

# Experimental Assessment of Microscopic Traffic Flow Models Based on RTK GPS Data

(RTK GPS データに基づく微視的交通流モデルの  
実証的評価に関する研究)

## 学位論文内容の要旨

Microscopic traffic flow approach has been given more importance in recent years in solving traffic and safety engineering problems. It has two major applications, first in simulation modeling where car following model amongst others controls the motion of vehicle in the network, and second in advance vehicle control and safety system (AVCSS) that is being introduced as a driver safety aid in an effort to minimize traffic accidents due to human errors. In the last five decades, a large number of car following theories has been developed in an effort to imitate the car following behavior more precisely. Although some of these models have been calibrated and validated also, the confusions on their performances are still prevailing as there is not much effort made towards reaching a common understanding in this regard.

This study has proposed a broader framework for the calibration and validation of microscopic traffic flow theories in the light of the latest advancements in data collection and optimization techniques. For the reliable measurement of traffic flow variables in field, several car following experiments were conducted in a test track using ten test vehicles equipped with RTK GPS receivers. To emulate real world traffic conditions various driving patterns were tested for the lead vehicle and their influence on car following behavior were analyzed systematically to attain more consistency and reliability. As one of the latest advancement in random search technique, genetic algorithm is implemented and compared with other conventional optimization techniques to identify the optimum values for the model parameters.

This study has mainly contributed in two research areas, first human factor with a particular focus on drivers' perception response time in car following process and drivers' sensitivity factor to stimulus, and second calibration and validation of microscopic traffic flow theories with a more in depth analysis of the GM model. The dissertation is organized in six chapters. Chapter 1 introduces the background, problem statement, objective, scope and limitations of this study. Chapter 2 summarizes the related literatures covered under five different subheadings: traffic flow theories, car following experiments, global positioning system, optimization techniques and statistical tools. Chapter 3 presents the details of car following experiments conducted in a test track and is organized under eight different subheadings: experiment location, equipments used, drivers' characteristics, driving conditions, post experiment data

processing, precision of measurement data, data compilation and data samples. Chapter 4 presents a broader framework for this study that includes approaches used and the underlying assumptions to cover the topics like, estimation and analysis of instantaneous response time and corresponding sensitivity factor, calibration and validation of microscopic models in general and the one specific to the GM model only, and stability analysis of the platoon. Chapter 5 presents the analysis results on investigation of human factors and stability analysis of platoon. The variations in instantaneous perception response time are investigated and characterized using probability distribution function. Chapter 6 presents the results on the performance evaluation of microscopic traffic flow models under the subheadings: identification of model parameters, speed based evaluation, and headway based evaluation. Chapter 7 presents the analysis and results on the calibration of the GM model. It includes identification of model parameters, influence of driving conditions, and characterization of sensitivity parameters. Chapter 8 concludes this dissertation, highlighting the main contributions of this research along with recommendations for future research directions.

Some of the useful contributions are: 1) implementation of instantaneous response time concept and corresponding sensitivity factor in analyzing the car following behavior, 2) statistical analysis of the influence of the factors like, speed patterns, drivers' position in the platoon, and individual drivers' performance etc. on the driving behavior, 3) set up a general methodology to evaluate the performance of microscopic traffic flow models, 4) performance evaluation of some car following models (from four different groups) based on how good they fit with RTK GPS measurements, 5) set up a broader calibration scheme to calibrate the GM model parameters in a consistent manner, 6) characterization of the GM model parameters, 7) experimental analysis of the numerically defined stability criteria.

The major outcome of this study are: 1) a large number of instantaneous response time and corresponding sensitivity factor are estimated and analyzed, 2) statistical analysis have shown that interpersonal variations are dominant factor, while other factors such as speed patterns, drivers' position in the platoon does not have much influence on response time and sensitivity factor, 3) all the seven models tested approximate the speed measurements better than the headway measurements, 4) interpersonal variations are influential than inter model variations, 5) the optimal values for the GM model parameters are sensitive to the approaches and driving conditions used for calibration, 6) the GM model parameters are identified for various driving conditions with improved consistency and reliability, 7) the sensitivity parameters of the GM model fit well in lognormal function, 8) the average response of the drivers fall near the boundary line between stable and unstable regions of the numerically derived criteria.

As a future expansion to this study, several other microscopic models particularly those used simulation programs can be evaluated for their effectiveness in representing microscopic driving behavior. It would be better to have a well defined data sharing system that will help the research communities to lead traffic studies toward a more practical and consensus conclusions.

# 学位論文審査の要旨

主 査	助教授	中 辻	隆
副 査	教 授	佐 藤	馨 一
副 査	教 授	加賀屋	誠 一
副 査	教 授	森 吉	昭 博

学 位 論 文 題 名

## Experimental Assessment of Microscopic Traffic Flow Models Based on RTK GPS Data

(RTK GPS データに基づく微視的交通流モデルの  
実証的評価に関する研究)

近年、実道路網における交通渋滞に対処するための交通施策の有効性を評価、あるいは人間の錯誤等による交通事故を未然に防止しようとする先進的車両制御システムの安全性を評価するために、微視的な交通流モデルに基づく交通シミュレーション解析が広く実施されるようになってきている。しかしながら、過去数十年にわたって数多くの微視的交通流モデルが提案されてきているが、モデルの同定法や検証法に関して統一した枠組みが確立していないためにシミュレーション解析結果の解釈に混乱が生じていた。

本研究は、最新のデータ計測法および近年の数値計算手法を取り入れることによって、微視的交通流モデルの同定法や検証法を確立することを目的としている。まず、信頼性の高い交通流データを得るために、RTK-GPS (Real Time Kinematic Global Positioning System) を10台の車に装着し、多様な走行条件下における追従試験を実施している。次に、計測された高精度の交通流データを用いて、車両追従挙動の感度特性や安定性に関する実証的な分析を行い、交通条件や運転者特性による影響を明らかにしている。また、現在広く用いられている代表的なモデルに関する比較分析を行い、各モデルに関して適合性の検証を行っている。さらに、モデルパラメータを同定するために用いる交通流データの条件、同定手法などに関する分析を行った上で、モデルパラメータの確率的モデルによる表現を試みている。本研究の概要は以下の通りである。

第1章では第1章では本研究の背景および目的について述べ、さらに本論文の内容・構成、および研究の範囲と限界についてまとめている。

第2章では、交通流理論、車両追従モデル、GPS、最適化手法などに関して既往の文献レビューを行っている。

第3章では、ヒューマンファクタ、車群の安定性、あるいは代表的な追従モデルである GM (General Motors) モデルのキャリブレーション法について解析の枠組みを提示している。

第4章では、RTK-GPS を用いた車両追従試験に関して、試験路、試験車両、運転者、走行パターン、ノイズ消去やデータ変換等のデータ処理方法について述べている。ここでは、RTK-GPS を用いた高精度の追従試験データを世界に先駆けて計測を行ったことを特徴としている。

5章では、反応時間、感度定数、安定性指数などの追従モデルの基本要素に関して、運転者や走行パターンや車群中の位置の影響などに関する分析を行い、運転者の個人属性が支配的な要因であり、走行パターンや運転条件などの影響は小さいことを明らかにしている。

6章では、現在世界的に認知されている代表的な7つの追従モデルを取り上げ、各モデルの同定をおこなって適合性の比較分析を行い、速度データによる同定ではモデル間の適合性に差は見られないが車間データによるデータではモデル間の適合性に差が生じることを示している。

第7章では、GM (General Motors) モデルを対象として、追従モデル、交通流データの条件、および同定手法の組み合わせからモデルパラメータの同定法に関する6つのシナリオを設定し、可変の反応時間を有するモデルを遺伝的アルゴリズムによって同定を行う場合に精度の高い結果が得られることを明らかにするとともに、反応時間や感度定数が対数正規分となることが示されている。

8章においては、今後における研究の方向性が展望されている。

これを要するに、著者は、これまで高精度の計測データがなかったために統一的な解釈がなされてきていなかった追従パラメータに関して、広範な条件下のもとに RTK-GPS で計測された交通データをもとに、車両の追従特性に関する実証的特性を明らかにするとともに、走行条件や最適化手法を組み合わせた同定手法の提案を行っている。さらには、数十年来統一的な解釈がなされていなかった追従モデルのパラメータに関して対数正規分布による確率的表現が可能であることを明らかにしている。また、本研究で計測されたデータは、国内外の大学や研究機関に提供され交通流シミュレーションモデル作成の基準データとして用いられている。ここでの成果は、交通工学、とりわけ交通制御工学の発展に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。