



車両走行軌跡データを用いた大規模ネットワークの 交通状態推定手法

安田, 昌平

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2020-09-25

(Date of Publication)

2021-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7874号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007874>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 安田 昌平

専 攻 市民工学専攻

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

車両走行軌跡データを用いた大規模ネットワークの交通状態推定手法

指導教員 小池 淳司

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること。

情報通信技術の急速な発展により、身の回りの様々なデバイスが相互に情報收拾・提供を行うことが可能となった。デバイス間の情報通信を活用し、日常生活で用いられるあらゆるモノをセンサーとしてインターネットのように接続する概念は Internet of things (IoT) と呼ばれる。大容量の情報を多数端末に高速で通信可能な第 5 世代移动通信システム (5G) の実用化など、IoT には今後更なる発展が見込まれており、デバイスから収集された膨大なデータの解析や、情報通信を活用した制御により人々の行動やシステムを最適化する方法論が活発に研究されている。

道路交通システム分野の IoT 関連技術として、例えば走行する車両が他の車両やインフラと情報交換を行う Connected vehicle (CV) 技術が注目を浴びている。既に実用化されている CV 技術として、例えば国内では料金収受に関わる車両搭載機器に車両の走行軌跡情報を蓄積し、路側に設置されたアンテナを介して情報の收拾・提供を行う Electronic Toll Collection System 2.0 (ETC2.0) がある。CV 技術は、従来のアンケート調査や定点観測と比較して広域な範囲の車両を追跡的に観測できること、車両搭載機器やドライバーのスマートフォン等を活用することで導入・メンテナンスが低コストで行えるなどの利点があり、次世代の道路交通観測システムとして有望視されている。

走行する全ての車両の走行軌跡を取得できない限りネットワークの交通状態をくまなく把握することはできないため、限られた観測情報から交通状態を推定する方法論が求められる。実際、混入率の低い走行軌跡データを用いた交通状態推定手法が近年活発に研究されている。しかしながら、既存の研究は単路や信号交差点付近などの局所的な区間を対象としたものが多く、大規模なネットワークの交通状態を包括的に推定するような方法論は未だ乏しい。その原因として、位置情報に基づく車両走行軌跡データは一般に線形構造が詳細に表現されたネットワークデータに紐付けて用いられることが多く、分析対象範囲を広げるにより計算や前処理のコストが膨大になることが挙げられる。また計算負荷削減のため、ネットワークデータおよび対応する観測情報を分析に適した空間分解能に変換することは膨大な労力を要する上、その変換には分析者の主観性が伴うという課題がある。

本研究の目的は、車両走行軌跡データの取得状況に応じて決定された空間分解能のネットワーク表現を行い、その空間分解能に応じて交通状態を推定する包括的なフレームワークを構築することである。これにより、大規模ネットワークを対象とした交通状態推定の効率化および精度向上を目指す。ネットワークの空間分解能は実走行軌跡の空間情報に応じて決定されるため、従来のネットワーク表現の主観性の問題を解決する。車両走行軌跡から直接ネットワークを構築するため、所与の詳細なネットワークデータへの依存を緩和し、観測データと親和性の高いネットワークデータを効率的に構築できる。また、観測データをネットワークデータに紐付ける膨大な処理を必要としない。

構築されたネットワークのうちリンクで表現された部分について、対応する走行軌跡データのみから各種交通状態量を推定する方法論を開発した。走行軌跡データから生成した交通状態の時空間図と、画像認識手法およびマクロ交通流理論を組み合わせた方法論により、走行軌跡データのみから推定することが困難であった交通量や密度などの量的変数についてその信頼区間を含めて推定することを可能とした。構築されたネットワークのうち、ゾーンで表現された部分について、対応する走行軌跡データから交通状態を推定する方法論を開発した。マクロな交通状態変数の推定に用いる既存の方法論について、観測データの統計誤差を考慮した新たな指標を開発し、その実用性を評価した。精度向上のため、本研究では走行軌跡データだけでなくゾーン内の交通量を観測できるデバイスを用いた補正を行っている。ただし、交通量観測デバイスはゾーン内の交通量レベルを補正するために用いられるため、設置されている道路を特定する必要はなく、ネットワークフリーな情報として扱われる。

本研究の成果を述べる。従来のネットワーク表現手法が所与の詳細なネットワークデータの構造に依存していることに着眼し、この課題を緩和する方法論として、主要なノード領域の特定およびこれにより決定される空間分解能での走行軌跡データの集約を行うことで、任意の分解能のネットワークデータを生成できる方法論を示した。大規模なネットワークを対象に実観測データを用いて行った検証の結果、所与の詳細なネットワークデータに情報を紐付けたものと比較して、大幅な次元の削減に成功し、更に観測情報の適切な集約に成功した。

走行軌跡情報が得られたリンクの交通状態を推定する方法論として、画像処理手法とマクロ交通流理論を組み合わせた手法を開発した。これまで、走行軌跡データのみからは交通量や密度などの量的な変数を推定することが困難であったという問題点に対して、画像処理によるショックウェーブの検知、およびベイズ統計学とショックウェーブ理論を用いた推定手法により時空間的な交通状態を量的変数込みで推定する方法論を開発した。結果は、検知器により観測された真値を適切に推定できており、更に推定値の信頼区間も同時に推定した。

走行軌跡情報が得られたゾーンの交通状態を推定する方法論として、Macroscopic fundamental diagram(MFD)を用いた推定手法を開発した。これまで、対応するMFDが推定に用いることができるかどうか、つまり well-defined であるかどうかは、その形状から判断されていたが、本研究では、観測データの統計誤差に着目し、統計学的に well-definedness を判定する指標を定義した。様々なネットワークを対象に MFD を推定し、その well-definedness を評価した結果、MFD の形状のみから判断できない well-definedness に影響する要因について示唆する結果が得られた。

氏名	安田 昌平		
論文 題目	車両走行軌跡データを用いた大規模ネットワークの交通状態推定手法		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教授	小池 淳司
	副 査	教授	芥川 真一
	副 査	准教授	瀬谷 創
	副 査	東京工業大学 教授	朝倉 康夫
	副 査	東北大学 教授	井料 隆雅
要 旨			
情報通信技術の急速な発展により、身の回りの様々なデバイスが相互に情報収拾・提供を行うことが可能となっている。デバイス間の情報通信を活用し、日常生活で用いられるあらゆるモノをセンサーとしてインターネットのように接続する概念は Internet of things (IoT) と呼ばれている。大容量の情報を多数端末に高速で通信可能な第 5 世代移動通信システム (5G) の実用化など、IoT には今後更なる発展が見込まれており、デバイスから収集された膨大なデータの解析や、情報通信を活用した制御により人々の行動やシステムを最適化する方法論が活発に研究されている。 道路交通システム分野における IoT 活用の例として、走行する車両が他の車両やインフラと情報交換を行う Connected vehicle (CV) 技術がある。CV 技術は、従来のアンケート調査や定点観測と比較して広域な範囲の車両を追跡的に観測できること、車両搭載機器やドライバーのスマートフォン等を活用することで導入・メンテナンスが低コストで行えるなどの利点があり、次世代の道路交通観測システムとして有望視されている。日本国内においては、料金収受に関わる車両搭載機器に車両の走行軌跡情報を蓄積し、路側に設置されたアンテナを介して情報の収拾・提供を行う Electronic Toll Collection System 2.0 (ETC2.0) という形ですでに大規模な実装がなされており、道路行政や学術研究などで活用されている。 蓄積走行軌跡情報は、往々にして全車両の走行軌跡を含んでおらず、そのままではネットワークの交通状態をくまなく把握することはできない。このため限られた観測情報から交通状態を推定する方法論が必要となる。混入率の低い走行軌跡データを用いた交通状態推定手法は近年活発に研究されている。しかし、既存研究では単路や信号交差点付近など局所的な区間を対象としたものが多く、大規模なネットワークの交通状態を包括的に推定するような方法論は見当たらない。その原因として、位置情報に基づく車両走行軌跡データは一般に線形構造が詳細に表現されたネットワークデータに紐付けて用いられることが多く、分析対象範囲を広げることににより計算や前処理のコストが膨大になることが挙げられる。また計算負荷削減のため、ネットワークデータおよび対応する観測情報を分析に適した空間分解能に変換することは膨大な労力を要する上、その変換には分析者の主観性が伴うという課題がある。 本研究では、車両走行軌跡データの取得状況に応じて決定された空間分解能のネットワーク表現を行い、その空間分解能に応じて交通状態を推定する包括的なフレームワークを構築することを行なっている。このことは、大規模ネットワークを対象とした交通状態推定の効率化および精度向上を目指すのに有用である。ネットワークの空間分解能は実走行軌跡の空間情報に応じて決定されるため、従来のネットワーク表現の主観性の問題を解決する。車両走行軌跡から直接ネットワークを構築するため、所与の詳細なネットワークデータへの依存を緩和し、観測データと親和性の高いネットワークデータを効率的に構築できる。また、観測データをネットワークデータに紐付ける膨大な処理を必要としない			

氏名	安田 昌平
本研究では、さらに、構築されたネットワークのうちリンクで表現された部分について、対応する走行軌跡データのみから各種交通状態量を推定する方法論が提案されている。これにより、走行軌跡データから生成した交通状態の時空間図と、画像認識手法およびマクロ交通流理論を組み合わせた方法論により、走行軌跡データのみから推定することが困難であった交通量や密度などの量的変数についてその信頼区間を含めて推定することが可能となっている。また、構築されたネットワークのうち、ゾーンで表現された部分について、対応する走行軌跡データから交通状態を推定する方法論も提案されている。さらに、マクロな交通状態変数の推定に用いる既存の方法論について、観測データの統計誤差を考慮した新たな指標も提案されている。いずれの提案手法についても、ETC2.0により収集された実データに対する適用例が本研究では示されており、その有用性についても正しく評価されていると判断できる。 本研究は、膨大な量の車両走行軌跡データについて、それを活用した大規模ネットワークにおける交通状態の推定についての包括的な手法の研究したものであり、今後さらなる発展が見込まれるIoT技術の交通工学における活用方法について重要な知見を得たものとして価値ある集積である。提出された論文は工学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の安田昌平は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。 以上 (以下空白)	