

輸送計画・情報技術に関する最近の研究開発

信号・情報技術研究部

部長 土屋 隆司

1. はじめに

鉄道の競争力の維持・向上のためには、安全性の確保を前提としつつも、利便性や効率性のさらなる向上を目指すことが必要である。鉄道総研では、輸送・情報分野における研究開発としては、「交通結節点における移動円滑化」および「新しい状態監視保全技術」のふたつのプロジェクト型のテーマを推進している。本講演ではこれらのテーマの概要について紹介する。

2. 交通結節点における移動円滑化

2.1 研究の概要

鉄道は、駅から駅への移動手段を提供しているが、本来の経路全体の移動（ドア・ツー・ドアの移動）には、他の交通モードとの連携が不可欠である。また、鉄道内で移動する場合も、多くの場合に乗り継ぎが発生することから、交通結節点における移動を円滑にすることは、鉄道利用の促進に寄与し、結果的に環境負荷の低減にもつながると考えられる。ここでは、階段による上下移動、改札口などの狭隘部の通過、駅コンコースやホーム上の混雑など、移動の妨げ、あるいは身体的・心理的負担の原因となるものやその負担の度合のことを“移動抵抗”と呼ぶことにする。我々は、交通結節点および鉄道ネットワーク全体における移動抵抗を低減し、よりシームレスな移動環境の構築に資する研究開発を進めている。具体的には、駅における旅客分布や旅客流動実態を監視カメラ画像により把握、推計する技術、駅における移動抵抗を評価する技術および乗継利便性を向上する施策に関する研究開発を進めている。さらに、鉄道ネットワーク全体の移動抵抗低減を指向した研究開発として、シミュレーションにより列車運行に対する多面的な評価を行う手法についても検討している。以下にこれらの研究開発の現状について紹介する。

2.2 駅および周辺における旅客分布推計手法

交通結節点における移動円滑化のためには、駅の利用状況や移動抵抗を適切に評価することが不可欠である。そこで、各種の流動センシング技術の中から、最近急速に設置が進んでいる監視カメラに着目し、その画像解析によって、駅全体の旅客分布を把握する手法を開発した（図1）。



図1 監視カメラ画像に基づく駅の旅客分布推計手法

監視カメラだけで駅の全域の状況を漏れなく把握することは困難であり、死角となるエリアの旅客分布を撮影画像に基づいて推定する必要がある。そこで、監視カメラの部分映像を駅全体に拡張するためのモデルとアルゴリズムも合わせて開発した。このような技術が確立し、現場に導入されれば、駅全体の混雑状況の提示による旅客の駅構内における移動経路選択の支援が可能となり、旅客の移動抵抗の低減につながるものと期待される。また、火災などの避難誘導時には、初期状態の旅客の分布を迅速に把握することにより、的確な避難誘導が可能となる。

駅における移動抵抗の評価手法および乗り継ぎ利便性の向上策

本研究では、移動抵抗の低い駅空間の構築手法および、乗り継ぎ利便性向上施策の評価手法の確立を目指している。具体的には、シミュレーション技術を用いて駅における移動抵抗を評価する手法を開発し、旅客の移動経路ごとに高精度の移動抵抗評価を可能とするための検討を進めている。また、鉄道と路線バスのような異種公共交通機関の乗り継ぎ利便性向上を目指して、その移動抵抗を定量的に評価できるような指標の開発および調査手法の確立に向けた検討も並行して進めている。これまでに実施した、鉄道とバスの乗り継ぎ利用に関するアンケート調査によって、乗り継ぎに不便な駅に対する利用者の評価を把握する 図 とともに、乗り継ぎ利便性向上による利用者増加傾向が明らかになった 図 。また、鉄道とバスの乗継経路の映像を 通り撮影し、その映像の一対比較による乗継経路の選好と評価に関する調査を行った。今後は、取得された調査データを用い、乗継経路選択意識のモデル構築により乗継時の移動抵抗の構成要因を定量化し、乗継利便性を評価する指標を開発する予定である。

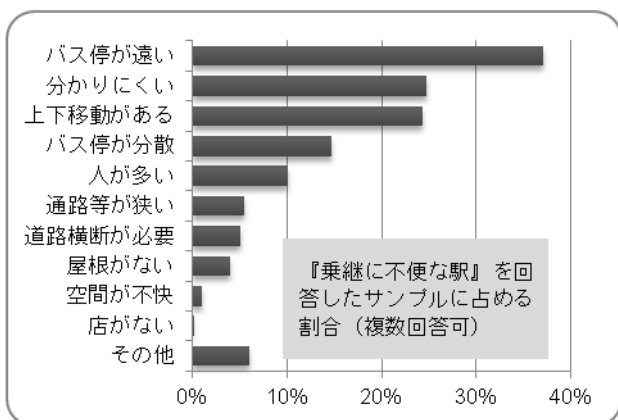


図 鉄道・バス乗継に不便な駅に対する評価

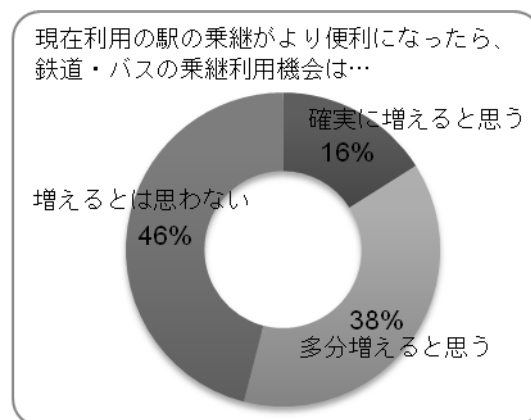


図 鉄道・バス乗継の利用意向

また、駅における流動のボトルネックになりがちな改札口周辺について、従来型の改札、今後導入が検討される可能性のあるフリーゲート型改札などを含め、多様な改札口構成を模擬、評価する実験環境の構築を進めている。

列車運行に対する多面的な評価尺度と評価手法

鉄道による移動の円滑化のためには、結節点である駅のみならず、鉄道ネットワーク全体としての移動抵抗の低減にも取り組む必要がある。そこで、移動円滑化の観点から列車運行を多面的に評価するための評価尺度について検討するとともに、その尺度に基づいて列車運行を評価するシミュレーション技術の開発を進めている。具体的には、信号、線路形状、車両性能などの実際

の走行条件を考慮した列車運行を模擬するために、既開発の運転曲線作成システムのノウハウを利用して信号条件の変化に対応して動的に運転曲線を修正するプログラムを列車運行シミュレータに実装した。これにより、基準運転時分を算出するロジックを適用した駅間走行時分計算を実施可能となり、進行現示以外での速度制限を受けた走行や機外停止が発生する状況などを再現可能となった(図)。

今後は、実際の運転士の運転方法の模擬等、シミュレーションのさらなる精緻化を図るとともに、シミュレーション結果に基づいて列車運行に対して様々な評価尺度による評価値を算出する手法について検討する予定である。

新しい状態監視保全技術

研究の概要

本研究では、鉄道設備の状態変化を中長期に渡って継続的に監視することにより、列車運行の安全の確保と保全作業の効率化を図ることを目的としている(図5)。研究項目としては、構造物、軌道、電車線等、個々の監視対象設備に応じた設備状態計測(センシング)技術の開発に加えて、センシングデータの伝送、集約のための保守情報ネットワーク設計・運用の最適化技術、中長期運用を前提とした効率的なセンサ管理についても検討する。さらに各設備の状態変化のモデルに基づく経年変化予測法についても検討する。

以下では、個々の対象設備に固有の研究開発については割愛し、状態監視の共通基盤となる保守情報ネットワークの設計・運用および効率的なセンサ管理に関わる研究開発について紹介する。

状態監視のための保守情報ネットワークの設計・運用手法

従来の保守情報ネットワーク(センサネットワーク等)の研究では、各機器の消費電力といった単一評価指標による最適化が主流であった。しかし、鉄道現場への適用にあたっては、ネットワークの導入から運用までを考慮したトータルでの最適化および経済性、信頼性等の複数指標を考慮した最適化も重要である。このような複雑な最適化問題に対して、その解法アルゴリズムを開

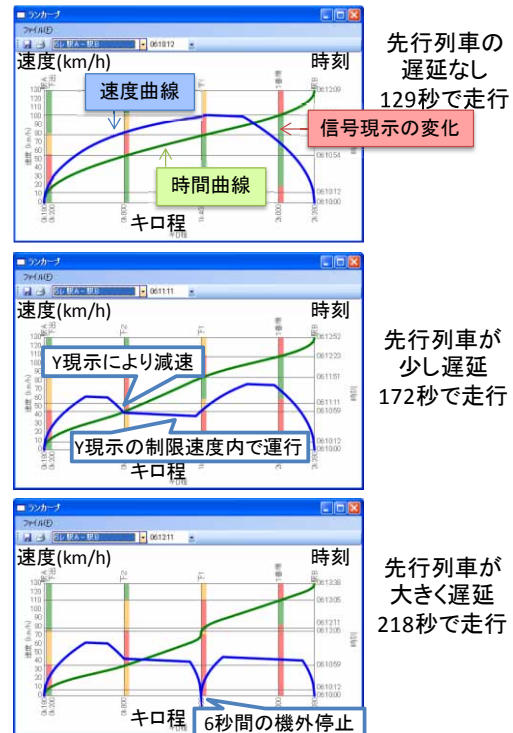


図 列車運行のシミュレーション例

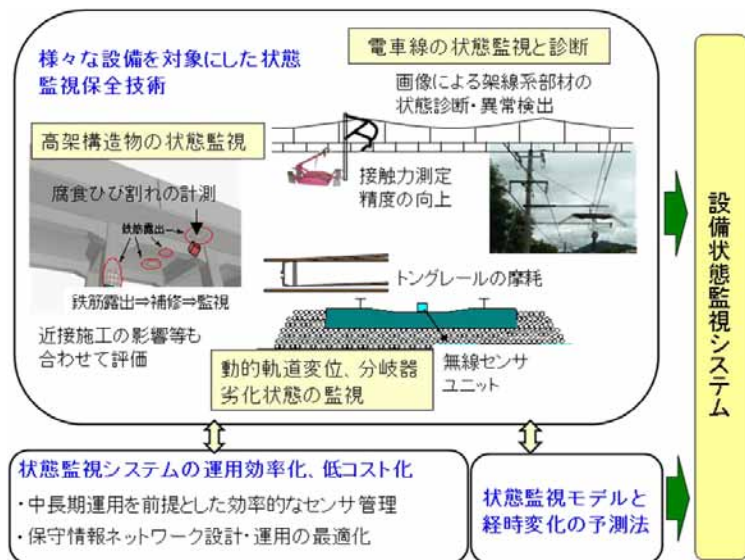


図 新しい状態監視保全技術

発することができれば、費用対効果の高い保守情報ネットワークの実現に資することができる。そこで、保守情報ネットワークの初期設置費用と運用費用から成る総費用を最小化する目的で中継ノードの設置場所、ゲートウェイの設置場所、各センサと各中継ノードのデータ送信出力水準、各センシングデータの伝送経路を同時に決定する手法を開発した。図 は、本手法を、実トンネルに設置する無線センサネットワークに適用した結果、得られたネットワーク構成案である。

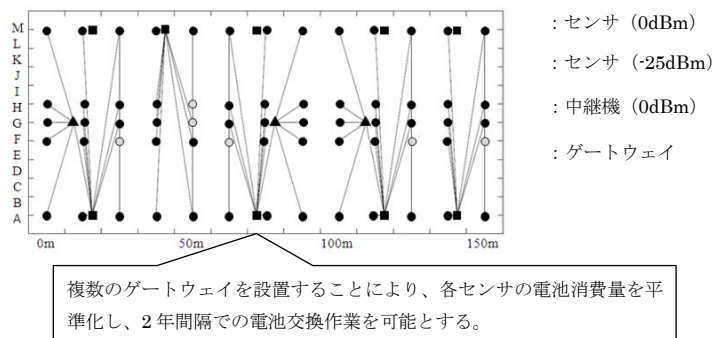


図 提案手法により生成されたネットワーク構成例

今後は、最適化アルゴリズムの改良を行なうとともに、実環境下における実証評価を行う予定である。

センサおよびセンサデータの管理支援技術

センシング対象である設備に比べてセンサの寿命は相対的に短く、技術進歩によるセンサの更新の可能性が高いこと、時間経過とともに対象設備を取り巻く環境や測定条件が変化する可能性もあることなどから、異なる仕様(計測方法・精度等)のセンサや異なる測定条件下で取得したデータを長期に渡って整合性のあるデータとして保存・管理するための仕組みも求められる。さらに、センサの接続や更新をより簡単に行うことができるセンサ管理手法(例えば、センサのプラグ&プレイ化)の構築も必要と考えられる。そこで、長期モニタリングを対象としたセンサネットワーク上で、プラグアンドプレイに対応するスマートセンサと、非対応センサの混在する環境を想定したセンサデータ収集・管理システムを構築した 図 。合わせて、センサを取り巻く環境要件として気象、列車通過、保守記録の総合的な管理を行う仕組みを構築するとともに、それらデータとともにセンサデータをエンドユーザへ提供するためのプロトタイプシステムを構築した。今後は、実設備を対象とした長期モニタリングにおける実証試験を行う予定である。

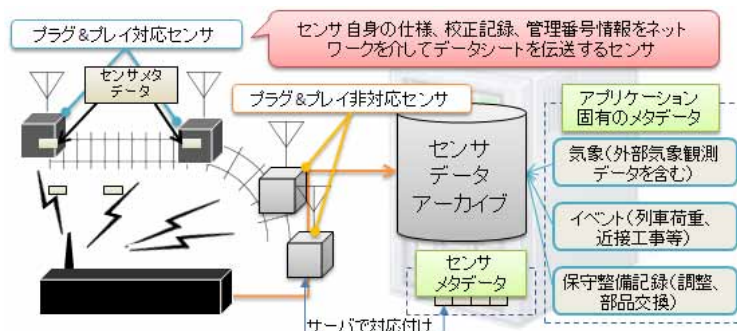


図 センサデータ収集・管理システム

おわりに

本稿では、輸送・情報分野における代表的な研究開発として「交通結節点における移動円滑化」および「新しい状態監視保全技術」のふたつのプロジェクト型テーマの活動状況とこれまでの成果の一部を紹介した。我々の研究活動に、様々な角度から忌憚のないご意見をいただければ幸いである。引き続き、情報通信技術を応用した鉄道輸送の効率化、利便性の向上等に向け、研究開発を深めていきたいと考えている。