



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

活力ある社会を創る適応自在

AIロボット群

平田 泰久

東北大学 大学院工学研究科



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

本研究プロジェクトでは、商業施設、文化施設、観光施設、スポーツ施設、介護施設、病院、保育施設等の様々な場所に AI ロボット群を配置し、個人の状態や目的に合わせて選択され、その形態・機能が変化し、ユーザの個人適応モデルが引き継がれ、どのロボットも個人にとって適切なふるまいを行うことで様々なサービスを提供することを目指す。本研究開発プロジェクトではこのような個人に適応してサービスを提供する AI ロボットを適応自在 AI ロボットと呼ぶ。適応自在 AI ロボット群によるサービスの提供により個人の自己効力感が向上し、誰もが主体的に社会参画できると感じ、自身の行動が変わることを 2050 年の目標としている。

(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

当該年度は研究開発項目1「人・ロボット共進化 AI 研究開発」にて、Robotic Nimbus を想定した柔軟性を持つロボットによる物理的な成功体験の創出のみならず、VR/AR 技術に基づく成功体験の創出を狙い、物理的支援と認知的支援の双方のアプローチを統合する枠組みを提案した。そして、各ユーザが主観的に感じているタスクの難易度に合わせて成功の確率を調整する枠組みを確立させ、今後の自己効力感向上アシスト技術構築の道筋をつけた。研究開発項目2「適応自在 AI ロボット研究開発」では、Robotic Nimbus コンセプトに基づいた様々なロボットハードウェアのプロトタイプの開発を行った。また、Robotic Nimbus への統合を想定した人の運動推定技術の開発を行い、介護現場で必要となる具体的な支援につながる要素技術を構築した。さらに、研究開発項目3「共進化 AI ロボット群社会実装」では、研究開発項目3にて構築されるデータセットを研究開発項目1と共有する枠組みや、研究開発項目2の適応自在 AI ロボット群の制御・運用方法等を検討することで、実証実験を想定した密な連携を行ってきた。

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

各種マネジメントに係る会議開催においては、Zoom 等で開催している会議が700 回を超えており特筆すべき状況である。ただし単に遠隔会議が多いというだけでなく、遠隔会議と対面での会議をうまく組み合わせることで、過去に経験のないメンバー間の密なコミュニケーションと相互理解ができており、それがプロジェクトの進捗につながっている。

産学連携にも力を入れており、20 以上の会社(福祉ロボット関係、センサ関係、基盤技術関係、住宅・施設関係、福祉用具関係、福祉事業者関係など)とコンタクトを取り、一部の会社とは連携に向けた協議を進めている。さらに、テクノロジーを活用した介護現場の課題解決策とより良い介護に関する介護研究の成果を東北から全国に発信することを目指し東北 Kaigo-Tech 実践研究会を組織した。国際連携では、フランス、カナダとの大学との共同研究を開始し、フランスの大学と障がい者・健常者問わず楽しめるインクルーシブ・ダンスプロジェクトを進めている。また、ヨーロッパに留まらず、カナダ、南アフリカ、南米の国々との連携も進んでいる。さらにスイスの大学とは、ライフログとロボット連携の国際標準化に向けた取り組みを行うとともに、WHO にも協力いただき、ロボット支援を想定した活動量評価指標の検討も開始した。特にスイスの研究者は課題推進者として当該年度

途中からプロジェクトに参画した。

アウトリーチ活動では、プレスリリースを積極的に行い、本成果に関する数多くの取材を受けた。また、ロボット系の学会での招待講演はもちろんのこと、介護系の学会、ELSI系の学会から招待講演を多数依頼されるなど、学際的な観点からプロジェクトが推進できている。データマネジメントのために研究機関を高速につなぐ VPN 整備が一部の機関間で完了し、今後のデータ共有・活用を加速させる体制を整えつつある。

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:人・ロボット共進化 AI 研究開発

研究開発課題1:成功体験マネージャー

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、様々な施設や生活環境等から得られるマルチモダリティデータセットを用いて人のふるまいを推定するユーザモデルを構築するとともに、ユーザの「やってみようと思う」感覚の推定や認知バイアスによる誤った主観的認識を推定する個人適応モデルの構築を行う。そして、ユーザの主観的な成功体験記憶を推定・モデル化し、成功体験が少ない場合には、過去の記憶を再生し、追加体験させることを目指す。

令和5年度(2023年度)では、二つの目標を設定した。一つ目は、Virtual Reality(VR)技術や、Augmented Reality(AR)技術と、Robotic Nimbus 技術を統合することにより、介護支援動作・日常生活動作における成功体験の創出をより効果的な物とすること。二つ目は、ユーザ個人の心身の状態を個別化されたユーザモデルで表現し、自己効力感を向上させるために適切なタスクの難易度や種類を選択可能となる方法論の確立である。その目的のため、以下の3つの研究開発項目を実施した。(1)VRによる成功体験創出システムと、Robotic Nimbus による力学的支援システムの統合による自己効力感向上システムのプロトタイプの開発、(2)成功体験モデルの深化による個人の心身の状態に沿った難易度調整法の確立、(3)成功体験の蓄積が自己効力感におよぼす効果の検証とモデル化。また、これらの研究開発項目を実施するにあたり、研究開発項目3「共進化 AI ロボット群」グループが開発した日常生活行動の観察・分析・予測プラットフォームとも連携を取りつつ、プロジェクト全体でのデータを相互利用できる体制を構築した。さらに、数理基盤の構築について、池田 PI(NAIST)と連携を取り、難易度調整を行った際の動作パフォーマンスのデータに基づいて、成功体験モデルの数理メカニズムの解明を進めた。

課題推進者:稲邑 哲也(玉川大学)

研究開発課題2:自己効力感推定器

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、アシストロボットを使用するユーザの自己効力感を推定し、自己効力感を向上させる AI ロボット群のふるまい生成につなげる。令和5年度はまず、野田 PI(ATR)と共同に、上肢のアシストロボットを使用する際に、自己効力感の入力に基づくアシストレベルの提案インタフェースを開発し、実証を試みた。次に、自己効力感、運動主体感とアシストレベルを統合的に説明するベイズモデルを提案し、パラメーターの特定とモデル検証のため、実証実験パラダイムを構築した。

課題推進者:温文(立教大学)

研究開発課題3:(項目3課題4へ統合したため欠番)

研究開発課題 4:アシストプランナー

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、自己効力感推定結果に基づき適応自在 AI ロボット群のふるまいを決める支援パラメータ設定において、AI ロボット群の適切なふるまいとして、移動・離床支援さらにリーチング支援を目的として、アシストプランナーを構成する基盤技術の構成要素のシステム統合と、実際のリハビリテーションや介護現場での導入を通じた実証的な実証を行った。

自己効力感の向上を可能とする動作支援の実現に向けては、ロボットがユーザをアシストしているにもかかわらず主体的に運動を実施していると認識させることが重要となる。アシスト中のタスク達成がユーザ自身に帰属させるためのプランニングを、アシスト前後もしくはアシスト中のインピーダンスを適切に調整することで、実現する基本コンセプトを実験的に実証した。また、適切なアシストを提供するための制御系として、これまでに構築してきた実証プラットフォームの臨床での運用をするための安全性の確立と、臨床使用に基づく改良と機能拡張を行った。また、これまで交渉してきた ATR 臨床機関となっている学研都市病院や関西リハビリテーション病院など複数の臨床機関において、共同での実証実験が開始され、その実証実験に必要な倫理審査について対応が行われた。

これまでに、移動支援および離床支援を目的とした、抗重力筋のシナジーをアシストするための移動式免荷システムの試作において、リハビリテーション・介護現場等での実証プラットフォームの運用を通じて、被介護者であるユーザに提示するタスクの臨床的観点からの設計、さらに、タスク中のセンシングシステムを含めた実証プラットフォームの構成要素のシステム統合を実施した。臨床トライアルを安全に実施できることを ATR における試作システムで実証し、上肢リハビリテーションや上肢リーチングを想定した上肢リーチング動作を対象として、動きの中で使用者の身体的特徴としてインピーダンスを評価可能なアシストプランニングを検討し、位置だけでなく速度・力を含めた次元の制御コントローラを検討することで、運動への介入のフレームワークの検討を開始した。アシストポートフォリオとしてアシストの物理的な剛性を変化させた場合のデータ計測や被験者の内観を取得することにより、自己効力感向上に結びつくアシストのプランニングを検討した。また、視覚的な錯覚・強調・タスク提示など VR や Mixed Reality(MR)との統合の検討を開始し、その中で当該プロジェクトの課題推進者との連携した研究開発を実施した。さらに、脳情報を含めた生体信号や環境(床面)との接触のセンシングを実現し、形状や特性の変化が可能な Robotics Nimbus の要素技術と実証プラットフォームの制御インタフェースの統合を行い、プロジェクトで開発されている要素技術を連携・組み合わせた場合の実証を加速した。2つ以上の運動プリミティブをアシストするための、実証プラットフォームの実験室内での実験のためのシステム統合、配管、配線の問題を解消するために、実証プラットフォームの実装を開始し、予定していたマイルストーンを達成した。

課題推進者:野田智之(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

研究開発課題5:認知・行動の数理基盤構築

当該年度実施内容:

人の認知と行動の数理基盤を構築する。令和5年度は、介護者・被介護者間の代わりに産婦・助産師のインタラクションを対象とし、ウェアラブル視線計測装置で取得した助産師の視線から重要な特徴を抽出した。また、同様の手法を作業療法士のビデオ指導にも応用した。さらにさらに自己効力感と学習の数理モデルを構築しそれを評価するため、VR けん玉を対象としたスキルと自己効力感の数理モデルを構築した。

課題推進者:池田和司(奈良先端科学技術大学院大学)

(2) 研究開発項目2:適応自在 AI ロボット研究開発

研究開発課題 1:人・環境変形適応ロボット機構

当該年度実施内容:

これまでの期間で原理検討した柔剛切替え機能を有する先端折返し機構要素、人・環境への結合(把持)機構要素、人・環境への形状なじみ機構要素の統合化を視野に入れた次期機体をそれぞれ構成した。例えば、形状なじみ機構においては能動動作化を進めた。さらに、この先端折り返し型伸展機構において、耐荷重性を持たせながらも、能動的に曲げを行うという機構は、基本的に直線状で構成されることが容易であり、従来研究においてはコンパクト性を実現している例はほとんどなかったのが現状である。しかしながら、本研究プロジェクトにおいては、格納時のサイズにもこだわった設計・試作を通した開発を拡張・展開的に進めた。折り畳み時に装着者の身体からはみ出すことを極力抑えた構成として、巻き取り構造を持たせることで、実際の使用時に妨げにならない機構構成となる設計を試みた。また、各種移動体としては地上移動体に限定されることなく、屋内においてはリビングラボの天井走行装置との組み合わせもできる構成とし、その連結部においては、大型で軽量といった新規の柔剛線状メカニズムを導入するなどして、装着時と適応保持時での剛性を変化させるという実機も具体的に原理創案・具現化していった。

次に、各要素の統合化実機構成および試作を行う。この統合においては、各要素の搭載連結方法と複合方法が重要になる。前者の搭載連結方法においては、先端折返し機構と吸着機構の組み合わせにおいて、表面に吸着機構を搭載する形になる。ここでは、渡辺 PI のスキンとの統合を試みた。また、後者の複合方法に関しては、先端折返し機構要素と形状なじみ機構の2種類の機構の複合構造であるがゆえ、初期段階から連結を見据えた原理に基づくものの、将来的な社会実装性も考慮に入れて、コンパクトかつ軽量に作り込むことも見据えて実機構成に取り組んだ。

課題推進者:多田隈建二郎(東北大学)

研究開発課題 2:機能性スマートスキン

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、人の身体に合わせて優しく接することができるロボットを実現するに当たり、長時間人に接することができるロボットの皮膚(スキン)の開発を行う。特に、乾潤両状態で有効な潤滑作用を用いた摩擦低減機構を有するスキンの開発を目指すとともに、最終的には、接触していることを感じさせない接触インタフェースの実現を目指す。

令和5年度は、摩擦・圧力・湿度をユーザに適したものへと制御する機能性スマートスキンの開発に取り組んだ。皮膚の状態、スキンのひずみ・温度・湿度などの状態を計測できるシステムを構築し、その計測結果に基づいて、接触面の摩擦・湿度・温度ならびにスキンの剛性を変えるシステムの開発を行った。システムの小型化やシステムの実装密度の向上も同時に進め、Nimbus Wear/Holder 等、他の Nimbus Robots との連携についても検討を行った。

課題推進者:渡辺哲陽(金沢大学)

研究開発課題 3:超自由度・多点接触運動アシスト制御

当該年度実施内容:

本研究開発では、人が家庭や施設等で行う作業において、特に物体ハンドリング等の

複雑動作を支援するためにロボットをどのように制御するかの方法論を構築する。個人の自己効力感を向上させるために AI ロボットが自身の支援の度合いを調整することや、どのように人と AI ロボットが協調作業を行うべきかを自動設定・更新することを目指す。本研究課題の目標達成度合いは介護現場を利用した実験により、その現場で必要となるタスク(特に着衣支援)を設定し、そのタスクの実現度合いを検証することによって評価する。このため、本年度は下記の3項目に関する研究開発をおこなった。

【項目 A】 物体操作に伴う操作対象のふるまいの正確な計測・予測・状態推定:

主たるタスクとして着衣を想定した。ロボットの操作対象物は長袖シャツやズボンなどの衣服とした。まず、着衣作業中の布の動きを計測するためのセンサシステムにより収集したデータから、適切に状態を推定できる方法を構築した。そして、人が操作を加えることで布がどのように変化するかを適切に予測できるようにした。着衣以外にも、片づけ、家のメンテナンスなどの日常生活で生じる物体操作をいくつか選択し、同様の計測・予測・状態推定ができるようにした。

【項目 B】 多点接触ロボットによる物体操作:

衣服を適切に保持するために、適切な把持位置を決定し、適切に把持できるロボットシステムを構築した。各把持点の操作性を保ちつつ、操作対象の衣服を所望の形状状態へ遷移させるための動作計画手法を構築した。また、被着衣者の動き状況などに応じて、事前に計画した動きをその場で修正する仕組みも構築した。また、着衣支援以外の操作においても適切な物体操作が可能であることを確かめた。

【項目 C】 自己効力感の指標に基づく多点接触物体操作による人の活動支援:

上記A)、B)により実現可能になる着衣支援機能について、自己効力感を高める効果を得るための活用方法を考案した。まず、「人・ロボット共進化AI開発」グループの研究成果に基づいて、どのような支援方針が妥当であるかの知見を得た。着衣支援をはじめとして、いくつかの日常作業を対象とした実検証をおこない、自己効力感向上課題への適用性を確認した。

課題推進者: 山崎公俊(信州大学)

研究開発課題 4: 身体融合型インタフェース

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、ユーザと Robotic Nimbus のインタフェースを開発するため、ユーザの意思通りの動作および変形を Robotic Nimbus で生成すると共に、Robotic Nimbus を自らの身体の一部と感じ、自分で出来たと錯覚させるような人工感覚フィードバックを生成して自己効力感を向上させる身体融合型インタフェースを実現することを目的としている。また、人工的に感覚生成することにより、自分で運動しているという運動主体感を向上させることを目指す。はじめに、生体信号と環境の統合情報を基にユーザの動作意思を推定し、Robotic Nimbus に必要とされる変形と動作を示す技術を構築する。また、体表からの機械的・電気的な刺激を加えることで人工感覚を生成してユーザにフィードバックするシステムを開発し、Robotic Nimbus により支援された動きを自分自身で生成した動きとして感じられる人工運動感覚生成技術を開発する。人工運動感覚の自己効力感に対する影響に関する研究については研究開発項目1(人・ロボット共進化 AI 開発)と連携する。さらに、Robotic Nimbus による身体拡張の影響を考慮したユーザの新たな動作意思を推定する技術および Robotic Nimbus による拡張部をあたかも自分の身体の一部と感じるような人工感覚生成技術の実現を目指す。本研究開発課題を通して実現されるユーザと Robotic Nimbus 間のインタフェース技術は、適応自在ロボットすべてに適用できる技術であり、研究開発課題 1~3、5~7 と連携して行う。また、生体信号計測や体表への刺激装置の研究開発は研究開発課題 2 と連携して行う。更には下肢 Nimbus Limb を開発し、ユーザの下肢動作を支援するものとする。ユーザへの下肢 Nimbus Limb の装着技術は研究開発課題 1 と連携する。

本年度(令和 5 年度)は、研究項目1「生体信号と環境の統合情報センシングによるユ

ユーザの意思推定」を継続し、ユーザの筋電信号と環境情報等との統合情報を基にユーザの動作意思と動作目的を推定する技術の開発を進めた。また、研究項目2「身体表面からの刺激による人工感覚生成」を継続し、人工感覚を生成するロボットシステムのプロトタイプを開発して上肢と下肢の主要筋に対する人工感覚生成技術の研究を行った。更に研究項目4「下肢 Nimbus Limb の研究開発」を継続し、ユーザの下肢動作を支援する下肢 Nimbus Limb の改良を進めると共に、複数の下肢 Nimbus Limb を用いてユーザの下肢動作の支援を試みた。その上、研究項目3「身体拡張の影響を考慮したユーザの動作意思推定および人工感覚生成」を継続し、身体拡張部の動作意図推定に関する技術の開発を試みた。

課題推進者: 木口量夫(九州大学)

研究開発課題 5: スマートアシストウェア

当該年度実施内容:

本研究課題においては、人の自己効力感を向上させることを前提として、人に支援を提供するスマートアシストウェアを開発している。このとき、各アシスト形態に応じたアクチュエーション形態を適応的に変化できるような革新的なメカニズムを提案する。このアシストウェアは、必要なアシスト力を調整することでウェアラブルロボットの飛躍的な軽量化を図るとともに、アクチュエーションとセンシングを両立する柔軟素材を用いたウェアラブルロボットである。

当該年度においては、アシストデバイスを構成するアクチュエータの検証として、蛇腹アクチュエータを用いたハンドによる力制御を実現したり、ヒューモフィットを用いたソフトアクチュエータの作動流体の温度と剛性変化の関係を明確にすることで、作動流体の温度調整により、所望のアクチュエータ剛性を設定することを可能にした。また、衣服と同化するアシストウェアの開発では、ボディサポーター用のアクティブアンカーデバイスを開発し、装着者がより快適になる機構設計を行った。さらに、Chain mail ジャミングのより正確な解析モデルを考え、この解析モデルを用いた物理シミュレーションを実現した。

課題推進者: 原田研介(大阪大学)

研究開発課題 6: 適応自在 Limbs

当該年度実施内容:

人に装着するもしくは人に寄り添って支援を提供する新しい適応自在 Limbs の研究開発を行うために、双腕機構と2脚機構を持ち、それらが変形することによって、作業支援形態、歩行支援形態、姿勢維持支援形態等に変形する機構のプロトタイプを試作することを目的とし、2023年度は、2022年度に設計・製作を進めた自立移動型適応自在 Limb プロトタイプによる下衣の上げ下げ支援性能を実現、評価した。また、2022年度に製作した下肢支援用適応自在 Limb プロトタイプの着座、起立支援機能の評価結果に基づいた軽量型下肢支援用適応自在 Limb プロトタイプを完成させ、着座、起立支援機能を実現した。特に、自律移動型適応自在 Limb プロトタイプでは、下衣を把持するグリッパーの研究開発を行い、下衣の把持および上げ下げ作業を実現した。また、軽量型下肢支援用適応自在 Limb プロトタイプは、安全性にも配慮したロボットカバーを試作・搭載し、リビングラボにて理学療法士などを含む専門知識を有する方からの評価を得て、次期プロトタイプの研究開発に重要な知見を得た。

課題推進者: 長谷川泰久(名古屋大学)

研究開発課題 7: (項目3課題5へ移動したため欠番)

研究開発課題 8: 適応自在環境操作機構

当該年度実施内容:

前年度である令和4年度に開発を進めた、「既存環境を包み込み、その環境と接触する人や物体を優しく支え、安全に移動させる Robotic Nimbus としての適応自在環境操作機構」をさらに改良・発展させた。

具体的には、板状の上面形状により、広範囲に大きな荷重を分散して支持し、より重い物体を搬送可能にする適応自在環境操作機構を実現するための「織襪」を、対人親和性が高く、金型による量産に適した弾性材料であるエラストマーで構成し、ベッド等の家具に敷き詰めやすくした上で、振動的に駆動して、前後左右の任意方向に推力を発生させる機能の改良を進めた。

より細い弾性体である織毛も、同様にエラストマーで大量に製作し、織毛型の適応自在環境操作機構により、卓上の大面積をカバーできるようにした。

さらに、エアチューブとその下部のフォーク状の構造から構成される適応自在環境操作機構を、エアコンプレッサーと直動アクチュエータにより駆動することで、曲率を有する大面積環境に適応しつつも、対人親和性が高く、人が寝そべることが容易な構造で、確実かつ安全に人体を搬送することを可能とした。

これらの適応自在環境操作機構を、使用者の声やジェスチャーなどで、使用者の意図を推定しつつ、使用者が直観的に制御出来るようにし、使用者の自己効力感を増進することを可能とするための要素技術として、織毛型の適応自在環境操作機構の上部の視覚カメラからの映像情報を機械学習により処理することにより、任意の形状の複数物体の位置と姿勢を自動的に識別し、それぞれの目的の位置まで、スムーズに搬送できるようにした。

課題推進者: 多田隈理一郎(山形大学)

(3) 研究開発項目 3: 共進化 AI ロボット群社会実装

研究開発課題 1: 共進化型実証実験プラットフォーム構築

当該年度実施内容:

本研究開発は、適応自在 AI ロボット群の社会実装を目指し、主に介護施設や在宅を想定した共進化型実証実験プラットフォームを構築することであり、1) AI ロボット群の実証実験の実施、2) AI ロボット群評価手法の開発、3) 実証実験プラットフォームの構築に関する3つの研究開発項目から成る。

当該年度においては、第一に、項目1として、転倒衝撃緩和装置を用いた行動変容に関する検証を進めて、転倒への安全性確保が自己効力感の向上とともに、挑戦的な行動変容に繋がることを確認した。さらに、2023年に先行導入される適応自在 AI ロボット群プロトタイプを用いた支援シナリオを策定し、適応自在 AI ロボット群プロトタイプを長寿研リビングラボへ導入した。11月にプロトタイプの体験会を実施し、計260名の地域在住高齢者や医療介護従事者より、ロボットの使用感や改善点に関して抽出することができた。

第二に、項目2として、リビングラボにおける1) マーカーレスモーションキャプチャリングによる三次元動作計測、2) 床反力計測、3) 「できるかもボタン」を用いた自己効力感計測系を構築した。また、介護施設における実証研究を見据えて、施設入居者を対象とした身体活動量、生活機能、ライフスペースを推定するための評価手法の開発を進めた。

第三に、項目3として、これまで国際生活機能分類(ICF)に適合させて検討を進めた支援シナリオを用いて、200名以上の医療介護従事者に対してアンケートを実施し、要支援者や要介護者における、住環境、家族構成、障害レベルの程度に応じた日常生活活動上の主な問題点を、ICFコードに紐づけて抽出することを検討した。さらに、これらのニーズ情報を基に、現状における適応自在ロボット群プロトタイプのシーズ情報をマッピン

グさせて、「朝の身支度」に代表される日常生活活動を支援するためのシナリオとして検討した。

以上 3 つの研究開発を進めることで、適応自在 AI ロボット群の実証実験プラットフォームの構築を進めた。

課題推進者:加藤健治(国立長寿医療研究センター)

研究開発課題 2:(項目3課題5へ統合したため欠番)

研究開発課題 3:AI ロボット群標準化のための安全評価基準策定

当該年度実施内容:

2030 年の老々介護支援着手に向けて、適応自在 AI ロボットに要求される安全性(使用性)のための技術として、要素技術の基礎課題に取り組む。既製品ないし試作品を用いて共進化 AI および適応自在 AI ロボットの要素技術を先行して検証・評価する。R05 年度の実施内容は、要素技術の先行検証として、適応自在 AI ロボット(Robotic Nimbus)を想定して試作したパッシブ型多軸アクチュエータをアクティブ型へとさらに拡張する。これにより Robotic Nimbus(特に Wear)が人体の姿勢や動作を支持するだけでなく、指示・誘導などで積極的に動作介入するための安全性の指標を検討する。拡張現実(AR)により指導・誘導する簡易情報支援システムを試作し、さらに、介助動作等のモーションデータを活用する教示システムに拡張する。標準化に向けた活動として、引き続き、コンセプト設計およびリスク評価様式に基づき、Robotic Nimbus の製品仕様と 2025 年時点でのプロトタイプのパフォーマンス(技術仕様)を明確にすることで、先行検証・実証を推進する。また、教示システムの開発と連動させ、プロジェクト内で得られるモーションデータ等の計測データを集約し活用するため検討会(データベース構築作業部会)を新たに設置して標準化活動の効率化を図る。

課題推進者:岡部康平(労働安全衛生研究所)

研究開発課題 4:AI ロボット群共進化システムインテグレーション

当該年度実施内容:

本研究開発課題の目的は、人・ロボット・AI をシームレスに統合する共進化型システムインテグレーションプラットフォームを構築することであり、大きく(1)ユーザの日常生活における行動を推定し経験として蓄積する「経験蓄積エコシステムの開発」、(2)自己効力感に基づく行動モデルの構築と分析を行う「自己効力感向上ナビゲーターの開発」、(3)蓄積された人々の日常生活における経験を互いに利用しながら知識として洗練しつつ、体系化する「共進化型ソーシャルビッグデータプラットフォーム構築」、(4)様々な人の経験に基づき行動生成と行動学習を行う「共進化型多目的マルチタスク最適化・学習」、(5)様々な AI ロボット群をタスクと使用されるシナリオにあわせて自動的にカスタマイズしつつ具現化する「共進化型システムインテグレーションプラットフォーム」から構成される。令和 5 年度では、東北大学において、デモを実施し、令和 4 年度に実施した予備実験結果に基づき、上述の 5 つの研究項目について、他の PI との連携を発展させるためにリビングラボを改良しつつ、基盤となる各種基本フレームワークを構築した。さらに、R4 年度に追加した研究開発項目 2 について、R4 年度より新たに参画したリハビリテーション支援や VR を専門とする大保助教と連携しつつ、筋活動を視覚的にフィードバックし自己効力感向上を目指すための筋電計や人間の動作計測のためのウェアラブルセンサ、VR 構築用コンピュータシステムを導入した。さらに、高齢者の標準モデルを生成するための評価データ作成用実験を行いつつ、複数の介護・リハビリテーション拠点施設に動作解析システムを設置し、研究推進と PI 間連携を強化した。

課題推進者:久保田直行(東京都立大学)

研究開発課題 5: Cooperation of AI-Robot Enablers

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、研究開発項目1~3と連携し、開発された AI ロボット群を適切に協調させ、1 台の AI ロボットやアシストウェアでは実現できない動作支援を実現するものであり、結果的に個人が一人でできることを増やすことを目指す。当該年度は、既存ロボットと他の PI が開発している Robotic Nimbus 要素技術を統合してサイズや支援位置等の調整ができる適応自在 AI ロボットプロトタイプを開発し、それらを協調的に用いることで、様々な支援を実現する協調制御プラットフォームを開発した。特に他の課題推進者と連携することで、介護現場での支援シナリオをいくつか用意し、5 台以上のロボット、スマートアシストウェア、ロボット化された受動的福祉機器が連携することで、個人に適応した支援を提供する実験を行った。また、複数台の AI ロボットを連携するにあたり個人情報やロボット間で共有することになるが、それらの使用形態・条件などを効率的に使用者に提示するインフォームドコンセント手法の検討を始めた。

さらには、ETH(スイス)と東北大学、長寿研が共同で国際連携の取り組みを開始し、生体データ取得用システムとロボット制御システムとが容易に連携できるような Robot Operating System (ROS) の開発を行うことや、スマートアシストウェアを装着した複数人が、振動をはじめとしたハプティック情報を用いて協調動作を行えるシステムの開発を進め、複数人の障がい者・健常者ダンサーがスマートアシストウェアを介して協調的なダンスを行うシステムの開発を進めることをパリ・サクレ大学との国際連携で進めた。

課題推進者:平田泰久(東北大学)

研究開発課題 6:Lifelogging for Patient Digital Twin in Robotic Care

当該年度実施内容:

- Developed and evaluated a new integrated sensing system with ten wearable and nearable sensors for day and nightlife and performed two evaluation pilots with over 13 elderly and over 20 wheelchair users, validating the requirements for a clinical trial and a new setting for classification of ADLs using wearable technology in nursing houses and at home.
- During 2023, we performed a proof of concept trial with over 20 wheelchair users, and preliminary trials with elderly volunteers and developed a new model for classification of ADLs using deep neural feature extraction layers generalizable for recognizing any new activity in new user settings.
- In this period, we have proposed a first framework for patient digital TWIN with an explainable structure based on the health information provided by life logs proposing a method that accounts for environmental, physiological and health records of patients through simulation of existing health data and pilot wearable data. The first structural model based on disentangled beta variational autoencoders has been tested with life-logging data and will be further refined with the support of nursing staff at NCGG for long-term feedback on health changes.
- We have completed the first version of Biosignals enabler for ROS. Developed the concept of ROS-Healthcare as a platform for clinical interventions with robots and made it available for internal usage across Tohoku, NCGG and ETHZ labs. We provided the first software infrastructure with examples of over fifteen biosignals, and ten devices

integrated with 2 robot types: autonomous wheelchair robot and standing transport assistance (Moby).

課題推進者: Diego Paez-Granados (ETH Zurich)

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

【進捗状況の把握】

PM のマネジメント活動を支援する研究推進室を PM 直下に構築している。そして、事務部門や東北大学 URA センターや本部事務機構研究推進部と連携することで全学一体となって PM の効果的・効率的なマネジメント活動実施を強力に支援する体制構築を強化している。

具体的には、「①研究開発プロジェクトの設計」における研究開発プロジェクトの企画・立案や研究開発体制の構築に関しては、PM が中心となって行っているが、東北大学事務機構研究推進課を中心に、東北大学総長・プロボスト室長(青木孝文)、研究担当理事(小谷元子)、オープンイノベーション戦略機構、共創戦略センターと連携できる体制となっている。「②研究開発プロジェクトの実施管理」の中で、研究開発の進捗管理に関しては、PM 直下に組織した研究推進室で実施し、研究開発の評価や研究開発成果の展開に関しては、PM 自身が行っているが、今後、東北大学産学連携機構や東北テクノアーチ(TLO)や東北大学ナレッジキャスト株式会社等と連携していくことを検討している。「③PM活動に対する支援体制整備」に関しては、東北大学機械・知能系総務係および研究推進室が担当し、「④JST との連携等」に関しては、東北大学工学部・工学研究科研究推進課産学連携係と研究推進室の PM 補佐が担当している。「⑤研究開発成果の広報・アウトリーチ活動」に関しては、サイエンスコミュニケーションイベント等の経験もある研究推進室の PM 補佐が担当している。

今年度は12月4日に第1回運営会議(メール審議)を開催し、実施規約の改定について審議を行った。7月15日にはプロジェクト会議を開催し、各課題推進者の研究開発進捗状況をPMが確認した。さらに11月8日~14日の期間で国立長寿医療研究センターにおいて研究開発成果の実証実験・デモンストレーションを実施し、マイルストーンの達成度合いを確認するとともに、シンポジウムを開催して研究開発成果のアウトリーチを図った。

課題推進者との会議に関しては、Zoom等を利用したものを含めればプロジェクト開始から現時点までで700回を超えており、密な議論を行っている。また、課題推進者が対面で集まる会議も複数回実施した。詳細は別紙を参照頂きたい。今後も課題推進者会議(Zoomおよび対面)を継続的に行っていく予定である。

【研究開発プロジェクトの展開】

國府 AD と尾畑 AD が中心となって開催頂いた数理科学シンポジウムへ参加し、ワークショップ後に「平田 PJ に課題推進者として参画希望」と回答した5名の研究者と打ち合わせを開始し、結果的に3名と具体的な参画に向けた個別ディスカッションを実施した。そのうち、池田和司先生(NAIST)は当初は数理枠での課題推進者として「認知・行動の数理基盤構築」という課題で参画いただいた令和4年度の研究成果を踏まえ、本PJにおける数理基盤構築に必要な不可欠な研究開発内容であると判断した。令和5年度からは通常の課題推進者として、さらに本PJの推進へと尽力いただいている。本間経康先生(東北大学)を

平田 PI の参加者としてプロジェクトに参加してもらうこととなり、非接触方法による生体計測・ライフログ取得や、得られた生体情報解析の数理科学的アプローチの推進を担っていただくことになった。また、戸田雄一郎先生(東京都立大/岡山大学)は、久保田 PI の参加者としてプロジェクトに参加し、デジタルツイン・トポロジカルツインに関する数理科学的アプローチを推進していただいている。

さらには、PM 間連携や目標間連携に向けた取り組みを進めており、第 41 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2023)ではオーガナイズドセッション「介護とロボティクス」を介護ロボット研究専門委員会との共催で実施し、研究成果の社会実装に向けた議論を行った。また、計測自動制御学会 SI 部門講演会(SI2023)では本 PJ 単体でのオーガナイズドセッションを実施し、本 PJ の研究開発成果の発信と統合的な議論を行った。

国際連携では令和 4 年度に開催された日欧シンポジウムを機に、国際連携強化の支援を受けて Dr. Eng. Diego Paez-Granados(Head of Spinal Cord Injury Artificial Intelligence - SCAI Lab, ETH Zurich, Switzerland)との間で共同研究遂行のための基盤を構築し、令和 5 年 10 月より正式に課題推進者として参画いただくことになった。令和 5 年度には 2 名の学生・研究者の受け入れを行うとともに、PM および複数の課題推進者を派遣することで、国際連携の強化と発展を実施した。

またフランスのパリ・サクレ大学(Paris Saclay University)の研究者とフランスのアートディレクターおよび、障がいを持つダンサー、健常者ダンサー等とのインクルーシブ・ダンスプロジェクトを進めている。本プロジェクトは、カナダ、南アフリカ、メキシコ等と連携しており、10 月 9-10 日には東北大学で国内外のプロジェクト参画メンバーによる学術ワークショップを、11-12 日には千葉リハビリテーションセンターにおいてリハビリ・介護当事者向けの体験会を実施するとともに、13 日には”Yes We Dance!”パフォーマンスとして、東京ミッドタウン八重洲を会場として舞踊・音楽・リハビリ・介護等の他分野のメンバーの参画によるパフォーマンスの一般公開を実施した。これらのプロジェクト推進のため、パリ・サクレ大学から 2 名の学生・研究者の受け入れを行うとともに、令和 6 年度には日本から研究者・学生を派遣することを予定している。

また令和 4 年度から実施しているカナダのウォータールー大学との共同研究は、訪問先の研究者がドイツのカールスルーエ工科大学に異動したことで、相手先をカールスルーエ工科大学として継続している。令和 5 年度は若手研究者の短期訪問と、修士課程学生の長期派遣を通じて共同研究のさらなる進展を行った。

(2) 研究成果の展開

マイルストーンに示している通り、プロジェクトの初期段階では介護現場に AI ロボットを導入することを想定した研究開発を進めている。そのため、福祉介護ロボットやセンサ等を開発している企業との議論を継続して行っている。すでにプロジェクト開始から 20 社以上の会社とコンタクトを取っており、そのうちのいくつかの企業とは NDA を結んでおり、ムーブメントの将来ビジョンを共有した研究開発を進めていく予定である。現時点では企業と共同出願するような知財などはないが、今後はその可能性も出てくるため、上記の研究体制内で議論を進めていく。また、企業との共同研究で新しい AI ロボットを開発する方向で話を進めているものがいくつかあり、うまくいけばスピリアウトできる可能性がある。その他、厚生労働省の介護ロボットプラットフォーム事業にて、東北大学と国立長寿医療研究センターは、リビングラボとして認定されており、企業等からの相談を受け付ける体制が整っている。このような機会も利用したうえで、多くの企業と連携していきたいと考えている。

(3) 広報、アウトリーチ

PM 間の連携により、第 41 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2023) では目標 3 の他 PM と連携してオープンフォーラムを開催した。また、7 月 16 日には本プロジェクトの研究開発成果を一般に広く周知するために公開シンポジウムおよびデモンストレーションを実施し、来場者への最新の研究成果のアウトリーチを図った。公開シンポジウムおよびデモンストレーションの実施、および長寿研で 11 月 8 日～14 日に開催した実証実験・体験会においてプレスリリースを行うことで多くの取材を受け、新聞、テレビ等で成果の公表を行うことができた。また、国際連携で述べた『Yes We Dance!』パフォーマンスや、いちかわ芸術祭の一環として 2 月 12 日に千葉県現代産業科学館で実施した振付師・映像作家などからなる『Nibroll』とのスマーター・インクルーシブ・ダンスのパフォーマンスには一般来場者が多数参加し、研究開発プロジェクトおよびムーンショット目標についてのアウトリーチを行うことができた。

本年度の招待講演・アウトリーチ活動はプロジェクト全体で 30 を超え、特に PM の招待講演・アウトリーチ活動は、通常参加することがない理学療法士や作業療法士の学会や介護分野のフォーラム等においても実施している。これは企画者が、より若い療法士に最先端の技術や今後の介護の方向性を知って欲しいという強い思いから実現している。また、高校生を対象とした講義などにも積極的に参加し、高校生と未来の AI やロボット技術の方向性やロボットが存在する未来社会のイメージを共有する機会を持っており、本プロジェクトで推進する研究開発に対して多くの共感を得ている。

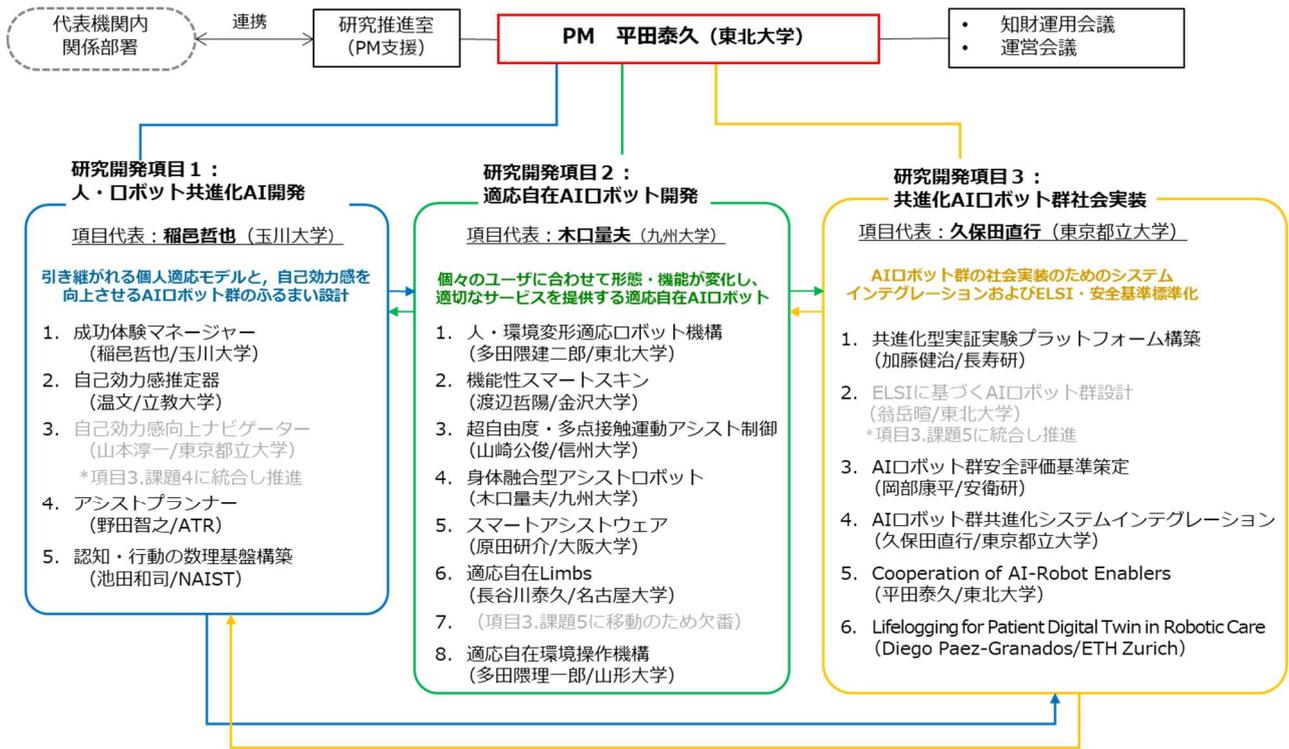
また、本プロジェクトにより構築される 2050 年の社会像を広く共有する動画を作成し、研究者および一般に向けて公開することを計画している。

(4) データマネジメントに関する取り組み

研究開発項目 3 で取得される継続的見守りに基づく介護施設でのデータセットや、様々なタスクにおいて取得されるデータセットは、国立情報学研究所 (NII) に設置されるサーバと接続し転送する。そこで、実証施設と大学等を接続するための VPN ネットワークを構築した。さらに、今後、社会実装班 AI における、AI ロボット群の大規模アシストシミュレーションを実行するための計算機サーバの選定を行い、これを VPN 上に設置し、社会実装シミュレーションを任意の場所から高速に行い、その結果をリビングラボなどの実証実験の場にフィードバックする体制を整えて行く予定である。

また、社会実装グループでは、介護施設等での介護職員や施設利用者の運動・生理データの取得し、それらをデジタル化する技術を構築中である。デジタル化する際に個人のプライバシー情報を削除することで、それらデータを一般に公開することも可能になってくる。本プロジェクトを中心として構築されたデータセットを準備することで、多くの研究者がそれらデータにアクセスし、様々な支援技術のベンチマークを作成することも検討している。

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

議長：PM

構成員：PD・技術主幹/JST，研究推進者および所属機関の知財管理部門責任者等

内容：本研究開発プロジェクトにかかる知的財産権の運用について議論するため、必要に応じて開催を検討

運営会議 構成機関と実施内容

議長：PM

構成員：PD・技術主幹およびアドバイザー/JST，研究推進者・所属機関，外部有識者等

内容：本研究開発プロジェクトの推進に関する重要事項についての連絡・調整

R5年度は1回開催

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	1	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	2	0	1	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	11	5	16
口頭発表	38	21	59
ポスター発表	42	10	52
合計	91	36	127

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	4	45	49
(うち、査読有)	3	45	48

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

受賞件数		
国内	国際	総数
2	3	5

プレスリリース件数
2

報道件数
9

ワークショップ等、アウトリーチ件数
15