

信号技術研究部



信号技術研究部では、鉄道の安全・安定輸送を支える基盤である信号保安システムや列車制御システムに関する研究開発、列車ダイヤや列車・乗務員運用に代表される運行計画と管理に関する研究開発に取り組んでいます。また、安全や運行に関する鉄道固有技術にICTをはじめとする最新のデジタル技術を融合させ、将来の革新的な鉄道システムの構築をめざした研究開発も行っています。ここでは、信号技術研究部が取り組んでいる最近の研究開発の例を紹介します。

信号技術研究部長 新井英樹
ホームページ <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd47/>

はじめに

近年のめざましいデジタル技術の進展とそれら技術の活用により、さらに安全かつ高度な列車の運行制御の実現が期待されています。

信号技術研究部は、鉄道総研の2022年4月1日付け組織改正にともない、デジタル技術による鉄道システムの革新をめざし、とくに列車運

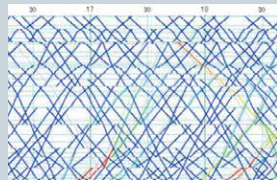
行の自動化や自律化に資する研究開発の中核を担う研究部として新設されました(図1)¹⁾。

信号システム、列車制御システム、運転システムの3研究室から構成され、信号保安システム、無線式列車制御システム、自動運転、運行計画、省エネルギー運転を含む運転曲線、ダイヤ乱れ時の運転整理などに関する研究開発を

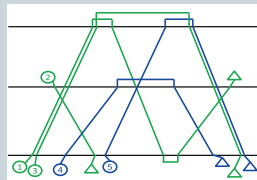




運行管理システム



ダイヤ



列車運用計画

運転システム

- 運行計画
- 列車ダイヤ, 列車運用, 乗務員運用
- 運転曲線 (省エネ運転など)

- 遅延予測, 改善評価
- 運転整理

列車制御システム

- 無線列車制御システム
- 車上位置認識技術
- 安全性技術
- 保安情報伝送システム

駅構内



連動装置

信号システム

- 信号保安システム (ATC, ATS, 転てつ機, 踏切など)
- 自動運転
- 安全性評価
- EMC (誘導障害, 雷害)
- 電子機器劣化寿命予測 (CBM)

列車



踏切



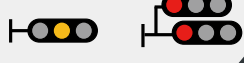
駅



沿線



列車位置検知



転てつ機



信号機

図2 信号技術研究部の担当分野の概要

行っています(図2)。

ここでは、最近の研究開発の例として、将来の列車運行の自律化をめざした研究開発、汎用のカメラや画像処理ユニットを信号保安装置に適用する際の安全性確保手法に関する研究開発、そして電子機器を用いた信号保安装置の状態監視保全(CBM)に向けた電子機器の寿命予測に関する研究開発を紹介します。

将来の列車運行の自律化をめざす研究開発

鉄道総研の2020年度から2024年度の5か年の基本計画であるRESEARCH 2025では、鉄道の将来に向けた研究開発の一つとして「列車運行の自律化」に取り組んでいます。また、列車運行の自律化に関連する研究開発を、信号技術研究部が中心となって重点的に推進しています。

自律的な列車運行システムとは、ドライバーレス運転の列車が、線路内や沿線の状態、旅客流動、防災・メンテナンス・消費電力に関する情報に基づいて、列車自らが沿線の信号保安装置を制御しながら、安全かつ柔軟に運行できるシステムを

さします。本システムを構築するためには、以下の主要な技術が必要であり、それらの技術確立に向けた研究開発に取り組んでいます²⁾³⁾(図3)。

- ① 画像やレーザーレーダーによる線路内・沿線の異常検知技術
- ② 線路内・沿線の状態や車両の状態に関する情報を車上で統合し、車上で運行の可否を自動判断する技術
- ③ 無線により列車から地上の信号保安装置を直接制御する技術
- ④ ダイヤ乱れ時の遅延波及防止・早期遅延回復などの運転整理や省エネルギー運転のための広域での運行管理を自動的に行う技術
- ⑤ サイバーセキュリティーも考慮したリアルタイム列車間通信技術

これらの技術を確立することにより、踏切のある一般線区におけるドライバーレス運転や少ない地上設備で高度な自動運転を実現することができます。

ここでは、上記②の技術として、鉄道ダイナミックマップを活用した車上での自動的な運行

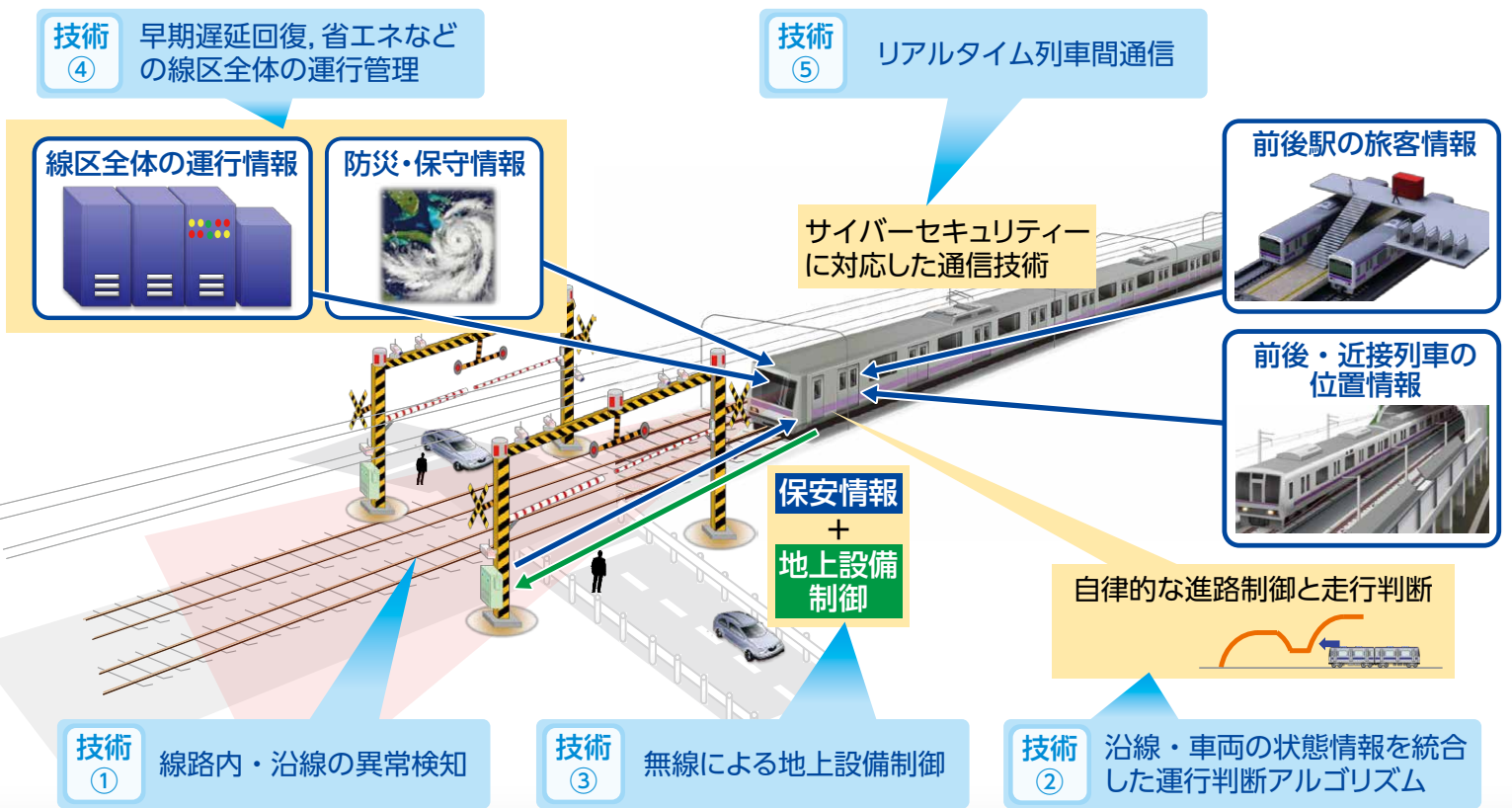


図3 列車運行の自律化

判断手法を紹介します。現状、多くの列車が関係する広域の運行判断は、指令所の指令員が、そして現場の運行判断については、乗務員が行っています。一方、自律的な列車運行では、各列車が運行判断に必要な各種状態情報を集約して、車上でリスク判断や運行再開判断を自動的に行うことが必要です。車上でリスク判断や運行再開判断を行うための情報基盤として、鉄道ダイナミックマップを開発しました⁴⁾(図4)。鉄道ダイナミックマップは、地図面と線路図面から構成され、各種状態情報の更新頻度に応じて区分された階層構造となっています。地図面と線路図面の相互変換機能を有しており、キロ程を基準にした鉄道特有の状態情報と地図上の位置を基準にした気象情報などの公的な状態情報を統合し、時系列的に管理することが可能です。線路内・沿線の状態情報、降雨量・風速といった気象に関する状態情報に異常がある場合には、それら状態情報が鉄道ダイナミックマップに登録され、各列車は、走行経路上にあ

る異常を自列車の現在位置をもとに探索・知得することができます。引き続き、鉄道ダイナミックマップにもとづく走行時の危険回避、運行再開判断の自動化をめざします。

信号保安装置への汎用機器適用の際の安全性確保手法

障害物検知デバイスとして、汎用のカメラや撮像を画像処理するための画像処理ユニットが多く用いられ、それら汎用機器の高性能化、低廉化が進んでいます。しかし、汎用機器を信号保安装置に適用する場合、汎用機器では自己の故障などを診断できないため、故障の際の安全性確保が課題でした。

この課題解決のため、信号保安装置のフェイルセーフユニットと組み合わせて、画像処理ユニットとカメラの故障などを診断する手法を開発しました⁵⁾(図5)。本手法では、画像処理ユニットの処理結果を診断用画像に圧縮し、フェイルセーフユニットで類似性を判断します。ま

リスク・運行判断部 (鉄道ダイナミックマップ)

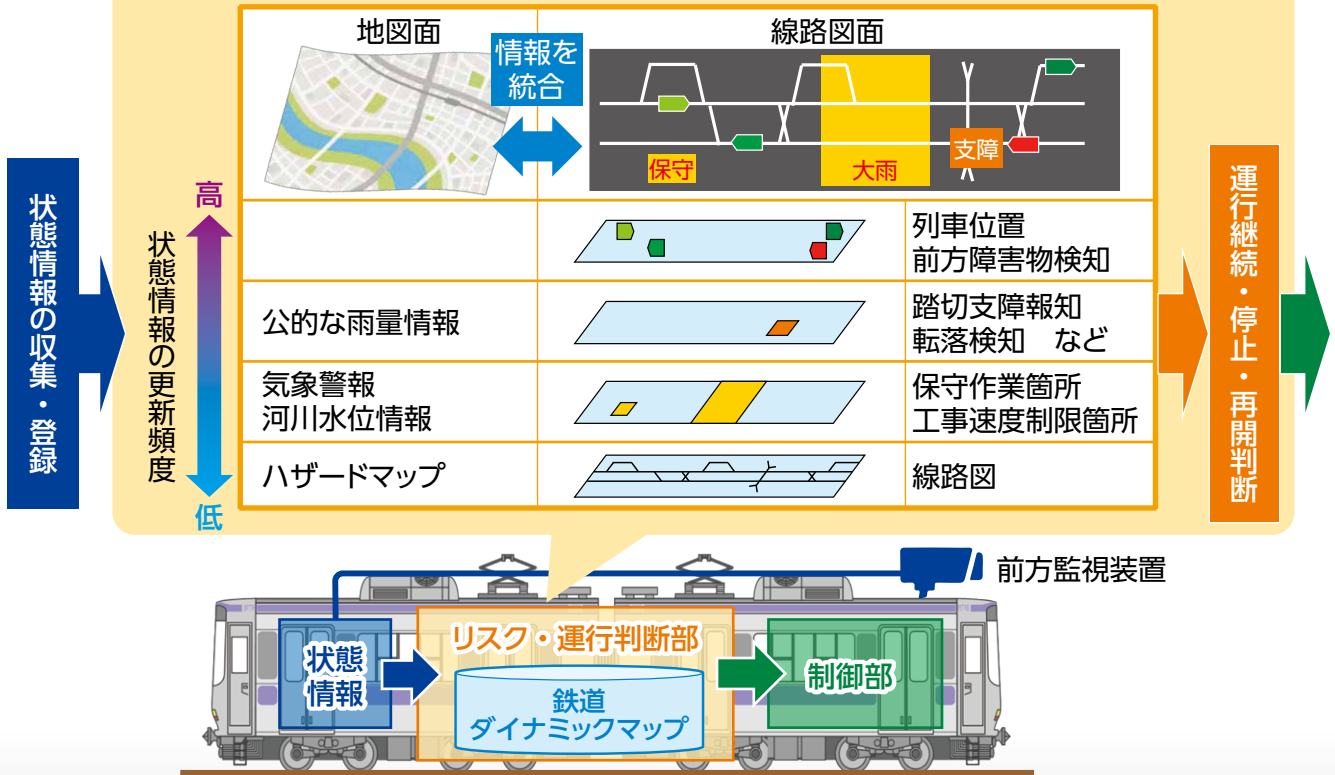


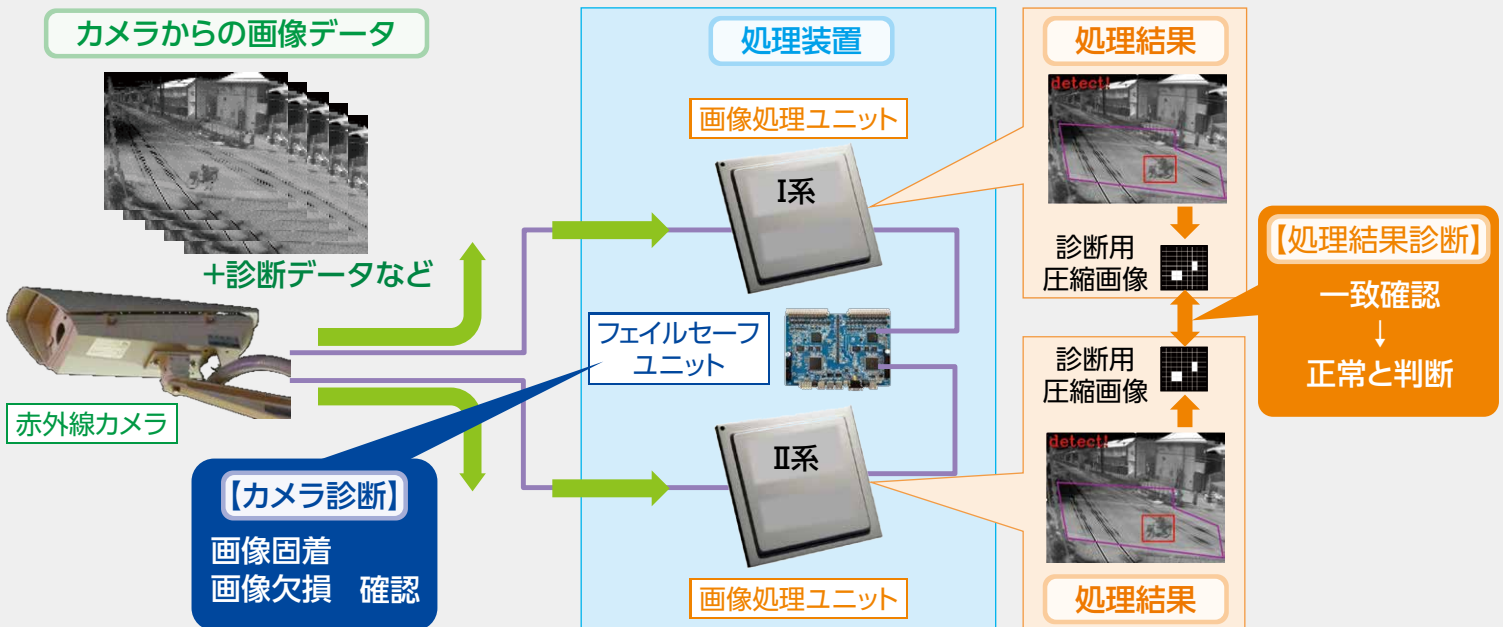
図4 リスク判断・運行判断の自動化 (鉄道ダイナミックマップ)

た、診断データを画像データに埋め込む機能と、テストパターンを出力する機能をカメラに追加することにより、画像固着などの異常をフェイルセーフユニットで診断可能としました。

本手法を実装した検証用装置を試作し、人工的に故障を模擬させた試験により、故障診断機

能の有効性を確認しました。本手法は、ほかの汎用機器の故障診断にも適用可能です。信号保安装置の低コスト化のためにも、引き続き、ICTをはじめとする最新のデジタル技術の安全な活用に関する研究開発など、デジタル技術と鉄道固有技術の融合を図っていきます。

図5 汎用機器を信号保安装置に適用する際の安全性確保手法の例



ストレス要因



ストレス
主要因の
特定
(温湿度)

+

機器の
ストレス
耐性の
把握

↓

寿命
評価

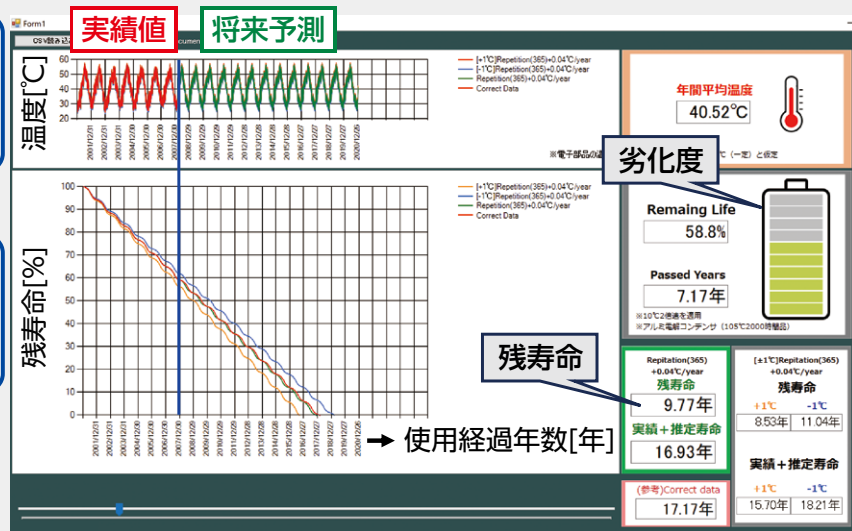


図6 電子機器の寿命評価手法

信号保安装置のCBM化に向けた寿命予測手法

多くの電子機器が信号保安装置に用いられていますが、電子機器は劣化傾向の把握が難しいため、現在は、装置ごとに一律の更新周期を設定した時間計画保全 (TBM) により、取り替えが行われています。

これに対し、電子機器の短期的な故障予兆を検出するのではなく、使用環境をセンシングすることにより、残寿命や劣化度といった長期的な電子機器の寿命予測を行い、それにもとづき装置の合理的な取り替えを行うことによるCBMをめざしています。

電子機器の劣化の主要因として、温湿度の影響が大きいことを特定し、温湿度センシングデータを用いて電子機器の寿命を予測する手法を開発しました(図6)。また、電子機器が設置されている箇所の気象庁データを活用した寿命予測も可能としています。

現在、使用環境センシングにもとづき、寿命予測を逐次計算・表示するソフトウェアツールの開発を行っています⁶⁾(図6)。本ソフトウェアツールの活用により、電子機器を用いた信号保安装置の寿命予測結果にもとづく合理的な取り替えが可能となり、CBMが実現できます。

おわりに

ここでは、信号技術研究部における最近の研究開発事例を紹介しましたが、これらのほかにも機械学習を用いた列車遅延予測手法、車両や乗務員運用計画の自動作成手法、そしてブレーキ時の回生エネルギーを有効活用するための省エネルギー運転手法などの研究開発にも取り組んでいます。詳細は鉄道総研の信号技術研究部のホームページをご覧ください (<https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd47/>)。

今後も信号技術研究部は、鉄道の安全性、信頼性、利便性、そして省エネルギー化の向上に貢献できる研究開発を進めていきます。

文献

- 1) 鉄道総合技術研究所: News Release「組織改正について」, https://www.rtri.or.jp/press/vln4b30000000fem-att/220401_0001.pdf (入手日: 2022年12月17日)
- 2) 川崎邦弘: 信号通信分野におけるICT活用に関する研究開発の経緯と展望, 鉄道総研報告, Vol.34, No.7, pp.1-4, 2020
- 3) 新井英樹, 福田光芳: 信号通信分野における研究開発の動向, 鉄道総研報告, Vol.36, No.8, pp.1-4, 2022
- 4) 太田佑貴, 祇園昭宏, 西本翔, 櫻井勇輝: 鉄道ダイナミックマップを活用したリスク判断に基づく自律運転, 鉄道と電気技術, Vol.33, No.7, pp.3-6, 2022
- 5) 祇園昭宏, 市川武, 向嶋宏記, 長峯望, 福田光芳, 板垣朋範: 信号保安装置に適用可能な画像処理システムの構成手法および安全確認手法, 鉄道総研報告, Vol.36, No.8, pp.5-10, 2022
- 6) 藤田浩由, 椿健太郎, 高崎建, 往古直之: 使用環境センシングによる信号用電子機器の寿命予測手法, 鉄道総研報告, Vol.36, No.8, pp.37-44, 2022