

氏 名 山田 健太郎

学位(専攻分野) 博士(学術)

学位記番号 総研大甲第 1921 号

学位授与の日付 平成29年3月24日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 因果推論における交通コンフリクトの識別問題と定量的評価

論文審査委員 主 査 教授 山下 智志
教授 黒木 学
准教授 逸見 昌之
教授 荒川 俊也 愛知工科大学
准教授 高橋 啓 長崎大学

論文の要旨

Summary (Abstract) of doctoral thesis contents

交通事故対策の代表的なものとして、道路や信号機など道路環境の整備、衝突被害軽減ブレーキなど車両制御技術、標識や警報システムなどドライバーへの注意喚起があげられる。なかでもドライバーへの注意喚起は、多様な交通シーンに対して事故を防止するうえで有用であり、古くから研究がなされている。ドライバーへの注意喚起は、適切な回避行動がとられていないような交通シーンにおいて有用であるが、そのような交通シーンを観察する技術として、ドライバーの回避行動に着目した交通コンフリクトと呼ばれる概念が交通工学の領域で発展してきた。本論文においては、既存の技術と同様にドライバーの回避行動に着目し、そのうえで交通事故コンフリクトを適切に評価することができる指標の提案を行う。

ここでは、ICSTCT (Amundsen and Hyden, 1977) によって与えられた交通コンフリクトの定義にある反事実的表現 “there is a risk of collision if their movements remain unchanged” に着目し、回避行動の有無と潜在的な交通事故リスクの関係性に基づいた交通コンフリクトの評価指標として “Potential Response Inspired Conflict (PRIC)” を提案する。提案に先立ち、第 1 章では、既存の交通事故リスク指標がこの反事実的表現を適切に反映していないケースがあることを指摘する。さらに、この反事実的表現に基づいた指標が Davis et al. (2011) により提案されていることを紹介したうえで、この指標の問題点を指摘する。Davis et al. (2011) の指標は、その導出過程において、回避行動の有無と潜在的な交通事故リスクの関係性に基づいて背景情報の分類を行うものである。しかしながら、Davis et al. (2011) においては、この背景情報が十分には考慮されておらず、また提案指標が識別可能となる条件についての議論がなされていない。

この問題を解決するために、第 2 章では、この反事実的表現を考慮した因果推論の枠組みで使われている潜在反応モデルを導入し、PRIC を定義する。PRIC は交絡因子が同定されたとしても識別可能となるとは限らないことを述べたうえで、PRIC が識別可能であるための三つの十分条件を与える。これらの識別可能条件が成り立たない状況においては、いくつかの因果的仮定に基づいて、観察確率による PRIC の存在範囲を定式化する。そのうえで、いくつかの数値例をとおして PRIC と既存の交通事故リスク指標がしたがう基本的な分布を比較する。また、PRIC を “The 100-Car Naturalistic Driving Study” (Dingus et al., 2006) データへ適用し、その有用性について議論する。

さらに、第 3 章では、提案する PRIC を拡張し、回避行動の有無のみならず回避行動のタイプに応じて交通コンフリクトを評価することもこころみる。一般に、ドライバーがどのような回避行動をとるかによって衝突事故の危険性は異なると考えるのが合理であり、したがって回避行動のタイプに応じてリスクを評価することは重要である。拡張された PRIC においても、その識別可能条件と存在範囲の式を明らかにし、数値例と Dingus et al. (2006) のデータに適用し、その有用性について議論する。

加えて、第 4 章では、交通コンフリクトの定義に立ち返ったうえで、その定義について追加の解釈が可能であることを述べ、この解釈が既存のリスク指標である Prevented

(別紙様式 2)
(Separate Form 2)

Fraction (予防割合) に近い概念であることに着目する。そのうえで, **Prevented Fraction** が異なる母集団に基づいて定式化されているため, 数学的な意味で割合とならないことを指摘する。この問題を解決するために, 潜在反応モデルに基づく予防割合として “Counterfactual-based Prevented Proportion (CPP)” と “Counterfactual-based Preventable Proportion (CPaP)” を提案する。ここでも, CPP と CPaP の識別可能条件と存在範囲の式を明らかにし, そのうえで実データに適用しその有用性について議論する。

最後に, 第 5 章では, 本論文で得られた成果と残された課題について述べる。本論文の成果により, 交通コンフリクトを適切に評価することが可能となる。これは今後の交通工学と統計科学の両面に貢献していくものと考えられる。

(別紙様式 3)
(Separate Form 3)

博士論文審査結果の要旨

Summary of the results of the doctoral thesis screening

山田健太郎氏の学位請求論文審査を、去る 1 月 20 日（金）午後 1 時 30 分から約 2 時間にわたり、本人と表記 5 名の委員出席のもとに行い、その結果、山田氏の学位請求論文は学位の要件を満たしていると判断した。

本論文は統計科学、交通工学の双方にとって有用かつ新規性のある研究となっている。すなわち、ICSTCT（交通事故に関する国際学術基準）によって与えられた交通コンフリクトの定義にしたがって、交通事故リスク指標の改善提案を行い、その有効性を数値実験と実際の交通事故データへ適用し検証したことは、交通工学実務に資する高い有用性が認められる。提案尺度はドライバーの回避行動を明示的に取り入れたものであり、回避行動が適切であったかの検証に利用可能である。このことから、交通事故解析での活用も十分期待される。また、医学分野で使われている予防割合と提案尺度の関係についても言及しており、医学・交通工学・統計科学という 3 つの分野をまたがる分野横断型の研究成果として新規性、有用性とも評価できる。

なお、学位請求論文 2 章から 4 章の内容は、学術論文 1 編が応用統計学会誌に掲載、2 編が投稿中となっており、いずれも出願者が筆頭著者となっている。以上から、博士論文審査委員会は、出願者の学位請求論文が博士(学術)に十分値する水準と全員一致で判断した。

【試験結果】

総合研究大学院大学複合科学研究科における課程博士及び修士の学位の学位授与に係る論文審査等の手続き等に関する規程第 10 条に基づいて、口述による試験を実施した。その結果、出願者は博士論文を中心としてそれに関連がある専門分野、その基礎となる分野及び英語の能力について博士（学術）の学位の授与に十分な学識を有するものと判断し、合格と判定した。