

# 輸送情報技術に関する最近の研究開発

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 through applying the information and telecommunication technologies. Three important future-oriented research projects are currently in progress. These are “Application of IT and sensing technologies to equipment management”, “Development of high-speed and large capacity information transmission technologies for railways” and “More efficient transport planning based on dynamic demand estimation”. These are all for realizing the highly IT-equipped railway systems in future. In this article, outlines of the projects and other research activities related to the foregoing transport information technologies are described.

キーワード：輸送情報技術，将来指向課題，センサネットワーク，デマンド，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、鉄道事業の各種業務の情報通信技術による改善と利用者の利便性、サービス、安全性の向上を図ることを目指して活動を進めている<sup>1), 2)</sup>。鉄道総研では現在、RESEARCH 2005と呼ぶ基本計画を定め(期間は2005年度から2009年度までの5年間)、それに則って研究開発を進めているが、その中心的な活動として将来指向課題の推進がある。これは5年から10数年程度の将来に実用化可能な技術の開発を目指してプロジェクト研究として進めているもので、様々な技術分野の13の課題が設定された。その中で輸送情報技術に関わる将来指向課題としては、「動的デマンド推定に基づく輸送計画の効率化」、「鉄道における高速大容量情報通信技術の開発」、「設備管理業務へのセンシング技術・ITの適用」の3つが進行中であり、本稿ではこれら将来指向課題を中心に最近の輸送情報技術に関する研究開発の概要を紹介する。まず2章で研究活動の背景にある情報基盤を充実させることの意義について述べ、3章から5章で各将来指向課題の概要を説明する。6章以降で、その他の研究分野例として、運転曲線作成システム、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. 情報基盤の充実

鉄道総研では、鉄道での情報通信技術の活用の方向について、サイバーレールという概念を提唱した<sup>3)</sup>。その中心的な考え方は、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、その情報基盤に現実の状況をできる限り反映させようというものである(図1)。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が提供できる。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、様々な応用システム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も研究が進められたが、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。

\* 輸送情報技術研究部 部長

特集：輸送情報技術

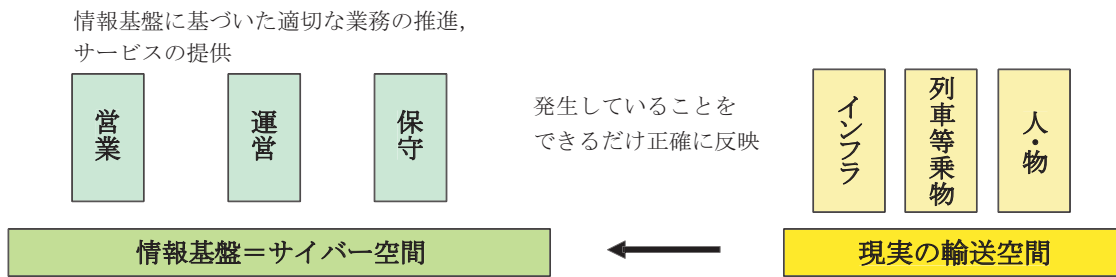


図1 情報基盤の充実とその活用

3. 動的デマンド推定に基づく輸送計画の効率化

本将来指向課題では、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、利用者のデマンドを的確に把握・予測し、その結果に基づいて、利用者のデマンドに応じたより利便性が高く効率的な輸送を提供することを目的としている。利用者には個々のニーズにより合致したサービスが提供されるというメリットが生じ、事業者にとって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列車運行が可能になることが期待される。図2は本課題で研究を進めている各種手法をデマンド輸送実現に使用するときのイメージである。

これまでに、詳細なデマンド予測手法として、自動改札機の通過データや指定席予約等の利用実績に基づくデマンドの予測手法、ダイヤ乱れ時の利用者デマンドの予測手法などの開発を行っており、予測と実績とを比較することにより、それらの有効性を確認している。デマンドに対応した輸送計画の作成手法に関しては、運行計画や車両・乗務員の運用計画の作成作業を数理計画問題として定式化し、解を効率的に求めるアルゴリズムの開発を進め、実業務やシステムに組み込むための研究を行っている。このような手法の応用課題として、貨物列車を対象としたダイヤ乱れ時の乗務員運用整理案の作成に組み合わせ、実務に使用可能な解を短時間で求める手法を確立した（詳しくは本号の論文参照）。

輸送計画の評価手法については、利用者に提供される商品としての列車ダイヤを評価するために、利用者の立

場から見た満足度評価や、運行乱れに対してダイヤがどの程度に対応能力があるかをやはり利用者の立場で評価する列車ダイヤの頑健性評価手法の研究を行っている。具体的な評価のためには、対象となるダイヤによって旅客の流れがどのようになるかを種々の条件の元で調べることが重要であり、このためのツールとして列車運行・旅客流動シミュレータを開発した<sup>4)</sup>。これは列車の運行に伴う旅客一人一人の行動を精緻に評価するもので、例えばダイヤ改正による流動の変化の分析や、事業者側の作業の困難度も高く利用者が不満をもつことが多い運転整理に関わる業務をシステムで支援するための研究において、各種運転整理案の比較評価に活用している。

4. 鉄道における高速大容量情報通信技術の開発

本将来指向課題は、列車内モバイルネットワークの構築を主眼に利用可能な技術の調査検討を行い、公衆ネットワークを含む種々の通信システムを活用して、鉄道における高速で大容量の情報通信ネットワークを構築する技術の開発を目的としている。これにより、鉄道利用者への通信サービスや業務で使用する通信環境をより充実させることが期待される。

走行する列車と地上との間で高速で大容量の通信を実現する新たな手段として、赤外線レーザー光を用いた光空間波通信技術に着目し、慶応義塾大学との共同研究によりその基盤技術の確立を目指して開発を進めている。適当な間隔で設置した地上局と基地局との間でレーザー光の

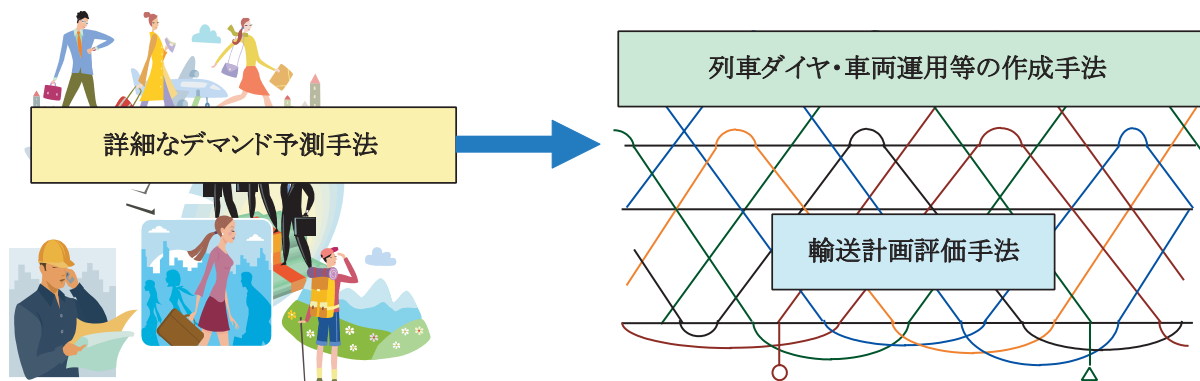


図2 デマンドの予測と輸送計画の作成

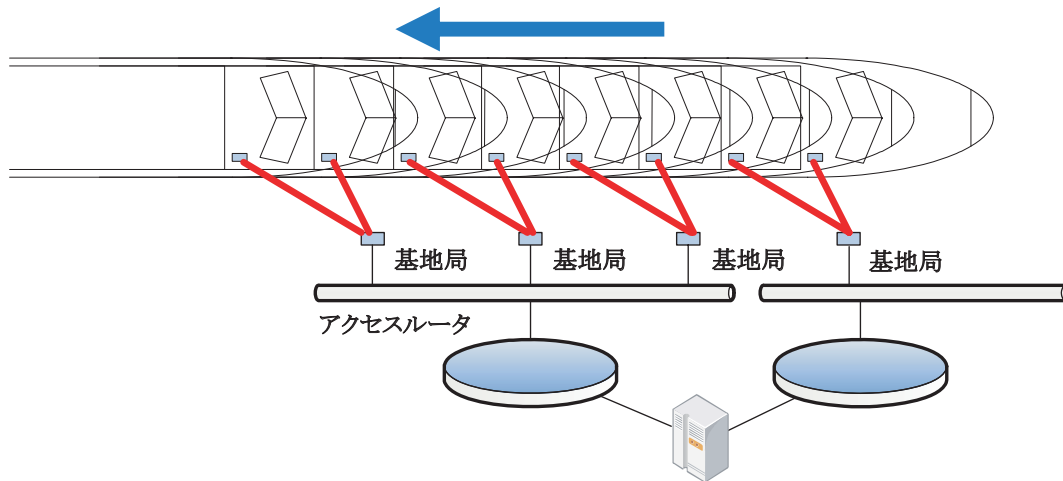


図3 光空間波による高速通信のイメージ

送受信を行い、鏡の制御によってある時間相手局を追尾したのち、車上局は次の基地局に通信先を切り替えて双方向の通信路を維持する。1Gbit/秒での通信を一つの目標としており、試作機での評価試験の結果から、回線部分の性能としては実現可能と考えている。また、アプリケーションシステムから見たときに通信が途絶えないようにする高速ハンドオーバー技術が対列車通信においては重要であり、実用上問題ない性能でハンドオーバーが実現可能であることを確認するための評価試験を進めている。図3は光空間波による地上一列車間の高速通信システムのイメージを示すものである。

また、本課題では鉄道車両を通信媒体として使用する研究も行っている。閑散線区等の通信や電力の環境があまりよくないところに置かれた機器からの情報を取得する手段として、対象機器が設置された場所を通過する車両が情報を収集し、通信環境がよい場所での走行時、または車両基地に戻った時点で蓄積した情報を受け渡すものである。これについても試作システムを作成し、その適用範囲や経済性を検証のための試験を行っている。本

技術は次章の設備管理業務における通信手段としても活用が期待される。

### 5. 設備管理業務へのセンシング技術・ITの適用

本将来指向課題は、鉄道設備の常時、および異常時の様々な挙動を検知する新しい検査・監視技術の実現を目指しているものである。各種設備に適したセンシング技術を開発し、適切に配置されたセンサによって収集される情報の解析・利用方法を確立して鉄道設備の維持管理業務へ適用することにより、設備管理やメンテナンス業務の一層の効率化、品質向上を図り、事故や異常時の対応の際の情報の収集分析・伝達の機能の向上、迅速な復旧処置等が期待される。本将来指向課題の成果を活用して実現することを目指している高度設備管理システムの機能イメージを図4に示す。

本課題には、車両、構造物、軌道、防災、信号など多様な技術分野の研究者が参加し、それぞれが専門とする設備に対応した各種のセンサやモニタリング技術の開発

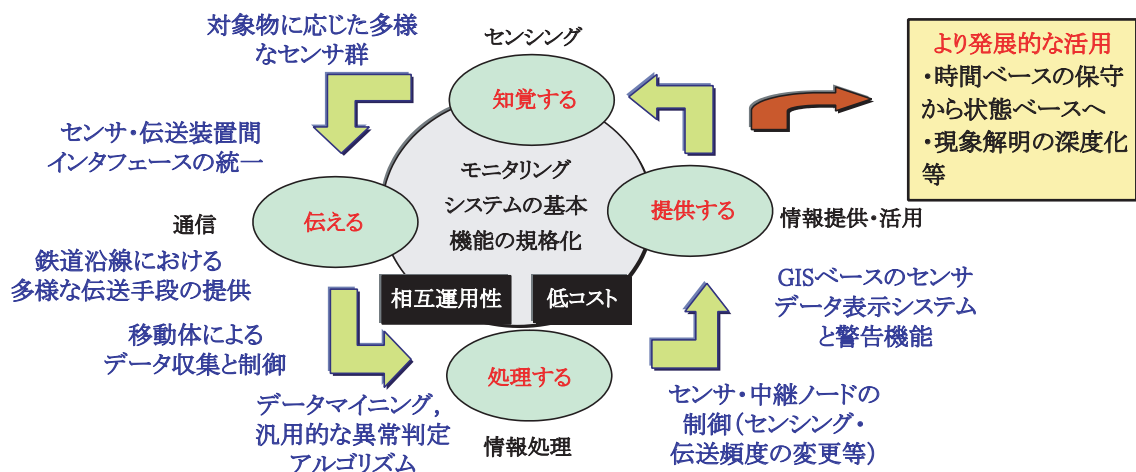


図4 高度設備管理システムの機能イメージ

## 特集：輸送情報技術

を進めている。情報通信技術関係では、それらセンサ群をネットワークとして構成するための通信技術（RFIDタグのインタフェースを用いた情報収集、無線による通信網の構築等）やデータの蓄積や解析手法に関する研究を主として行うとともに、将来の実用化に向け各分野に利用可能な技術の規格化により共通プラットフォームを整備するための研究を行っている。

### 6. 運転曲線作成システム

運転曲線は車両の性能を最大限に生かした列車ダイヤを作成するために非常に重要なものである。その作成を手作業主体に行うためには専門の知識と技量が必要である。これをより容易に作成できるよう以前より自動作成の研究を進め、その成果はSPEEDYというシステムとして多くの鉄道事業者の実務に導入されている。最近では、ハイブリッド技術などの新しい動力方式の車両の開発が進められており、そのような新型車両の性能に対応した運転曲線が作成できるように改良を進めており、今後も様々な場面で活用されるものと考えている。

### 7. 旅客への情報提供に関する研究

鉄道の利用者に対する情報提供については、より見やすく分かりやすい情報提供装置の配置やパソコン、携帯電話、インターネット等を利用した情報提供の普及などで、年々改善されてきている。しかし、利用者のニーズが高いダイヤ乱れ時や終電間際等の通常の利用とは異なる状況での情報提供についてはまだ改良すべき点が多い。

路線が不通になったときに旅客のニーズが最も高いのは、再開時間や迂回経路についての情報である。再開予想時間と再開後の運行遅れの変化状況を表すモデルと過去のデータを用いて所要時間を推定する手法を開発し、実際のダイヤ乱れを対象とした試験を行ったところ、このような情報提供の意義が確認された<sup>5)</sup>。しかし、ダイヤ乱れ時の情報提供においては不確実性についての対応が問題となるため、その適切な取扱い手法についての研究も進めている。また列車の本数やサービス時間に制約の大きい終電時間帯は、指令員や駅員にとって旅客への対応業務が大きな負荷となっている。そこで、終電時間帯における、指令員による接続判断や駅社員による旅客案内業務の支援システムについて試作し、実務者とその活用手法について意見交換を行っている。

### 8. LRTに関する研究

鉄道総研では、2007年度までLRT (Light Rail Transit) 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。輸送情報技術関連では検討会終了後も、だんご運転と呼ばれる、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現象への対応策についての研究や、LRTに適した車載式自動改札機の実用化に向けた開発を進めている。前者では、列車運行・旅客流動シミュレータを路面電車に適用して、道路信号制御との連携、乗降方式の変更などによる効果を評価している。

### 9. 交通計画に関する研究

交通計画関係の研究については、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、異常時の現象のシミュレーション、地方鉄道活性化など様々な応用に関わる活動を行っている。具体的研究例としては、日常生活圏内における新幹線需要予測モデルの開発やダイヤ乱れ時の旅客の経済損失評価法（詳しくは本号の論文参照）、優等列車の指定席・自由席の座席配分の最適化などがある。貨物輸送関係では、トラック輸送との関連を中心に、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。

### 10. おわりに

輸送情報技術に関する研究開発について紹介した。本号の各論文は、本稿で言及できなかったものも含め、輸送情報技術分野の最近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) 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
- 2) 後藤浩一：最近の輸送情報技術の研究開発，鉄道総研報告，Vol.22，No.6，pp.1-4，2008
- 3) 荻野隆彦：サイバーレール構想，RRR，Vol.58，No.2，pp.14-17，2001
- 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) 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