

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」
戦略推進会議**

令和5年11月10日

プログラムディレクター

福田 敏男

(名古屋大学 名誉教授)

目次

1. プログラムの状況
2. 外部評価結果とポートフォリオの見直し
3. 今後の方向性
4. 参考

目次

1. プログラムの状況

2. 外部評価結果とポートフォリオの見直し

3. 今後の方向性

4. 参考

1.1 目指す社会像

目標3が目指す社会像

人とロボットが共生する世界

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。

日本には将来の人口減と高齢化の課題があり、介護労働力、知的労働力、生産労働力不足や安全安心な災害対応も含めて、少子高齢化に対処して将来の豊かな生活像を目指す。



Society 5.0

①一人ひとりの多様な幸せが実現できる社会



ターゲット1

人生に寄り添うAIロボット

②価値創造の源泉となる「知」の創造



ターゲット2

科学探求を行うAIロボット

③持続可能で強靱な社会



ターゲット3

難環境で活動するAIロボット

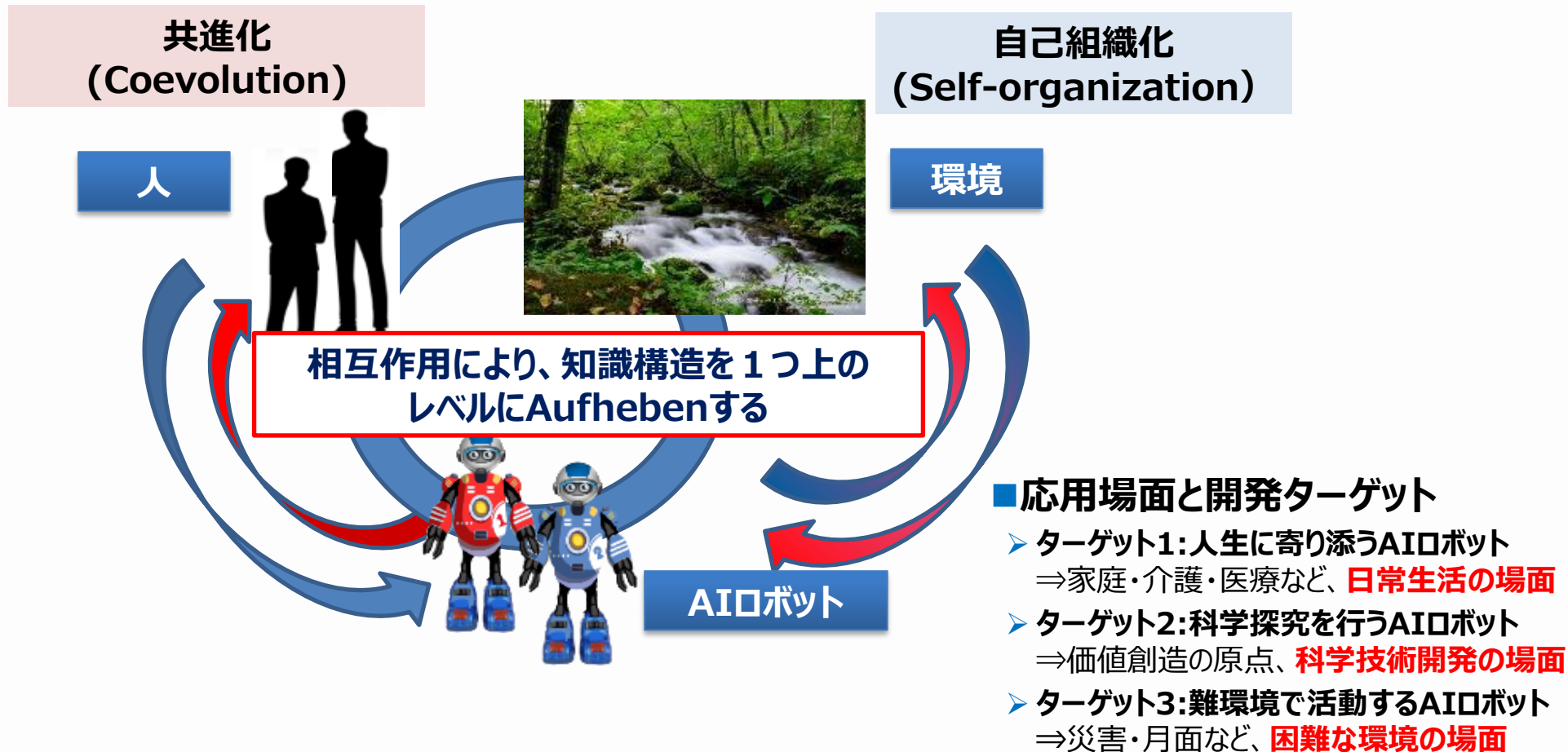
人との共生

環境との共生

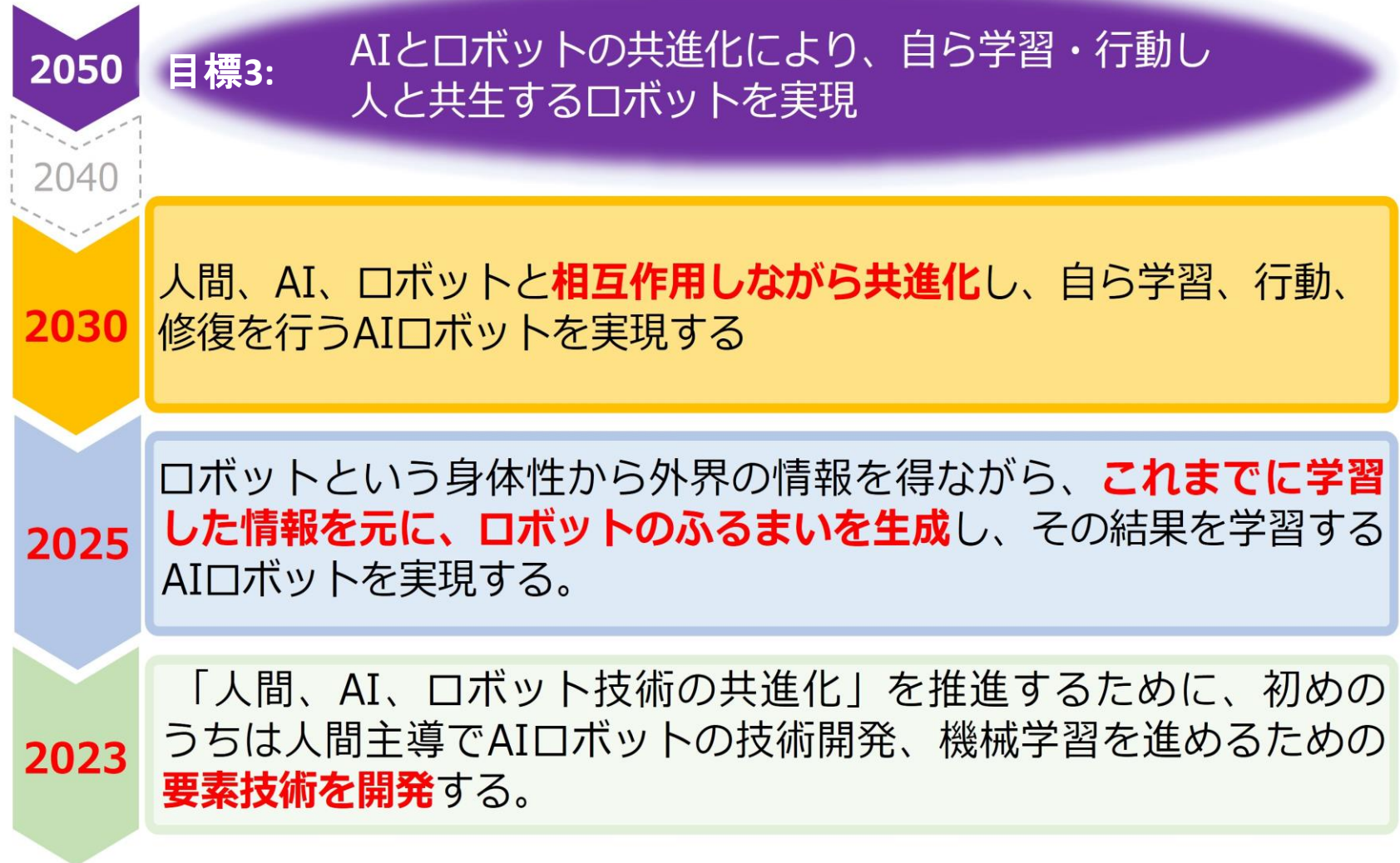
1.2 解決すべき課題

3つのターゲットに共通して、AI技術とロボット技術とが連携して達成すべき2つの技術課題：

1. 共進化(Coevolution)
2. 自己組織化(Self-organization)

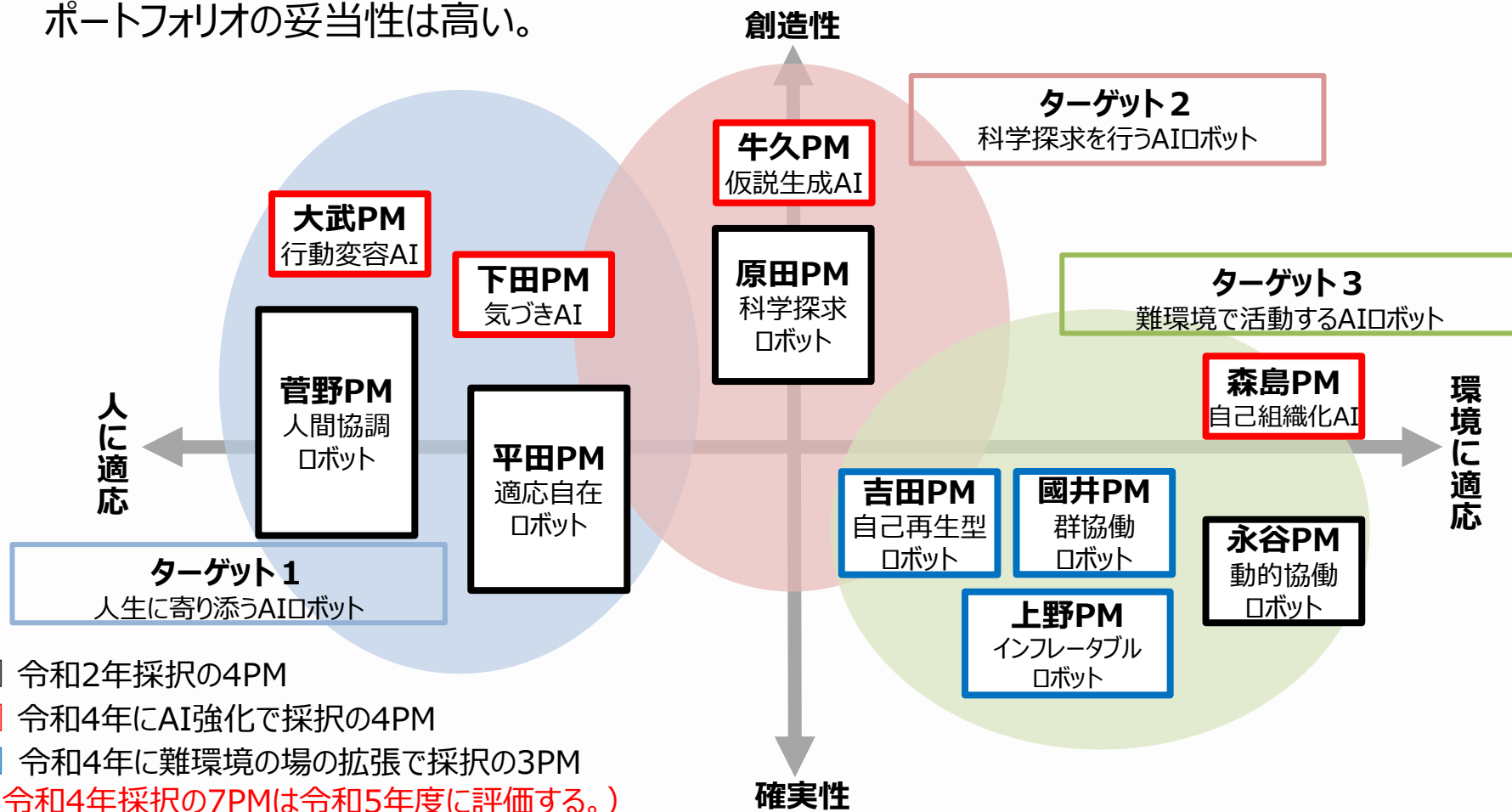


1.2 解決すべき課題(マイルストーン)



1.3 プログラムの推進体制

- 適応する主な対象が人か環境か、と、狙う価値が創造性か確実性か、の2軸でポートフォリオを構築。
- 3つのターゲットで広く全体をカバーし、それぞれのターゲットに対応する領域にPMを配置、ポートフォリオの妥当性は高い。



1.4 国内外の研究開発動向と比較

人生に寄り添うAIロボット(人間協調)

多様な動作を学習するロボットが登場しているが、最先端の研究と比較して、本プログラムは**少ない学習で日常生活のさまざまな状況に対応できる**点が優れている。

■ Google DeepMind RT-2

国内外の研究例

- ▶ 従来型の機械学習: 大規模データから最適モデルを構築、動作学習に膨大なコスト必要
- ▶ 少ない自由度のハード: 適用対象は定型物体で、作業内容も限定的
 - ・腕:1本、ハンド:1自由度
 - ・可搬重量: 数Kg以下



EDR: EveryDay Robot ピック&プレイス作業
(Google DeepMind Webより画像引用)

■ AIREC・深層予測学習

目標3の研究例

- ▶ 深層予測学習: 学習時と現実の差を許容し、**少量サンプル・短時間での学習**を実現
 - ・著名学会で多数のBest Paperを獲得
- ▶ 自由度と可搬性に優れ、力覚、触覚を備えたハード: **形状や柔らかさが変化する物体**を扱え、**力加減の調整**も可能
 - ・腕:2本、ハンド:10自由度
 - ・可搬重量: 20Kg/腕



プロトタイプロボット (Dry-AIREC)

1.4 国内外の研究開発動向と比較

科学探究を行うAIロボット

現状のAI・ロボット技術の科学探究への適用は定型的な実験の自動化であるのに対し、本プログラムは現実世界からフィードバックを得て自ら成長する自律化を目指す。

■ 多数ロボットを駆動するAI

200の機器を配置し、オンラインで100以上の複雑な実験を自動で同時に実行



CMUクラウドラボ

■ 熟練動作を再現したAIロボット

再生医療における至適分化誘導条件を発見



RBI 社LabDroid まほろ

国内外の研究例

■ 科学探究の自律化を実現するAIロボット

目標3の研究例

- 知識探求AI: **仮説の生成**と実験結果に基づく改善を行なうAI
- 技能習得AI: タスクの潜在構造を発見して **自律的な動作**を実現するAI
- ロボット身体: **マイクロ領域探求**ツール群



自律探究オープン・プラットフォーム



マイクロ領域探求ツール

1.4 国内外の研究開発動向と比較

難環境で活躍するAIロボット

屋外環境で遠隔操縦や部分的な自動化を達成するロボットが登場しているが、本プログラムは、災害現場などの難環境において想定外の状況に臨機応変に対応する点で最先端である。

■ 災害対応用 フィールドロボット

凹凸の多い土壌上での動作を実現



イタリア「スマート農業システムCANOPIES」

■ 群制御／自己組織化

安定した環境で定型タスクを自動実行



複数重機によるダム施工
(鹿島建設)

順次、自動化機械が投入され
連携・運動して作業が進められている

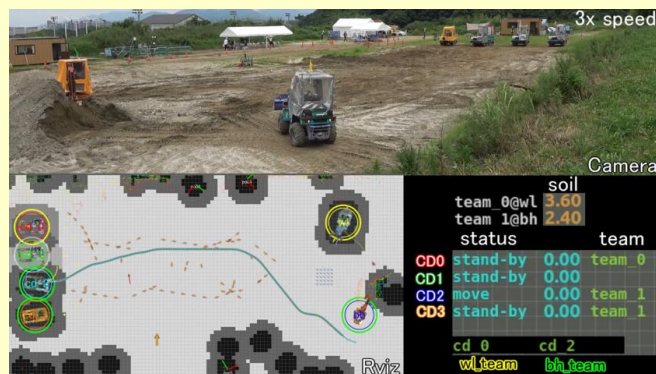
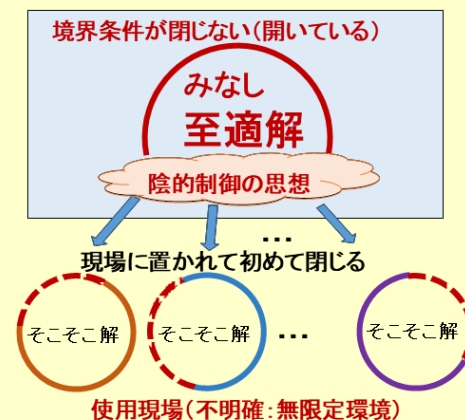
©2021 KAWASUMI CORP.

国内外の研究例

■ 境界条件が閉じない状況向きの開いた設計による**土工の革新**

■ 階層的なチーム編成で**環境等の変化に臨機応変な対応**が可能な**動的協働AI**

目標3の研究例



動的協働AIによる土砂運搬の九州大学フィールドでの実証

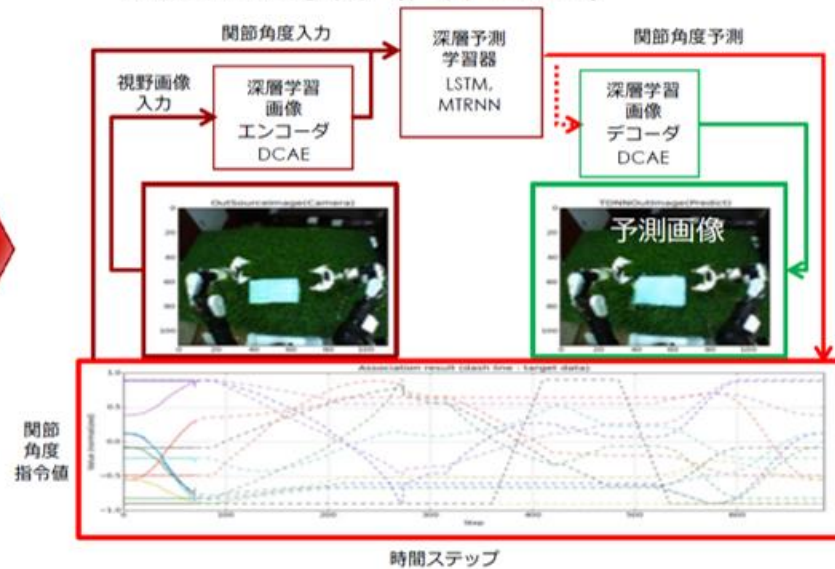
1.5 目標達成に向けた取組み・革新的な成果

深層予測学習によるAIを搭載したDry-AIRECによる家事作業(調理作業、衣服などの柔軟物ハンドリング)を実現。特に、**操作中に状態が変わる物体(食材)**を対象に、実時間でのハンドリング(調理)の学習をスクランブルエッグを題材にして実現。

人間の操縦データ(スキル)の収集(少量データ)



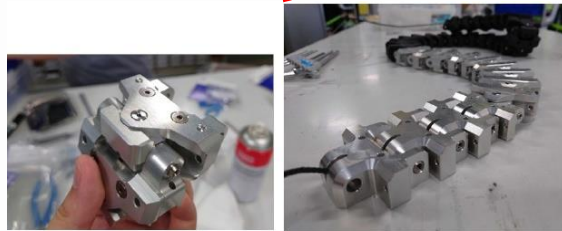
実時間で動作・画像を予測(生成)するように学習(世界モデル)



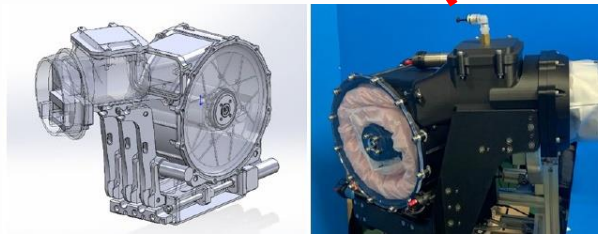
ダマやコゲの発生を予測しながらの料理や、途中で横からじゃま(黒い手)されても、タオルをシワなく掛ける動作を実現

1.5 目標達成に向けた取組み・革新的な成果

適応自在に**個人の体型**に沿った**優しい包み込み**と**体幹保持**を両立する機構構造
(柔剛自在な機構)や**立ち上がり**を支援する機構を創案(世界初のハードウェア)



Active Nimbus holder 機構



巻取構造



Nimbus
Lower Limb
(小型長伸縮Ver、座位
位置から2倍伸縮)

1.6 プログラムマネジメントの状況

PDによるプログラムマネジメント

- メンターの設置
PDの指名で5名のSPD及びアドバイザーが**メンターとして参加**し、会議などでPMに助言。
- IAB (International Advisory Board)の立ち上げ
国際的な観点からプログラムに対する意見を得るためIAB (International Advisory Board) を立ち上げた。IROS2022目標 3 の展示会場を視察し、コメントを得た。
- 分科会/研究会の設立
分野横断の横串活動のための分科会としてAI分科会、ROS (Robot Operating System) 分科会、ELSI研究会を設立/運営、プログラム間での研究テーマの重複や不足の洗い出しに役立っている。

国際連携

- プログラムとして国際連携促進のため、**ETH(チューリッヒ工科大学)、EPFL (スイス連邦工科大学ローザンヌ校) と2022年に日欧ワークショップを開催**した。2024年には出席国を拡大して**第2回の国際ワークショップ**を開催する。
- ロボット関係の2大国際会議であるICRA/IROSで2022年、2023年と**目標 3 全体でのワークショップなどを開催**し、一般セッションにおいてもPM,PIが講演した。今後、ICRA2024にて目標 3 として各PMによるワークショップや講演が予定されている。

1.6 プログラムマネジメントの状況

産業界との連携・橋渡し

- 建設業、ソフトウェア開発、建設機器メーカー、化学メーカー、コンサルなど幅広い業種から7社が**民間企業（PI）として参画している。**
- 平田PMは社会実装、事業化に向け**Nimbusのエコシステム構築**を検討している。
福祉ロボット関係企業6社、センサ関係企業4社、基盤技術関係企業4社、住宅・福祉関係企業4社、福祉事業者3社、厚生労働省 青葉山リビングラボ、国立長寿医療研究センター、経済産業省 Healthcare Innovation Hubなど。

広報・アウトリーチ活動

- 各プロジェクトにおいて、プロモーション動画の公開、市民公開講座、報道、講演など、積極的にアウトリーチしており、一般の人や学生にもリーチしている。
 - 目標3としてCARS2022市民講座を開催し、目標3の「**AI・ロボットの社会**」への**取組**を講演した。
 - **日本ロボット学会**などで企画**ワークショップ**を開催した。
 - ロボット学会誌、機械学会誌、電機連合NAVIに、PDによる目標3の**紹介記事を掲載**した。

ELSI、数理科学等、横断的な取組

- IEEE P7000での委員会設立をはじめとした**ELSI関連の活動、複数の開発テーマでの数理科学的アプローチの検討**などの取り組みも推進している。
- **目標1（CAアバター）**との連携では、2025年に向け国際標準化（ミドルウェア）を進める合同戦略を立てた。合同戦略会議も年1回程度定期的で開催（2022年2月に災害対策、2023年1月に介護をテーマに開催済）。

1.6 プログラムマネジメントの状況

データマネジメント

- 目標 3 ではプロジェクト間のデータ共有だけでなく、外部との共同研究やデータ収集、さらには社会実装への展開可能性があるものは積極的に開示する事を検討している。
- 目標 3 の開発した**ハードウェアの優位性**を示すと共に、ハードウェアの**普及を目指す**ために、研究で得られたソフトウェアをGitHubにて公開している。
 - ✓ 菅野PM : **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)
 - ✓ 原田PM : 開発した**科学AI**や**ロボット自律化AI**のソースコード、**オープンプラットフォーム**の情報
 - ✓ 永谷PM : **模擬実験フィールドの地形データ**、建機ロボットの**動作シミュレータ**等
- 菅野PM、平田PMのリビングラボなどで取得した**個人の生体情報を含む介護等のデータ**は、世界的に介護・医療分野等でAIロボットの需要が高まることにより、**貴重かつ重要なデータとなってくる**。これらのデータ公開に向けて、デジタルツイン技術等により**個人情報が出ない**ような検討を行っている。

目次

1. プログラムの状況

2. 外部評価結果とポートフォリオの見直し

3. 今後の方向性

4. 参考

2.1 外部評価委員一覽

* 運用評価指針に従い、以下の構成メンバーにより、プログラムおよびプロジェクト評価を実施

●プログラム評価（総合評価）

(総合評価)

藤野 陽三	城西大学 学長
渡辺 捷昭	トヨタ自動車株式会社 元 代表取締役社長
江村 克己	福島国際研究教育機構 (F-REI) 理事
大橋 徹二	株式会社小松製作所 取締役会長
榊 裕之	奈良国立大学機構 理事長
濱口 道成	科学技術振興機構 参与
深見 希代子	東京薬科大学 生命医科学科 名誉教授/客員教授

(技術専門的観点)

金出 武雄	カーネギーメロン大学 ワイタカー冠全学教授 京都大学 高等研究院 招聘特別教授
富塚 誠義	カリフォルニア大学バークレー校 教授
榊原 伸介	技術研究組合 産業用ロボット次世代基礎技術研究機構 (ROBOCIP) 理事長
上田 淳	Professor, School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology

●プロジェクト評価

福田 敏男	名古屋大学 名誉教授
上田 修功	NTTコミュニケーション科学基礎研究所 フェロー/理化学研究所 革新知能統合研究センター 副センター長
久保田 孝	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 教授
橋本 秀紀	中央大学 理工学部 教授
石塚 満	東京大学 名誉教授
植木 美和	富士通株式会社 先端融合技術研究所 プロジェクトマネージャー
大倉 典子	中央大学研究開発機構 機構教授/芝浦工業大学 客員教授
奥乃 博	京都大学 名誉教授
尾畑 伸明	東北大学 データ駆動科学・AI教育研究センター 特任教授
笠原 博徳	早稲田大学 理工学術院 教授
國府 寛司	京都大学 理事
塩沢 恵子	株式会社アドイン研究所 製品サービス事業部 取締役
建山 和由	立命館大学 総合科学技術研究機構 教授
友枝 敏雄	関西国際大学 社会学部 学部長
中須賀 真一	東京大学 大学院工学系研究科 教授

2.2 外部評価結果(1/4)

総合評価：マイルストーン（目標値）の達成あるいは達成への貢献が期待通り見込まれ、成果が得られている。

総合コメント

MS目標達成等に向けたポートフォリオの妥当性（評価項目①）

- 人とロボットが共生する社会を目指した3つのターゲット（人生に寄り添うAIロボット、科学探求を行うAIロボット、難環境で活動するAIロボット）において、その要素技術を発展させ全体的に成果が上がっている。
- プロジェクト横断的な場であるAI分科会、ROS(Robot Operating System)分科会などを運営し、共通する開発要素・技術の整理と情報交換を行っている点、スイス大使館との共催による日欧ワークショップや各種国際学会におけるワークショップ開催など国際連携に向けた研究交流を積極的に展開している点が評価できる。
- 今後に向けては、プログラムの目指す社会像と各プロジェクトの位置づけを明確にし、研究開発成果が社会をどのように変えるのかをより具体的・定量的に示し、わかりやすく社会に発信することが必要である。関連して、人々にムーンショット目標の実現を十分に感じさせる一般性・拡張性を持ったマイルストーン・研究成果デモを適切に設定することが重要である。
- 目標1と目標3はターゲットとするユースシーンが近く、社会受容基盤など2つの目標で共通しているところもあるため、両目標を組み合わせた社会像とはどのようなものかを目標1と目標3が一緒に考える時期に来ている。

2.2 外部評価結果(2/4)

1. プログラムの目標に向けた研究開発進捗状況（評価項目②）

1-1.大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組み（評価項目⑦）

- 全般的にロボット身体部分に関する研究開発が進み、特にセンサーと駆動機構において十分に実用的である。また、AIによる動作獲得についても興味深い成果が出ている。
- Robotic Nimbusの概念、AIRECロボットと深層予測学習を利用した複数・異種タスクの実現、AI仮説生成と自律ロボット実験とによる科学探究ループの構築、「自己効力感」という概念などは挑戦的な取組みとして今後期待できる。
- 個別のテーマとしてみると、プロジェクト全体の目標達成において必要とは思われないもの、ポートフォリオに必ずしも合致しないものもいくつか見られる。

1-2.プログラム目標に向けた今後の見通し（評価項目③）

- 色々な新しい技術が実現され、マイルストーンは概ね達成されており、プログラム全体としての進捗状況は良い。
- 4つの既存プロジェクトの研究開発活動の穴を埋め、かつ関連を強化するための7つの新規プロジェクトの追加は適切である。
- 2030年までのマイルストーンは全体的にリーズナブルであるが、現在でも十分に機能している技術／20年後に実用化されるかも不明確な（ただしブレークスルーとなる可能性もある）技術の選別、研究者の入れ替え含むチームビルディング等のマネジメントが目標の実現に向けて重要である。

1-3.その他

- 研究開発にかかるマイルストーンや研究開発成果のデモの設定にあたっては、人々にムーンショット目標の実現を十分に感じさせる一般性・拡張性を持った研究課題を適切に設定することが重要である。この観点から、いくつかのプロジェクトで課題設定の範囲や内容に再検討が必要である。

2.2 外部評価結果(3/4)

2. PDのプログラムマネジメントの状況（評価項目④）

2-1. 研究資金の効果的・効率的な活用（官民の役割分担及びステージゲートを含む）（評価項目⑧、評価項目⑤）	a.産業界との連携・橋渡しの状況（民間資金の獲得状況（マッチング）スピンアウトを含む）	<ul style="list-style-type: none">建設業・メーカー・ソフトウェア開発・コンサルなど、幅広い業種から民間企業が研究開発機関として参画している点が評価できる。社会実装に向けては、早い段階から官公庁・自治体・企業との連携し、利害関係等を把握・整理していく必要がある。
	b.その他	<ul style="list-style-type: none">プログラム全体として、AI技術、ROS技術、ELSIに関する分科会等を開催している点が評価できる。新規に追加した7プロジェクトについて2023年11月にステージゲートを設けることでプログラム全体のポートフォリオ検討を行う点が評価できる。
2-2.国際連携による効果的かつ効率的な推進（評価項目⑥）		<ul style="list-style-type: none">オーストラリア、シンガポール、アメリカ、イギリス、スイス、フランス、ドイツ、カナダ等の優れた研究機関との国際共同研究・提携を進めている点、スイス大使館との共催による日欧ワークショップを開催するなど、海外研究者との提携に向けた交流を積極的に進めている点が評価できる。
2-3.国民との科学・技術対話に関する取組み（評価項目⑨）		<ul style="list-style-type: none">ICRA、IROSなどの国内外の主要会議でワークショップ等を開催し、関連コミュニティへのアウトリーチを積極的に行っている点が評価できる。プログラムが目指す社会像をよりわかりやすく伝えるために、サイエンスライター等の人材を活用するなど工夫が必要がある。
2-4.その他		<ul style="list-style-type: none">ELSIについては、IEEE P7000でのAIロボット倫理基準の国際標準化活動、介護施設におけるAIロボット利用に関する安全基準策定（ISO13482改定）活動を推進している。これらの活動に加え、幅広い観点からプロジェクト横断での議論・活動を強化する必要がある。

2.2 外部評価結果(4/4)

3. 研究推進法人のPD/PM等の活動に対する支援（評価項目⑩）

今回評価した各目標において、

- ①適切な研究契約の締結・予算管理、②研究計画の作り込み（37プロジェクト）、
- ③PD・ADとPMの議論の場を設定・円滑なコミュニケーションの促進、④数理科学分科会やELSI分科会の運用、
- ⑤積極的な広報活動 等、PD・PMサポートに必要な事柄について工夫をしながら適切に実施していると評価する。

その上で、更なる支援強化として要検討と考える点は以下の通り。

- ・ ムーンショットの研究成果が、将来、国内だけでなく国際社会にも展開・受容されるよう、国際的な広報や対話活動も積極的に検討してほしい
- ・ 個々の目標の特性に応じた広報アプローチ、社会とのコミュニケーション等をより充実させるよう、更なる工夫をしてほしい
- ・ ムーンショット目標全体、もしくは実現する社会像が重なる分野においては、目標間連携について積極的な議論を進めてほしい

2.3 プロジェクト評価結果と対応方針（1）

7月中間評価及び11月ステージゲート評価で**研究開発プロジェクトごとの評価**を行ない、その結果をもとに**PMがPI/研究開発体制を再検討し、PDがその内容を確認・承認**する。場合によっては、PDがPMに見直しを指示する。

PM	評価結果	対応方針	対応方針の概要
菅野PM 早稲田大	A	加速	深層予測学習の 実行可能タスクを増やす とともに、 言語モデルとの統合 について検討を進める。介護・看護や日常の場における 実作業へのロバスト性・汎用性を評価 する。ロボットの動作生成方法や言語と動作の統合学習等を継続検討し、作業能力の向上や 一定の対話性 につながる技術開発を進める。
平田PM 東北大	S	加速	適応自在AIロボットを実現するRobotic Nimbus要素技術を適切に統合し、社会実装の観点から 介護ロボット支援シナリオを策定 、そこから導かれる 必要な支援動作・タスクを具体化 する。具体化した支援動作・タスクに対して、 Robotic Nimbusプロトタイプを連携させ 、達成度合いの向上を検証する。
原田PM 東大	B	変更	ロボット身体、知能探求AIと技能習得AIの ループ形成、融合 などを実現する 具体的方策を明確化 する。様々な実験を行うプラットフォームにおいて、 ハードウェア/ソフトウェア をどの様に 再構成(リコンフィギュア)するの かの方針を立て、また、課題推進者、研究者の新たな追加や入れ替えなど、 研究開発体制を見直す 。
永谷PM 東大	B	減速	2025年に向けて、 月面に関する研究開発項目を中止して災害対応に専念 し、災害対応の目標である「 模擬自然災害環境でのインフラ構築 」の確実な達成を目指す。目標未達であった 軟弱地盤上の障害物の乗り越え および 自重に頼らない土工 等の要素技術の研究開発は、 課題推進者/研究者の追加など体制を強化して継続 する。

2.3 プロジェクト評価結果と対応方針（2）

7月中間評価及び11月ステージゲート評価で**研究開発プロジェクトごとの評価を行ない**、その結果をもとに**PMがPI/研究開発体制を再検討し**、**PDがその内容を確認・承認**する。場合によっては、PDがPMに見直しを指示する。

PM	評価結果	対応方針	対応方針の概要
牛久PM オムロンサイニック エックス株式会社	A※	—	※プロジェクト開始から約半年の研究進捗・成果に対する中間的な評価である。 2023年11月にステージゲート評価を行い、それに基づいて今後の対応方針を検討・決定する予定。
大武PM 理化学研究所	B※	—	
下田PM 名古屋大学	A※	—	
森島PM 大阪大学	A※	—	
上野PM JAXA	A※	—	
國井PM 中央大学	B※	—	
吉田PM 東北大学	A※	—	

目次

1. プログラムの状況
2. 外部評価結果とポートフォリオの見直し
3. 今後の方向性
4. 参考

3.1 今後の方向性

■ 今後の課題

- ✓ プログラムの目指す**社会像と各プロジェクトの位置づけを明確**にし、研究開発成果が社会をどのように変えるのかをより**具体的・定量的に示す**こと。
- ✓ 目標1と目標3はターゲットとするユースシーンが近く、社会受容基盤など**2つの目標で共通**しているところもあるため、**両目標を組み合わせた社会像**とはどのようなものかを目標1と目標3と一緒に考える時期に来ている。

■ 対応策

- ✓ **目指す社会像や社会に対するインパクトや成果の汎用性・拡張性を一層明確化**するように、マイルストーン・技術目標の再検討とブラッシュアップを行う。
- ✓ 既存4PMの中間評価、11月の新規7PMのステージゲート評価を通じて**プログラム全体の体制見直しと強化**を行う。
- ✓ 競争優位を築くための技術やインテグレーションに必要な技術を明らかにし、研究開発の重点を見きわめながら**メリハリのあるプログラム運営（人や予算配分など）**を行う。
- ✓ 目標1との共通部分を共同で進めるべく、これまで実施してきた**合同戦略会議を継続**するとともに、**国際標準化（ミドルウェア）の合同戦略の推進を強化**していく。

目次

1. プログラムの状況
2. 外部評価結果とポートフォリオの見直し
3. 今後の方向性
4. 参考

4. 各プロジェクトの進捗・成果(菅野PJ)

- 小型化やハンド部の力覚センサを充実させた人協調型AIロボットの**AIREC試作2号機を開発**した。また今後搭載の**電動多指ハンド**も開発した。
- 深層予測学習をコア技術に、複雑な作業や多様な環境に対応する**世界トップクラスのAI技術を搭載**し、調理等の家事作業の実証を行った。
- 一般住居や病院・カフェを模擬した評価実験室で、接客、調理や拭き掃除などの家事、歩行介助や食事支援ほかに取組み、**動作を実証**した。
- ウェット要素技術(柔軟関節、柔軟皮膚など)や体液循環による自己修復機能の研究も進展した。



図 1-1-3 LDK スペース



図 1-1-4 寝室・バス・ランドリースペース



図 1-1-5 カフェスペース



図 1-1-6 ICU・手術室スペース

評価実験室

4. 各プロジェクトの進捗・成果(平田PJ)

- 個々のユーザーニーズに合わせて形態・機能が変化し適切なサービスを提供する適応自在AIロボット群(Robotic Nimbus群)に必要な、**複数の要素技術を開発し**、7月に青葉山リビングラボで**実証**した。
- 人に挑戦を促し、物理的・認知的に支援する新しいVR・ロボット統合型訓練システムおよび人・ロボット共進化AIによる新支援システムを開発した。
- ETHを通じてWHOとの国際連携、リビングラボを通じた企業への成果のアピール等も積極的に進めており、**今後のロボット・センサ活用標準化、社会実装への展開が期待**できる。



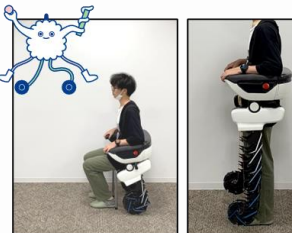
Nimbus Wear



Nimbus Sheet



Nimbus Holder



Nimbus Limbs

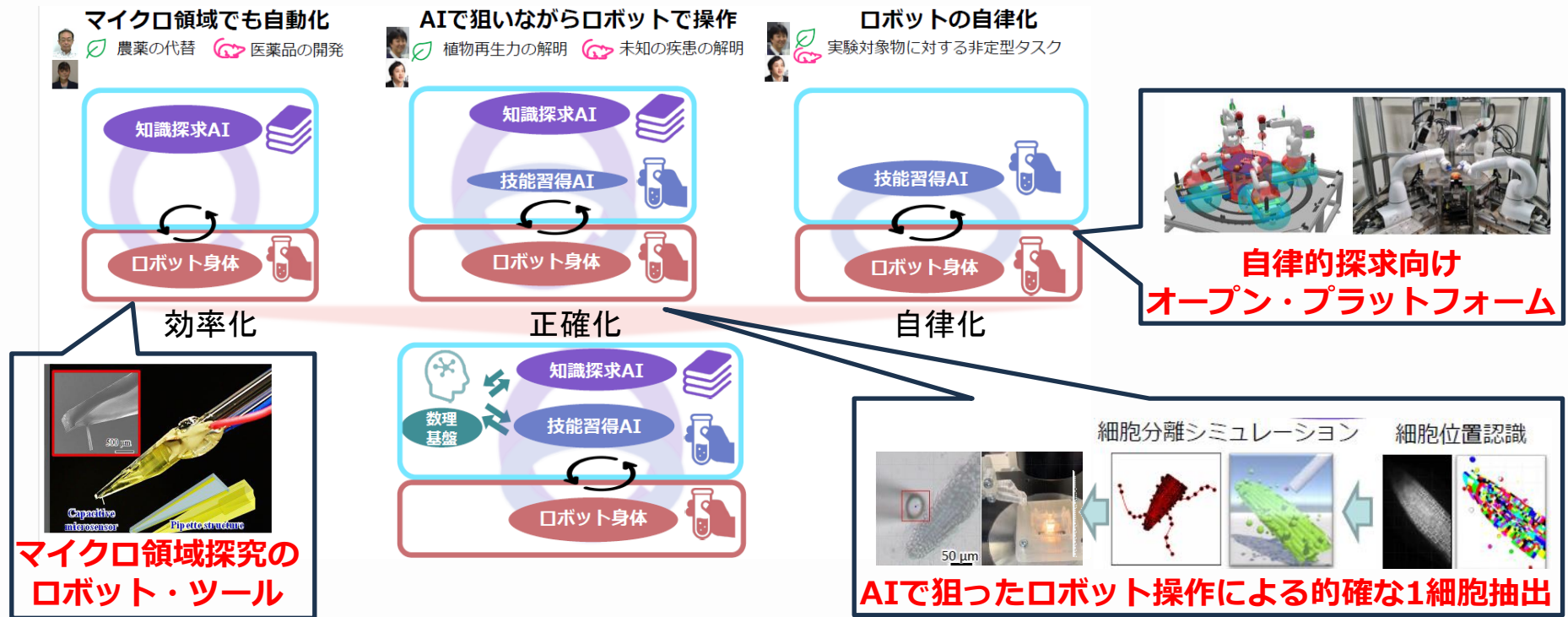


Robotic Nimbusの動作をリビングラボにて
複数要素技術を統合、動作を実証

VR・ロボット統合型訓練システムと
人・ロボット共進化AIによる新支援

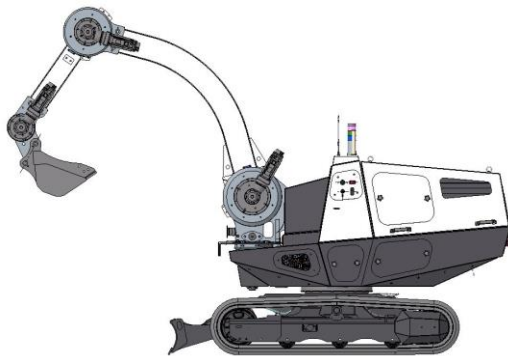
4. 各プロジェクトの進捗・成果(原田PJ)

- ロボット身体、知識探求AI、技能習得AIがループを形成し、数理基盤がその理論的バックグラウンドを与えるという革新的なサイエンス探究AIロボットプラットフォームの開発に取り組んでいる。
- 各課題を代表するバイオ科学実験の具体例に対して**ボトルネックとなるプロセスの効率化・正確化・自律化のループができつつある**。知識探求AI、技能習得AIで使用されるAIに数理基盤を構築するなどの進捗もある。

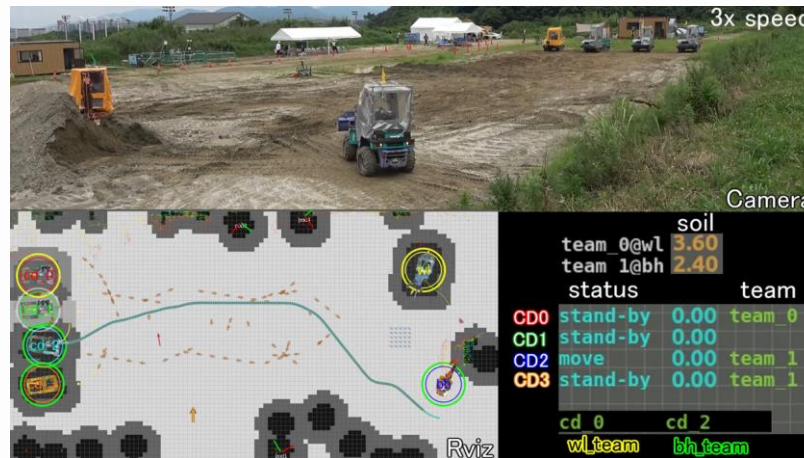


4. 各プロジェクトの進捗・成果(永谷PJ)

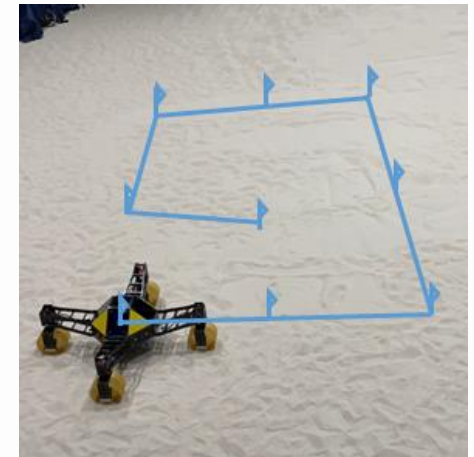
- 土工の革新技術、複数ロボットの動的協働AI技術、現場を俯瞰するセンサポッドシステム向けセンシング/予測技術の要素技術の研究開発を進めた。
- **しなやかさと強さを兼ね備えるパワーソフトツール**を、災害用AIロボットCAFE (Collaborative AI Field robot Everywhere)の初期プロトタイプに装着し、**各種不定形物の除去**を確認したが、**自重に頼らない土工等の目標未達の項目があった**。
- **複数台ロボットの臨機応変なチーム変更を行う動的協働AI**を開発し、センサポッドシステムで収集した環境情報に基づいて**土砂運搬を行う実証**を実施した。
- **月面用AIロボットによる土質調査等をJAXAにて実証**を実施した。複数台の動的協働が示されない等、**災害対応・月面活動の双方に取り組むことによる相乗効果を確認できなかった**。



先端のツール交換が可能な災害AIロボットCAFE



動的協働AIによる土砂運搬の九州大学フィールドでの実証(上図)とセンサポッドによる現場状況の可視化(下図)



月面用AIロボットによるJAXA宇宙探査フィールドの土質測定

4. 各プロジェクトの進捗・成果(下田PJ)

主体的な行動変容を促す Awareness AIロボットシステム開発

AIにより身体能力の発揮を自在に操ることで、自信と余裕を持てる世界の実現

プロジェクト概要

自らの可能性を最大化すべく主体的に行動しながらも、適切な社会的役割を果たすことが可能な社会の実現が強く求められている。主体的に行動するには、自らやるべきこと・やりたいことに気づくことが必要であり、適切な気づきを促し、その発展と継続を補助する Awareness AI の開発が本提案の目的である。気づきとは、人の無意識と意識の狭間を埋めるものであり、これまでの研究で、ロボットによる適切な無意識下での運動補助が、人に多様な気づきを与えるため必要であることが分かっている。

本研究では、主体的な気づきを与える AI、他者との関係を構築する AI、努力の継続を補助する AI を開発し、将来への希望を持って生活できる社会の実現を目指す。

2030年までのマイルストーン

Awareness AIの汎用化に必要な気づきや違和感といった人の内面を表すもののモデル化を完了させる。「Awareness AI Lab」を活用することで身体状態を、デジタル技術を利用して可視化した上で、Awareness AIを用いて、新しい医療分野である認知介入療法を確立する。

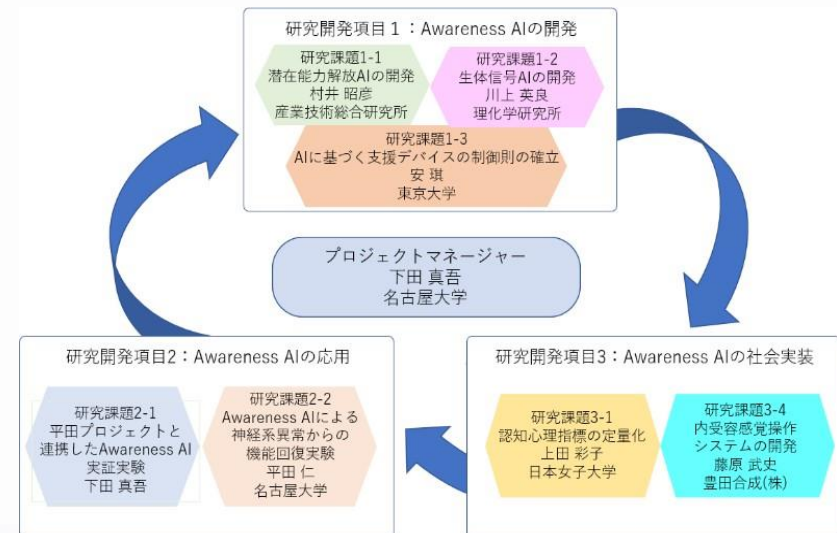
その成果をもとに違和感を覚えることなく人工物からの補助を、日常生活の中で受けられるシステムを構築し、特定状況に特化した違和感のない補助システムの応用を開始する。

2025年までのマイルストーン

開発中の2つのAIシステム「潜在能力解放 AI」と「生体信号解明 AI」を組み合わせて、必要に応じて補助を行う Awareness AI を構築し、機能再建後の運動生成や難治性疼痛・先天性神経異常等の治療を行うシステムを完成させる。

並行して、Awareness AI を医療現場で実証するための「Awareness AI Lab」を構築し、被験者に対し、Awareness AI で自動的に問題点の把握や介入法などを指摘できるシステムにまで仕上げることを目指す。

プロジェクト内の研究開発テーマ構成



4. 各プロジェクトの進捗・成果(大武PJ)

ありがたい未来を共に考え行動を促すAIロボット

利用者を誰よりも理解し、夢へ向かう意欲を促し、成長を支援するAIロボット

プロジェクト概要

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します。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、特定の人への気持ちや考え、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します。それにより、2050年には、「ありがたい未来を共に考え、そのための行動を促すAIロボット」の実現を目指します。

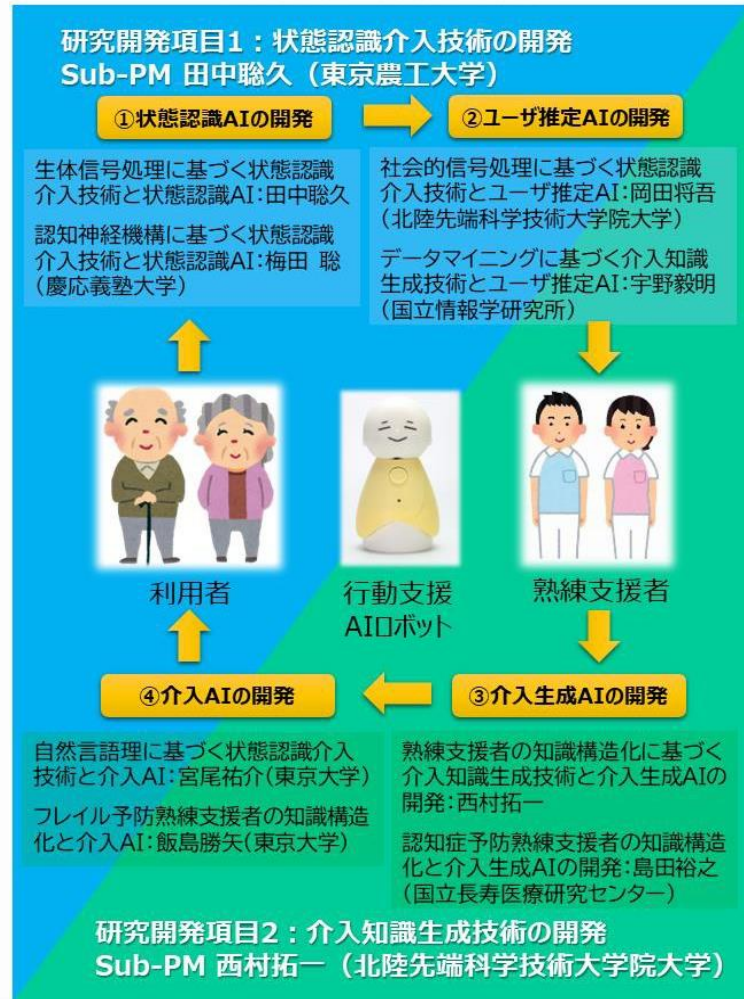
2030年までのマイルストーン

利用者と共に目標を設定し、目標に即した行動を、複数回のやり取りにおけるマルチモーダルインタラクションで引き起こし、目標を達成および修正し、熟練者を超越する支援が可能となる

2025年までのマイルストーン

複数回の音声表情インタラクションを通じた介入により、利用者目標とする行動を引き起こし、部分的に熟練者を超越するレベルの支援が可能となる。

プロジェクト内の研究開発テーマ構成



4. 各プロジェクトの進捗・成果(牛久PJ)

人と融和して知の創造・越境をするAIロボット

文献/実験を理解し、自身の仮説を研究者(人)と対話(共進)可能なAIサイエンティスト

プロジェクト概要

イノベーションにおいて、持続的な性能向上には演繹的思考が、パラダイムの破壊には帰納的思考と創発による知の創造や、分野を回遊する知の越境が必要です。本研究では 2030 年までに、研究者の思考を論文から理解する AI を構築した後、人と対話しながら主張→実験→解析→記述のループを回して研究できる AI ロボットを実現します。2050 年には研究者と AI が融和し、ノーベル賞級の研究成果を生み出す世界を目指します。

2030年までのマイルストーン

各分野の研究者の指示に基づいて AI ロボットがイノベーションを起こし、その成果としてまとめた論文がアクセプトされる。

2025年までのマイルストーン

AI ロボットが、自身で研究を再現・説明できるくらいのレベルで研究者の行う研究を理解できる。

プロジェクト内の研究開発テーマ構成

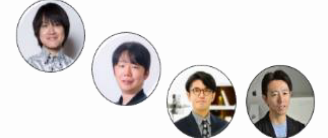
初期段階においては、文献情報や研究者とのインタラクションを通じて、人間の研究を理解する AI の端緒となる研究を遂行します。将来的には、より多様な実験科学分野を扱うことで、ボトルネックの発生や停滞を避けつつ研究 AI ロボットの成果を複数分野に同時展開できる構成を考えています。

	2025	2027	2030	2040
研究ループの体制	<p>人間の研究行動を AI ロボットが学習し評価する</p>	<p>AI ロボットが人間を全パートで部分的に支援する</p>	<p>解析が自動化される 実験も半自動化され、人間は助言を行う</p>	<p>人間は創造的な思考パートに集中する</p>
人間研究者の役割イメージ	研究者	教員・先輩	教員	研究責任者
AIロボットの役割イメージ	査読者・評価者	学部生	博士課程学生	研究員

1. マルチモーダルXAIによる論文の相互関係理解グループ

文献情報による基盤モデルで研究の知識を探求し、UAIへの端緒を構築

- 牛久 祥孝 (OSX・PI)
- 進藤 裕之 (NAIST・准教授)
- 藤吉 弘亘 (中部大学・教授)
- 山下 隆義 (中部大学・教授)



2. サイバー・フィジカル共進化AIグループ

研究者とのインタラクションAIによる知識探求

- 馬場 雪乃 (東京大学・准教授)
- 吉野 幸一郎 (理化学研究所・TL)



フィジカル空間との融合AIによる知識探求

- 松原 誠二郎 (京都大学・教授)



4. 各プロジェクトの進捗・成果(森島PJ)

人・AIロボット・生物サイボーグの共進化による新ひらめきの世界

難環境でも巧みに行動する生物ルールを備えた生物サイボーグ、AIロボットと人の共進化

プロジェクト概要

生物は不確かな環境情報が得られないにも関わらず、環境に応じて巧みに行動します。AI技術によって、そのような生物の「行動ルール」を抽出し、自己組織的な協調作業をするための「制御ルール」を設計してロボットや生物サイボーグに適用できれば、人は様々な環境での行動・情動の制御の方法を生物から見出すようになります。これにより、人に新たな振る舞い、気づき、ひらめきをもたらすと同時に、人とロボット、生物サイボーグが協働・共進化する「新ひらめきの世界」の実現を目指します。

2050年には、人-ロボット-生物サイボーグの共生によって、人が事故や災害などの不安におびえることなく、精神的により豊かになり、新たな学問・芸術・文化を生み出す社会を実現します。

2030年までのマイルストーン

生物サイボーグから見いだした制御ルールの適用による実フィールドでのロボットの自己組織的な協調作業の実現

生物サイボーグを用いた自己組織化プラットフォームにより、崩れやすく起伏に富んだ軟弱な地盤に様々な障害物がある難環境でも自己組織的な協調作業を可能とする「制御ルール」を見出し、それをロボットへ適用することで、実際の作業現場に相当する実フィールドでの協調作業を実現します。

2025年までのマイルストーン

生物サイボーグから見いだした制御ルールの適用による難環境におけるロボット群の自己組織化と生物サイボーグによる自己組織的な協調作業の達成
生物サイボーグをツールとして抽出・設計した、生物の「行動ルール」「制御ルール」を移動ロボットに適用し、難環境での航行性能を向上させ、ロボット群による自己組織的な協調運搬が可能となることを実証します

プロジェクト内の研究開発テーマ構成

本プロジェクトでは、人とロボット、生物サイボーグが協働・共進化する「新ひらめきの世界」の実現を目指し、以下の研究開発テーマに取り組みます。

テーマ①：生物サイボーグ群開発エンジン テーマ②：自己組織化プラットフォーム テーマ③：生物活性度計測



4. 各プロジェクトの進捗・成果(上野PJ)

AI ロボットにより拓く新たな生命圏

月面での生命圏と社会コミュニティを実現する自律型建造物と保守ロボット群

プロジェクト概要

有人宇宙探査の到達点は人類を含む生命体が地球からの従属性を振り切り、月・火星という極限環境において独立した生命圏を築く挑戦です。本プロジェクトは、この到達点をバックキャストした要素を AI ロボット技術を開発・活用させながら、スマート技術、行動変容技術等を有した拠点システムの構築に向けた研究開発を行い、2050年には人類が長期的に活動可能な生命圏を実現します。

2030年までのマイルストーン

AI ロボット技術を具備した全体システム（人が生活できるスマート居住モジュール等）を開発し、地球上の環境（被災地、アウトドアなど）で適用し、システム改良を重ねて月面活動拠点などの国際有人探査計画の一部にも組み込み可能な完成度の高いシステムを実現します。

2025年までのマイルストーン

AI ロボット技術を具備した全体システム（人が生活できるスマート居住モジュール等）の初期バージョンを開発し、実証フィールドにおいて実験を繰り返し、将来の月面活動拠点への適用が可能であることを示します。

プロジェクト内の研究開発テーマ構成

研究開発項目 1：AIロボティクスによる、自律的インフレータブル建造物の実現

研究開発課題 1：AIロボティクスによる、自律的インフレータブル建造物の実現

木村真一（東京理科大学）

研究開発課題 2：複数のモジュールの相互結合により、段階的に拡張可能な結合システムの実現

上野宗孝（宇宙航空研究開発機構）

研究開発課題 3：インフレータブル建造物のロボット化とシミュレーション基盤の構築

山野辺夏樹（産業技術総合研究所）

研究開発項目 2：居住モジュール全体システムの構築

研究開発課題 1：データ収集システムとCPSマネージメントシステムの構築

上野宗孝（宇宙航空研究開発機構）

研究開発課題 2：小型ロボット群の構築による、自律的な情報収集と、居住モジュール開発支援・自己修

復に必要な、自律分散ロボットシステムの構築

渡辺公貴（同志社大学）

研究開発項目 3：居住モジュールにおける、環境センシング技術開発

4. 各プロジェクトの進捗・成果(国井PJ)

未知未踏領域における拠点建築のための集団共有知能をもつ進化型ロボット群

月面で探査、輸送、設置等を自律的に行う小型ロボット群とネットワーク知能

プロジェクト概要

単純機能の小型ロボットが群を形成して知能を発揮し、群全体で共通した機能の更新・拡張、機体の新規追加が群を進化させる仕組みの研究開発を行います。さらに多数のロボットが協力して玉転がしの要領でロボット拠点コンテナを搬送し、コンテナが自ら展開することで活動拠点となる進化型群知能活動拠点構築システムを開発します。それにより

2050年には進化型ロボット群知能により構築された月面活動拠点の実現を目指します。

2030年までのマイルストーン

低機能な小型ロボットの群が、各ロボットに分散搭載される高度な戦略知能(ネットワーク知能)によって自動的に組織化され制御されることで、月面溶岩チューブ内部の探査、居住適地の調査、球形ロボットコンテナの搬送等を行えるようになります。

2025年までのマイルストーン

低機能な小型ロボットの群が、凸凹な地面を障害を避けたり越えて移動しながら建築現場などにおいて記録や検査などで活用されます。

また自らは動けない球形ロボットコンテナをロボット群が転がしながら移動できるようにします。

そして1つのロボットの能力向上が群全体に広がる仕組み、

各ロボットに分散搭載される高度戦略知能の基礎機能を実現します。

プロジェクト内の研究開発テーマ構成

未知未踏領域における拠点建築のための
集団共有知能をもつ進化型ロボット群

研究開発項目1: 進化型ネットワーク知能システム

- 1-1. 進化型群ロボットの行動制御とネットワーク知能の搭載設計
- 1-2. 群収集情報の解析による進化型ネットワーク知能の制御
- 1-3. 進化共進化をともなう自律分散型ネットワーク知能の設計と実現1
- 1-4. 進化共進化をともなう自律分散型ネットワーク知能の設計と実現2

研究開発項目2: 個体進化および群共進化機能の実現

- 2-1. 個体進化および群共進化のため制御機能の柔軟性向上と高速処理化
- 2-2. 機能共有ネットを有する機能モジュール接続型回路の設計実現
- 2-3. 高精度タスク化のためのデータフロー制御による個体進化・群共進化機能の実現
- 2-4. 個体間ネットワークを介したモジュール共有および接続機構の実現

研究開発項目3: ネットワーク知能RTプラットフォーム

- 3-1. 探査・輸送・建築機能を有するRTプラットフォームの統合実現
- 3-2. 小型RT跳躍機構の設計と搭載実現
- 3-3. 小型RT表面移動機構の設計と搭載実現

4. 各プロジェクトの進捗・成果(吉田PJ)

月面探査／拠点構築のための自己再生型AIロボット 難環境で、様々なミッションを行う「変幻自在」なAIロボットシステムの開発

プロジェクト概要

月面において未到探査および拠点構築を行う担い手として、再構成が可能な AI ロボットシステムを提案し、その実現に向けた研究開発を行います。月面に持ち込んだ資材を有効活用し、状況に応じてモジュールの組み換えや、月面で得られる資源を用いてパーツの修復を行うことができる自己再生型 AI ロボットの技術を確立します。それにより、2050 年には月面での探査と資源活用が促進され、持続的な有人活動拠点の実現を目指します。



2030年までのマイルストーン

合体変形により自ら再構成できる機構を持ち、作業タスクとロボット形態に応じた適応的な制御系を構成できる AI を持ち、月面で得られる材料を用いて、必要な時にその場で自ら必要な部品を製作できる機能を備えた自己修復・再生が可能なロボット群としてシステム統合します。

2025年までのマイルストーン

ロボットモジュールを自身あるいは他のロボットにより着脱・交換できること、移動環境に応じて適切な移動様式や形態を選択してモジュール組み換えを行いミッションを遂行できること、複数台のロボットを用いて障害物のある不整地上で大型の対象物を協調搬送できることなどを実証します。

プロジェクト内の研究開発テーマ構成

月面探査／拠点構築のための自己再生型 AI ロボット

研究開発項目 1 :

モジュラー・マルチエージェントなロボットシステム

研究開発課題 1 :

モジュラーロボットの設計・製作、機能解析

研究開発課題 2 :

異構造の複数ロボットによる探査・組立タスクの制御

研究開発課題 3 :

探査・組立タスクの宇宙実証

PI: 松野文俊 (大阪工業大学)、吉田和哉 (東北大学)

研究開発項目 2 : 分散型・Plug and Play 可能な AI

研究開発課題 1 : 階層型強化学習による分散型 AI の実現

研究開発課題 2 : Plug and Play 可能な AI システムの実装

PI: 森本淳 (京都大学)

研究開発項目 3 : 自己修復・再生可能なハードウェア

研究開発課題 1 :

粉末素材によるオンデマンド・ロボット造形法

研究開発課題 2 : 月の砂を用いた 3 次元造形法の開発

PI: 千葉晶彦 (東北大学)