

## 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3月24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. 目指す社会像
2. 解決すべき課題
3. プログラムの構成
4. プログラムの進捗・成果
5. プログラムマネジメントの状況
6. 今後の方向性
7. 自己評価結果

# 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



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**

科学発見を行うAIロボット



**ターゲット3**

難環境で活動するAIロボット

人との共生

自律した行動

# 2. 解決すべき課題

## ターゲット1

人生に寄り添うAIロボット

## ターゲット2

科学発見を行うAIロボット

## ターゲット3

難環境で活動するAIロボット

### 課題1：様々な形態で様々な環境に対応できる身体（ロボット）

実現すべき機能：柔軟で繊細な動作、多様な動作の組み合わせ、  
環境変化への追従、様々な形態への再構成

### 課題2：人を理解し共生する知能（AI）

内面状態や情動の認識、言語・非  
言語によるコミュニケーション

### 課題3：無人環境で自律できる知能（AI）

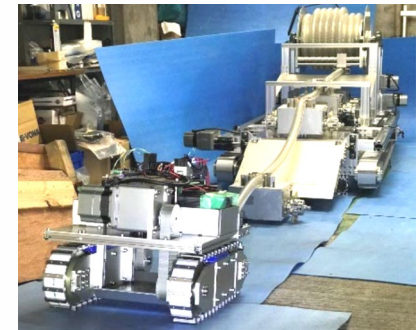
環境変化の認識と予測、行動プランの  
生成、レジリエンス



スマートロボット



マイクロ環境向け  
実験ロボットプラットフォーム

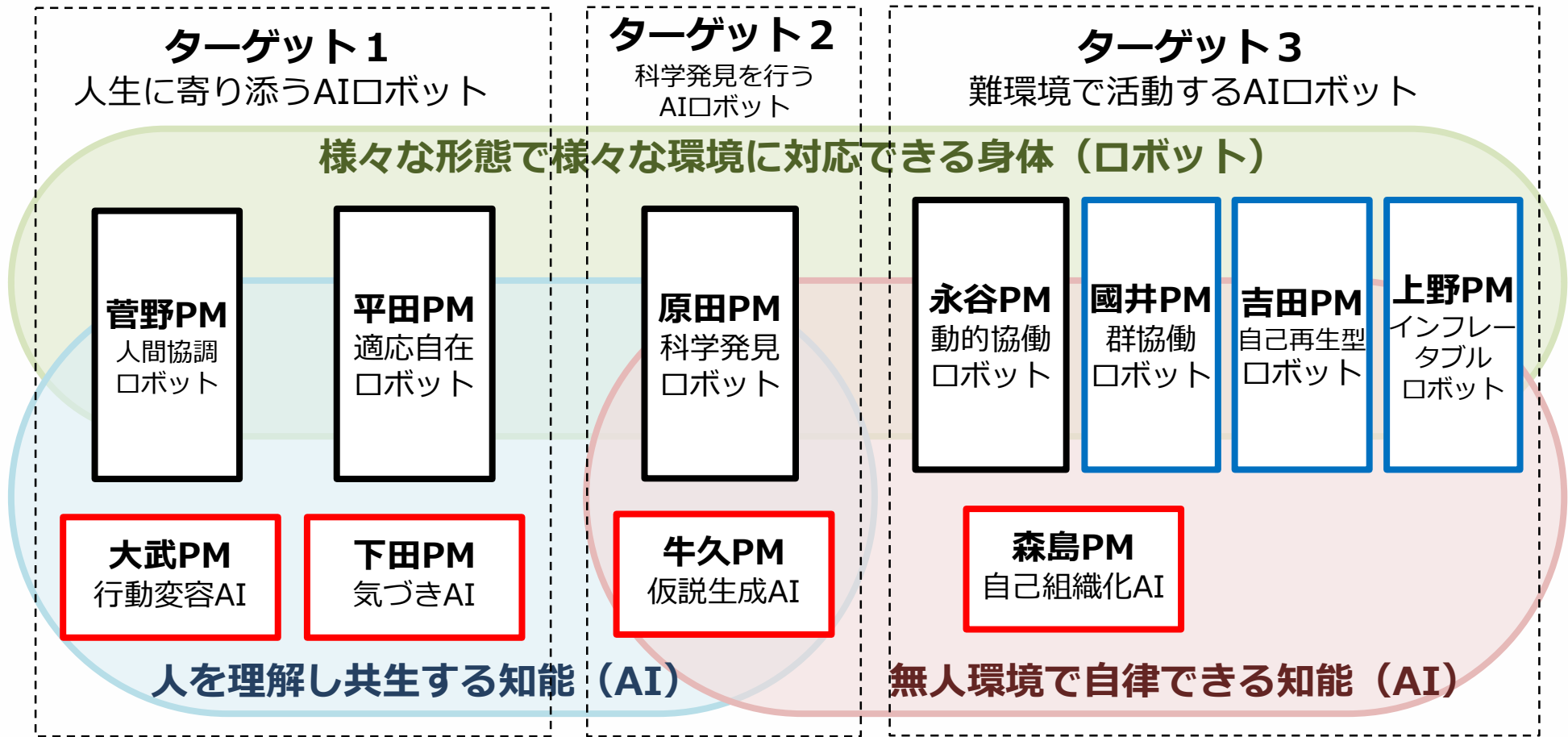


災害対応ロボット

# 3. プログラムの構成

- ✓ 令和2年に3つのターゲットに対し4名のPMを採択（既存PM）
- ✓ AI強化と難環境の場の拡張のため、令和4年に7名のPMを採択（新規PM）

□ 既存PM    □ AI強化の新規PM    □ 難環境の場の拡張の新規PM





# 4. プログラムの進捗・成果 ターゲット1 人生に寄り添うAIロボット

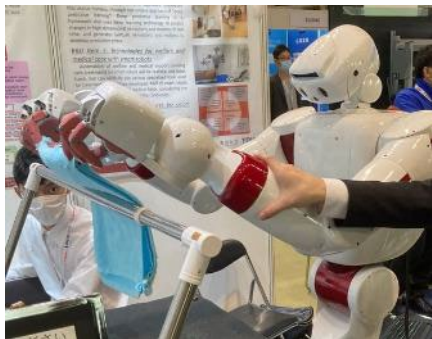
菅野PM(人間協調ロボット) 令和5年に複数の家事作業を実行可能とする。

## 少数の学習で多様な作業に対応するAI技術を環境変化にも対応するよう拡張

視覚、力覚等の情報を統合して予測を行ない、最適な次の動作をリアルタイムに生成するAIを人間協調ロボットのプロトタイプのDry-AIRECに搭載した。



**【調理】**  
ダマやコゲの発生を予測しながら混ぜる動作を生成することで、スクランブルエッグ等を実際に調理可能となった。



**【タオル掛け】**  
途中で横からじゃま（黒い手）されても、タオルをシワなく竿に掛けることができる。

平田PM(適応自在ロボット) 令和5年にニーズに応じて形態変化する要素技術を実現する。

## 体格、障がい、動作意図等の人の個別性に適応する世界初のハードウェア群の開発

任意形状に変形可能な柔剛伸縮機構である内部骨格封入型トーラス機構



**【体位固定】**  
柔状態での体型に沿った優しい包み込みと剛状態での体幹保持を両立を実現した。

人の重心移動に追従し可変接触点を持つ転がり巻き取り型下肢支援機構



**【起立/着座支援】**  
起立/着座時の重心移動と同期して体重を支える場所を制御することで、安定して楽に起立/着座が可能となった。

# 4. プログラムの進捗・成果

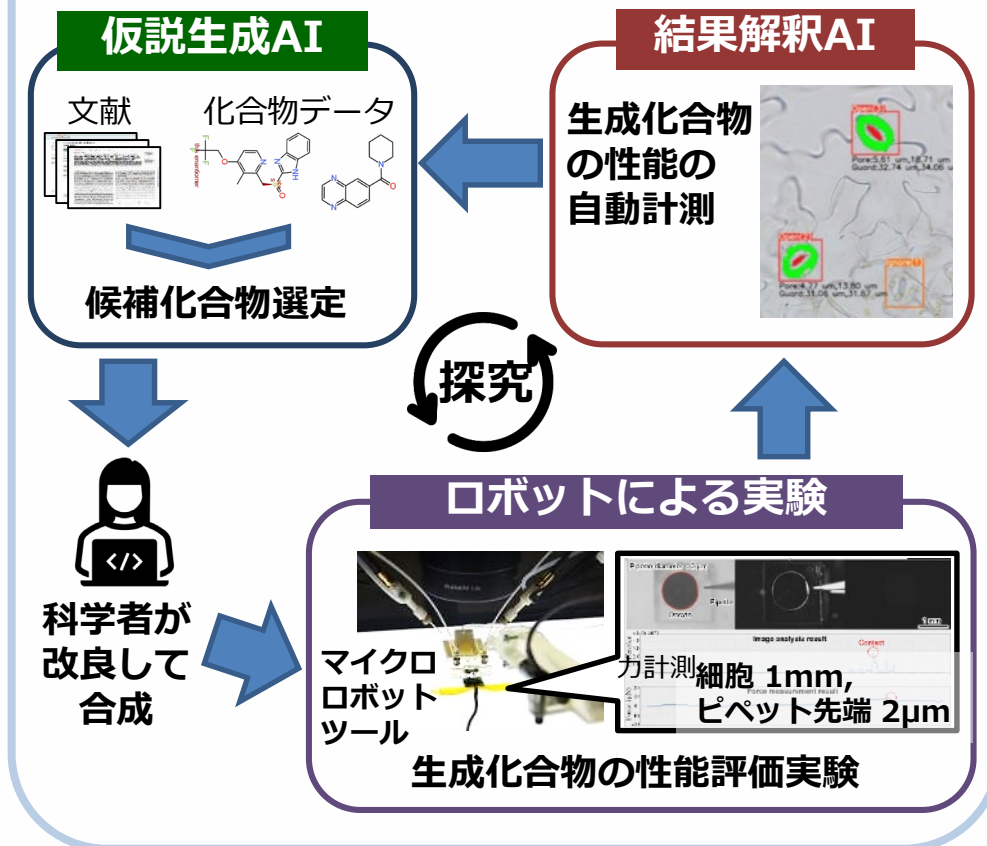
ターゲット2 科学発見を行うAIロボット  
ターゲット3 難環境で活動するAIロボット

原田PM(科学発見ロボット) 令和5年に科学者の操作補助を得ながら自律的な科学実験を可能とする。

永谷PM(動的協働ロボット) 令和5年に多様な環境に臨機応変に対応する要素技術を獲得する。

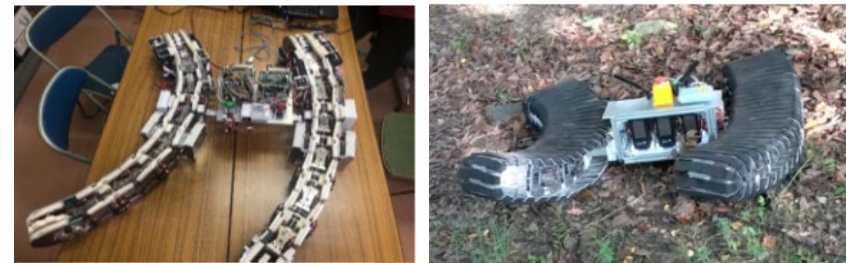
## AIとロボットによる知識探究ループの実現

植物を環境変化に強くするためのバイオスティミュラント候補物質探求を例として実現した。



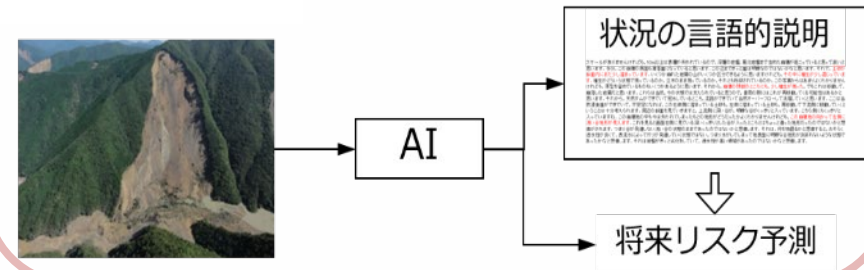
## 災害地を走行可能な双胴柔軟クローラの開発

クローラを上下左右に湾曲させることで、凹凸地盤でも操舵でき、災害地での走行性能を向上させた。



## 災害現場の将来予測を可能とする、高速・少量データ学習可能な言語化AIの開発

専門家による過去の災害画像の解説を学習し、現場画像から災害状況の説明文を生成する学習データの整備と基盤のAI技術開発を行った。



# 4. プログラムの進捗・成果 今後の研究開発の方向性

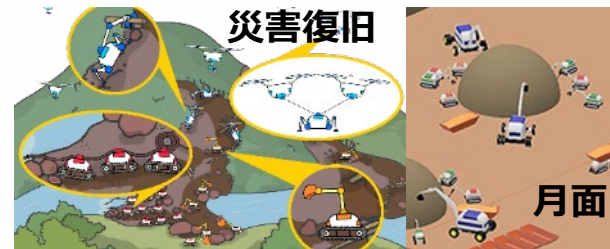
**ターゲット1**  
人生に寄り添うAIロボット



**ターゲット2**  
科学発見を行うAIロボット



**ターゲット3**  
難環境で活動するAIロボット



社会実装

システム統合

要素開発

目指す社会像の実現された際の顧客・提供価値をさらに具体化していく

AIとロボットが  
自ら性能を向上させる  
**共進化**



AIとロボットが  
自己的に改変する  
**自己組織化**

研究成果である要素技術をシステムとして統合する道筋をより明確にしていく

深層予測学習



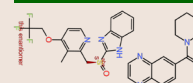
人を理解し共生  
する知能 (AI)



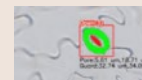
様々な形態で様々な環境に  
対応できる身体 (ロボット)



仮説生成AI



結果解釈AI



無人環境で自律  
できる知能 (AI)

災害予測AI





# 5. プログラムマネジメントの状況 (1/2)

## PDによるプログラムマネジメント

### ■ 国際的な視点での評価

- ✓ AIロボット分野の高名な研究者5名による国際アドバイザリーボード(IAB)を設置し、後述のIROSに合わせて開催したIAB会議(10月)での意見を年次評価等の参考とした。

### ■ 中間評価における評価基準の明確化

- ✓ PM報告会(6月)や年次評価会(11月)、既存プロジェクトに対するサイトビジット等を通じて、マイルストーンの達成状況の検証方法・評価基準を明確化/精緻化した。

### ■ 新規PMの作り込み

- ✓ 難環境対応のSPD任命、アドバイザー3名の追加によりアドバイザリーボードを強化し、SPD・アドバイザーと共に作り込みを実施した(7~11月)。
- ✓ 既存PMとの連携の具体化、挑戦的マイルストーンの策定を中心に指導した。



日欧ワークショップの様子

## 国際連携

### ■ 日欧ワークショップの開催

- ✓ スイスのETH/EPFLを9月に訪問し、PD/PM等を含めて70名の研究者で意見交換、今後の連携に関して議論した。
- ✓ 共同研究2件を準備中

### ■ その他

- ✓ UBIAS(大学附置高等研究院連合)でのPDの目標3紹介をきっかけに海外研究者の訪問研究員として来訪が決定した。

# 5. プログラムマネジメントの状況 (2/2)

## 広報・アウトリーチ活動

### ■ ICRA/IROSでのワークショップ、デモ展示

- ✓ ICRA/IROSは、5000-8000名が参加するロボット分野の二大国際会議
- ✓ ICRAでは、ワークショップにてPDがプログラム概要を、既存4PMがそれぞれのプロジェクトを紹介した。
- ✓ IROSでは、原田PMの基調講演、既存4PMが開発中のAIロボットのデモ展示、AIロボットに関する議論と国際連携を目的にBig Challenge Forumを実施した。
- ✓ 国内外の多く研究者から反響があり、目標3のプレゼンスを高めた。



IROSでのデモ展示  
平田PJの適応自在ロボット群

## 産業界との連携・橋渡し

- ✓ 永谷PJには土工に関連する企業3社がPIとして参画し、新規の牛久PMは企業研究者
- ✓ 平田PJは介護ロボットの評価検証を行うリビングラボを核に約20社と連携を図っている。

## ELSI等の横断的な取組

- ✓ ロボットが人間社会で**法的ルールを遵守した安全で信頼できる振る舞い**を行うための設計手法の標準化を目指し、**IEEE P7017**（人間とロボットの相互作用における「デザインによるコンプライアンス」の方法論）の作業部会を設立し、活動中（平田PJ）
- ✓ ロボットが**医療機器を適切に扱うための基準**の標準化を目指し、**ISO13482**（サービスロボットの安全要求事項）への提案を検討する準備会を設立して、活動中（菅野PJ）

# 6. 今後の方向性

## 次年度の主な予定

- **第2回Japanese-European Workshopと国際シンポジウム（5月）**
  - ✓ ワークショップで日欧連携を加速、公開シンポでAIロボット研究を広くアピールする。
- **中間評価（6～8月）**
  - ✓ 既存4PMの令和5年度マイルストーンの達成状況（AIロボット実地確認を含む）を評価し、既存PMの継続・計画見直し等を判断する。さらに、新規7PMの研究立ち上げ状況を確認する。
- **新規PMのステージゲート評価（11月）**
  - ✓ 新規7PMの令和5年度マイルストーンの達成状況（実地確認を含む）を評価し、新規PMの継続・計画見直し等を判断、さらには既存/新規のプロジェクト再構成を検討する。

## 目標達成に向けた対応方針

- **取り組む社会課題、マイルストーン、システム統合の明確化**
  - ✓ 中間評価およびAIロボットの国際動向調査の結果を踏まえ、社会へのインパクトを最大化するよう、マイルストーンとシステム統合に向けたプランを明確化する。
- **難環境への取り組み**
  - ✓ ターゲット3の途中段階の研究成果を災害対応等に外出しすることを検討する。
- **プロジェクト間連携促進**
  - ✓ 横串の分科会活動（AI、ROS(ロボットの基盤ソフト)、ELSI等）を強化し、プロジェクトを跨いで研究者同士が積極的に連携する機会を拡大する。
  - ✓ プロジェクト間の情報共有や知財の扱いを包含するように実施規約を改訂する。

# 7.自己評価結果(1/3)

総括：

マイルストーン（目標値）の達成あるいは達成への貢献に対して、一定の進捗が見られるが、見通しが定かでない。

そのため、プログラム運営の改善に向け新たな手段、工夫が必要と判断される。

総合コメント

MS目標達成に向けたポートフォリオの妥当性（評価項目①）

各プロジェクトで要素技術の研究開発が進展し、2023年のマイルストーン達成に関しては各プロジェクトで目処が立っている。さらにサイトビジットなどを通して、プロジェクトの進捗把握、助言等が密になされ、PMと相談の上、新しいアイデアに基づく研究開発も開始されており、これらの取組みについても成果が出始めている。また、目標3の共通技術であるAI技術、国際的なニーズが高まっている難環境の場の拡張関係について公募を実施した。採択した新規PMとプロジェクトの作り込みを行い、既存PMとの連携内容の明確化、挑戦的なマイルストーンの策定などを経て、研究開発が開始されたところであり、目標達成に向けてさらなる加速が期待される。

欧州とのワークショップ開催など国際連携に向けた取組みが積極的に実施されており、海外研究者の参画や共同研究に向けた研究者交流などの具体的な取組みに繋がっている。

今後の課題としては、PDの描く目標達成に向けたビジョンを、技術面のみにとらわれることなく、どのような社会課題解決にチャレンジするかと併せてより分かりやすく示すことが必要である。その上で、引き続き、それぞれのターゲットおよび目標全体に対し、研究開発を進めている技術がそれぞれどのように貢献するのか、そこで不足する技術がないか確認しつつ目標全体の研究開発のマネジメントを行っていただきたい。PDの描く目標達成に向けたビジョンが新規採択したPMを含む目標3の関係者間で共有され絶えず議論されることで洗練・見直しされること、これに伴いPM間の連携がさらに進むことを期待する。

各ターゲットについては、特に以下の点に留意してマネジメントしていただきたい。

- (1) ロボティクスとAIとの共進化は世界的に多くの研究者が目指す方向でもあるので、ロボティクス、AIおよびその組み合わせの分野において、どのような卓越した成果を目指すのか、社会像の議論も含めた検討
- (2) 創造的な研究を後押しするシステム開発は、実験自律用のロボット開発とデータや文献分析用AIの高度化に集約されると思われるが、それぞれのサブ領域において、どのような独自性が発揮されるかの検討
- (3) 難環境で活躍するロボット開発では、将来的な月面での活用と並行し、地球上の多くの災害対策への貢献も期待されているので、その長期的な検討



# 7.自己評価結果(2/3)

## (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な取り組み (評価項目⑦)

既存PMのマイルストーンについて、これまで目標やその国際的なレベルが不明瞭な点があったが、PD等からの助言・指導等に基づいて見直しが進み、目標の評価方法を含めて明確化されたと考える。

挑戦的な研究開発項目においては、その実現方法等が不明瞭なものが多かったが、研究の進展に伴い明確化されてきた。PDの助言により開始した新たな発想に基づく取組についても成果が出始めている。例えば、平田プロジェクトでは、サイトビジットでの意見交換を通して、温度により剛性の変化する高分子材料が、温度によりサポートの特性が変化するようなアクチュエータとして活用できる可能性を見だし、研究開発を加速・アクチュエータの構築が進められている。

なお、世界的に研究開発の進展が早い分野であるため常に動向を注視し、挑戦的、革新的な目標や取組みであるかを見直しつつ、さらに高みを目指すとともにその方法の具体化が必要である。個別研究開発課題については、一部、実施内容、体制等に不十分な点も見られるため、当該課題を専門とするサブPD、アドバイザーの協力を得つつ、効果的・効率的な推進が可能となるよう、PMと協議の上、見直し、強化等の対応が必要であると考えます。

### 1-2. プログラムの目標に向けた今後 (評価項目③)

既存プロジェクトでは要素技術の研究開発が進展し、2023年のマイルストーン達成に関しては各プロジェクトともに目処が立ってきた。

また、プログラムの目標を前倒して推進するために加速・強化することを目的として、目標3共通技術であるAI技術及び国際的なニーズが高まっている難環境の場の拡張を対象として公募を実施した。採択した新規PMとプロジェクトの作り込みを行い、既存PMとの連携内容の明確化、挑戦的なマイルストーンの策定などを経て、研究開発が開始されたところであり、目標達成に向けてさらなる加速が期待される。

なお、2025年までには、要素技術を統合したシステムを構築する必要があるが、プロジェクトの一部においてその道筋/計画や体制が不十分な部分がある。これらに関しては、明確化する必要があると考える。

技術開発としては個々のプロジェクトで着実な進展がみられるものの、その一方で、目標3が全体としてどのような社会を目指すのか、どのような社会課題の解決にチャレンジしているのかより明確にし、目標内の関係者と共有するとともに対外的にも発信する活動を強化することが必要と考える。その上で、それぞれのターゲットおよび目標全体に対し、現在進めている研究開発がそれぞれどのように貢献するのか、そこで不足する技術がないか確認しつつ目標全体の研究開発のマネジメントを行っていただきたい。

各ターゲットについては、特に以下の点に留意する必要がある。

- (1) ロボティクスとAIとの共進化は世界的に多くの研究者が目指す方向でもあるので、ロボティクス、AIおよびその組み合わせの分野において、どのような卓越した成果を目指すのか、社会像の議論も含めた検討
- (2) 創造的な研究を後押しするシステム開発は、実験自律用のロボット開発とデータや文献分析用AIの高度化に集約されると思われるが、それぞれのサブ領域において、どのような独自性が発揮されるかの検討
- (3) 難環境で活躍するロボット開発では、将来的な月面での活用と並行し、地球上の多くの災害対策への貢献も期待されているので、その長期的な検討

### 1-3. その他

今年度は新規PMの公募等もあり、AI分科会、ROS分科会等、プロジェクト横断的な活動が十分に行われていない。新規PMの研究開発内容を踏まえて、活動内容の見直し・強化した上で、速やかに活動を再開する必要がある。

# 7.自己評価結果(3/3)

## (2) PDのプログラムマネジメントの状況 (評価項目④)

<p>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)</p>	<p>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)</p>	<p>各プロジェクトにおいて、新たな企業の参画に向けて調整が進んでいる。平田プロジェクトでは、社会実装に向けてステークホルダーとサービス・モノとカネの流れを可視化するエコマップの作成が始まっており、企業参画に向けた取組みが積極的に行われている。今後、このような好事例を、他PMにも展開し、プログラムとして産業界との連携が強化される見込みである。</p> <p>なお、現在参加している企業数は5社であり、絶対数として不足している。また産業界に関心を持っていただくきっかけが不足していると考え。国際ロボット展などの産業界向け展示会で、展示やプレゼンテーションなどを実施し、アピールする必要がある。企業の参画を促すには、知的財産の確保などが重要であるが、一部不十分なプロジェクトがあるため、その重要性を再認識いただき、特許出願等に積極的に取り組むよう指導する必要がある。</p>
<p>(評価項目⑧、評価項目⑤)</p>	<p>b. その他</p>	<p>サイトビジットでの意見交換を通して、プロジェクトに必要となる研究開発課題を見いだし、研究資金の追加配分を実施した。</p> <p>なお、プロジェクトの状況に応じた大規模な追加・見直しには至っていない。PDから指導のみではなく、PMから提案する機会を設けるなど、目標3としてのスキームを整え、機動的な追加配分により研究開発の強化・加速を行う必要があると考える。</p>
<p>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)</p>		<p>欧州とのワークショップを開催し、PM、課題推進者とスイスを中心とした欧州の先端的な研究者が直接議論する機会を設けた。その結果として、複数のプロジェクトにおいて、海外からの課題推進者としての参画や、海外からの研究者の受け入れ希望があるなど、国際連携が大きく進んでいる。ロボット分野のトップ会議であるICRA(2022/5)、IROS(2022/10)において目標3に関する企画セッションを実施し、国際的なアピールがなされており、特にIROSにおいては別途デモ展示も実施され、海外研究者との直接的なコミュニケーションもなされている。国際的な観点から助言をいただくため、著名な研究者からなるInternational Advisory Board(IAB)の立ち上げ、第一回の会合を開催し、PDから目標3のコンセプトを説明するなどの取組みも実施された。</p>
<p>2-3. 国民との科学・技術対話に関する取組み (評価項目⑨)</p>		<p>CARS市民講座(2022/6)、日本ロボット学会オープンフォーラム(2022/9)においてPDおよびPMが目標3の紹介を行うなど、周知活動が進んでいる。</p> <p>なお、各種学会、講演会で目標3のアピールをしているが、比較的、AI、ロボット分野を専門とする方向けの内容に留まっているので、より一般国民、特に若年層へのアピールを強化する必要がある。</p>

●メタデータ件数：32件 (うち、研究データの公開9件、共有3件、非共有・非公開20件)

# 参考：プログラムを取り巻く状況(国内外の動向)

## ■ 様々な形態で様々な環境に対応できる身体（ロボット）

- ✓ 機敏な動作を実現する人型ロボットは実用化されているが、目標3では可搬重量等において人と同等以上の身体能力を目指している。
- ✓ 自動で大量の実験を行うロボットの研究が進んでいるが、目標3では従来自動化できない実験を対象として、マイクロ環境で微細かつ繊細な実験動作を自律的に行うことを目指している。



Atlas  
(Boston Dynamics)  
14自由度（上半身）、  
可搬重量11kg、  
油圧駆動

## ■ 人を理解し共生する知能（AI）

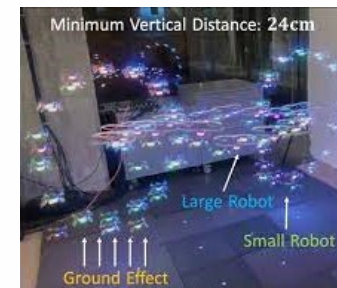
- ✓ 人の曖昧な指示を理解してロボットに適切な動作を行う研究が進んでいるが、目標3では人の感情や情動を理解して動作を生成するAIを目指している。
- ✓ 学習させたデータの範囲に対して適切な予測を行うことが可能となっているが、目標3ではデータの背景にある関係性を発見して予測するAIを目指している。



PaLM-SayCan  
(Google)  
曖昧な指示を解釈して適切な動作が可能

## ■ 無人環境で自律できる知能（AI）

- ✓ 対象に合わせた複雑な動作を学習するAI手法は進んでいるものの、現状では膨大な学習データを必要としているが、目標3では複雑な動作でも少数データから学習可能なAIを目指している。
- ✓ 環境に応じて同種のロボットを連携して動作させる群制御AIは実現されているが、目標3では複数種ロボットが環境やタスクに応じて、自律的にチームを編成・再構成することを目指している。



Neural Swam  
(Caltech)  
ドローン相互の風等の影響を深層学習して、多数のドローンを正確に制御可能