

# 最近の輸送情報技術の研究開発

後藤 浩一\*

## Recent Research and Development on Transport Information Technologies

Koichi GOTO

The major objective of the research and development on transport information technologies in RTRI is to improve performance, user-friendliness and safety of railway business applying the information and telecommunication technologies. Three important future-oriented research projects are currently progressive. These are namely “application of IT and sensing technologies to equipment management”, “development of high-speed and large capacity information transport technologies for railways” and “more efficient transport planning based on dynamic demand estimation”. These are to realize an image of the highly IT-equipped railways called as Cyber-Rail. In this article, outlines of the projects and other research activities related to the foregoing technologies are described.

キーワード：輸送情報技術，将来指向課題，運輸システム，ダイヤ乱れ，大容量通信

### 1. はじめに

輸送情報技術に関する研究開発においては、鉄道輸送を支える各種業務に情報通信技術をより高度に適用することによって、一層の機能性・効率性の改善を図り、利用者に対するサービスや利便性、また安全性を向上することを目指して活動を進めている。鉄道総研ではサイバーレールという高度に情報化された交通機関の概念を提唱しているが<sup>1, 2)</sup>、これを概念にとどまらず実際の技術として確立することが重要な課題と考えている。現在推進している2005年度から2009年度までの鉄道総研の基本計画 Research 2005 では、将来に向けた新たな鉄道技術の開発を目指して、将来指向課題というプロジェクト研究を進めており、輸送情報技術が中心的な役割を果たすものとして、「設備管理業務へのセンシング技術・ITの適用」、「鉄道における高速大容量情報通信技術の開発」、「動的デマンド推定に基づく輸送計画の効率化」の3つの課題がある。これらは、サイバーレールの概念の具体化という位置づけもできる。本稿では、2章でサイバーレールに基づく情報基盤の構築とその活用について述べ、3章で各将来指向課題の概要を説明する。またその他の話題として、4章以降で各種の業務支援、旅客への情報提供、LRT (Light Rail Transit) に関わる研究、交通計画分野の研究などを紹介する。

### 2. 情報基盤の構築とその活用

サイバーレールの概念において非常に重要な考え方は、

\* 輸送情報技術研究部 部長

現実の輸送空間で起こっている事象を種々の技術を用いて適切に収集・把握し、それらの情報によって情報基盤(サイバー空間)を構築し、現実の状況をできる限り正確に反映させるというものである。そのようなサイバーレールの考え方の一つの表現を図1に示す。

現実の輸送空間を構成するものには、大きく分けて線路等のインフラ部分、そこを運行する列車・バス等の乗物、そして旅客や貨物等の輸送される側の3種類がある。情報基盤を参照することにより、その時点の現実の輸送空間に起こっていることが把握できれば、鉄道の様々な業務(図1では単純化して営業、運営、保守にまとめている)をより適切に遂行し、満足度の高いサービスを提供することができる。現実を完全に反映した情報基盤を構築することは不可能であるが、近年の情報通信技術をはじめとする各種技術の発展によって、現状でも種々の情報を得る手段があり、それらをできる限り精細にして、様々なアプリケーションから共通に利用可能としていくことが期待される。サイバーレールに関する具体的研究は、旅客のデマンドを把握し個別的な情報案内を行う等の、旅客サービスの面でまず研究が進められたが<sup>3)</sup>、現実の輸送空間を構成する他の分野、すなわち地上設備や列車等の情報についても、できるだけリアルタイムに、また正確に把握し、より安全で高機能の鉄道システムを構築するための技術を開発すべく研究を進めている。

### 3. 将来指向課題

#### 3.1 設備管理業務へのセンシング技術・ITの適用

本テーマは、鉄道システムのインフラを構成する各種の地上設備や車両等の健全性に関わる情報を取得し適切

特集：輸送情報技術

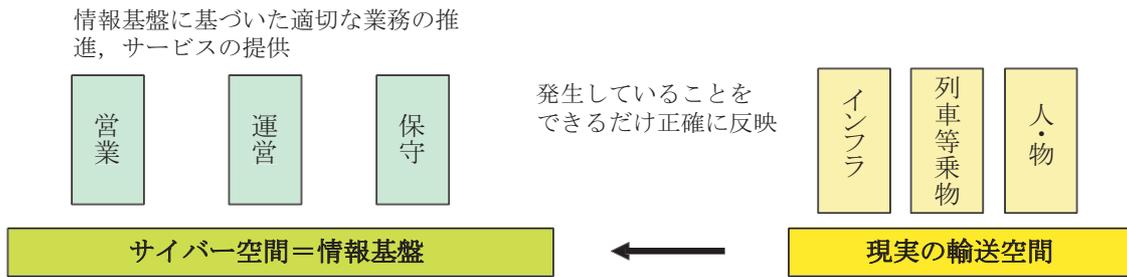


図1 サイバーレールの考え方

に管理するための技術に関するものである。その大きな目的は、各種設備の常時、あるいは異常時の様々な挙動を検知できる新しい検査・監視技術を開発することである。それぞれの設備に適したセンシング技術を調査・開発し、それらの鉄道設備の維持管理業務への適用手法について検討を進めている。また、新しい技術によって収集される多くの情報の管理手法、解析手法、利用方法について研究することも重要な課題である。本テーマの成果により、以下の効果もたらされることが期待される。

- ①設備管理・保守業務の品質向上
- ②鉄道現場の省力化，作業者の負担の軽減
- ③設備保守・取替時期の最適化によるコストの軽減
- ④事故・異常時の情報収集分析，情報提供による迅速な復旧処置支援

⑤経験者や現場独特の技術力・ノウハウのシステム化  
 本研究には、多くの技術分野の研究者が参画しており、それぞれ対象とする設備である、トンネル、橋梁、高架橋、軌道、駅舎、車両等における目的に応じた最適なセンシング技術の実現を目指して活動を進めている。各分野でのセンシング技術で得られた情報は、情報基盤として共通化、統合化を進め、様々な利用可能な形で管理することが期待される。このような情報基盤の実現のためには、センサとセンタやその他の利用箇所を結ぶ通信ネットワークが不可欠であり、有線、無線様々な技術を開発して、有機的にネットワークを構成できるよう研究を進めている。例えば、RFIDタグの技術を用いた情報収集、低消費電力の近距離無線通信、発電機構を備えた通信装置、これらと公衆無線通信網との連携などである。

本稿では、紙面の関係から個々のセンシング技術等の具体的内容について紹介する余裕はないが、いずれも実際の業務の改善に大いに貢献できるものと期待している。図2にセンシング技術・ITを活用した将来の設備管理システムのイメージを示す。

なお、設備管理業務に関する研究活動としては、本将来指向課題以外にも、テキストで記載された台帳から設備図面を自動生成して管理するシステム、携帯端末やモバイルインターネットの活用手法、データマイニング技術を活用した設備の異常検知手法、保守区向けの勤務計画自動割当システムの開発なども行っている。

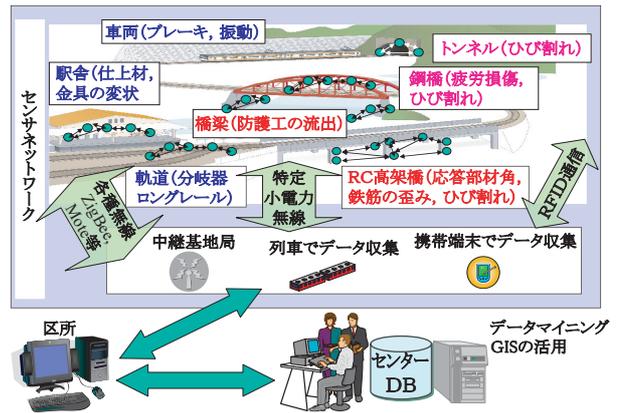


図2 将来の設備管理システムのイメージ

3.2 鉄道における高速大容量情報通信技術の開発

本テーマは、次世代通信技術の動向調査・将来予測に基づき、列車内での大容量モバイルネットワークの構築に利用可能な技術とその限界を明らかにし、複数のネットワーク（公衆網，専用網）を活用してシームレスに情報通信が可能な環境を構築する基盤技術を開発することを目的としている。これにより、利用者はそれぞれの場所、状況に応じた情報をネットワーク上のデータベースからの確に取得できるようになる。

地上-列車間の通信方式としては、地上での空間波無線、衛星通信、LCX（漏洩同軸ケーブル）通信など種々の方式が存在し、また開発も進められている。これらをどのように組み合わせるのが適切であるかは重要な課題である。また、高速で走行する列車と地上の間での高速大容量通信を実現する新たな手段として光空間波を用いた通信技術に着目して、慶応大学と共同で基礎的な特性確認のための評価試験を行っている。詳しくは本号の解説記事を参照されたい。

線路沿線で収集されたデータを送信する手法として、列車を通信媒体として利用する研究も行っている。これはデータを集約した地点を走行する列車にまずデータを送信し、列車が車両基地あるいは最終送信先への通信が可能な場所に至った時点で、データを受け渡すものである。本方式は比較的通信メディアの普及が進んでいないところで有効となる可能性がある。図3は汎用の無線技術を使用して、この方式の評価試験を鉄道総研構内で



図3 列車を使った通信システムの実験

行っている模様である。

### 3.3 動的デマンド推定に基づく輸送計画の効率化

従来の鉄道及び交通機関では、事業者側の運営上の制約、都合を優先して運行ダイヤを決めていた面がある。本テーマでは、計画ダイヤの作成と、ダイヤ乱れ時の運転整理案の作成の両方において、利用者の個々のデマンドを的確に把握・予測し、その結果に基づいて、効率的な輸送を提供する技術を開発することを目的としている。利用者には個々のニーズに合致した最適な輸送が提供されるというメリットが生じ、事業者には顧客の満足度を保ちつつリソースを効率的に運用した輸送を提供することが可能になる。

利用者のデマンドを把握する情報源として、自動改札機などの利用実績や指定席の予約情報等を活用して、詳細な需要予測を行う技術の確立を目指して研究を行っている(図4)。また異常時の運転整理をより利用者のニーズに合致させるためには、線区の不通時に利用者がどのような迂回行動をするかの情報が重要である。このため、異常時の利用者の実行動についてインターネットを用いて調査し、その結果に基づいてモデル化した結果、比較的精度よく行動を説明できることを確認した。

ダイヤ乱れからの復旧時には多くのリソースの使用計画の再作成が必要であり、ベテランの人材が退職期を迎える今、人間の作業を効率よく支援するシステムの導入が重要である。鉄道総研では、以前より運転整理関係の業務を支援するシステムの開発に取り組んでおり、このような研究に活用できる有力なツールとして、運転整理ダイヤや計画ダイヤを利用者の観点から評価できる列車運行・旅客流動シミュレータを開発した。本シミュレータは実際のODデータ(各駅間の利用者数)等に基づいて、利用者を個人単位で発生させ、その行動シミュレーションから、全体としてのダイヤの満足度を数値で評価できるものである。これにより、各種のダイヤを実施以

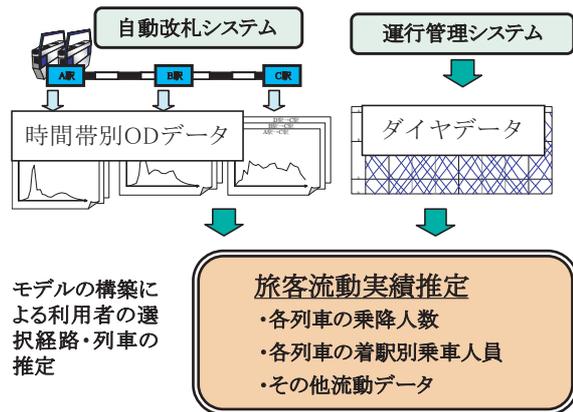


図4 旅客流動の推定

前に評価し、利用者のデマンドにより適切に対応したものはどれかが判断できる。本シミュレータは様々な応用に使用できるものであり、是非実務にも活用していただきたいと考えている。

## 4. システムによる各種の業務支援

### 4.1 運輸関係の計画作成支援

ダイヤ改正が行われると、そのダイヤに従って列車を動かすための種々の業務計画の変更も必要となる。そのような計画の一つに駅構内作業計画がある。車両基地や大規模駅での留置線等を使用する車両の移動・編成作業に関わるもので、車両の移動と作業者の勤務計画を作業エリアの制約に応じて作成する必要がある。これを支援するシステムの研究は以前から行っているが<sup>5)</sup>、最近の成果として、白紙からの計画作成ではなく、よりニーズの高い既存の計画に修正を加えて効率的な計画を迅速に作成できるアルゴリズムを開発した。

また、車両や乗務員の運用計画の作成を支援することも重要な課題であり、より高性能に作業を支援するシステムの開発を目指して研究を進めている。最近では、ダイヤ乱れ時の貨物列車の乗務員運用計画について、短時間で現実に適用可能な案を作り出すアルゴリズムを開発した。このような運用計画の作成技術は他の交通モードにも適用可能であり、例えば海上技術安全研究所がNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の支援を得て進めている配船計画の最適化に関する研究にも参画している。

### 4.2 旅客への情報提供に関する研究

ある路線が不通になったとき、利用者が最も知りたいことは運転がいつ再開されるのか、再開までの時間が長ければ迂回する経路はあるか、あるとすればどの経路か等の情報である。運転再開の見込み時間を常に正確に与えることは困難であるが、ある程度誤差を許容すれば過去のデータを分析することにより推定ができる。目的駅

特集：輸送情報技術

までの所要時間は再開を待つ時間と遅れを伴う運行時間の合計値であり、再開までの予想時間と再開後の遅れの変化を過去の事例から線区毎にパラメータとして表現するモデルを用いて予想所要時間を計算できる<sup>6)</sup>。

この推定手法の有効性と誤差を伴う情報提供についての受容性を評価するために、JR東日本とともに、実際に発生したダイヤ乱れ時に利用者に対して予想所要情報を提供する実験を行った<sup>7)</sup>。予め登録されたモニタは試験期間中にダイヤ乱れに遭遇すると、携帯電話を使って通常経路と迂回経路の予想所要時間の案内を受け、その後の行動を決定する。モニタには情報提供を受けてどうしたか、その情報の有用性はどうかについて事後に回答してもらった。事例としてはのべ455件であった。図5はこのような情報提供の有用性についての評価結果である。全体的な評価としては、ある程度誤りを含むものでも情報を提供することの意義が確認されたと考える。

旅客への情報提供に関しては、視覚障害者等の情報弱者に対する個別の情報提供システムの開発を行い、国等のプロジェクトと連携して評価試験を行ってきている。最近の研究では、このようなシステムを一般的に使用可能とするために必要な電子地図の作成のための、道路・市街地・鉄道環境で共通に利用可能な電子地図の表記方法の策定を行った。また、携帯電話を用いて鉄道・バスを一体的に乗り継ぎ案内をするシステムを開発し、フィールドでの試験による有効性を確認している。

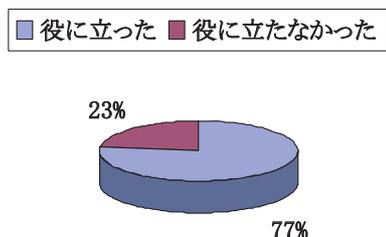


図5 提供情報有用性の評価

5. LRT 関係の研究

鉄道総研では、2007年度までLRTに関する技術検討会を組織し、架線レストラムを中心に新しいLRTの実現に向けた活動を行ってきた。輸送情報技術の関連では、本号の論文でも紹介している車載式自動改札機の研究や、道路の混雑や旅客が集中する停留所での遅延の影響で、電車の運行に粗密が生じるだんご運転と呼ばれる現象への対応策についての研究を行っている。後者では、列車運行・旅客流動シミュレータを路面電車に適用して、実際の路面電車の運行状況を再現できるようにした。今後、優先信号など道路交通信号の制御方式の変更、新しい車両や運賃収受方式の導入による旅客乗降の変化

などを、シミュレータで評価していきたい。

6. 交通計画関係の研究

鉄道総研では、交通計画関係の研究にも力を入れており需要予測、交通行動分析、輸送データの活用法、顧客満足度の評価、異常時のシミュレーション、地方鉄道活性化等様々な応用に関わる活動を行っている。旅客輸送関連では、優等列車の指定席・自由席の座席配分の最適化、新幹線開業が日常生活圏内の交通に及ぼす影響、ダイヤ乱れ時の旅客の経済損失評価法などの研究を進めている。貨物輸送関係では、トラック輸送との関連を主に、幹線貨物鉄道が社会経済に及ぼす影響を評価している。環境問題の深刻化に伴って、物流における鉄道輸送の重要性が一層認識されるようになっており、鉄道利用物流の改善に貢献できる成果を目指している。

7. おわりに

輸送情報技術に係る最近の研究開発について紹介した。本号の各論文は、最近の輸送情報技術分野の成果を記載しているものであり、是非ご一読いただき、種々の形で活用いただければと願っている。今後も、急速の進歩を続ける情報通信技術を活用して、鉄道システムの一層の発展に貢献できるよう努力していきたい。関係各位のご意見、ご要望をいただければ幸いである。

文献

- 1) 荻野隆彦:サイバーレール構想, RRR, Vol.58, No.2, pp.14-17, 2001
- 2) 富井規雄:最近の輸送情報技術に関する研究開発, 鉄道総研報告, Vol.21, No.4, pp.1-4, 2007
- 3) 野末道子, 土屋隆司:旅客行動支援のためのジャストインタイム型情報配信システム, 鉄道総研報告, Vol.20, No.2, pp.35-40, 2006
- 4) 國松武俊, 平井力, 富井規雄:列車運行・旅客行動シミュレーションシステムの開発, 鉄道総研報告, Vol.21, No.4, pp.5-10, 2007
- 5) 富井規雄, 周利剣, 福村直登:駅構内入換計画自動作成システムの開発, 鉄道総研報告, Vol.14, No.7, pp.37-42, 2000
- 6) 土屋隆司, 杉山陽一, 山内香奈, 藤浪浩平, 有澤理一郎, 中川剛志:事故復旧時間予測に基づく迂回経路案内システム, 鉄道総研報告, Vol.20, No.2, pp.29-34, 2006
- 7) 土屋隆司, 杉山陽一, 山内香奈, 藤浪浩平, 有澤理一郎, 中川剛志:列車ダイヤ乱れ時における経路選択支援システムとその受容性評価, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.2, pp.868-880, 2008