

文理芸の融合研究

① ビジョンの概要

数学と様々な現象をつなぐ学際的研究へのニーズが昨今高まっているが、既存の研究の推進だけでなく、数学との親和性が必ずしも高くはないと思われてきた分野に数理的視点から光を当てることは、今後ますます重要になるであろう。こうした分野には、例えば人間の社会行動、知覚・認識、感性、芸術などが含まれる。このような新たな数理科学の領域を切り拓き、自然や社会の深い理解、生活の向上、産業の発展につなげる。

② ビジョンの内容

現象数理学の研究拠点である明治大学先端数理科学インスティテュート(MIMS)は、2007年の設立以来、数学と様々な現象をつなぐ学際的研究の受け皿としてその役目を果たしてきた。とりわけ、文理融合研究およびライフサイエンス・数理科学融合研究に重点を置き、基礎方程式がわかっていない多くの現象に数理的視点から光を当てることに力を注いできた。今後20～30年先を見通したとき、我々が考える学術振興の「ビジョン」はその延長上にある。即ち、これまでに培われた文理融合研究の領域をさらに広げて、その対象に、感性や美意識に関わる芸術の領域を含め、芸術的な創造・創作の世界へも波及する「文理芸を融合する数理科学」を目指す。

③ 学術研究構想の名称

文理芸の融合研究

④ 学術研究構想の概要

MIMSでは、文理融合、ライフサイエンスと数理科学の融合を基本構想としているが、以下の項目1～6を通じて、感性・美意識・芸術なども対象とする「文理芸を融合する数理科学」の確立を目指す。

1. 人の知覚・認識機能には、理性による判断とは独立した自律的反応の側面が多く含まれているが、その仕組みを数理モデルによって解明する。特に、事実とは異なる知覚・認識をしてしまう錯覚の原因解明に重点を置き、安全な生活環境を整備するための方法論を構築する。
2. 日本で誕生した立体的な扇は、巧みな視線誘導を可能にする。俳句や和歌のみならず童話や小説など一つの扇という小空間に集約させた、新しい和文化の創出が期待できる。
3. 宇宙・海洋などの超マクロ、体内などの超ミクロ領域では折紙構造が有効であることを最大限に活かし、世界を豊かにする新産業を構築する。
4. 人間の感性を総合的に扱える数理的枠組みを確立し、諸課題の解決を図る。
5. 近年、計測技術や機械学習の発達により、あらゆる生き物(含む人間)の行動が、長時間にわたって自動記録されるようになってきた。この膨大なデータを数理科学(含データサイエンス)の対象として扱う機運が高まっている。進化の歴史を勝ち抜いてきた生き物の知恵に学ぶしなやかでかつ強靱な社会作りに向けてのオーダーシップを発揮する。
6. 生命現象はまた、遺伝子ネットワーク・代謝経路・神経伝達・生体物質の相互作用などのミクロなレベルから脳機能・生物多様性・人流などのマクロな環境まで、幅広い階層が複雑に絡み合う現象であり、その全体像の理解のために、既存の理論的枠組みでは捉えきれない生命現象を表現する数学的基盤を整備する。

⑤ 学術的な意義

1. 知覚・認識や感性への貢献：錯覚は真実を知った後でも修正できず繰り返すという特徴を持ち、その機序が比較的簡単な法則に基づいていることが示唆される。これを手掛かりに、数理的な視点から未踏であった知覚・認識の分野を数理科学的手法の対象に取り込む。
2. 新産業創出への貢献：MIMS独自の数理技術を援用し、切り紙ハニカムなどの挙動の柔軟性を利用し、外力に応じて構造自体の形状を変えることにより被害を最小にする新しい構造設計法への波及効果も期待される。
3. 文化芸術への貢献：二次元の扇絵では円であっても扇に仕立てると楕円になるなど独特の構図が必要である。この数理を解き明かし、世界に散在する扇の写真からデジタル扇を作り、江戸時代の生活を再現するという新しい研究の誕生が期待される。



図1 ビジョンの背景

4. ライフサイエンスへの貢献÷生命現象においては、遺伝子ネットワーク・代謝経路などのミクロなレベルから、脳機能・生物多様性・人流などのマクロな環境まで、幅広い階層が複雑に絡み合っている。既存の理論的枠組みでは捉えきれないこれらの生命現象を表現する数学的基盤を整備し、全体像の理解に貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

1. 文理芸融合：立体復元方程式に基づいて3次元立体錯視を説明・創作する杉原の研究が国際的にも突出している。これらの創作活動は、数理的アプローチが新しい現象の予測・発見の力を持つことを実証している。折紙・扇は、日本固有の物である。新しい特性を有すメタマテリアル創出の宝庫である切り紙ハニカムは日本人の発明である。

2. ライフサイエンス：大サイズの哺乳類の群れから微小な生物の群れや細胞集団まで多様な階層の集団行動を網羅的に計測し、階層を超えた生きもののダイナミクスの一般論を構築し、数理的な視点から予測制御や応用に役立てる。計測技術では日本が世界に先んじており、当構想では数理と多様な分野との融合により、更にリードを広げる。

⑦ 社会的価値

現在のグローバル化社会は複雑な多層構造を持ち、人類の目標が、経済的利便社会だけではなく、むしろ人間性の確保、幸福度、健康度、安らぎ等へとシフトしている。社会の横断的複合領域での人間の感受性が重要となり、芸術や感性はこれまで以上に重要な役割を果たす。複合領域での複雑な挙動の可視化と最適な予測には、複雑社会の数理的モデリングが強く求められ、これらはSDGsへも貢献する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

1. 視覚の数理モデルを実験データに基づいて精緻化・改良する活動を継続的に行い、錯視を弱めたり強めたりする制御技術の性能を向上させる。応用研究に関しては、錯視を弱める技術を利用して、道路環境の整備による交通事故の軽減、画像の奥行き錯視を取り除くことによる正常画像の復元などに役立て、錯視を強める技術を利用して、知覚の脆弱性を学ぶ知育教材、観光資源ともなる大規模錯視遊具、マジックグッズ、アクセサリ商品、視覚芸術のための新しい表現技術などを開発する。
2. 自然界にない様々なメタマテリアルを創出する新しい切り紙ハニカムがMIMSで誕生した。火災時に無力となるハニカムコアでは高層ビルの広い床には使用できないが、キュービックコアではそれが可能となるなど、多くの構造物に革新をもたらす技術となる。
3. 感性における機械学習の位置付けは大きい。感性では因果の分かることが重要である。しかし、多くに使用されるCNNでは、因果は後付けでしか得られない。MIMSでは、因果の分かる手法を開発している。これをベースに乗り心地の周波数依存性、音響療法の数理を求め、中・高速自動走行車における恐怖感の緩和、音響療法の理論の構築を行い人々の幸福に役立てる。
4. 世界的な流れとして、生き物の行動データの取得・共有が進展しつつある。これを解析し、地球規模の生態系の維持、3次元空間でぶつからない高密度群れ飛行、社会性昆虫のしなやかで高度な組織作りなどの機構を系統的に紐解き、「群行動の数理科学」を創生するとともに、応用を目指す。

<実施機関と実施体制>

拠点機関：明治大学先端数理科学インスティテュート（MIMS）

協力機関：[国内] マス・フォア・インダストリ・プラットフォーム(MfIP)に参加する国内17大学・機関。日本学術会議生物物理学分科会、山口大学時間学研究所、武蔵野大学 数理工学センター、広島大学、山梨大学、龍谷大学。[海外] 米ペンシルバニア大学数理生物学センター、フランス国立研究センター（CNRS）、ボルドー大学（フランス）、韓国科学技術院（韓国・KAIST）、国立台湾大学、国立成功大学。

<総経費> 28.9億円（初期経費（スーパーコンピュータ、システム構築）3.5億＋各年度2.54億×10年）

⑨ 連絡先

西森 拓（明治大学先端数理科学インスティテュート）



図2 ビジョンと学術構想