携を行っていた(株)日立製作所が R6 年度から PI として参加することになった。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したが、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(正宗 PI)、特許出願を行った。

#### 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結果について、その分析を進めている。

#### 展示:

##### ・「大学見本市 2023～イノベーション・ジャパン」出展

令和5年8月24、25日に東京ビッグサイトにて開催された「大学見本市 2023～イノベーション・ジャパン」に Dry-AIREC を出展し、基本動作デモや来場者との触れ合うデモなどを実演するとともに、AI 技術を適用した各種実験動画などを紹介した。

##### ・「2023 国際ロボット展」出展

令和5年11月29日～12月2日に東京ビッグサイトにて開催された「2023 国際ロボット展」に Dry-AIREC を出展し、AI 技術を適用した各種実験(衣服を対象にした柔軟物ハンドリングなど)に関するデモを実施した。



2023 国際ロボット展におけるブースデモの様子

国際連携:

A) アランチャ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、アランチャ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、R6 年度からは Sethu 教授に PI として参画いただいた。AI 研究加速のみならず、AIREC の海外実証活用などを見据えて協働を行っている。

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。

C) ケンブリッジ大学(英国)、スタンフォード大学(米国)

高橋 PI の ELSI 研究に関して、継続的に情報交換を行っている。

(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://airec-waseda.jp/>)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、プロモーション動画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。

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、R6 年度からの3名の新規 PI 参画などの研究体制の変更、図・写真のアップデートなど、随時更新している。

### C) プロモーション動画制作

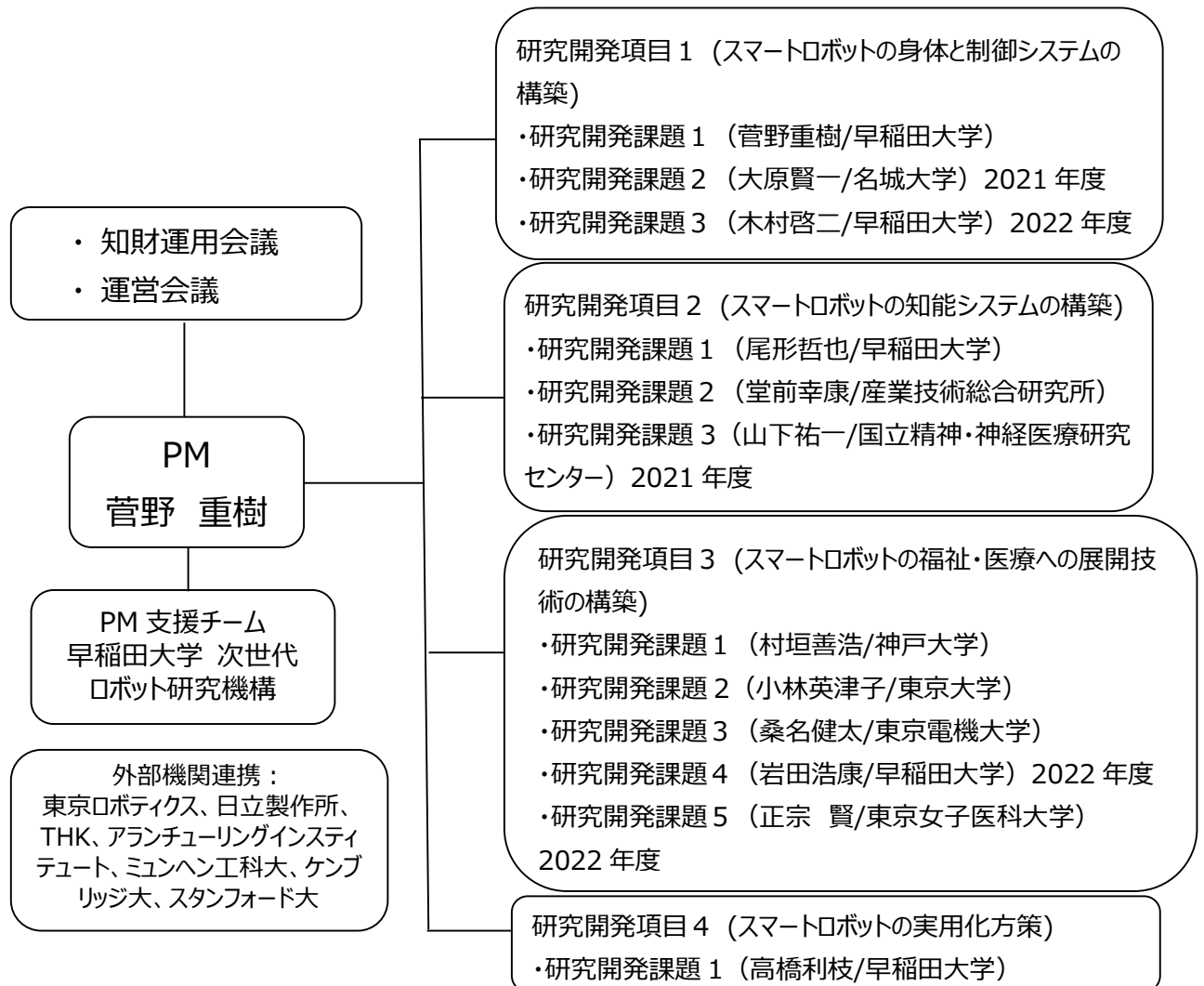
AIREC プロジェクトで取り組んでいる研究開発の将来イメージを訴求するため、プロモーション動画制作を行った。2030年以降の具体的なAIREC活用イメージ(家事、介護、医療)を3DのCGにより表現する内容であり、各種プレゼンテーションでの使用、HPへの掲載等を行い、アウトリーチ活動で活用している。

### (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。

さらに2023年6月28日に深層予測学習のオープンソースソフトウェア(OSS)であるEIPL(Embodied Intelligence with Deep Predictive Learning)を公開した。動作教示や前処理のノウハウを含め、データセット、ソースコード、学習済み重みを含んでいる。今後、ムーンショット開発モデルを順次公開する予定である。

#### 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	2	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	2	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	21	26	47
口頭発表	23	18	41
ポスター発表	11	3	14
合計	55	47	102

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	20	20
(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	2	2	4
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	2	2	4

受賞件数		
国内	国際	総数
1	0	1

プレスリリース件数
1

報道件数
23

ワークショップ等、アウトリーチ件数
10