

○戦略目標「新たな社会・産業の基盤となる予測・制御の科学」の下の研究領域

予測・制御のための数理科学的基盤の創出

研究総括：小谷 元子（東北大学 材料科学高等研究所 主任研究者・教授／東北大学 理事・副学長）

研究領域の概要

複雑な要因が絡み合う地球規模課題や社会課題が顕在化・深刻化する中で、直面する脅威や先の見えない不確実な状況に対応していくためには、重要な兆し・変革点を的確に捉えて予測し、取り返しのつかない悪い状態への遷移を回避しなくてはなりません。また、そのような予測に基づいた事象への介入により、最終的により望ましい状態へと導く（もしくは良好な状態を維持する）制御ができる新たな社会基盤を構築していくことが必要です。

このためには、自然・社会現象に関わるあらゆる情報・データの活用に向けて様々な分野が融合して取り組むだけでなく、数理科学がもつ複雑な現象を抽象化して可視化できるという強みを生かすことで、これら現象の解明・理解の深化を図るとともに、それに基づく予測や制御に関わる新しい学理と革新的な技術を創出していくことが重要です。

本研究領域では、社会課題に関わるリアルタイムデータやビッグデータ等に対して、数学・数理科学と他分野との融合により先進的な数理解析・評価手法を開発し、その解析・評価結果を基にした予測・制御のための新たな基礎学理の創出と、実課題に適用するための基盤技術の確立を目指します。

具体的には、複数の現象が絡み合う社会課題を数理モデルや数学的記述により抽象化し、その因果関係や主要因となるパラメータを導出し、現象に関する各分野の専門的知見やAI・機械学習等を活用することで、その確からしさの検証や変化の予兆と変化後の状態の特定、そして現象への介入の試行に取り組みます。また、実課題に適用するために、各分野の専門的知見や社会・産業のニーズ等も踏まえた上で、予測プログラムの開発や新たな介入・制御手法の提案にも取り組みます。

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

様々な地球規模課題の深刻化や新たな社会的問題の顕在化が起こる中、地球をグロー

バル・コモンズとして守り、育てるとともに、人々の安全と安心を確保できる Society 5.0 の実現が求められています。実現に向けては、あらゆる情報・データを駆使し、人類が直面する社会課題において、脅威や状況の変化をできる限り早期に検知し、最適な意志決定と対応が可能なレジリエントな社会基盤を構築していくことが必要です。

そのためには、複雑な自然・社会現象を解明・解析し、その変化の重要な兆しや変革点を的確に捉えて「予測」し、取り返しのつかない悪い状態への遷移を回避しなくてはなりません。また、こうした予測に基づいた事象への介入により、最終的により望ましい状態へと導く（もしくは良好な状態を維持する）「制御」に関わる新しい学理と革新的な技術を創出していくことが重要です。

数理科学は、複雑・不可視・不明確な自然・社会現象を抽象化・定式化・モデル化して可視化（認識可能化）できる特長があり、これにより現象の解明・解析や予測、最適化等が可能となります。一方で、数理科学を用いた現実世界における複雑な事象の解明や課題解決のためには、実世界の数理モデル化の前提となる現実（現象）の本質を正確に把握するための多角的な視点が必要であり、数理科学以外の多様な分野との融合・協働が不可欠です。

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、社会課題に関わるデータに対して、数学・数理科学と他分野との融合により先進的な数理解析・評価手法を開発し、その解析・評価結果を基にした予測・制御のための新たな基礎学理の創出と、実課題に適用するための基盤技術の確立を目指します。

(1) 地球規模課題や社会課題の重要な変革点を予測・制御する先進的な数理解析・評価手法等の開発

最先端の計測技術等により得たデータを、数理と諸分野との融合領域で研究することにより、環境問題、食料問題、自然災害などの地球規模課題や、健康、国土強靱化、金融・経済などの社会課題の重要な兆し・変革点の予測・制御を実現する先進的な数理解析・評価手法を開発する。

(2) 複雑な現象の予測・制御に係る横断的な基礎学理の創出と基盤技術の構築

数理科学がもつ抽象性や強みを活かし、様々な地球規模課題・社会課題に応用可能な予測・制御に係る基礎学理の創出を目指す。あわせて、予測・制御の精度評価のための数学的理論や、検証等を通じて、予測・制御を高信頼・高効率で実現する基盤技術を構築する。

(3) 予測・制御に係る理論を次世代の社会・産業の基盤へと適用させるための研究開発

予測・制御に係る理論を次世代の社会・産業の基盤へ適用するため、情報科学などとの連携により、予測・制御に係る理論のアルゴリズム化や、社会受容性の検証、社会実装のためのプログラム開発、ソフトウェア化の研究を実施する。

<関連する技術キーワード>

数理モデリング、最適化、最適輸送、不確実性定量化、因果推論、データ同化・逆問題・制御・サンプリング、幾何学、代数幾何学、非線形解析、確率論、離散数学、トポロジカルデータ解析、数理解体力学、ネットワーク理論・グラフ理論、強化学習、計算複雑性、高次元統計解析、非平衡系の機械学習モデル、量子計算アルゴリズム 等

<社会課題の例>

環境問題、食料問題、自然災害などの地球規模の課題や、健康、国土強靱化、金融・経済などに関わる社会課題、人類の well-being を向上するための課題など「持続可能な開発目標 (SDGs)」の達成に資するもの全般

3. 想定する研究の進め方

本研究領域では、数学・数理科学と諸分野との融合・協働によって、予測・制御技術に対する信頼性や社会受容性を高め、社会課題解決に繋げようとする姿勢を求めます。また、数学・数理科学の視点から様々な社会課題や現象を横断的に捉えて理解・解明することで、予測・制御に係る基礎学理の創出だけでなく、各分野の学問の体系的な進展にも寄与することを期待しています。そのため採択後には、本研究領域の他のチームや同じ戦略目標下で設定されたさきがけの研究者との連携・協調、研究成果物の相互利用を期待するとともに、関連する他の研究領域や事業、研究拠点・学会等との連携なども検討し、社会・産業・諸分野との積極的な交流・融合を期待します。

また、他分野との融合研究や社会課題への応用を志向した数学・数理科学の研究者、および数学・数理科学に対する見識を持った他分野の研究者の積極的な育成を推進します。

4. 研究費と研究期間

研究期間は5年半以内とします。研究費(直接経費)は提案内容の達成に必要な額を申請することとし、上限は3億円とします。ただし、研究内容や研究の性格によって、真に必要と認められる場合には、上限を超えた申請を認めることがあります。また、総括による精査の結果、採択にあたっては研究費の調整を行う場合がありますので、予めご了承ください。

5. 応募にあたっての留意点

本研究領域では、数学・数理科学を専門とする研究者と他分野の研究者とのチーム型研究を対象とします。2. で例示した3つの研究課題に対して、個別の観点に対する提案でも、複数(3つ全てを含む)の観点を踏まえた提案でも構いません。また、人材育成の観点も重要と考えていますので、チーム内での若手研究者の育成はもちろんのこと、若手研

究者からのチャレンジングな研究提案も期待します。

1. と 2. では、予測に関する研究が先行する想定となっていますが、逆に制御に関する研究が先行する場合ももちろん対象となります。その場合は、予測の必要性や数学・数理科学が寄与する部分・重要性を明確にした上で提案いただきたいと思います。

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）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。