

信号通信分野における ICT 活用に関する研究の動向

川崎 邦弘*

Trends and Topics of Research and Development related to the Improvement of the Signalling and Telecommunication Systems by the use of Information and Communication Technology

Kunihiro KAWASAKI

The signalling and transport information division aims to contribute to enhanced safety, reliability, and convenience through the research and development of signalling systems, communication network technology, transportation planning and traffic operation technology, and condition monitoring technology for railway facilities. This paper outlines the trends of research and development for improving the safety and the availability of signalling systems and telecommunication systems by the use of Information and Communication Technology (ICT) such as image analysis, artificial intelligence, cloud computing, and mobile communication networks.

キーワード：ICT, 画像解析, 機械学習, 情報ネットワーク, 信号保安設備, 無線式列車制御

1. はじめに

近年、計算機の計算能力の飛躍的な向上と大容量メモリの低価格化、また携帯電話や無線 LAN に代表される対移動体通信の高速化などにより、膨大な量のデータを伝送・蓄積・処理できる環境が整ってきた。エンターテインメントや出版、教育などの分野では、これらの情報通信技術 (Information and Communication Technology : ICT) を活用した様々なサービス、商品が生み出され、既に私たちの生活の中で広く利用されている。産業分野では、ICT の活用により安全性・信頼性や生産性の向上、あるいは従来は不可能だった全く新しい製品・サービスの実現を目指した取り組みが進められている。

鉄道分野においても、ICT の活用によって、より安全で、より少ない要員・コストで運用できるシステムへの変革が期待されている。鉄道総研では、車両や構造物、電力、軌道、防災、信号・情報、人間科学といった各種の技術分野において、ICT を活用した新しいシステムや検査・評価法等の研究開発を進めている。

本稿では、列車運行制御システムに焦点を当て、最近の研究動向と今後の研究開発の方向について述べる。また、今後 ICT 活用に関する研究を鉄道総研全体として統一的・系統横断的かつスピーディーに推進するために設置された体制についても紹介する。

2. ICT の概要と動向

2.1 ICT 活用の目的と効果

ICT は、情報処理技術 (Information Technology) と通信 (Communication) を組み合わせてできた用語であ

* 信号・情報技術研究部長

る。Communication という英単語は、日本語では「通信」と訳される場合が多いが、元々はラテン語で「情報やアイデアを分かちあう」を意味する Communis が原義である。従って、ICT の本質は、単にセンサーデータを伝送して処理する、というだけではなく、現実空間に様々な形態のアナログ量として存在する情報を、デジタル化して伝送・収集することで共有できるようにし、さらに IT によって分析・予測した結果も共有しつつ、現実空間にフィードバックすることにある。設備の制御システムで例えるならば、種々のセンサによって計測されたデータを情報ネットワークによって収集し、ビッグデータ処理や AI などの高度な情報処理によって得られた分析結果・予測結果に基づいてアクチュエータを制御する、という形態が ICT 活用の一つの姿である。

ICT は、センシング、伝送・蓄積、情報処理、表示・制御の 4 つの要素技術の組み合わせによって多種多様なツールとなる。センシングについては、振動センサなど物理量を電気に変換するもののほか、カメラも膨大な量の情報が得られるセンサの一種である。また代表的な IT の例としては、画像解析技術やビッグデータ解析技術、そして近年急速に進化を遂げている機械学習技術による人工知能が挙げられる。ICT を産業分野で活用することによって最も期待される効果は、人が行っている作業の省力化、自動化、ミスの低減による信頼性の向上、そして、人の能力ではなしえない作業の代替である。

2.2 日本が目指している Society 5.0

現代は情報化社会と呼ばれているが、例えばインターネットのようなコンピュータネットワーク上の世界 (= サイバー空間) に現実空間の情報を入力する作業や、サイバー空間上の情報を探し出して現実空間で使う作業に

特集：信号通信技術

は、多くの場合、人間の操作が介在している。すなわち、サイバー空間と現実空間とが分かれており、サイバー空間は人からアクセスしない限り、情報の入出力ができない。また、データの収集・共有も、業界ごと、あるいは業界内の業務分野や技術分野ごとに分かれている場合が多い。日本政府が2017年に閣議決定した「未来投資戦略2017」¹⁾では、現在の社会(“Society 4.0”)に対し、センシング技術とIoT(Internet of Things:モノのインターネット)によってあらゆる状態情報をサイバー空間に集積し、AIによる解析・予測結果によって価値が付加された情報を現実空間にフィードバックすることで、サイバー空間と現実空間がより高度に融合した「超スマート社会」(“Society 5.0”)の実現を目指すとしている。このSociety 5.0が実現された社会では、状態情報が自動的にサイバー空間に入力され、業界や業務分野を超えて共有されることによって、地域や年齢による格差が生じることなく、ニーズに対応したモノ・サービスの提供が可能となり、少子高齢化やエネルギー等の社会的課題の解決と経済発展を両立できるとしている。

3. 列車運行制御とICT

3.1 列車運行制御におけるICT活用

現在の鉄道では、運行管理システムと信号保安システムの2つのシステムによって列車の安全・安定運行が実現されている。運行管理システムはダイヤに基づく列車の定時運行と遅延時の運転整理を担い、信号保安システムは保安制御装置等による列車の安全確保を担っている。両システムとも、設備数の削減、あるいは少ない要員数でも運用できるよう、ICT活用による省力化、自動化が検討されている。また、現場機器の状態を把握するための無線センサーネットワークや、データ分析、機械学習等の情報処理技術によって設備の異常を予測する手法の開発も行われている。

列車運行制御において、現時点で国内外で実用化されているICT活用の代表例は、無線式列車制御システムである。このシステムは、無線通信技術とデータベース技術を活用することにより、列車の位置や速度等の情報を細かく把握しながら列車を安全に制御する。世界各国で導入が進んでおり、国内においても、JR東日本におけるATACSの実用化を皮切りに、複数の鉄道事業者が導入に向けて検討・開発を進めている。

無線式列車制御システムの導入のメリットは、固定的な閉そくを確保する設備の削減と、柔軟な列車間隔の設定などが挙げられるが、予測制御や自動運転など、より高度な列車制御システムに発展させるためのベースシステムとして活用できるという面もある。

無線式列車制御システムは、インターネットには接続

◆列車位置、走行速度、停止限界などの制御情報を無線伝送することによって列車を制御するシステム

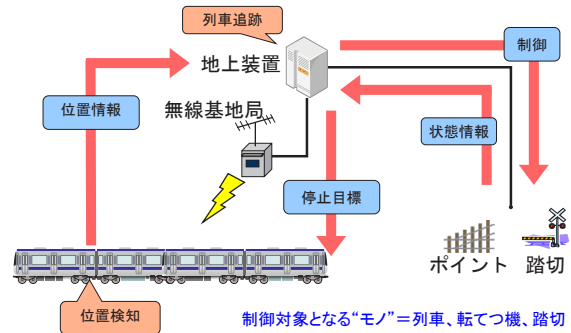


図1 無線式列車制御システム

されていないが、制御対象である列車と転てつ機、踏切を“モノ”にとらえれば、広い意味ではIoTの一種と言える(図1)。IoTは、様々な機器やデバイス(=モノ)が情報ネットワークに直接接続されることによって、モノの状態データが情報ネットワーク上で共有され、多種多様なデータを処理・分析した結果に基づいてモノを制御する仕組みで、人間が介在することなく状態情報の収集と制御を行うICT活用の一形態といえる。日本ではまだ導入事例はないが、海外ではIPベースの無線通信ネットワークを利用した無線式列車制御システムが実用化されており、インターネットには接続されていなくとも、既にインターネットの技術が使われている。“5G”と呼ばれる第五世代の移動体通信網が、早い国では2018年内から、国内でも2020年までにはサービス開始となる予定であるが²⁾、5Gの技術がさらに発展し、将来、高安全性が求められる情報の伝送も可能となった暁には、無線式列車制御システムの通信ネットワークがインターネットに置き換わり、巨大なInternet of Thingsの実装形態の一つとなる可能性もある。

3.2 運行管理と保安制御の融合による新しい運行制御システムの将来像

3.1節で述べた無線式列車制御システムでは、詳細な列車位置や速度などの情報を得ることができる。これらの詳細情報を活用してリアルタイムで運転曲線を作成することができれば、安全確保とダイヤ管理とを融合した新しい運行制御システムの実現が期待できる。このようなシステムの実現により、旅客の集中や列車の遅延等の状況に応じて列車の運行を柔軟に制御できるようになり、遅延の拡大の抑制、ダイヤ乱れの早期復旧が可能となる。そこで、鉄道総研では、2015年度から、情報ネットワークにより運行管理と保安制御の機能を融合し、運転曲線をリアルタイムに再計算して個々の列車や進路を制御するシステムの開発に取り組んでいる³⁾。このシステムを実現するうえで重要な基盤となるのが情報ネットワークである。この情報ネットワークに、列車の制御情

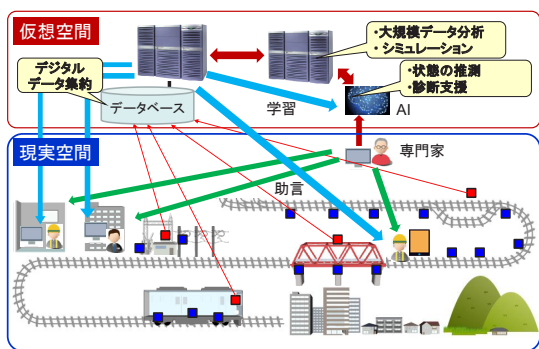


図2 鉄道版サイバーフィジカルシステム

報だけでなく、沿線のセンサや制御機器などの状態情報、改札機からの情報を乗せれば、鉄道の運行状態、設備の状態、そして旅客の流れなども全てデータ化して共有できるため、鉄道システム全体の動作状況を管理部門や関係する部門で把握することが可能となる。それらのデータを基に、コンピューター上の仮想空間で現場の状態や列車の運行状態の再現・予測を行うことにより、状態把握にかかる労力を大幅に削減でき、異常時の際の運行やメンテナンスにかかる負荷を軽減できる可能性がある(図2)⁴⁾。これはいわば鉄道版のサイバーフィジカルシステムであり、列車が自律的に走行する、あるいは鉄道設備が自律的に不具合箇所や交換時期等の情報を発信するようになれば、2.2節で述べた Society 5.0 に近いシステムになることが期待できる。

海外でも同様の方向の研究が進められており、例えば SNCF では ICT 活用によって 2023 年度までに自律的に走る列車の実現に向けた開発を進めている。

3.3 鉄道の無線通信ネットワークに関する今後の展望

鉄道での ICT 活用を進めるうえで重要な課題の一つに、通信リソースの確保がある。特に走行中の列車と地上間の無線通信に関しては、これまでのように小容量・高信頼の伝送に対する要求だけでなく、大容量の伝送に対するニーズも高まっている。現在、鉄道では UHF 帯が最も多く利用されているが、UHF 帯は周波数資源がひっ迫していることから、より広い帯域を利用でき、また多くのチャンネル数を確保することが期待できるミリ波帯の活用が検討されている。近年、低コストで高性能な半導体素子が開発されており、また無線周波数の電気信号をそのまま光ファイバーで伝送する RoF (Radio on Fiber) の技術が発展してきていることから、ミリ波による対列車通信システムを低コストで構築することが可能となっている⁵⁾。将来、ミリ波による列車無線が実用化されれば、これまで実現できなかった運転業務の効率化や旅客サービスの向上、あるいは新しい運転制御方式の導入が期待される。さらに、間もなくサービス開始となる 5G など、新しい公衆網や汎用の無線通信技術も、より

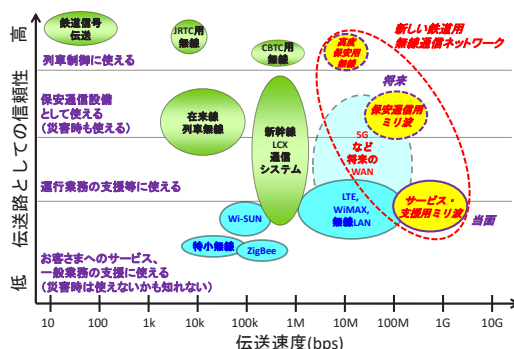


図3 鉄道における無線通信の今後の展望

安全で安定した列車の運行を実現するためのツール・手段として積極的に活用していく必要があると考えられる。

ただし、高い信頼性・安全性が要求される情報を必要な時に確実に伝送するためには、耐妨害性や通信品質の安定性に関する課題を克服する必要がある。鉄道総研では、複数の無線通信媒体をシームレスにリンクすることにより、大容量・高信頼の鉄道用無線通信ネットワークを実現するための研究開発に取り組んでいる(図3)。

4. 今後の ICT 活用研究の進め方

4.1 鉄道総研全体としての推進体制

鉄道総研におけるこれまでの ICT 活用に関する研究開発は、個々の技術分野ごとに進められてきており、現在の業務フローの一部の省力化あるいは自動化については実現可能な成果が得られつつある。

しかし、今後、革新的な ICT を導入した新しい鉄道システムの実現に資する成果をタイムリーに出していくためには、複数の技術分野が有するノウハウを結集し、分野横断的に研究開発を進める必要があると考えている。

そこで、ICT 活用に関する研究開発を鉄道総研として統一的・体系的かつスピーディーに行うための戦略と実行計画の策定準備のために、2017 年 6 月に「ICT 推進チーム」が設置された。ICT 推進チームでは、ICT の動向調査と、鉄道の課題解決や業務革新に資する技術やアイデアの検討、鉄道総研として取り組むべき課題の抽出、ICT 活用に関する研究開発の方向性の検討を行い、12 月には今後の研究開発の方向性をまとめた。その方向とは、①列車運行の安全性向上、②列車運行の自動化、③メンテナンスの自動化、そして④鉄道向けの共通基盤技術の確立、である。

この ICT 推進チームの活動結果を受けて、今後の急速な ICT の進展および鉄道事業者における課題解決や業務革新に対するニーズを的確に捉えた研究開発を推進するため、「ICT 革新プロジェクト」(仮称)が設置される予定である。本プロジェクトの目的は、鉄道への応用に関する分野横断的な研究開発の実行計画を策定し、関連する研究開発を迅速かつ円滑に実施することである。

特集：信号通信技術

プロジェクト設置後は、ICT 推進チームが示した研究開発の方向性と目標に向けた個別の研究開発課題の抽出と課題全体の実行計画を策定するとともに、将来の ICT 活用研究の方向性の検討、分野横断的な新規研究開発テーマの原案作成も行う予定である。また、ICT に関連する研究開発テーマの実施上の課題の共有や、あるいは研究開発過程で得られたノウハウやツールの共通的な活用方法の検討も行う予定である。

4.2 信号・情報技術研究部の推進体制

前節で述べたように、ICT 活用に関する研究開発は個々の技術分野ごとに取り組んできているが、中でも画像解析技術とビッグデータ処理や AI などの IT は特に革新のスピードが速く、個々に研究開発に取り組んでいたのでは技術の進歩に後れをとるおそれがある。そこで、施設分野をはじめ電気設備や車両、人間工学など個々の技術分野でこれまでに蓄積してきた画像解析技術と IT の活用に関する知見を結集させ、鉄道総研内の技術力の最大化と研究開発のスピードアップを図るため、2017 年 12 月に信号・情報技術研究部に「画像・IT 研究室」が設置された。画像・IT 研究室では、鉄道に活用するための画像解析処理技術および IT の高度化に取り組むとともに、施設の状態監視や列車運行時の乗務員支援への画像解析技術の適用と、保守の効率化や列車の運行制御等への IT の適用に関する研究開発を推進し、革新的な成果の創出に取り組んでいく。画像・IT 研究室には、研究室長はじめ 13 名の職員が所属しており、このうち 10 名は車両構造技術研究部、車両制御技術研究部、構造物技術研究部、軌道技術研究部、電力技術研究部、鉄道力学研究部、人間科学研究部からの兼務としてメンバーに加わっている。この研究室は、研究室のメンバー間だけでなく、画像や IT に関心をもつ各技術分野の研究者ともオープンに議論できる場としても活動していく予定である。

画像・IT 研究室では、2018 年度から、前節で述べた ICT 推進チームの検討結果に基づいて新規に設定した 3 件のテーマ（表 1）を含む 8 件の研究開発テーマを担当する。なお、信号・情報技術研究部全体では、2018 年度に担当する研究開発テーマは 36 件あり、このうち 20 件が ICT 活用に関するテーマである。ICT の“IT”は今回設置された画像・IT 研究室が核となり、“C”が専門のネットワーク・通信研究室をはじめとする所内の関

連研究部室と連携し、また鉄道事業者や研究機関・メーカー・大学の専門家とも連携していくことにより、鉄道固有の特性や環境条件を踏まえた ICT の活用に関する研究開発を着実に進めていきたい。

5. おわりに

本稿では、信号通信分野に焦点を当てて、ICT 活用による信号通信システムの革新に向けた研究開発の状況を報告するとともに、今後の方向性と推進体制について述べた。ICT は、鉄道を維持していくうえで欠かせないツールであり、またさらなる発展のための強力な武器でもある。ただし、ICT を活用するにあたっては、鉄道に求められる安全性・信頼性を踏まえて適切な技術を適切に利活用する必要がある。単に技術を使えばよいという単純なものではない。利活用する技術の適否を判断するための基準・ガイドラインづくりや、ICT の活用による効果の評価法の確立も重要な課題である。また、サイバーセキュリティに関する課題への対応も必須であり、特に信号通信分野においては、安全を確保しつつシステムをできるだけ止めないようにするための考え方の整理と、具体的な制御手法の構築が不可欠である。鉄道における ICT 活用はまさにこれからであり、複数の組織が多様な観点でのチャレンジを積み重ね、相互に競いつつ協業することによって、新しい技術・システムの実現につながるものと確信している。今後も、鉄道の維持・発展に資する成果を提供できるよう、鉄道事業者や先端技術を有する研究機関・メーカー・大学と連携しながら、地に足をつけた研究開発に取り組むと考えている。

文 献

- 1) 首相官邸 <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/> (参照日：2018 年 2 月 28 日)
- 2) 総務省：平成 29 年度版 情報通信白書, 2017
- 3) 平栗滋人：信号通信技術に関する最近の研究開発，鉄道総研報告，Vol. 30, No. 1, pp.1-4, 2016
- 4) 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 回鉄道総研講演会講演要旨，pp.34-39, 2016
- 5) 川崎邦弘，中村一城：ミリ波技術の鉄道応用に関する動向，Vol. 30, No. 1, pp.51-54, 2016

表 1 ICT 推進チームの活動を受けて設定した新規研究開発テーマ

テーマの方向性	テーマ名	実施年度	目標	主な用途
①列車運行の安全性向上 ②列車運行の自動化	複数のセンサーを統合した車載型障害物検知手法	2018～2020	運転台からの前方画像と距離センサー等を組み合わせ、線路内の障害物を検出する手法の提案	運転士の支援 将来の一般線区での自動運転
③メンテナンスの自動化	画像による部品劣化判定手法に関する研究	2018～2019	ハイパースペクトルカメラなどで撮影した画像から材料の劣化を判定する手法の提案	レール、端子などの状態監視
④共通基盤技術	鉄道設備の位置情報一元化に関する研究	2018～2019	構造物、軌道、信通など業務分野ごとの位置指標と設備の状態をリンクして、分野横断的に一元的に管理できる共通フレームワークの提案	検測システム、設備管理システム 将来の自動運転、自動検測