

氏名	小田 篤 史		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博 甲 第 9011 号		
学位授与年月日	平成 31年 3月 25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	鉄道システムの自動運転技術における 定点停止制御に関する研究		
主査	筑波大学 教授	工学博士	水谷 孝一
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	海老原 格
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	北原 格
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	若槻 尚斗
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	庄野 和宏
副査	NTT 未来ねっと研究所 主任研究員	博士(工学)	安藤 篤也

論文の要旨

本論文は鉄道システムの省エネルギーに寄与する自動運転技術に関するものである。鉄道システムの省エネには駅間の消費エネルギーが最小となる走り方を数理最適化技術で算出し、その走り方に従って列車を自動で運転する取り組みが有効である。しかしながら現時点で省エネのために自動運転が導入される例は少なく、その理由として自動運転技術の導入コストの高さがあった。自動運転技術の導入コストの高さは主に自動運転に必要な技術である定点停止制御の導入コストの高さに起因し、その要因として、(1)高精度自己位置推定のための装置が高価、(2)システム導入時に実使用環境下における専門作業員による調整作業が必要で人件費がかかる、等が存在する。本研究は低コスト自動運転技術を確立し、鉄道システムの更なる省エネルギーを実現すること目的としている。

第2章では、現時点での問題点を定点停止制御システムの導入コストが高くなる要因である(1)高精度自己位置推定のための装置が高価、(2)システム導入時に実使用環境下における専門作業員による調整作業が必要で人件費がかかる、という二つの課題について従来の複数の手法と比較しながら説明している。(1)の課題を解決するための研究を第3章で、(2)の課題を解決するための研究を第4章で行っている。

第3章では、現状のマーカを用いた自己位置推定に代えて画像処理を用いて自己位置を推定する新たな手法を提案している。提案手法について計算機シミュレータを用いた実現性検討や、1/10スケールの試験車両を用いた提案手法による定点停止制御の停止位置精度の評価を行い、目標とする停止

位置精度を満たすことを確認しており、またコストの評価も行い画像処理を用いることでコストが低減されることを示している。

第4章では、もう一つの課題であるシステム導入時の調整作業コストを低減するための研究を行っている。まず、調整作業の大部分を占める車両特性の把握について減速度波形から自動調整を行う技術を提案し、提案手法の実機試験結果や計算負荷の観点から有用性を評価している。その結果、近似関数を用いた自動調整技術によって計算負荷を低減しつつ、停止位置精度を満足することを明らかにし、自動調整技術により従来の専門作業員による調整と比較して調整作業工数（時間）が1/3となることも明らかにしている。

以上のように本研究では定点停止制御の課題であった高い導入コストの改善に取り組み、本研究で得られた成果によって、低コストで自動運転技術が実現される見込みが得られている。その結果、自動運転技術を用いて省エネルギー性を有する走行パターンで列車を走行させることが可能となり、運転士ごとの運転操作のばらつきに起因する消費エネルギーのばらつきが抑制され、消費エネルギーの低減が実現することが期待される。

審 査 の 要 旨

【批評】

鉄道における自動運転は、安全性の獲得のみならず、小エネルギー性にも長けたシステムであり、その導入が渴望されている。しかしながらコスト面等の問題から、その導入が進んでいないのが現状である。先進国においても、鉄道システムの自動運転システムを導入している路線は限られているが、発展途上国にあってはなおさらである。我が国は鉄道システムの輸出により外貨獲得に力を入れようとしているが、本論文で提案されている技術は、高度な新幹線システムではなく、安価な在来システムへの貢献が期待される。具体的な批評をすると本論文では鉄道システムの省エネに寄与する自動運転技術に関するものである。自動運転技術は多くの実績がある技術であるが、その導入コストの高さから広く普及していないのが現状である。本論文では高い導入コストの要因を分析するとともに、その課題についてコンピュータビジョンや数理技術など横断的な知見を活用し、その課題を解決している。自己位置推定については画像処理を活用した低コストで実現可能な手法を提案しているが、定点停止制御に画像処理を用いる方法は鉄道において初めての試みであり、その研究成果の意義や有用性は大きい。また調整工数低減については従来熟練技術者の勘に頼ってきた車両特性の学習を自動で行う機能を提案し、さらに実機適用に向けた計算負荷低減も行うなど実製品に組み込める段階まで新たな技術を落とし込んでおり、その実用性は非常に高い。本研究の成果に基づき低コストで自動運転技術の普及が進めば、従来運転士毎にばらついていた消費電力量が低位水準化され、鉄道システムの更なる省エネルギーに寄与すると同時に在来鉄道システムの機能向上にも期待される。

【最終試験の結果】

平成31年2月8日、システム情報工学研究科において、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。その結果、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。