

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

川崎 邦弘*

Outlines and Future Outlook of Research and Development Activities relating to Utilization of Information and Communication Technology for Signalling and Telecommunication Systems

Kunihiro KAWASAKI

With the recent developments in information and communication technology (ICT), various research and development projects are ongoing in the world to propose new train control technology for safer and more stable transportation services. These technologies are expected to reduce costs and the number of equipment used for safe train operation. RTRI has been challenging to develop new technology to realize digitalization of railway systems, and RTRI sets up a new project to accelerate R & D on utilization of ICT from FY2020. This paper introduces the plan for the R & D on the new autonomous train operation control system using ICT in the new master plan of RTRI started from FY 2020, after surveying the R & D that has been undertaken in the previous master plan of RTRI from FY2015 to FY2019.

キーワード：信号保安, ICT, 自動運転, 自律化, 基本計画

1. はじめに

従来の信号通信設備は、鉄道固有の技術によって構築されてきたが、今後は最新のデジタル技術を活用することによって、さらに安全で、少ない設備・要員で運用できる保安システムの実現が期待されている。

本稿では、鉄道総研の基本計画 RESEARCH 2020 (2015 年度～2019 年度) の期間に鉄道総研報告に掲載された信号通信関連の特集論文から、この5年間における ICT 活用に関する研究開発の経過を概観したのち、今年度からスタートした基本計画 RESEARCH 2025 (2020 年度～2024 年度) で取り組む自律型列車運行制御システムの研究開発について、特に安全性の確保の観点から解決すべき課題と方向性を述べる。

2. RESEARCH 2020 での取り組みと特集論文

2.1 ICT 活用研究重点化の経緯と体制

鉄道総研では、2015 年 1 月に「革新的な技術を創出し、鉄道の発展と豊かな社会の実現に貢献します」をビジョン「RISING: Research Initiative and Strategy – Innovative, Neutral, Global」として掲げ、3つの果たすべき使命「ダイナミックな研究開発」「技術的良識に基づく中立な活動」「世界の鉄道技術をリードする活動」と戦略を定めた。このビジョンを具現化するため、2015 年度に5年間の具体的な活動計画である基本計画「RESEARCH2020」が策定された。この基本計画では、研究開発の目標として

「安全性の向上」「低コスト化」「環境との調和」「利便性の向上」の4つを設定し、テーマを効率的に進めるための柱として「鉄道の将来に向けた研究開発」「実用的な研究開発」「鉄道の基礎研究」の3つを定めた。

RESEARCH2020 において信号・情報技術研究部に所属する6つの研究室が担当したテーマは97本、このうち信号通信分野に関するテーマは69本であった(関係研究部が主管のテーマ含む)。研究開発の柱ごとのテーマ数の内訳を図1に示す。

2015 年度～2019 年度の5年間で信号・情報技術研究部にとって最も大きなトピックスは、2017 年 12 月の画像・IT 研究室の新設である。この研究室は、それまで各研究部で個別に行われていた画像や IT の活用に関する研究を一元化し、所内の技術力・知見を集約することで ICT 活用研究の迅速化を図るために設置された¹⁾。

2017 年度は研究所全体として ICT 活用に関する研究開発に重点的な取り組みが始まった年度であり、2017

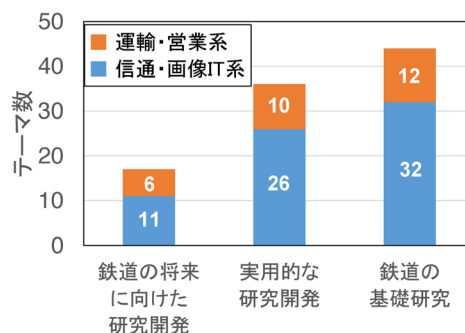


図1 RESEARCH 2020 で信号・情報技術研究部が担当したテーマ数

* 信号・情報技術研究部長

年6月に活動を開始した「ICT推進チーム」がICT活用研究の方向性と具体的な課題を同年12月にまとめた²⁾。翌2018年度からは、分野横断的なICT活用研究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推進するための「ICT革新プロジェクト」が設置された³⁾。

信号・情報技術研究部では、ICT革新プロジェクトで議論・策定された方針や実行計画を具体的な研究開発業務の計画に反映し、活動の重点をICT活用研究におくとともに、将来の列車運行制御システムのあるべき姿を実現するための研究開発計画案を提案してきた。

ICT革新プロジェクトが示した方針・計画は新しい基本計画に反映され、RESEARCH2020の完了とともにその役割を終え、この4月から設置された「デジタル技術革新プロジェクト」へと引き継がれた⁴⁾。

2.2 RESEARCH2020における信号通信関連の特集論文

本節では、過去5年間に本誌上で報告した信通関連の特集論文から、RESEARCH2020実施期間中の信号・情報技術研究部におけるICT活用研究の概況を見ることとしたい。表1は、2015年度発行の第30巻第1号から今号までの信号通信に関する特集号に掲載された特集論文の全リストである（一般論文、調査報告、解説を除く）。

このリストには、掲載号ごとの論文タイトル・担当研究室と、関連するテーマの目標と柱、そしてICT活用研究に該当する論文には“○”を示した。

鉄道総研報告に掲載される論文は、テーマの成果がまとまる時期に執筆される場合が多く、テーマ終了から掲載までに半年～1年程度のタイムラグが生じる。このため、表1に挙げた号のうち、2017年度発行の第31巻第3号より以前は前々基本計画でスタートしたテーマの成果が主で、2018年度発行の第32巻第5号からはRESEARCH2020でスタートしたテーマの成果が主になっている。なお、信号・情報技術研究部では、輸送・交通計画関連の特集号も担当しており、表1と同じ期間にさらに5号分、計10号分の論文を発表させて頂いた。

信通関連では、信号設備の状態把握や寿命予測、雷害・誘導障害といったハード寄りの現象解明的なテーマから、無線や新しいデバイスを活用したシステム提案のテーマまで、34件の論文を発表してきた。表1中の研究開発の目標・柱の欄に示したように、目標としては安全性向上と低コスト化がほぼ同数で全体の9割を占め、テーマの柱としては半数が基礎研究となっている。また、2.1節で述べたICT活用研究の重点化の効果が、第32巻第5号（2018）以降のICT活用関連の論文の増加に表れている。

表1 過去5年間に掲載された信号通信関連の特集論文
(一般論文、調査報告、解説を除く)

巻・号 (発行年/月)	特集論文タイトル	執筆担当研究室	研究開発 の目標	研究開発 の柱	ICT 活用	
第30巻 第1号 (2016/1)	駅構内における帰線電流分布の解析手法	信号システム	安全性向上	実用		
	鉄道信号用ケーブルに発生する雷過電圧の抑制手法の検討	信号システム	安全性向上	基礎		
	特殊信号発光機の視認性確認システムと設置支援手法	信号システム	安全性向上	実用	○	
	慣性センサを併用した複合型位置検知システムの開発	列車制御	低コスト化	基礎	○	
	非フェールセーフ装置が混在する環境における安全関連伝送	列車制御、ネットワーク・通信	安全性向上	実用		
	データ伝送帯域に適用可能な電磁誘導予測シミュレータの開発	ネットワーク・通信、計算力学	環境調和	基礎		
第31巻 第3号 (2017/3)	割出し可能転つ機を用いた転換システム	信号システム	低コスト化	実用		
	画像処理技術を用いた前方障害物検知装置の開発	信号システム	安全性向上	実用	○	
	運動装置のネットワーク化による進路可変制御手法	列車制御	利便性向上	基礎		
	車上主体型進路制御による列車制御システムの機能検証	列車制御	低コスト化	実用		
	電化区間の信号設備に発生する雷サージ電圧の推定	信号システム	安全性向上	基礎		
	鉄道通信設備における雷サージの影響評価手法	ネットワーク・通信	安全性向上	基礎		
第32巻 第5号 (2018/5)	車両状態監視向け車両間ネットワークの構成手法	ネットワーク・通信	安全性向上	基礎	○	
	深層学習を用いたトンネル覆工面のひび割れ検出手法の開発	画像・IT	低コスト化	実用	○	
	測域センサを用いた建築限界判定装置と管理システムの開発	信号システム、画像・IT	低コスト化	実用	○	
	鉄道環境におけるWi-SUN センサーネットワークの活用	ネットワーク・通信	低コスト化	実用	○	
	電子運動装置の使用環境を考慮した寿命評価手法の開発	信号システム	低コスト化	基礎		
	分岐器と転つ装置の運動解析による異物検知機能の評価手法	信号システム	安全性向上	基礎		
第33巻 第7号 (2019/7)	運行管理と保安制御を融合した列車運行制御システムの基礎検討	列車制御	利便性向上	将来指向	○	
	列車運行向け情報統合ネットワークの提案	ネットワーク・通信	利便性向上	将来指向	○	
	軌道回路や地上信号機を不要とした地方交通線向け列車制御システム	信号システム	低コスト化	実用	○	
	地方交通線向け列車制御システムへの汎用通信技術の適用	ネットワーク・通信	低コスト化	実用	○	
	画像処理による踏切人物検知に関する検討	画像・IT	安全性向上	実用	○	
	90GHz帯ミリ波レーダーによる線路内の作業員の位置検知	ネットワーク・通信	安全性向上	基礎	○	
第34巻 第7号 (2020/7)	速度発電機と慣性センサを併用した車上位置検知・列車完全性管理システム	列車制御	低コスト化	基礎	○	
	高い安全性を要する用途への汎用モバイル端末の適用	列車制御	低コスト化	基礎	○	
	継電運動装置の結線図自動作成と自動検証	列車制御	低コスト化	実用		
	コンクリート信号機柱の強度評価法の開発	信号システム	安全性向上	実用		
	遠隔監視データを用いた電気転つ機と軌道回路の状態推定手法	信号システム	低コスト化	基礎	○	
	鉄道沿線信号設備における電子機器の寿命予測手法の検討	信号システム	低コスト化	基礎		
第34巻 第7号 (2020/7)	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	画像・IT、信号システム	安全性向上	基礎	○	
	画像のスペクトル分析によるレール劣化検出法の検討	画像・IT、軌道管理、レールメンテナンス	低コスト化	基礎	○	
	速度発電機に慣性センサとGNSSを併用した車上位置検知システム	列車制御	低コスト化	基礎	○	
	無線と有線を組み合わせた車両間情報伝送システム	ネットワーク・通信	安全性向上	実用	○	

3. RESEARCH 2025 における研究開発

3.1 新基本計画の概要

本年4月から、新しい基本計画「RESEARCH2025」がスタートした。RESEARCH2025では、活動の基本方針として、(1)安全性の向上、特に自然災害に対する強靱化、(2)デジタル技術による鉄道システムの革新、(3)総合力を発揮した高い品質の成果の創出、(4)鉄道技術の国際的プレゼンスの向上、(5)能力を発揮でき、働きがいを持てる職場創り、の5項目を定めており、研究開発事業においては、上記の(1)(2)(3)に向けた研究開発を重点的に推進する計画である⁵⁾。

特に、デジタル技術については、全ての研究開発分野への導入を推進することで、ニーズの変化や環境の変化に対応できる鉄道システムの実現に資する成果の創出を目指す。このデジタル技術の活用研究を推進するために、2.1節でも紹介した「デジタル技術革新プロジェクト」において、デジタル技術による鉄道の業務革新の提案や、新たな技術的課題に対応するための研究開発の実施、分野間連携による統合的な研究と、研究開発のノウハウ、リソースの活用と整備などの活動を行っていく。

なお、研究開発を進めるうえでのテーマの目標（安全性の向上、低コスト化、環境との調和、利便性向上）と柱（将来に向けた研究、実用的研究、基礎研究）の分類については、前基本計画を踏襲している。

本章では、現基本計画「RESEARCH2025」で取り組む鉄道の将来に向けた研究開発の概要について述べ、列車運行の自律化に向けた研究開発計画を紹介する。

3.2 鉄道の将来に向けた研究開発

鉄道の将来に向けた研究開発については、概ね十数年先の実用化を念頭におき、鉄道事業者のニーズや社会動向の変化に応えるための課題として、以下の6つの大課題がスタートした(図2)。

- 1) 激甚化する気象災害に対する鉄道の強靱化
- 2) 列車運行の自律化
- 3) デジタルメンテナンスによる省力化
- 4) 電力ネットワークの電力協調制御による低炭素化
- 5) 沿線環境に適合する新幹線の高速化
- 6) シミュレーション技術の高度化

上記の大課題のうち、信号・情報技術研究部が主担当として取り組む「列車運行の自律化」について、目指す姿と研究開発計画を次節以降で紹介する。なお、信号・情報技術研究部は、列車運行の自律化のほか、デジタルメンテナンスによる省力化、電力ネットワークの電力協調による低炭素化の課題にも参画する。

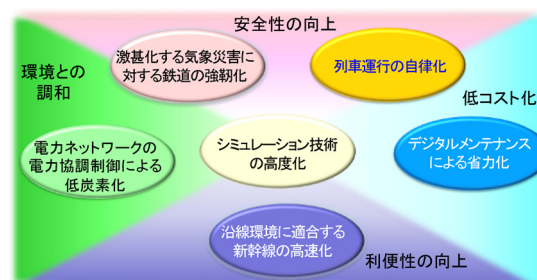


図2 鉄道の将来に向けた研究開発

3.3 「列車運行の自律化」のねらいと研究開発計画

列車運行の自律化については、2020年2月に開催された鉄道総研講演会⁶⁾で研究開発計画を紹介させて頂いたが、ここでは改めてその狙いと具体的なテーマの計画を紹介する。

この課題では、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列車運行制御システムの要素技術を開発する。その狙いは、現在は様々な条件を満たした線区のみを導入されている自動運転システムを、一般的な線区にも低コストで導入できるように、少ない地上設備で高度な自動運転を実現できる技術を開発することにある(図3)。

2020年度からは、以下の4つの技術課題に対応する4本のテーマと、列車～列車間で制御情報を伝送するための通信技術に関するテーマの計5本のテーマがスタートする。

- ① 画像・レーダーによる線路内・沿線の異常検知
- ② 線路内・沿線と車両の状態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・早期回復、省エネ等のための広域での運行管理アルゴリズム

上記の①～④の課題のうち、①②は現行の自動運転システムの高度化や一般線区への適用にも欠かせない技術で、③は自律化のコアとなる技術であり、いずれもシステムの安全性を確保するうえで重要な課題である。

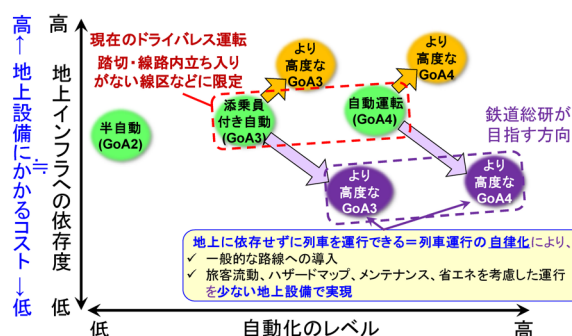


図3 「列車運行の自律化」の狙い

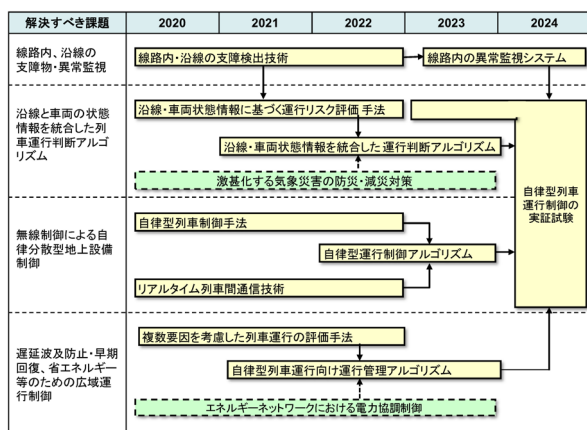


図4 「列車運行の自律化」のテーマ計画

2021年度以降も後継テーマを順次スタートさせて計10本のテーマを実施し、最終年度の2024年度末に鉄道総研の所内試験線において試験用電車を使用した実証実験を行うことを計画している(図4)。これらのテーマの実施にあたって、これまで開発してきた線路内や踏切の監視、列車や踏切の制御、クラウド連動など関係する要素技術をさらに高度化して活用する予定である。しかしながら、従来から培われてきた通信分野固有の技術は活かしつつも、過去にとらわれすぎることなく、「そもそも列車を安全に運行するためには何をすべきか、何が必要か」を根本から見直すことが必要と考えている。

2020年度～2024年度の5年間の研究開発によって得られる成果は、最終目標である自律化のためだけではなく、現行の自動運転システムの一般線区等への導入、展開にも資する技術として提案していくことも考えている。自律化された列車が営業線区で走行できるレベルに至るには十数年かかるものと見込んでいるが、現在の運行管理・保安システムからの移行方法も含め、一つずつ課題を解決しながら、実現を目指していきたいと考えている(図5)。

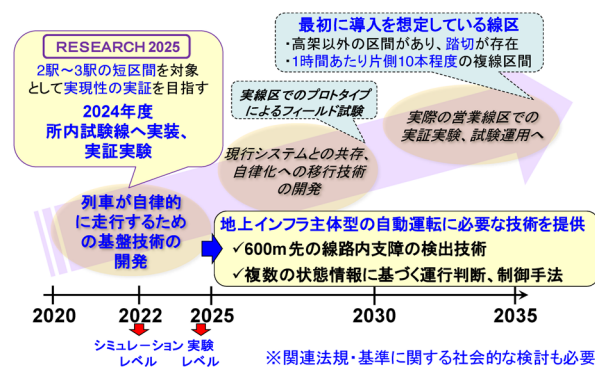


図5 自律化に向けた研究開発のロードマップ

4. おわりに

本稿では、過去5年間に本誌に掲載された通信関連の特集論文から、RESEARCH2020におけるICT活用に関する研究開発の流れを概観し、2020年度からスタートした新しい基本計画の下で鉄道の将来に向けた研究開発課題の一つとして取り組む「列車運行の自律化」の研究開発計画について述べた。

列車運行の自律化により、低コストでありながら、さらに安全・安心な輸送サービスが提供できるシステムを実現させたいと考えている。しかし、自律化を実現するためには、線路内の監視や情報セキュリティに対応した情報伝送、複数の情報を基に列車同士が協調して地上設備を制御する手法など、難易度の高い課題を着実に解決していかなければならない。海外においても、自律列車の開発が進められているが、地上からの制御に抛らずに列車が自律的に走行するシステムの開発は各国でも非常に難しい課題として認識されており、世界各国の研究者との共同での研究開発も視野に入れて取り組む必要があると考えている。

今後も、国内外の鉄道事業者や先端技術を有する研究機関・メーカー・大学と連携させて頂きながら、鉄道の維持・発展に資する技術を創出するための研究開発に鋭意取り組んでいきたい。

文献

- 1) 鉄道総研ニュースリリース「画像・IT研究室の設置について」：
https://www.rtri.or.jp/press/2017/is5f1i0000003rnm-att/20171201_01.pdf (参照日：2020年4月1日)
- 2) 川崎邦弘：信号・通信分野におけるICT活用に関する研究の動向，鉄道総研報告，Vol. 32, No. 5, pp.1-4, 2018
- 3) 鉄道総研ニュースリリース「ICT革新プロジェクトの設置について」：
https://www.rtri.or.jp/press/2018/is5f1i00000067aj-att/20180510_002.pdf (参照日：2020年4月1日)
- 4) 鉄道総研ニュースリリース「デジタル技術革新プロジェクトの設置について」：
https://www.rtri.or.jp/press/is5f1i0000000g8jk-att/20200430_001.pdf (参照日：2020年4月1日)
- 5) 鉄道総研基本計画「RESEARCH2025」：
https://www.rtri.or.jp/press/is5f1i0000000e4j3-att/20191212_001.pdf (参照日：2020年4月1日)
- 6) 川崎邦弘：列車運行の自律化，第32回鉄道総研講演会要旨集，pp.31-36, 2020