

# 信号通信分野における研究開発の動向

新井 英樹\* 福田 光芳\*\*

## Trend on Research and Development Activities Related to Railway Signalling and Telecommunication Systems

Hideki ARAI Mitsuyoshi FUKUDA

Railway Technical Research Institute (RTRI) partially revised its organization to aim at railway system innovation with digital technology on April 1, 2022. In order to accelerate R&D for a digital railway innovation, two divisions, Signalling and Operation Systems Technology Div. and Information and Communication Technology Div. were newly established. This paper introduces the trend on R&D activities related to signalling and telecommunication systems.

キーワード：デジタル技術, RESEARCH 2025, 自律型列車運行, デジタルメンテナンス

### 1. はじめに

鉄道総研では、新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、鉄道事業を取り巻く環境が大きく変化する中で、自然災害に対する強靱化を始めとする安全性の向上に加え、デジタル技術による鉄道システムの革新や2050年カーボンニュートラルの実現が喫緊の課題となっていることなどを踏まえ、研究開発成果のより効率的かつ迅速な創出や効率的な事業運営のため、2022年4月1日付けで組織改正を行った<sup>1)</sup>。

上記のデジタル技術による鉄道システムの革新に関する研究開発を加速させるために、旧信号・情報技術研究部を廃止し、列車運行の自動化や自律化等に資する研究開発の中核となる信号技術研究部と、分野横断的にデジタル技術の活用を促進し、鉄道システムの無人化、省人化、省力化等に資する研究開発の中核となる情報通信技術研究部が新設された(図1)。

信号技術研究部は、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、自動運転などに関する研究開発、及びそれらシステムの構築支援や安全性評価、そして輸送計画、省エネ運転を含む運転曲線、運転整理などに関する研究開発や技術支援を通じて、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する。また、これまで蓄積してきた鉄道の運行・安全制御に関する固有技術に、ICT、セキュリティ技術を融合させ、鉄道運行の省人化・無人化・省設備化に資する成果の早期提供を目指す。

情報通信技術研究部は、情報解析、画像解析、通信ネットワークの3研究室から構成され、鉄道各分野のデータ解析、分野共通の解析技術や解析基盤、カメラ・LiDAR



図1 信号技術研究部と情報通信技術研究部

など各種センサを用いたシステム構築に関する研究開発により、メンテナンスだけでなく鉄道運行に関わる各業務の省人化・無人化・省力化の実現に取り組む。また、5G・Beyond 5Gなどの鉄道環境下での特性把握や評価方法の確立、最新の無線技術を含む汎用通信回線の鉄道運行業務へ適用方法の研究開発を通じて、省設備化や利

\* 信号技術研究部長

\*\* 情報通信技術研究部長

便性向上に貢献する。さらに、営業・輸送サービス評価に関する研究開発により、鉄道事業の運営や施策の意思決定に活用可能な成果を提供する。

また、2020年度～2024年度の5ヵ年の鉄道総研の基本計画である RESEARCH 2025 で進めている鉄道の将来に向けた研究開発では（図2）、特に「列車運行の自律化」と「デジタルメンテナンスによる省力化」において、それぞれ信号技術研究部と情報通信技術研究部において、重点的に研究開発を推進している。

本稿では、上記の鉄道の将来に向けた研究開発の取り組みと、信号通信分野において、重点的に取り組んでいる研究開発について述べる。

## 2. 鉄道の将来に向けた研究開発の取り組み

### 2.1 列車運行の自律化

自律型列車運行システムとは、線路内・沿線の状態、旅客流動、防災・メンテナンス・電力に関するデジタル

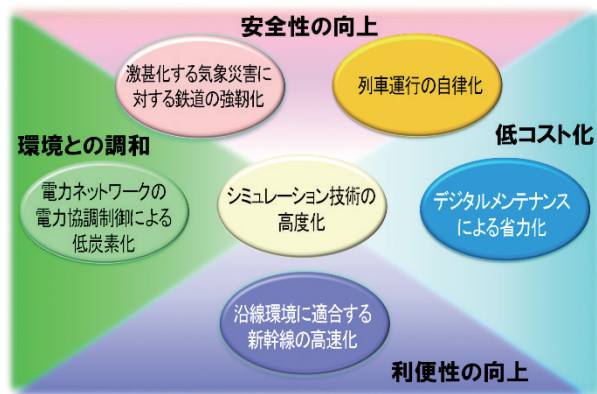


図2 RESEARCH 2025 鉄道の将来に向けた研究開発

情報に基づいて、列車が沿線設備を制御しながら自律的に、安全かつ柔軟に運行できるシステムを言う。本システムを構築するための主要な技術として、以下の5つの開発に取り組んでいる<sup>2)</sup>（図3）。

- ①画像・レーダーによる線路内・沿線の異常検知
- ②線路内・沿線の状態や車両の状態に関する情報を統合して列車運行の可否を判断するアルゴリズム
- ③列車からの無線による自律的な地上設備の制御
- ④遅延波及防止・早期遅延回復，省エネ等のための広域での運行管理アルゴリズム
- ⑤サイバーセキュリティも考慮したリアルタイム列車間通信

これらの技術を確立することにより、一般線区における低コストな自動運転システム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、鉄道運行の省人化・無人化・省設備化が期待できる。

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リスク判断手法を紹介する。自律的な列車運行では、各列車にて運行判断に必要となる各種情報の集約・共有とリスク判断や運行再開判断の自動化を行う必要がある。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の開発を行っている。鉄道ダイナミックマップは、基盤となる地図や線路図に、各種の異常検知システムで検知した情報がマッピングされ、階層構造的に管理される。各列車が、鉄道ダイナミックマップにおける自列車の走行経路上にある異常を自列車の現在位置を基に探索する（図4）。これにより、走行時の危険回避、運行再開判断の自動化の実現を目指す。また、鉄道ダイナミックマップは、将来の自律的な列車運行以外でも、現行の指令員の判断支援ツールとしても活用できると考えている。

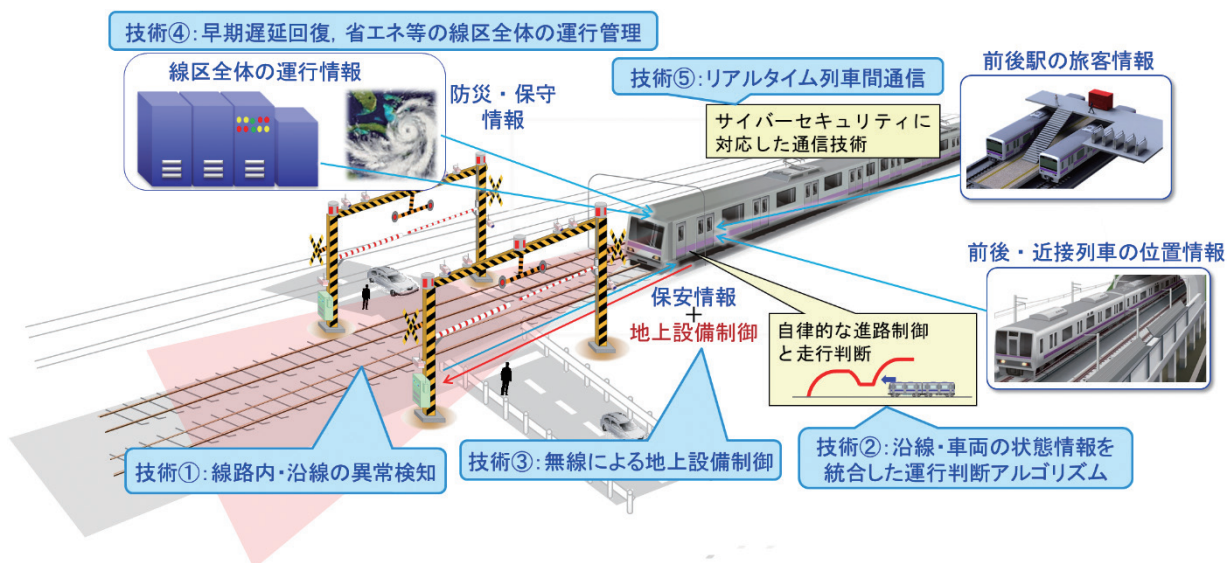


図3 列車運行の自律化

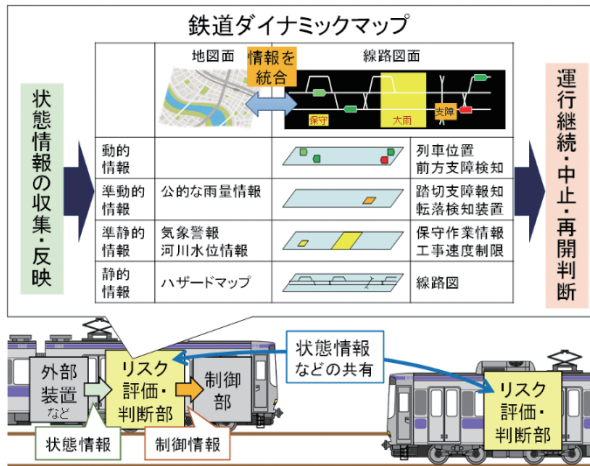


図4 鉄道ダイナミックマップを活用したリスク・運行再開判断の自動化

## 2.2 デジタルメンテナンスによる省力化

平常時では車上からの設備監視により、変状の進行を推定し、それに基づく検査・診断により補修・修繕計画の策定を行う。一方、異常時では、設備の異常を早期に検知し、被害拡大の防止、発生箇所の同定、要因推定等の復旧支援を行う。このような鉄道設備のメンテナンスをデジタルメンテナンスと呼んでいる<sup>3)</sup>。デジタルメンテナンスによって省力化を推し進めるため、以下の5つの開発に取り組んでいる(図5)。

- ①車上計測による軌道・構造物の異常検知技術
- ②車上計測による電車線設備の異常検知技術
- ③電力機器のネットワーク監視による異常検知技術
- ④インテリジェント分岐器による制御・状態監視技術

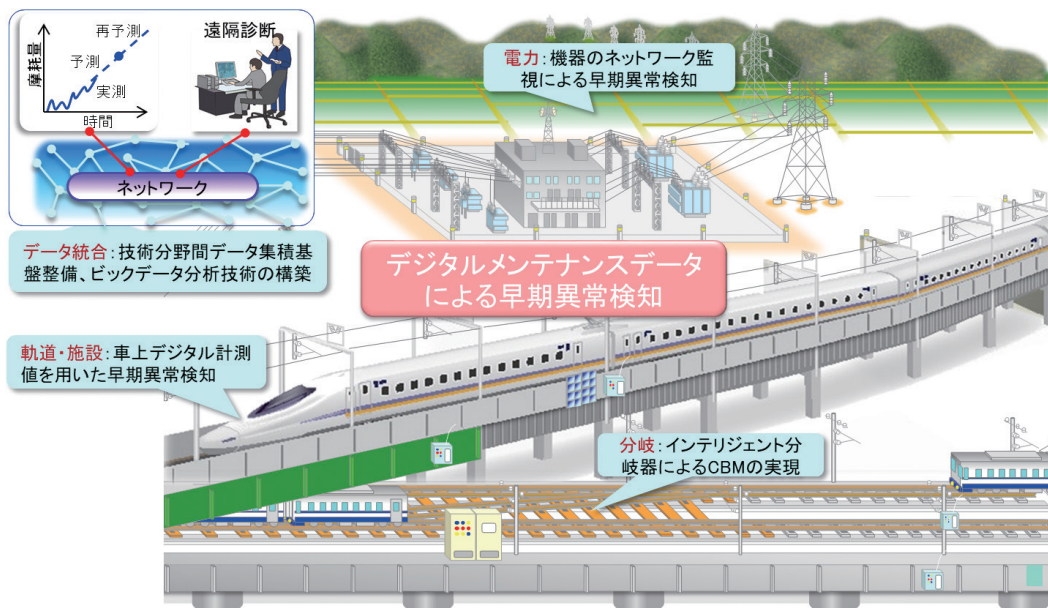


図5 デジタルメンテナンスによる省力化

## ⑤共通のデータプラットフォームによるメンテナンスデータの一元管理

「車上計測」、「ネットワーク」、「予測・判断の自動化」をキーテクノロジーとして、研究開発を進め、省人化、無人化、省力化に寄与することを目指す。

ここでは、上記⑤の概念を紹介する。各分野の設備のメンテナンスデータを共有するためには、メンテナンスデータを統一的なデータ形式や位置表現で一元管理する必要がある。これを目的として、「統合分析プラットフォーム」<sup>4)</sup>の研究開発を進めている。このプラットフォームでは、各分野のデータサーバに蓄積されている対象データの写しを元のデータ形式・位置表現で蓄積するミラーサーバと、統一のデータ形式・位置表現で蓄積する統一形式データサーバ、データ形式・位置表現を変換する機能を有する装置等で構成される(図6)。一般ユーザは、Webサーバと呼ぶインタフェース装置を介してアプリケーションサーバにデータ解析等の処理を要求する。これにより、誤った操作によるデータ改変・削除を防ぐとともに、ユーザ端末の性能によらずに、高性能なアプリケーションサーバ上で、様々なツールを利用してデータ解析を行うことができる。

## 3. 重点的に取り組んでいる研究開発

### 3.1 鉄道固有技術とICTの融合による低コスト化

これまで蓄積してきた鉄道の運行・安全制御に関する固有技術に、デジタル技術を活用、融合することにより、装置の低廉化やメンテナンスの省力化を図り、鉄道運行の低コスト化を狙った研究開発にも取り組んでいる。

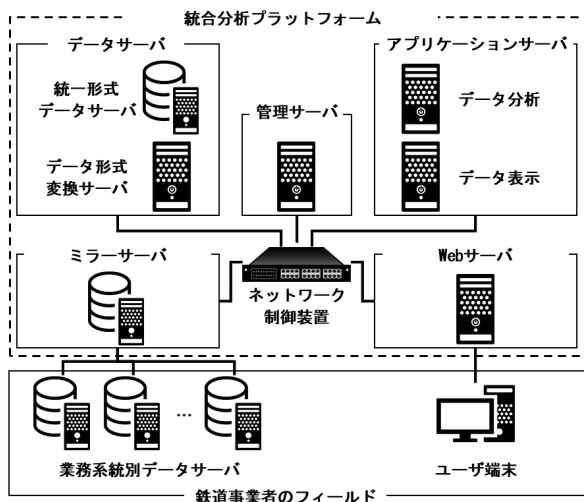


図6 統合分析プラットフォームの構成

本巻に掲載されているが、汎用のカメラや画像処理ユニットには考慮されていない鉄道固有の安全性技術であるフェイルセーフ機能を付加する手法や、汎用の安価なコンピュータボードを鉄道信号システムに適用する際の安全性確保手法<sup>5)</sup>、そしてメンテナンスの省力化としてCBM（Condition Based Maintenance）を実現するための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<sup>6)</sup>などの研究開発にも重点的に取り組んでいる。

### 3.2 カメラ等を用いた実用システムの開発

先述のデジタルメンテナンスによる省力化など、データ解析を主眼とした研究開発のほか、カメラやLiDARなどのセンサを用いて、監視・検査等を行うための実用システムの研究開発にも取り組んでいる。

列車前方カメラの画像を用いて特殊信号発光機の明滅を検知するシステム<sup>7)</sup>、車両側面カメラを用いて人物の接近状況をリアルタイムに運転士に通知するシステム<sup>8)</sup>、本巻に掲載されているハンディカメラによる列車前方映像を用いた信号設備の管理支援システム等の開発を行っている。また、研究段階ではあるが、カメラとLiDARのセンサフュージョンにより列車前方支障物を検知する手法<sup>9)</sup>にも取り組んでいる。これらの開発を通じて、省人化・無人化・省力化がすすめられた際の安全性確保に貢献することを目指す。

### 3.3 新しい無線通信技術の鉄道運行業務への適用

信号技術研究部、情報通信技術研究部が連携した取り組みとして、5Gなどの新しい汎用無線通信技術を鉄道運行業務へ適用するための検討を行っている。ここでは、無線式列車制御システムを対象とした研究開発について紹介する。

無線式列車制御システムは、軌道回路などの地上設備

を削減できるものの、制御情報を伝搬する伝送装置が必要となることや、車上装置の機能が増加することなど、線区条件によってはシステム全体として必ずしも設備減とはならない。そこで、さらなる設備削減を目的として、汎用無線通信技術を適用するための導入手順やセキュリティ確保に関する研究を実施している<sup>10)</sup>。

## 4. おわりに

新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、鉄道事業は大変厳しい状況に置かれているが、デジタル技術を積極的に活用し、業務の無人化、省人化、省力化など鉄道の生産性向上に資する研究開発成果を早期に鉄道事業者へ提供することで鉄道の持続的発展に寄与したいと考えている。デジタル技術による鉄道システムの革新のためには、鉄道事業者や大学・研究機関、関連企業との連携が必要不可欠であり、これまで同様のご支援、ご助言をお願いする。

## 文献

- 1) 鉄道総研 News Release 「組織改正について」: [https://www.rtri.or.jp/press/vln4b3000000fem-att/220401\\_0001.pdf](https://www.rtri.or.jp/press/vln4b3000000fem-att/220401_0001.pdf) (参照日: 2022年4月1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) 神田政幸: デジタルメンテナンスによる省力化, 第32回鉄道総研講演会, 2020
- 4) 河村裕介, 流王智子, 羽田明生: メンテナンス用統合プラットフォームの提案, 鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 2021
- 5) 祇園昭宏: 汎用コンピュータを用いたフェイルセーフ装置の構成手法, JREA, 第64巻, 第8号, 2021
- 6) 藤田浩由, 往古直之: CBMへの適用を目指した信号用電子機器の寿命予測に関する検討, 電気学会交通・電気鉄道研究会, 2021
- 7) 向嶋宏記, 長峯望, 野村拓也, 市川武: 列車前方カメラを用いた特殊信号発光機の明滅検知手法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.7, 2020
- 8) 合田航, 長峯望, 向嶋宏記: 車両側面カメラを用いた安全確認手法, 鉄道総研報告, Vol.35, No.10, 2021
- 9) 影山椋, 長峯望, 向嶋宏記: カメラとLiDARセンサを統合した列車前方支障物検知手法, 鉄道総研報告, Vol.35, No.10, 2021
- 10) 北野隆康, 祇園昭宏: 無線式列車制御システムへの汎用通信技術の適用手法, 鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 2021