

# 論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	①／乙第 号	氏 名	中村 知繁
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 南 美穂子
	副査	慶應義塾大学准教授	博士（理学） 白石 博
		慶應義塾大学准教授	博士（情報理工学） 小林 景
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 林 賢一
		統計数理研究所教授	学術博士 金藤 浩司
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>学士（工学）、修士（工学）中村知繁 君提出の学位請求論文は、“Robust causal inference via subclassification and covariate balancing methods”（層別化法と共変量釣り合い法による頑健な因果効果の推定）と題し、全4章から構成されている。本論文は、調査観察データから因果効果を頑健に推定するための手法である層別化（subclassification）法、及び、共変量釣り合い（covariate balancing）法に関する研究成果をまとめたものである。調査観察データにおける因果効果の推定では、強く無視可能な割り付けの条件のもとで、傾向スコアによる重み付け推定量がよく用いられている。この際、問題になるのは、傾向スコアに対するモデルの誤特定によって、因果効果推定量が大きなバイアスを被ることである。本論文では、この問題に対して、傾向スコアの推定を改善する共変量釣り合い法、傾向スコアを用いた因果効果の頑健な推定法として層別化法について議論し、実データへの応用とアルゴリズムの提案、推定量の漸近的な性質の解明をしている。</p> <p>第一章は序論であり、本論文で扱う統計的因果推論の問題の定式化と、本論文での興味の対象とする、処置群と対照群の間の結果の差である平均処置効果などの紹介、その推定に関連する既存の手法に関してまとめている。</p> <p>第二章では、共変量釣り合い法による因果効果の頑健な推定について議論している。まず共変量釣り合い法について説明した上で、従来用いられてきた、処置を受ける確率をモデル化するアプローチとの相違点を述べ、本手法により得られる推定量が傾向スコアのモデル誤特定に対して頑健性を持つことを述べている。その後、共変量釣り合い法を用いて、メジャーリーグにおけるスクイズ作戦の有効性を解析した結果を示し、従来法では調整後も処置群（スクイズ群）と対照群（非スクイズ群）の共変量分布が大きく異なるのに対し、共変量釣り合い法では、より適切に調整されることを示している。</p> <p>第三章では、層別化法による頑健な因果効果の推定について述べ、層別化の新たな手法である causal subclassification tree を提案している。層別化法については過去に様々な研究がなされているが、その際に指摘されてきたのは層の数が固定化されると推定量にバイアスが生じるという問題である。本章では、指摘された問題を解消する causal subclassification tree アルゴリズムを提案し、このアルゴリズムから得られる層別化推定量が root-N consistency を満たすことを示している。また、シミュレーションを通して、提案手法の実データ解析における有効性、特に、モデルの誤特定があった場合に従来法を大きく改善すること、また、傾向スコアの推定法として問題を指摘されていた機械学習法も提案手法と組み合わせることによって平均二乗誤差の小さい性質の良い推定量が得られることを示している。</p> <p>第四章は、共変量釣り合い法、及び causal subclassification tree に関するここまでの議論をまとめ、層別化推定量について指摘されている、層内バイアスに関する課題と今後の展望についても述べている。</p> <p>このように、本論文は、因果効果の推定において傾向スコアに対するモデルの誤特定によって推定量が大きなバイアスを被るという問題に対して、解決法を議論し、新たなアルゴリズムを提案してその有用性を示しており、この分野の発展に大きく寄与し、現実の問題解決に活用されるものと思われる。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		