



現象数理学のダイバーシティ'25

2025年11月14日

@明治大学中野キャンパス

講演要旨集

研究集会要旨

現象数理学は、社会・自然・生命など多様な現象を対象とする学際的分野である。本研究集会では、メディア論、データサイエンス、心理科学、数理生物学、非線形物理学など関連分野の研究者を招き、分野横断的な議論を通じて文理を越えた新たな共同研究の可能性を探る。

今年度は新たに「現象」を主題とするアーティストを迎え、アートと数理の融合を意識したセッションを実施する。科学とは異なる視点から現象をとらえる営みは、多様性＝ダイバーシティを象徴するものであり、本集会の大きな特色となる。

さらに、キャリアやダイバーシティを自由に語り合う場も継続し、多様な分野の研究者が対話と連携を深める機会を創出する。

世話人：

大谷智子（大阪芸術大学）

阿部綾（明治大学）

北沢美帆（大阪大学）

西森拓（明治大学）

井上雅世（九州工業大学）

プログラム

10:05-10:15	オープニング
10:30-11:00	賈伊陽（東京都市大学） 平坦折り紙の数理について
11:00-11:30	村井紘子（奈良女子大学） 折り紙の数学：低次元位相幾何学の視点から
11:30-13:00	昼休憩&フリーディスカッション
13:00-13:30	坂下美咲（東京理科大学） トポロジー最適化を用いた椎骨の形態再現シミュレーション
13:30-14:00	林智子（大阪芸術大学） 虹の再織 - サイエンスが分けたものをアートで再び織り合わせる
14:00-16:00	ワークショップ・質疑応答・フリーディスカッション ファシリテーター 大谷智子（大阪芸術大学）
16:00-16:10	クロージング

平坦折り紙の数理について

賈伊陽（東京都市大学）

本発表では、平坦折り紙の数理モデルを「組合せ的平坦折り」と「非組合せ的平坦折り」の二つに大別し、それぞれの特徴と数理構造を考察する。組合せ的平坦折りは地図折りや三浦折りに代表され、局所的な平坦折りのルール（半順序）を矛盾なく統合できる。この種のモデルは圏構造として構成可能であり、局所的には $(0,1)$ -トポス（Heyting 代数）に相当する構造を持つことを示す。これに対し、ねじり折りに典型的な非組合せ的平坦折りでは、半順序を統合する段階で矛盾（closed-chain）が発生するため、組合せ論的アプローチが適用できない。本発表では、非組合せ的モデルの代表例として「四元数モデル」と「コシーフホモロジーモデル」を紹介する。四元数モデルは 3D 回転を直感的に扱える一方で、計算的困難を伴う。コシーフホモロジーモデルは、閉ループ系の運動学を代数的に定式化し、合法的な運動の存在をホモロジーによって判定可能である。ただし、これは「速度」を対象としたモデルであり、最終的な「状態」の存在を直接的に保証するものではない。

折り紙の数学：低次元位相幾何学の視点から

村井紘子（奈良女子大学）

被。折り紙は日本伝統の芸術であるが、近年、工学、建築学、医学等さまざまな分野に応用され注目を集めている。本講演では、特に応用面から重要な性質とされている「平坦折り可能性」と「剛体変形可能性」に着目した。特に、平坦折り可能かつ剛体変形可能な例として有名なミウラ折りは、その展開図の局所的な条件から剛体変形の自由度が 1 となることを紹介した後、なまこ折りと呼ばれる展開図は頂点の次数が大きいため自由度が上がり興味深い変形が起こること、またその相対する辺を同一視して円柱面上の展開図と見做したとき、剛体で実現できるための必要十分条件は基本形が横に 5 つ以上並ぶことであるという解析結果を紹介した。さらに 2 次元トーラスの相似構造を用いた折り紙テッセレーション（平坦折りパターン）の構成法を紹介した。このように位相幾何学的な視点も用いることにより、折り紙構造の背景にある幾何学的構造を理解することが期待される。

トポロジー最適化を用いた椎骨の形態再現シミュレーション

坂下美咲（東京理科大学）

脊椎動物の骨は種ごとに異なる多様な形態を示す。これらの形態が形成される仕組みを明らかにするため、演者らは、骨に加わる外力に着目している。骨を形成する細胞は、骨に加わる力の大小に応じて、骨を付加または削減する。この力依存的な細胞活動が骨形態を決定するか検証するために、本研究ではトポロジー最適化を用いて、魚の椎骨（ついこつ）を対象に形態の再現を試みた。トポロジー最適化は、特定の制約のもと目的関数を最大化または最小化するために最適な材料分布を求める数学的手法である。最適化する過程で、応力と歪みの大小に応じて材料の付加と削減を繰り返す操作が、骨形成に関わる細胞活動に類似している。この特徴を利用して、魚類の椎骨を模倣した数理モデルを構築し、様々な荷重条件で最適化を試したところ、魚類の椎骨に見られる形態的特徴が複数再現できた。この結果から、魚の椎骨の多様な形態は荷重に適応して作られると推定された。現在は、数理モデルに基づき、魚類椎骨の外力適応を検証する実験を進めている。

虹の再織 - サイエンスが分けたものをアートで再び織り合わせる

林智子（大阪芸術大学）

「虹の再織 - サイエンスが分けたものをアートで再び織り合わせる」本発表では、科学が主客を分け、現象を要素ごとに分析・分解してきた近代的な枠組みに対し、アートがどのようにその世界を再び科学の知見を用いて「織り合わせる」契機となり得るかを論じる。祖父が記録した地震波形をソニフィケーションによって可聴化し、身体的体験へと変換した作品「虹の再織」や、植物発電・微生物循環による電圧変化を音量・音質として立ち上げるインスタレーション「Bodhisattva Pond」など、不可視の働きや関係性を知覚化する実践を紹介する。ニューメキシコの大自然や震災体験、physisや華嚴思想、さらに脳活動を混沌と秩序の自己組織化プロセスとして捉えるモデルを参照しつつ、自然・身体・意識の相互作用を“プロセスとしての現象”として捉える視座を提示した。科学とアートの横断的対話が新たな現象理解と共同研究の可能性を開くことを提案する。

ワークショップ

大谷智子（大阪芸術大学）

鏡面に周囲の模様や風景が映り込んだ際には、情景がそのまま鏡像として知覚される場合、透明な面として背後の空間が連続して見える場合、鏡面が消失したかのように見える場合という3種類の知覚が生じる。本ワークショップではまず、これら3タイプの見え方が生じる周囲風景の条件について、これまでの研究で明らかにしてきた知見を紹介した。続いて、ブロック型玩具の表面に幾何学模様を施し、模様の組み合わせや観察角度に応じて多様な錯視が生じるよう設計された「錯視ブロック」の中から、表面にミラーシートを貼り、その上に単純な幾何図形を描いた「鏡ブロック」を用い、参加者が得た観察例を共有した。これらの観察を踏まえ、折り紙図形、植物、フラクタル図形など、参加者の専門分野に基づく多様な視点から議論が行われた。また、物理的に与えられた形状や線分と、観察者が主観的に知覚する見え方の違いについても、体験的に確認することができた。このように、鏡面と周囲風景との相互作用に着目することで、錯視構造の背景にある幾何学的・知覚的メカニズムの理解が一層深まることが期待される。