

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Fundamental Diagrams and Traffic State Estimation Methods: Analysis and Modeling using Zen Traffic Data
著者(和文)	DahiyaGarima
Author(English)	Garima Dahiya
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12220号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:瀬尾 亨,屋井 鉄雄,鼎 信次郎,花岡 伸也,室町 泰徳,朝倉 康夫
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12220号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		GARIMA DAHIYA	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	瀬尾 亨	准教授	審査員	室町 泰徳	准教授
	審査員	屋井 鉄雄	教授		朝倉 康夫	名誉教授
		鼎 信次郎	教授			
		花岡 伸也	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Fundamental Diagrams and Traffic State Estimation Methods: Analysis and Modeling using Zen Traffic Data」(流率密度関係と交通状態推定手法: Zen Traffic Data を用いた分析とモデル化)と題し、全7章で構成され、英文で書かれている。

本研究は、高速道路上の交通流の諸問題(交通混雑など)の解決に資することを念頭に、交通流の基本的な性質である流率密度関係(交通流基本図, Fundamental Diagram, FD)と、その状態を把握するための交通状態推定手法について、近年登場した全車両軌跡データである Zen Traffic Data (ZTD) を用いて分析、モデル化したものである。FD や交通状態推定についてのこれまでの研究は車両感知器やプローブカーなどにより得られた断片的な交通データを用いたものがほとんどだったが、本研究は ZTD という大量の全車両軌跡データを用い、これまでの研究では不可能であった規模の分析を行い、さらに新たな手法を開発している点に新規性があるといえる。

第1章は序論であり、背景、目的、論文構成について述べている。

第2章は文献レビューである。本研究の基礎的概念である交通状態、FD、交通状態推定について体系的な文献調査を行い、既往研究の成果と限界をまとめている。そして、本研究で答えるべき未解決の research question として以下の3点を挙げている。(1)FDの関数形として、精度・数学的性質・計算効率・仮定の強弱の観点から最も良いものは何か? また、これは交通流分析の解像度とどのように関係しているのか? (2)プローブデータと弱い仮定に基づく交通状態推定手法の精度は、時間分解能・空間分解能・交通状況にどのように影響されるのか? (3)少数のプローブデータとデータ同化に基づく交通状態推定手法はどのように設計すれば高分解能で信頼できる推定が可能になるのか?

第3章は本研究が使用する交通データである ZTD についてまとめている。本データは高速道路会社によって収集されたものであり、2 km 区間の計5時間に渡る全ての車両の軌跡が0.1 s 間隔でデータ化されている。既存の車両感知器データやプローブカーデータと比較し、質量ともに非常に優れたデータであり、本研究の目的を達成するにあたり極めて有用であることが論じられている。

第4章はFDについての分析である。既存の様々なFD関数のパラメータを、ZTDに基づき統計的に推定するとともに、その数学的性質、時空間分解能や交通流の定常性との関係性を分析している。特に、関数形が単純であり、弱い仮定にのみ基づいており、数学的洗練度が高く、経験的精度が良く、様々な時空間分解能で信頼できるようなFDを探索している。数学的解析やZTDを用いた様々な統計的分析の結果、May-Kellerの線形モデルが最も優れた性質を持っていると結論された。

第5章は拡張プローブカーデータに基づく交通状態推定についての分析である。拡張プローブカーとは、位置に加えて車間距離を観測可能なプローブカーであり、既往研究によって交通状態推定への適用が提案された。本手法は弱い仮定にのみ基づいている。本章では、本手法の精度が交通状況や時空間分解能にどのような影響を受けるのかがZTDに基づき統計的に分析された。結論として、一つの時空間領域内に6, 7台のプローブが存在すれば良好な精度を得られること、そのような時空間領域とするためには時間分解能を長くするのが特に有効なことが明確になった。

第6章はデータ同化を用いた交通状態推定手法の開発と分析である。データ同化により、より強い仮定に基づく交通流モデルを観測データと同化し、高精度な推定結果を得る方法を確立するのが本章の目的である。そのために、Automatic Calibration と呼ばれる、交通流の動的要素を考慮したFD推定手法と、交通流モデルであるCell Transmission Modelをデータ同化手法であるEnsemble Kalman Filterを組み合わせた方法が開発され、その性質がZTDを用いて検証された。結果として、本手法は様々な状況下で既往研究の手法と比較し圧倒的に良い精度を持つことが確認された。

第7章は結論であり、本研究の成果、今後の課題、本研究の実務に与える示唆がまとめられている。特に、実務への示唆となる成果として、実用性の高いFD関数を特定したこと、提案された推定方法を用いれば今日の現実的なプローブ混入率でも低分解能な交通状態推定が可能であり新たな交通モニタリングが可能となりうることなどがまとめられた。これらの成果は、情報技術を活用したデータに基づくIntelligent Transportation Systemの考え方により、現実の交通計画・制御・マネジメントに応用できると論じられた。

以上、要するに、本論文は全く新しい種類のデータであるZTDに基づきFDおよび交通状態推定手法という交通流の重要な要素について深い実験的・理論的分析を行い、さらに新たな交通状態推定手法を開発したものであり、交通工学の学術的研究や実務への応用に関する有益な知見が得られていると評価できる。よって、本論文は博士(工学)として十分な価値を有するものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポータル(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。