

(論文内容の要旨)

本論文は、交通流を車群単位で扱うことにより、マクロ交通流モデルでは表現できなかった交通現象の多様性を考慮しつつ、現象を簡略化することでミクロ交通流モデルにおけるパラメータ依存の問題点を克服した、「車群交通流モデル」を考案したものであり、全7章からなっている。

第1章は序論であり、交通渋滞発生メカニズムの把握とそれに基づくソフト的な渋滞対策の必要性を論じ、さらに、それに対する従来の交通流モデルの限界を指摘している。それを踏まえた上で、本論文の研究目的、及び論文の構成をまとめている。

第2章では、1950年代より展開されてきた交通流解析の知見と、それに伴って構築されてきた交通流理論の系譜を整理、俯瞰し、既往研究に対する本研究の位置づけを行っている。具体的には、既往の交通流理論を、交通流を圧縮性流体に近似して交通流状態の時空間的な変遷を記述するマクロ交通流モデル、車両1台1台の挙動をモデル化するミクロ交通流モデル、及び交通流の統計的性質を記述する交通流静的モデルに大別して整理し、それぞれの意義と問題点を指摘している。さらに、これまでに蓄積されてきた高速道路単路部でのボトルネック現象に関する知見を整理することで車群に着目する意義を明示し、構築する車群交通流モデルの目指すべき方向性を示している。

第3章では、自由走行車両とそれに続く追従走行車両の連なりを車群と定義し、実データに基づいて自由走行車両と追従走行車両を判別する手法について検討を行っている。具体的には、連続する2台の車両が追従状態にある場合、先行車両と後続車両との走行速度に相関が生じるとの視座から、連続する2車両間の走行速度相関と車頭時間の関係を実観測データより算出、車頭時間が大きくなるに連れて、連続する2車両の走行速度相関が小さくなる傾向にあることを確認している。また、その原因として車頭時間によって追従走行状態、減速走行状態、自由走行状態にある車両の割合が異なることを指摘している。その結果、片側2車線区間走行車線では車頭時間5.5秒、追越車線では4.0秒、片側1車線区間では車頭時間4.0秒を追従走行と自由走行の車頭時間閾値とするのが妥当であるとしている。

第4章では、交通流の多様性を表す指標として希望走行速度に着目し、希望走行速度の差異によって車群が形成されるとの視座から、高速道路片側1車線区間を対象として希望走行速度分布・流入交通流率・片側1車線区間長の関係で、対象区間終端における車群形成状況を記述する車群形成モデルを構築している。さらに、車群に関する実交通流観測データに基づいて、希望走行速度分布を逆推定する手法を提案している。最後に、希望走行速度分布推

氏名	塩見 康博
----	-------

定手法を実観測データに適用した結果、極めて妥当な希望走行速度分布が推定可能であること、また、推定された希望走行速度分布を車群形成モデルの入力として用いることで、交通量レベルによらず正確に車群台数分布の推定が可能であることを示している。

第5章では、ボトルネック区間に設置された車両感知器により取得された交通流パルスデータに基づいて車群を抽出、車群に属する車両について車群中走行順位に対する走行速度の遷移過程特性を調べている。その結果、

- (1)車群中車両の相対速度分布は、直前方車両の走行速度水準によって異なる。
 - (2)相対速度分布の統計的性質は、ボトルネック上流側と下流側とで異なる。特にボトルネック上流側では、走行速度水準が低くなると相対速度分布の平均値が負に転じ、車群内車両速度は漸次減速する傾向を持つ。
 - (3)同一の車群内では車群中走行順位によらず連続する2車両の相対速度に相関は生じない。
- という3つの知見を明らかにしている。

第6章では、車群内車両走行速度の遷移過程を記述する車群内車両走行速度遷移確率行列を定義し、車群内で走行速度が遷移する過程を車群先頭車両速度ベクトルと車群内車両走行速度遷移確率行列に基づくマルコフ連鎖を用いて表現するモデルを構築している。さらに、渋滞の発生を車群内車両走行速度が40[km/h]を下回った状況と定義した上で、車群がボトルネックを流出中に渋滞が発生する確率を車群先頭車両速度、車群台数の関係で推定する手法を考案している。

さらに、第4章で構築した車群形成モデルを援用し、希望走行速度分布、流入交通流率、片側1車線区間長を入力として、渋滞発生確率を出力するモデルを構築し、実観測データから取得した車群内車両走行速度遷移確率行列を用いて流入交通流率と渋滞発生確率の関係を導出している。その結果として、流入交通流率の増大、及びボトルネック直前の片側1車線区間長の延長に伴い渋滞発生確率が高くなること、一定割合で混在する大型車に対して、適切な走行速度での走行を課することで車群を分散させ、渋滞発生を抑制する効果があることを示している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約すると共に、今後の研究課題を整理している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、高速道路上の交通現象を正確に把握することを目的に、車群の形成と車群中の車両の動きに焦点をあてた新しい交通流理論を構築し、交通量に対し確率的に生起する渋滞現象の解析を行ったものである。得られた主な成果は次の通りである。

1. 実交通流データから車群を判定する際に必要となる自由走行車両と追従走行車両の判別基準を、連続する2車両の車頭時間と走行速度相関の関係で導く手法を提案した。これは、既往研究で一般的に用いられている自由走行車両と追従走行車両の判別基準に対し、理論的根拠を与えるものである。
2. 高速道路片側1車線区間における車群形成過程を、希望走行速度分布、流入交通量、片側1車線区間長の関係で記述する車群形成モデルを構築した。また、車群形成モデルを用いて、観測では取得することのできない希望走行速度分布を極めて妥当に推定する手法を構築した。
3. 車群として走行する車両を対象に車群中走行順位に対する走行速度の遷移過程を分析した結果、(1) 車群中車両の相対速度分布は直前方車両の走行速度によって異なること、(2) 同一の車群内では車群中走行順位によらず連続する2車両の相対速度に相関は生じないこと、(3) 車群内車両の相対速度分布の統計的性質はボトルネックの上流側と下流側で異なること、を示した。
4. 高速道路片側1車線区間を対象に、車群との関係で流入交通流率に対する渋滞発生確率を推定する手法を構築した。本手法を用いることにより、(1) ボトルネック直上流片側1車線区間長を短縮することや、(2) ペースカーの導入によって渋滞発生を抑制できるとの新しい知見を得た。

本論文は、理論構築にとどまらず、豊富な観測データに基づいた分析を通して理論の妥当性を検証しており、その信頼性は高く学術的に高い新規性を持つ。加えて、理論を実高速道路に適用した高速道路運用施策の提案もなされており工学的にも有用性の高い研究である。よって、本論文は博士(工学)の学位として価値あるものと認める。また、平成20年8月25日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。