

広汎な観測に対する因果性の導入とその最適統計推測論の革新

Introduction of general causality to various observations and the innovation for its optimal statistical inference

課題番号：18H05290

谷口 正信（TANIGUCHI, MASANOBU）

早稲田大学・理工学術院・教授



研究の概要（4行以内）

本研究では、Granger 因果性などを含む高度な因果指標を極めて一般的な乖離度から導入して、データ科学における今まで捉えられなかった潜在要因の統一的指標を提案する。観測対象も従来の統計データだけでなく、高次元時空間過程、グラフ・ネットワーク、遺伝子、トポロジカルデータ等にも適用する。

研 究 分 野：統計科学

キ ー ワ ー ド：因果性、統計的最適推測、トポロジカルデータ、医学データ

1. 研究開始当初の背景

ノーベル経済学賞受賞者の Granger が 1969 年に導入した時系列の平均 2 乗予測誤差からの因果性の概念は当初、計量経済学の分野での話であったが、今やグラフやネットワーク、遺伝子まで 極めて広汎に応用されてきている。過去、谷口は、金融解析の分野で提唱された非線形時系列モデルを癲癇患者の脳波と筋電波に適用し意味ある相関を見出した。従って経済・金融の分野から自然科学や異質の分野への大きなインパクトを実感、実証してきている。

2. 研究の目的

本研究では、Granger 因果性などを含む高度な因果指標を極めて一般的な乖離度から導入して、データ科学における今まで捉えられなかった潜在要因の統一的指標を提案する。観測対象も従来の統計データだけでなく、高次元時空間過程、グラフ・ネットワーク、遺伝子、トポロジカルデータ等にも適用する。この統一的指標を以下、一般化因果性指標と呼ぶことにする。また前述の観測対象も、一般化観測データと呼ぶ。本研究の主題は、一般化観測データからの一般化因果性指標の統計的推測理論の構築とその広汎な分野への新しい潜在要因抽出法の提案である。具体的には局所漸近正規性(LAN)に基づいた一般化データに対して一般化因果性指標の統計的最適推測論の構築を基礎とする。推測法と

しては、尤度原理だけでなく、経験尤度推測、高次元推測等、膨大な手法提案、検証を行い、高次元データ、生体・遺伝子データ、グラフィカル・トポロジカルデータ等の観測に対して我々の構築する最適統計推測法を適用し、広汎な分野の現象に対する新たな潜在指標を洗い出し、それにより予知、要因分析、コントロール、リスク管理に貢献する

3. 研究の方法

以下、研究代表者谷口正信（早稲田大学）＝(I)、青嶋誠（筑波大学）＝(II)、山下智志（統計数理研究所）＝(III)と略記する。研究推進は (I) が中心になって、早稲田大学で、セミナー、ワークショップを開催して意見交換、共同研究および、そのマッチングを行う。研究は主に一般化因果性の導入とその最適推測論と応用を推進する。(II)は、特に高次元統計解析の理論構築を推進し、高次元解析の流れのセミナー、ワークショップを筑波大学で開催する。(III)は金融リスク解析を潜在因子を使って推進し、金融リスク分野のセミナー、ワークショップを統計数理研究所で開催する。

4. これまでの成果

金融データは2次モーメントを持たないと実証認識があるので、そのような現象の数理モデルである安定過程に対する Granger 因果性の研究を経験尤度解析と絡めて展開中である。統計数理研究所の他の機関にない金融データにも適用可能と思われる。

点群データに対してその位相的な情報を探る解析は位相データ解析(TDA)と呼ばれている。従来の統計解析では、突然の大変化を事前につかむのが難しいが、TDAには、それができる可能性が指摘されている。実際、金融データに対して位相データ解析の手法から得られた指標が金融危機の兆候を事前に検出することが報告されている。

多次元局所定常過程に対する位相データ手法の適用についての基礎研究も推進中である。Dahlhaus が局所定常過程を導入してこれに対する種々の基礎理論が発展してきた。本研究では、時間依存の推定された構造から、観測の部分成分から他の部分成分への因果性を種々の乖離度を導入して、時間変化するスペクトル行列の積分汎関数による因果性検定を論じた。また時間依存推定量からパーシステント・ランドスケープを求め、元データの位相情報を引き出す。これを将来の金融の大きな変動や医学データの隠れ因子を予測する統計量の提案につなげる予定である(R1)。

(R1) Liu, Y., Kimura, A., Taniguchi, M. and Ombao, M. (2020). A persistent diagram approach for local Granger causality analysis. In preparation.

5. 今後の計画

(I) は多次元局所定常過程に対する位相データ手法について、時間依存の推定された構造から、観測の部分成分から他の部分成分への因果性を種々の離反度を導入して、時間変化するスペクトル行列の積分汎関数による因果性検定に対する統計的最適推測論を完成させる。また時間依存推定量からパーシステント・ランドスケープを求め、後者の面積指標を用いて、元データの位相情報を引き出す。これから将来の金融の大きな変動や医学データの隠れ因子を予測する統計量の提案を行う。高次元データの統計解析では、従来の手法が有効でないことが知られている。そこで高次元観測に最適因果性推測が可能かを論じ、高次元確率過程に対して一般化乖離度から高次元確率過程観測の間の一般化因果性を導入する。この推測は、高次元統計推測になるので、従来の統計推測とは異なってくる。この状況で、最適統計推測理論を構築する。この部分の研究では (II) との協業が必要で、青嶋が推進している多変量高次元解析を本研究の因果性解析に導入し、新奇な高次元手法を、因果性分野に導入し、基礎理論構築と理論成果の応用を多方面に展開する。統計数理研究所では、他の研究機関にはない重要なデータを利用可能な状態で保有している。例えば、非公開データのデータを入手した統合データベース、インターネット上の金融に関するデータを自動取得したビッグデータ等である。この流れでは (III)

との協業が必要になってくる。これらのデータに対しても独自の統計モデルを作成し、方法論の開発と実証研究を同時に推進し、企業データを用いて企業のデフォルトと、企業の成長に関する我々の新しい因果構造を明らかにする。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

(T1) Akashi, F., Taniguchi, M. and Monti, A.C. (2020) Robust causality test of infinite variance processes. To appear in *J. Econometrics*.

(T2) Xue, Y. and Taniguchi, M. (2020) Local Whittle likelihood approach for generalized divergence. To appear in *Scand. J. Statist.* DOI: 10.1111/sjos.12418

(T3) Goto, Y. and Taniguchi, M. (2019) Discriminant analysis based on binary time series. To appear in *Metrika* DOI.org/10.1007/s00184-019-00746-1

(A1) 青嶋 誠.

日本統計学会賞受賞者特別寄稿論文：高次元統計解析：理論と方法論の新しい展開。
日本統計学会誌 48 (1), シリーズ J (2018), 89-111.

英文著書

(T4) Taniguchi, M., Shiraishi, H., Hirukawa, J., Kato, H. S. and Yamashita, T. (2018). "Statistical Portfolio Estimation" *Financial Mathematics Series*. Chapman and Hall/CRC, New York, 377 pages.

(T5) Liu, Y., Akashi, F. and Taniguchi, M. (2018). "Empirical Likelihood and Quantile Methods for Time Series" *Springer Briefs in Statistics*, Springer-Verlag, 136 pages.

受賞

(Y1) 山下智志(2019, 4.7.) 文部科学省, 平成 31 年度文部科学大臣表彰科学技術賞 「信用リスク評価に対するデータサイエンス技術の振興」

7. ホームページ等

<http://www.taniguchi.sci.waseda.ac.jp/kakenhoukoku2018.html>