

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 鉄道のためのICT基盤技術

列車運行の高度化や設備メンテナンスの革新を実現するためには、広範囲に存在する列車や設備の情報を収集し、必要なときに必要な情報を複数の分野において共通で活用できる仕組み作りが求められています。これを実現するための基盤技術として、通信手順やデータフォーマットを統一した新たな情報ネットワークとその構成要素である無線通信システム、および関連するセキュリティーの考え方、さらには、列車や沿線設備の位置や状態の情報を一元的に管理する手法の開発を進めています。ここでは、これらの研究開発の概要について紹介します。



**中村 一城**  
Kazuki Nakamura  
信号・情報技術研究部  
ネットワーク・通信研究室  
室長  
【専門分野】無線通信システム、EMC

## はじめに

鉄道では、列車の安全・安定運行を行うため、さまざまな情報がやり取りされています。近年の情報通信技術（Information and Communications Technology：ICT）の発展は著しく、そのICTを活用した高度な列車運行の実現や設備メンテナンスの革新など、新たなシステムの提案・実現に向けた取り組みが多方面で行われています<sup>1)2)</sup>。

ICTを活用することで、従来は分野

ごとに人が行っていたことを、分野横断的に自動処理することが可能となり、作業時間の短縮や作業員の削減、それにとまなうコストの低減が期待できます。また、状態監視保全（Condition Based Maintenance：CBM）により、従来よりも高い頻度で設備の状態監視が可能となることから、設備の異常を早期に発見可能となるなど、安全性も向上させることができます。さらに、分野横断的に情報を共有することで、メ

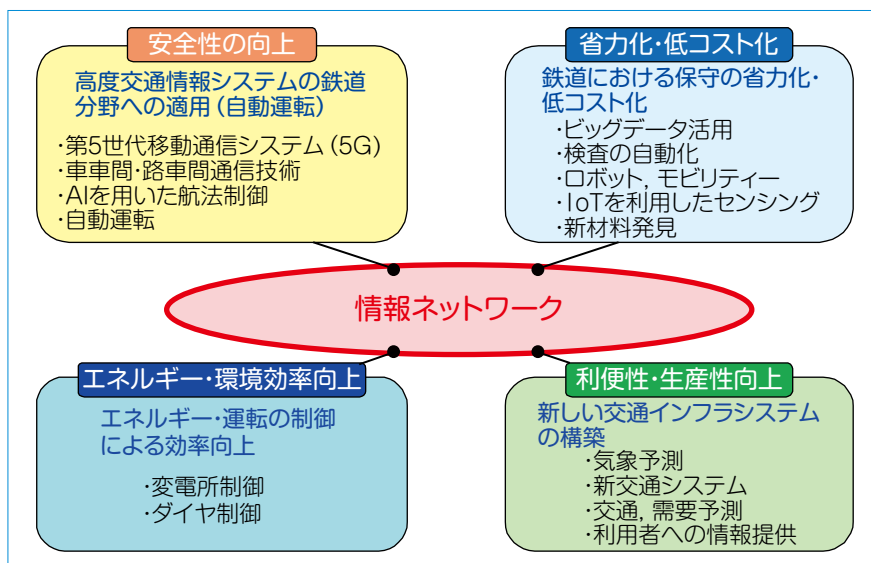


図1 ICT導入による効果

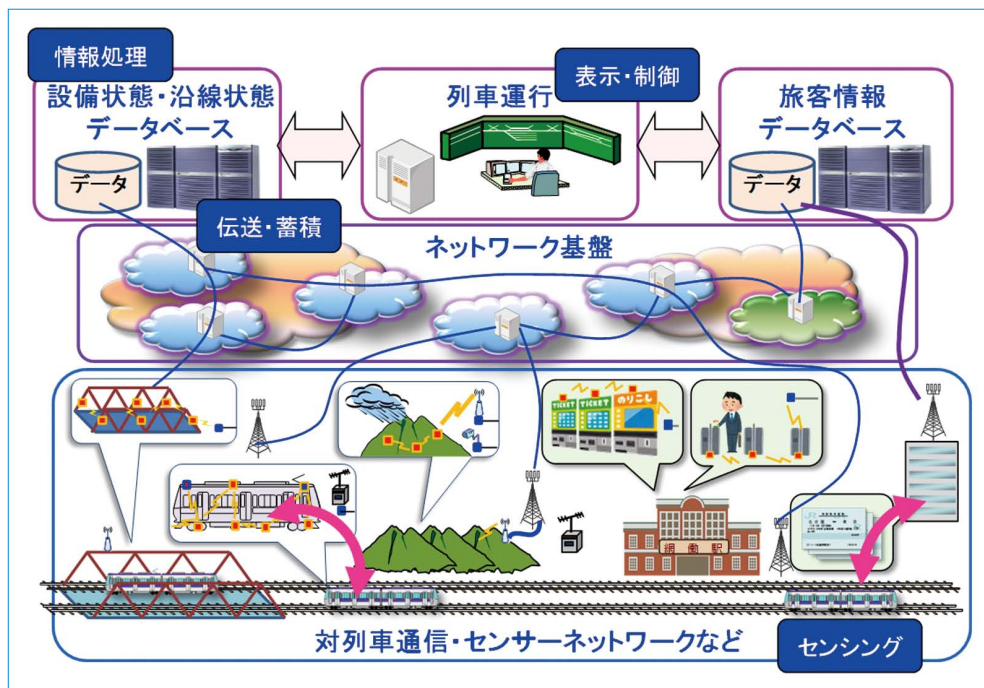


図2 鉄道における情報ネットワークの将来像

メンテナンスのみならず安全で高機能な列車運行が実現できると考えられます。

ICTにより期待できる効果としては、安全性の向上や省力化・低コスト化、エネルギー・環境効率向上、利便性・生産性向上などがあげられます(図1)。これらは相互に連携することで、効果をさらに高めることができ、その連携には情報ネットワークが欠かせません。

そこで、ICT活用の一環として、新しいネットワークの考え方を提案し、その開発に取り組んでいます。たとえば、鉄道総研が提案する情報ネットワークの将来像(図2)においても、沿線で車両や設備の状態を把握するためのデータを取得するためのセンシング

技術が必要です。そして、その情報を所望の場所(たとえば、指令やメンテナンスセンター、車両基地など)まで伝送し、また、列車の運行に関わる情報を列車に伝送するための技術やデータ蓄積のための技術が必要となります。さらに、蓄積した情報から、必要な情報を抽出し、所望の形態に変換する情報処理技術や変換した結果を表示する技術なども必要です。

### 情報ネットワーク基盤 情報統合ネットワーク

現在の鉄道においては、土木、車両、電気、運転、営業などの系統ごとに必要な情報を個別に収集・伝送しており、

情報の様式や伝送方法もさまざまです。そのため、系統が異なると情報の共有が難しく、必要な情報をリアルタイムで得ることが困難であるという課題があります<sup>3)</sup>。そこで、列車の運行制御に関わる情報を系統間で共有できるように、共通の通信手順(プロトコル)(☞参照)やデータフォーマットの開発を行っています。

具体的には、情報指向型ネットワーク(ICN: Information Centric Network)もしくはコンテンツ指向型ネットワーク(CCN: Contents Centric Network)(☞参照)の考え方<sup>4)</sup>と、情報の優先度に応じてデータ伝送を制御するQoS制御(☞参照)などを組み合わせ、アプ

#### ☞ プロトコル

コンピューター同士が相互に通信を行うために決められた約束事のことで、通信規約ともよばれる。人間の会話に例えると、日本語や英語などのように会話する言語を決めるようなもの。

#### ☞ 情報指向型ネットワーク(ICN) / コンテンツ指向型ネットワーク(CCN)

ユーザーが求める情報を指定するだけで、その情報のある場所を知らなくとも所望の情報を得ることができるようなネットワークの形態。

#### ☞ QoS制御(Quality of Service)

ルーターにおいて、たまったパケットの優先度に応じて、処理の順位を制御する機能のこと。

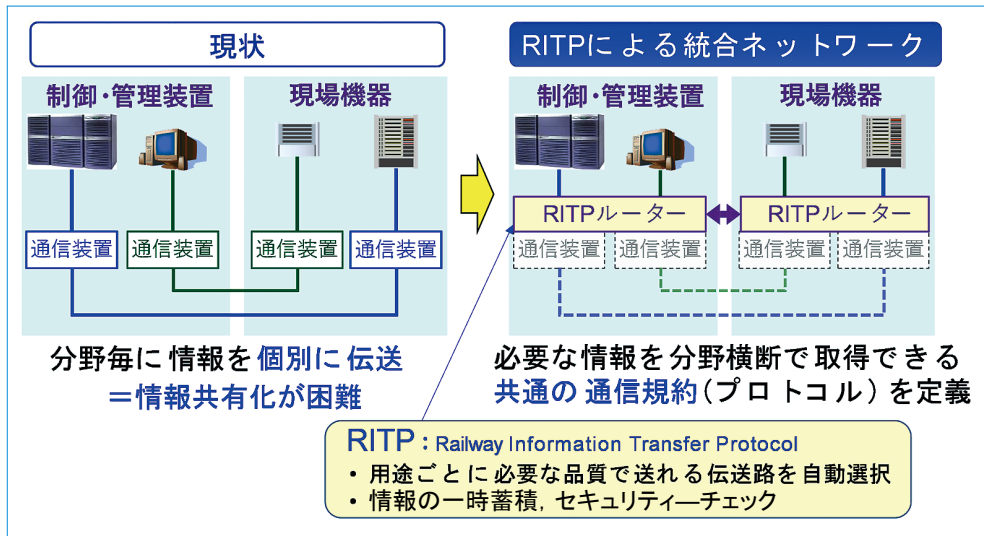


図3 提案する列車運行向け通信プロトコル (RITP) の動作例

リケーションシステムが、送受信間の伝送媒体や伝送経路など意識せず、鉄道運行に必要な情報を伝送するための、鉄道運行向け通信プロトコル (Railway Information Transfer Protocol : RITP) を提案し (図3), 機能の実装と検証に向けた検討を行っています<sup>5)</sup>。この情報ネットワークを活用することで、新しい運行制御方式を実現させることをめざしています。

### サイバーセキュリティ

ICTを活用することで列車運行の高度化やメンテナンスの効率化が期待できる一方で、鉄道用情報ネットワークに対する外部からの攻撃が懸念されます。そこで、鉄道における保安情報の伝送に関する国際規格IEC 62280で想定されている7つの脅威 (電文の削除、挿入、遅延、重複、順序誤り、変造、なりすまし) と、情報セキュリティの基本3要素 (機密性 (漏えい防止), 完全性 (改ざん防止), アベイラビリティ (機能不全対策)), および拡張3要素 (真正性 (なりすまし防止), 責任追跡性 (否認防止), 信頼性 (装置故障)) の考え方を参考に、列車運行向けネットワークにおいて具備すべきセキュリティの考え方を検討しています (図4)。

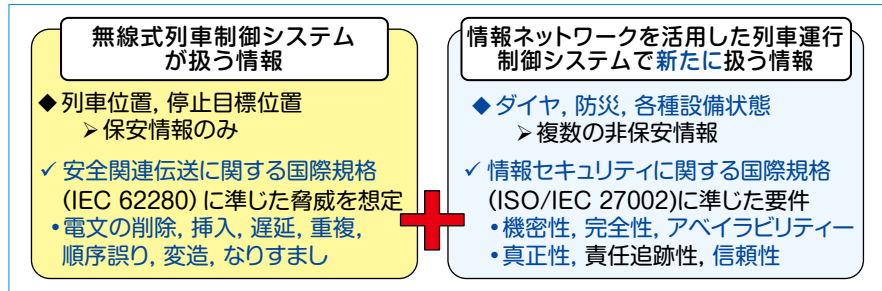


図4 セキュリティの考え方の案 (列車制御を対象とした例)

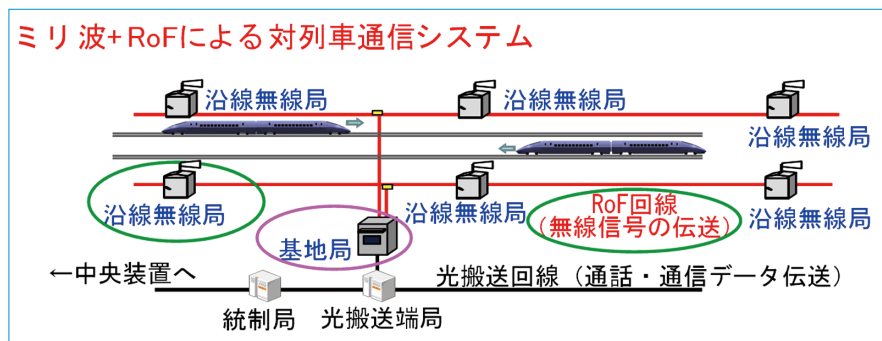


図5 ミリ波とRoF技術を組み合わせた対列車通信システムの構成案

### 無線通信基盤技術

前述した統合情報ネットワークの実現には、その構成要素として無線通信技術が欠かせません。

現在の列車運行に必要な情報の伝送は、鉄道専用の周波数帯を確保した無線システムにより運用されています。その一方で、使用されている周波数帯 (VHF/UHF) では、1チャンネルあたりで伝送できる情報量に制約があるこ

とから、伝送する情報は、音声や最低限のデータに限定されています。そこで、新たな周波数資源の開拓と汎用無線通信技術の活用に向けた研究開発を行っています。

新たな周波数資源の開拓については、ミリ波帯である40GHz帯と90GHz帯を対象に鉄道環境で利用する場合を想定した電波伝搬特性の把握やシステム構成案の検討などを進めています。

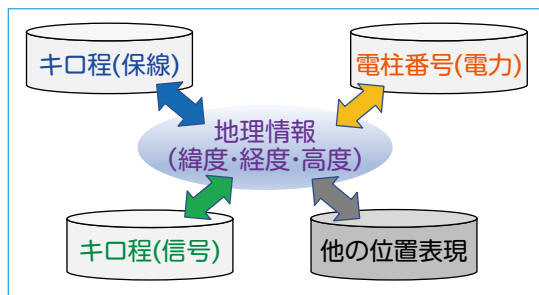


図6 各分野で異なる位置や状態情報の一元管理

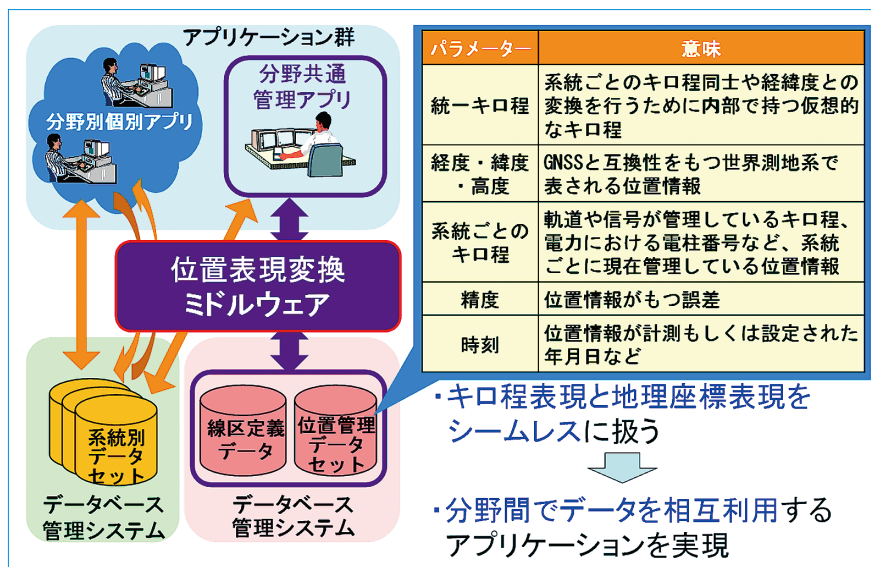


図7 位置管理一元化のためのフレームワークの構成イメージ

具体的には、無線回線設計に必要な鉄道特有の環境である高架やトンネルでの電波伝搬特性の把握や対列車通信システムの構成方法などの検討を行っています。電波伝搬特性の把握では、高架環境での実験結果より、送受信アンテナの高さが防音壁より高い場合に比べて低い場合の方が、伝搬損失が小さい特徴があることなどがわかっています。また、システム構成の検討では、光ファイバー無線 (Radio over Fiber : RoF) 技術を導入し、沿線無線局の構成を簡素化することでコスト低減可能な対列車通信システムを提案しています (図5)。

### 位置管理の一元化

鉄道では、列車の位置や沿線設備の位置は、分野ごとに異なる方法で計

測、表現されています。たとえば、軌道はデータデポ地上子、電車線では電柱位置などが基準となっています。このように分野ごとに地点の基準が異なるため、設備故障が発生した際には、他の分野において故障した地点の特定が困難であるという課題があります。これは、情報ネットワーク基盤の構築で目標としている分野間での情報共有を困難とする一つの要因ともなります。そこで、各分野で異なる位置や状態の情報を一元的に管理できるようにするため、共通的な位置管理基盤 (フレームワーク) の構築をめざした研究を行っています (図6)<sup>2)</sup>。

このフレームワークは、分野ごとに異なる位置の表現を地理座標 (緯度、経度、高度) とひもづけ、相互の位置情報を変換・共有してシームレスに扱

うためのデータベース定義や実際に変換処理を行うミドルウェアで構成されています (図7)。今後、フレームワークの開発を進め、所内試験線において、沿線設備と車両位置の情報を相互変換できることを検証する予定です。この位置管理の一元化が実現することにより、メンテナンスの高度化が期待できます。

### おわりに

ここでは、ICTの基盤技術として、情報ネットワーク基盤や位置管理の一元化に関する鉄道総研での研究開発について紹介しました。ICTの技術発展はめざましく、今回紹介した研究開発についても、世の中の動向に合わせた方向修正を加えたうえで、早期に実用化に向けた取り組みを進め、より安心・安定した列車運行の実現をめざしていきます。

ここで紹介した研究開発の一部は、総務省における電波資源拡大のための研究開発として実施されたものです。

### RRR

### 文献

- 1) 川崎邦弘：信号通信分野におけるICT活用に関する研究の動向、鉄道総研報告、Vol.32, No.5, pp.1-4, 2018
- 2) 川崎邦弘：列車運行制御の自律化がもたらす安全性の向上、第31回鉄道総研講演会要旨集、pp.13-18, 2018
- 3) 竹内恵一、川崎邦弘、流王智子、寺田夏樹、祇園昭宏、辰井大祐：鉄道の運行に関わる情報の流れをみる、RRR, Vol.75, No.2, pp.16-19, 2018
- 4) 中里秀則：コンテンツ指向ネットワーク、映像情報メディア学会誌、Vol.69, No.3, pp.253-255, 2015
- 5) 中村一城、川崎邦弘、竹内恵一、流王智子：運行に関わる情報を共有する統合情報ネットワーク、RRR, Vol.75, No.8, pp.8-11, 2018