



## 現象数理学のダイバーシティ

2023年7月3日

オンライン開催

講演要旨集

---

## 研究集会要旨

現象数理学の対象は、社会、自然、生命など多岐にわたる。これらの現象の解明には、俯瞰的な視点も重要であるものの、同じ現象を扱っている異分野との交流や共同研究はハードルが高いのが現状である。そこで本研究会では、現象数理学と深く関連する、社会物理学、非線形科学、デザイン学、心理学、数理生物学、データ科学といった様々な分野の研究者を招き議論する機会を設けることで、文理融合を含めた学際的な共同研究の可能性を模索する。加えて、キャリアに関するフリーディスカッションを開催し、自然科学分野におけるダイバーシティについて議論する。

世話人：

大谷智子（大阪芸術大学）

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

9:50-10:00	オープニング
10:00-10:30	佐野幸恵（筑波大学） 社会物理学で読み解くウェブ上での人間行動
10:30-11:00	小澤歩（東京大学） 振動子の集団ダイナミクス：同期現象とOscillation Quenching
11:10-11:40	小串典子（大阪大学） 編集履歴から読み解くWikipedia “生態系”
11:50-13:30	昼休憩&フリーディスカッション：女性研究者のキャリアに関して
13:40-14:10	大谷智子（大阪芸術大学） 錯視を題材としたSTEAM型授業プログラムの開発 ～高等教育への接続を考慮して～
14:10-14:40	木塚あゆみ（大阪芸術大学） 芸術と科学の実践
15:00-15:30	陰山真矢（関西学院大学） デিজィーワールドモデルにおける温室効果と植生分布パターン
15:30-16:00	藤原真奈（京都大学/広島大学） 身体状態を能動的に制御する恒常性の強化学習
16:10-16:40	北沢美帆（大阪大学） “動かない”生物の形態的多様性と柔軟性
16:40-16:50	総括

---

## 社会物理学で読み解くウェブ上での人間行動

筑波大学 佐野幸恵

社会集団の中で共有される重要な出来事の記憶は、1920年代から集合的記憶として概念化され、研究されてきた。本研究では、集合的記憶に対して指数関数的な減衰とべき関数的な減衰を組み合わせた、新たな数理モデルを提案した。本提案モデルの妥当性は、地震、訃報など5つのカテゴリーのWikipedia記事への閲覧数推移で確認することができた。実際のデータから推定された、べき指数や記憶の転換点などのパラメータは、カテゴリーによらず似た値を示し、集合的記憶に関する一般的な性質の存在が示唆された。

## 振動子の集団ダイナミクス：同期現象とOscillation Quenching

東京大学 小澤歩

安定な周期と振幅をもつ振動現象は人工物であるメトロノームから細胞の活動などの生命現象にいたるまで幅広いシステムで観察される。このような振動子が相互作用すると、振動子同士がリズムを揃える同期現象や、各振動子の振動が消失するoscillation quenchingなどが生じる。本講演では、振動子集団が示すこれらの協働的な振る舞いを紹介した後に、講演者が最近取り組んだ関連研究について述べる。この研究は、要素の追加と除去による構成要素の入れ替わり、つまりターンオーバーが生じるシステムに動機づけられている。細胞内で合成・分解されるタンパク質分子の集団がその一例である。我々はあるシンプルな振動子モデルについて、ターンオーバーと振動子間相互作用の相乗効果が振動子集団の同期した振動を消失させることを示した。この転移はoscillation quenchingを拡張したものとして理解できる。

---

## 編集履歴から読み解く Wikipedia "生態系"

大阪大学 小串典子

Wikipediaは自由に参加する編集者の協働的な作業により成立しているオンライン百科事典である。そのため記事や編集者の性質もWikipedia全体の編集履歴を通して自己組織的に決まっており、単なる編集や閲覧の多さのみではこれらを特徴づけることが出来ない。そこで、編集関係ネットワーク上で記事の性質と編集者の編集傾向を特徴づける新しい再帰的指標を提案した。この新しく提案した記事の「複雑性」指標を用いることで、例えば人力の工夫によって最も高品質な記事としてラベル付された「秀逸な記事」と閲覧回数や論争性が高いだけの記事とを分けて評価することができ、さらに、記事のタイプの違いを記事の時間発展のパターンの違いとして捉えることができる。英語版Wikipediaを対象に、提案した複雑性-散漫度指標を用いた解析から明らかになってきたWikipediaの記事と編集者の編集傾向の多様性について紹介する。

## 錯視を題材としたSTEAM型授業プログラムの開発～高等教育への接続を考慮して～

大阪芸術大学 大谷智子

物理世界における現象の体験を、記号や図形を用いて表現するスキル（抽象的思考）は、科学的思考を実践するために必要不可欠である。日本においても、この抽象的思考の習得が、認知発達が大きく変化する初等中等教育課程の学習目標の1つに挙げられている。しかし、現状、この教育プログラムの数が不足しているという課題がある。発表者らのこれまでの取り組みから、錯視の原理の理解が不十分であったとしても、錯視は主観的な体験であるために、デザインそのものは直感的に評価できることが明らかである。そこで、発表者らは錯視を題材としたワークショップ型の抽象的思考育成プログラムを提案した。本発表では、共同研究者らと取り組んだ、この提案プログラムの内容と実施例について紹介した。

---

## 芸術と科学の実践

大阪芸術大学 木塚あゆみ

芸術家は「本物」を表現するために、観察のトレーニングをする。認知の偏りなく観察することは難しく、科学の視点で人の認知の仕組みを知ることは有用である。環境や人の感情によって認知の偏りが生まれるが、あえてそれを取り入れることで芸術家自身の感情を再現しようとする者も多い。本研究では芸術家が行っている認知の偏りに気づくトレーニングを、「自分が見えていないものに気づくスケッチ法」として定式化した。スケッチブックに見えている物から順番に描いていき、描いたものと目の前の風景を比較することで「自分が見えていないもの」を見える化する。物体だけではなく、物体がそこに存在する理由や周りにいる人々と関係づけることで、環境の全体を理解していく。芸術家は、このような方法で気づいた認知の偏りに加え、数学や生物学、工学などの科学的知見を取り入れ自分の考えを形成することで、時代を反映した独自の表現をしていると考えられる。

## デージーワールドモデルにおける温室効果と植生分布パターン

関西学院大学 陰山真矢

1970年代にJ. E. Lovelockは地球はそこに棲む生物とそれを取り巻く環境とが相互作用することによって、地球全体を安定化に向けて自己調節しているひとつのシステムであると考えた。この仮説を検証するために導入されたのがデージーワールドモデルである。デージーワールドモデルは、惑星に棲む生物を白色と黒色の2種類のデージーの花のみに、環境を温度のみにまで単純化しており、その単純さから環境問題などの様々な分野への応用が期待されている。本発表では、まず、デージーワールドモデルを2次元反応拡散系へと拡張し、解析的かつ数値的に調べた結果を紹介する。さらに、その2次元モデルに温室効果の強さを表すパラメータを加え、仮定の惑星における温室効果の強弱が植生分布パターンに与える影響について数値シミュレーションから得られた結果を紹介する。

---



## 身体状態を能動的に制御する恒常性の強化学習ー“ストレス”の制御をモデル化し、精神疾患の実態に迫る

京都大学/広島大学 藤原真奈

精神障害は、その患者数が日本だけでも420万人以上に上り、そのメカニズムの解明は急務である。これまでに多くの研究がなされているが、精神という特殊な対象を物理的生物学的に扱うまでには至っていない。

本研究では、精神障害を生物学的状態の障害と捉える足がかりを作ること为目标に、精神障害に強く関与する「ストレス」の制御のモデル化を試みた。ここでは「ストレス」の定義を「身体の恒常性を脅かすあらゆる外乱」とし、あらゆる外乱に対して身体状態の恒常性を制御するのに必要な負荷に注目した。身体状態の恒常性は、フィードバック機構だけでなく、エネルギーを使った能動的予測的機構によって保たれている。この能動的制御の負荷が過剰になると精神障害やその他の疾病が発病するとの説がある。そこで本研究では、身体状態の恒常性制御をストレス制御と捉え、身体状態を快適な範囲に保つことを動機とする身体状態依存の意思決定モデルを構築した。

本モデルの骨組みは、身体状態の制御モデルとして近年提案された恒常性強化学習を用いた。恒常性強化学習では、ある最適な身体状態からの乖離を小さくする行動は報酬を与えて強化し、最適な状態から遠ざける行動は罰を与えて弱めるよう調整する。その拡張モデルであるモデルを2つ構築した。1つ目の2Dプライオリティーモデルでは、多次元の身体状態（血圧、体温、血糖値、心拍、他）を一挙に最適化することは不可能であるという視点を取り入れ、共通の上流の作用によってそれぞれ改善・改悪される2状態のシミュレーションを行った。その結果、外乱が予測される頻度が高いと、負荷が高い状態が続き、発病する状態となった。このことから、ある身体状態に偏った負荷がかからないためには、環境が切り替わるリズムが必要であることが示唆された。2つ目の覚醒ブーストモデルでは、外乱の不確実性と外乱の強さに応じて学習する反応強度が一時的に高められるという説を導入した。シミュレーションの結果、覚醒度の心理指標のひとつとして知られる、手汗の量によって変動する皮膚コンダクタンスの挙動と似た変動を示した。これによって、身体状態の調整機構を過剰に起動してしまうことで制御負荷の過剰を招く可能性が示唆された。

---

## “動かない”生物の形態的多様性と柔軟性

大阪大学 北沢美帆

陸上植物や大型藻類など自発的な移動能を持たない生物の多くは、遺伝的には同一であっても環境によって、あるいは確率的に多様な形態を示すことが知られている。たとえば、キンポウゲ科植物では、花卉の数や配置などが個体群内や同一個体の中でもばらつくことがある。遺伝的な差異によらないばらつきは、どのように生まれるのだろうか？私たちは、野外調査と数理モデルを組み合わせることで、野外環境でみられる花器官の数と配置のばらつきが、発生過程における遺伝子発現領域の確率的なゆらぎによって生じることを提案した。一方で、形態のばらつきには、確率性だけでなく環境に対する柔軟な応答・可塑性がかかわると考えられる。今後、形態のばらつきと環境を定量化することで、可塑性と確率性が形態の多様性に与える影響、さらに“動かない”生物の生存戦略とのかかわりを明らかにしたいと考えている。

## フリーディスカッション：女性研究者のキャリアに関して

九州工業大学 井上雅世

女性研究者を支援する取り組みが重点的に実施されるようになって久しいが、2020年度末のデータによると、その割合は理学系で15%、工学系では12%程度と、政府目標である自然科学系全体で25%の約半分にとどまっている。大学においても、学科もしくは学部に女性教員は1名のみという状況も珍しくなく、特に若手や地方在住の女性研究者にとっては、身近な相談相手やロールモデルの不足による、情報収集およびキャリア設計の困難さが問題点として指摘されている。異なる世代および異なる分野の研究者によるフリートークを開催することで、キャリア問題に関して広く情報交換をおこなうとともに、性別に限定することなくダイバーシティへの理解を深める切掛けとしたい。

---