

ムーンショット目標3PM 追加公募におけるPDの方針

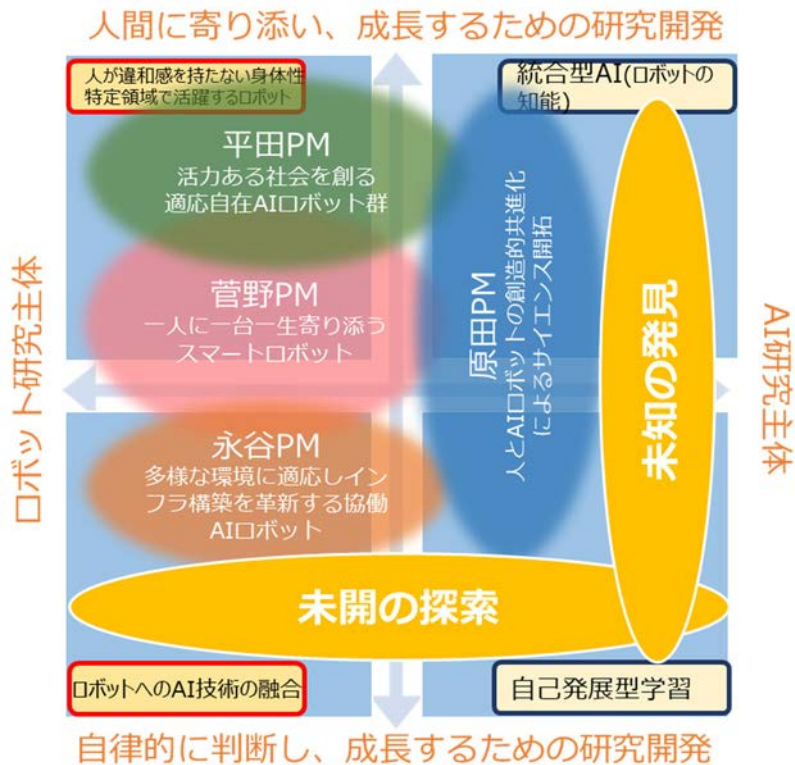
PD: 福田 敏男 (名城大学 大学院理工学研究科 教授)

1. ムーンショット目標達成に向けた本研究開発プログラムの概要

少子高齢化が進展する中で、危険な現場や人手不足の現場における労働、人類のフロンティア開発、生活のサポートなど、社会のあらゆる場面においてロボットを活用できるようにすることが重要です。そのためには、AI とロボットの共進化によって、自ら学習・行動するロボットを実現することが鍵となります。本研究開発プログラムでは、ロボットの高度な身体性と AI の自己発展学習を両立する AI ロボットの実現に向けた研究開発を推進していきます。

2. ポートフォリオとその取組状況

(1) ポートフォリオ



この図では、横軸はAI ロボット研究に対する各研究開発プロジェクトの主軸を表現し、縦軸は人とAIロボットの空間距離（ウェアラブル～支援・補助～遠隔操作～自律動作）を表現しています。本研究開発プログラムではこの2軸を設定し、4つの研究開発プロジェクトによって、全ての象限を網羅するようにポートフォリオをマネジメントし、人間、AI、ロボット技術の共進化を

実現します。

(2) 現在の取組状況

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するために、現在、①人が違和感を持たない、人と同等以上の身体能力をもち、人生に寄り添って一緒に成長するAI ロボット(菅野重樹 PM、平田泰久 PM)、②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(原田香奈子 PM)の他に、③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(永谷圭司 PM)の開発を推進しています。

(3) 目標達成に向けた現状の課題

研究開発プログラム開始から一年が経過し、既存の研究開発プロジェクトの状況や昨今の海外動向を踏まえ、ムーンショット目標 3 を達成するためには、ポートフォリオにおける「未開の探索」と「未知の発見」の研究開発領域にさらに挑戦することが重要です。

以下に、それぞれの研究開発領域で取り組む必要がある具体的な課題を記載します。

① 人が活動することが難しい環境で、人類の活動領域を飛躍的に拡大するためのAI ロボット(未開の探索領域)

本研究開発プログラムでは、「人が活動することが難しい環境」として、環境との相互作用で自ら認識判断し協働行動を律する環境適応型の新たなAI ロボット技術の構築を目指しています。

環境との相互作用として、現時点では、自然災害現場を対象としていますが、より広範囲な適用を検討する上では、例えば、人そのものが立ち入ることが困難な真空下における環境や良好な通信が困難な場として宇宙などの極限環境も検討していく必要があります。

そのための解決すべき技術課題として、未知環境適応AI ロボット技術、自律分散協調型の力作業を伴う協働ロボット、自己修復・再構成可能なロバストなシステム技術、材料構造物のスマート化技術などが挙げられます。

② 人とAI ロボットの共進化による「人間の知的発見」や人を中心とした人間参加型AI システムによる「科学的発見」(未知の発見領域)

本研究開発プログラムのターゲットである「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」や「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」においては、「ロボットを賢くする AI (Intelligent Robots)」だけでなく、人とロボットが共進化するための「人間を賢くするロボット AI (Robots for Intelligence of Human)」の開発に向けて、人の知性の向上や人の行動変容の促進をめざす高度な AI 技術の構築を目指しています。

しかし、高度な AI 技術の構築を行うためには、現時点でも、主に動植物を対象とした科学実験研究開発や、身体支援、家事・医療補助を対象とした AI の開発に取り組んでいるものの、さらに、「新しい科学的発見を行うための仮説を推論する AI」、「新しい気づきを促す AI」及び「より良い選択・行動を促す AI」などの研究開発を行うことが必要となります。

そのための解決すべき技術課題として、人の知識・経験を踏まえた概念獲得（言語と行為の獲得を含む）、人のふるまい・発言・生体情報からの意図推定（意味理解を含む）、人の盲点を考慮した大規模・網羅的な仮説推論（仮説生成・探索を含む）などが挙げられます。

3. 本公募で追加募集する研究開発テーマおよび要件

(1) 宇宙を活動の場とした拠点構築のための AI ロボット技術

本研究開発テーマでは、月面という極限環境において、効率的に拠点（居住モジュール、通信・エネルギー供給などのインフラ、食料生産工場など）を構築できる革新的な AI ロボット技術の研究開発プロジェクトを募集します。

2050 年までに、複数の AI ロボットによる協働・共進化と構造モジュールのロボット化・インテリジェント化が進み、月面に新たな文明を生み出す月面未来都市が構築できることを目指します。

そのためには、2030 年までに、効率的な月面拠点構築技術を獲得するため、賢い協働ロボット群の出現とインフラ構造物の知能化・ロボット化が必要と考えられます。

例えば、将来の月面環境での活動を考慮して、以下の研究課題に挑戦し、研究開発プロジェクト終了時には地上での実証実験を行い、月面拠点構築のための革新的 AI ロボット技術獲得への道筋を示すことを期待します。これによ

り、アルテミス計画などの国際宇宙探査に、本研究開発プログラムで開発した技術が大きな貢献を果たすことが期待されます。

以下は研究課題の例であり、これらに限るものではありません。

- ・ 宇宙輸送コストを考慮して、小型軽量な複数の多機能移動型 AI ロボットを開発し、環境に適応した行動の獲得、および分散協調知能を構築し、複数ロボットの協働による重量物運搬や組み立てなどの協調作業の実現
- ・ 宇宙では容易に修理できないので、故障時の対応として、自己修復機能や再構成機能を構築し、インフラ構築のロバストな協働作業の実現
- ・ 着陸機搭載を考慮して、コンパクトな構造物が月面にて自動展開・自律移動・合体結合など自在な変形を行い、大型インフラを構築する構造物のロボット化・知能化の実現
- ・ 未知環境で AI ロボット群が活動することを支援するため、太陽光パネルが自動的に展開・伸展し効率よく電力を供給する発電タワーロボットや広範囲の行動を可能にするための通信環境を確保する移動型中継タワーロボットの實現

採択後の研究開発推進にあたっては、動的協働 AI、成長型 AI ロボット、自己改変ロボット技術などについて既存の研究開発プロジェクト・国内外の他機関等との連携などを期待します。

(2) 人の発想・ひらめき・行動変容を誘発させるための AI 技術

本研究開発テーマでは、科学的発見、認知能力向上につながる人の発想、ひらめきを創発させる、または、各個人のモチベーションを高める行動変容を誘発させるためのアウェアネス AI 技術の研究開発プロジェクトを募集します。

2050 年までに、人と AI ロボットの協働・共進化により AI ロボットが得た知識や情報を人にフィードバックし、重要な特徴への気づきや意味ある行動変容を促進させる AI 技術を目指します。

そのためには、2030 年までに、人と AI ロボットが円滑にコミュニケーションを行うため、データの情報化・可視化技術が必要と考えられます。

具体的には、将来の科学研究の自動化を考慮して、人間参加型の AI システムにより科学的原理・解法の発見を行い、アウェアネス AI 技術による人間自

身の知能の増幅への道筋を示すことを期待します。

すなわち、人文社会科学、人間科学の知見も統合し、人の機能のみならず、価値観を含めた新たなAI開発を目指し、以下の①、②のいずれか一方、または両方を組み合わせた研究開発の提案を求めます。

① 発想、ひらめきを創発させる AI

人の認知能力を超えた気づきを与えるため、各個人が今まで獲得してきた知識や経験によって形作られた思考傾向や認知バイアスを超えた仮説を推論するAIの実現。

上記を実現するためには、例えば以下のような技術が必要になると考えられますが、これらに限るものではありません。

- ・新しい知識を獲得するため、予想外の事象を観測し、事象を説明するための新しい仮説を構築し、新仮説と既存知識との妥当性を評価し、新仮説が導く結果を予測するAI技術
- ・膨大なセンシングデータ、実験データ、そして論文において、データ間の相関、因果関係を人間が容易に判断することが可能、もしくは人間の知的能力を増幅させる“潜在情報”を高効率に可視化するAI技術

② 行動を誘発させる AI

人の行動に変化を与えるため、各個人のモチベーションの発生、上昇、維持、低下の外発的要因と内発的要因を分析し、解明することによって能動的動機を誘発するAIの実現。

上記を実現するためには、例えば以下のような技術が必要になると考えられますが、これらに限るものではありません。

- ・新しい目標に挑戦するため、理想の将来像の見える化、意欲を掻き立てるレコメンデーション、不安や躊躇いを消し去るナッジシステムにより、自発的な行動変容を促すAI技術
- ・毎日を元気に楽しく過ごすため、行動様式、習慣、日常のふるまいを自動計測し、各個人の生活環境や健康状態のリスクを回避し、身体的、精神的、社会的に良好な状態を持続させるAI技術

採択後の研究開発推進にあたっては、サイエンス探究とロボット自律化と

の融合 AI (原田香奈子 PM)、自己効力感向上学習 AI (平田泰久 PM)、情動コミュニケーション (菅野重樹 PM) などの既存の研究開発プロジェクトとの連携を期待します。

(参考)

- ・ ムーンショット目標3ウェブサイト
<https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal3/index.html>
- ・ ムーンショット目標1 & 3キックオフシンポジウム (2021年3月28日開催)
<https://www.jst.go.jp/moonshot/news/20210328.html>
- ・ JAXA 宇宙探査イノベーションハブウェブサイト
<https://www.ihub-tansa.jaxa.jp>
- ・ JAXA 国際宇宙探査の取り組みウェブサイト
<https://humans-in-space.jaxa.jp/future/>

(参考) 2020 年度 PM 公募における PD による補足

PD: 福田 敏男 (名城大学・教授)

1. 募集・選考の方針等

(1) 募集・選考の方針

目標として定められた「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」に向けて、現在の社会と技術から未来を予測する「フォーキャスティングする」考えと、2050 年の社会を起点にして、逆算すると、今何をすべきかを「バックキャスティングする」考えとの両方を考慮して、PM 採択時点から 3 年、5 年、10 年目までのシナリオを提案してください。提案されたシナリオ等の内容には、2050 年の目標達成にもつながること、挑戦的かつ革新的であること、ELSI などの社会受容性も考慮して、どのように社会に実装・適応していくのかの実現可能性の根拠も含めてください。

(2) 提案内容

① AI とロボットの共進化に関する考え

研究開発構想に示される通り、目標達成には、AI 技術とロボット技術とを融合して、相互に進化させること（共進化）が重要なポイントとなります。

そのため、AI 技術とロボット技術とを共進化させる為の手法について、AI 技術、ロボット技術双方における課題を提示し、その効率的な解決策等を提案してください。

なお、AI とロボットの共進化に関して、従来の視点に加え、以下の 2 つの視点も踏まえて提案してください。

【視点】

- ✓ Coevolution (AI 技術とロボット技術とが連携して自ら性能を向上させる技術)
- ✓ Self-organization (環境等に適応するため、自分自身の知識や機能を自的に改変する AI 技術とロボット技術)

② 提案について

目標達成に向けて、以下の 1) ~ 3) に示す研究開発グループを考えています。提案は、そのうち 1 つの研究開発に関する内容を基本としますが、複数の研究開発グループにまたがる内容も受け付けます。併せて、それぞれの

研究開発グループでの 2030 年における達成事例を示しますが、これに限るものではなく、挑戦的かつ革新的なアイデアを求めたいと考えています。さらに、2030 年、2040 年、2050 年と時代によって Generality が広がるものが望まれます。なお、研究開発構想に示されているとおり、2) で開発される AI 技術については、1) や 3) の AI ロボットの実現にも活用できるものとします。

- 1) 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

【研究開発の達成事例】

ある程度整備された特別な環境下（ただし補助センサー、マーカーなどは備えない）、例えば店舗などで、人とコミュニケーションをとりながら、接客などを行うことのできる AI ロボットを実現する。ロボットが備えた五感センサーから得た情報を元に、人間の行動パターンを学習、記憶したり、画像処理により、人間の仕草や、表情の意味を理解する事ができる技術の確立。これらを AI 処理することにより、与えられた環境下で、ヒトのレベルに応じたシナリオを生成し、賢く相互作用する等人が違和感を持たない会話や動作を行う AI ロボットを実現する。2050 年までには、AI ロボットが環境とヒトとの賢い相互作用により、自らの知識構造をもう一つ上のレベルに Aufheben していくことで、「成長」する AI ロボットを実現する。

- 2) 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

【研究開発の達成事例】

将来的に、自然科学、人文社会科学の幅広い分野で、自ら実験を知的に計画 (Planning) して、自律的に数少ない試行 (Trial) や実験を行い、法則やルールを見つけ出す (評価) AI ロボットを開発する過程で、2030 年までに人間が与えた特定の問題（新薬の開発や、材料の開発など）に関して、AI ロボットが科学的原理・解法の発見を行う事を実現する。

(ア) AI ロボットが、過去の莫大な論文や実験データから、仮説及び検証するための実験計画を立案する。(イ) 人間が、実験計画に従い複雑な実験システムの構築し、AI ロボットが単純化された実験実施を行う（可能であれば、AI ロボットが実験システムも構築する事が望ましい）。(ウ) 実験結果の取得と解析、仮説の検証を行い、さらなる仮説を立てる。

上記の (ア) ~ (ウ) のループを AI ロボットが繰り返すことにより、単なる実験の”パラメータサーチ”のサポートではなく、実験もモデルも自

ら構築・解釈して、実験を続行して”対象の構造”を同定することができる知的能力を有することで効率的に問題を解決することを可能とする。

3) 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

【研究開発の達成事例】

天候などが急変化しない穏やかな環境、整地がされた地面で、人間が計画した建設作業、農作業、伐採作業や、遠隔操作の難しい宇宙空間での作業などを自動で行う AI ロボットの開発。2050 年までには、環境と他のロボット、ヒトとの賢い相互作用により、その知識構造を一つ上のレベルに Aufheben して、動的な環境下で、計画、実行作業を迅速に安全行うことのできるようになる AI ロボットの開発を行う。2030 年までには、AI ロボットが周りの状況を判断して、動作の結果何が起こるかを正確に予測する事によって、AI ロボットの動作を決定する。単純な自動化ではなく、複数台で協調動作を行い、作業を学習する。学習により、より効率的な作業手順を自ら再構成することのできる AI 技術を実現する。

2. 研究開発の推進に当たっての方針

(1) ポートフォリオ管理

ポートフォリオ管理として複数の研究開発プロジェクトの関係性も考慮した上で、PM 間の協業や競争等を求めることとなります。そのため、PM として採択された後の作り込み期間においては、提案されたシナリオに対して PM 採択時点から 3 年、5 年、10 年間のシナリオ及び達成を目指すマイルストーンの明確化、合理的な推進計画及び予算計画の見直しなどに関して、PD 等と相談して行うものとします。

(2) 国際連携

AI ロボットを効率的にかつ迅速に開発するためには、国内のみならず、国内外の研究開発動向を常に把握し、必要な場合には海外の機関とも積極的に連携して研究開発を行うことを期待します。

(3) 産学連携

研究開発を進めていく過程において、波及効果として、産業に貢献し得る成果の創出が期待されます。そのため、研究開発プロジェクトへの業界団体の参加を促す等協業も期待します。

(4) ELSI 関係

2050 年までの今後 30 年間において、社会構造が大きく変容することも想定されます。そのため、社会受容性の観点から、慎重に進めなければならない開発課題もある可能性がありますので、ロボットを含む AI 関連の倫理的・法的・社会的課題を検討する研究者の参画を推奨します。

(5) 他の目標・研究開発プロジェクトとの協働、競争

AI 技術、ロボット技術に関しては他の目標でも共通の研究開発課題がある場合があります。この場合には、協働、競争などを研究開発プログラムの実施中に検討していただく場合があります。