

2021 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」

開催日時：2022 年 3 月 26 日（土） 9:30—17:50

開催方法：zoom ウェビナーによるオンライン開催

【プログラム】

- 9:30-9:40 はじめに
- 9:40-10:05 ワクチン効果の数理モデル
並木正夫（日本環境防災）、矢野良輔（東京海上ディール）
- 10:05-10:30 GPS データを用いたアクティビティごとの COVID-19 の実効再生産数推定モデル
尾崎順一、志田洋平（東工大）、高安秀樹（Sony CSL）、高安美佐子（東工大）
- 10:30-10:55 感染経路不明者の割合と市中感染者数
小田垣孝（九大、科教総研）
- 10:55-11:20 SIQR モデルによるダイヤモンド・プリンセス号船内隔離 2 週間の検証報告
須田礼二（科教総研）
- 11:30-11:55 卓球の試合における 3 次元座標推定
香川溪一郎（早稲田大）、成塚拓真（立正大）、山本健（琉球大）、山崎義弘（早稲田大）
- 11:55-12:20 サッカーにおける選手とチームのボール保持時間の関係
上江洲清哉（琉球大）、成塚拓真（立正大）、山崎義弘（早稲田大）、山本健（琉球大）
- 13:20-13:45 ステップ数の異なる乗算確率過程の重ね合わせによる分布の性質について
山本健（琉球大）、板東貴志、柳川博一（アンリツ）、山崎義弘（早稲田大）
- 13:45-14:10 要因がランダム性を持つ集合の統計的性質
板東貴志、柳川博一（アンリツ）、山本健（琉球大）、山崎義弘（早稲田大）
- 14:10-14:35 指数関数とべき関数を組み合わせた集積的記憶の減衰モデル
五十嵐直輝、岡田幸彦（筑波大）、佐山弘樹（ニューヨーク州立大）、佐野幸恵（筑波大）
- 14:35-15:00 文章中の単語の出現頻度ランク列における負の相関
水口毅、山本卓也（大阪府立大）、鈴木岳人（青山学院大）
- 15:10-15:35 多地域レスリー行列を用いた日本の人口減少社会の解析
大泉嶺（社人研）、稲葉寿（東京大）、高田壮則（北海道大）、
江夏洋一（東京理科大）、金城謙作（工学院大）
- 15:35-16:00 道路網がつくり出す街区の面積分布と土地利用の相関解析
秋葉祐里（北海道大）、島弘幸（山梨大）、佐藤太裕（北海道大）
- 16:00-16:25 サプライチェーンの揺らぎとシステミックリスク
前野義晴（明治大）

- 16:35-17:00 多次元 SE-NBD 過程、多次元 Hawkes 過程とデフォルト連鎖
服部航大 (弘前大), 久門正人 (野村証券), 守真太郎 (弘前大)
- 17:00-17:25 複数金融時系列における局所不安定性とその波及効果のエントロピーによる分析
石崎龍二 (福岡県立大), 井上政義 (鹿大名誉教授)
- 17:25-17:50 売買符号時系列の長期記憶性とそのマイクロ構造の究明
佐藤優輝 (筑波大), 金澤輝代士 (筑波大, JST さきがけ)
- 17:50 閉会

【講演要旨】

ワクチン効果の数理モデル

並木正夫（日本環境防災）、矢野良輔（東京海上ディーアール）

新型コロナウイルス対策の基本は検査とワクチンであるが、日本は、検査も 3 回目のワクチン接種も世界の後塵を拝している。ワクチンの有効性を感染を模擬する数理モデルに取り込む方法について説明するとともに、ワクチン接種のタイミングが今後の感染予測にも重要であることを示す。

GPS データを用いたアクティビティごとの COVID-19 の実効再生産数推定モデル

尾崎順一、志田洋平（東工大）、高安秀樹（Sony CSL）、高安美佐子（東工大）

2019 年末から 2022 年 2 月現在に至るまで COVID-19 は世界中で感染拡大を続けており、それを定量的に予測するモデルの構築は急務となっている。本研究では高頻度 GPS データをもとに人々のアクティビティ分類を行い、SIR モデルをベースとした実効再生産数予測モデルを提案し、マクロデータのみからアクティビティごとの感染率を推定した。これにより、アクティビティ・人・地域ごとの感染リスクを推定することに成功した。また、人流の影響を分離することにより、デルタ株の影響や予防接種の効果を定量的に評価した。

感染経路不明者の割合と市中感染者数

小田垣孝（九大、科教総研）

新型コロナ感染症の特徴は、およそ 25% の感染者が発症せずに感染を広げていることにある。新規感染者の中の感染経路不明者の大部分は、このような無症状の感染者から感染したものと考えられる。新規感染者の中の感染経路不明者の割合から、発症率および感染力を持つ市中感染者数を見積もることができることを示す。

SIQR モデルによるダイヤモンド・プリンセス号船内隔離 2 週間の検証報告

須田礼二（科教総研）

日本の新型コロナ感染対策のスタートとなったダイヤモンド・プリンセス号において、船内隔離対策が取られた 2020 年 2 月 5 日から 19 日までの 2 週間で本当に二次感染はほとんどなかったのか、について SIQR モデルと最新知見により検証する。

卓球の試合における 3次元座標推定

香川溪一郎（早稲田大）、成塚拓真（立正大）、山本健（琉球大）、山崎義弘（早稲田大）

2視点から撮影された卓球の試合動画を元に、選手の3次元姿勢座標を推定・解析した結果について報告する。それぞれの試合動画に対して OpenPose を用いて動画内の2次元姿勢座標を抽出し、2つの動画内の2次元姿勢座標に対して DLT (Direct Linear Transformation) 法を用いることで選手の3次元姿勢座標を推定した。講演では動画分析の詳細を紹介すると共に、推定した3次元姿勢座標に基づく選手の運動解析について議論する。

サッカーにおける選手とチームのボール保持時間の関係

上江洲清哉（琉球大）、成塚拓真（立正大）、山崎義弘（早稲田大）、山本健（琉球大）

本研究では、サッカーにおいて選手とチームそれぞれがボールを継続して保持した時間の分布に注目する。実際のJリーグの試合のデータを分析し、選手のボール保持時間の分布がガンマ分布で、チーム内のパス回数の分布は2つの指数分布の混合分布で表せることが分かった。この結果に基づいてチームのボール保持時間の分布を表す理論式を提案する。理論的な分布を実際の分布と比較し、理論の妥当性を検討し、モデルの修正についても述べる。

ステップ数の異なる乗算確率過程の重ね合わせによる分布の性質について

山本健（琉球大）、板東貴志、柳川博一（アンリツ）、山崎義弘（早稲田大）

様々なデータを表す確率分布として知られる対数正規分布は、乗算確率過程から生成される。乗算確率過程のステップ数を変えると、対応する対数正規分布のパラメータが変化する。本講演では、そのような異なるパラメータをもつ対数正規分布を重ね合わせた分布の性質について報告する。計算の概略を提示し、得られた分布関数の性質を議論する。さらに、様々な社会系のデータとの比較をおこなう。

要因がランダム性を持つ集合の統計的性質

板東貴志, 柳川博一 (アンリツ), 山本健 (琉球大), 山崎義弘 (早稲田大)

企業における活動の基本は、Routine Work であり、実現値の発生頻度は対数正規分布に従う。しかし、複数種の Routine Work がランダムに発生するような活動もあり、Management の観点から、このような活動のしくみとその性質を解明することが望まれる。具体的な事例に対して、統計モデルを構築し、統計的性質の解明を試みたので報告する。提案する統計モデルは、対象集合のもつ能力を「実現値の水準」と「要因対応力」へ分解でき、さらに、Routine Work 間の水準格差を明らかにするので、適切な改善計画の立案へ貢献できる。

指数関数とべき関数を組み合わせた集合的記憶の減衰モデル

五十嵐直輝, 岡田幸彦 (筑波大), 佐山弘樹 (ニューヨーク州立大), 佐野幸恵 (筑波大)

過去の自然災害や戦争など、一定の集団により形成される記憶は“集合的記憶”と呼ばれる。本講演では、集合的記憶として一般的に用いられる地震、有名人の訃報、航空機事故、大量虐殺事件、テロ事件について、各イベントの日毎 Wikipedia 閲覧数データが従う新たな減衰モデル(指数的減衰とべき乗則的減衰を組み合わせた 2 フェーズモデル)を紹介する。そのモデル概要から、集合的記憶を数理的な立場で理解する。

文章中の単語の出現頻度ランク列における負の相関

水口毅, 山本卓也 (大阪府立大), 鈴木岳人 (青山学院大)

Zipf 則は文章中の単語の出現頻度とそのランクの間に成り立つ分布則であるが、単語の順番については何も述べていない。しかし、文章が意味を成すためには単語の順序も重要である。今回我々は単語の順序に関する解析を行った。英文文章を構成する単語列を出現頻度のランク列に変換し、その帰還写像を解析したところ、頻出単語と希少単語が交互に出る傾向があることが明らかになった。この傾向は英語以外の文章でも見られることが判明した。

多地域レスリ－行列を用いた日本の人口減少社会の解析

大泉嶺（社人研），稲葉寿（東京大），高田壯則（北海道大），江夏洋一（東京理科大），金城謙作（工学院大）

日本の人口は国勢調査ベースで2010年をピークに減少し続けている。人口動態を決定づける要素は出生と死亡および、国内外への人口移動である。本研究では2015年のいくつかの政府統計データを基にこれらの要素からなる多地域レスリ－行列モデルを構築する。その固有値とその摂動理論を用いて、人口減少に最も影響を与えている都道府県別および年齢階級別の出生率と地域間移動率を解析する。

道路網がつくり出す街区の面積分布と土地利用の相関解析

秋葉祐里（北海道大），島弘幸（山梨大），佐藤太裕（北海道大）

世界の都市部で発達した道路網は、地理的・社会経済的・歴史的な要因が相互作用した結果を反映している。複数ある要因の中でも地域ごとの土地利用の特徴は、道路網形態を決める主要因になる可能性がある。本研究では、昼夜間人口比率を用いることで、地域ごとの土地利用の特徴を定量化した。さらに、道路網がつくり出す街区の幾何特性を調べ、系内に内在する要因との相関関係の有無を精査した。結果の詳細は発表時に説明する。

サプライチェーンの揺らぎとシステミックリスク

前野義晴（明治大）

サプライチェーンのトポロジに応じて、企業収益の時間発展は変わる。長期目標として、収益を安定的に増やすには、成長速度の大きなトポロジが適している。一方、短期目標として、収益がゼロになる破綻リスクを避けるには、生存を脅かす揺らぎのあるトポロジは適さない。この問題に対して、確率モデルを用いて分析した結果を報告する。

多次元 SE-NBD 過程、多次元 Hawkes 過程とデフォルト連鎖

服部航大（弘前大）、久門正人（野村証券）、守真太郎（弘前大）

多次元 negative binomial 過程、ホークス過程を使ってデフォルトの連鎖を分析する。これら過程は強度関数が自己励起によって変化するポアソン過程として知られている。自己励起がどのように波及するかを実際のデータを使って分析した。その結果、不動産業や金融業がデフォルトの上流に位置することを確認できた。これはよく言われるバブルの崩壊とその影響の伝播と一致するものである。

複数金融時系列における局所不安定性とその波及効果のエントロピーによる分析

石崎龍二（福岡県立大）、井上政義（鹿大名誉教授）

金融時系列は、不規則に変化し、時にランダムウォークからも逸脱するような複雑な変動を示す。これまで、金融時系列の時間的に局所的な変動に着目し、エントロピーを使った分析を進めてきた。複数の外国為替レートの時系列からエントロピーを算出すると、大域的な変動の複雑さを見ることができる。金融時系列の局所的な変動に着目した時系列間の相関や波及効果等について、種々のエントロピーを使った分析結果を報告する。

売買符号時系列の長期記憶性とそのマイクロ構造の究明

佐藤優輝（筑波大）、金澤輝代士（筑波大, JST さきがけ）

金融市場では、売買符号時系列が長期記憶性を持つという経験則が存在する。この統計則の起源は、取引者の注文分割であるという金融市場のマイクロな構造によるものだと考えられている。しかし、その定量的な実証分析は未だに行われていない。そこで本報告では、取引者の行動を実証的に分析し、マクロ現象である売買符号時系列の長期記憶性が発生するマイクロ構造を明らかにするという研究の進捗について報告する。