

# 鉄道における ICT 活用に関する研究開発

平栗 滋人\*

Recent Research on Application of ICT for Railway

Shigeto HIRAGURI

This paper outlines the problem about joint application of information for railway operation and the recent research and development of information network, train operation and telecommunication system. It describes the basic concept of network infrastructure for railway operation and its benefits for train operation, maintenance of facilities, and so on. It also describes that the network infrastructure will enable joint application of various data among business fields, and realizes highly efficient condition based maintenance and creation of new value based on big data analysis or computer simulation. Finally, it introduces the recent research of the precise and adaptable train control method and application of millimeter wave radio.

キーワード：情報・ネットワーク基盤，リアルタイム列車運行制御，メンテナンス，対列車通信

## 1. はじめに

鉄道の安全・安定輸送のためには、運行管理や保安制御のほか、各種設備の維持管理、沿線での災害などの発生検出と列車運行上の対応、指令、乗務員、駅係員などの中での業務情報の共有と意思疎通、利用者への情報提供などが必要であり、そのためには、多様な情報をやり取りする必要がある。しかし、これまで、情報のやり取りの仕組みが個々の業務内で閉じている場合があり、横断的な情報共有や活用を効率的に行う点では課題が存在する状況である。これに対して、近年、発達が目覚ましいネットワーク、無線通信などの ICT (Information and Communication Technology) を適切に活用することで、これら課題の解決、さらには鉄道に新たな価値をもたらすことが期待される。本稿では、鉄道総研における ICT 活用の研究開発の取り組み状況と、将来の展望を述べる。

## 2. 鉄道における情報伝達

列車運行や、各種の設備を健全に維持・管理するためには、図 1 に示すように列車の運行状況、設備の状態など様々な情報が必要となる。

従来、これらの業務では、音声や紙媒体で情報がやり取りされる場合が多かった。また、図 1 に示す情報の流れを示す矢印の内、青色で示される音声以外の多くは、縦方向が多いほか、多くの矢印が指令や現業区所に集中している。これから、分野をまたがった情報活用には改善の余地があることが分る。また、今後、労働人口が減

\* 信号・情報技術研究部 部長

少する見通しであり、この視点からも、将来にわたって鉄道の利便性を向上させ、多くの設備を維持していくためには、業務の一層の効率化が必要である<sup>1)</sup>。

このような状況に対して、近年、情報の管理や分析を迅速、客観的に行うために、デジタル化されたデータを活用するケースが増えている。しかし、例えば、設備メンテナンスを想定すると、現場で取得、記録した情報を、保守区などに持ち帰り、そこで端末に入力することで初めてデジタル化される場合も多いと思われる。数多くのデータ収集を、できるだけ人手を掛けずに効率よく行うためには、M2M (Machine to Machine Communication) /IoT (Internet of Things) 技術の一種であるセンサーネットワーク技術などの活用<sup>2)</sup> が考えられる。

また、鉄道は様々な要素が相互に作用し合っていることから、分野をまたがって必要な情報を、必要なタイミングで相互に活用することの必要性が高いと考える。こ

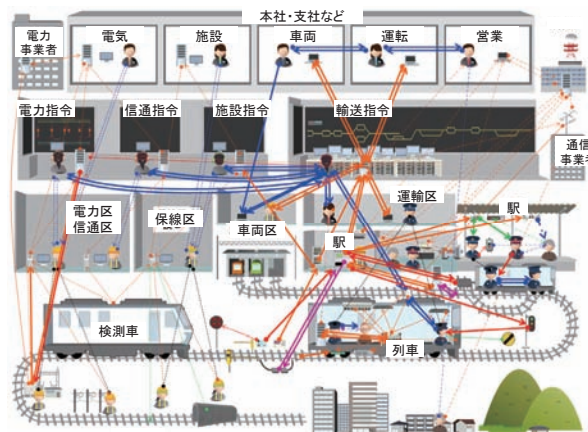


図 1 鉄道における情報の流れ

特集：信号通信技術

れに対しては、共通に利用できるネットワーク基盤の整備、活用が考えられる。また、近年、ビッグデータ分析が注目されているが、これは大量なデータの分析もさることながら、種類の異なる多様なデータを組み合わせ、そこから新しい知見を得ること、価値を創造することに本質がある。この視点からも、分野をまたがった情報共有の仕組みが必要と考える。

第3章では、様々な情報を統合的に扱うことのできる情報・ネットワーク基盤について述べる。また、列車との間での情報伝送については、保安制御だけでなく、乗客へのサービス提供など、さらなる大容量通信への要求が高まることが想定される。これについては第4章で触れる。

### 3. 情報・ネットワーク基盤

#### 3.1 活用の方向性

現在、鉄道総研では図2に示すような概念に基づいて、鉄道における様々な情報を統合的に扱う基盤となる技術の開発に取り組んでいる。このような情報・ネットワーク基盤を構築することで、高度なリアルタイム列車運行制御による利便性の向上<sup>3)</sup>、列車の運転制御による省エネルギー<sup>4)</sup>、沿線災害などの状況に応じた列車制御<sup>5)</sup>、さらには、各種設備のメンテナンスの高度化<sup>6)</sup>に活用することを目指している。これを実現するシステムのイメージを図3に示す。

情報・ネットワーク基盤に関する研究開発に関しては、これまで、図1に示すような形で情報の流れの視点から、現状の鉄道業務の分析を行い、ネットワーク上のデータ伝送制御手順の提案などに向けた要件整理を行った。今後は、鉄道総研内にデモシステムを構築し、試験による検証を行う予定である。

また、ICTを広い範囲にわたって活用するに際して、サイバーセキュリティに対する配慮も必要である。上記の情報・ネットワーク基盤の研究開発に合わせて、鉄道におけるサイバーセキュリティの要件などについても検討を進める予定である。

#### 3.2 期待される効果

ここでは、3.1の冒頭で述べた情報・ネットワーク基盤の活用のうち、列車運行制御と設備メンテナンスについて述べる。

列車運行制御に関しては、無線式列車制御システムにより、車上主体の列車制御や移動閉そくなどが実現している。このシステムの特長として、列車の位置、速度などの詳細情報を連続的に把握できること、また個々の列車に対して直接、かつ連続的に制御指示を与えることができること、が挙げられる。この特長を、保安制御に留

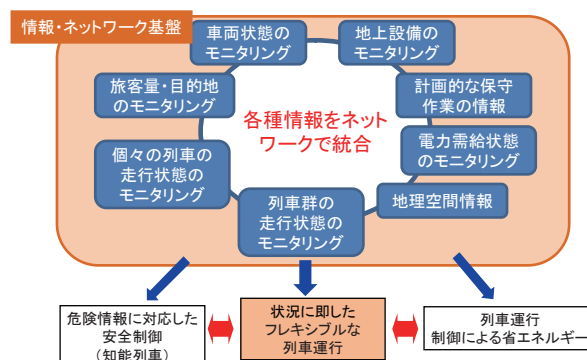


図2 情報・ネットワーク基盤の概念

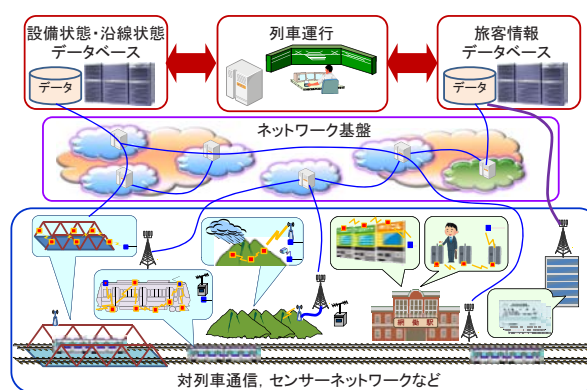


図3 情報・ネットワーク基盤を利用した列車運行システム

まらず、より積極的に活用することで新たな可能性が期待される。例えば、列車群の運行管理の高度化、さらには本来、関連の強い運行管理と保安制御の機能的融合などが考えられる。これについては、4.2で後述するような研究開発に取り組んでいる。また、列車の運行実績や、走行状態に関する情報は、運行管理に留まらず車両や設備のメンテナンスなどにとっても有用性の高い情報である。情報・ネットワーク基盤を活用して、無線式列車制御システムなどのICTを活用した保安システムで把握した、きめの細かい情報を、様々な分野で活用できる効果は大きいと考える。

設備メンテナンスに関しては、各分野でICT活用による状態監視保全に向けた取り組みが行われている。鉄道総研でも、車両、電車線、構造物、軌道などを対象として、状態のセンシング、データ分析、さらにこれを活用したメンテナンス手法に関する研究開発に取り組んでいる<sup>1)</sup>。これらに、情報・ネットワーク基盤を活用することで、メンテナンスのさらなる高度化、効率化の可能性が生まれるものとする。

その一例を図4に示す。現状では、例えば、土木構造物に設置したセンサーで検知した状態データに関して、列車通過や軌道状態などの要因を除いた分析をしようとした場合、そのためのデータが存在しない、あるいは他

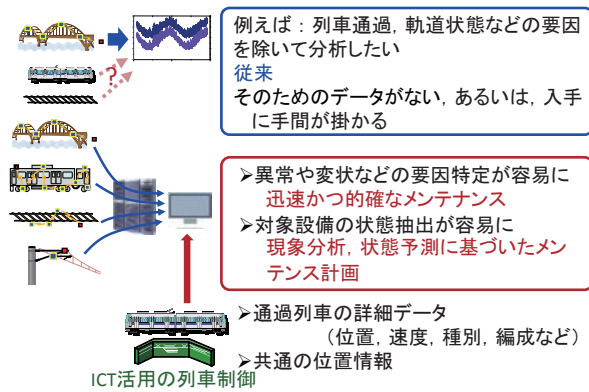


図4 メンテナンスにおける情報共有の効果

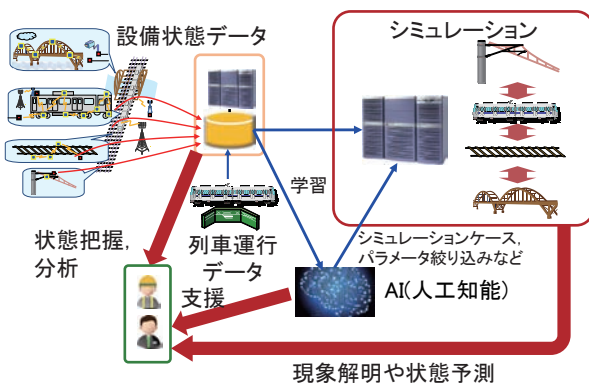


図5 ICTを活用した高度なメンテナンス

分野のデータを得る必要があり、入手に手間、時間を要する場合が多いと思われる。これに対して、設備状態データや、通過列車のデータも参照できれば、設備の異常や変状などの要因の分析、特定がしやすくなり、迅速かつ適切なメンテナンス、状態予測に基づいた高度なメンテナンス計画の策定の実現が期待される。特に状態予測に関しては、重要な手段であるシミュレーションの精度向上なども期待され、その結果として、メンテナンス実施の優先度が明確にできること、余裕を必要最小限にし、実施すべき箇所に適切なタイミングでのメンテナンスを実施することなどの効果も期待される (図5)。

#### 4. 信号通信分野での取り組み

##### 4.1 情報・ネットワーク基盤の研究開発

ICTに関する研究開発について、情報・ネットワーク基盤に関する取り組み予定については、3.1で述べたとおりである。また、3.2で述べた設備メンテナンスに関連して、鉄道環境での使用に適したセンサーネットワーク技術に関する研究開発に取り組んでいる<sup>2) 6)</sup>。

##### 4.2 リアルタイム情報による列車運行制御

列車群の運行状況に応じて、リアルタイムな列車制御

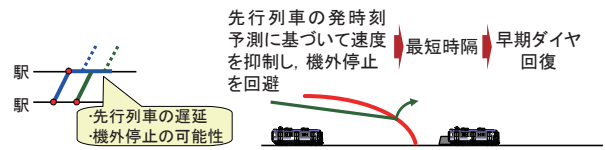
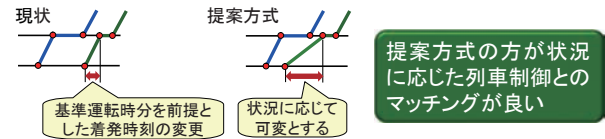


図6 状況に応じた運転制御の例



リアルタイムな列車運行制御：着発時刻+ランカーブ

図7 提案方式による運行計画の変更

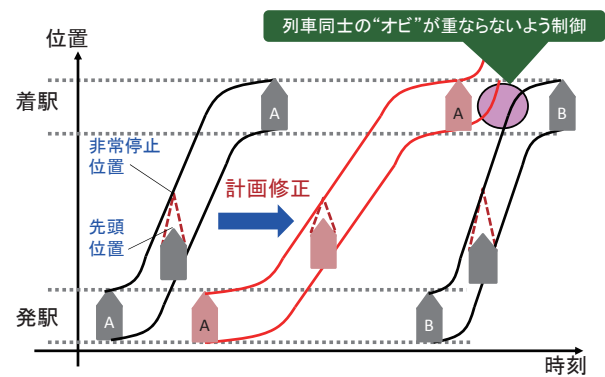


図8 運転曲線レベルでの列車運行制御

を行うことで、ダイヤ乱れの影響を極力小さくするような列車運行が期待される。さらには、3.1で述べた省エネルギーのための運転制御、災害などに対応した安全制御などへの拡張が期待される。

例えば、都市圏の路線では、混雑などによる列車遅延が発生することがある。このような状況では、運転時隔上のボトルネックとなる駅手前で、先行列車の出発時刻を予測して、列車速度を信号で許容される速度よりも抑制する方が、運転時隔を最小にできる<sup>7)</sup> (図6)。このような制御を行う場合、駅間の走行時間を可変として、ダイヤの変更を行う方が効率がよい。しかし、現状では多くの場合、駅間の走行時間は定められた値を使用して、いわゆる「スジ」を平行移動する形を想定して変更を行っている (図7)。

そこで、駅間の列車走行を運転曲線に相当するレベルできめ細かく指示し、これから導出されるブレーキ距離を加味した「オビ」と呼ぶ領域を重ねないことで列車走行の安全を確保する手法を検討している<sup>8)</sup> (図8)。

また、この手法を実現するためには、列車群の運行状況をできるだけ正確に予測する必要がある。そこで、各列車の位置、速度などの運行実績、改札機の通過人数などのデータから、一定時間後までの運行状況、各駅と各列車の旅客数などをリアルタイムに予測する手法を検討

特集：信号通信技術

している<sup>9)</sup>。予測には、実績データの機械学習を利用し、その結果に基づいて、計画の変更案を選定し、それに合わせた軌跡で走行させる位置、速度を運行制御情報として列車に指示する。今後、予測手法の確立、およびシミュレーションによる予測精度と列車運行制御への効果の検証などを行う予定である。

4.3 対列車の大容量通信

現在、鉄道では、LF (30kHz ~ 300kHz), VHF (30MHz ~ 300MHz), UHF (300MHz ~ 3GHz) の周波数帯が使用されている。しかし、将来、より安全で高度な列車制御、業務用通信、旅客サービスなど用途の拡大や、画像などの大容量データ通信に対する要求が高まることが想定され、これらに対しては十分とは言えない。

一方、国内全体の電波資源もひっ迫している中、これまで余り利用されていないミリ波帯 (30GHz ~ 300GHz) など、高い周波数帯の活用が注目されている<sup>10)</sup>。ミリ波帯は、利用できる周波数幅が広く、数百 Mbps 以上の通信が可能であるほか、直進性が強いことから無線基地局間隔を短くする必要があり、導入コストが高いことなどの課題があった。しかし、近年、高性能の O/E (光/電気) 変換や、図9に示すような RoF (Radio over Fiber) と呼ばれる光ファイバーに無線信号を伝送する技術の開発によって、現実的な課題解決の見通しが得られている。

ミリ波帯に関しては、総務省の周波数再編アクションプラン (平成24年10月改訂版) において、列車無線の高度化・ブロードバンド化のための周波数の候補として40GHz帯が挙げられ<sup>11)</sup>、鉄道総研も参加して技術基準案が策定された。現在、40GHz帯ミリ波について、鉄道用途の回線設計手法、システム構成の研究開発に取り組んでおり、数年後の実用レベル到達を目指している。

また、実用は10年程度後になるとみられるが、さら

なる大容量通信が可能である、90GHz帯ミリ波の活用に関する研究開発にも取り組んでいる。なお、これについては、総務省の電波資源拡大のための研究開発の一つである公募課題「ミリ波帯による高速移動用バックホール技術」の一部として実施している。

5. おわりに

本稿では、鉄道における ICT 活用に関して、信号通信分野の取り組みを中心に紹介した。無線式列車制御システムの開発で培った知見や技術の拡張、および情報・ネットワーク技術は、鉄道全体の安全性、信頼性、利便性、および業務の効率向上などに関して、新たな価値を創出する基盤になるものと考えている。今後も、関係各位と協力して、鉄道の価値向上に貢献していきたい。

文献

- 1) 久保俊一：ICTの活用によるメンテナンスの革新，第29回鉄道総研講演会予稿集，pp.2-9，2016
- 2) 野末道子，羽田明生，岩澤永照：無線センサネットワーク技術を活用した橋梁の状態監視システム，鉄道と電気技術，Vol.26，No.10，pp.10-14，2015
- 3) 深澤紀子：鉄道輸送ネットワークにおけるリアルタイムなデータ連携と高度列車運行，第28回鉄道総研講演会予稿集，pp.45-52，2015
- 4) 兎末哲夫：電力制御のリアルタイム化によるエネルギーネットワーク，第28回鉄道総研講演会予稿集，pp.31-37，2015
- 5) 佐々木君章：知能列車による安全性・信頼性向上，RRR，vol.72，No.7，pp.8-11，2015
- 6) 平栗滋人：鉄道メンテナンスの革新を支える情報・ネットワーク技術，第29回鉄道総研講演会予稿集，pp.34-39，2016
- 7) 平栗滋人，富井規雄，長谷伸一：予測制御による列車制御方式，鉄道総研報告，Vol.17，No.6，pp.29-34，2003
- 8) 福田光芳，川崎邦弘，辰井大祐，杉山陽一，平栗滋人：情報ネットワークを利用した列車運行，平成28年電気学会産業応用部門大会，5-1，pp. V -143- V -146，2016
- 9) 中挟晃介，辰井大祐，國松武俊：ニューラルネットワークを用いた列車運行予測手法，第23回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2016) 予稿集，S5-2-3，pp.241-244，2016
- 10) 総務省：電波利用ホームページ「電波資源拡大のための研究開発」，<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/>
- 11) 総務省：電波利用ホームページ「周波数再編アクションプランについて」<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/saihen/>

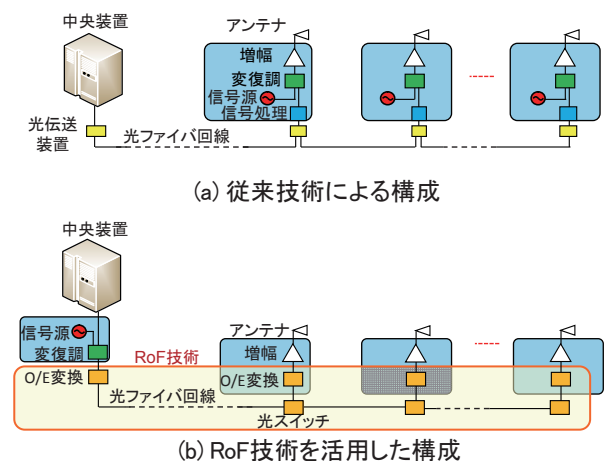


図9 ミリ波帯電波による対列車通信システム