

審査の結果の要旨

氏名 渡邊 翔一郎

本論文は、「電気鉄道の自動列車運転制御による省エネルギー運転理論の実証研究」と題し、リニア誘導モータ駆動の地下鉄を具体例として、全自動運転の設計に省エネルギーの視点を陽に導入することを提案し、数値計算と商用線上での実車試験を通じて、その効果を評価し実証したもので、以下の 8 章からなる。

第 1 章では、「序論」として、電気鉄道における省エネルギー検討の意義、電気駆動の都市鉄道における関連先行研究の動向と一般的な手法およびその問題点、全自動列車運転技術の動向とその省エネルギー技術との関連性を説明し、本論文の目的と構成を示している。

第 2 章では、「ATO による省エネルギー手法」として、全自動運転の電気鉄道システムにおける省エネルギーを実現する方法として、(1)省エネルギーに振り向けるための走行時分を安全に確保する手法、(2)左記の時分を有効に活用して列車の走り方を工夫し省エネルギーを実現する手法、(3)駅間走行時分を最適に配分して省エネルギーな運行を計画する手法、の 3 つに大きく分類し、各手法を具体的に提案し説明している。

第 3 章では、「運転曲線の数値計算と有用性実証準備」として、第 2 章で提案した手法の効果を数値計算で評価するとともに、実際にその省エネルギー運転を実現するための運転計画を作成するための、列車の運動およびその際の電氣的、機械的パワーやエネルギーを計算するための、モデル化手法、数値計算手法を詳細に記述している。また、本研究でケーススタディとして取り上げる、リニア誘導モータ駆動の地下鉄の特徴と、数値計算に用いる車両性能、各種特性の速度特性など、運転の数値計算に必要な数値データの取得方法と多項式などによる近似表現法、走行上の制約条件の記述法、について具体的に説明している。

第 4 章では、「数値計算モデル構築のための予備試験」として、リニアモータ駆動車両特有の性質を、数値的に把握するために計画した予備的な実車試験の方法と測定の方法、およびその測定結果から消費電力や力行・回生制動時の加減速度や電気-機械エネルギー変換効率などの数値処理を、予備試験の測定データに基づき具体的に論じている。

第 5 章では、「最適運転曲線」として、省エネルギー運転曲線生成を数理的最適化問題として把握した場合の関連研究の動向を簡潔にまとめるとともに、状態変数の不等式制約である区分的な速度制約が複雑に入るケースで、省エネ

ルギー運転曲線の最適化に動的計画法を適用することを提案し、それを、本研究の実験的ケーススタディの一部の区間の運転計画の設計に適用した例を紹介している。

第6章では、「実証試験の運転曲線計算」として、これまでの知見を総合し、次章で実際に測定を行う全自動運転のリニア地下鉄商用路線上での試験運転を、現状、駆動効率の良いノッチ選択+回生制動積極活用の導入、高速時惰行運転の積極導入、駅間走行時分最適配分の適用と省エネ手法を順次追加して4種類の試験運転の計画を策定し、数値計算を通じて、それらの効果の見積もりを示している。

第7章では、「実証試験」として、第6章で計画し数値計算で評価した、省エネルギーに振り向ける時間を確保する手法と、各種の省エネルギー手法を、試験運転に段階的に適用し、走行状態やエネルギー消費を測定する考え方、試験計画の実装の議論を通じて顕在化した問題点とその解決法をまとめている。そして、試験結果に基づく各手法の効果を評価し、前章の数値計算と比較している。その結果、従来の運転と比較し、各手法を組み合わせた結果、最終的に17.2%の省エネルギー効果が得られることを実証している。

第8章は、「結論」として上記内容を総括するとともに、今後の課題として、本論文で提案し実証した手法を、リニア駆動鉄道のみならず、電気鉄道一般、新交通システム、電気自動車などの電気駆動系交通システムに展開する展望をまとめている。

以上要するに、本論文は、全自動運転のリニア誘導モータ駆動の地下鉄の省エネルギー運転を目的に、従来の運転計画中にあった埋蔵時間を、列車運転の実務制約を考慮しつつ、注意深く掘り起こして省エネルギーに振り向け、走行時分を変えぬまま、回生制動最大活用、惰行の積極導入、駅間時分の最適配分等の手法を組み合わせた自動運転を活用した列車運転制御法を提案し、商用線における実験でその効果を段階的かつ具体的に検証し、提案手法の動的計画法等の最適化問題との関係や一般的な車両の電気駆動への適用可能性に言及し、電気駆動車両の省エネルギー運転技術を系統化したもので、電気工学、特に交通・電気鉄道工学への貢献が少なくない。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。