

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」

【 CSTI 5年目評価 】

令和7年4月24日

PD 福田 敏男
(名古屋大学 客員教授)

目次

1. MS目標に対する進捗状況

2. 今後のMS目標の達成の見通し

参考資料 1 プログラムマネジメントの取組み

参考資料 2 各プロジェクトの進捗・成果

参考資料 3 プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧

参考資料 4 現況と今後の方向性

目次

1. MS目標に対する進捗状況

2. 今後のMS目標の達成の見通し

参考資料 1 プログラムマネジメントの取組み

参考資料 2 各プロジェクトの進捗・成果

参考資料 3 プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧

参考資料 4 現況と今後の方向性

1.1 研究開発プログラムの概要

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。



Society 5.0

①一人ひとりの多様な幸せが実現できる社会

②価値創造の源泉となる「知」の創造

③持続可能で強靱な社会



ターゲット 1

人生に寄り添うAIロボット



ターゲット 2

科学探求を行うAIロボット



ターゲット 3

難環境で活動するAIロボット

人との接触/共存
人の理解/サポート

Co-evolution

Self-organization

人の出来ないこと
人が行けない場所

1.2 国際動向とプログラムの立ち位置(1) 動向概略

■ **ヒューマノイド：国内外の研究動向：**
AI学習を駆使したヒューマノイドの進展は著しい。年々ハード身体も進化し、不整地でも倒れず歩行したり、複雑な作業も可能なハンドも有する。生産現場や家庭での導入を目指す企業も出てきている。



←不整地を倒れず歩くTesla Optimus

引用元：Tesla Optimus
https://x.com/Tesla_Optimus

工場作業を自律的に行う Atlas→
引用元：Boston Dynamics
<https://bostondynamics.com/videos/>



←家庭で働くコンセプトのNEO

引用元：1X Technologies
<https://www.1x.tech/neo>

■ **科学探求：国内外の研究動向：**
科学実験AIとロボットの組み合わせで人が行う実験を自動的に繰り返し、一定の成果が出ているものもある。



↑新材料発見を加速 DeepMind

引用元：MIT Technology Review
<https://www.technologyreview.jp/s/323163/google-deepminds-new-ai-tool-helped-create-more-than-700-new-materials/>

人で数カ月かかる実験を8日で完了 リバプール大学
引用元： →
IT Media News
<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2007/15/news089.html>



■ **難環境：国内外の研究動向：**
環境やミッションに合わせた建機やロボットの自律動作の研究が行われている。



↑基地局アンテナの設置実証に成功 GITAI

引用元：日経XTECH <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02783/040900007/>



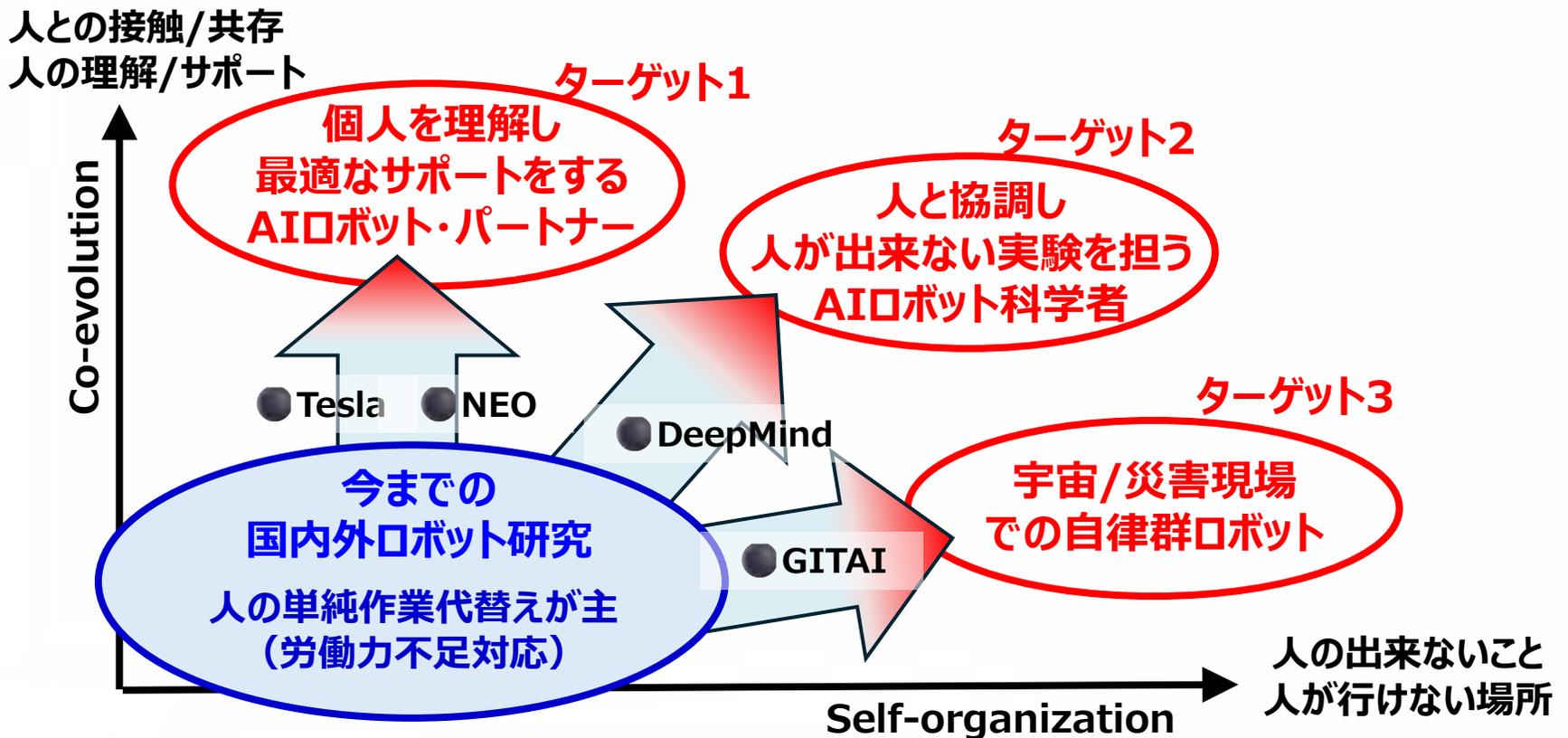
↑無人建機群による自動化施工システムの現場運用開始 鹿島建設

引用元：鹿島建設
<https://www.kajima.co.jp/news/press/202310/13c1-j.htm>

1.2 国際動向とプログラムの立ち位置(2) 目標3比較

■目標3との比較：

国内外でのロボットの研究は人の単純作業の代替え領域が主であったのに対し、目標3では将来を見据え、「Co-evolution:人との接触共存/人の理解とサポート」や「Self-organization:人の出来ないこと/人が行けない場所」という軸で差異化してきた。しかし、矢印のように近年は各社が目標3のターゲットに近い研究を行ってきており、研究の強化や加速も必要である。



1.3 2030年のターゲット

人間、AI、ロボットが相互作用しながら共進化し、自ら学習、行動、修復を行うAIロボットを実現する。

ターゲット1

一定のルールの下で一緒に行動して90%以上の人が違和感を持たないAIロボットを開発する。

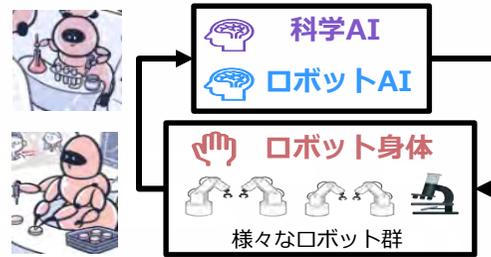
特定の家庭または介護領域において、個人の個性や健康状態を理解し、最適なロボティックケア可能なAIロボットと施設の実現をめざす。



ターゲット2

特定の問題に対して自動的に科学的原理・解法の発見を目指すAIロボットを開発する。

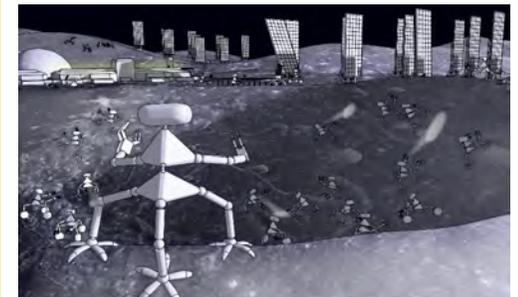
膨大な科学専門知識で仮説生成を行い、人の出来ない作業を自律的に行ない、一部の**疾病の改善**や**植物の成長促進**の発見をめざす。



ターゲット3

特定の状況において人の監督の下で自律的に動作するAIロボットを開発する。

特定の環境にて、複数のロボットが群で自律的に**探査**や**組立**を行なう。その技術は地上の災害地での活用も想定。



2030

1.4 目標達成に向けた進捗状況 (1)

プログラムマイルストーン

ロボットという身体性から外界の情報を得ながら、これまでに学習した情報を元に、ロボットのふるまいを生成し、その結果を学習するAIロボットを実現する。

各ターゲット共に2025年マイルストーンは達成見込み

2025

ターゲット1マイルストーン

一定のルール、特定の環境条件の下で、人がロボットと一緒に行動して人が違和感を感じないロボットを開発する。

ターゲット1では、「一人に一台一生寄り添うスマートロボット」というコンセプトに従い、家事、重量物運搬、人との接触を伴う介助などを一台で実現することを目指している。今年度は、各要素技術のインテグレーションが進み、Dry-AIREC(AIロボット)によるベッド上での起き上がり支援作業中の状態変化推定により、臨機応変な動作生成と対話生成を実現した。さらに深層予測学習により、少ない学習での動作生成も実証した。

また、柔らかさ・しなやかさを実現する形状可変・剛性可変型ロボットの試作を行なった。今年度は、上吊り方式・下支え方式の切り替えを可能とするNimbus Holderを新たに開発し、その他のNimbus Robotsも含めてリビングラボで統合実験を行った。



2024

1.4 目標達成に向けた進捗状況 (2)

プログラムマイルストーン

ロボットという身体性から外界の情報を得ながら、これまでに学習した情報を元に、ロボットのふるまいを生成し、その結果を学習するAIロボットを実現する。

各ターゲット共に2025年マイルストーンは達成見込み

2025

ターゲット2マイルストーン

特定の問題、特定の環境条件に対して、科学的原理・解法の発見のプロセスの自動化を達成する。

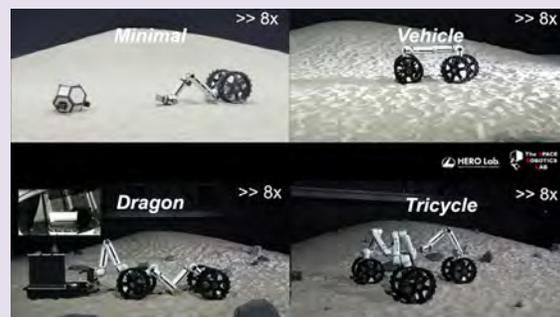
ターゲット3マイルストーン

限られた状況で人間の監督下で、一部人の介在で動作するAIロボットを開発する。

2024

ターゲット2では、今年度は、マイクロロボットツール、仮説生成、データ解析等の要素技術を開発して**科学実験の一連のループを回すことに注力し、農薬に替わる薬や培地の候補を従来手法よりも効率的に発見する等の成果**を出した。

ターゲット3では、月面開発のためのモジュラー型ロボットを複数開発し、**JAXA模擬月面フィールドでの統合試験により、作業に応じた形状変化により、太陽光パネル設置可能であることを確認した。**



1.5 プログラムマネジメントの取組み

PDによる プログラム マネジメント

各プロジェクトの**サイトビジット、キックオフ、全体会議等**を実施し、常に若手も含めたプロジェクトメンバとの課題共有及び研究促進に向けた意識向上を図ってきた。



約150名参加の全体会議：若手中心に活発な議論。

国際連携

毎年国際学会であるICRA、IROS等に参加し、**フォーラム**や**IAB(International Advisory Board)**を実施。特にICRA2024では**7プロジェクトの展示**も行なった。

産業界との 連携・橋渡し

産業界との連携を加速するために、**目標3の7つのプロジェクトに民間企業10社が参画**している。プロジェクト成果であるAIの科学技術への活用を目的として、牛久プロジェクトでは株式会社NexaScienceを**スピンアウト**した。

広報・アウトリーチ活動

一般向け**ワークショップ、投稿、フォーラム、シンポジウム**を行った。

ELSI、数理科学、プログラム間連携等、横断的な取組

目標3の横串活動として、**ミドルウェア分科会**では、目標3事例「ロボットによる健康モニタリング」を標準化表現で実装して動作させる**PoCを実施し、目標1との連携が可能であることを実際に示した**。目標3**ELSI研究会**では、**共通的なELSIの論点整理**を行い、目標3の**内部報告書**を作成した。また、**AI分科会、宇宙関連連絡会議**も行っている。

データ マネジメント

介護施設などで取得する個人情報のように秘匿性の高い情報は、デジタルツイン活用によるデータ変換で**プライバシーを考慮したデータ**にしてプロジェクト内で提供している。

目次

1. MS目標に対する進捗状況

2. 今後のMS目標の達成の見通し

参考資料 1 プログラムマネジメントの取組み

参考資料 2 各プロジェクトの進捗・成果

参考資料 3 プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧

参考資料 4 現況と今後の方向性

2.1 今後の方向性（1）

課題認識（外部環境変化・国際動向変化）

- ✓ LLM、生成AIによるロボットAI技術の急速な進化
- ✓ ヒューマノイド(人型ロボット)への莫大な投資（桁違いの投資レベル）



方向性の骨子

- ✓ **2020年プログラム開始時の計画を見直すべきタイミングである。**
 - 後半5年の研究開発内容・体制の抜本的な見直しが必要。
- ✓ **日本が取り組むべき領域への選択と集中を行ない、資金を有効に使う。**
 - 目標3の**中核である「人と共生するロボット」**の実現に注力。
 - 少子高齢化に起因する労働人口減や介護問題など**日本の社会課題解決**に注力。
 - **日本の強み**を活かし、国際競争力のある領域やアプローチへ注力。

考察・補足

- 国際動向は直近1～2年で急激に進展しており、欧米中で研究を主導する企業の投資も数千億円規模にのぼる。従って、後半5年に向けては、2020年当時の計画を進めるのではなく、開発内容・体制共に抜本的な見直しが必要である。
- 国際動向においては、人と接触する動作、人を理解してその人の嗜好に合わせて臨機応変に対応する動作、細かい手作業等の研究はまだ少ない。これらは目標3の中核である「人と共生するロボット」に必須であり、注力すべき領域と考える。
- AIロボットの社会実装の観点から見ると、少子高齢化に起因する産業界の労働力不足や高齢者介護の問題、また災害や危険作業への対応など、日本でも大きな社会課題となっている領域により注力する必要がある。
- 日本では古くから産業用ロボットの発展やロボット映画・アニメの浸透があり、中小工場や家庭等でもロボットを受け入れる素地が十分にあると共に、モータやアクチュエータ含めたロボット関連技術も高い水準にある。これら日本の強みを活かした研究領域やアプローチ方法を採用することが社会実装実現を加速し、国際競争力を高めると考える。

2.1 今後の方向性（2）

後半5年での研究目標の方向性

2050

目標3：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。

人との関わりの中で **あらゆる状況に対応しながらミッションを達成する自律人型ロボット**

- ・人が出来ることは、基本的に何でもできる(一連のミッションを最後まで行う)
- ・その場の環境や作業を学び、人の嗜好を理解した上で行動する(阿吽の呼吸)

2030

目標：人の指導やサポートをもらった上で、

特定の現場 で **その場の状況** に対応しながら **特定の一連のミッション** を達成する

製造現場、介護現場、
災害現場、家庭/研究室等

環境変化、物体変化、
人の指示や好みの変化等

生産、サービス、介護、
科学探究、災害復旧等

上記を実現するための要素技術開発から、社会実装に向けてのインテグレーション含めた研究開発内容と体制の構築を行う。また、研究の詳細や具体的な現場領域に関しては、今後の研究開発内容と体制の精査の中で行う。

(主な研究課題例)

- ・人同等な種類の行動・作業が可能なロボット身体及びハンド
- ・人同等な行動・作業を臨機応変かつ信頼性高く実現可能な知能と制御
- ・個人に寄り添い継続的にその人の行動様式や判断基準等を学習し、阿吽の呼吸で意思疎通し作業補助できる能力

2.1 今後の方向性（3）

各ターゲットの課題と今後の方向性

ターゲット1(人生に寄り添うAIロボット)

- 「人と共生するロボット」という目標3の主軸であり、2050年に向けて、日本の強みを生かした挑戦的な研究開発の方向性・戦略に沿って、自律人型ロボット等の開発に注力していくことが必要である。また、国際動向も激化していることから、目標3のリソース（資金、人材等）を集中する必要もある。

ターゲット2(科学探求を行うAIロボット)

- 科学探究においては取組む問題の個別性が高いために専用のAIロボットになりやすく、広い問題に対応可能な一般化・汎化が課題である。汎化を進めるためには、ターゲット1で開発する人型ロボットに科学的知識AIを融合させる方向性の検討も必要である。

ターゲット3(難環境で活動するAIロボット)

- 宇宙開発、災害対応等の難環境のAIロボットは、一定の成果が出ている技術のスピナウト等を検討する。また、今後の社会実装に向けては持続的運用体制の構築や宇宙輸送との一体化を要するため、JAXAなどで開始された宇宙探査ロボットや災害対応ロボットに関する施策なども考慮に入れて研究開発の方向性を検討する必要がある。

2.2 今後のマネジメント方針

1. 2030年への具体的なシナリオ作成

- ① 2050年の社会像実現に向けて必要な挑戦的な開発要素の基礎確立
- ② 企業の投資対象となる成果の創出

2. 成果の出ているテーマについてスピナウトを検討

- ① スタートアップの立ち上げ
- ② 他施策へのスピナウト

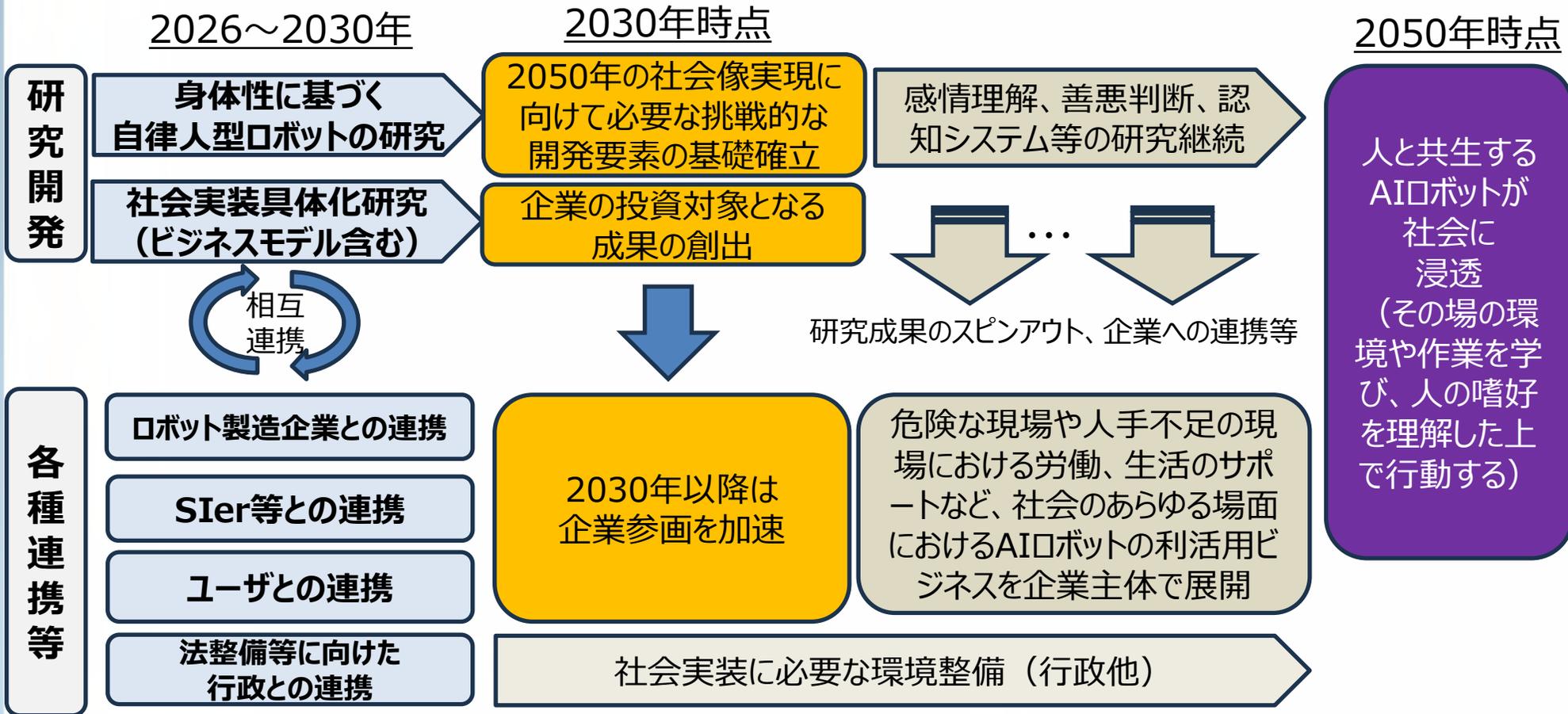
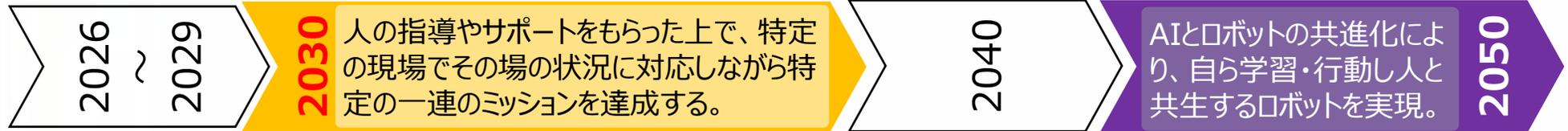
3. 体制の強化

- ① 異分野の取り込み（脳神経科学、材料科学、デバイス工学等）
- ② 若手研究者の呼び込みや抜擢
- ③ 民間企業とのさらなる連携模索

4. 広報・アウトリーチの強化

- ① 定期的な国内外への情報発信と交流
- ② 社会活動現場や民間企業現場との積極的な意見交換

2.3 MS目標達成に向けたイメージ



目次

1. MS目標に対する進捗状況
2. 今後のMS目標の達成の見通し

参考資料 1 プログラムマネジメントの取組み

参考資料 2 各プロジェクトの進捗・成果

参考資料 3 プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧

参考資料 4 現況と今後の方向性

プログラムマネジメントの取組み（詳細）

PDによるプログラムマネジメント

PDによる各プロジェクト・研究者のサイトビジットを積極的に実施し、研究開発状況の把握と方向性等の議論を重ねている。

また、令和6年度には、各プロジェクトの**キックオフ会議**（4月）、**目標3全体会議**（9月）を実施し、若手も含めたプロジェクトメンバとの課題共有及び研究促進に向けた意識向上を図った。



目標3全体会議：若手を含めた約150名が参加し活発な議論が行われた。

国際連携

ロボティクス分野のトップカンファレンスであるICRA、IROSをはじめ、様々な国際会議・学会に参加して最新動向を把握すると共に、その会場で**フォーラム**や**ワークショップ**、**成果展示**を積極的に開催し、海外研究者との交流・議論を深めている。

また、IROS2022、ICRA2024では、**IAB（International Advisory Board）**を実施。特にICRA2024では、7プロジェクトの展示を実施したうえで、実際にその展示を見て頂いたIAB委員3名からは、国際的に競争力があるとのコメントを頂いた。

また、在日スイス大使館との共催により**日欧ワークショップ**を2回実施（2022.9、2024.1）。ワークショップをきっかけに、**数名の海外研究者がプロジェクトの課題推進者として参加している。**

プログラムマネジメントの取組み（詳細）

産業界との連携・橋渡し

産業界との連携を加速するために、新PI参画も進め、既に**目標3の7つのプロジェクト**に**民間企業が参画**している。主な参加企業は以下のとおり。

菅野PJ：株式会社日立製作所

永谷PJ：国際航業株式会社、ヤンマーホールディングス株式会社、株式会社熊谷組

原田PJ：SyntheticGestalt株式会社

平田PJ：川崎重工業株式会社、株式会社国際電気通信基礎技術研究所

牛久PJ：オムロンサイニックエックス株式会社(牛久PM自身が民間企業所属)

國井PJ：株式会社竹中工務店、株式会社デジタルスパイス

下田PJ：豊田合成株式会社

プロジェクト成果であるAIの科学技術への活用を目的として、牛久プロジェクトでは株式会社NexaScienceを**スピンアウト**した。

広報・アウトリーチ活動

国内／海外の会議、学会における研究者向けイベントとともに、一般向け講演等の取り組みも多く行った。主な具体例として、日本工業出版創立70周年記念冊子への**投稿**、ロボット・AIシンポジウム2024名古屋での講演、日本ロボット学会学術講演会の**オープンフォーラム**等がある。また、2025年3月には日本科学未来館において一般向け**シンポジウム**を開催し、PD及び各プロジェクトからの講演と成果展示を実施した。

プログラムマネジメントの取組み（詳細）

ELSI、数理学、プログラム間連携等、横断的な取組

プログラム横断的な取り組みとして、**ミドルウェア分科会**(ROS分科会から名称変更)及び**AI分科会**に加えて、**宇宙関係連絡会議**、**目標3ELSI研究会**を立ち上げて各プロジェクトメンバとの議論を行い、研究開発への反映につなげた。また、**目標1**とは日々の担当者間連携に加え**合同戦略会議**を年1回開催している。

ミドルウェア分科会では、**目標3事例「ロボットによる健康モニタリング」**を標準化表現で実装して動作させる**PoC**を実施し、**目標1**との連携が可能であることを実際に示した。

目標3ELSI研究会では、外部有識者4名を新たに委嘱し、各プロジェクトとの会議を2回ずつ開催し、それぞれのELSI課題について議論を行った。この**議論を通じて得られた共通的なELSIの論点整理**を行い、**目標3の内部報告書**を作成した。

AI分科会では、AI及び数理を専門とするアドバイザーと各プロジェクトのAI研究開発のコア研究者とが情報共有・議論している。プログラムの狙いに沿った成果の最大化を目的としている。

宇宙関係連絡会議では、二つの宇宙関連プロジェクトでより横断的に取り組むために、サブPDをリーダーとして、プログラム内の連携ストーリー作成、国内外の動向の共有、国内外へのアピールと連携等の検討を重ねている。

プログラムマネジメントの取組み（詳細）

データマネジメント

介護施設での実験などで取得する個人情報のように秘匿性の高い情報は、デジタルツインによる**プライバシーを考慮したデータ**にして提供している（平田プロジェクト）



菅野プロジェクトにおけるAI領域では、深層予測学習の**オープンソースソフトウェアを公開**しており、米国、中国、韓国、英国からのアクセスも確認されている。

プログラムマネジメントの取組み（詳細）

主なプログラムマネジメント活動

日時	イベント名	場所	活動
2022/9	日本ロボット学会	東京/日本	オープンフォーラム/目標3紹介
2022/9	スイス合同シンポジウム	チューリッヒ/スイス	シンポジウム/国際連携の可能性検討
2022/10	IROS2022	京都/日本	フォーラム/デモ展示/IAB開催
2023/3	ICRA2023	ロンドン/UK	ワークショップ/プロジェクト関連研究
2023/10	IROS2023	デトロイト/US	ワークショップ/最新AI活用について
2024/1	日欧ワークショップ	東京/日本	ワークショップ/共同研究検討
2024/5	ICRA2024	横浜/日本	プロジェクト展示/IAB開催
2024/7	AIM2024	ボストン/US	講演：目標3の取組み紹介
2024/9	日本ロボット学会	大阪/日本	フォーラム/ELSI対応について
2024/9	目標3全体会議	東京/日本	ワークショップ/若手中心の活発な議論
2024/10	IROS2024	アブダビ/UAE	フォーラム/AIロボットの今後について
2025/1	SII2025	ミュンヘン/ドイツ	宇宙関連ワークショップ開催
2025/3	公開シンポジウム	東京/日本	公開シンポジウム/全プロジェクト成果展示

目次

1. MS目標に対する進捗状況

2. 今後のMS目標の達成の見通し

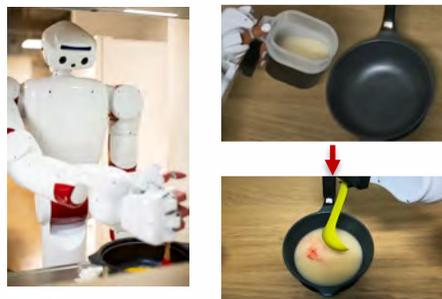
参考資料 1 プログラムマネジメントの取組み

参考資料 2 各プロジェクトの進捗・成果

参考資料 3 プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧

参考資料 4 現況と今後の方向性

家事支援



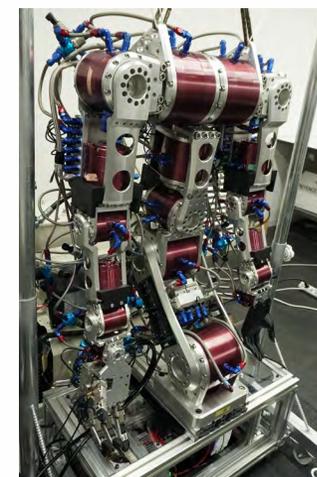
新規開発手法により、ペンネとスープの注ぎとかき混ぜの動作を実現

看護支援



人の生体情報取得模擬動作を実現

次世代ロボットハードウェア



回転型油圧アクチュエータロボットを開発
(胴体4自由度、両腕14自由度、片手10自由度)

介護支援



会話を交えながら人の状態に応じた適応的で自律的な介助支援を実現

学習用ロボット開発

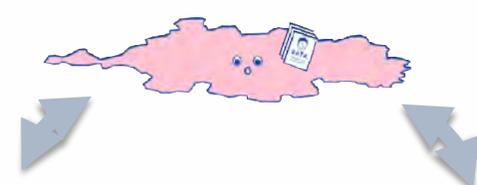


効率よく動作学習し自律動作し、転移学習可能なコンパクトなロボット (AIREC-Basic) を開発



複数のロボット群から人の状態に応じて適切ロボット選択するためのAI並列シミュレーションおよびロボット群協調操作インタフェースを開発

Nimbus Computing & Nimbus Sensing



長期的なセンシングにより人の行動を推定する手法を提案し、病院や介護施設での実証をスタート

ETH Zurichとの国際連携



- 筋斗雲のように柔らかくもあり人の能力を拡張できるNimbus Robotsコンセプトに基づいた複数ロボット開発
- 複数ロボット連携により、日常生活の一連の動作（朝の身支度）を支援することに成功

Nimbus Robotsによる日常支援



Robot/VRによる生活訓練・リハビリ



訓練者の「できるかも」という主観をリアルタイムでフィードバックしながらアシストパラメータを調整するフレームワークを確立

社会参加支援 & 社会実装

介護現場において

最適な支援を提供するAIロボット群

人の個性に自在に適応

日常生活の自立と社会参加を後押し！



プライバシーを排除したデータセット構築手法を提案・データベース化の取り組み開始

倫理標準化の基準構築

IEEE Slandered Associationにヘルスケア分野で活用するAIロボットの倫理標準化を検討する委員会を設立

国際標準化へ



ムーンショットチャレンジハウス

次世代ロボットが導入された家での長期的な未来生活体験ができる拠点を企業・自治体と連携して整備することが決定

研究機関と自治体・企業の産官学連携



スマーター・インクルーシブ・ダンス

日常生活を拡張したわくわく体験創出により、高齢者・障がい者の社会参加を後押し

パリ・パラリンピック関連イベントでデモ

内閣府総合知活用事例に選出『今年のロボット大賞』受賞

詳細計測と医療的介入



日常的な計測によるスクリーニングと無意識介入



2030年に向けた歩み

Robot・医療介入



Parkinson
患者の運動
回復



立ち上がり補助



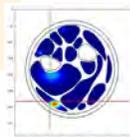
書痙の回復



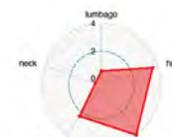
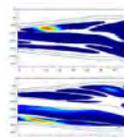
Awareness AI

詳細計測：脳深
部活動の推定

問題抽出：介入要素の導出



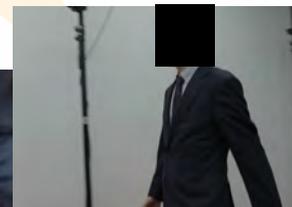
異常筋活動検知



問題部位抽出



異常運動観察

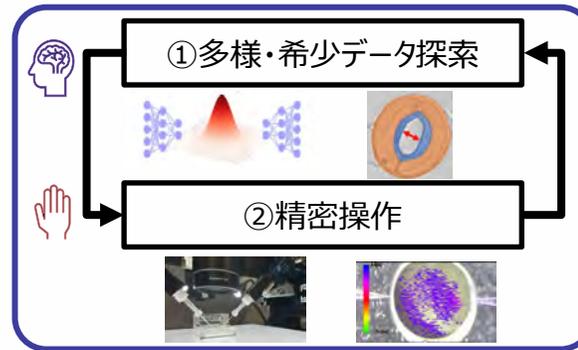


歩行からの異常抽出



<効率化>
あたりをつけ、
超絶技巧で
検証

場当たりの探索、
マイクロ操作

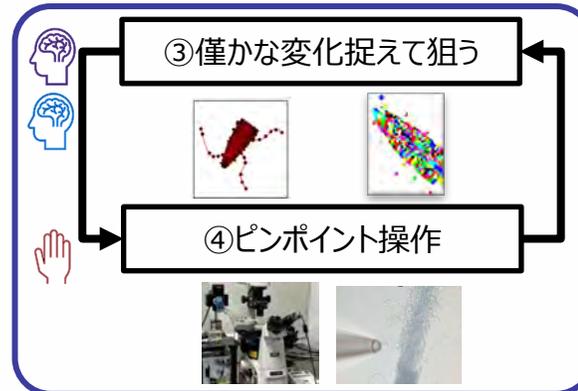


- 優れた材料の発見効率向上
- ✓ 科学者の発見 2~4個/1000個→AIロボット2/7個
60倍の効率で発見
- ✓ 科学者が発見した培地よりもAIロボットが発見した培地が
植物成長率24%向上
- 微細対象物の観察と評価の効率
- ✓ 科学者30時間→AIロボット 1-2分, **1000倍加速**
- ✓ 科学者の目では評価できない**新規評価項目**
(気孔の面積, 血管内全細胞の動態)
- ✓ **熟練科学者と同等のクオリティのマイクロ操作**



<正確化>
僅かな変化を
捉えて
狙い撃ち

変化がわからない、
見たい細胞が取れない



- 目と手の連動による正確度向上
- ✓ 10umの細胞の動きを予測して採取
(世界で初めて成功)
- ✓ (病気の前に細胞の挙動が変わることを発見)
(教科書に載っていない現象を発見)



<自律化>
ロボットが
自ら
創意工夫

ロボット化できず
難環境でも作業



- ロボットの工夫による自律度向上
- ✓ モジュール構成により**ロボット構造も仮説に**
- ✓ 対象物一つ一つの形が異なる場合でも**完全自律化**
- ✓ 移動量の指示ではなく, **簡易な指示で自律化**
「Omm移動」
→「対象物に移して」「貫通する直前で止めて」

進捗

自律駆動研究を実現する研究ループの構築とステップごとの深化

成果

研究ループの始動

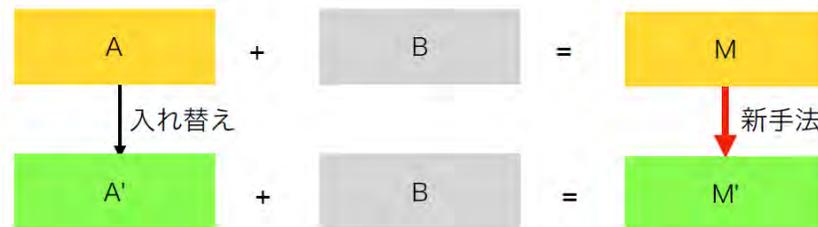
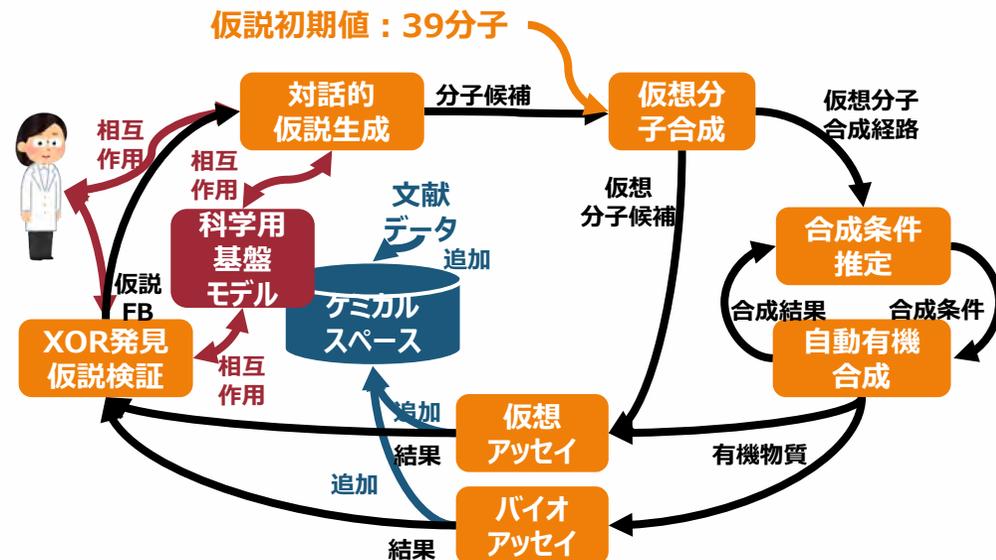
サイバー・フィジカル両方で実験、新規仮説生成を実施→2周目の実験へ

情報分野における仮説生成の実現に成功

クロスオーバー型仮説生成により従来法を超える仮説の生成に成功

PJ期間中からアウトリーチを先行的に開始

(株) NexaScienceを創業、わずか1か月で資金調達の成果



河道閉塞災害への対応システムのインテグレーションに注力するため、**月面着陸拠点の構築を継続せず**、2024年の課題推進者を15名に絞り込んだ。また、以下の新たな研究開発項目を設置した。

研究開発項目5：災害発生時の緊急調査システムのインテグレーションを目指し、環境情報を取得する多種多様なデバイスの開発を進めるとともに、取得した画像情報を評価するAIシステムのインテグレーションを進展させた（図左下）。

研究開発項目6：河道閉塞現場において、複数の建設ロボットによる排水ポンプ敷設を含む応急復旧作業を実現するシステムのインテグレーションを進めた。

研究開発項目7：九州大学構内に、河道閉塞現場を模した実験フィールドを構築した（図右下）。



2050年までに「月面探査／拠点構築のための自己再生型AIロボット」を実現することを目指し、モジュラー型ロボットシステムを開発し、想定される月面ミッションに沿った地上実証デモを実施した。

これまでの宇宙ロボットの考え方を革新し、
環境やタスクに応じた変幻自在なロボットを
実現するための新規技術を開発・実証

↓ 想定する月面での作業

物資搬送



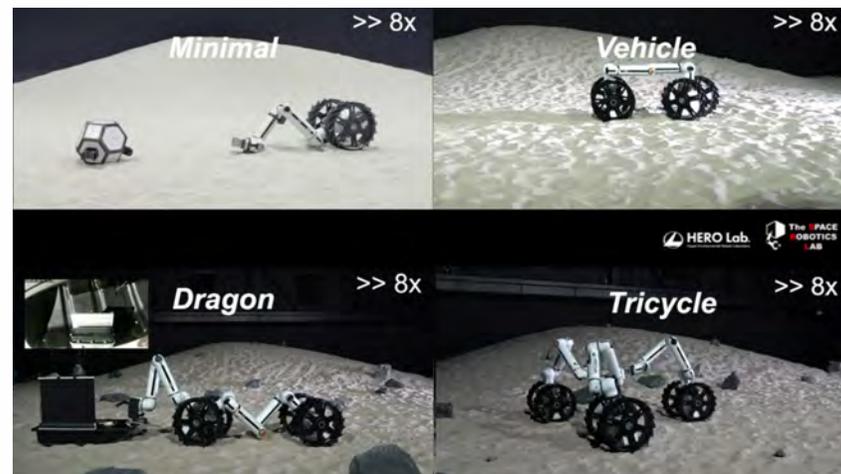
月面整地

与圧構造物の建設

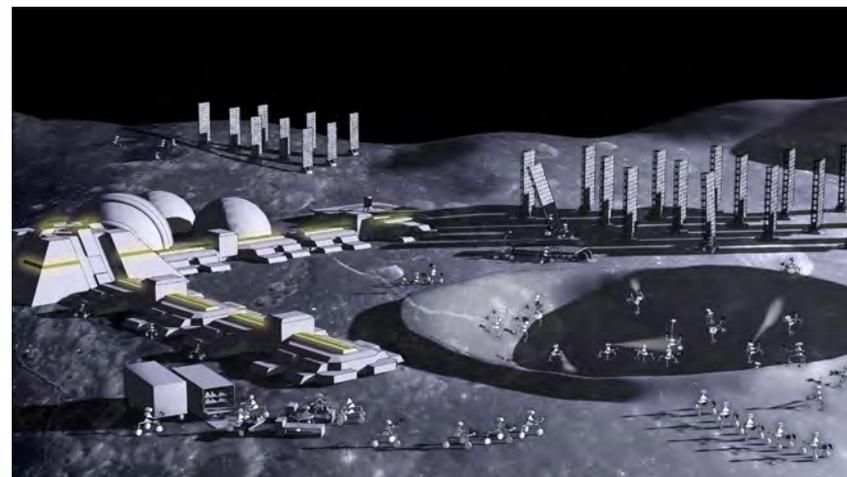
非与圧構造物の建設



複数のロボットが協力して
インフレーター型の有人
モジュールを建設

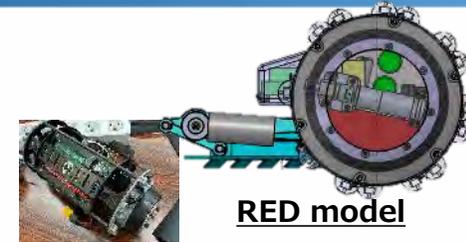


↑ 開発したモジュラー型AIロボットシステム
↓ 2050年に想定する月面拠点



初期探査ミッション(M1)の実現技術を確立

- **宇宙仕様探査ロボット(Flight Model)を設計・試作**
月面使用を考慮した機体設計、年度内に試作機を完成
⇒ 試作実験機と研究開発成果を用いた修正で実用レベルが向上
- **無線方式群制御マーカにより戦略的群制御を可能に**
UWB通信により提案群制御方式を実現 & 自然洞窟で電波性能を評価
⇒ ロボット自身で群中心が制御可能となり群形成と誘導が複雑多様になり知能化へ
- **宇宙仕様を考慮した進化型機能制御装置（電装系）を設計・試作**
提案する機能の再構成アーキテクチャを宇宙用設計でハードウェア実現し動作評価
⇒ モジュール接続で構成自由度向上 & 並列処理で低消費電力・高速動作を確認
- **低処理&計測能力を想定した行動アルゴリズムの実現と複雑環境対応**
周囲への接触確率の解析から開空間を推定し個体と群の行動に反映
⇒ 地図や軌道計画なく障害物環境での目的地到達性を向上
- **縦孔への投入カプセルの要素技術確認 & 設計検討及び試作評価**
想定課題検討より様々なデザイン案と機能試作、衝撃吸収方式の検討と落下試験
⇒ 今後の設計に必要な情報収集と検証による設計準備を実施し、1次試作実施

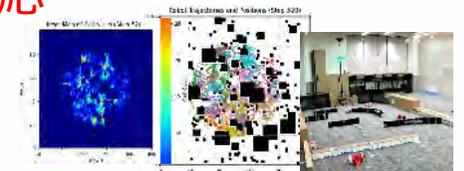


RED model

LEV1mini



電波式灯台
#搭載通信機で代替可能



▶ **高リスク環境探査に向け、世界最先端のミッション技術の準備状態を確保**

目次

1. MS目標に対する進捗状況

2. 今後のMS目標の達成の見通し

参考資料 1 プログラムマネジメントの取組み

参考資料 2 各プロジェクトの進捗・成果

参考資料 3 プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧

参考資料 4 現況と今後の方向性

プログラムのポートフォリオ

PD 福田敏男

アドバイザーボード
サブPD3名、AD11名

IAB 5名

(International Advisory Board)

分科会

ミドルウェア分科会
AI分科会
宇宙関係連絡会議
目標3ELSI研究会

事務局

8プロジェクト：ポートフォリオ

創造性

ターゲット2

科学探求を行うAIロボット

ターゲット3

難環境で活動するAIロボット

牛久PM
仮説生成AI

下田PM
気づきAI

原田PM
科学探求
ロボット

菅野PM
人間協調
ロボット

平田PM
適応自在
ロボット

國井PM
群協働
ロボット

永谷PM
動的協働
ロボット

吉田PM
自己再生型
ロボット

人に適応

環境に適応

ターゲット1

人生に寄り添うAIロボット

■ 4PM (2020年～)

■ AI強化の2PM (2022年～)

■ 難環境の2PM (2022年～)

確実性

プロジェクト一覧

PM	所属・職名	プロジェクト名
菅野 重樹	早稲田大学・教授	一人に一台一生寄り添うスマートロボット
平田 泰久	東北大学・教授	活力ある社会を創る適応自在AIロボット群
下田 真吾	名古屋大学・特任教授	主体的な行動変容を促すAwareness AIロボットシステム開発
原田 香奈子	東京大学・教授	人とAIロボットの創造的共進化によるサイエンス開拓
牛久 祥孝	オムロンサイニックエックス・Vice President for Research	人と融和して知の創造・越境をするAIロボット
永谷 圭司	筑波大学・教授	多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働AIロボット
國井 康晴	中央大学・教授	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
吉田 和哉	東北大学・教授	月面探査／拠点構築のための自己再生型AIロボット
上野 宗孝	宇宙航空研究開発機構 宇宙探査イノベーションハブ 技術領域主幹	AIロボットにより拓く新たな生命圏 (2023年度終了)
大武 美保子	理化学研究所 革新知能統合研究センター チームリーダー	ありたい未来を共に考え行動を促すAIロボット (2023年度終了)
森島 圭祐	大阪大学 大学院工学研究科 教授	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 (2023年度終了)

IAB(International Advisory Board)

名前	所属	国
Bradley Nelson	ETH Zurich	Switzerland
Kevin Lynch	Northwestern University	U.S.A.
Masayoshi Tomizuka	University of California Berkeley	U.S.A.
Paolo Dario	Sant'Anna School of Advanced Studies	Italy
Ray Liu	University of Maryland	U.S.A.

目次

1. MS目標に対する進捗状況

2. 今後のMS目標の達成の見通し

参考資料 1 プログラムマネジメントの取組み

参考資料 2 各プロジェクトの進捗・成果

参考資料 3 プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧

参考資料 4 現況と今後の方向性

主要ファクトと外部環境変化

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

- ターゲット1 2050年までに、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ロボットを開発する。
2030年までに、一定のルールの下で一緒に行動して90%以上の人々が違和感を持たないAIロボットを開発する。
- ターゲット2 2050年までに、自然科学の領域において、自ら思考・行動し、自動的に科学的原理・解法の発見を目指すAIロボットシステムを開発する。
2030年までに、特定の問題に対して自動的に科学的原理・解法の発見を目指すAIロボットを開発する。
- ターゲット3 2050年までに、人が活動することが難しい環境で、自律的に判断し、自ら活動し成長するAIロボットを開発する。
2030年までに、特定の状況において人の監督の下で自律的に動作するAIロボットを開発する。

主要ファクト（実現できていること・できていないこと）

★ターゲット1

- 介助支援等の人と接触する作業（起き上がり介助、車椅子への移乗、靴下装着等）において、被介護者の状態変化推定を行ないながら臨機応変な動作生成を実証した。また、料理/洗濯のような一般家事に関しても、少ない学習での動作生成を実証した。人と接触する柔らかさと人を介助できるパワーを両立する複数ハードウェアの試作を行った。
- 社会実装を目指す上での小型化、軽量化はまだ不十分。後半5年の課題。
- ハードウェア開発が先行しており、AIとの連携強化もこれから加速すべき点である。

★ターゲット2

- 限定の科学実験ではあるが、実験のボトルネック（人が出来ない領域）を解決するAIやマイクロロボットツールは出来つつあり、科学者よりも効率的に良質の物質を発見する成果も出てきている。
- AIロボットとして科学AIとロボットAIの統合はこれから。
- 他の科学実験にも使えるような汎用性の向上（汎化）も今後の注力すべきポイント。

★ターゲット3

- 月面・宇宙領域では、数種のモジュラーロボット群やインフレータブル居住モジュールを試作し、JAXA模擬月面フィールドで動作試験を実施した。
- まだ自律で動作出来ていない。AIとの密連携による自律動作は今後の注力領域。
- 実際の宇宙ミッションについて、関係者との連携を調整中。
- 災害対応領域では、複数台建設ロボットの協働動作による自律土砂運搬作業を実現した。
- 建機開発には多額の費用がかかるため、当初目的とした3トン級の小型建機は開発出来ていない。

研究開始以降の外部環境変化・国際動向変化

• ヒューマノイド(人型ロボット)への莫大な投資

近年急速に進化した大規模言語モデル(LLM)は自然言語をベースとしており、人の動作や人の理解という面でヒューマノイドと親和性が非常に高い。そのため、GoogleやTeslaなどAIに精通している大手企業がヒューマノイド開発に参入し、研究の面でも先端を行っている。また、中国では労働力不足を補うためのヒューマノイド開発が活発になっている。

• LLM、生成AIによるロボットAI技術の急速な進化

自動車は無人運転が出始め、ドローンは群で制御される時代になった。また、NVIDIAのCosmosやCMUのGenesisのように、膨大な数の学習をバーチャル上で短期間に実現するシミュレーション基盤も出始め、AIの学習自体が変わろうとしている。創薬や医療の分野でもAIの活用は急速に進んでいる。

• AIの発達による科学研究の変化

科学研究におけるAIとロボットの活用も急速に発展している。AIの活用により、膨大なデータや潜在空間の中から新たな候補物質の発見が始まっている。一方、ロボットは、まだ搬送や単純作業か、高価な専用装置が主であるが、AIとの進化により今後この科学研究領域でパラダイムを起こすと予想され、多くの国や企業での投資が始まっている。

目標継続した場合の方向性

	後半5年の方向と2030ターゲット（ターゲット維持か見直しか）	2030年終了後の見通し（いわゆる2040に向けて）
プログラム全体	<ul style="list-style-type: none"> 世界ではビッグテック等による大規模投資に基づくAIやロボットの研究開発が進んでいるため、目標3の意義や競合優位をさらに高めるには後半5年の研究開発内容・体制の抜本的な見直しが必要である。 目標3の中核である「人と共生するロボット」の実現には、大量の実世界データやシミュレーションによる学習という現在主流のアプローチに加えて、ロボットの身体や物理世界との相互作用、人の感覚/認知/情動/倫理観等に深く根付いた次世代のフィジカルAI（知能）の研究開発が必要である。 次世代のフィジカルAIとロボットハード技術（日本の強み）との組合せでハイインパクトなAIロボットを産み出すためには、選択と集中が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 2050年の社会実装（社会への浸透、産業化等）に向けて、①企業の投資対象になる成果が出ていること、②2050年に向けた挑戦的な研究の萌芽が生まれていること、の2つである。
ターゲット1	<ul style="list-style-type: none"> 「人と共生するロボット」という目標3の主軸であり、2050年に向けた汎用AIロボット（ヒューマノイド等）に向けた挑戦的な技術開発への注力が必要である。 後半5年の研究開発目標案：「人と同等以上の身体・行動能力・状況理解能力」、「人の意図や感情・情動の理解」、「行動・状況の善悪判断・道徳観」、「認知発達能力」、「長期間連続稼働可能なシステム」（2030年終了時には、これらを限定条件下で達成することを目指す）。 	<ul style="list-style-type: none"> ターゲット1では以下の2つの見通しを考える。 <ol style="list-style-type: none"> 2030年に汎用AIロボット（ヒューマノイド等）が企業開発投資対象になるようなレベルにする。 感情理解や善悪判断など、脳科学・認知システム等に関する技術は2050年に向けた要素技術を確立させる。これら要素技術はスピンアウトも視野に入れる。
ターゲット2	<ul style="list-style-type: none"> 科学探究においては取組む問題の個別性が高いために専用のAIロボットになりやすく、広い問題に対応可能な一般化・汎化が難しいため、研究開発の方向性の検討が必要である。 AI駆動科学に関する複数のプロジェクトが開始されており、このような状況変化も考慮に入れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 左記の検討により見直した研究内容のAI成果が、企業開発投資対象になるようなレベルにする。
ターゲット3	<ul style="list-style-type: none"> 災害対応、宇宙開発等の難環境のAIロボットは一定の成果が出ており、スピンアウト等も含めた検討が必要である。 今後の社会実装に向けては持続的運用体制の構築や宇宙輸送との一体的化を要するため、研究開発の方向性の検討が必要である。 災害対応ロボット・宇宙探査ロボットに関する政府の施策が開始されており、このような状況変化も考慮に入れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 公共性の高い災害対応の社会実装については国や自治体と一体的に進めることが重要。 月面・宇宙領域の社会実装については、成果を企業主導で行う。