

「マクロ経済動学の非線形数理」講演概要

(2019年9月18日更新)

佐藤 彰洋 (横浜市立大学 国際総合科学部)「Inference of extreme synchrony with an entropy mrasure on a bipartite network」

鈴木 智也 (茨城大学 理工学研究科)「AIによる資産運用～課題と可能性」

FinTechが台頭するように金融業務の多くは自動化可能であり、資産運用業務も例外ではありません。古くは1980年代よりアルゴリズム売買が始まり、執行アルゴによる効率化、HFTによるスピード競争、ロボアドバイザーによるマスカスタマイゼーション、そしてビッグデータと機械学習を活用したAI運用が誕生しました。AI運用以前はロボットによる自動化が本質であるため、成果を得やすい領域です。しかしAIにおいては期待が先行しやすく、実際のパフォーマンスは期待に追いついていないのが現状です。過剰な期待の背景として、マスメディアがHFTや執行アルゴによる「自動化」と、AI運用における「知能化」を混同しており、一般市民を混乱させています。そこで本報告ではこれら一連の技術を整理し、実現事項と未実現事項を明らかにします。そして未実現事項については、何がボトルネックになっているのかを考察します。AI技術の成功事例の多くは囲碁のようにルールが明確であり、金融市場においてはこの限りではありません。その結果、AIが学べる法則性には限度があります。そこで改善策の一つとして集合知AIモデルを紹介します。複数のAIを組合せて集合知を獲得することで、AI単体の知能を底上げします。さらに法則性が強まるほどAI集団の意見が一致する性質を利用して、有望な投資銘柄を動的に選出する枠組みを紹介します。

谷口 隆晴 (神戸大学 システム情報学研究科)「時系列データからの階層型ネットワーク構築」

近年、金融データやGPSデータなど、様々な時系列データが取得可能となっており、そのようなデータからのコミュニティ構造の抽出など、ネットワーク構造の解析が注目されている。しかし、実際の解析では、データからネットワークを構築する際に恣意的な閾値などの設定が必要となる場合が多く、解析結果はその値などに大きく影響される。そこで、本講演では、様々なデータから、恣意性の少ないネットワーク構築・解析手法を考案する。なお、本研究は、神戸大学の川剛直、小松瑞果らとの共同研究である。

地道 正行・阪 智香 (関西学院大学 商学部)「探索的財務ビッグデータ解析と再現可能研究」

本研究では、Bureau van Dijk(BvD)社のデータベースOsirisから抽出した160カ国・9万社を超える全上場企業(一般事業会社)の財務データ(33年分、84項目)を前処理(preprocessing)し、データラングリング(data wrangling)した上で、データ可視化(data visualization)による知見より、統計モデリング(statistical modeling)を行い、情報量規準によるモデル選択(model selection)とクロスバリデーション法による評価(model evaluation)を行う。これらの一連の工程は、探索的データ解析(Exploratory Data Analysis)と再現可能研究(reproducible research)の視点に立つて行われる。また、国連の「持続可能な開発目標(SDGs)」から複数の目標を取り上げ、それに関連する企業活動の実態の証拠と課題を提示する。さらに、世界の(非上場企業を含む)全企業のデータベースOrbisから抽出した2400万社超の(連結、非連結)の財務データ(10年分)に対して、前処理工程を並列処理することによって速度(velocity)の観点からの改良を試みる。また、データラングリングを通じて得られたデータ(オブジェクト)の可視化を行い、データの発生メカニズム(分布構造)を探る。

小林 照義 (神戸大学 経済学研究科)「銀行間取引ネットワークのダイナミクス」

銀行間市場では銀行同士による翌日物取引(貸借)が行われており、日毎に取引ネットワークが変化している。本講演では、銀行間ネットワークのデータから動的特徴を抽出する手法を紹介する。また、社会ネットワークをはじめとした、より一般的なテンポラル・ネットワーク分析への応用可能性も議論する。

家富 洋 (新潟大学 自然科学研究科)「経済・社会ネットワークの Helmholtz-Hodge 分解: 階層性と循環性」

企業間取引関係, 貿易収支関係および株所有関係について, Helmholtz-Hodge 分解を利用し, 有向ネットワークの流れ構造の視点から議論する. Helmholtz-Hodge 分解は, 有向ネットワーク上の流れをその階層性を表す勾配流成分と循環性を表すループ流成分へとユニークに分割する. 企業取引ネットワークにおける取引流のループ流成分に着目すると, より明瞭に産業コミュニティを抽出できることを示す. また, 2 国間の貿易は大きく不均衡であっても, 貿易収支を多角的な視点で捉えれば (第 3 国を通じての間接的な貿易関係を考慮), 両国間の不均衡が大きく緩和され得ることを指摘する. 株所有ネットワークについては, 強連結成分に対してヘルムホルツ・ホッジ分解を適用することにより, 複雑な株式持合い関係を紐解く.

佐藤 譲 (北海道大学 電子科学研究所)「Stochastic bifurcation in a turbulent swirling flow」
[Dynamics session in English]

We report the experimental evidence of the existence of a random strange attractor in a fully developed turbulent swirling flow. By defining a global observable which tracks the asymmetry in the flux of angular momentum, we reconstruct the associated turbulent attractor modeled by stochastic Duffing equations. A random map extracted from the data exhibits qualitatively same bifurcation as the experiments. Our findings open the way to low-dimensional modeling of systems with large degrees of freedom.

James A. Yorke (University of Maryland)「Population collapse in Elite-dominated societies: A differential equations model without using differential equations」
[Dynamics session in English]

The HANDY model of Motesharrei, Rivas, and Kalnay examines interactions with the environment by human populations, both between poor and rich people, i.e., "Commoners" and "Elites". The Elites control the society's wealth and consume it at a higher rate than Commoners, whose work produces the wealth. We say a model is "Elite-dominated" when the Elites' per capita population change rate is always at least as large as the Commoners'. We can show the HANDY model always exhibits population crashes for all choices of parameter values for which it is Elite-dominated. But any such model with explicit equations raises questions of how the resulting behaviors depend on the details of the models. How important are the particular design features codified in the differential equations? In this paper, we first replace the explicit equations of HANDY with differential equations that are only described conceptually or qualitatively - using only conditions that can be verified for explicit systems. Next, we discard the equations entirely, replacing them with qualitative conditions, and we prove these conditions imply population collapse must occur. In particular, one condition is that the model is Elite-dominated. We show that the HANDY model with Elite-dominated parameters satisfies our hypotheses and thus must undergo population collapse. Our approach of introducing qualitative mathematical hypotheses can better show the underlying features of the model that lead to collapse. We also ask how societies can avoid collapse.

中野 直人 (京都大学 国際高等教育院)「力学系理論と機械学習の手法によるデータ駆動モデリングによる時系列予測」

今日では大量のデータの取得と処理が可能となり, 複雑な現象のデータ解析ではデータ駆動的モデリングを用いた研究が盛んである. その手法としてはまさに機械学習の手法が興隆を極めていますが, その一方で力学系理論を用いた手法もこれまで考案されてきている. ここではそれらを取り混ぜたデータ駆動的モデリング手法について簡単な時系列解析例を交えながら紹介する.

武藤 誠 (一橋大学 経営管理研究科)「ヒルベルト変換を用いた同期解析：為替都道府県別鉱工業生産指数」

本研究では、ヒルベルト変換を使用して為替レート（ドル円、ドルユーロ）及び都道府県別鉱工業生産指数の間に生じる同期現象を解析する。具体的には、上記経済変数間における時々刻々の同期レベルを測定し、同期が生じている期間について調べた。前者では、為替レートの長期的な均衡関係を表す購買力平価説に基づいて解析を行い、ドル円及びドルユーロの間に同期現象が生じている期間を同定した。通貨価値に影響を与えるようなショック（例えば、ユーロ導入や東日本大震災）では非同期を示すが、通常は同期が生じていた。後者では、都道府県別鉱工業生産指数の間に、景気拡張期には同期レベルが低く、景気後退期には同期レベルが高いという特徴を見出した。これは小野崎保（立正大学）及び齊木吉隆（一橋大学）との共同研究に基づく。

近江 崇宏 (東京大学 生産技術研究所)「高頻度金融データの点過程モデリング」

点過程は時間的に離散的なイベント時系列の確率過程である。近年、ティックデータを点過程を用いてモデル化する研究が広く行われるようになってきた。本講演では、点過程モデリングについての講演者の最近の研究を2つ紹介する。一つ目のトピックは Hawkes 過程と呼ばれる、この文脈でよく使われるモデルを扱う。多くの研究では、データから Hawkes 過程のパラメータを推定する際には、モデルの定常性が仮定される事がほとんどであるが、実際の金融取引は様々な非定常性を有している。そこで、我々はモデルのパラメータの時間変動を仮定することによりデータの非定常性を考慮し、それをデータから柔軟に推定する方法を提案し、既存の定常性を仮定したモデルよりもデータに対する当てはまりが良いことがわかった [1]。二つ目のトピックはニューラルネットワークを用いたモデルである。ここでは我々が最近提案したニューラルネットワークを用いた点過程の汎用なモデルについて解説し、その金融データに対する適用性などについて議論する [2]。

[1] T. Omi, Y. Hirata, and K. Aihara, “Hawkes process model with a time-dependent background rate and its application to high-frequency financial data”, *Physical Review E* 96, 012303 (2017).

[2] T. Omi, N. Ueda, and K. Aihara, “Fully neural network based model for general temporal point processes”, arXiv:1905.09690.

浅子和美 (立正大学 経済学部/一橋大学 名誉教授)

「地方景気の先行性・遅行性 -都道府県別 CI による分析-」

本論文では、47 都道府県に関して 4 つの月次の共通指標から景気動向指数 (CI) を構築し、全国と比較した地方景気の先行・遅行といった跛行性の特色を探る。このため全国 CI の時系列的なパターンに各都道府県 CI のパターンを対応付ける「DP マッチング」の手法を導入する。都道府県別 CI の全国 CI への当てはめは一部の県で乖離が大きいものの、概ね良好な推計結果が得られた。都道府県ごとの景気変動を見ると、跛行性によってもたらされる変動の割合は主要なものではなく、水準の違いによる変動が大きな割合を占めている。跛行性の分析では、総じて特定の都道府県が常に先行性や遅行性を示すことはなく、景気循環ごと、あるいは拡張期か後退期かの局面によって、ある時は全国に先行し、またある時は全国に遅行するといったような不確定性を持つことが示唆された。