

令和元年5月13日現在

機関番号：82655

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H07407

研究課題名（和文）架線レス車両の非常時安全性を確保する列車運転支援装置の研究

研究課題名（英文）Research on Railway Operation Assistance System for Safety of Vehicle with Wireless Power Transmission Device

研究代表者

渡邊 翔一郎（Watanabe, Shoichiro）

独立行政法人交通安全環境研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：40807294

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、電気鉄道車両の省エネルギーな走行パターンをリアルタイムに数値計算し、その結果を用いた運転支援法の研究を進めた。列車運行システム安全性評価シミュレータ（運転シミュレータ）と通信する機能を活用し、電力及び電力量を評価する計算装置と、支援情報を提示する運転支援装置を製作した。これにより、運転シミュレータで模擬した車両の省エネルギー効果や支援装置のインタフェースを定量的に評価することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電気鉄道車両は、運転方法を工夫することにより大きな省エネルギー効果が得られることが知られている。しかし、手動運転操作は運転士を介するため、運転方法及び運転支援法の検証に絡む要素が複雑であり、検証実験が困難であった。そこで本研究では運転シミュレータを活用して簡易に検証実験を行うことが出来るようにした。これにより運転支援装置の高度化や電力及びエネルギーの評価を進めることができ、列車の安全性や環境親和性を高める研究を進めることができた。

研究成果の概要（英文）：Energy-saving speed profiles of electric rolling stocks are calculated on a real-time process and these results are used for a study of a driver advisory system. A calculation system of power and energy consumption, and the driver advisory system are developed by using a function of data communication which is equipped on the railway operation simulator for safety evaluation. Energy-saving effects and human-machine interface in the railway simulator are evaluated using these developed systems.

研究分野：電気鉄道工学

キーワード：電気鉄道 省エネルギー リアルタイムマネージメント ユーザインタフェース 制御工学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電気鉄道車両は内燃機関鉄道車両(ディーゼル列車等)に比べて環境親和性に優れている。しかし、架線をはじめとする電気設備の維持コストが大きく、経営基盤が脆弱な地方鉄道では電化できず、その高い環境親和性を享受できていない。

近年では、蓄電装置を搭載した電気鉄道車両が開発され、架線レスで走行することが可能となった。さらに、ワイヤレス給電装置を用いて車両走行中に電力を供給する検討も行われている。

しかし、これらの電気機器はコストが必ずしも小さいとは限らないため、車両の運転に必要な消費エネルギーを削減する先行研究が行われてきた。特に車両の走行パターンを工夫する「省エネルギー運転」は近年注目されており、自動列車運転装置(以下 ATO と呼ぶ)を活用した検討は、数値計算結果を反映しやすいケーススタディが可能であることにより、海外でも積極的に研究されている。しかし、依然として世界の鉄道運転の主流は手動運転であり、研究成果を広く展開するには手動運転操作を考慮する必要があるが、手動運転は ATO と異なり運転士を介するため、提案する省エネルギー運転法の検証に絡む要素が複雑であり、先行研究の事例は限られていた。

2. 研究の目的

本研究では架線レス車両を対象に、リアルタイムな列車状況(電池残量、位置、乗客数など)に応じて省エネルギーな最適走行パターンを導く計算法を考案し、その計算結果に基づいて運転操作及びタイミングを運転士に提示する運転支援法を研究する。適切な運転を支援することができれば、給電コイルの故障やダイヤ乱れ、災害等により、蓄電装置のエネルギー残量が想定より少ない非常の事態に陥っても、確実に次駅に到達するための運転操作や、旅客の安全を確保できる可能性を高めることができる。また本手法を平常時に拡張し、蓄電池のエネルギーを温存することにより、非常時に備えた運行が可能となる。

3. 研究の方法

本研究は図 1 に示すような交通安全環境研究所の現有設備「列車運行システム安全性評価シミュレータ(以下、運転シミュレータと呼ぶ)」を活用して研究を進めた。模擬する車両は、国内で既に実用化されている EV-E301 系車両を対象とし、具体的には下記のような研究手順を進めた。

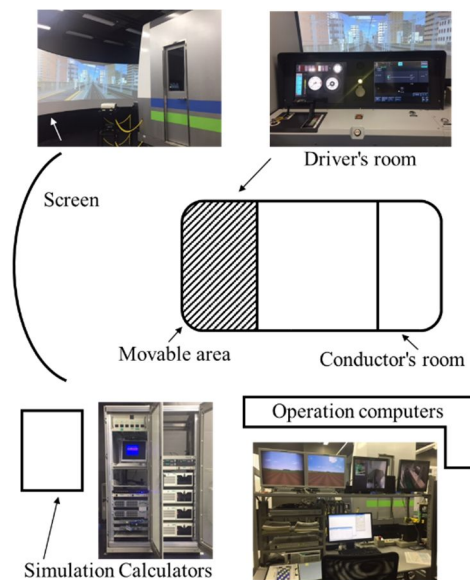


図1 列車運行システム安全性評価シミュレータ

(1)電力・エネルギー演算機能の製作

図 1 の運転シミュレータは車両の運動とそれに伴う振動や動作音を再現し、運転士の手動運転操作の評価を効果的に進めることができる。しかし、運転シミュレータは車両の力学的な運動しか計算できず、出力される情報は限られている。

そこで、本研究では外部演算装置を準備し、運転シミュレータから出力される情報を元に車両の電力とエネルギーを計算する機能を実装する。運転シミュレータと外部演算装置との間で通信を行い、シミュレータの出力をリアルタイムに取得できるようにする。

(2)リアルタイムな情報に基づく運転シミュレータへのフィードバック入力機能の製作と最適計算アルゴリズムの実装

車両の蓄電装置の残量が変化すると、車両の電気機器性能が低下する。この状況を運転シミュレータで再現するために、運転理論に基づいて車両性能の変化を外部演算装置で計算し、運転シミュレータにフィードバック入力する。そして、運転シミュレータの出力結果から、リアルタイムに最適省エネルギー運転法を計算するアルゴリズムを設計、外部演算装置に実装する。

(3)運転支援装置の製作と評価

外部演算装置の出力結果を元に必要な支援情報を構成し、運転士を支援するインタフェース装置を製作する。そして、運転支援で手動運転操作に受け入れられやすい情報量とタイミングを調べる。そして、運転支援法の効果を車両の電力とエネルギーで評価する。

4. 研究成果

(1)電力・エネルギー演算機能の製作

図 2 の(A)に示すように、外部演算装置を用意して運転シミュレータ装置との間で通信を行い、運転シミュレータで操作している車両の情報をリアルタイムに取得できるようにした。そして、その車両の電力とエネルギーを計算する機能を実装した。

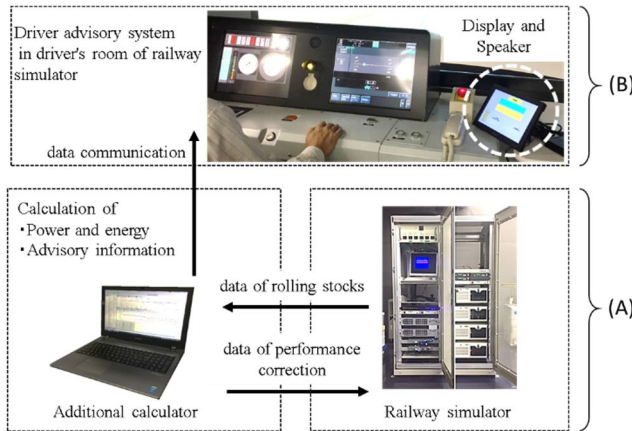


図2 装置構成

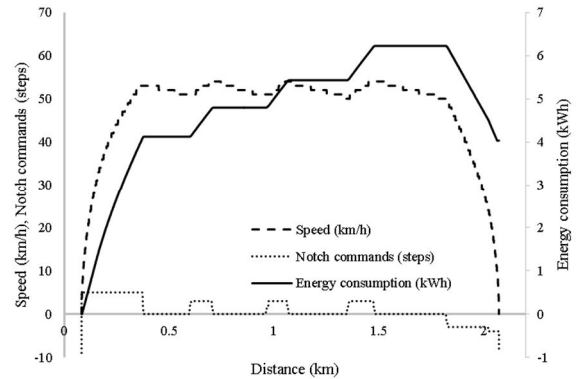


図3 消費エネルギー評価結果

(2)リアルタイムな情報に基づく運転シミュレータへのフィードバック入力装置の製作と最適計算アルゴリズムの実装

運転シミュレータから情報を取得して消費エネルギーを計算した後、蓄電装置の充電率から車両性能の変化を外部演算装置で計算し、運転シミュレータにフィードバック入力できるようにした。

最適計算では、まず最も少ない消費エネルギーで次駅に到達する運転曲線を最適運転曲線と定義し、車両が駅間で停車した場合でも最適運転曲線の計算結果を利用できるように、リアルタイムに最適運転曲線を計算する機能を外部演算装置に実装した。本研究では初段階の検討として、直線平坦路線で目的位置に停車できるような最適運転曲線を計算した。

上記(1)(2)の外部演算装置による計算機能の検証のため、駅間 2km の直線平坦区間の消費エネルギーを評価した。検証結果を図3に示す。力行ノッチ扱いによるエネルギーの消費及び回生エネルギーによる消費エネルギーの変化を確認することができる。外部演算装置のエネルギー計算の検証のため、運転シミュレータから得られるデータのみを利用して、外部演算装置とは別の手段で消費エネルギーを計算した。ここでは、最初の力行オフ時点での消費エネルギーを計算して比較した。その結果、外部演算装置と検証計算結果の差は約2%であり、今後の研究を進める上で十分な結果が得られていることを確認した。

また、リアルタイム計算で得られた最適運転曲線の結果に従って車両を運転することにより、最適運転曲線の計算結果を検証した。これにより、運転した結果と外部演算装置の結果に差が生じることがわかった。検証を進めた結果、外部演算装置と運転シミュレータそれぞれが内部に持つ計算モデルに差があると推察され、今後の計算機能の検討を行うことができた。

(3)運転支援装置の製作と評価

図2の(B)に示すように、外部演算装置の出力結果を元に必要な支援情報を構成し、運転士を支援するインタフェース装置を製作した。そして、手動運転操作に受け入れられやすい運転支援の情報量とタイミングを調べた。運転支援では、特に運転士の認知、判断、操作に要する時間を考慮することが重要であることが先行研究の事例で明らかであったため、本研究で製作した装置を活用して運転士の認知から操作に至る時間を調べた。結果、その時間は約1~2秒であった。仮に、鉄道車両が72km/hで走行していたとき、1~2秒で20~40m進み、これは車両1~2両の長さに対応することから、運転支援装置を改良していくためには、この時間を考慮することが必要との知見を得た。

また、運転支援法の効果を評価するために、車両の最高速度等に様々な制約を設けて実験を行った。得られた結果からは、非常時を模擬して運転している車両の電力ピークと消費したエネルギーの関係を分析することができ、今後の運転支援の高度化と旅客の安全確保に必要な知見を得ることができた。

これらの成果は、下記5.の発表論文にまとめることができ、学会において専門家らと議論を進めることによって、これまでの研究成果及び今後の課題を整理することができた。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計3件)

(1)

渡邊翔一郎, 竹内俊裕, 長谷川智紀, 押立貴志: 「列車運転シミュレータを活用した手動運転の電力量評価とリアルタイム運転曲線計算の基礎検討」, 電気学会 交通・電気鉄道研究会, TER-18-063, pp. 7-12 (2018)

(2)

渡邊翔一郎，竹内俊裕，長谷川智紀，山口大助，押立貴志：「列車運転シミュレータを活用した運転支援システム評価に向けた基礎検討」，電気学会 交通・電気鉄道/ITS 合同研究会，ITS-18-28，TER-18-85，pp. 21-26 (2018)

(3)

渡邊翔一郎，竹内俊裕，長谷川智紀，押立貴志：「運転支援装置を活用した省エネルギー運転に対する列車運転シミュレータによる評価の取組」，平成 30 年度交通安全環境研究所フォーラム 2018 講演概要，pp. 11-14 (2018)

〔その他〕

平成 30 年度交通安全環境研究所フォーラム 2018 講演概要

URL <https://www.ntsel.go.jp/forum/forum18.html>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：渡邊 翔一郎

ローマ字氏名：WATANABE, Shoichiro

所属研究機関名：独立行政法人自動車技術総合機構

部局名：交通安全環境研究所 交通システム研究部

職名：研究員

研究者番号（8 桁）：40807294

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。