

## 2024年度 MIMS 現象数理学研究拠点 共同研究集会「社会物理学とその周辺」

日時：2024年12月9日（月）

場所：明治大学中野キャンパス 6階 研究セミナー室3

開催方法：ハイブリッド形式

### 【プログラム】

- 10:00-10:05 はじめに
- 10:05-10:45 **時間相関を持つ Wishart 行列の固有値分布と相転移の解析**  
久門正人（野村証券），金子拓也（ICU）
- 10:45-11:25 **複数台エレベータの同期現象に関する理論的考察**  
多羅間充輔（九州大学），谷田桜子（東京大学）
- 11:25-12:05 **地震データを用いた火山噴火活動の確率過程モデル**  
石崎龍二（福岡県立大学），福島和洋（熊本大学名誉教授），井上政義（鹿児島大学名誉教授）
- 13:10-13:50 **ネットワークゲーム理論のメッセージパッシング法による解法**  
翁長朝功（九州大学），森野佳生（九州大学）
- 13:50-14:30 **進化ゲームによる通信契約数の課題と可能性**  
池末成明
- 14:30-15:10 **変分オートエンコーダによる乳幼児表出語彙発達の解析**  
阪上雅昭（京都大学），萩原広道（大阪大学），山本寛樹（インディアナ大学），  
深田智（京都工芸繊維大学）
- 15:20-16:00 **単語列解析による言語テキストの分類**  
上田紗世（大阪公立大学），水口毅（大阪公立大学），鈴木岳人（高千穂大学）
- 16:00-16:40 **平均場理論による人工市場モデルのスプレッドの理論解析**  
若月大暉（京都大学），金澤輝代士（京都大学）
- 16:40-17:20 **価格インパクトのベキ応答は普遍性スケーリング則か？データ分析と数値計算に基づく議論**  
佐藤優輝（京都大学），金澤輝代士（京都大学）
- 17:20 閉会

## 【アブストラクト】

### 時間相関を持つ Wishart 行列の固有値分布と相転移の解析

久門正人（野村證券）、金子拓也（ICU）

時間相関を持つ時系列から生成される Wishart 行列の固有値分布について研究しています。相関がない場合、分布は Marchenko-Pastur 分布 (MPD) になりますが、相関があると長い尾と高いピークを持つ変形 MPD に収束します。また、べき減衰の相関では、相転移が観察され、相関のべき指数  $\gamma$  が  $1/2$  以下であると分布の 2 次モーメントと最大固有値が無限大になります。

### 複数台エレベータの同期現象に関する理論的考察

多羅間充輔（九州大学）、谷田桜子（東京大学）

エレベータは日常に欠かせない社会インフラの一つであり、ある程度高い建物には複数台のエレベータが併設されていることがしばしばある。しかし、特に需要の高い時間帯に急いでいるときに限って、複数台あるにも関わらずそれらがなぜか同じような階で同じように動いていることは多くの方が経験したことがあるはずである。本講演では、この経験的なエレベータの同相同期は実際に実現しうるのか、またその条件やメカニズムはどのようなものかなどについて、簡単な理論モデルを用いて考察した研究について紹介する。

### 地震データを用いた火山噴火活動の確率過程モデル

石崎龍二（福岡県立大学）、福島和洋（熊本大学名誉教授）、井上政義（鹿児島大学名誉教授）

本研究では、常に噴煙を上げ、年間に複数回の噴火を繰り返す桜島を対象とした噴火活動のデータ解析を行う。これまで我々は、桜島火山の噴火時系列における長期的な記憶効果に焦点を当てた確率モデルの構築に取り組んできた。今回の研究では、確率過程モデルの精度向上を目指し、桜島火山の火山性地震の時系列データを取り入れて、噴火活動と地震との相関関係を統計的に分析した結果を報告する。

### ネットワークゲーム理論のメッセージパッシング法による解法

翁長朝功（九州大学）、森野佳生（九州大学）

「E メールやキャッシュレス決済がどこまで広がるか？」や「ドライバーはどの経路を選択するのか？」などの社会現象についての問題は、ゲーム理論によりベンチマークを得ることができる。近年、ゲーム理論に複雑なネットワーク構造を加えたモデルが研究されている。解 (ナッシュ均衡) の存在が数学的に証明されたり、解の効率的な探索法などが提案されている。しかしながら、現実的には  $N=20$  個体程度に限られていた。我々は、統計物理学の効率的な解法であるメッセージパッシング法を用いて  $N=10^4$  個体のゲームの解 (ナッシュ均衡) を求めた。我々の解法は、戦略的代替性 (統計物理学では反強磁性) のゲームに特に有効であることがわかった。

## 進化ゲームによる通信契約数の課題と可能性

### 池末成明

DSL と FTTH の契約数の変動は進化ゲームの競争モデルとして実証できる。しかし携帯電話と固定電話などモデルではグラフはマッチングしても統計学的には信頼性のないモデルとして棄却される。一方、2種の競争はガウゼの排他モデルで調べると差別化がないと市場容量の大きいサービスが市場を独占する。このモデルはイジングモデルかフェルミディラック統計に従うようにも思われるが、従来の統計量とは別の方法があるのか？ またこのモデルをアイゲンモデルに拡張した場合、仮想的なPCRの中でのサービスのふるまいの理論化など悩んできたことを紹介し、今後の可能性につき皆さんご意見を拝聴したい。

## 変分オートエンコーダによる乳幼児表出語彙発達の解析

阪上雅昭（京都大学）、萩原広道（大阪大学）、山本寛樹（インディアナ大学）、深田智（京都工芸繊維大学）

人間の発達や行動の変化を自己組織化現象として理解しようとするダイナミックシステム・アプローチが発達心理学の分野で提唱されている。これは物理学で開発された自己組織化や相転移という現象の理解を人間の発達に援用しようとする試みである。本講演では、上のような視点に立ち、ニューラルネットワークによる機械学習の代表的手法である変分オートエンコーダーを活用し、乳幼児の発達の研究者と物理学者が共同でおこなった乳幼児の語彙発達データの解析結果を報告する。英語と中国語の語彙発達データを利用し、(1)潜在空間で表現される発達過程、(2)各語彙の発達過程の中での位置づけを示す数種類の特徴量について英語と中国語の比較を報告する。

## 単語列解析による言語テキストの分類

上田紗世（大阪公立大学）、水口毅（大阪公立大学）、鈴木岳人（高千穂大学）

複数のテキストの構造を比較するために、文章を構成する単語の出現頻度であるランクを測り、単語列を変換することで得られたランク列に着目した。このランク列を用いて隣接単語の並びを解析し、文章構造の類似性を階層的クラスタリングによって分類した。複数の言語テキストに対していくつかのパラメータを変化させ、分類の性能を定量的に比較・評価した。

## 平均場理論による人工市場モデルのスプレッドの理論解析

若月大暉（京都大学）、金澤輝代士（京都大学）

トレーダーの注文行動から金融市場の振る舞いを理解するために、人工市場モデルを用いた研究が多く行われている。中でも注文行動をポアソン過程でモデル化した Santa Fe モデルはシミュレーションに活用されてきた。しかし、Santa Fe モデルは多体系であり、理論解析は困難であることが知られている。そこで、本研究では平均場理論を用いて Santa Fe モデルの理論解析を行う。具体的には取引コストに関係するスプレッドという量について解析する。

## 価格インパクトのベキ応答は普遍性スケーリング則か？データ分析と数値計算に基づく議論

佐藤優輝（京都大学）、金澤輝代士（京都大学）

金融市場における普遍的な統計則の一つに価格インパクトの平方根則と呼ばれる統計則がある。価格インパクトの平方根則とは、大口注文の執行に起因する価格変動のパスが平方根則に従うという現象である。本講演では、この現象を東京証券取引所で包括的に調査した結果を報告する。