

## 審査の結果の要旨

氏 名 加納 誠

交通流シミュレータは、道路網上の交通状態を模擬するツールであり、道路整備計画や道路交通施策の定量的な事前評価、ITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）関連サービスの導入効果の予測などに利用されている。また、近年の双方向型カーナビゲーションシステムやETC（Electronic Toll Collection System：電子料金収受システム）の普及により、精度の高い交通データがより多く、リアルタイムに近い形で採取できるようになり、これまで以上に高精度にシミュレーションできる環境が整いつつある。将来的には、交通流シミュレータによるリアルタイムな交通予測を利用したITS関連サービスなど、これまでとは異なる使われ方も進められ、ますます交通流シミュレータの利用場面が増えると考えられる。

交通流シミュレータが高精度に交通状態を予測するには、シミュレータが利用する道路網モデルのパラメータが正しく調整されている必要がある。このパラメータはリンクごとの交通容量など数多くあり、これらが相互に関連し合ってシミュレーション結果に影響するため、その調整は難しく、これまでは熟練した技術者が試行錯誤的に調整する必要があり、多大なコストがかかる作業であった。

この交通流シミュレータのパラメータ調整問題は最適化問題の一種であり、その解法としては最急降下法などの数値解析の反復解法が用いられることが一般的である。しかし、道路網モデルのパラメータに対して、シミュレーション結果は非線形性が強く、初期値の設定によっては反復回数が大きくなりすぎる場合や、最適解にたどり着けない場合もある。

以上のような背景のもと、本論文は、交通流シミュレータを対象として、自律的にパラメータを調整する手法を提案し、数値実験によりその有効性を示すことを目的としている。提案手法は、ニューラルネットワークモデルを交通流シミュレータの同定モデルとして利用し、他のボトルネックの影響を含んだモデルパラメータと交通状態との非線形な関係をニューラルネットワークモデルに学習させ、学習後のニューラルネットワークモデルの逆伝播計算によりパラメータを推定する方法である。

本論文は全8章からなっている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べている。

第2章は既存の研究について説明し、その課題を明らかにしている。

第3章は本研究で利用する3層型ニューラルネットワークモデルの構造と、出力計算、学習計算、誤差逆伝播計算について説明している。

第4章では、提案するパラメータ自動調整手法を実現するシステムと、その構成要素である交通流シミュレータ、ニューラルネットワークモデルから構成される同定モデルにつ

いて説明している。また、このシステムのパラメータ調整の手順を説明すると共に、パラメータ調整の精度向上を目的として、相関分析による入出力信号の選択方法、二段階学習方法、パラメータ乱数幅の調整方法、および荷重による逆伝播の調整方法という本論文で新たに開発した方法を詳細に説明している。

第 5 章では、単路部、分流部、合流部、およびドライバーの経路選択を含む分合流部、という 4 種類の基本構造道路を対象に数値実験を実施し、提案手法の有効性を検証している。経路選択を含む分合流部を対象にした実験では、パラメータ推定誤差率 1.4%の結果が得られた。これに二段階学習方法を適用することで 0.97%、パラメータ乱数幅の調整方法を適用することで 0.024%、さらに荷重による逆伝播の調整方法を適用することで 0.019%までパラメータ推定精度を向上できることを示した。

第 6 章では、実際の首都高速道路ネットワークを対象とし、複数ジャンクション部のパラメータを事例に数値実験を実施し、提案手法の実用的な有効性を示している。相関分析による入出力信号の選択方法を適用し、推定パラメータと推定に必要な交通状態を選択した上で、パラメータ推定誤差率 3.7%の結果が得られた。これに二段階学習方法を適用することで 3.1%、さらに荷重による逆伝播の調整方法を適用することで 2.32%までパラメータ推定精度を向上できることを示した。

第 7 章は考察であり、提案するパラメータ自動調整手法の用途や、パラメータ推定精度向上のために本論文で新たに提案した手法の有効性を考察している。

第 8 章は結論であり、結論および今後の課題を整理している。

以上をまとめると、本論文は、交通流シミュレータのパラメータの自律的な調整手法としてニューラルネットワークモデルによる独自の手法を新たに開発し、基本構造道路と実際の首都高速道路を対象に数値実験を行い、提案手法の有効性、実用性を検証している。本手法を交通流シミュレータのパラメータ調整に適用すれば、これまで熟練した技術者が試行錯誤的に実施していた作業を大幅に省力化できる。したがって、本論文の成果は新規性・実用性の両面で交通工学の発展に多大な貢献をしている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。