

2023 年度年次報告書

信頼される AI システムを支える基盤技術

2022 年度採択研究代表者

清水 昌平

滋賀大学 大学院データサイエンス研究科
教授

信頼される AI システムを実現するための因果探索基盤技術の確立と応用

主たる共同研究者:

井上 佳 (サスメド(株) 臨床開発部 研究員)

林 岳彦 (国立環境研究所 社会システム領域 主幹研究員)

福間 真悟 (京都大学 大学院医学研究科 准教授)

研究成果の概要

方法論グループ (滋賀大学:清水 昌平)

研究題目 因果グラフ探索法の研究と評価

因果探索の方法論に関する研究とともに、政策科学、環境学、予防医学、臨床医学の領域の各グループと協力して予備解析を行った。方法論に関しては、離散変数と連続変数が混在する場合の識別性や既存手法の実装の高速化を検討した。また、最適輸送のアイデアを用いて差分の差分法の推定精度と計算速度を向上させ、国際会議 CLearR2024 にて出版された。因果探索を用いて因果グラフを推定し反事実の確率を計算することを提案し、滋賀銀行のデータを用いてデモを行う論文が国際会議 IJCNN2024 に採択された。若手研究者支援に関しては、因果探索による因果分析、データの収集・整理、方法論のカスタマイズを実施した。また、それらの成果について、とりまとめ、研究・イノベーション学会にて発表 2 件を行った。

臨床医学グループ (サスミ株式会社:井上 佳)

研究題目 不眠障害に関する因果分析

研究題目 中枢神経系疾患に関するデータを用いた因果分析

2022 年度より実施してきたリアルワールドデータを用いた中枢神経系疾患に関するデータを用いた因果分析を継続している。得られた因果グラフの bootstrap 法を用いた信頼性評価や、欠測の補完方法の違いによる因果グラフの違いの評価を行った。実臨床のデータは欠測が多く因果分析上も対応が必要のため、清水 G と連携し欠測補完と因果探索を組み合わせた手法開発と適用を試行した。

予防医学グループ(京都大学:福間 真悟)

研究題目 予防介入に関する因果分析

予防医学領域における因果グラフ探索技術の応用とその範囲を検討するため、日本の保険者が保有する医療レセプト、健診データから構成される大規模ヘルスデータベースに対して、因果探索の方法論を適用した。まず、健康指導介入から翌年健診結果への因果グラフを、データに基づいて生成し、臨床的解釈との整合性を検討した。さらに、専門知識+データ駆動の工夫により、経時的な介入効果の検討を行った。この成果は、昨年度領域会議でポスター報告しており、投稿論文を準備している。また、政策科学チームの研究課題である因果グラフ探索に LLM を援用する方法論開発を、チーム間で連携し検討した。具体的には、LLM が学習していないデータによる検証を要したため、未公開データの提供に合わせて共同して行った。この成果は、論文化されている。

環境グループ(国立環境研究所:林 岳彦)

研究題目 生態毒性評価に関する因果分析

メダカを用いた生態毒性試験において、毒性発現の因果経路の探索に適切な実験条件を検討するため、作用機序が明確な化学物質である有機リン系殺虫剤(クロルピリホス)や抗てんかん薬(カルバマゼピン)などを対象として、複数の曝露濃度・曝露時間での網羅的な遺伝子発現データを

取得した。その結果、曝露による最初期の分子応答と致死などの悪影響までの経路の全てを包括するデータを取得することについては課題が見られたものの、一定の条件(例:曝露 24 時間以降)では化学物質曝露による影響が安定し、因果探索に適した実験系であることを明らかにできた。これらの成果の一部は、査読付き論文 2 件として発表した。

【代表的な原著論文情報】

- 1). T. Pham, S. Shimizu, H. Hino, T. Le. Scalable counterfactual distribution estimation in multivariate causal models. In *Proc. Third Conference on Causal Learning and Reasoning (CLearR2024)*, PMLR 236:1118-1140, 2024.
- 2) D. Takahashi, S. Shimizu, and T. Tanaka. Counterfactual explanations of black-box machine learning models using causal discovery with applications to credit rating. In *Proc. Int. Joint Conf. on Neural Networks (IJCNN2024), part of the 2024 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI2024)*, Yokohama, Japan, 2024. Accepted.
- 3) K. Hiki, K. Oka, N. Nakajima, H. Watanabe, H. Yamamoto, T. Yamagishi T. The complete mitochondrial genome of water flea *Ceriodaphnia dubia* (Crustacea: Cladocera) NIES strain, *Mitochondrial DNA Part B* 8(8): 831-835, 2023.
- 4) K. Hiki, H. Watanabe, H. Yamamoto. Relative gene expression analysis of catalase in environmental RNA from Japanese medaka exposed to toxic chemicals. *Environmental DNA* 6(2): e532, 2024.