

○戦略目標「実環境に柔軟に対応できる知能システムに関する研究開発」の下の研究領域

実世界知能システムの基盤創出

研究総括：原田 達也（東京大学 先端科学技術研究センター 教授）

研究領域の概要

本研究領域は、AI のさらなる高度化と実世界への応用領域の拡大を目指し、ロボットや IoT 機器などの機械工学分野をはじめ、制御、数理、脳科学、通信など多岐にわたる分野と AI を融合させることで、基礎学理の深化および基盤技術の確立に取り組みます。

現在主にサイバー空間で活用されている AI の技術を物理空間まで拡大するためには、計算資源、学習データ量、推論性能等の制約に伴う技術的限界を克服し、常に変化する予測困難な状況にも柔軟に対応できる新たな方法論の確立など、いくつものブレークスルーが求められます。本研究領域では、このようなブレークスルーに取り組み、実環境において多種多様なタスクを人間と同等以上に遂行できる高度な知能システムの実現に資する研究開発を推進します。

具体的には、実環境に柔軟に対応可能な知能情報処理、知能と身体機能・駆動機構システムの融合、AI を支えるシステム基盤構築等の課題における挑戦的な研究を推進します。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト（AIP プロジェクト）に参画します。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景

近年の超大規模な深層学習に基づく生成 AI は、サイバー空間における人間の知的活動全般に急速な変革をもたらし、多様な産業分野での利活用が期待されています。学術分野においても、創薬やタンパク質構造の予測、物理シミュレーションの高度化、医療診断支援など、多くの領域で AI 技術による革新が進んでいます。一方で、製造・流通・モビリティなど、物体操作や人とのインタラクションを伴う物理的作業を支援するような、実環境や物理世界における AI 技術の社会実装は、依然として十分とは言えません。

実社会の課題を解決し、より豊かな未来社会の実現に資するイノベーションを創出するためには、サイバー空間を主な対象とする AI 技術と、実環境・物理空間を主な対象とするロボティクスや IoT 技術の融合を進め、身体性を持つ知能システムを実現するとともに、社会受容性に関する課題を克服することが求められています。このためには、知能情報処理、機械、数理、制御、通信などの多様な学術分野が、それぞれ個別の課題解決に取り組むだけ

でなく、分野横断的に協調・共創し、革新的な研究開発を推進することが不可欠です。

2. 研究開発の目標と研究課題の例

上記の背景を踏まえ、本研究領域では、AI と機械（ロボット、IoT など）をはじめとする異分野融合を推進し、若手研究者の自由な発想に基づく挑戦的な研究を支援します。これにより、実環境の変化に柔軟に対応できる知能システムの実現に向けた研究開発を推進し、新たな基礎学理の創出を目指します。

具体的には以下の研究課題を想定していますが、必ずしもこれらに限定されるものではなく、より自由で挑戦的な提案を歓迎します。

(1) 実環境に柔軟に対応可能な知能情報処理

現在の AI を実環境へ適用する際に課題となる、資源効率性の改善や、想定外の動的変化への対応、能動的な学習能力などの技術的課題を克服するため、次世代の知能情報処理技術を研究・開発します。

- ・知覚・行動・知識等を融合し、実環境に適応可能な能動的マルチモーダルモデルおよび世界モデルの構築
- ・想定外の状況下でも破綻しない頑健な認識・行動生成手法の確立
- ・実環境で時々刻々と取得される膨大なマルチモーダルデータを即座に学習すると同時に、安定した記憶機構を有する継続学習手法の開発
- ・限られたデータ量および計算資源でも十分に学習可能な AI モデルや方法論の実現

(2) 知能と身体機能・駆動機構システムの融合

AI（知能）と機械の身体機能・駆動機構を高精度・高効率・リアルタイムで融合するための研究開発や、機械各部位（エッジ）の知能化に関する研究開発を推進します。

- ・知能情報処理、駆動機構、センシング機構が相互に影響を及ぼしあうことにより初めて実現可能となる革新的 AI モデルや、高効率かつ頑健なシステムの開発
- ・エッジ側 AI とサーバー側 AI の連携を通じた、学習・推論の速度と精度を最適化する技術の開発
- ・知能情報処理、高性能ハードウェア、高度ソフトウェアを統合した次世代 AI ロボットの開発
- ・知能と身体が相互作用するメカニズムの解明および理論構築
- ・AI ロボットを用いて、器用さが要求される作業、重労働作業、あるいは過酷環境下での作業を遂行可能なシステムの開発

(3) AI を支えるシステム基盤の構築

機械の各部位の知能（AI）や多数のセンサをつなぐネットワークの堅牢性・高効率

性・安定性を実現するためのシステム要素技術の研究開発を実施します。

- ・複数のロボットが協調し、単体では達成困難なタスクを実現するための分散協調処理の理論、アルゴリズム、システムの開発
- ・多数のロボットや IoT デバイス間で膨大なマルチモーダルデータを安定・高速に通信可能とするネットワークシステムの開発
- ・実世界のデバイスから得られるプライバシー情報を保護する理論とアルゴリズムの開発
- ・実環境で稼働するロボット等の機械に対する高度なセキュリティ技術の確立

(関連する技術キーワード)

(1) 実環境に柔軟に対応可能な知能情報処理

マルチモーダル、基盤モデル、シンボル処理 (知識処理・記号処理)、不確実性対応 (予測・評価)、モデル圧縮・分散化・量子化、強化学習、模倣学習、メタ学習、転移学習、継続学習、ロバスト学習、動作計画・タスク計画、因果推論、長期予測、時系列モデル、自己認識、自己進化・創発、連合学習、マルチエージェント 等

(2) 知能と身体機能・駆動機構システムの融合

AI ロボット、二重過程理論、ダイナミック制御、予測符号化、異環境適応、感覚・運動・感情の統合、世界モデル、認知発達ロボティクス、群知能、動的知識更新、モデル統合、ロバスト制御、モデルフリー制御、データ駆動・モデル駆動統合 等

(3) AIを支えるシステム基盤の構築

エッジ AI デバイス、分散協調処理、リアルタイム処理、ネットワーク制御、AI セキュリティ、プライバシー保護 等

3. 想定する研究の進め方

本研究領域では、現在の AI が抱える資源効率や実世界操作 (身体性) といった課題の根本的な解決や「実環境」に対応できる知能システムの実現に向けて、AI 分野と諸分野との融合・協働を図ろうとする姿勢を求めます。

また、学術コミュニティとして AI 分野と諸分野の融合を進めることで、学問の体系的な進展と、今後、本分野を先導していく研究人材の育成を推進します。そのため、採択後には、領域内のみならず、同じ戦略目標下で実施する、CREST「実環境知能システムを実現する基礎理論と基盤技術の創出」の研究者との連携・協調を期待します。

さらに、関連する他の研究領域や事業、研究拠点・学会等、国内外のコミュニティとの連携を推進し、社会・産業・諸分野との積極的な交流・融合を期待するとともに、本分野における国際コミュニティでの日本のプレゼンス向上を目指します。

4. 研究費と研究期間

研究期間は3年半以内、予算規模は、総額 4,000 万円（直接経費）を上限とします。

5. 応募にあたっての留意点

さきがけ研究では、達成が容易でなくても真にインパクトの大きい研究を通して、次世代のリーダーとしての成長や尖った成果の創出を期待します。したがって、本研究領域の目標に資する可能性のある、失敗を恐れない萌芽的・挑戦的な提案を期待します。

本研究領域では、2. で例示した3つの研究課題のいずれか1つに対する提案、もしくは複数にまたがる提案も期待します。また、選考の際は、異分野研究者との連携に関する具体的な方案についても記載があれば、積極的に評価します。

本研究領域への応募にあたっては、提案研究において想定する実環境を明らかにするとともに、挑戦する技術課題と目指す社会貢献のビジョンを明記してください。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト（AIP プロジェクト）を構成する「AIP ネットワークラボ」の1研究領域として、理化学研究所革新知能統合研究センターをはじめとした関係研究機関等と連携した取り組みなどにも貢献していきます。