

## 鉄道技術の現状と将来

Current Status and Future Prospects of Railway Technologies : Vehicles, Power Supply, AFC Systems, etc.

川井 勇雄  
I. Kawai

石黒 信吉  
N. Ishiguro

今、世界各地の道路混雑や排気ガスに悩まされている地域で新線建設、路線延長、都市間的高速鉄道路線拡大が進められている。既存の鉄道でも、利用者の快適さを目ざした乗りごちや乗継ぎの便利さの向上が図られている。これらの車両運行を支えているのは、車両、電力供給、運行管理システムなどであり、当社は各分野で、特に騒音や電磁放射ノイズの低減、小型・軽量化、監視制御やメンテナンスの容易化を旨とした開発に注力している。一方、駅務自動化機器では昭和40年代の第一次をスタートとして、約10年周期でシステムの更新が進み、併わせて技術が大きく進化している。1989年からスタートした第三次システムでは、関東地方での自動化の拡大を皮切りに全国的な展開を終了し、早くも次世代システムに向けての論議が進んでいる。

当社は、交通体系を構成する鉄道駅のコンセプト作りから、駅務システム、鉄道車両、運行管理システム、電力供給システム、リニアモーターカーなどの新しい交通機関に至るさまざまな分野で、乗客へのサービス向上をはじめ鉄道車両の近代化、高速化、鉄道設備の保守体制の改善を進めている。

Railways are highly rated as an ecologically sound method of public transit. New lines are being constructed and existing lines are being extended, especially in cities suffering from air pollution or overcrowding by automobiles. Many railway companies are also outlaying considerable funds on improving riding comfort and connections for passengers. A railway is operated by a combination of numerous components, including railway vehicles, a power supply system, transportation control systems, and so on. Toshiba is making efforts in various technical fields related to railways, in order to curtail acoustic and electromagnetic noise, reduce dimensions and weight, and enhance management, control and maintenance facilities. In the field of automatic fare collection (AFC) systems every decade has renewed AFC systems with great improvement in technology. Now we are preparing for the fourth decade with developing technologies on convenience, network, remote sensing, etc.

This paper reviews the current status of railway technologies, including AFC systems, and considers new technologies that are expected to be introduced in the next phase of development.

## 鉄道システム

### Railway System

#### 1 まえがき

地球の環境保護や省エネルギーが叫ばれ、エネルギーとエコロジーへの関心が高まるとともに快適性の要求に対応して、新幹線のリニューアルや整備新幹線の拡充のための車両の開発が活発に進められている。1997年には、300 km/hの営業運転を開始した500系や300系“のぞみ”の次形式として700系のプロト車の完成、長野オリンピックでの活躍が期待されるE2系や秋田新幹線E3系が投入されるなど、スピードアップ、快適性向上、騒音低減、保守の省力化などの改善が図られている。

在来線や民間鉄道各社も、他の競合する交通機関との差別化の開発を積極的に進めている。当社は、1899年(明治32年)に交通事業を開始して、98年間にわたり時代の要請にこたえてつねに先端をいくシステム、製品を国内外のユ

ーザに納入してきた。現在、当社は鉄道の高速度化、快適化、信頼性・安全性向上、効率アップ、環境保護などを重点技術課題として各分野にわたって開発を続けている。

#### 2 鉄道車両システム

近年、鉄道車両の駆動方式は直流電車だけでなく、交流電車もインバータによる交流電動機駆動方式が主流である。駆動システムのキーコンポーネントであるインバータのパワーデバイスは、初期のGTO (Gate Turn Off) サイリスタに代わって、IGBT (絶縁ゲートバイポーラトランジスタ) が主流となり、騒音を著しく低下し乗客だけでなく環境への影響を小さくしている。現在、電圧定格3,300 Vまでが実用化されており、次世代の4,500 V IEGT (Injection Enhanced Gate bipolar Transistor) により、機器の小型・軽量化が期待される。インバータ制御の面ではベクトル制御を進めており、全速度域の広い周波数領域で空転/滑走を抑える粘着制御を実現できる方式を開発した。これにより空転・滑走時の粘着性制御が高速化し、乗りごちの向上や高い

加減速性能を維持できる。

また、車両用電気品のなかでメンテナンスのネックとなっていた主電動機の塵埃(じんあい)清掃作業の問題を解決するため、当社は全密閉タイプを開発した。全密閉タイプには、主電動機本体をコンパクトにできる水冷却方式も開発されているが、当社はシンプルでメンテナンス性の優れた自冷方式の実用化に取り組んでいる。なお、全密閉タイプの主電動機は低騒音化の点でも優れており、定格負荷で約 25 dB 低減させることができる。

### 3 車両情報制御システム

鉄道車両の安全性、大量・高速輸送の要求が増大しており、ATO(自動列車運転装置)、ATC/S(自動列車制御装置/自動列車停止制御装置)などの保安装置、運転士を支援するモニタ装置、保守データを自動収集し検査・修理のデータ管理を自動化するシステムなどのコンピュータ化が進んでいる。また、モニタ装置は運転状況やトラブル状況・処理方法を運転士に知らせたり、地上のコンピュータに伝送し原因調査・保守点検の情報を提供したり、乗客に行き先やニュースを提供するなどの機能に加え、最近では保安装置や車両の制御システムとを一体化し、列車内の情報を統合するとともに運転支援機能を充実させた車両情報制御システムへと進化してきた。

今後は、乗客へのサービス向上のためのさまざまな情報サービスの充実や信号システムとの統合が考えられる。図 1 に次世代車両情報システムの構成を示す。

### 4 電力供給システム

近年、列車の高速化や運転本数の増加に伴い、変電所容量の増加とともに高い信頼性や電力の効率的な運用、放射ノイズ低減の要求が強くなっている。直流き電システムでは、変電所が都市部に設置されることが多く、高密度で高加減速の列車運転に対応した整流器の開発に注力している。最近の並列 12 パルス サイリスタ整流器では、出力電圧を制御して列車の回生効率を高めたり、ピーク電力抑制、出力電流制御などの多機能化と小型化を実現している。

交流き電システムでは、変電所の設置間隔が長くメンテナンスがネックとなるため、C-GIS(キュービクル形ガス絶縁装置)や機械式リレーを電子化し、信頼性の向上と保守・点検を容易化するとともに設置スペースの小型化を図っている。これらの変電所の監視・制御には従来大型計算機によって集中制御されていたが、最近のコンピュータのダウンサイジングに対応してエンジニアリングワークステーション(EWS)による分散処理が導入されるようになり、信頼性の向上や用途に合わせた機能の充実が図られている。

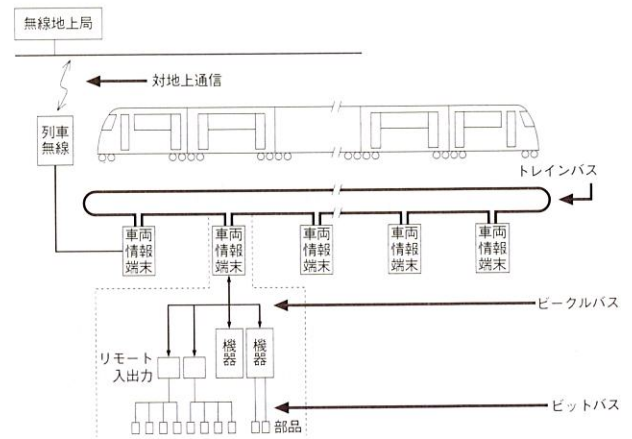


図 1. 次世代車両情報システムの構成 多機能化と地上とのリンクしたシステムへと発展している。

Configuration of next-generation onboard information control system

### 5 鉄道情報システム

運行管理システムは、運転関連業務の効率化とサービス向上のニーズが高く、特にこれまでのシステム化で困難だった分野への導入・開発が強化されている。例えば、制御に関しては駅構内の信号制御 LAN の開発、情報処理では車両基地での構内作業ダイヤ作成、設備計画支援などの導入を行っている。

鉄道のさまざまな施設管理に関しては、当社は複数の駅や鉄道沿線のさまざまな施設を統合して効率よく集中管理する方向を目ざした開発に注力している。また、機能の点では、設備の監視・制御にとどまらず負荷の変動を予測した制御、故障診断、機器の寿命判断、トラブル対応方法のインストラクションなどの機能の高度化を目ざしている。

### 6 超電導リニアモーターカー

超電導磁気浮上式鉄道は、従来の鉄道のもつ大量輸送性、安全性、安定性などの特長に加え高速、低公害などの特性を備えた新しい交通システムであり、その背景は次のとおりである。

- (1) 東海道新幹線はすでに 30 年を経ており、今後の需要の伸びにより輸送能力の限界が予測され、中央新幹線の早期建設が必要である。
- (2) 在来の新幹線と比較して時速 500 km の超高速運転が可能である。また機械的摩擦部分が少なく、保守点検が大幅に軽減できる。併せて浮上走行する車両の騒音や振動抑制のメリットが大きい。
- (3) 中央新幹線ではスピードアップと急勾(こう)配区間の運行要求が条件であり、浮上式鉄道は宮崎実験線の 10 数年にわたる実績から、実現の可能性が高い。

表1. リニアモーターカー 山梨実験線の主な試験項目

Motor test items at Yamanashi Maglev Test Line

項目	内容
最高速度確認試験	約 550 km/h の安定走行
高速すれ違い試験	2 編成の相対速度 1,000 km/h
変換所渡り試験	複数列車制御試験
信頼性確認試験	高速連続走行, 輸送能力確認

以上のことから、山梨実験線における技術開発目標として高速性、安定性、定時性、経済性（システムの採算性）などの検証が続けられている。山梨実験線は、従来の宮崎実験線に比べて実際の路線に対応したトンネル、急勾配、複線などの形態をとっており、99年までに表1のような走行試験が予定されている。その結果に基づいて、99年度には実用化の目途が得られるものと期待されている。

## 7 あとがき

各鉄道ユーザは次世代の鉄道システムを目ざし車両の近代化、乗客へのサービスの向上、保守体制の改善などに取り組んでいる。また、整備新幹線の建設も進んでおり、次期新幹線車両の検討も開始されている。在来鉄道についても保守の容易なインバータ制御車両が普及し、さらに制御の高度化、静粛化の開発が続いている。当社はこれら車両の制御システムはもとより、運行を支える電力供給システム、運行管理システム、鉄道情報システム、保守・診断ロボットなどの技術成果を生かし、21世紀をにらんだ鉄道システムの発展に貢献していく所存である。（川井）

## 駅務システム

Automatic Fare Collection System

### 1 まえがき

駅務自動化機器（以下、駅務機器と略記）の普及（第一次システム）は、定期券および乗車券の印刷発行と磁気エンコード化からスタートしており、現在でも技術の根幹となっている。特に70%が定期券旅客であり、当社がシルエンコード方式の発行機を開発したことが自動改札機の展開を可能にしたと言える。

印刷技術は、初期の静電印刷、キレート印刷などを経て75年に当社が出したサーマル印刷方式が機器の小型化、高速印刷処理化を可能とした。また、併せて発表したマイコン採用、サーマル転写印刷、口座可変表示方式などにより、第二次駅務システムの飛躍的な発展をもたらしている。

磁気処理技術は、89年に開始した第三次システムにおいて、SF（ストアードフェア）カードを自動改札機で処理するため、高密度（110 bpi）、高速処理（搬送速度2m/秒）の開発が始まり、当社が高速道路向けの通行券で開発した高保磁力記録技術を導入し、高速処理と磁気消えの解消を実現させSFシステム（改札機で直接処理）の発展に寄与した。

また、駅務システムの発展はコンピュータ技術の発展と大きななかかわりをもっており、昭和50年代からマイコン、汎（はん）用コンピュータを採用し、小型化、性能向上とともに後方処理業務改善を推進、唯一の駅務のトータルシステムメーカーとして、システム化を推進してきている。

現在は、自動化機器展開はほぼ終了（システム化を一部残すが）し、駅務の基幹システム構築に必要な技術開発は、ある意味で完了していると言える。しかし、次世代機への更新を目前にして、利用客が使うという視点から、いかに快適に利用していただくか、人に優しい駅の追求という新たな展望が求められている。

こうしたなかで当社は、次世代システムとして要求される基幹技術、例えば無線定期乗車券、交通弱者に対するヒューマンインタフェース（HI）（例として音声案内応答など）、またトータルシステム構築におけるダウンサイジング、オープン化、マルチメディア技術の導入による利用客への情報サービスや遠隔監視技術などを開発、推進している。

このように第四次システムは、従来の駅務機器の自動化およびシステム構築という面から一歩進んで利便性、安全性、保守性を含めて新たな展開を迎えようとしている。

### 2 現状システムの課題と技術

現在の駅務機器の姿も、第三次システムのスタート時にすべてが開発されたのではなく、導入後多くのシステムアップを経てきている。以下に現状と課題を述べる。

#### 2.1 乗車券類への改札機での入出場印刷

この機能は、定期券と定期券、または定期券と普通乗車券の組合せによる不正を防止するシステムに必要な技術である。入出場情報（日時、場所）は乗車券類へ磁気記録できるが、目に見える情報として記録できないため、完全な不正防止システムを実現できないという課題が残されている。またSFカードシステムにおいても、残額印字のほかに入出場情報印字の要請は強いが、印字エリア不足となるため実施されていない。この問題を解決するのがリライト（サーマル印刷により消去と記録を同時に行う）印刷技術である。現在は改札機内の高速処理に追従できるレベルに近づいており、次世代機への搭載に対する期待が高い。

#### 2.2 乗車券類のセキュリティ

駅務の自動化は乗車券への磁気エンコード化により成立しており、当然ながら複製防止を目的とし高度なセキュリティ

ティをもたせている。ただし、SF カード類に比較して普通乗車券類のセキュリティは低いと言わざるを得ない。これは、普通乗車券を複製する機器製作費のほうが不正券利用収入より遙かに高価なため、高度なセキュリティは実施されていない。しかし、新幹線およびJR 各社での自動化の推進に伴い、高価な長距離券に対するセキュリティの構築が求められている。この券はロール状の用紙を切断して発行しており、SF カードのセキュリティとは異なる簡易で高度な方式が求められる。この点についても新しい磁性体の開発（再書込不可能化）などにより実現を旨ざしている。

### 2.3 無線カードシステム

このシステムは今もっとも期待されている課題であり、運輸省の起案を受けて96年10月に発足した「汎用電子乗車券技術研究組合 (TRAMET)」でシステム実現に向けての具体的な活動がスタートしている。当社は、この組合に参画し規格制定から実証実験に向けて取り組んでいる。実証実験は98年6月から実施されるが、その結果により適用される電波法の改正も促進されるものと期待している。

当社では、ことし3月の技術展 (Tomorrow21) で発表したように、無線カードに関する基本技術の開発は進んでおり、TRAMET での活動を通して無線技術の確立を行うとともに、サイバネ協議会での標準化・規格化とリンクして無線カードのシステムの構築に向けた提案を旨ざしている。

さらには、将来のキャッシュレスに向けての電子財布化、金融カードとの融合など話題は尽きないが、先行しているICカード部門との技術協力により、より良いシステムを提供するための技術開発に注力している。

## 3 次世代システムの展望と課題

SF カードシステムは共通化が進み、関西では民間鉄道を中心にすでに7社で使用でき、さらにバス会社を含めて拡大方向にある。関東でも都営地下鉄一営団地下鉄間で運用されており、いずれ関東共通カードへ拡大されるであろう。

そのかぎが無線カードにあるのか、リライト技術にあるのかという面もあるが、一つは共通カード化における他社間精算システムの構築にある。前述のように、駅務センタと駅務機器をネットワーク化したシステムを構築済みのユーザは少なく、次世代に合わせたシステムの構築を模索中である。他社間精算においては、トータルなシステム構築が不可欠であるが、単にそのために高価なネットワークを構築するだけではメリットが出ない。すなわち、全社的なシステム再構築のなかでの位置づけが求められることになる。次に次世代システム構築に関する課題を述べる。

図2に次世代システムのコア技術と応用技術を示す。

駅務システムもダウンサイズ化、オープン化が進んできており、従来の汎用コンピュータからワークステーション

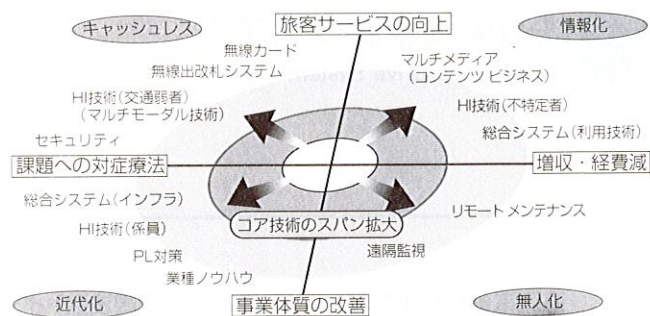


図2. 次世代システムのニーズと技術 ニーズを実現するためのコア技術と応用技術群を示す。

Needs and technologies for next-generation system

(WS) やパソコン (PC) に置き換わり、ソフトウェアも汎用オペレーティングシステム (OS) やパッケージソフトウェアを使用してのシステム構築が求められている。

当社は、すでにこれらを取り込んだシステムを開発し、提供を開始している。さらに、企業内情報ネットワーク (イントラネット、電子メールほか) との融合や、遠隔監視における音声画像情報の取込みなどが求められる。しかし、汎用のOSやパッケージソフトウェア・部品の採用は生産性向上や高機能化に大きな役割を果たすが、一方システムとしての品質をいかに保証するかが、今後の課題となる。さらに高機能化されたPCの採用は、製品の高機能・低価格、マルチメディア指向、優れたGUI (グラフィカルユーザーインタフェース) などにより多くのメリットをもたらすが、製品寿命が7~10年の駅務機器に対し商品寿命が短いPCなどの機器をいかに供給維持していくかという課題を内包している。

## 4 あとがき

以上、駅務システムにおける技術の変遷と現状の技術および将来展望について考察したが、従来の単なる省力自動化のための機器と、次世代機に求められる技術は大きく異なる。技術開発は永遠の課題であるが、顧客への製品提案に関しては原点に立ち、喜ばれる物づくりに傾注したい。

(石黒)



川井 勇雄 Isao Kawai

電機事業本部 交通技師長。  
電気学会会員。  
Industrial Equipment Group



石黒 信吉 Nobuyoshi Ishiguro

機器事業部 統括技師長。  
日本機械学会会員。  
Social Automation Systems Div.