

時系列データからの因果関係の発見

近原 鷹一, 藤野 昭典¹

¹NTT コミュニケーション科学基礎研究所

時系列の因果推論とは、入力として時系列データが与えられ、出力として変数間の原因と結果の関係(因果関係)を返す問題であり、時系列解析における重要なタスクの一つである。時々刻々と変化する時系列データから因果関係に関する知識を発見する因果推論研究は、経済現象の解明 [3]、脳機能領域の制御関係の理解 [4]、遺伝子制御ネットワークの発見 [5] など、種々の応用分野が考えられる。

本講演では、数ある時系列における因果関係の定義の中から、Granger causality(グレンジャー因果性)を取り上げる。Granger causalityとは、変数 X , Y 間の因果関係を、過去の X の値が未来の Y の値を予測する際に「有用」であるとき、変数 X を変数 Y の原因と定義するものである。Granger causalityはその定義のシンプルさ、汎用性から、経済学、気象学、バイオインフォマティクスなど、多種多様な分野で用いられている。

本講演の前半では、まず Granger causality を推定するための既存手法について簡単に述べる。具体的には、既存手法では何らかの予測式(自己回帰モデル)を用いて予測の「有用性」を判断することで、変数間の Granger causality の有無・方向を推定するということを述べる。次に、こうした既存手法では、データにうまく当てはまるような、適切な予測式を選択していない場合、正しく Granger causality を推定できないという問題があることを指摘する。最後にこうした既存手法の問題点を解決する我々の提案 [1, 2] について述べる。

後半では、機械学習・人工知能分野における Granger causality 研究の最前線について概説・俯瞰し、今後の発展の方向性を議論する。特に、脳波振動や地震といった、不均一な時間間隔で生じる離散的な現象(イベント)の間の因果関係の推定を可能にする、点過程モデルを用いた Granger causality 推定(e.g., [6])に関して述べる。

-
- [1] Yoichi Chikahara, Akinori Fujino, “Causal Inference in Time Series via Supervised Learning,” in Proc. 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 2018.
 - [2] 近原鷹一, 藤野昭典, “教師あり学習に基づく Granger causality の推定,” 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用 (TOM), 11(3):58-73, 2018.
 - [3] Muhsin Kar, Saban Nazlıoglu, and Huseyin Agir. “Financial development and economic growth nexus in the MENA countries: Bootstrap panel granger causality analysis,” Economic modeling, 28(1):685–693, 2011.
 - [4] Anil K. Seth, Adam B. Barrett, and Lionel Barnett. “Granger Causality Analysis in Neuroscience and Neuroimaging,” Journal of Neuroscience, 35(8):3293-3297, 2015.
 - [5] Shun Yao, Shinjae Yoo, and Dantong Yu. “Prior knowledge driven Granger causality analysis on gene regulatory network discovery,” BMC Bioinformatics, 16(1):273, 2015.
 - [6] Massil Achab, Emmanuel Bacry, Stephane Gaïffas, Iacopo Mastromatteo, and Jean-François Muzy. “Uncovering Causality from Multivariate Hawkes Integrated Cumulants,” Proc. 34th International Conference on Machine Learning (ICML), 2017.