

論文の内容の要旨

論文題目 **情報通信技術を活用して安全かつ費用対効果の高い
鉄道輸送サービスを実現する列車制御高度化の研究**

氏名 **勝田 敬一**

鉄道は、一度に大量の旅客や貨物を効率良く輸送できる交通機関で、高速性・定時性・安全性・環境性に優れている。このため、近年では世界的に鉄道への関心が高まり、世界各国で鉄道の建設が推進されている。このような期待の中で、鉄道が、今後も社会の要請に合った交通機関として持続的に発展していくためには、より一層安全かつ効率的に輸送サービスを提供していくことが重要である。

そのためには、列車運行の安全を担う信号システムと、列車運行の効率化を担う運行管理システムという、現在の鉄道システムの中で相対的に大きな経費が投じられている列車制御に関する 2 つのシステムに着目し、高速鉄道から、大都市圏鉄道、幹線鉄道、地方交通線に至るまで、それぞれの路線が抱えている問題を分析して解決策を探究する必要がある。特に、輸送量の少ない路線では収支の均衡を確保することが難しいという課題が顕在化しており、また、輸送量の大きい路線では、混雑緩和のためのインフラ投資や複数路線間の相互直通化に多大な費用が投じられている。

そこで、本研究は、信号システムと運行管理システムを対象として、将来に渡って鉄道ネットワークが持続的に発展していくために、安全かつ費用対効果の高い鉄道輸送サービスを実現するための列車制御に関する統一的な解決策を探究し、その技術と効果を検証することを目的とする。具体的には、信号システムの低コスト化と相互運用化に資する技術と、それらを前提とした列車運行の高度化と省インフラ化を実現する技術を考案し、これらの技術が鉄道輸送に使われるアセットを柔軟かつ効率的に運用するための基盤となり、少子高齢化社会における公共交通機関の持続的な発展という社会課題の解決に貢献できることを示す。

本論文は、輸送量の少ない路線に適した車上装置が制御主体となる低コストな信号システム、複数路線間の相互直通化において信号システムの相互運用コストを低く抑える車上信号装置、輸送量の大きい路線において列車運行密度を限界まで高めるダイヤグラム、さらに輸送力と速達性の向上が求められるような場合に少ない線路資源を効率的に使うための列車運行方式、以上 4 つの要素から構成されており、最後に、信号システムが車上装置主体の制御に進化し、これが相互直通ネットワークに沿って普及していくシナリオと、その動きに合わせて列車の運行管理の形態が変化すること、そして、それによって設備の限界まで密度を高める列車運行や、少ない線路資源を効率的に使う列車運行、さらには現場の判断による列車の自律運行等が可能となり、現在よりも高度なサービスが期待できる鉄道輸送の将来像について述べる。

本論文の構成は以下の通りである。

第 1 章では、序論として、鉄道を取り巻く環境と社会的役割、列車運行の安全を担う信号システムと列車運行の効率化を担う運行管理システムの概要を説明し、本論文で研究対象とする、この 2 つの列車制御に関係するシステムに相対的に大きな経費が投じられている背景を明らかにした。

第 2 章では、第 1 章で挙げた 2 つのシステムに関する先行研究を踏まえて、列車制御における課題を経済性に焦点を当てて掘り下げた。まずは、喫緊の課題として、輸送量の少ない路線における経済性の課題を整理し、次に、路線と路線を繋ぐ相互直通化における課題、続いて輸送量の大きい路線における課題を整理し、最後に、それらの課題を踏まえた上での本研究の取り組み、具体的には安全かつ費用対効果の高い鉄道輸送サービスの実現を目的とした列車制御に関する研究の方針を示した。

第 3 章では、第 2 章で説明した課題の 1 つである、輸送量の少ない路線における経済性の課題に対し、古くから使われているタブレット閉塞式の考え方を発展させて、車上信号装置と転てつ器装置だけで信号システムに求められる機能を実現する「リングトポロジー CBTC システム」の仕組みとその優れた経済性を示した。

第 4 章では、複数路線間の相互直通化における経済性の課題に対し、列車に 1 台の車上信号装置を搭載し、その演算部が路線ごとにその地上側列車制御装置に対応したアプリケーションを実行して列車を制御するという「インターオペラブル車上信号装置」の基本概念と、それによる相互運用コストの低減効果を示した。

第 5 章では、輸送量の大きい路線における経済性の課題に対し、限られた線路資源上で列車運行密度を限界まで高めることのできる「稠密ダイヤグラム」を導出する方法とその活用事例を示した。

第 6 章では、さらなる輸送力と速達性の向上が求められる場合に、駅間の線路と各駅の待避設備を時間的に効率良く使うことで複々線化と同等の速達性と輸送力を実現とする「駅間 3 線の緩急交互型運行方式」の基本原則とその高い投資対効果性を示した。

第 7 章では、第 3 章と第 4 章で提案した信号システムに関する技術によって、将来的に信号システムは車上装置主体の制御に変化し、これが相互直通ネットワークに沿って普及していくシナリオと、それによって列車の運行管理の形態も変化し、第 5 章と第 6 章で提案したダイヤグラムや運行方式に関する技術の実用化が容易になることを示した。これは、これらの技術が、ただ単に保安機能やその相互運用化を低コストに実現するだけでなく、列車を柔軟かつ効率的に運用できる基盤となることを意味しており、具体的には、現場の判断による列車の自律運行が可能となること、それにより現在よりも高度な列車制御が実現できるという、鉄道輸送の将来像について述べた。

第 8 章では、第 3 章から第 6 章までに提案した列車制御に関する技術と、第 7 章で示した鉄道輸送サービスの将来像とその進化のシナリオを総括し、本論文のまとめとした。