

氏名(本籍)	宮内 努		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 10014 号		
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査学術院	理工情報生命学術院		
学位論文題目	鉄道電力シミュレーションの計算方式の改善と計測データを用いた精度向上に関する研究		
主査	筑波大学 教授	博士(理学)	高橋 大介
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	河辺 徹
副査	筑波大学 教授	博士(情報工学)	額田 彰
副査	筑波大学 准教授	博士(理学)	照井 章
副査	筑波大学 助教	博士(工学)	二村 保徳

論文の要旨

本論文は、電気鉄道システムにおける電力シミュレーションについて、高精度な計算手法と全体の計算モデルを提案、実際の電気鉄道システムにおける測定結果と比較を実施し、誤差6%の精度で電力量が計算可能であることを示したものである。

1章は、序論であり、電気鉄道システムにおける電力シミュレーションの必要性や、これまでに発表されている内容との違いについて示している。

2章は、電気鉄道システムを模擬した電気回路と一般的な電気回路との違い、電気回路を構成する要素である変電所と列車のモデル化方法、電気鉄道システムを模擬した電気回路の計算方法について示している。また、電気回路の計算過程において、発生しうる収束失敗の問題点として、(a)ハンチング(b)状態バック(c)停滞(d)未到達の4つを挙げ、その問題が起こるメカニズムをまとめている。さらに、(a)ハンチング(b)状態バック(c)停滞(d)未到達それぞれの現象に対して、収束失敗を解決する方法を提案し、従来方法において収束失敗が多発するケースにおいても、収束失敗が0となること、平均反復回数も従来方法と同等以下となることを示している。以上の結果を踏まえて、鉄道システムを模擬した電気回路を高精度に計算する方法の確立ができたことを示している。

3章は、電気鉄道システムの挙動を再現するシミュレーションモデルについて、鉄道システムの時々刻々の挙動を再現するために、2章で述べた電気回路の計算方法に加え、運行ダイヤに基づき路線に在線している列車を管理する運行管理システム、前の列車との間隔を制御する信号システム、運転士の挙動を模擬するとともに、定められた列車性能に基づき列車を走行させるモデルを、論理モデルおよび物理モデルにて構成し、それらを接続するための計算フローを定義している。

4章は、2章および3章で得られた計算方法とモデルを用いたシミュレーションの精度評価を行うため、実際の電気鉄道システムである沖縄都市モノレールで計測した結果とシミュレーション結果と

の比較を実施し、電力量の誤差が6%程度で計算できることを示している。また、計測データを用いることによる、更なる精度向上の可能性について、実測データに基づく走行抵抗式の改善による可能性、実測データに基づく架線およびレール抵抗の改善による可能性を示している。更に、モノレールと一般的な電気鉄道システムとの違いを示すとともに、シミュレーション上におけるこれらのシステムの違いは入力データに反映できることから、シミュレーションモデルに違いはないことを示している。これにより、モノレールで得られた精度検証結果は、他鉄道システムへ適用した場合にも同等な結果が得られることを示している。以上から、実用上問題ない精度で鉄道システムの電力シミュレーションが可能であることを示している。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文において、以下が評価できる。

- 1) 電気鉄道システムを模擬した電気回路と、一般的な電気回路との違いによって発生する計算上の問題点である収束失敗現象について、そのメカニズムを理論的に分析し、収束失敗を起こさないように計算する手法について理論的な側面から提案を行った。また、シミュレーションにより、提案手法の妥当性を定量的に評価した。
- 2) 電気鉄道システムの挙動を再現するシミュレーションモデルに必要な要素を抽出するとともに、その挙動を再現するために適した計算フローを示した。
- 3) 理論的な分析だけでなく、実際の電気鉄道システムでの測定結果とシミュレーション結果の比較を行い、シミュレーション計算精度について定量的な評価を実施した。

一方、今後の課題として、以下が挙げられる。

- 1) 本論文では、提案手法により収束失敗が発生しないことを示しているが、収束が遅い現象に関するパラメータについては、最適な選択方法の提案をすることでさらに収束を早める可能性があると考えられる。
- 2) 計測データの項目追加やリアルタイムに計測したデータを活用した計算精度改善があげられる。特に、情報技術を活用し、リアルタイムに計測したデータを、どのように活用すれば更なる精度改善が得られるかが検討課題となる。

【最終試験の結果】

令和3年2月10日、理工情報生命学術院において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とシステム情報工学研究群情報理工学位プログラムにおける達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。