

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19700262

研究課題名(和文) 反事実モデルに基づく因果的効果推測法の統計数理基盤の強化とその応用
研究課題名(英文) Reinforcement of Statistical Aspect of Causal Inference based on Counterfactuals and its Application.

研究代表者

黒木 学 (KUROKI MANABU)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：60334512

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：線型構造方程式モデル, 因果的効果, 反事実モデル, 代用特性

1. 研究計画の概要

実質科学の諸分野では、(a) 観察された結果に対する原因の究明、(b) 観察された因果関係における因果的効果の定量的評価、(c) 観察された因果関係に対する因果メカニズムの解明を解決するために、グラフィカルモデルを基調とする統計的因果分析法が用いられてきた。その一方で、実質科学の諸現象を引き起こす因果メカニズムは複雑であるため、グラフィカルモデルを基調とする統計的因果モデルに対するいくつかの問題点が指摘されている。本研究は、このような問題を解決することを目的とする。

2. 研究の進捗状況

初年度には、(a) 測定誤差問題に統計的因果推論の視点を導入し、因果効果に関する新たな推定可能条件の導出と因果効果の定式化を行った。(b) ランダム化臨床試験に基づいて治療効果を定量的に評価する際の共変量情報の有効利用法について明らかにするとともに、その情報を利用した際の治療効果の存在範囲の定式化および推定精度の検討を行った。

。翌年度には、(a) 未観測交絡因子問題と因子モデルとの関連性を明らかにすることにより、潜在変数モデルの新たな見方を与えただけでなく、その実質科学への応用可能性についても明らかにした。(b) 分散に対する因果効果の枠組みを体系化することに成功し、この結果を品質管理における工程解析に応用した。(c) 新たな交絡概念として intermediate confounder の存在を明らかにした上で、因果効果の存在範囲の定式化および推定精度の検討を行った。なお、最近の研究として、コホート研究とケースコントロール研究のそれぞれにおいて、因果効果の推測法の理論的境界を明らかにするとともに、欠測値データに基づく因果効果の存在範囲の評価法を与えている。また、観察データに基づいて原因の確率を推定した際のその推定精度について、線形回帰モデルの変数選択基準とは異なるパラドックス現象が生じることを明らかにしている。また、統計的因果推論の中核をなす反事実モデルと医療診断でしばしば使われる Youden's index との類似性を指摘し、診断指標の実質科学的な意味を明らかにした。これらの

結果については、現在国際学術誌に投稿中である。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している

【理由】 2007年には、京都大学の佐藤俊哉教授、翌年にはUCLAのJudea Pearl教授、ISUのJin Tian教授、2008年には北京大学のZhi Geng教授、日本イーライリリーの蔡博士、2009年には産業総合研究所のHei Chan博士と、世界の第一線で活躍する因果推論研究者との共同研究を成功させている。また、2008年には、日本品質管理学会の最優秀論文賞と最優秀発表賞を単独で受賞し、IEEE World CongressではGeng教授との共同研究でCompetitionに入賞を果たした。翌年も、応用統計学会論文賞を受賞しただけでなく、共同研究者である蔡博士が計量生物学会奨励賞を受賞している。

4. 今後の研究の推進方策

昨年からは、統計的品質情報解析研究会(日本品質管理学会関西支部)を立ち上げ統計的因果推論の工学的応用を視野に入れた研究を押し進めている。また、10年近く参加しているテクノメトリクス研究会(日本品質管理学会本部)に引き続き参加・議論することで、幅広い学術的視野を取り入れるよう心がけている。さらに、京都大学の佐藤俊哉教授が主催する京都生物統計学セミナーに参加し、発表することで因果推論の医学的応用を開拓することに成功している。来年度は、啓蒙活動の一環として、計量生物学会主催で、統計的因果推論に関する企画セッションを実施する方向で準備に入っている。今後も、この調子で研究を進めるとともに、積極的に国際会議での発表・国内および国際学術誌への論文投稿にも取り組んでいきたいと考えている。

5. 代表的な研究成果 (研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計9件)

M.Kuroki, Z.Cai and Z.Geng: Sharp Bounds on Causal Effects in Case-Control/Cohort Studies. *Biometrika*, 2010, 査読有, in press.
Z.Cai, M.Kuroki, J.Pearl and J.Tian: Bounds on direct effects in the presence of confounded intermediate variables. *Biometrics*, 64, 695-701, 2008. 査読有
M.Kuroki: Graphical Identifiability Criteria for Average Causal Effects in Studies with an Unobserved Treatment/ Response Variable, *Biometrika*, 94, 37-47, 2007. 査読有

〔学会発表〕(計28件)

黒木学: 未観測交絡因子が存在する場合の総合効果の識別可能条件. 2009年度統計関連学会連合大会, 2009年9月8日, 同志社大学.

黒木学: 因果モデリング研究の最前線. 人工知能学会第72回人工知能基本問題研究会「ベイジアンネット, ヒューマンモデリング」(SIG-FPAI), 2008年11月7日, 電気通信大学.

Kuroki, M.: Identification of Causal Effects in the Presence of Unmeasured Confounders between an Exposure and an Outcome. The 1st International Conference on Statistics in Biopharmaceutics, July 1st 2008, Jian Guo hotel, Shanghai.

〔図書〕(計3件)

黒木学: 共立出版, 統計的因果推論-モデル・推論・推測-, 2009, 424ページ