

ATS-DKを活用した自動運転システムの開発

藤田浩由 野村拓也 青柳孝彦 森田隼史

地方線を含めた鉄道ネットワーク維持の課題として、列車運行のコスト低減が挙げられています。その解決策の一つとして、列車の運転操縦を自動化し、前頭に動力車操縦免許を持たない係員（前頭乗務係員）が添乗する形態が考えられています。そこで、低コストな自動運転の実現を目指し、連続速度照査式ATS（自動列車停止装置）であるATS-DKをベースとした自動運転システムを開発しました。

本研究では、ATSを主体とした自動運転の考え方として、自動運転演算部のフェールセーフ化とともに、信号冒進防護に関する制御機能の追加により、システム全体として安全を確保する方式を提案しました（図）。また、量産

版試作装置を用いた機能検証試験により、実用上問題ないという検証結果が得られました。

前頭乗務係員の役割、要件などについては、今後、検討がなされるものと考えられますが、本システムの導入による運用コストの削減が期待されています。

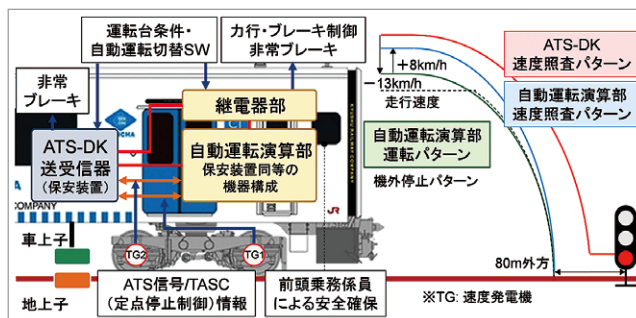


図 自動運転システムの概略図

ATS-Pを想定した自動加減速制御のための運転パターン作成手法

田中峻一 中澤幸弘

近年広がりを見せている都市部でのワンマン運転は、編成両数が長い車両が多いために運転士の負担が大きく、自動加減速制御を導入して負荷を軽減している例もあります。しかし、地上子での情報伝送を主体とするATS区間における自動加減速制御の導入は、大幅な設備の変更や車両システムの更新が発生してしまいます。そこで、ATS-Pの区間を想定した自動加減速制御を行う手法を開発し、そのシステム構成を提案しました（図）。

提案手法では、ノッチの頻繁な調整を不要とし、走行環境や車両性能の個体差を考慮しなくても列車ダイヤに合わせた走行時分で運転できるように、加減速の目安となる目標速度を更新しながら走行する運転方法としました。シミュ

レーションにより設定した走行時分から数秒程度の誤差での走行が可能であることを確認しました。また、地上設備の更新を最小限とし車両単位での導入ができるような自動加減速制御のためのシステムの構成を提案しました。

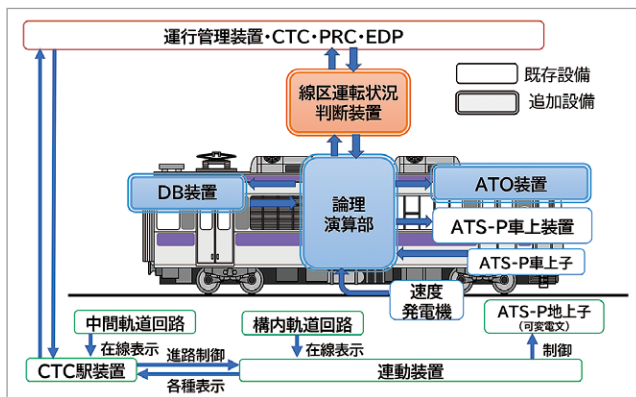


図 構築したシステムの全体構成

カメラとLiDARセンサを統合した列車前方支障物検知手法

影山椋 長峯望 向嶋宏記

鉄道の衝突事故低減とさらなる安全性向上のため、列車前方監視手法の開発が望まれています。本研究では、鉄道向けの前方監視システムへの導入を目指し、カメラとLiDARセンサによる列車前方支障物検知手法を開発しました。提案手法ではカメラで撮影した列車前方画像から検知領域を限定して誤検知を抑制し、深層学習による検知を行います。カメラだけでは検知が難しい夜間はLiDARセンサで得られた点群を深層学習による検知結果と組み合わせることで性能を確保します。実環境での評価試験の結果、検知領域の限定により人物誤検知の発生頻度が領域限定前の2%に減少すること、昼間はカメラのみで、300m先まで人物

の検知率が98%以上となることを確認しました。さらに図に示すように、LiDARセンサとの組み合わせによって、夜間（照度約0.3lx）にカメラだけでは検知できない200m先の人物の検知率が約45%となることを確認しました。

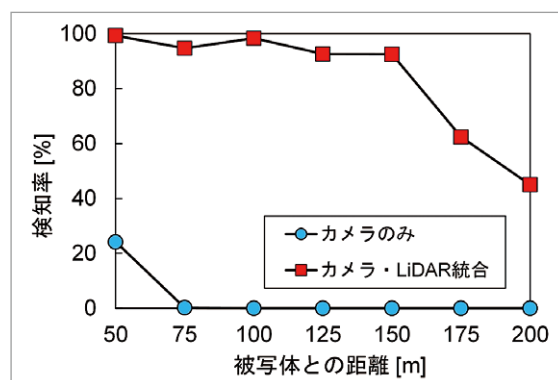


図 夜間の距離ごとの人物検知率

車両側面カメラを用いた安全確認手法

合田航 長峯望 向嶋宏記

近年、一部のワンマン運転区間では、運転士による安全確認の支援を目的として、車両側面カメラを搭載した車両の運用が始まっています。運転士による安全確認の負担を軽減して安全性をさらに高めることを目指して、車両側面カメラの映像から画像処理によって人物を検知し、人物の接近情報をリアルタイムで運転士に通知する手法を開発しました。

開発した手法では、ディープラーニングによる人物検知と、射影変換と呼ばれる座標変換技術を組み合わせることで人物の車両への接近距離を算出します。距離算出精度の評価実験を行い、人物

の接近距離の誤差が20cm程度であることを確認しました。これは、ホーム上の点字ブロックの外側に出た人物を見逃すことがない精度となっています。

また、試作装置を製作し、実車両による走行試験において、装置が正常に動作することを確認しました。



図 実車両による走行試験の様子(人物は試験関係者)

無線式列車制御システムへのビームフォーミング技術の適用

北野隆康 岩本功貴 中村一城

近年、無線式列車制御システムの導入が進んでいます。今後、都市圏の複数の高密度線区に導入を拡大する場合に、少ない周波数チャンネルで複数の線区を制御する方法があれば、限られた周波数資源を有効活用することができます。そこで、複数の基地局が連携して電波の指向性を制御するビームフォーミング技術に着目しました。これを無線式列車制御システムに適用すると、同じ周波数で複数の列車に異なる制御情報を同時に伝達することができます。当該技術の適用に向け、基本となる列車制御機能と情報伝送機能を機能的に分離する考え方で、車上列車位置認識とデータベースを活用したシステム構成を提案し

ました。この構成に基づいて簡易な伝搬路モデルに基づくシミュレーションを実施したところ、良好な伝送品質で情報を伝送可能であることが確認でき、ビームフォーミング技術を適用できる見通しが得られました。

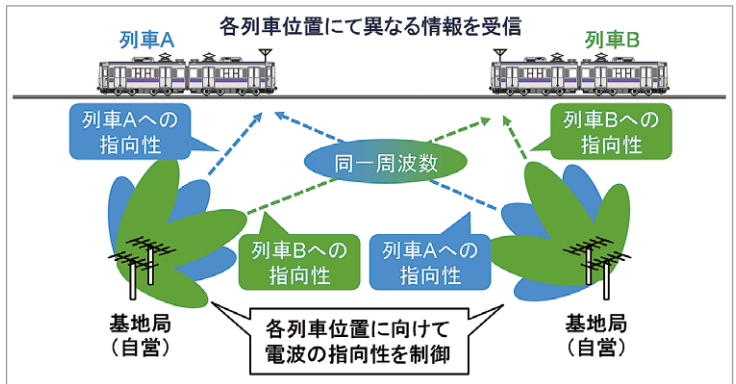


図 ビームフォーミングによる同一周波数での複数列車への同時伝送

転てつ装置の密着力・密着度が特異となる現象の解明

潮見俊輔 押味良和 佐藤輝空 椿健太郎 高崎健

転てつ装置の保守では、トングレールが基本レールに向かって押しつける力(密着力)の状態を、トングレールの先端開口力(密着度)の大きさによって管理しています。この密着度は経験的に密着力に対して比例関係にあることが知られています。しかし、一部の設備では密着度の調整基準値内に調整すると密着力が過大となる場合など、密着力に対する密着度の特性が特異な傾向を示すことが確認されており、設備管理上の課題となっています。この課題に対して、設備の種類や状態が異なる設備に対する現地調査と解析を行いました。その結果、トングレールの先端部にすきまがあり後端部が基本レールと接触している状態(胴付き)のときに

特異傾向を示すことを特定しました(図)。また、検査結果のばらつきに測定方法が影響していることを特定しました。これらの結果を踏まえて、特異傾向や検査結果のばらつきが起きにくい密着度の検査、調整方法を提案しました。

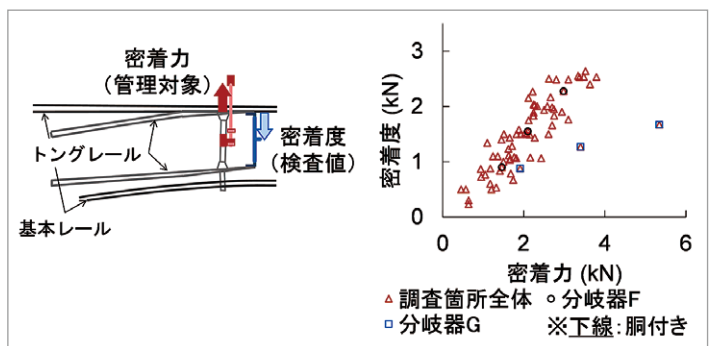


図 密着力・密着度特性の現地調査結果と胴付きの影響(弾性分岐器)

通信設備における接地方式の評価手法

山口大介 竹内恵一 藤田浩由

鉄道通信設備では、用途別に複数の接地極を設けていますが、設計施工標準等で定められた基準を満足し、かつ接地極同士で影響が出ないように接地極間の離隔を確保することは困難となっていました。これらに対応するため、接地極を地層の深い位置まで打ち込む深打接地や、接地極数の削減と落雷・地絡故障時の設備の保護が期待できる共用接地の導入が検討されています。しかし、施工前にそれらの接地による効果を定量的に評価する方法がありませんでした。そこで、これらの新しい接地方式の導入効果を評価できるように、接地抵抗、電位干渉といった接地極の特性を予測できるツールを開発しました。これにより、大地抵抗

の水平多層構造や接地極間の離隔を考慮し、接地極の特性を定量的に把握できるようになりました。さらに、予測結果を参考に新しい接地方式を含めた鉄道通信設備の構成案を提示し、施工時の留意点と課題を整理しました。

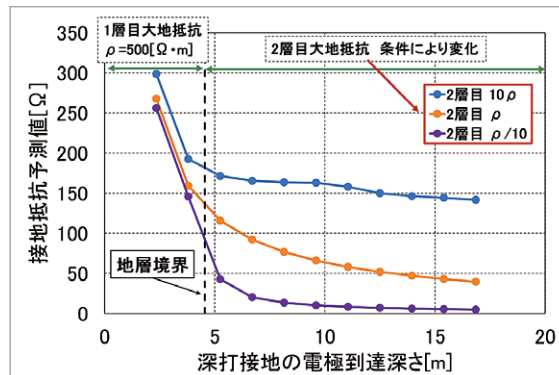


図 接地特性の予測例

乗降遅延を推定する列車内旅客行動シミュレーション

國松武俊 守谷浩紀

通勤路線のラッシュ時間帯では、混雑による慢性的な遅延が課題となっています。鉄道事業者は、車両扉の拡幅や乗降方法の工夫により、乗降時間の短縮を図っています。しかし、これらの対策による乗降時間や遅延の変化を、事前に定量的に見積もる手段がありませんでした。

本研究ではまず、列車内の旅客の立ち位置の傾向をWeb調査で明らかにしました。次に、1つの車両扉の乗降状況を模擬する列車内旅客行動シミュレーション手法を構築し、乗降時間を詳細に推定可能としました。そして、あるダイヤで運行させた場合の混雑・遅延を推定するために開発した「列車運行・旅客行動シミュレータ」と連成させることで、車両扉の拡幅や乗降方法の変更による路線全体

の遅延の変化を推定可能としました。

さらに、開発した手法を実在通勤路線に適用し、車両扉の拡幅や乗降方法の案内を実施した場合の遅延の変化を試算することで、提案手法の有効性を確認しました。

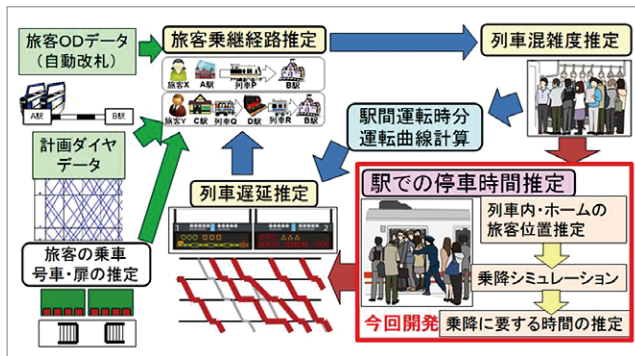


図 列車運行・旅客行動シミュレータと乗降シミュレーションの連成