

○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

## 未来を予測し制御するための数理を活用した新しい科学の探索

研究総括：荒井 迅（東京工業大学 情報理工学院 教授）

### 研究領域の概要

様々な社会課題の地球規模で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社会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、社会課題をはじめとした直面する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新た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。加えて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。また、不可能な目標に向けてリソースを割くのは持続可能性の観点から望ましくないため、そもそも予測や制御が可能な現象なのかという問題も問わなくてはなりません。

本研究領域では、社会課題に関係する各分野における複雑な現象や多様なデータを、数学・数理科学によって抽象化及び可視化することで解明・解析し、その結果を現象の予測や制御に繋げるための新たな基礎学理の創出を目指します。

具体的には、社会課題を構成する様々な現象から数学的な構造を抽出し、現象の起点や変化点における因果関係や主要因を説明する変数を探索します。さらに、現象に関する専門的知見も活用しながら、その確からしさの検証・実証や、それに基づく予測・制御の実現可能性の検証に取り組みます。

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

様々な社会課題の地球規模で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社会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、社会課

題をはじめとした直面する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新た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。これら現象の理解とこれによる新産業や社会変革を伴うイノベーションの創出が相互に影響を及ぼし発展していくことで、学問の体系的な進展と新たな価値を創造していくことが期待されます。

## 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、社会課題に関係する各分野における複雑な現象や多様なデータを、数学・数理科学によって抽象化及び可視化することで解明・解析し、その結果を現象の予測や制御に繋げるための新たな基礎学理の創出を目指します。

具体的には以下のような研究に取り組みますが、必ずしもこれらに限定するものではなく、より自由で挑戦的な提案を期待します。

### (1) 数理科学を用いた社会課題に関係する複雑な現象の解明とそれに基づく予測・制御手法の探索

数理モデルや数学的記述による抽象化・定式化・モデル化やAI・機械学習等を活用した解析によって、社会課題に関係する社会・産業・文化・自然・環境・生命などあらゆる現象やそれらに関わるリアルタイムデータやビッグデータを解析・解明する。さらに、現象の因果関係や主要因となるパラメータの導出などによって、変化の兆し・変化点を予測し、それをもとにした制御方法の提示へと繋げる。

### (2) 複雑な現象を予測・制御するための新たな基礎学理の創出

数理科学がもつ抽象性や普遍性、汎用性といった強みを活かし、分野横断的に様々な社会課題に応用・展開可能な予測・制御に係る新たな基礎学理の創出を目指す。あわせて、予測・制御の精度等を評価するための数学的理論や基盤技術の確立に取り組む。

### (3) 社会課題解決に向けた予測・制御に係る理論の検証及び実証

予測・制御に係る理論を実際の社会課題解決に繋げるために、社会・産業界のニーズ等を参考に、確からしさ・社会受容性の検証や活用方法の検討を行う。その過程で、情報科学などとの連携により、プログラム開発やソフトウェア化の検討も実施する。

<関連する技術キーワード>

因果推論、数理モデリング、力学系、最適化、最適輸送、非線形解析、不確実性定量化、確率論（データ同化・逆問題・制御・サンプリング）、幾何学、代数幾何学、特異点論、離散数学、位相的データ解析、流体数理、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・数理科学を活用して現象を解明し、社会課題解決に資する予測・制御技術に繋げようとする意欲はもちろんのこと、そのために新しい数学・数理科学を創発しようという姿勢を求めます。数学の新しい潮流を生み出すような、学問としての面白さも大事にした研究が望ましいです。さらに、社会課題や現象を数学・数理科学の視点から横断的に捉えて解明することで、予測・制御のための技術の創出だけでなく、対象とする社会課題や現象の学問体系の進展に寄与することも期待しています。

そのため、採択後には純粋数学・応用数学・社会・産業・諸分野の垣根を越えた積極的な交流・融合を期待します。本研究領域の他の研究者や同じ戦略目標下で設定されたCRESTの研究者との連携・協調、研究成果物の相互利用や、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てください。

### 4. 研究費と研究期間

研究期間は3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してください。基準額を3千万円とし、その範囲での計画を提案ください。

それを超える研究費が不可欠な場合は、その合理的な根拠を説明してください。

ただし基準額を超えた分については、認められない場合があります。

### 5. 応募にあたっての留意点

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、次世代のリーダー育成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・挑戦的な提案が、提案者の意欲とともに示されていれば積極的に評価します。

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

は複数に跨がる提案でも構いません。社会課題の解決に直結する必要はありませんが、社会課題解決に向けた予測・制御研究の発展にどのように寄与するのか、期待できるインパクトや既存の取組と比較した際の新規性・学術的価値などを明確にした提案を期待します。

1. ～ 3. では、現象の解明に関する研究が先行する想定となっていますが、予測や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、数学・数理科学の観点でのチャレンジや新規性がどこにあるのか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。