

信号・情報通信技術に関する最近の研究開発

信号・情報技術研究部

部長 平栗 滋人

1. はじめに

鉄道総研では、進展が著しい情報通信技術を用いて、鉄道の安全性・信頼性、経済性、利便性の向上を目指した研究開発を推進している。信号・情報通信技術に関連する担当範囲は、信号、通信など鉄道に固有な設備に直接関わる分野から、輸送計画や運転整理などのオペレーション技術、需要予測など鉄道事業者の意思決定に関わる技術まで、広い意味での列車運行に関する技術分野となっている。

本発表では、信号・情報通信分野での研究開発の取り組みの内、鉄道の安全性・信頼性のさらなる向上をめざした知能列車に関する研究開発、状態監視技術の活用による経済的・合理的な保全手法の構築を目指した研究開発、および、今後、鉄道においてさらに重要性が高まることが想定される通信技術について、新たな取り組みについて紹介する。

2. 知能列車による列車制御の高度化

2.1 概要

ATS や ATC などの列車制御システムは、鉄道の安全な運行にとって重要な役割を担っており、これまでにさまざまな改良や、新しいタイプの開発が行われてきた。その結果、停止すべき位置情報を列車に与え、列車自身が線路条件などを加味して、安全に走行できる速度パターンを算出し、制御を行う方式とすることが潮流となっている。平成 23 年に国内でも実使用が始まった無線式列車制御システムは、車上での連続的な位置検知、移動体無線通信の保安制御への適用などにより、移動閉そくを実現し、列車制御システムとして一つの到達点と行うことができる。一方、列車走行の安全に影響を及ぼすものとしては、列車間隔制御や進路制御などの他に、列車前方の障害物の存在、沿線での災害、車両の状態など、さまざまな要因が想定される。そこで、これらの要因に関するセンシング情報を列車に与え、列車がこれらを基に安全な走行方法を判断する知能を持つシステムの開発を進めている (図 1)。

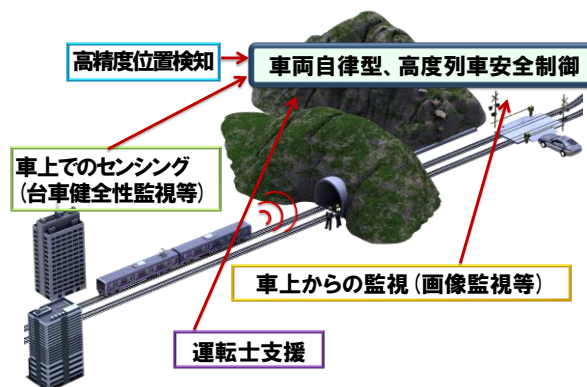


図 1 知能列車の概念

2.2 知能列車の機能構成

知能列車の機能構成を図 2 に示す。各種のセンシング情報を集約、処理する部分を子知能と位置付け、子知能から得られた情報から安全な走行方法を最終的に判断する部分を親知能と位置付

けている。

子知能には、さまざまなものが想定されるが、今回の取り組みでは、画像による前方監視、台車の健全性監視などについて開発を進めている。各子知能が扱う情報内容は大きく異なるため、親知能に対しては、事象の種別と推奨される対応方法を共通の形式で提供する。推奨される対応方法とは、各子知能が判断した、即時に停止すべき、停止する必要はないが徐行の必要あり、などを表す。これは、事象の種別や状態、周辺の条件（速度制限の有無、橋梁やトンネルなどの構造物の存在など）によって、直ちに停止すべき場合、停止すべきでない場所を通過してから停止すべき場合、最寄り駅までは低速で走行を続けた方がよい場合などが異なることを想定したものである。親知能はこれらの情報を統合し、その時点での在線位置と状況に基づいて、安全な走行方法を判断する。

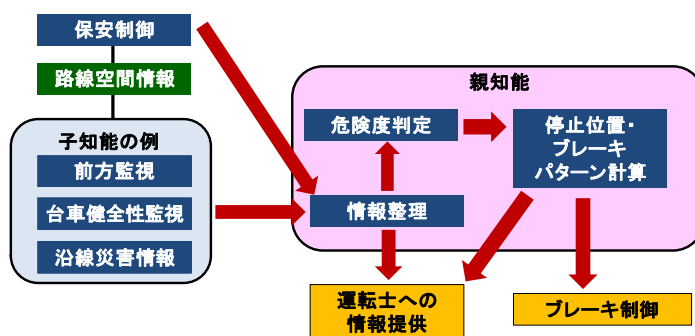


図2 知能列車の機能構成

2.3 知能列車の共通基盤

知能列車のための共通基盤としては、親知能の他に車上で位置検知が挙げられる。位置検知については、多くの無線式列車制御システムと同様に地上子などによる初期位置決定と補正、速度発電機出力の積算を基本としているが、慣性センサなどと併用することで、さらなる精度向上も目指している。また、位置検知を行うためには、路線に関するデータベースが必須である。路線データベースは分岐の位置や線路配線を表現する必要があるが、知能列車では、先述のように沿線の各種設備（地物）の位置も考慮する必要があるため、施設、軌道、電気など系統ごとに管理している情報を統一的に取り扱う必要がある。知能列車では、これらを集約した汎用性のある情報を鉄道基盤データとし、ここから必要な情報を抽出したものを列車制御情報として管理することとした。知能列車における路線空間情報の概念を図3に示す。

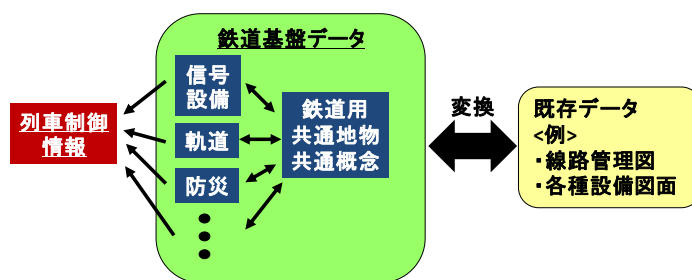


図3 知能列車における路線空間情報の概念

3. 状態監視技術による設備保全

3.1 概要

鉄道は膨大な設備を抱えており、これらの維持管理を適切に行うことは鉄道の運営上、非常に重要である。従来は、一定周期で検査、保全を行う定期保全が一般的であったが、これに対して設備の劣化などの経時変化を継続的に把握し、この状態に応じて、必要なときに、必要な箇所の保全を行うことで効率化が期待できる。また、近年の情報通信技術やセンシング技術を積極的に

利用することで、状態監視による保全の実現が現実味を帯びてきており、これまでに、長大橋梁、地下鉄トンネル、軌道、電気転てつ機の状態監視手法の開発に取り組んでいる。

3.2 電気転てつ機の状態監視

上述の各種設備の状態監視手法の内、信号設備の一つである電気転てつ機のロック狂い量をモニタリングする手法について述べる。

転てつ機のロック位置は、温度、湿度などの気象条件によって変動することが経験的に知られているが、その調整に苦労している箇所も多い。そこで、これら気象データとロック位置の実績データに基づいた時系列モデルを作成し、これに翌日の気象予測データを入力することで、ロック位置を予測する手法、および月単位でのロック位置変動の傾向を推定する機能も開発した。これによって、調整作業の効率化や計画的な保全の実現が可能になることが期待される(図4)。

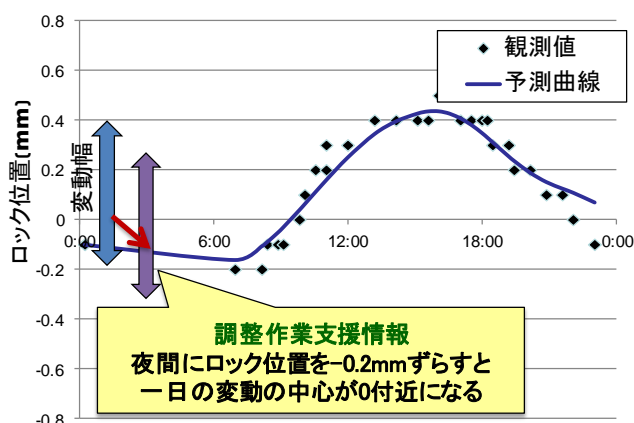


図4 ロック位置予測の活用例

3.3 センサネットワークの最適設計

状態監視システムを運用する場合、多数のセンサを現場に配置し、無線センサネットワークを構築することが多いと想定される。この際、設置環境を考慮すると、各センサの消費電力をできるだけ小さくすることが必要である。このため、電力消費の大きなセンサの近傍に中継器を配置し、電力消費の平準化を図る方法がある。ただし、中継器設置には新たなコストが発生するため、ネットワーク全体としての設置、運用コストの最小化が必要である。数理モデルを用いて、このような最適化を行う手法を開発し、実トンネルのデータで有効性を確認している(図5)。

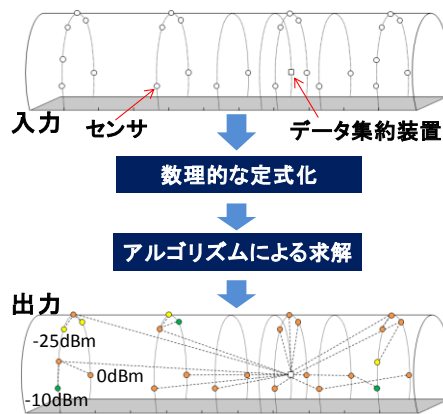


図5 センサネットワークの最適化

4. 新しい通信技術

4.1 光無線の利用

将来、列車と地上との間での通信には、無線式列車制御システムのような保安制御用途の他、車両の状態に関する記録、各種制御に使用するデータベース、あるいは乗客へのサービス情報など、多様な用途が想定され、高速・大容量の通信へ

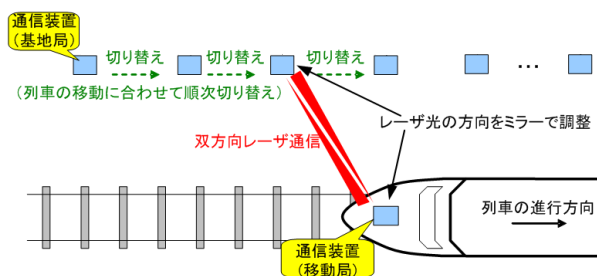


図6 レーザ光を利用した通信システム

のニーズも高いと考えられる。これを実現し得る一つとして、レーザ光を使用した対列車通信システムの開発を行った。レーザ光はビーム幅が狭く、拡散が少ないことから、送信と受信側で確実に位置合わせを行う必要がある反面、電波に比べて秘匿性に優れるという特徴がある。

高速で移動する列車との通信については図6のような方式を検討し、500~700Mbpsでの通信が可能であることを確認している。また、固定した箇所同士の通信では、Gbpsオーダーの通信が可能であることも確認している。

4.2 ミリ波の利用

ミリ波は高速・大容量通信を行える周波数帯として、これまでも鉄道への適用が検討されてきた。ところが、直進性が強く、見通し内通信が基本になること、波長が短く、空気中の分子に電波が吸収され、減衰が大きくなるという特性や、設置コストが高いことなどの理由によって、普及するには至っていない。しかし、近年、費用対効果に優れたデバイスの開発が進んだ他、地上側設備に光ファイバや高速・高性能のO/E変換技術を使用する「ミリ波・フォトンクス技術」の開発によって、これらの課題を解決できる可能性が高まってきている。鉄道総研では、総務省の電波利用制度による研究課題の一部として、40GHz帯を用いた対列車通信システム、90GHz帯を用いた線路内監視システムの検討に取り組んでいる。

40GHz帯の利用については、以下の項目についての研究開発に取り組んでいる。

- ①鉄道線路内における電波伝播特性とデータ伝送品質のシミュレーションによる予測評価手法、ならびに回線設計支援技術の開発
- ②鉄道環境に適した地上用・車上用のアンテナの仕様検討
- ③保安通信設備として利用できる信頼性を確保するための手法の検討

また、90GHz帯の利用については、鉄道線路内の監視(図7)への適用に取り組んでいる。90GHz帯は、他のミリ波帯に比べて大気中の減衰が小さく、優れた伝播特性と広い帯域利用特性を有しているため、広い範囲をセンシングが可能な上、沿線のセンサ間や地上-列車間の情報伝送への適用も可能である。現時点では基礎的な検討の段階であり、実用化は5年以上先となる見込みであるが、鉄道に適用可能な新しい周波数域の開拓につながるものと期待される。

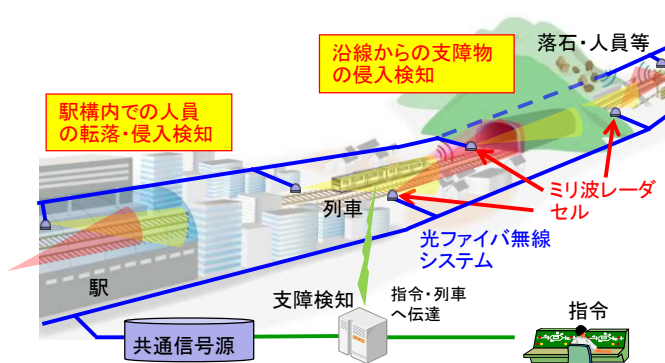


図7 ミリ波(90GHz帯)による監視システム

5. おわりに

信号・情報通信分野における最近の取り組みの内、鉄道の将来に向けた研究開発と位置付けている、知能列車に関する開発、状態監視による設備保全について紹介した。また、今後、鉄道全体にとって、重要性が増すと考えられる無線通信に関する新しい取り組み事例を紹介した。

引き続き、ニーズを的確に把握し、鉄道の安全性・信頼性、経済性、利便性の向上に資する成果をタイムリーに発信していきたい。