

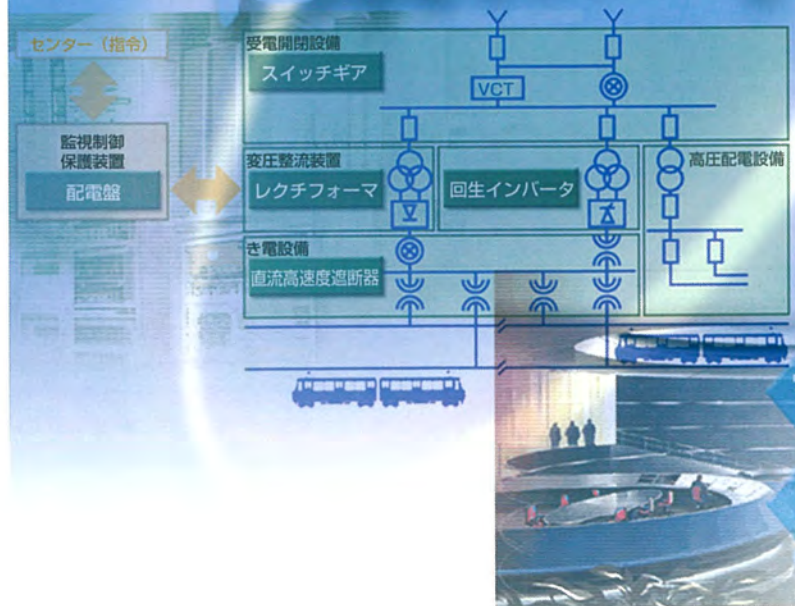
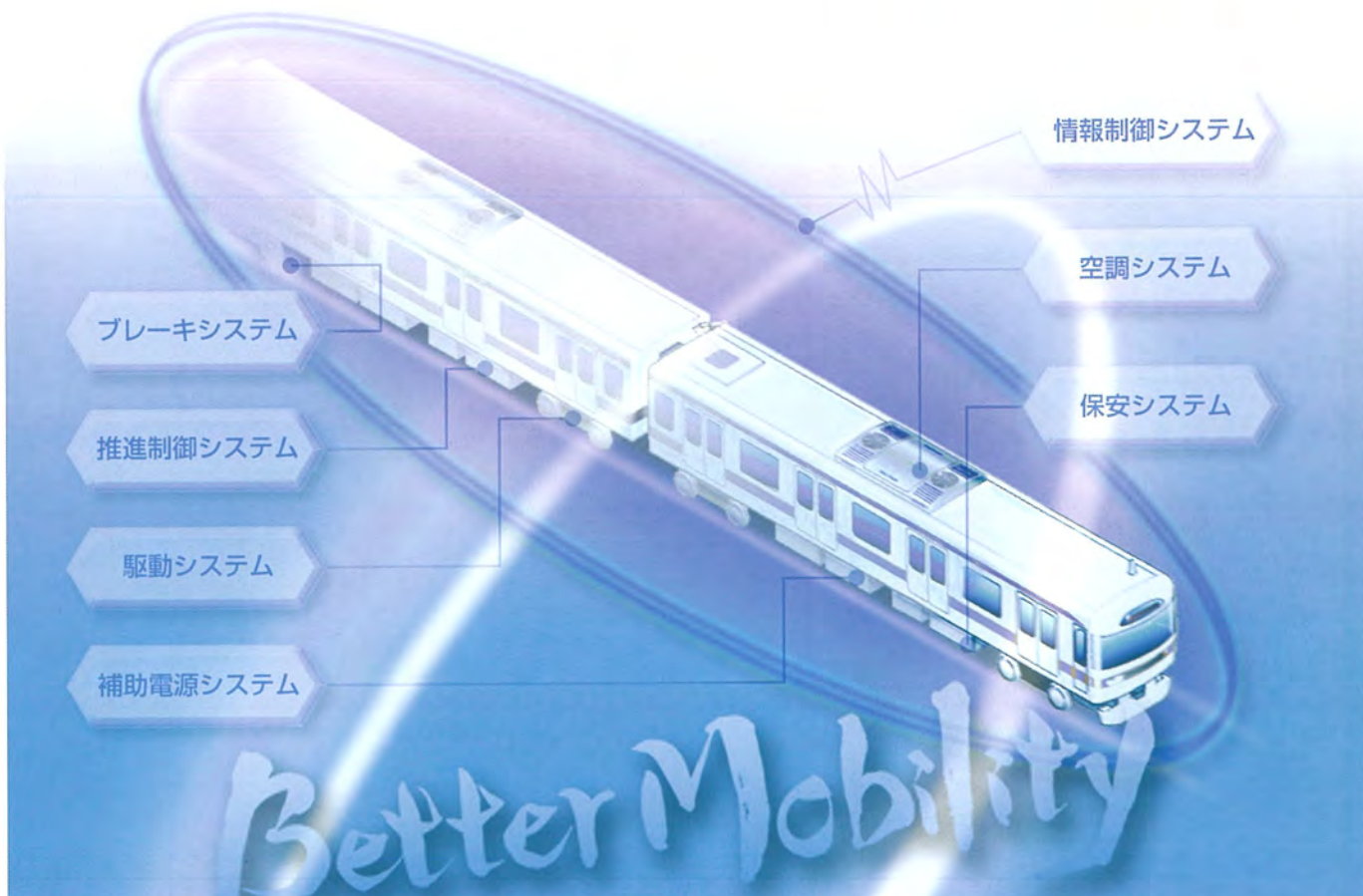
# MITSUBISHI

## 三菱電機技報

Vol.77 No.11

特集「交通システム」

# 2003 11



## 目次

### 特集「交通システム」

21世紀の交通システムと電気系の技術 古関隆章	1
21世紀の交通事業への取り組み 宗行満男・金田順一郎	2
交通情報システムの現状と今後の取り組み 四方 進・加山 勉・駒谷喜代俊	7
運行情報制御システムの現状と今後の展望 本間英寿・伊地知政弘・府川達也・石岡卓也	11
今後の車両基地システムへの取り組み 長嶋 真・永尾俊繁・野崎泰隆・片岡健司	17
信号保安と列車制御システムの現状と今後の展望 落合 統・林 成男・明日香 昌	21
最近の鉄道通信システム 藤岡 滋・岩根真一・木村尚史	25
駅システムの現状と今後の動向 有村慎一・大崎 満・木村尚史	29
最近の車両システム 小尾秀夫	33
車両情報システムの将来展望 角南健次・河村薫子・沖 雅雄	39
車載用パワエレ機器の現状と今後の展望 菊池高弘・寺澤英男・河本祥一	43
車載空調システムの現状と今後の展望 山城芳裕	47
電力システムの現状と今後の展望 米畑 譲・藤田敬喜・榊井 健	51
海外鉄道システムの取り組みについて 関根康祐・武知秀行	57

### 特許と新案

「列車運行管理システム」「電力変換装置の制御方法」	63
「ヒートシンクの製造方法」	64

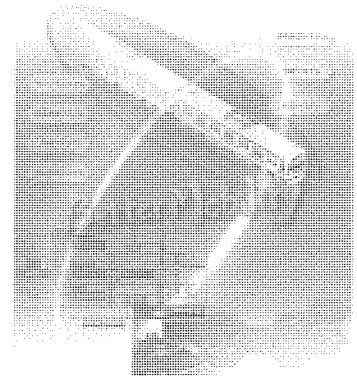
### スポットライト

ニューヨークを走るM-7電車(当社電機品搭載)

### 表紙

#### “移動”から“Better Mobility”へ

三菱電機は、“Better Mobility”を当社交通事業のスローガンとし、より快適で信頼度の高い安全・安定輸送を実現し移動する人とそれを支える人への満足度を高めるため、車両搭載用各種電機品を始め、列車の運行・保守や乗客への情報提供をサポートする各種情報通信システム、車両への電源供給を行う変電設備等、交通システムに必要とされるあらゆるソリューションの提供を行っている。



## 21世紀の交通システムと電気系の技術



東京大学大学院  
情報理工学系研究科  
電子情報学専攻助教授

古関隆章

私のように現実の事業経験のないまま大学で交通技術とかかわりを持つ者には、一般市民・乗客としての立場と、学生に様々な現象の関連を解説する教師の立場、そしてより積極的に技術に関与する研究者の立場という3つの側面があるように思う。

私事で恐縮だが、東京に住む通勤者としての自分は、バスや鉄道へのヘビーユーザーである。そして現在4歳になる娘と1歳の息子がいる。小さな子がいると、移動はどうしても自動車に頼りがちになる。保育園なども車でなければなかなかアクセスできない。たまに電車での移動となれば、私が小さな息子を背負って、乳母車を持ちながら娘の手も引いて、周囲の乗客に頭を下げながら利用する。私と一緒に出掛けるときはよいが、妻一人で子供を連れて電車に乗って遠出をするなんてとんでもないということになる。かくして、快適な自家用車に慣れ、バスや電車に乗りながらぬ子供たちが養成される。昭和一桁(けた)生まれの我が両親も、生涯のほとんど車も持たず、かなり頻繁にバスや鉄道を利用してきた。しかし、昨今では、齢を重ね年金生活に入って電車賃もばかにはなくなってきたということと、地下駅や跨線橋など上下移動を伴う公共交通の利用に抵抗を感じ、出不精になっているようだ。さらに、“最近の若者は、席の前に白髪の老人が立っていても席を譲るどころか詰めて座るという気持ちすらない。”と怒ったように言っている。

教員・研究者として、より客観的に交通の今後に目を向けてみよう。この夏に、スイス連邦鉄道から日本の交通事情を調査に来た専門家を迎え、国内の鉄道事業者・メーカーの多大な協力の下、その調査を実施している。自動車依存ではないそのスイスに比べても、日本は1人当たりの自動車保有台数が4分の3、高速道路の長さが4分の1程度しかない自動車交通環境整備の不十分な国である。しかも、大都市圏の鉄道網以外の公共交通は見る影もない貧弱さだと彼らの目には映っている。一方、公共交通が採算割れをして新たな市場が開けない傾向にあるのは、アメリカをモデルに自動車を利用して豊かな社会を目指そうとした30年

来の交通政策の見事な成功を示しているもので、必ずしも嘆くには当たらず、現実に自動車さえ持っていればどんな田舎でも不自由を感じず、むしろ都市部よりも豊かな生活が楽しめるようになっている事実が大切だということももらしい意見もある。

日本の人口は今がピークで、2006年ぐらいからは急な人口減少の局面に転じ、並行して高齢社会への移行も急速に進む。好調な自動車交通を含めて、交通市場は決して楽観できる将来を持っていない。環境問題などもあり、公共交通を活性化する形での多様な交通手段の協調が求められている。だが、燃料電池が安価になり本格的普及が進めば自動車も環境調和形の交通の道具に生まれ変わるであろうから、環境親和性の視点から公共交通を支援する議論は早晩説得力を失うであろう。その中で、公共交通の価値そのものを高めるような技術、すなわち、上記のような高齢者の利用時に抵抗を小さくする一方、小さな子供を持つ親が困難を感じずにすむような技術開発・設備投資が大切となる。上下移動の抵抗感を軽減するエレベーターやエスカレーターの研究開発と普及、高速性・利便性・快適性を支える駆動制御技術は重要だ。また、接続時間や待ち時間を低減する運行計画と、乱れに強い運行管理システム、利便性の高い高頻度運転を支える信号保安技術や、安価で高品質な輸送サービスを可能とする自動運転システムの開発、乗客個別の交通情報案内をできるカー・ナビならぬヒト・ナビのような対話型端末とそれを支えるインフラとしての情報インフラの整備、人の流れを円滑化し複雑な料金体系に基づく計算を瞬時に行うための自動料金徴収システム電子化などの情報通信技術も望まれている。さらに、乳母車や車いすなど福祉機器と相性の良い交通の道具としての車両開発や駅設計など、市場全体としての規模の縮小傾向が見込まれる中にも、社会構造変化、サービス向上の要求に応える質の高い交通環境を整備し、高品質サービスを可能とするために、これからの十年に電気技術が交通システムに貢献できる課題はますます広がっている。

# 21世紀の交通事業への取り組み



宗行満男\*



金田順一郎\*\*

## 要旨

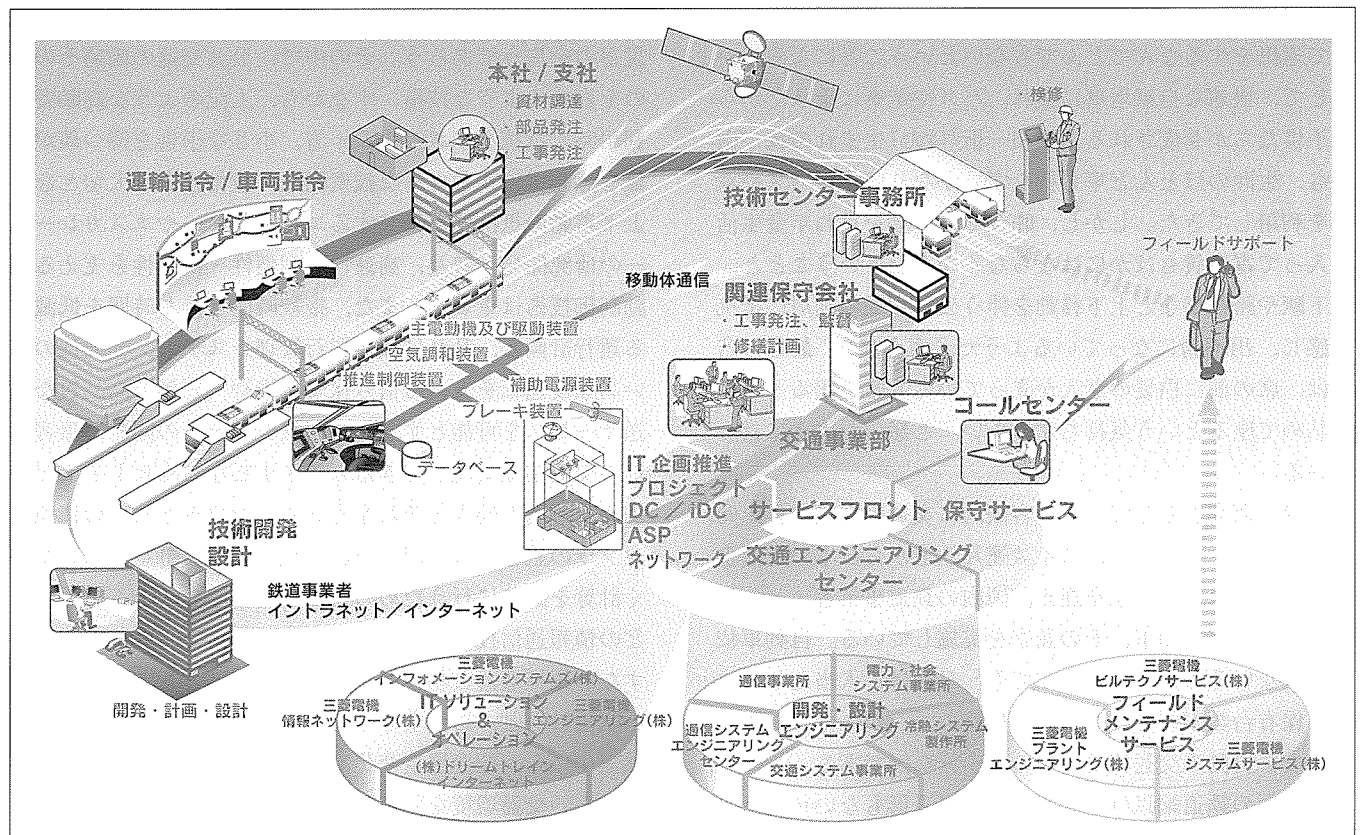
20世紀における鉄道の歴史で日本が果たした役割は大きく、世界の鉄道技術を牽引(けんいん)した時代と言える。すなわち、速く、時間に正確で、大量輸送を実現してきた。21世紀に入り鉄道に求められる役割は、より速く、より快適に、より環境に優しく、より人に優しくと、社会のインフラとして欠くことのできないものとなると同時に、人の移動に対して、新たに省エネルギーの要求や環境への取り組みが求められるようになった。

三菱電機は、これらの要求にこたえるため、モビリティの基本から更なる次元へと“Better Mobility”を当社交通事業のスローガンとしている。高度な社会的要求を実現するため、より安全で高速・快適な安定輸送を実現することが鉄道事業者としての使命となり、鉄道利用者個々の移動に対して的確なサービスを提供することが重要な課題となってきた。このような要求に対して、当社は、モビリティを実現する確かな基本性能と高い品質の製品を提供すると同時に、鉄道利用者へのシームレスな移動サービスを実現す

るソリューションを提供し、更なるモビリティを実現したいと考えている。

高品質な製品の提供と様々なシステムが融合した統合的なプロジェクトへの対応力を強化するため、昨年10月から、鉄道関連の製品製造やシステムインテグレーションを担当する部門を交通システム事業所に統合し、製品のコンセプトの同質化を推進している。車両用電機品では、推進装置から車両情報装置、ブレーキ、空調と総合的な製品ラインアップを持ち、製造の根幹をなす機能と品質の確保のために、開発・設計・製造・試験の各プロセスでの革新を継続しており、世界基準の物作りを目指している。

また、国内外案件に対応するエンジニアリング集団を結集した交通エンジニアリングセンターの設置により、新線鉄道建設プロジェクトやリニューアル工事におけるシステム計画、プロジェクトの管理遂行、保守運営管理を行う。これからも三菱電機グループの総合力を結集し、お客様の要望におこたえしていきたいと考えている。



## 次世代交通事業への対応

お客様のITネットワークの構築に協力し、商取引や設備情報をITネットワークで三菱電機グループとシステム連携を図り、営業、エンジニアリング、ITサービスから保守サービス及び総合的なサポートサービスを提供する体制を整え、お客様との密接で迅速な対応を行うため次世代交通事業への総合的な取り組みを行う。

## 1. ま え が き

従来から鉄道事業は総合的な技術を結集した装置産業と考えられていたが、近年では、進歩するIT (Information Technology) 技術を取り入れる先端的な情報産業の側面も併せ持つようになり、さらに鉄道利用者への快適なサービスを提供するサービス産業として総合的な業態へと変貌(へんぼう)してきていると考えられる。

このような時代の変化に対して、モビリティの基本となる推進システムや駆動システム、保安システムを供給することだけでなく、鉄道輸送にかかわる情報を総合的に取り扱うシステム製品の提供、さらには新たなIT技術を利用したサービス事業への取り組みまで、様々なニーズに対応できる製品やシステムを提供することが、当社の使命と考える。この交通特集号で当交通事業の全体像を紹介する。

## 2. 次世代交通システムへの取り組みビジョン

### 2.1 鉄道ソリューション“モビリティ”

鉄道事業の基本は、安全・安定輸送であり、社会生活の基盤をなしている。当社の交通事業においても、走る、停(と)まるといったモビリティの基本的な役割を担う製品を中心として、それぞれの製品の開発・設計・製造・品質管理を担当している。

日本国内では、当社だけが車両搭載機器すべて(駆動システム・制御システム・電源システム・ブレーキシステムと情報処理システム・空調装置)の製品群を提供し、車両のコンセプトに合ったソリューション機器を提供できる強みを持っている。

### 2.2 旅客サービスソリューション“バリアフリー”

高齢者や障害を持つ人々も健常者と同じように利用できる交通システムの実現を求めている。当社では鉄道へのアクセスのしやすさ、出改札の利便性、情報提供の最適化、構内移動の快適性などバリアをなくしすべての人が利用しやすいユニバーサルデザインを適用したシステム構築を目指し、デザインのコンサルティングからシステム提供までのソリューションを提供している。

### 2.3 社会サービスソリューション“エコロジー”

環境に優しく便利な輸送手段の確立が社会的なニーズである。ゼロエミッションの実現や省エネルギー、資源の再利用など、環境負荷の低減と環境マネジメントの強化が求められる。

車両搭載製品の小型軽量化や低騒音化、回生電力の有効利用や最適制御システムの提供、電力付加の平準化による省エネルギー技術の適用と新エネルギーの採用など新たな要望にこたえるよう、車両・電力設備・情報通信と総合的なソリューションを提供する。

## 3. 安全・安定輸送への取り組み

モビリティの基本である走行性能を確保した上で車載電機品の高効率・小型軽量化と高品質を実現するため、設計から製造、試験に至るまで、高品質を維持確保する製造プロセスを実現している。特に、高品質対策として、事業所における素子や機器単体の各種受入れ試験方法の確立とEMC (Electro Magnetic Compatibility) 検証試験場の設置や、バーチャル試験台車を利用したシミュレータ試験装置を完備している。

また、TIMSやTISに代表される列車の運行や制御に不可欠な車両情報システムは、制御・モニタ・保守の機能を装備し、安定輸送の標準システムに成長してきた。

一方、車両運用の動力源となる安定電力を供給する交通変電システムにおける経済性や冗長性の確保や的確な制御性の実現、ダイヤや運用計画作成支援システム、さらには列車運行管理システムによる最適な列車指令の実現と、信号保安の根幹にかかわるATS・ATC・ATOの構築をすることにより安定輸送に貢献している。

さらに、列車運行時の運転士とセンター間での重要な通信インフラとなる防護無線や列車無線システムの提供と、火災などの防災シナリオに対する排煙モードなどを実現する防災・環境制御システムを提供するなど、総合電機メーカーの利点を生かしたトータルのソリューションにより、安全・安定輸送の実現に貢献するため努力を続けている。

図1に次世代交通システムのコンセプトを示す。

## 4. 研究体制と共同開発への取り組み

当社の鉄道技術の研究体制としては、先端技術総合研究所が鉄道システムを対象とした総合的なシステム研究所の役割を果たすと同時に、製品開発におけるシミュレーション技術や解析技術のサポートを行っている。また、情報システムに関連した研究は、当社情報技術総合研究所が対応し、最新のIT技術を応用した次世代の通信技術や情報シ

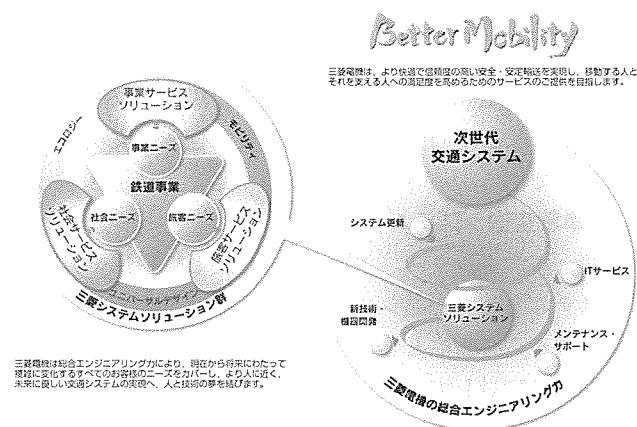


図1. 次世代交通システムのコンセプト

システム開発の中心的な役割を担っている。

一方、ユニバーサルデザインや、鉄道システムで最も重要なエルゴノミクス設計が必要となる車両の運転台や総合指令所での監視卓、双方向大画面の表示内容のデザイン分野では、当社デザイン研究所が、人に優しいデザインの開発に取り組んでいる。

中央リニア新幹線での開発や、超高速新幹線の開発、次世代の無線列車制御システムの実現など、お客様との共同開発テーマでは、総合的なシステム開発体制を整え、お客様と一緒に開発体制で取り組むことにより、事業計画の実現に貢献している。

## 5. 車両システム

### 5.1 車両電機品

車両用電機品分野においても、前述した鉄道輸送に求められるコンセプトを実現するために、より信頼性が高く、人手が掛からない耐環境性に優れた製品を具現化してきた。

特に、最近では、車両搭載機器の電子化が進む中で、各機器の状態を一元管理する車両情報管理装置(TIMS)の導入が進み、乗客サービス、車両運用、車両検修などの業務の効率化や容易化が図られている。今後、車両統合システムとしての各機器の機能の統合が進むとともに地上側システムとの情報の連携が進み、安全・安定輸送の確保と乗客サービスの更なる向上が図られるものと考えている。

推進システム及び補助電源システムでは、車両システムのコンセプトに適合した電力半導体素子IPM(Intelligent Power Module：高耐圧自己保護機能付きIGBT)を応用したMELPACシリーズのパワーユニットを活用し、高信頼性、小型軽量化、省保守化、低騒音化、環境負荷の低減を図った製品の開発・製品化を進めている。

推進システムについては、その一環として、純電気ブレーキの対応や、速度センサレス制御の実現による省保守化を達成している。

車両用主電動機においては、シンプルで堅牢(けんろう)な誘導電動機を可変速駆動用として軽量化・省保守化・低騒音化などの改良を加えてきた。最近では、更なる省保守・低騒音化の要求にこたえるため、全閉モータの製品化にも取り組んでいる。各構成機器における市場の要求性能の実現はもとより、車両システム全体の要求性能の実現に努力する所存である。

### 5.2 車載空調システム

環境、省エネルギー、さらには人に優しい鉄道を実現するシステムとして空調システムがある。サービスとしての空調設備から必需品としての空調設備となっている。このような設備に対して、脱フロン環境対策と省エネルギー機能を組み込んだ最適空調を実現するノウハウを蓄積した高機能空調システムが経済的に提供が可能となってきた。

当社は、業務用と家庭用の空調製品分野のトップメーカーであり、それらの先端技術を車両用空調へと適用している。

### 5.3 国際標準への適合と国内規格

従来からの国内での品質管理に加え、世界基準の要求に対しては、ハードウェア設計におけるRAMSの適用や、ソフトウェア設計における規格適合の品質管理手法を用いている。また、車両総合組合せ試験では、日本で初めての車両電気品用のEMC試験場(図2)を持ち、電磁適合性の認証を実施している。

一方、車両情報システムが日本国内でのデファクトスタンダードとして認められ、日本鉄道車輛工業会の団体規格として、JRIS D 1001鉄道車両用「列車情報管理装置」が第一号として制定され、また「制御情報伝送装置」を第二号として制定作業に入っている。今後、日本国内での規格化から国際規格へと提案していく所存である。

## 6. 情報通信システム

### 6.1 基幹システムとIT応用

安全・安定輸送の重要な役割を担う地上システムとして、運行管理システムと電力管理システム、防災・環境制御システムと、統合管理システムを構成する主要なコンピュータシステムとネットワークシステムを提供すると同時に、エルゴノミクスを採用した総合指令所の構築を提供している。無線による列車制御システムの実現や、ATC、ATOを実現する技術、ドライバーレス運行、ワンマン運転などに対応する総合的な技術を持っている。

### 6.2 車両情報のIT応用

車両での映像情報配信ネットワークの構築は、TIMS、TISと同様に、交通システム事業所の主要製品であるトレインビジョンやVIS(Visual Information System)として製品化しており、地上からのコンテンツ配信に加え、車内サービス事業への展開を図っている。

また、乗務員や保守員などの業務効率化にも、車両運用や乗務員運用などの業務ノウハウにIT技術を融合する必要がある、ドライバーレスへの対応や車両の自動回送、リモート保守など、高い信頼性と高度なセキュリティを組み込んだシステムソリューションの実現によりセキュアなシ

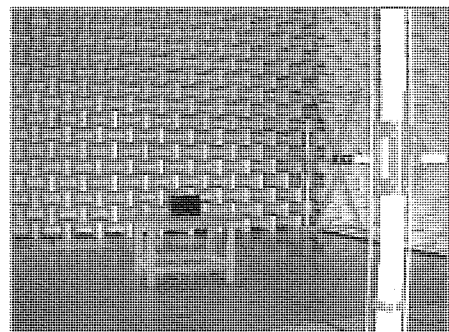


図2. EMC試験室

システムを提供している。

### 6.3 通信技術への取り組み

当社は、防護無線、列車無線、デジタル列車無線と鉄道無線の基幹を担ってきた。従来の通話系にデータ伝送機能が加わり通信インフラとしての重要性が増してきており、鉄道分野では既に移動体通信を実現してきた。無線による列車制御システムの実証実験や新幹線デジタル列車無線の実現などにより、次世代通信を実現している。

一方、社会的にIT環境の整備が図られるにつれ、ブロードバンドの要求やインターネットによるデータ通信が要求されるようになってきた。列車と地上を結ぶ移動体への大容量通信の確立が今後の技術課題と言える。これに対しては、図3に示すような無線LANやミリ波通信、さらには衛星通信の利用など、総合的なアプリケーションの実現を目的として、次世代への取り組みを積極的に推進している。

## 7. 電力システム

交通事業を支える重要なインフラの一つとして交通変電システムがある。当社は、電力システムに対し3つのデザインコンセプトを設定し、基本計画、システム設計、機器設計・製作、設備施工・監理、設備運転・保守といったすべてのステージにわたり総合エンジニアリングの提供を行っている。

- 基本機能としての“電力の安定供給”
- 社会要求としての“社会・環境との調和”

### ● 鉄道事業のための“事業コストの低減”

特に、システム構築のためのエンジニアリングコンサルテーションと個別機器へのコンセプトの展開は不可欠であり、電力シミュレーションによる変電所配置や設備容量決定、また、配置検討ツールを使つての運用・保守を考慮した最適配置検討等のソリューションを提供している。一方、これらを実現するため、機器には、新しい技術を適用し高信頼性、対環境性、縮小化の実現を図ることで、様々な要求に積極的にこたえるため開発・製造に取り組んでいる。

## 8. 総合プロジェクトへの取り組み

韓国での地下鉄火災事故をきっかけにその対策が論じられているが、当社としても、中央指令室での防災・環境制御システムと運行管理システム、さらには電力管理システムと列車無線システムの融合など、総合的なトータルシステムの設計に安全思想を組み込んだプロジェクトマネジメントに取り組んでいる。

一方、近年の新しい列車制御システムやサービス事業への展開に際し、列車と通信システム、さらには地上側でのシステムと従来の垣根をまたぐ総合的なシステムアプリケーションが求められるようになり、総合的なソリューション事業が増えてきた。移動閉塞(へいそく)方式の無線による列車制御システム、車両でのITサービスの実現、ドライバーレスでのATO運転など、専門部署間をまたがるプロジェクトが増えている。

また、LRTや新交通システムの取りまとめを始め、機

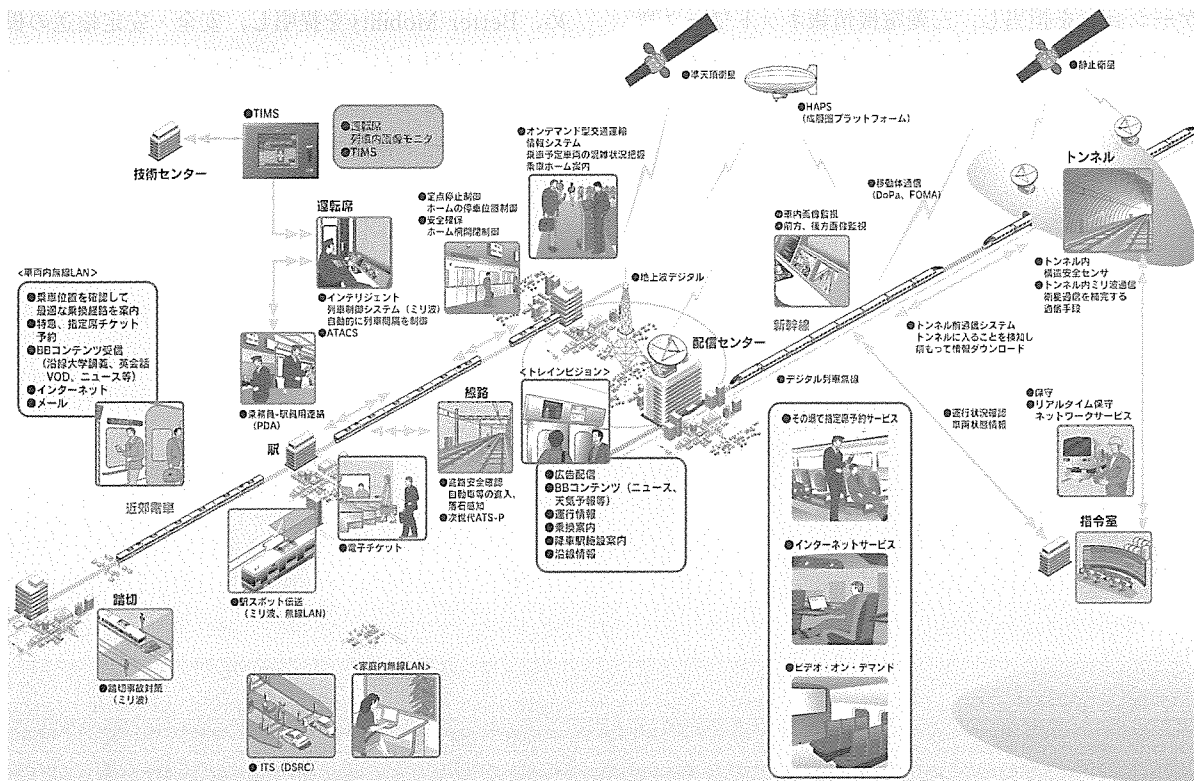


図3. 通信を中心とした業務・乗客サービス形態

電一体としてインフラ系を含む総合的なプロジェクトの管理運営についても対応できるよう交通エンジニアリングセンターを設置し、お客様の要望にこたえるソリューションを提供するため体制を整えている。

## 9. 三菱電機グループの結集

交通事業は鉄道輸送だけではなく様々な関連事業を含めた総合事業体へと変化しており、その事業に対応するため三菱電機グループの連携により総合力を活用した事業への取り組みを行っている。

### 9.1 保守ネットワーク

車両電機品や電力供給システムの保守を担当している三菱電機プラントエンジニアリング㈱(МРЕ)は、エネルギーソリューションへの取り組みや、お客様と一体となった専門保守業務を担当している。車両冷房装置での保守対応に関しては、三菱電機サービスセンター㈱(MSC)が全国的に担当しており、昇降機や冷熱製品の保守と設備の運営管理を担当している三菱電機ビルテクノサービス㈱は、一般機械設備のトータル保守運営管理をお客様と協力した対応をとっている。

### 9.2 IT事業

鉄道事業者における電子調達・EDIの実現や電子カタログの利用、ERPの採用、ネット販売など業務効率へのIT利用が進んでおり、ネットワークでのセキュリティやシステムの運用監視など、新たな課題が出てきた。この要望にこたえるため、三菱電機インフォメーションシステムズ㈱(MDIS)が業務アプリケーションの構築やブロードバンドアプリケーションを担当し、三菱電機情報ネットワーク㈱(MIND)がASP事業やデータセンターの運営をベースにインターネット通信を実現する全国通信ネットワーク網を運営管理している。

## 10. 将来の交通システムへの取り組み

鉄道事業においても様々な発注形態や契約形態への取り組みが出ており、プロジェクト管理やファイナンスの準備など、当社が持つコアコンピタンスを核としたエンジニアリング力を強化し対応する準備をしている。

一方、当社が持つ新しい技術を鉄道事業に取り組みするため、様々な挑戦を進めている。鉄道における位置の基準を緯度経度に置き換える高精度GPSを利用した国土位置情報システム(PAS)や、将来打ち上げが計画されている準天頂衛星の活用など、従来の鉄道インフラに新たな技術要素が追加されようとしている。また、今後の社会情勢を反映した安全を確保する技術としての物理セキュリティやネットワークセキュリティの適用など、社会インフラとしての安全性を確保する製品を提供する。

日本国内で培われた技術と品質への取り組み体制が海外でも高く評価され、海外のお客様の要望にもこたえるため海外拠点の拡充を始めている。今後は、日本発の技術や規格を世界的に発信できるように、国内のお客様と連携した対応をとり、技術情報の発信と同時に海外での事業展開を目指したい。

## 11. むすび

鉄道事業が今世紀に入り大きく変化してきている。社会への配慮から環境に優れ省エネルギーを実現する移動手段としての鉄道が見直されると同時に、さらに魅力的な鉄道へと期待が高まってきた。当社は、この期待にこたえるため、Better Mobilityを提唱し、安全・安定輸送の根幹となる性能・品質の高い製品供給はもちろんのこと、大規模な鉄道建設からリニューアルや各種サービスなど、様々な事業へのサポートに最大の努力を続けていく所存である。



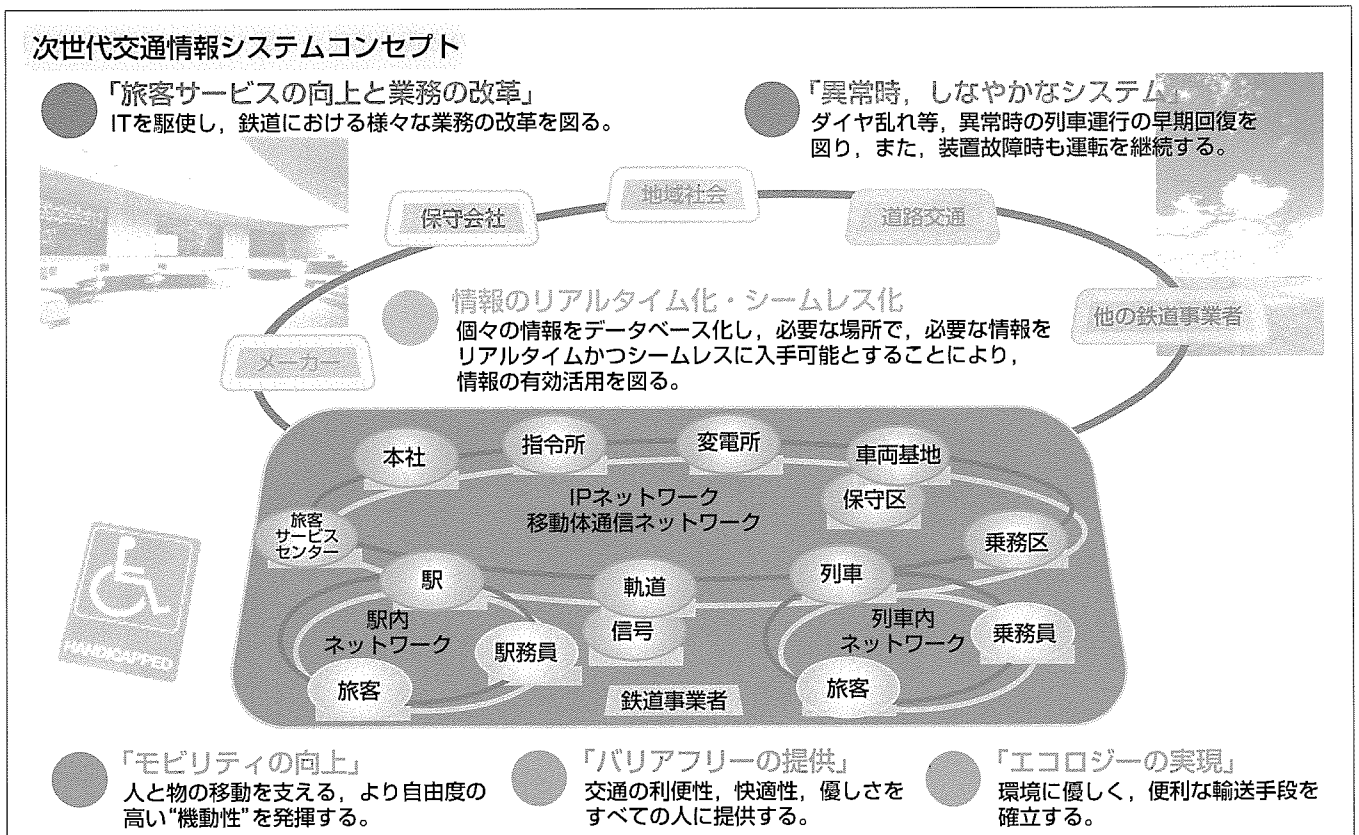
# 交通情報システムの現状と今後の取り組み

四方 進\*  
加山 勉\*\*  
駒谷喜代俊\*\*

## 要 旨

鉄道は、列車が軌道上を走行するために、駅、車両基地、変電所、信号、指令所など多くのインフラ設備を必要とする装置産業である。さらに、安全かつ円滑に列車群を運行させるために、速度現示やダイヤを始めとする多種多様な情報を処理する情報産業としての側面を持っている。特に、高速・高密度の安定輸送を実現するためには、車両に代表される設備の高度化とともに、各インフラ設備をつなぐIPネットワークと移動体通信ネットワーク、駅内及び列車内のネットワークを用いた情報システムが重要性を増してきている。すなわち、情報を一元化・共有化し、必要な場所で必要な情報をリアルタイムに入手可能とし、平常時の旅客サービスはもとより、ダイヤ乱れ等の異常時においても、列車運行を早期に回復させ、的確な旅客サービスを提供することが求められている。この意味において、鉄道は、高度なインフラ設備を備え、リアルタイムな情報を駆使するサービス産業としての役割が今後増大していく。

交通情報システムは、情報産業・サービス産業の中核であり、旅客サービスの向上及び事業者における業務の革新と効率化を図る上で不可欠な役割を果たす。旅客サービスの向上については、駅の旅客案内システムや列車のTrain Visionシステム、旅客個人の携帯電話や情報端末の利用が普及している。今後は、駅の改札情報や車両内の乗客数を含めたリアルタイムな旅客流動情報及び列車運行情報、さらにはそれらの予測情報が重要性を持つと考えられる。また、業務の革新と効率化については、列車運行状況の確実な把握、指令業務の的確・迅速な支援、運転台や駅・車両基地への指令情報伝達、定点停止やホーム画像伝送を組み合わせたワンマン運転への対応、車両機器モニタリングデータの車上-地上伝送などが進められている。今後は、車両基地や乗務区の状況を含めたより詳細な列車運行状況をリアルタイムに把握するとともに、旅客流動も含めた列車運行を予測することが求められる。



## 次世代交通情報システムコンセプト

三菱電機では“モビリティ”“バリアフリー”“エコロジー”の視点から旅客、事業者にソリューションを提供するため、交通システムを構成するサブシステムをネットワークにより結合して情報のリアルタイム化・シームレス化を図ることにより“旅客サービスの向上と業務の改革”と“異常時、しなやかなシステム”の実現を目指している。

1. ま え が き

三菱電機は“モビリティ”“バリアフリー”“エコロジー”の3つの視点から、交通システムが見据えるべき様々な課題について、交通分野で培ったコア技術を基盤として情報・通信の技術を高度に融合したソリューションを提供している。すなわち、これまでは列車、電力、信号、通信、指令所、車両基地、駅など個々のシステムについて高度化・効率化・最適化を図ってきた。今後は、こうした取り組みとともに、これらを交通システムにおけるサブシステムとして位置付け、ネットワークを介してシームレスに接続し、情報を一元化・共有化し、必要な場所で必要な情報をリアルタイムに入手可能とすることにより、これからの交通システムに要求される課題を解決しようとしている。

ここでは、情報・通信技術を適用した交通情報システムにおける旅客サービスの向上や事業者における業務の革新と効率化について、現状と今後の取り組みについて述べる。

2. 交通情報システムによる旅客サービスの向上

駅は、旅客との最初の接点であり、これまでの単なる旅客の乗降又は乗り換え場所としての存在から、鉄道の“顔”として、旅客への多種多様な情報サービスや安全確保のために求められる機能が複雑化かつ多様化の方向にある。このように駅を“情報のステーション”と機能させるとともに、列車内さらには家庭やオフィスにおいても、状況に応じた多種多様な情報サービスが望まれている(図1)。

これにこたえて、当社は、メディアオペレーションシステムを応用した総合旅客案内システムを提案している。これはコンテンツ編集システムとマルチメディア表示システムを中心として駅や列車内で提供する情報を一元的に制作・編集・配信する機能を持っている。そして、駅では、発車標、大画面表示装置を始めとする各種映像表示装置、インタラクティブな情報端末等を用途に応じて使い分けることにより利用者ニーズに対応した付加価値の高い案内表示などの情報サービスを提供する。さらに、車両ドアの上にLCD表示器を設置したTrain Visionシステムを用いれば、駅に限らず移動中の列車内でも同様の情報サービスが可能である。また、一般のパソコン・携帯電話向けの情報サービス、駅構内無線LANや車内LANを介した個人情報端末向けの情報サービスへも対応可能なシステム構成を採用している。これにより、駅や列車内のみならず、家庭やオフィスにおいても各種の情報を入手でき、旅客個人でチケット購入や座席の予約が可能となる。

総合旅客案内システムは、列車運行管理システム等の制御系システムと接続することにより、列車の運行状況に関するリアルタイムな情報や接続列車などの案内情報を提供することができる。特に、ダイヤ乱れ等の異常時には、事故情報、不通区間、振替え輸送などの緊急情報を提供できる。今後の課題としては、まず復旧後の運行見通し情報を旅客へ適切に提供する機能が挙げられる。さらには、駅の改札情報や車両の応荷重情報から駅や列車の混雑状況や旅客の流動状況を推定・予測して旅客への情報を作成する機

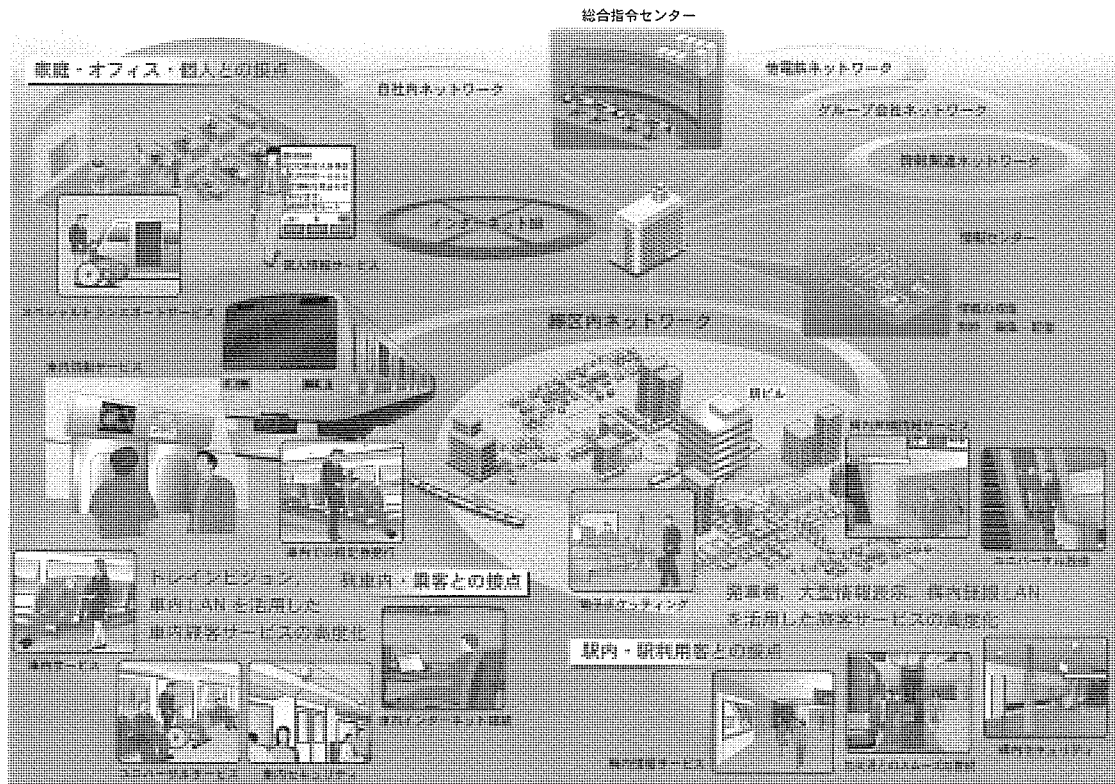


図1. 交通情報システムによる旅客サービスの向上

能も重要である。また、バリアフリーの観点からは、高齢者や障害を持つ人々への情報提供も重要な課題である。

また、旅客の安全確保については、駅構内に設置されたカメラを用いて監視するという従来からの取り組みとともに、車両に設置されたカメラの画像情報を移動体通信ネットワークを介して指令所へ送信することにより、車内セキュリティの向上を図ることができる。

### 3. 交通情報システムによる業務の革新と効率化

広域かつブロードバンドのネットワークによるシームレスな情報共有を実現することで、前述の旅客サービスの向上とともに、指令・運転・乗務・駅務・保全など鉄道事業者における中枢業務の革新と効率化を図ることができる(図2)。

#### 3.1 指令業務の効率化

指令業務では、指令所を中心に駅、列車、変電所、車両基地、乗務区との間で情報を共有することにより、特にダイヤ乱れ等の異常時に正確に状況を把握し、的確な対応策を迅速に指示することが重要である。これまでは、運行管理システム・電力管理システム・設備管理システムなどの導入により、監視制御の自動化が進められ、安定輸送の実現に大きく貢献している。さらに、運行管理システムでは、列車運行状況を確実に把握するとともに、予測シミュレーション技術を適用したダイヤ乱れの早期検出と的確なダイヤ変更支援が実現され、高速・高密度路線には不可欠な機能となっている。

さて、ダイヤ変更には車両や乗務員の運用計画変更が伴うため、列車運行状況だけでなく、車両基地内の列車や乗務区内及び運転中の乗務員の状況をリアルタイムに把握する必要があり、指令業務の効率化を図る上で、解決すべき課題となっている。さらに、前述した駅や列車の混雑状況や旅客の流動状況をリアルタイムに把握・推定・予測する機能もこれからの指令業務にとって重要となる。

一方、指令内容を関係箇所へ迅速に伝達することも重要な課題である。これについては、既に、運転台へ通告券を伝送する指令情報伝達システムが検討されている。また、IPネットワーク上のWebサーバ/クライアントシステムとして、運行管理システムが管理する列車運行状況やダイヤ変更情報を駅、車両基地、乗務区からシームレスに検索・表示することも可能である。

#### 3.2 運転・乗務の革新と効率化

##### 3.2.1 新しい列車運転制御

従来のATC(列車運転制御システム)は、軌道回路ごとに地上側から送信されるアナログ速度信号を車上受信器で検知して列車の速度を制御している。近年、これに代わり導入が進められているデジタルATCでは、地上側からは前方の開通軌道回路数や臨時速度制限に関する情報を送信し、車上側ではブレーキ性能に応じて速度制御を行う。これにより、運転時隔と走行時分が短縮され、より高密度な運転が可能となるとともに、地上設備の簡素化を図ることができる。

また、惰行を取り入れた運転制御により、ダイヤどおり

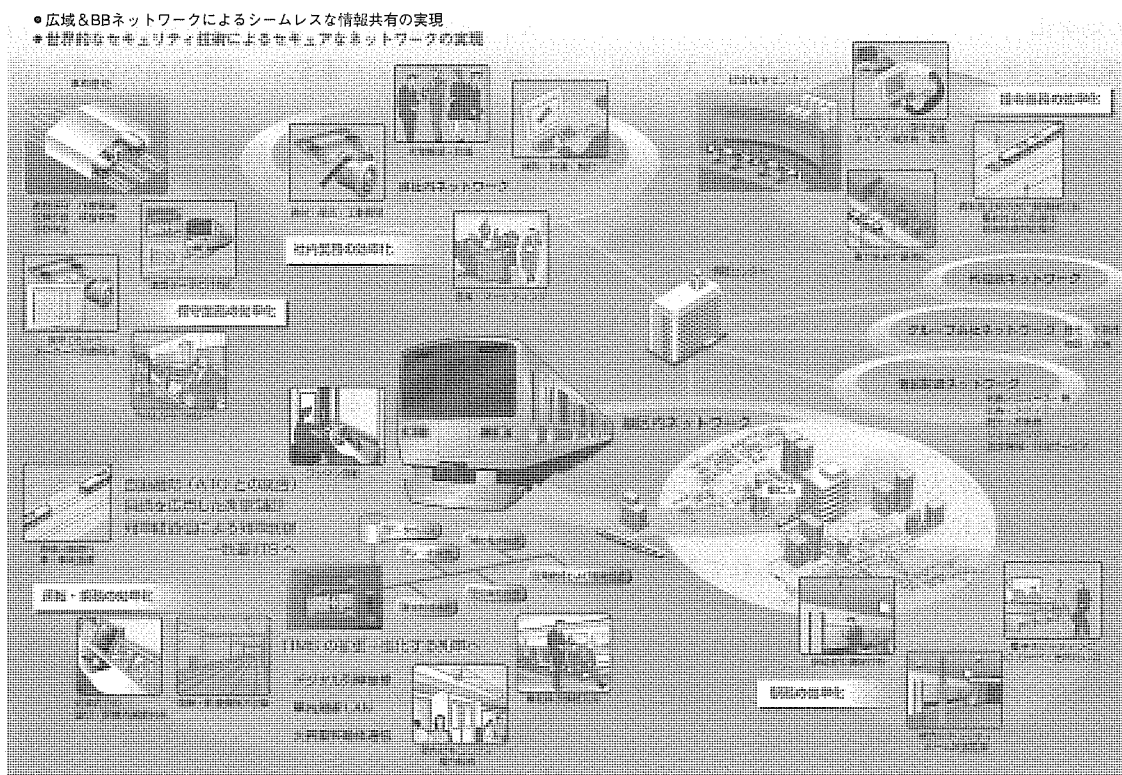


図2. 交通情報システムによる業務の革新と効率化

に走行しながら、消費電力を低減させる検討も進められている。さらに、前方列車の走行予測情報を用いた予測制御ATO(列車自動運転装置)により、列車間隔を最適化すれば、消費電力の低減や遅延発生の抑制が可能である。これらは、エコロジーの観点からも、今後の展開が期待される。また、軌道回路を用いた列車検知・信号現示によらず、無線による地上-車上間の情報伝送により、安全性を確保した列車運行を実現する無線応用移動閉塞(へいそく)システムも検討されている。

### 3.2.2 乗務の効率化と乗務員支援

定点停止機能を持つATOの導入により、運転士の負担は軽減され、新交通システムでは無人運転も実現されている。また、プラットホームにおける旅客の安全確保を目的とし、列車とホームの間を柵で仕切って列車のドアに連動してホーム側の扉を開閉させる可動式ホーム柵が導入されつつある。さらに、ホームに設置されたITVカメラの映像情報を車上にミリ波帯で伝送し運転台モニタで監視できる事例もある。これらは、駅員や乗務員の負担を軽減するとともに、高密度路線におけるワンマン運転の導入を可能にしている。

また、車両に異常が発生した場合、TIMS(車両統合管理システム)の情報を移動体通信ネットワークにより指令所に伝送すれば、運転士と指令員が同一の情報を共有することが可能である。これにより、指令所では速やかに原因を特定するとともに、適切な復旧指示を行うことにより、列車運行の早期回復を図ることができる。さらに、これは乗務員の負担軽減にもつながる。

### 3.3 駅務の効率化

総合旅客案内システムによる駅での旅客サービス向上と可動式ホーム柵や監視カメラによる旅客の安全確保については前述したが、駅に設置された配電・空調・昇降・防災・通信用設備の情報を管理し監視制御と保守支援を行う設備管理システムも駅務の効率化には不可欠である。設備管理は各駅での業務であるが、IPネットワークにより本社・指令所・管理駅と一般駅を結んで情報を共有化すれば、管理駅又は本社や指令所からも駅設備の遠隔監視制御が可能となる。

### 3.4 保全業務の効率化

鉄道における保守作業の大半を占める車両保守では、各種試験・検査装置の導入により、作業の効率化及び精度向上とともに、いわゆる3K作業の追放が図られてきた。さらに、これらの装置をネットワークで結び、検修データを一元化・共有化することで保守業務の効率化が図られた。そして、車両基地の計画・管理業務を統合化・自動化する“検修の近代化”が進められている。

また、車両機器が電子化されるにつれて、定期点検による予防保全からオンコンディションモニタリングによる予知保全の考え方に移行しつつある。これに対応して、移動体ネットワークを介してTIMSのモニタリングデータを地上へ伝送すれば、予知保全に必要なデータを収集することが可能である。このデータをデータマイニング等の手法により部品の劣化診断に活用し適切なタイミングで部品を交換することが検討されている。また、このデータは、劣化診断だけでなく、故障診断や故障箇所の特定にも活用できる。

## 4. 交通情報システムの技術動向

旅客サービスの向上や業務の革新と効率化を実現するために、情報伝送の対象は音声からデータや映像へと拡大している。これに合わせて、列車無線のデジタル化とともに、2.4GHz帯やミリ波(44GHz, 60GHz)帯を用いた特定エリアにおける大容量の無線通信システムが適用されつつある。さらには、他の分野と同様に、携帯電話や公衆網の活用、衛星通信による放送型の情報提供が注目を集めている。また、データ通信ではIPネットワーク上のWebサーバ/クライアントシステムが一般化しつつあるが、今後は、XML(eXtended Markup Language)を用いて意味付けされたデータの通信が可能となる。これにより、利用者の特性や使用する端末に応じて受信したデータを加工・表示する高度なWebサービスが実現されるであろう。一方、情報化の進展はセキュリティの重要性を増大させる。鉄道業務では、暗号など一般的な情報セキュリティ技術だけでなく、安全関連システムにおける通信では“成り済まし”や“妨害”への対応が重要で、国際規格への適合も課題である。また、情報面のみならず、運用者を管理するための個人認証や入退出管理といった物理的な意味でのセキュリティ確保も重要である。

## 5. む す び

これからの交通システムには、旅客サービスの向上と業務の改革によるモビリティの質的な向上、高齢者や障害を持つ人々に対するバリアフリーの提供、省エネルギー・省資源化によるエコロジーの実現など様々な課題がある。当社は、これまで車両システム・電力システム・信号システム・通信システム・指令システム・基地システム・駅システム・教育システム・事務管理システムなどの分野で蓄積してきたコア技術を基盤として、情報・通信技術を適用した交通情報システムにより、旅客サービスの向上や事業者における業務の革新と効率化を実現するソリューションを提供していく所存である。

# 運行情報制御システムの現状と今後の展望

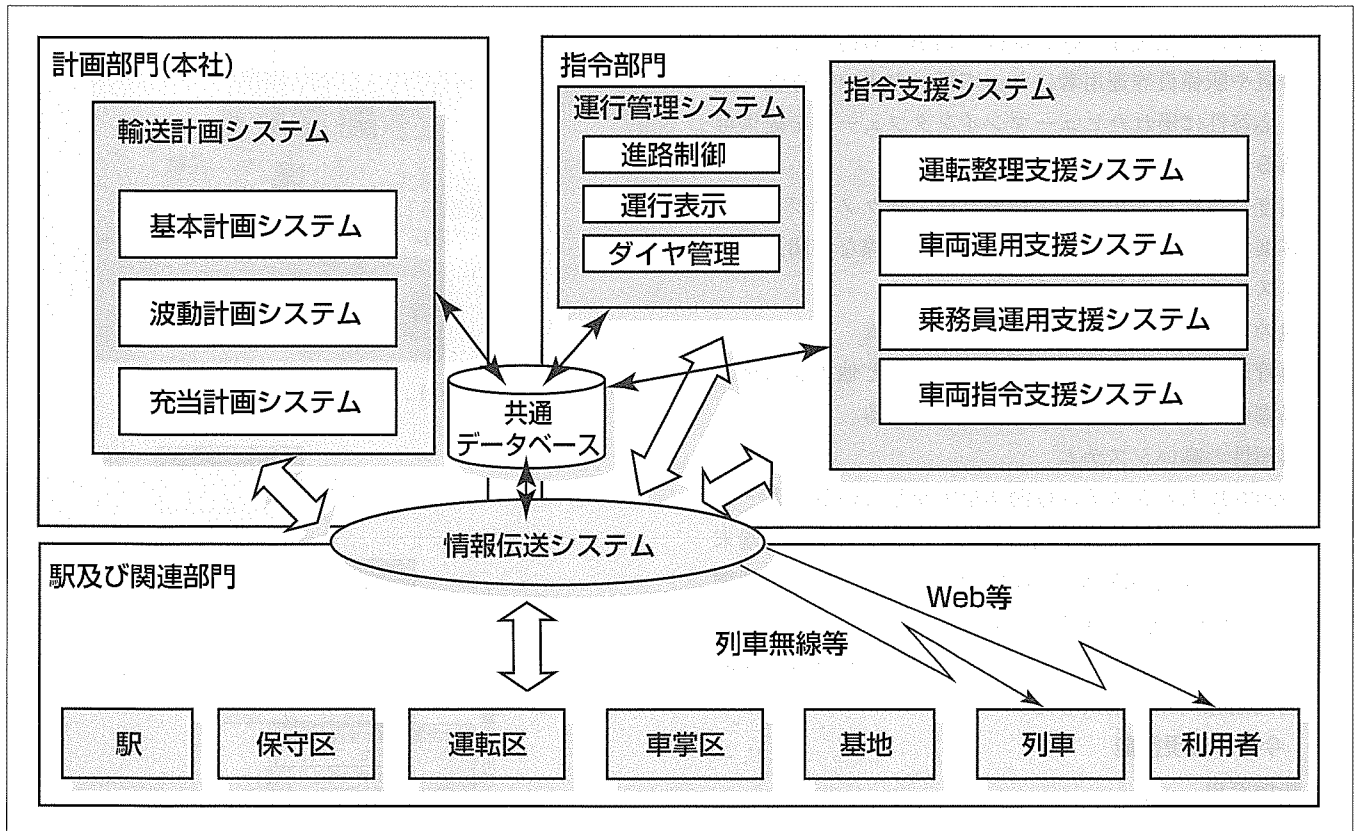
本間英寿\* 石岡卓也\*\*  
伊地知政弘\*  
府川達也\*

## 要旨

近年のネットワークの高速大容量化やIT (Information Technology) 技術の進展に伴い、鉄道会社の運行情報制御システムの中核を構成する運行管理システム、輸送計画システムや指令支援システムは変貌(へんぼう)の時代を迎えつつある。携帯電話やインターネットを介した座席予約、列車ダイヤの確認サービス等の普及に伴い、幅広くタイムリーで正確な情報提供が必要となっている。三菱電機は、安定・安全の輸送を担う運行情報制御システムの各々において、“業務効率の向上”“信頼性の向上”“サービスの向上”“情報伝達の迅速化と適正化”等を目指した最適なシステム提案やシステム構築を鉄道会社に対し積極的に展開している。最近納入した最新運行管理システムでは、集中方式・分散方式の両方を組み合わせたシステム構成(管理駅分散方式)を実現した。また、駅の出改札口やホームの混雑状況を指令室において監視する画像監視システム、利用者へ

の運行状況を提供するWeb活用の運行情報システムやリモート保守システムの構築を図っている。輸送計画システムでは、汎用データベースの活用や波動計画と充当計画の機能拡充を進めている。さらに、運転整理・車両運用支援、乗務員運用支援、車両指令支援等を開発して指令業務の負荷軽減を図る指令支援システムを実現した。なかでも運転整理支援では、駅単位予測方式から更に高精度の軌道回路単位予測方式を開発し、指令業務に貢献している。これらシステムの構築に必要なプラットフォームとして、高信頼性と長寿命を維持しつつ、世界標準アーキテクチャのCPUとリアルタイム性を持った基本ソフトウェアを採用し、リモート保守診断や新RAS機構を具備した運行情報制御システム向け計算機プラットフォーム“MELLISA<sup>(注1)</sup>”を製品化した。

(注1) MELLISAは、三菱電機(株)の登録商標である。



## 運行情報制御システムの構成

運行情報制御システムの中核を構成する各種システムと関係部門との関連を示す。計画部門では、ダイヤを作成し、これに対応する車両や乗務員の運用計画が作成され、列車運行の準備が整えられる。指令部門では、ダイヤに基づき列車をスケジュールどおりに運行制御する。人身事故や設備トラブル等の運行乱れに対して速やかな復旧を図るため、各種支援システムが整備されつつある。また、運行状況は、情報伝送システムを経由して、本社、駅及び各関連部門へ伝達される。

1. ま え が き

運行管理システムを始めとして、当社は、これまで数多くの運行情報制御システムを鉄道会社に納品してきた。最近では、最新のIT技術や汎用技術を輸送計画システムや指令支援システムに適用して一新させている。特に、最適な計画立案や指令員の的確な指令判断を支援するため、不定形な計画業務や指令業務のシステム開発を積極的に推進している。これら運行情報制御システムの近年の状況、今後の機能、技術動向と取り組みについて述べる。

2. 運行管理システム

同じ鉄道会社内でも、路線設備、信号設備、運用方法の相違があるため、列車運行管理システムの仕様が異なる事例が多い。当社ではこのような条件や環境下においても、従来に比べより短期間に最適な運行管理システムを納入することが可能である。

2.1 システムの特長

当社が提供するシステムの特長を以下に示す。

(1) 路線条件、運転条件に最適なシステム構成

ユーザーの要求に応じて集中方式、分散方式及びその両方を組み合わせたシステム構成(管理駅分散)のいずれにも対応可能である。

(2) 運行状況の確実な把握と的確・迅速な対応が可能

指令員や駅係員等運用者にとって扱いやすい操作性・視認性・応答性に優れたヒューマンインタフェースを提供可能である。

(3) 高度な運行を実現する各種製品群・テクノロジー

旅客案内システムを始め、ITV、列車無線など関連する周辺システムが充実している。

(4) 他のシステムとの効率的な協調システム

電力管理システム、設備管理システムなど他のシステムとの協調のとれたシステムを構築可能である。

(5) 信頼性の高いシステム

99.999%以上のシステム稼働率を実現している。万一の故障に対しても、待機系予備装置による列車追跡や、端末からの手動介入進路制御及び特定進路パターン指定の制御(ARC)等の縮退運転も可能である。

これらの特長を持った最新システム(図1)を近畿日本鉄道(株)南大阪線向けに納入した。

2.2 今後の実現機能

(1) 映像監視

高速大容量(1 Gbps)の通信インフラの実現によって駅と指令所間で従来の列車制御データ以外の画像・音声など様々な情報伝達が可能となっている。出改札口やホームの混雑状況の映像を指令所に設けた大画面ディスプレイに列車運行状況とともに重ね合わせ表示させることにより指令

員へ運行乱れ判断用の情報提供を行う。今後、事故現場や車両故障の状況をカメラ付き携帯端末等から送らせて事故処理に役立たせることも十分に可能である。

(2) IT技術の活用

インターネット、鉄道会社のイントラネットや携帯端末等を活用し、非現業部門や一般利用者への運行状況を提供するサーバシステムを設け、運行管理システムと接続して最新情報を広く提供できる仕組みを経済的に構築する。

(3) リモート保守システムの構築

機器故障等によるシステム停止が許されない運行管理システムにおいては、一層の製品品質の維持、保全内容の充実や保守費用の抑制等の改善が求められる。現在、リモート保守可能な製品の整備とともに、リモート診断・操作機能の充実を図っている。また、ファイアウォールと必要時だけネットワークを物理的につなげる手段の両方を採用し、セキュリティに細心の注意を払いつつリモート保守システムをユーザーと構築している。

3. 輸送計画システム

列車ダイヤ・車両運用・乗務員運用を主とした計画業務を支援するシステムを、輸送計画システムと総称する。計画業務は、基本計画と波動計画に大別できる。現在のシステムの位置付けを図2に示す。

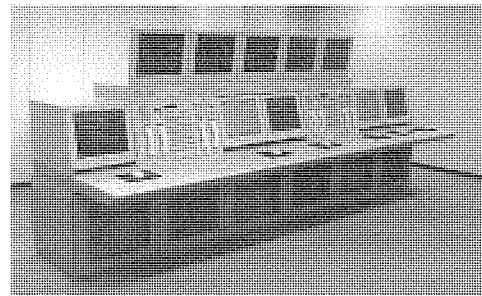


図1. 最新納入システム

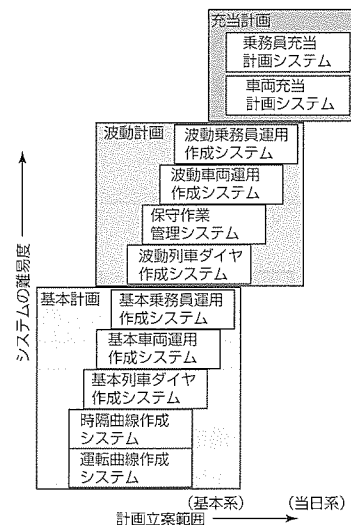


図2. システムの位置付け

### 3.1 基本計画システム

基本計画とは毎日定期的に運行される列車の運行計画であり、一般的に“ダイヤ改正”という名で市販の時刻表等に掲載されている。基本計画システムの機能一覧を表1に示す。当社は、1991年以降、列車ダイヤ作成、運転曲線作成、時隔曲線作成、車両運用計画作成、そして乗務員運用計画作成と技術開発を進めユーザーに提供してきた。システム導入の結果、短時間で質の高い計画の立案及び時刻表などの帳票自動作成が可能になり、好評を得ている。最近では、汎用データベースを導入して輸送計画システムが保有する計画情報データを運輸関連部門間で共有化する方向であり、当社も開発を進めている。

### 3.2 波動計画システム

波動計画は、行楽多客期や団体などの臨時列車の運行計画である。鉄道会社によっては“運転報”と呼ばれる書類で変更内容が関連部門に達示される運用が一般的である。

運転報は再変更に対し前回の変更結果からの差異を記するため常に変更履歴を保持する必要がある、したがって、波動計画システムの主機能である変更箇所抽出と変更の発生順管理の両機能に複雑なアルゴリズム開発が必要であった。また、波動計画システムでは、毎日作成される計画立案データを最低でも一年半以上保持する必要がある、大容量ディスクが必要であった。さらに、ある日の計画を作成するのに前日・当日・翌日の最低3日間の計画データを基に処理する必要がある、CPUパワーと大容量のメモリが必要であった。しかし、近年の計算機技術の適用により、これらの技術的課題を克服することができた。今後、鉄道会社の協力と指導の下に、過度に複雑化している運転報の在り方を見直し、システム搭載機能の整理を行っていくことが必要である。

なお、最近開発した波動計画に関連するシステムとして、保守作業管理システムがある。保守作業管理システムは、線路閉鎖、現示停止などの保守作業計画を立案する機能と、

表1. 基本計画システムの機能一覧

機能	概要機能
運転曲線作成	車両性能特性、駅構内配線、駅間信号機建植条件、曲線・勾配等路線条件等のデータを基に一列車を指定の区間を走行させた場合の走行曲線と駅間運転時分を求める。
時隔曲線作成	先行・後続列車間に必要となる最小時間間隔を算定する。併せて、信号機建植位置や現示方式を検討し、高速・高密度運転の実現方法を策定する機能を持っている。
基本列車ダイヤ作成	列車の各駅での着発時刻を策定する。運転時分・時隔等を用いた編集機能と、番線競合等の不合理を検出するチェック機能を持っている。
車両運用計画作成	列車ダイヤを基に、車両運用及び検査計画の立案を支援する。走行キロ算定機能、検査周期や車両の未充当チェック機能などを持っている。
乗務員運用計画作成	列車ダイヤ車両運用を基に、乗務員運用計画の立案を支援する。労働時間の算定機能、就業規則や乗務員の未充当チェック機能などを持っている。

作業申込み受付及びその伝達機能からなる。汎用データベースとWeb応用技術を用い、指令所と現場端末間で情報の伝達を行うことで、経済性に優れたシステムを実現した。

### 3.3 充当計画システム

充当計画システムは、車両充当計画システムと乗務員充当計画システムに大別される。このシステムでは、当日の充当に必要な車種と編成数、乗務区間と乗務員数等を計画する。上記計画データを得て、基地では、走行実績、台車検査期限、検査工程計画等を加味した最適な車番を列番に割り当てる。また、運転区所や車掌区所では、乗務員の勤務体制や勤怠管理に基づいて、乗務員運用に属人を割り当てる。充当計画業務に対しては本社計画部門と基地や区所との緊密な連携が要求され、現業部門と計画部門とを統合したシステム化、ネットワーク化やデータベース化を進めている。

## 4. 指令支援システム

### 4.1 運転整理・車両運用支援システム

従来の運転整理支援システムは、運行管理システムの中の運転整理機能として実現してきた。最近では、運転整理と車両運用とを連携処理する運転整理・車両運用支援システムとして発展独立している。運転整理・車両運用支援システムは、ベテラン運転指令員の業務ノウハウをシステムに取り入れ、ダイヤと運用の乱れを予測し変更提案を自動的に行う。これにより、整理内容の均一化と質の向上に寄与する。いずれも列車ダイヤ及び車両運用ダイヤのグラフィック表示を基に変更入力・変更操作が可能であり、高速グラフィック処理、高速データ処理を行う結果、数秒の応答性を得ている。

従来の運転整理支援システムでは駅単位の列車運転予測を取り入れてきたが、現在では、軌道回路単位予測技術を確立した。このシステムにおいて特長的な列車運転予測処理について以下に述べる。

#### 4.1.1 駅単位予測方式

駅単位予測においては、最小走行時分、最小運転時隔、最小停車時分、最小折り返し時分などを使ってダイヤ乱れを予測する。約40駅の路線における向こう3時間分の運行状態を数秒間で予測できる特長がある。

#### 4.1.2 軌道回路単位予測方式

前記方式に対して次の要求があり、軌道回路単位予測を開発し製品化した。

- (1) 駅間走行中の列車の遅延を、次駅に到着する間も予測に反映したい。
- (2) 駅間で列車が輻輳(ふくそう)している場合の入場/出発予測をより正確にしたい。

この予測は、列車の運転速度条件と信号システム条件を取り入れ軌道回路単位で列車の運転状態を精度良く予測す

る方式である。駅間が長く、列車ダイヤの運転時隔を短くし、高速高密度運転を実施している路線に適している。図3に示すように、列車運転状態監視機能と軌道回路単位予測機能の大きく二つの機能からなり、両者連携しあって精度の高い列車運行を予測している。

4.2 乗務員運用整理支援システム

4.2.1 システムの特長

乗務員運用整理支援システムはダイヤ乱れ時の乗務員運用変更を支援し、変更に対する手配業務を軽減することを目的とするシステムである。システムを概念を図4に示す。

このシステムは以下の特長を持っている。

- (1) 労働条件や運用上のルールなどをシステムに取り込み、ダイヤ乱れに伴って生じる乗務員運用の乱れの検出及び自動提案することで、従来は区所に対応していた運用変更を指令で集中的に対応できるようにするとともに、計画者の経験による整理結果のばらつきを極力少なくする。
- (2) 乗務可能な乗務員を把握するため乗務員の勤務状態を自動的に把握できるようにすることで、従来の電話などによる手段と比較しその作業を大幅に軽減する。
- (3) 変更の生じた乗務員に対し携帯端末によりリアルタイムに変更行路を通知することで、従来の電話やFAXなどによる現行手段と比較し、その負担を大幅に軽減する。

4.2.2 システムの機能

(1) 乗務員運用シミュレーション機能

ダイヤ乱れの予測結果と労働条件や運用上のルール等のデータを用い、乗務員の運用の乱れを検出し回復案を自動提案する。表2に示す7機能を持っている。

(2) 乗務員位置(勤務状態)管理機能

乗務員の立ち寄り個所に無線LANのアクセスポイントを設置し、乗務員に持たせた携帯端末からのデータをアクセスポイントがとらえている場合、その携帯端末を所持している乗務員を“在場”として管理する。アクセスポイントからとらえられなくなった場合、その乗務員を“移動”として管理する。乗務員運用シミュレーション機能で乗務員が不足している場合に、この位置情報を基に在場乗務員を見付け出し利用する。

(3) 行路変更通知機能

乗務員運用シミュレーション機能で作成された運用変更情報に基づき、行路が変更になる乗務員に対しその携帯端末に無線LANを利用して変更行路情報を送信する。

4.3 車両指令支援システム

列車運行乱れの要因となる営業線車両故障復旧、火災・地震等における指示連絡調整などの車両指令業務の迅速な対応を支援するシステムである。

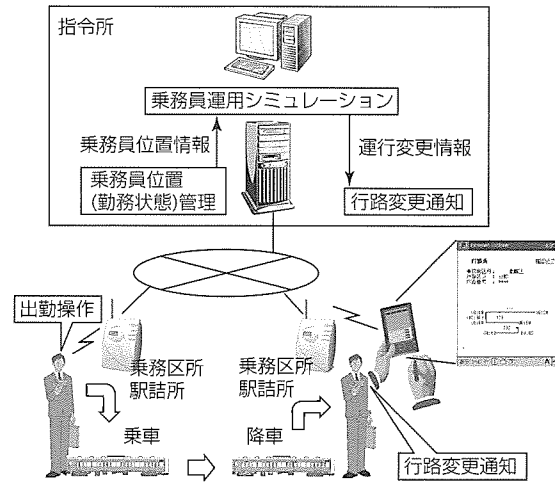


図4. 乗務員運用整理支援システム概念

表2. 監視機能一覧

機能名称	機能内容
乗務キロ・乗務時間監視	定められた乗務キロ又は乗務時間を超過しないように所属乗務区までの行程となるよう行路切断を提案する。
最終行路監視	ダイヤ乱れによって乗務範囲が変更となった結果、乗務員の最終行き先地が計画最終行き先地と変わった場合、計画地に帰すために、乗務又は便乗の行路とを提案する。
乗務員未充当監視	当初現在の最終行き先地で任務終了となっていた乗務員が、未充当になっている行路をもう一度担当できる場合は、優先して行路つなぎの提案を行う。
乗務員遅延監視	当該行路に対して、乗り継がない次行程の切断を提案する。
乗務員運用矛盾監視	運休等による列車ダイヤとの矛盾が生じる前の行程で切断する提案を行う。
1連続乗務時間監視(将来)	規定の連続乗務時間を超過する場合、当該行程内の乗務区で行路切断を提案する。
食事時間監視(将来)	規定の食事時間帯を超過する場合、当該行程内の乗務区で行路切断を提案する。

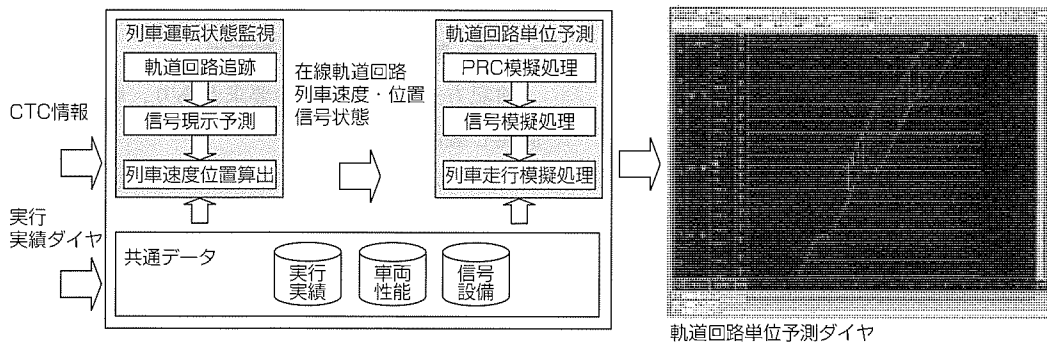


図3. 軌道回路単位予測方式



#### 4.3.1 特 長

- (1) 迅速な車両指令業務支援のため1台の表示装置に操作画面を表示し、同時に、車両の回路図、画像などの故障復旧関連情報などを別表示装置に表示する。
- (2) 新たな故障事象や新車導入や路線拡張等に対応できるように、故障復旧関連情報データ(コンテンツ)の追加・変更をユーザーに開放している。
- (3) 実際に発生した故障事例に基づき教育シミュレーションすることができる。

#### 4.3.2 機能説明

##### (1) 車両故障支援機能

車両指令員が列車無線等で得た営業線故障状況情報をシステムに入力する。システムは、故障復旧マニュアルを提示し復旧支援を行う。また、システムのデータベースに画像・音声などマルチメディアを駆使した関連情報や類似故障情報が登録されていて、指令員の要求に応じて必要情報を検索し表示する。操作実績を教育シミュレーション用の故障事例として登録することができる。

##### (2) 異常時支援機能

異常気象、地震、火災などの情報に応じて異常時のガイダンスを表示する。また、軌道回路情報やき電系統図等を表示する。

##### (3) 車両情報表示システム

車両編成、車両搭載機器などを画面表示する。運用者が実際の車両機器配置等を具体的に確認できるように、写真画像などを用いてコンテンツを作成・編集できる。また、データ間に関連付けすることができるので、必要な箇所をより詳細な画像で表示させることができる。

##### (4) 教育シミュレーション機能

想定故障を入力することにより教育訓練シミュレーションをすることができる。シミュレーションモードには、教官が故障事例、状況を提示し、生徒がそれに従って訓練する“2人モード”と、代表的な故障事例を見ながら単独で行う“1人モード”がある。

##### (5) コンテンツ編集機能

車両故障支援機能、教育訓練シミュレーション機能、及び異常支援機能で使用するコンテンツを編集(追加、削除、訂正、データの関連付け)することができる。

#### 4.3.3 今後の拡充機能

##### (1) コンテンツの拡大

音声や動画を扱うシステムとする。異常時の対応方法などは文字情報や写真などよりも動画によるガイダンスが分かりやすい。動画はビデオカメラ等で容易に作成・編集できるようになったので、コンテンツに動画を扱えるように機能拡張していく。

##### (2) 検索機能の拡張

図面名や報告書名は忘れたがキーワードを記憶している

場合に、キーワードで図面上の名称や報告書の内容を検索し、対応する図面や報告書を取り出す検索機能を追加する。

#### 5. 運行情報制御システム向けプラットフォーム (MELLISA)

当社は既に二十数年にわたり数多くの運行管理システムを電鉄ユーザーに対し納入し稼働させてきた。この間に、計算機技術は大きく進歩した。リアルタイムUNIXが本格的に普及し始めたころ、参考文献(1)等に示すごとく当社は運行管理用標準計算機プラットフォーム構築を行い、以降の製品に適用してきたが、計算機技術の向上は、頻繁な機種変遷・OS変遷をもたらしてきた。いったん導入されれば十数年間稼働し、そのために保守の継続性が不可欠である運行管理システムにとって、これは好ましいことではなかった。このため、今後十数年を視野に入れ日々進歩する計算機技術に対応するために、在り方を見直し、新しい運行情報制御システム向け計算機プラットフォームを開発した。ハードウェア、OS、及びミドルウェアの基本構造を崩さずいつまでも長くユーザーに使っていただくという思いを込めてMELLISA (Mitsubishi Electric Long-Lived Intelligent System Architecture)と名付けた。

以下、MELLISA(図5)の開発思想について述べる。

##### 5.1 世界標準アーキテクチャの採用

OSにはリアルタイムLinuxを採用した。ねらいは、これまでの商用OSで見られた供給元事情による頻繁なOS改版の影響を避け、システム製品出荷時のOSを自ら維持していくことにある。運行管理システムのように長期間の寿命を持ち運転開始後も度々システム改修がある場合には、出荷時OSの維持が重要である。Linuxの採用に伴い、現在事実上世界標準となっているIAアーキテクチャを採用した。心臓部となるCPUとチップセットには、計算機の長期安定生産を図るために、産業用途のエンベデッドタイプを用いている。ミドルウェアにはこれまでUNIX系OSの上で構築したデータ管理、プロセス管理など鉄道制御用標準ミド



図5. MELLISAの外観

ルウェアをLinux対応に見直し適用した。以上の結果、これまでに製作したアプリケーションソフトウェアがほぼそのまま適用できることとなった。

### 5.2 リアルタイム性の維持

運行管理システムにおいては、運転の乱れに対応してメガバイト単位のダイヤファイルを短時間で更新する(運転整理)処理や、定期的に外部の信号制御用の装置に対して情報を入出力する実時間処理が不可欠である。汎用Linuxの場合、処理の実時間性を期待できない。今回MELLISAに採用したOSは、リアルタイムスケジューラとプリエンブティブカーネルを持っている。OSの採用に際し次のような処理モデルを構築し周期起動プロセスの追従性を評価した。

- (1) プロセス：大容量ファイル进行处理のプロセスと実時間クロックで起動されるプロセス
- (2) 周期：500ミリ秒と50ミリ秒
- (3) CPU負荷率：ファイル処理時のCPU負荷率を50～80%、平均60%となるよう設定。3分間に一度100%負荷状態を設定

以上の結果、追従性に問題がないことを確認した(図6)。汎用Linuxの場合、100%以上の遅延(起動抜け)が見られた(図7)。

### 5.3 高信頼性・高可用性の追求

MELLISAは分散型システムにも適用できるように中央装置と駅装置の二種類設けた。いずれもホットスタンドバイ二重系を採る。大容量ファイルの管理が必要な中央タイプに対し2台の40Gバイト固定ディスクによるRaid 1構成とした。一台が故障しても活線交換でき、交換後自動復旧可能である。また、無人運転の駅装置に対しては機械動作のない1Gバイトのシリコンディスクを採用した。以上の配慮により、故障しにくい、故障してもその影響を局所にとどめ運転継続を図るシステムを実現している。

### 5.4 32ビットCPU搭載RASの採用

MELLISAに使用する計算機には32ビットCPU搭載RASを搭載している。RASはウォッチドグタイマ等を備え計

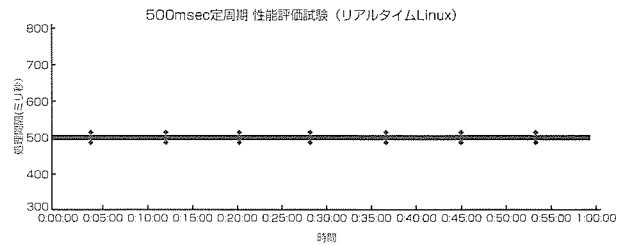


図6. OSの実時間応答性測定(採用OS)

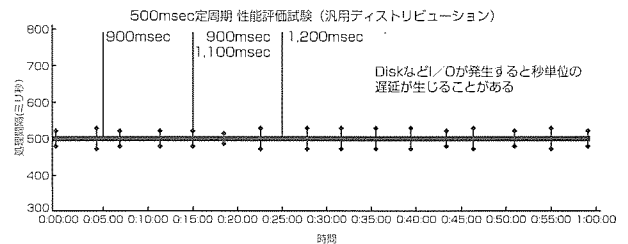


図7. OSの実時間応答性測定(汎用Linux)

算機の運転状態と運転環境の監視機能を持っているが、処理部とは独立したCPUを持たせることにより計算機処理部のCPUが停止してもその故障情報を把握できる。RASに具備された通信ポートを用いて、外部の保守部門に故障情報を通知することも可能である。以上により故障部位の特定が可能であり、故障時の復旧に要する時間短縮が可能となる。

## 6. む す び

鉄道輸送は、安全で正確な列車の運行を経済的に実現し、利用客へのサービスを向上して、更なる発展が望まれている。当社では、これまでに培った開発技術と運行業務ノウハウを生かし、最新技術や汎用技術を駆使した運行情報制御システムを提供していく所存である。

### 参 考 文 献

- (1) 館 精作, ほか: 鉄道における運行情報制御システム, 三菱電機技報, 72, No.6, 499~505 (1998)

# 今後の車両基地システムへの取り組み

## 要旨

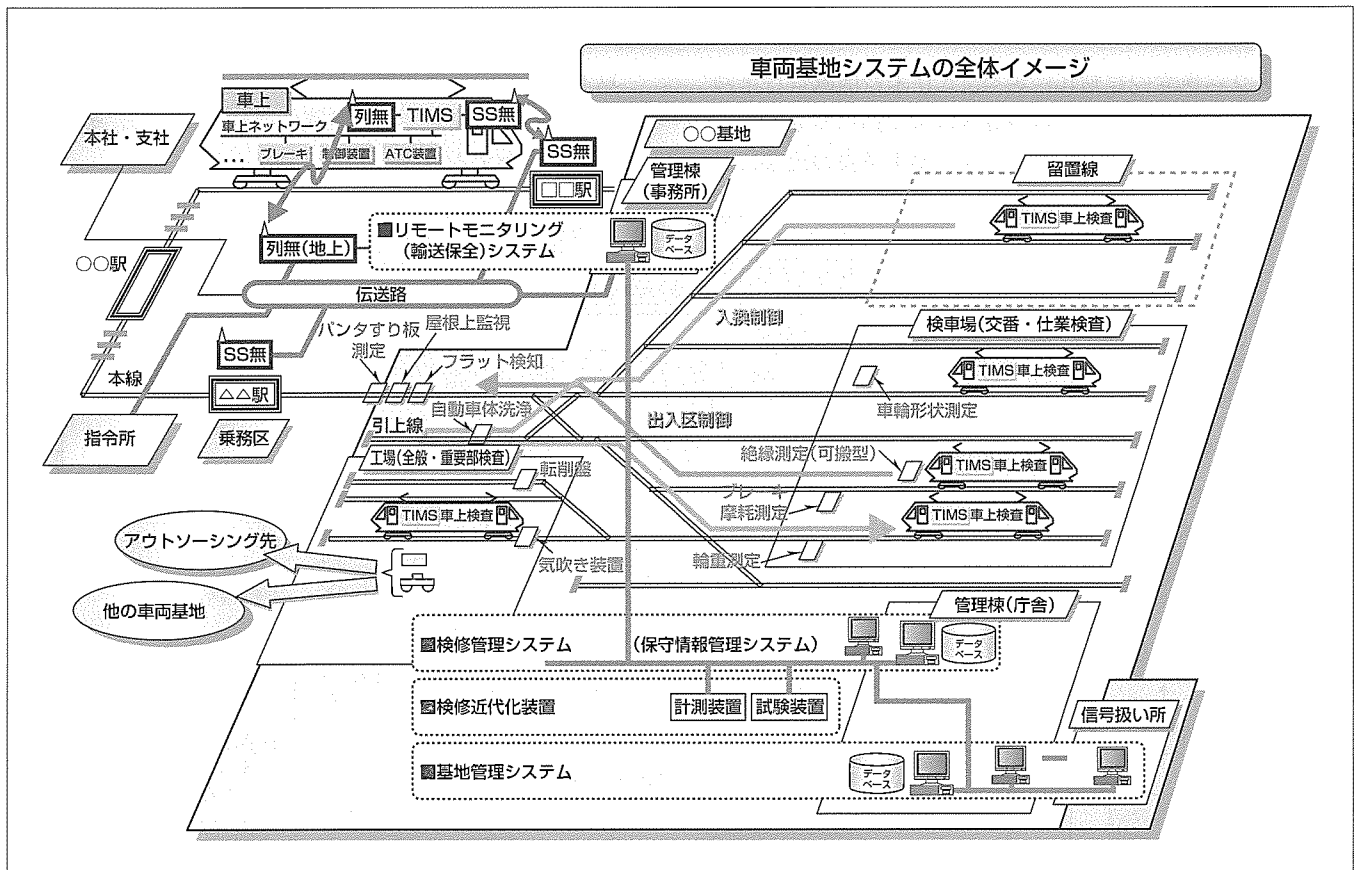
鉄道の車両基地では、列車が安全・快適に運行できるよう保守・点検を定期的に行い、また、故障発生時には修理を行っている。1990年代になって、基地の業務における“きつい”“汚い”“危険”のいわゆる3K作業の改善や計画・管理業務の効率化が要求されるようになった。

三菱電機では、車両搭載機器に対する各種試験装置及びセンシング技術を応用した床下・屋根上機器の検査・計測装置の開発、車両運用計画、構内作業計画、検修管理といったシステム製品により、現場作業、スタッフ業務、データ管理など基地の業務改善に貢献してきた。しかし、これらの導入による効率化は、個別業務の改善にとどまっている場合が多く、基地全体の業務改革を進めていくことが今後の課題である。

当社では、①システム間のデータ統合(シームレス化、

移動体通信)、②データの活用による予防保全(データマイニング)、及び③従来から取り組んでいる計測や作業の自動化による現場作業支援(検修近代化)、これら3つの機能を柱とした基地システムの構築に取り組んでいる。

基地全体の統合化は、次の4つのシステムを核として構築する。①走行中の車両からリアルタイムで車両状態情報を入手し輸送保全を支援する“リモートモニタリングシステム”、②データマイニング等の新技術を用いて車両の検修データを管理し予防保全に活用する“検修管理システム”、③車両充当計画・構内作業計画・構内入換え等を一括管理する“基地管理システム”、及び④現場での検査・試験・入力作業を支援する“検修近代化のための検査・計測装置”。ここでは、この4つのシステムの概要について紹介する。



## 車両基地システムの全体イメージ

図は、典型的な車両基地の形態に、今後統合化していくべき運用中の車両、指令所、駅、本社などとの関係を示したものである。図に点線枠で示した4つのシステム(リモートモニタリングシステム、検修管理システム、基地管理システム、検修近代化)を核に、基地システムの統合化に取り組んでいる。

### 1. ま え が き

車両基地では、車両が所定の性能、機能を保持して安全、迅速、快適な運転ができるよう定期的に仕業(列車)検査、交番(月)検査、重要部検査、全般検査などの車両検修業務を行っている。1990年ごろから検査現場における3K作業の追放、作業効率の改善、及び基地業務全般のコスト低減が課題として取り上げられ、当社は、これらの解決に向けて積極的に取り組んできた。

現場作業に対する1つの回答は電動機、制御器、ATCなど車両搭載機器に対する各種試験装置であり、古く1980年代から現在に至るまで数多くの納入実績を誇り、ほとんどの車載機器に対応した試験装置を製品化している。第2は、レーザ、超音波、画像処理などのセンシング技術を応用することによって床下・屋根上機器の計測・点検作業を自動化した装置群である。パンタグラフすり板計測、車輪形状計測、車軸探傷などは、各地の検車業務を行う基地へ導入され現場作業の改善に貢献している。

基地のスタッフ業務に対しては、車両運用計画システム、構内作業計画システムといった個々の計画業務を自動化するシステムを提供し、車両・機器台帳、検修データ、検修計画などをデータベースで管理する検修管理システムを提供してきた。

このように検査の自動化による3K作業の削減と作業効率の改善、及び個別システムの導入による個々の業務の効率化がなされてきたが、多くの場合、個別業務の改善にと

どまっている。

これは、基地内の個別管理システムごとに情報が閉じているためデータが十分有効活用できておらず、基地全体の業務改善を妨げていると考えられる。そこで当社では、①各システム間のデータ統合、②データの活用による診断・予防、及び③従来から取り組んでいる計測や作業の自動化による現場作業支援(検修近代化)、の3つを今後の基地業務改革の課題としてとらえ、これらを解決するシステムの構築に取り組んでいる。

### 2. 車両基地の業務と提案するシステム

図1は業務中心に車両基地を表現したものである。2点鎖線が車両基地の業務範囲を示し、基地外の関連リソースとして走行中の車両、運転指令所などがある。実線枠内が各業務であり、矢印がデータの流れを示している。図に示す3つのシステム(リモートモニタリング、検修管理、基地管理)に検修近代化を加えた4つを核として、基地全体を統合化する基地システムを提案する。①走行中の車両からリアルタイムで車両情報を取得する機能、②検修データや車両情報を用いて統計・解析を行う機能、③各業務間のデータの統合・共有化による転線作業の自動化又は支援、④検修現場での検査や入力などの作業支援等がこのシステムのポイントとなる機能である。

以下、今後の車両基地の核となる3つのシステムと検修近代化のための検査・計測装置と設備について、それぞれの概要を紹介する。

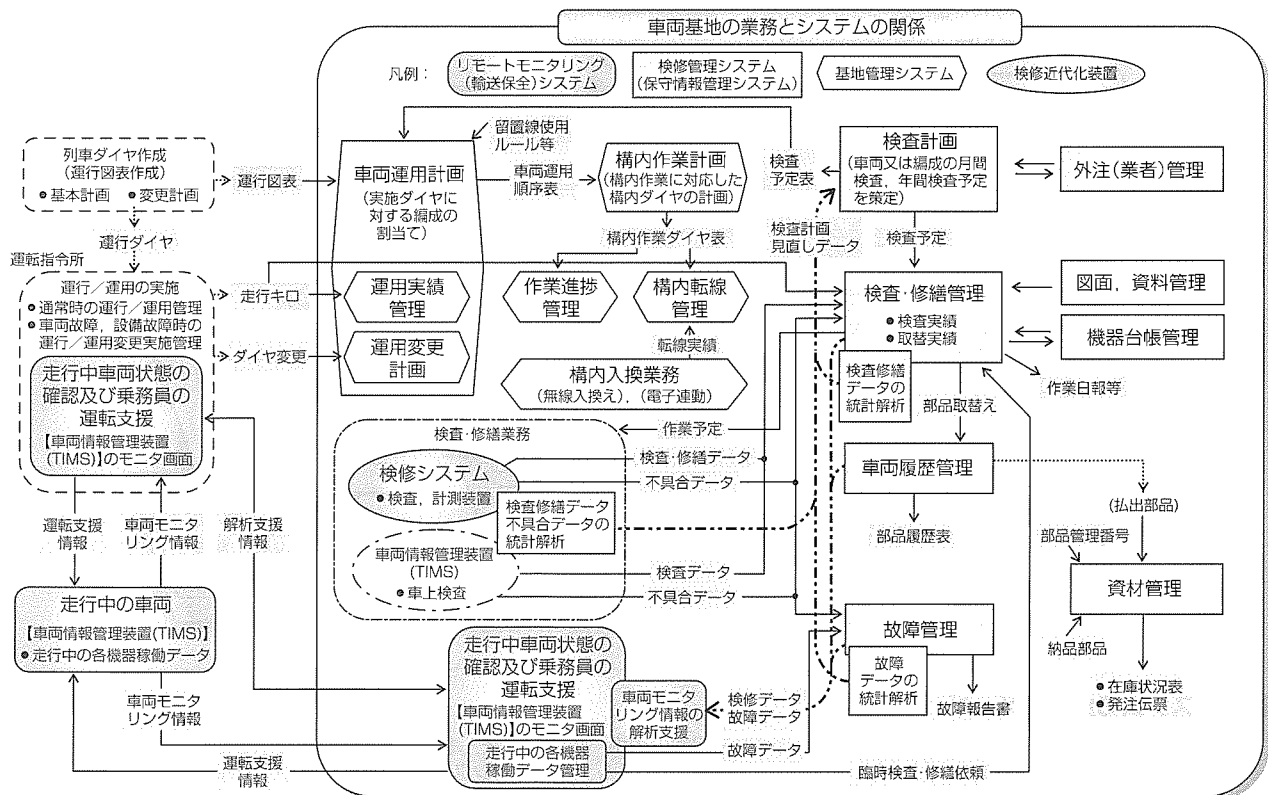


図1. 車両基地の業務とシステムの関係

### 3. リモートモニタリングシステム

車両に搭載された車両情報管理装置(略称：TIMS)の持つ車両状態や故障などの情報を地上側で取得し、乗務員、指令所、車両基地の間で情報を共有化し、早期復旧の支援や故障予知に活用することを目指すシステムである。車上-地上間の情報伝送には、デジタル化列車無線、携帯電話網、ミリ波通信システム、SS無線等を使用する。これらはもともと別用途に敷設されることが多く、その通信設備を共用することによって設備コストを抑えることができる。

このシステムの主なねらいを以下に示す。

- (1) 指令員、検修員が乗務員と同一の車両モニタ情報を共有し、故障発生時に地上側から復旧を支援する。
- (2) 走行中の車両や機器の動作状態を地上側で観測し、地上側で車両の異常を発見し故障を未然に防ぐ。
- (3) 車両検修データベースとリンクし、運用中の車両の異常診断や故障予知を自動で行う。
- (4) 従来の検車庫における静止状態での検査データのほかに、走行中に収集したリアルタイムデータを活用することにより、検査周期の延長、検査項目の削減につなげる。

図2に、リアルタイムで取得した車両モニタ情報の地上側端末での画面例を示す。

次ステップとして、検修管理システムとの連携により取得したデータと過去の蓄積されたデータベースを用いて、車両状態の自動診断や故障予知などの予防保全機能を実現することを目指した開発を行っている。車両側TIMSの状態情報(電圧、電流、加速度、走行距離、ブレーキ制御量、圧力、温度、スイッチ動作回数など)を分析し、電気的特性に関する相関を解析して予防保全へ活用していく。一例として、設計基準値との比較や項目ごとの積算値と過去の故障発生状況の相関関係によって機器の寿命や取替え時期の予測が可能になる。なお、車両に標準的に装備されているTIMSにとどまらず、異臭や振動といった故障との関連が深い事象を検出するために、車両側に専用のセンサを取り付けることも今後の課題である。

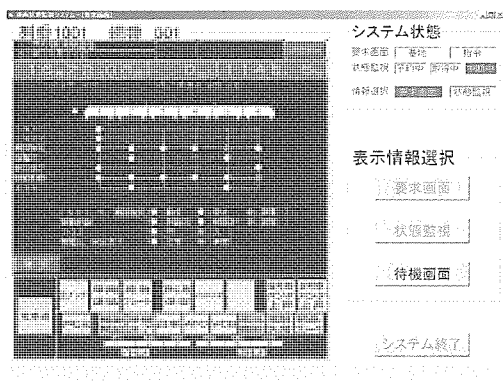


図2. 基地からの車両モニタリング画面例

### 4. 検修管理システム

検修管理システムは、車両・機器の台帳管理、検査・修繕の計画管理、検査・修繕の履歴管理など、工場・区所の検修データを共有化してカルテの形で一元管理する。検修データは、自動化された試験装置や計測装置からの測定データとしてオンラインで自動的に取り込む。

同種のシステムは従来から存在し、専用のプログラムを搭載したクライアント/サーバで構築されていた。今回、Web技術を適用しデータベースへのテンプレート導入を図った。汎用のWebブラウザを用いてクライアント側で表示・編集可能とした結果、特定の端末機を必要とせず、ネットワークに接続してどこでもデータの閲覧・入力が可能となり、運用面の柔軟さを確保した。システム改造が必要となっても、Webサーバ側1か所の改修で対処できる。また、サーバのデータベースにテンプレートを適用した結果、管理対象の車種や機器の追加・変更に対しても、ユーザー自身が簡単に対応できるようになった。

管理対象データは電子情報として保管しペーパーレス化されるが、現場には人による入力作業が多く残っており、これらに対しては以下の方法で入力作業を支援する機能を持たせている。

- (1) データ入力の効率化：PDA等の利用
- (2) 手書き書類の文字認識
- (3) 音声による入力

従来は検修データを管理することが目的であったが、今後は、蓄積されたデータを解析することによって、消耗品取替予測、故障予測、故障原因の分析と対策など予防保全への活用も重要になる。このため、データベースの検修データや車両モニタデータの整理、抽出、解析に関する開発を行っている。

### 5. 基地管理システム

従来車両運用計画システム、構内作業計画システムという独立のシステム製品であったものを中核として、基地PRC(構内進路制御)、在線表示機能、作業進捗(しんちょく)管理機能等に加え、基地内の車両運用に関係する業務を統合したシステムである(図3)。

このシステムでは車両基地での構内作業の計画及び信号制御を一括管理し、以下のような効率化を実現する。

- (1) 作業計画自動作成による計画作成業務の省力化
- (2) 信号機自動制御によるてこ扱い操車業務の省力化
- (3) 本線でのダイヤ乱れ、運転整理への迅速対応
- (4) 基地内作業進捗遅れをリアルタイムに構内作業ダイヤへ反映
- (5) 作業進捗の集中監視による現場との連絡業務及び確認業務の省力化

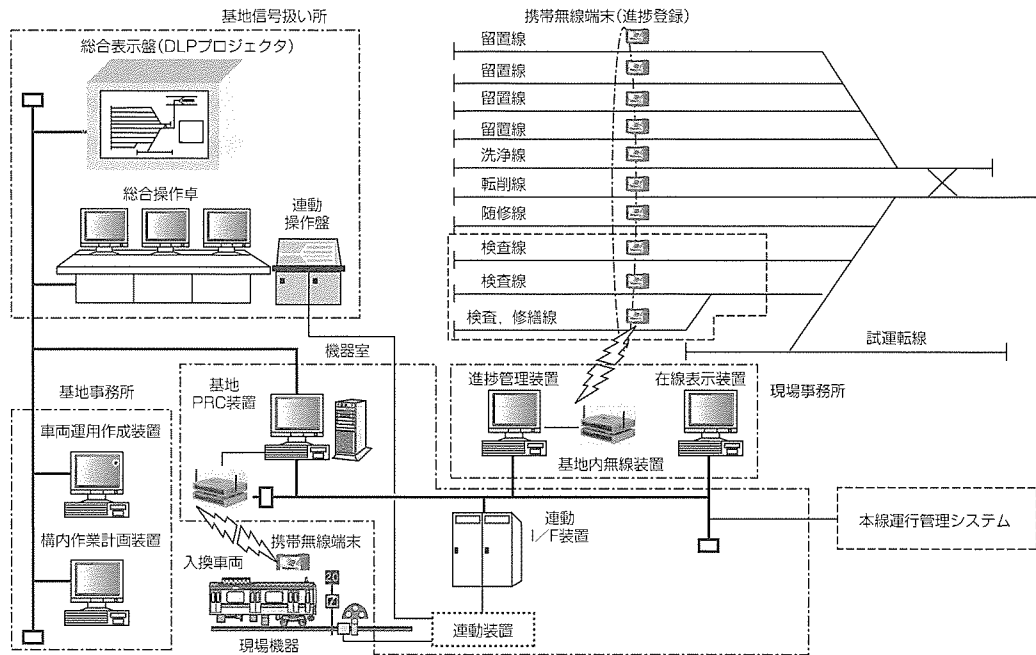


図3. 基地管理システム

表1. 検修近代化のための検査計測装置・設備ラインアップ

※：開発中

車両試験	車両機器試験装置	ATC、ブレーキ、推進装置、駆動装置等の各自動試験装置
床下・屋根上機器の自動検査	パンタグラフすり板計測装置	超音波方式、画像処理方式によりすり板の厚みや異常摩耗を測定
	車両屋根上監視装置	パンタグラフや交流機器の静止画、屋根上全体の動画を記録
	車輪形状計測装置	レーザ光とカメラにより車輪各部の寸法を測定
	ブレーキ摩耗計測装置	カメラによりブレーキ制輪子やライニングの寸法を測定し交換時期を予測
	車輪フラット検知装置	音響センサ又はカメラ画像により車輪踏面のフラットを検知
	車輪自動探傷機	超音波エコーの解析により輪軸内の欠陥を自動検査
車体メンテナンス	塗装剥離装置	環境に影響の大きい溶剤を使用せず高圧水で塗装を剥離
	車体汚れ自動検査装置 ※	画像処理によって車体の汚れ具合を判断し薬剤による洗浄を効率化
	床下機器気吹き装置 ※	床下機器の気吹き作業を自動的に行う
訓練・教育	故障処置訓練シミュレータ	乗務員が運用中に遭遇した車両故障に対する処置能力をパソコン上で訓練

現場作業員、構内運転乗務員に携帯端末を持たせることによって、それぞれ作業員からの進捗入力と作業員への作業指示、運転乗務員側から進路の要求と確保状況の確認ができる。これにより、従来の会話による連絡に比べて迅速・確実に伝達ができるようになる。

また、当社のこれまでの保有技術を用いて、ATOを備えた車両の基地に対しては、入換え・回送を無人運転で行い配操車業務を省力化するシステムも実現可能である。

## 6. 検修近代化のための検査・計測装置と設備

前述したように、現場での3K作業を機械によって自動計測し、検修係員の作業を軽減する各種装置の開発・実用化を行ってきた。その主なものを表1に示す。

1990年代後半から非接触センシング技術による床下・屋根上機器の自動計測装置を実用化し、特にパンタグラフや車輪の寸法測定では±0.5mmという高精度な測定が可能となり、多数の納入実績を誇る。自動計測装置は人の技量に依存せず常に安定な結果が得られるため、高齢化や人員削減による保守技術伝承の問題を解決する役割も担っている。

最近では、環境に配慮した塗装剥離(はくり)装置など車体メンテナンス関連の装置の開発も行っている。

## 7. むすび

以上、今後の車両基地業務の課題とその解決に向けた提案、及び核となるシステムの概要について述べた。車両基地は規模、構成、業務内容の点で様々な形態のものが存在しており、今後とも各個別基地ごとに最適な魅力あるシステムの提案・開発を進めていく所存である。

## 参考文献

- (1) 大槻幸吉, ほか: 新幹線車両基地の進路制御の自動化について, 第34回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム
- (2) 本多隆一, ほか: パンタグラフすり板計測装置の開発, 同上シンポジウム
- (3) 永尾俊繁, ほか: 車輪踏面形状測定装置の開発, 同上シンポジウム

# 信号保安と列車制御システムの 現状と今後の展望

落合 統\*  
林 成男\*  
明日香 昌\*\*

## 要 旨

信号保安システムは安全輸送の要(かなめ)であり、列車のブレーキを自動的に動作させる列車制御システムと結び付いて、より安全で高密度な運行を可能としている。

三菱電機は信号保安システムにおいては主に車上側の保安装置を製作してきたが、近年では、地上側も含めた信号保安システムの製品化を行っている。

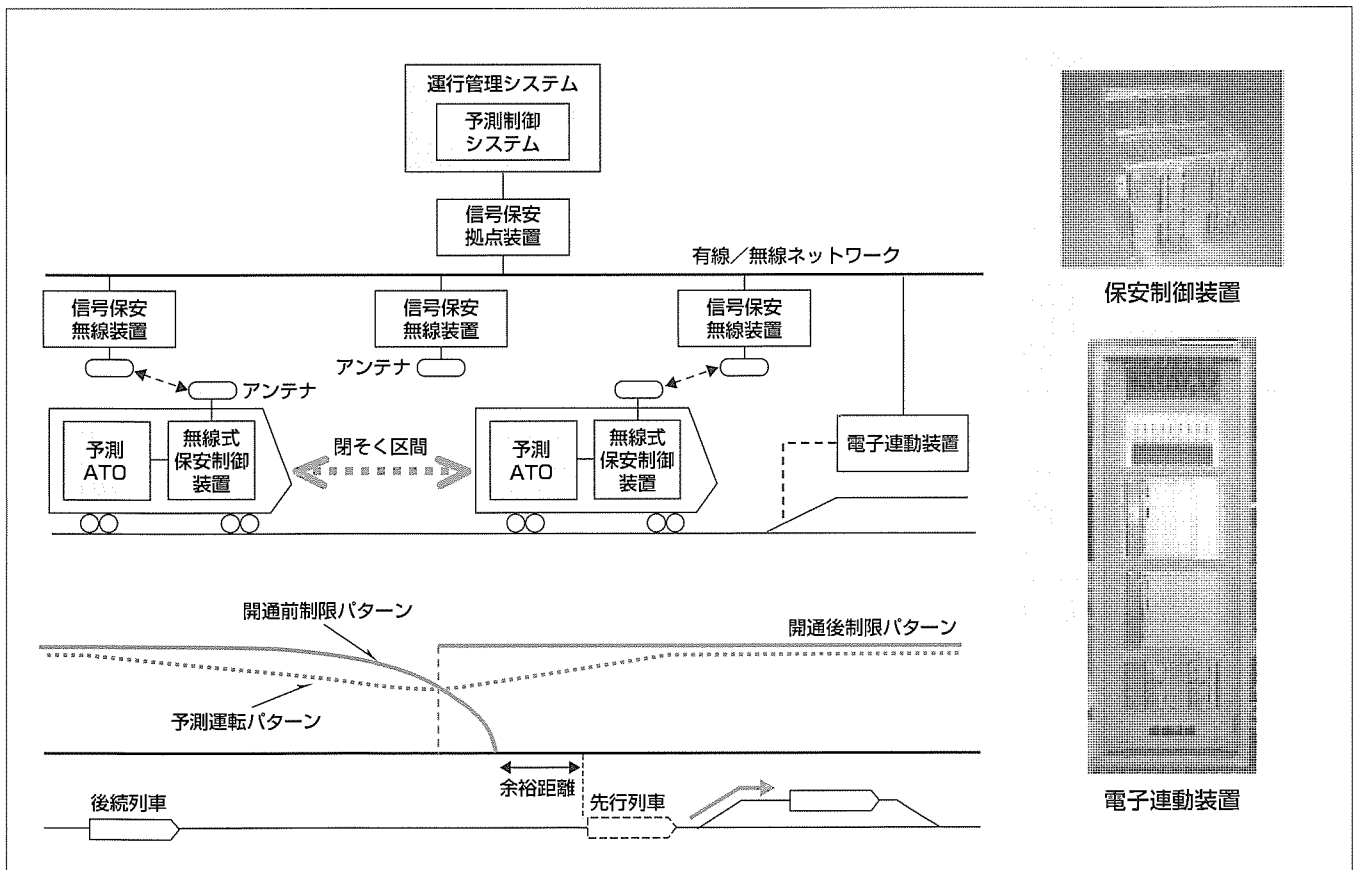
当社で製品化したデジタルATCシステムは、信号伝送にスペクトラム拡散方式を用いることで伝送部のノイズに強くまた伝送の多重化が容易になっており、従来のATCに比べて運転時隔の短縮化、軌道回路の設備費用の低減が可能等の特長を持っている。

一方、無線を応用した列車間隔制御システムは、閉そく区間を先行列車に合わせて移動させることにより高密度の

運転を効率良く行うことができ、かつ軌道回路が不要となるため地上側設備が軽減できるものであり、当社においても次世代信号保安システムとして製品化を進めている。

電子連動装置は従来の継電連動装置に代わって、転てつ機(ポイント)、信号機を制御し、安全に列車進路を構成するものである。安全性・信頼性を追求したデュアルCPU構成のフェールセーフプロセッサを開発し、電子連動論理の中核に適用するとともに、デジタルATCにも適用している。

また、信号保安システムと密接な関係を持つ列車制御システムの最新技術として“予測制御ATO”があり、運行管理システムに運行予測制御を導入することにより、更に運行効率を高めることが可能となってきている。



## 信号保安システムの将来イメージ

信号保安システムは、先行列車の位置を基準として閉そく区間を移動させていく方式となり、無線による信号伝送手段を用いることで、従来多大な設備費用・メンテナンス費用が掛かっていた軌道回路を廃止することができる。また、運行管理システムと有機的に結合して効率の高い予測運転が可能となる。

1. ま え が き

当社は鉄道用信号保安システムとして1961年に車上ATC装置を営団日比谷線に納入したのを始めとして、信号システム及びエレクトロニクスの進展に応じて今日までATC、ATS-Pなどの車上保安装置を主に供給してきた。近年ではデジタル技術の進歩によって地上-車上間で多くの情報が交換可能になったことから、地上システムと車上装置の両方から信号保安システム全体としての高度化が図られるようになってきており、当社においても、列車制御を含めた地上-車上を統合的にとらえた信号保安システム全体の開発を進めている。

本稿では、車上を含めた当社の列車信号保安及び制御技術と最近の信号保安システム全体への取り組み状況を中心に扱っており、2章では信号方式と車上保安装置から見た展開を、3章以降では最近の技術開発成果であるデジタルATC、無線による列車制御システム、電子運動装置、信

号システムと自動運転装置について述べる。

2. 信号保安システムの展開

信号システムの基本は線路に沿った鉄道信号機(Way-side Signal : WS)の視認による運転方式であった。表1に、我が国における鉄道信号方式を示す。また図1に、当社の車上保安装置の技術の変遷を示す。

3. デジタルATCシステム

デジタルATCは、従来のATCに比べて運転時隔が短縮でき、かつ設備費用を低減できる。

図2及び表2に、デジタルATCの基本動作と、当社が開発したデジタルATCシステムの概略仕様を示す<sup>(1)</sup>。

地上側装置は、列車の在線を検知すると先行列車の在線位置に応じて後続列車の停止すべき軌道回路区間を決定し、この区間(停止区間)を後続列車に通知する。車上側装置は、停止区間の情報を受信すると、停止すべき区間の境界を基

表1. 鉄道信号方式

信号方式		概 要 説 明
固定閉そく	変周式ATS	信号機の手前に地上子を設置し、停止信号を現示した場合は車上に通知し、運転士に警報を出す。運転士がブレーキ扱い等の確認操作を行わなかった場合は、ATS装置から非常ブレーキが指令される。
	パターン付きATS (ATS-P)	地上-車上間をトランスポンダで結合し、信号、地点情報を車上に通知する。これら情報に基づき車上で制御パターンを発生させ、このパターンと自列車の位置と速度を比較し、パターンを超過した場合、自動的にブレーキを指令する。
	連続制御ATS	軌道回路又は無線装置により、連続的に車上に信号を送信して、運行効率を高めたシステム。多数必要であった地上子の個数を減らすことで設備費用を低減し、さらに運行効率を上げる方式として今後発展が期待されている。
	階段制御ATC	閉そく区間ごとに制限速度信号を流しておき、列車がその制限速度を超過すると、自動的にブレーキを動作させる。走行区間の制限速度は運転台に表示されることから車内信号(Cab Signal : CS)方式となる。
	1段制動ATC	階段制御方式では各段の終端にブレーキ緩解部分が発生するので、閉そく区間をより細かく区切り、いったんブレーキが動作すれば停止まで緩解しないように区間及び制限速度を設定してより高密度な運転を実現した方式。
デジタルATC	区間長は階段制御と同程度に長くとりながら、車上1段パターン制動方式として高密度運転が可能とした方式。停止区間番号を地上からデジタル情報として受信し、その区間内に停止できる車上1段制動パターンを発生し、これを超過した場合に自動的にブレーキが指令される。	
移動閉そく	無線式列車間隔制御	列車の在線位置検出を車上装置自身で行い、検出した自列車位置を地上装置経由で後続列車に通知することにより、連続して移動していく先行列車後端位置を基準に制御を行う方式。車上側での自列車の位置検知手段としては、トランスポンダにより地点検知を行い、車輪の回転を検知する速度発電機からの信号を積算する方法が一般的であるが、ほかに無線電波の到達時間を計測するものなどが提案されている。

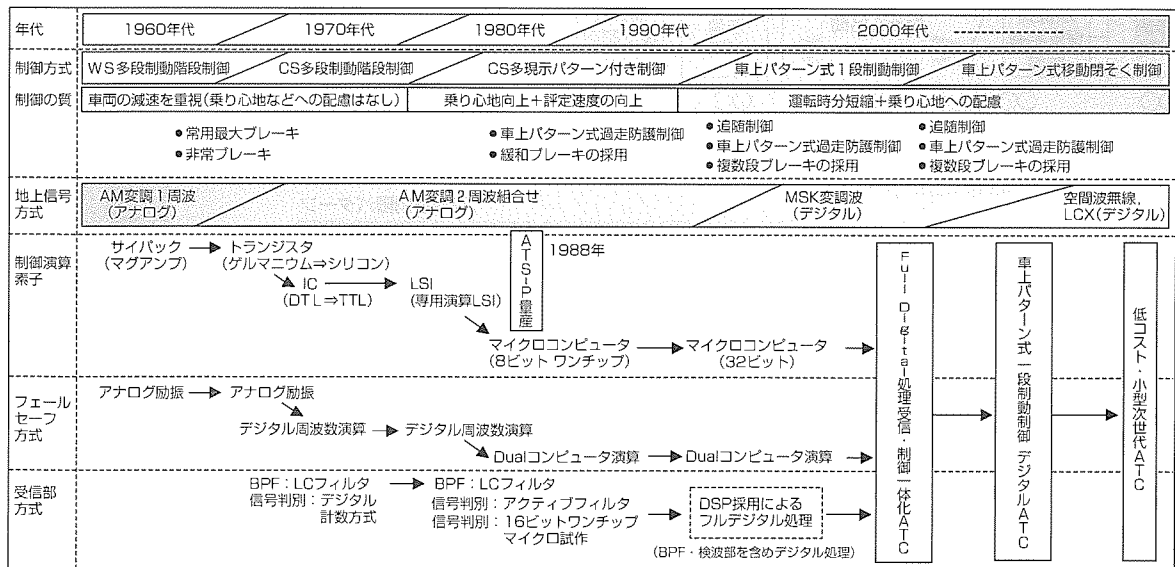


図1. 三菱車上保安装置技術の変遷



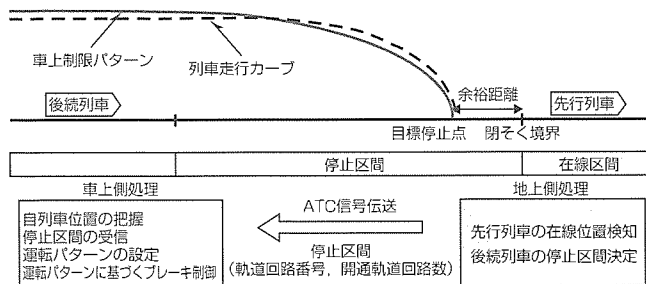


図 2. デジタルATCの基本動作

表 2. デジタルATCの概略仕様

項目	仕様
制御方式	1段ブレーキ制御方式
信号方式	軌道回路伝送, デジタル信号(SS変調)
信号情報	自閉そく番号, 前方開通区間数/停止閉そく番号
速度制限パターン	車上パターン方式 (列車ブレーキ性能に応じたパターン)
速度照査・ブレーキ制御	開通進路情報により車上1段制動パターンを発生 パターンに沿うようにブレーキ指令
列車位置検知	速度発電機(TG)によるパルスカウント トランスポンダ受信による位置補正
運転台表示	ATC速度照査パターン, 前方開通距離, 各種運転情報

準に、一定の余裕距離を確保した上で目標停止点を定め、この目標停止点を基準にブレーキ動作パターンを発生させる。

図 3 に、デジタルATC制御部、論理部、及び後述の電子連動装置の論理部用に開発したフェールセーフプロセッサの基本構成を示す。CPU1とCPU2の演算結果に相違が発生すると、自系正常R(リレー)が落下する。図 4 に、フェールセーフプロセッサ基板の外観を示す。

また今回の開発システムでは、信号の変復調手段としてスペクトラム拡散方式(SS)を用いた伝送方式を採用し、現車試験において優れた耐ノイズ性、高品質伝送が確保されていることを確認した。スペクトラム拡散方式は、本質的にノイズに強い、多重化が容易である、見做(みな)し妨害に強く秘匿性に優れるといった特長を持っており、20kHz以下の信号帯域に4波の独立帯域を持ち、それぞれが300bpsの伝送速度を確保することができる。

#### 4. 無線による列車制御システム

従来の軌道回路を用いた信号システムではケーブル敷設費用が多額であったのに対し、技術進歩の著しい無線を活用して地上側設備を極力低減しかつ連続制御を行う方式が提案されており、当社においても、新しい経済的な信号保安システムとして検討・開発を行ってきた。

自列車の在線位置の検出を車上装置自身で行い、検知した自列車位置を無線を用いて地上装置経由で後続列車に通知することにより、後続列車は連続して移動していく先行列車の後端位置を基準に制御を行うことができる。先行列車の位置を基準として1段制動パターンによる制御が行わ

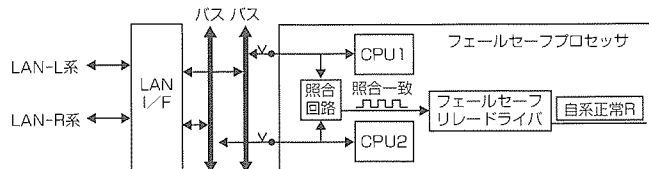


図 3. デュアルCPUによるフェールセーフ構成

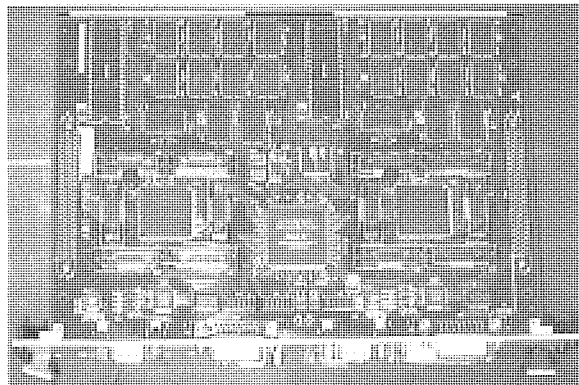


図 4. フェールセーフプロセッサ基板の外観

れるためより高密度な運行を実現することができること、また、軌道回路を必要としないので地上設備費用が低減可能であることにより、今後の信号保安システムとして期待されている。

無線による列車制御システムの例としてJR東日本で開発・実用化を進めているATACSがあり、当社は、デジタル無線送受信装置及び車上制御装置の製作を担当している。

#### 5. 電子連動装置

電子連動装置は転てつ器や信号機等の現場機器を制御するシステムであり、進路制御命令に従い安全に現場機器を制御することが要求される。図 5 に、当社電子連動装置の構成例を示す。各部装置はすべて二重化されて常時2系並列で動作し、一部に故障が発生しても連動機能には全く影響が現れない構成となっている。また、連動処理部、電子端末部は、デュアルCPU構成により高安全性化を図るとともに、最大512進路に対して100ms前後の連動処理周期を実現している。

電子連動装置では駅ごとに異なる連動条件が連動データとして組み込まれるので、図 6 に示すような、連動データや表示制御盤データの作成から連動検査までを統合したツールを開発した。このツールにより、データ作成や試験時間の短縮と品質の向上を図ることができる。

#### 6. 信号システムと自動運転装置

列車制御システムの一つである自動運転装置(ATO)は、連続式信号保安装置によって安全走行が保証された下で走行制御を行うことができる。当社のATOは、“エキスパー

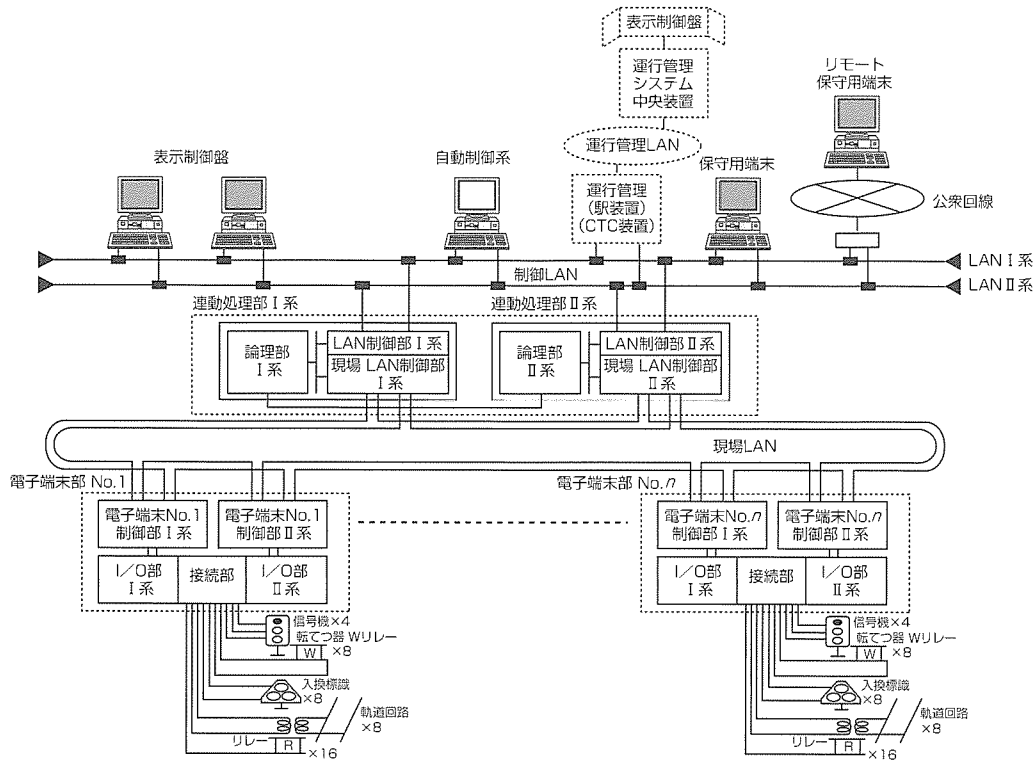


図5. 電子運動装置の構成例

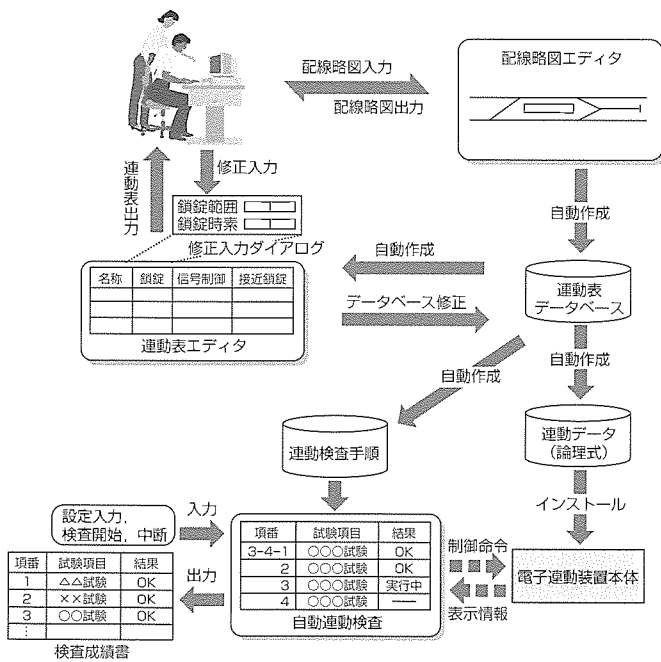


図6. 運動データ作成・検証ツール

トシステム”として、ベテラン運転士を想定した豊富な“知識ベース”を備え、状況に応じて最適な知識を選択して走行制御を行う<sup>(2)</sup>。知識ベースは、信号方式の変化、新技術の導入等に対応して進化を続けており、柔軟に、きめ細かで効率の良い運転が実現できる。

図7に示す“予測制御ATO”では、地上の運行管理システムに“運行予測システム”を付加し、各列車の運転状況を予測演算し、結果をATOに伝送している。ATOは、駅分岐等での進路開通予測時刻を基に、開通時刻に速度を保つ

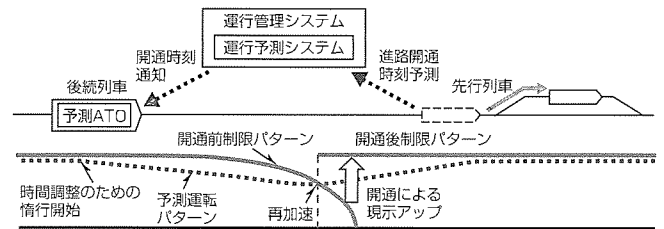


図7. 予測制御ATO

たまま効率良く通過できる走行パターンを演算し、走行制御を行う。これにより、最小の運転時隔を保ったまま、省エネルギー、かつ乗り心地の良い運転が実現できる。

## 7. むすび

以上述べてきたように、新しい信号システムは、高機能化、経済性を求めながら、更に高密度運行が可能なシステムへと移行しつつある。このような状況において、特に当社が得意とする情報、伝送、無線、信号処理技術を活用した製品展開を進め、列車の安全・安定輸送に貢献していく所存である。

## 参考文献

- (1) 岡本誠司，ほか：デジタルATCシステムの開発，第39回鉄道サイバネ・シンポジウム，論文番号620 (2002)
- (2) 飛岡正巳：無人運転システム，電気学会誌，119，No.3，156～159 (1999)

# 最近の鉄道通信システム

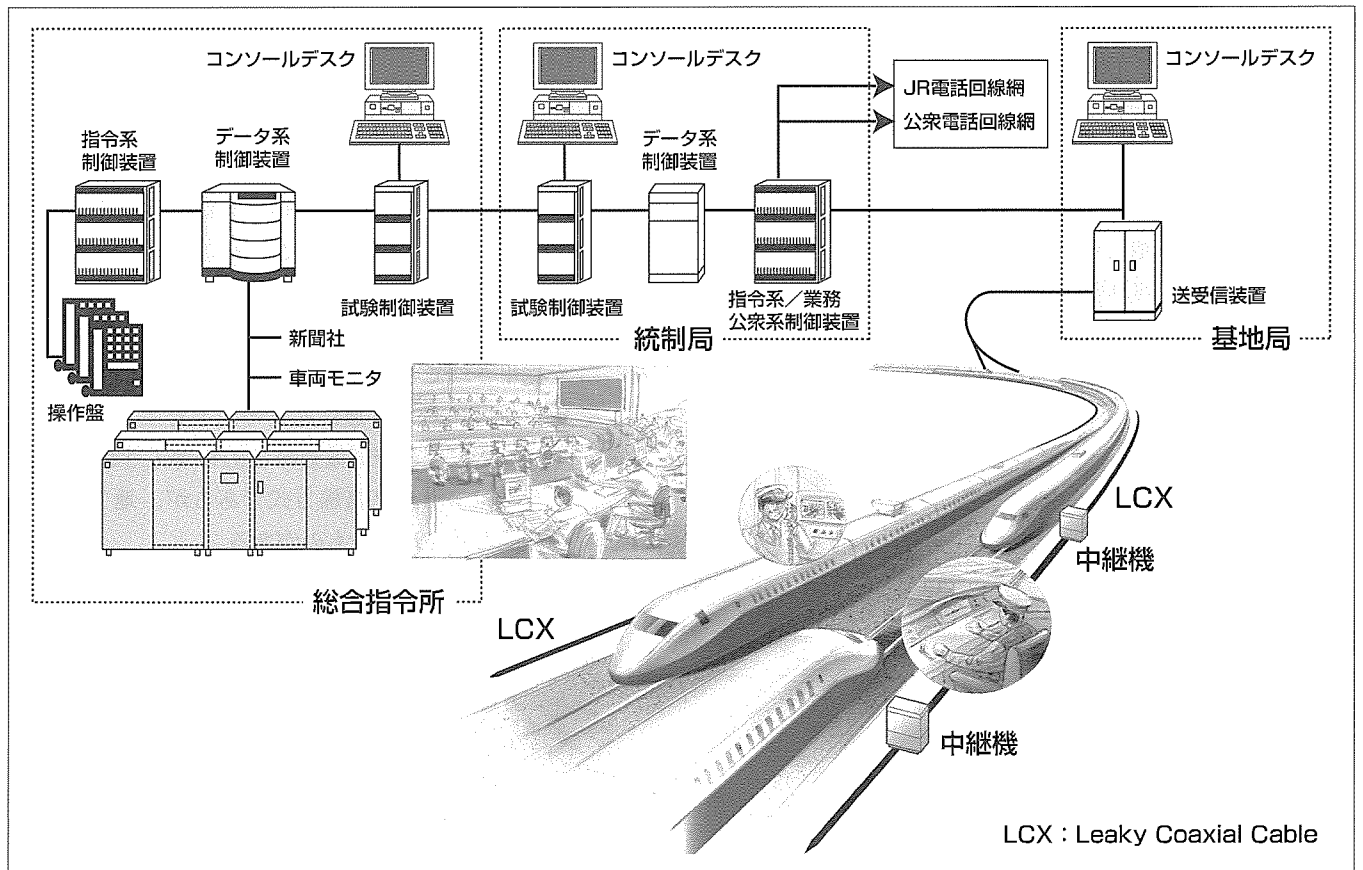
藤岡 滋\*  
 岩根真一\*\*  
 木村尚史\*\*\*

## 要 旨

鉄道における通信システムは大きく“無線系”と“有線系”に分類される。無線系では、地上と車上の連続的な通信手段である列車無線システムのデジタル化が進み、従来の運輸指令員と列車乗務員間の通話連絡手段としてだけでなく、運行管理システムなどの地上システムと車両システムの間での情報伝送を可能とする無線通信ネットワークへと発展し、様々なサービスを実現している。また、ミリ波を応用した大容量スポット伝送の開発も進み、運転席モニタによるホーム監視システムなどに適用されている。さらに、汎用の無線LANや携帯電話・PHSなどの公衆回線網を活用したシステムも導入されている。

一方、有線系については、メタル伝送の高速化及び沿線の光ケーブル敷設が一般的となり、大容量ネットワークが構築されている。最近では、映像情報のデジタル化やIP通信技術の進展により、一つのネットワークで異なるメディアを統合伝送した上、制御系の高い信頼性を要するネットワークと情報系の汎用的なネットワークといった用途別に独立のネットワークを構築する例が増えている。

本稿では、これら鉄道通信システムの動向について、三菱電機が開発し納入している列車無線システム、ミリ波通信システム、光デジタルネットワークを中心に述べる。



東北・上越新幹線デジタル列車無線システムのイメージ図

2002年に更新された新しい列車無線システムは、最新のデジタル無線技術により高品質な音声回線を提供するとともに、高速データ回線を活用して、運転指令通告や車内情報提供、車両技術支援など列車の安全安定輸送を支える新しいデータ系アプリケーションを実現している。

1. ま え が き

鉄道における通信システムは大きく“無線系”と“有線系”に分類される。無線系には、地上システムと列車又は係員が持つ携帯機との移動体通信システムと、マイクロ回線の固定通信システムがある。

本稿では、主として、地上システムと列車間の無線系システムと、有線系システムとして光ネットワークの動向について述べる。

2. 無線系システムの動向

地上システムと列車間の移動体通信システムとしては、従来から列車無線システムが利用されてきたが、最近ではミリ波通信システムや無線LAN又は携帯電話・PHS等の汎用システムも応用されている。

これらの移動体通信システムをアプリケーションに着目してサービスエリア(連続性)と情報量に基づき整理したものを図1に示す。以下に、各々のシステムの動向について述べる。

2.1 最近の列車無線システム

通信技術・計算機システムの発展により、地上設備として運行管理システムや総合情報ネットワークが構築され、業務の効率化、管理の改善、情報の共有化が図られている。

また、車上においても、TIMS(車両制御情報管理装置)等の導入により車両システム全体として情報の一元管理が進んでいる。このような背景から、今後の列車無線システムは、従来の運輸指令員と列車乗務員間の通話連絡手段としてだけでなく、地上-車上間の情報通信ネットワークへと発展し、更なる列車の安全運行と乗客サービスを実現す

るシステムとして期待されている。

(1) 新幹線列車無線システム

新幹線では特例によって幅広い周波数帯域が与えられており、従来から様々な通信サービスが提供されていたが、2002年に更新された東北・上越新幹線デジタル列車無線システムは次のような特長がある。

- (a) 高速データ回線を活用し、列車の安全運行を支える新しいデータアプリケーションを実現する。
- (b) 最新デジタル無線技術と高能率音声符号化方式により、クリアな音声回線を提供する。
- (c) パケット通信を適用し、様々なシステムとの相互運用性を可能とする。
- (d) 列車無線専用のメンテナンスシステムと最新のソフトウェア無線技術により、リモートメンテナンスを可能として信頼性・保守性の向上を図っている。

このシステムの概要を表1に示す<sup>(1)</sup>。

(2) 在来線列車無線システム

在来線の列車無線においても、周波数の有効利用、端末装置の小型化、セキュリティの向上などを目的に、デジタル化の検討が進められている。FDMA方式(周波数多元接続)を採用すると、狭帯域化(6.25kHz)によりアナログ方式の2倍の利用効率が実現できる。ただし、空間波(アンテナ)方式の場合、基地局境界の周波数干渉を防ぐために3~4の周波数繰り返しが必要となり、かえって多くの周波数帯域を確保しなければならないという課題があった。当社では、この課題を解決するため、同一周波数複数局同時送信方式の技術開発を行い、アナログ方式と同様に同一周波数を連続配置することが可能であることを検証した<sup>(2)</sup>。

(3) 地下鉄列車無線システム

地下鉄では、従来、列車無線として誘導無線(IR)が採用されていたが、最近建設される地下鉄では、電車雑音に対する通信品質の向上を主な目的として、LCXによる空間波無線(SR)が導入されている。

現状はアナログ無線方式であるが、地下鉄特有の機能として以下のものがある。

- (a) 通話系(2波複信)のほか非常系(1波単向)：

表1. 東北・上越新幹線デジタル列車無線システムの概要

無線方式 : LCX(漏洩(ろうえい)同軸ケーブル)方式  
 周波数帯 : 400MHz帯  
 変調方式 :  $\pi/4$ シフトQPSK  
 ビット誤り率 :  $1 \times 10^{-4}$ 以下  
 チャネル構成

回線名		回線名	
音 声	運転指令電話	デ ー タ	運転指令通告
	旅客指令電話		運転制御
	業務公衆電話		車内情報提供
	運転一斉情報		車両技術支援
	車掌一斉情報		通信機器監視
			車内モバイル
			将来対応

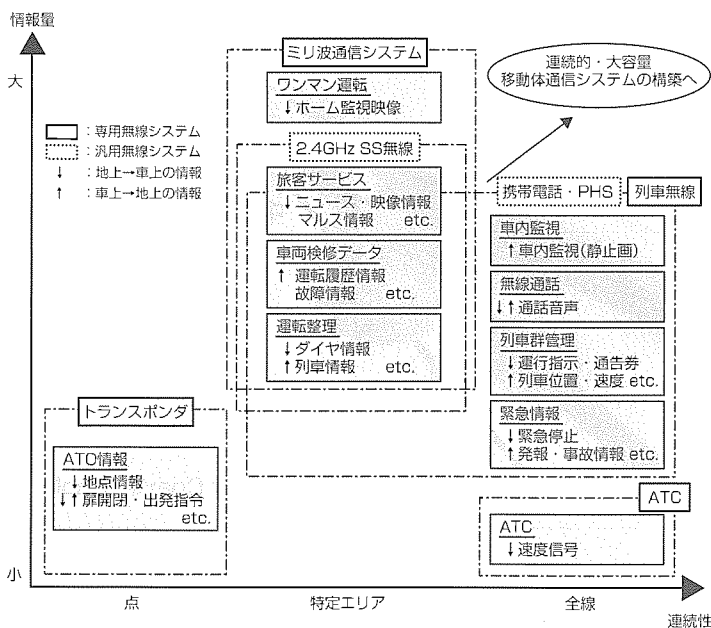


図1. 地上-車上間移動体通信システム  
 ~アプリケーション(情報量・連続性)による整理例~

車上→地上)の電波により、非常発報などの緊急情報を列車番号とともにデジタル変調し、運輸指令所へ伝送する。

(b) ワンマン運転に対応して、指令所からの車内放送や非常通報機能を設けて運転士を支援する。

今後は、地下鉄列車無線においても、デジタル化による高性能化が検討されていくものと考えられる。

## 2.2 ミリ波通信システム

電波利用における新しい周波数帯としてミリ波が期待されており、鉄道においても各種システムが検討されている。

### (1) ミリ波の特長

ミリ波には次のような特長がある。

- (a) 周波数が高いため変調帯域を広くとることが可能であり大容量伝送が実現できるので、マルチメディア(画像・音声・データ)無線伝送システムに適する。
- (b) ミリ波は直進性ととも伝搬距離に対して高い減衰特性を持つため、特定範囲(例えば駅構内)においては、確実に通信を可能としながら、隣接システムへの干渉を防止することができる。
- (c) マイクロ波帯以下の周波数帯に比べて装置の小型化が可能であり、アンテナは小型でありながら高利得と鋭い指向性を実現できるため、狭い場所への設置も可能となる。

### (2) 対列車画像伝送システムへの適用

ワンマン運転に対応して、ホームに設置したITVカメラの映像をミリ波を用いて列車へ伝送し、運転台のモニターで監視するシステムが構築されている。このシステムでは、鉄道事業者における列車監視用として割り当てられた44GHzの免許波を使用している。図2、表2に送信装置の外観と仕様を、図3、表3に受信装置の外観と仕様を示す。

今後とも、地上-車上間の大容量スポット伝送(100Mbps以上)など様々な用途へのミリ波応用が検討されている。

## 2.3 その他の地上-車上間通信システム

2.4GHzのSS無線モデム(256kbps)を用いて、車両モニタ情報を車上から地上へ伝送したり、車内表示器の表示情報を地上から車上へ伝送するシステムが実用化されている。また、車両基地内に無線LANのアクセスポイントを複数台

設置し、ローミングによって連続的な通信を可能として構内入替え作業にかかわる情報伝送を実施している例がある。

その他、携帯電話やPHSなどの公衆回線網を利用して、文字ニュースや運行状況などの旅客サービス情報を地上から車上へ伝送している例もある。

このように最近では様々な移動体通信が鉄道にも利用されるようになってきたが、無線を利用したシステム(アプリケーション)を構築する場合には、システムに必要とされる通信エリアや情報伝送速度、音声通話の有無、信頼性、セキュリティ(盗聴・改竄(かいざん)対策)、設備投資額、運用にかかわる費用などを十分に考慮して通信手段を決定する必要がある。

## 3. 有線系システムの動向

鉄道における有線通信網は本社(支社)・指令所・保守区・駅などを結ぶものであり、鉄道沿線の比較的短距離に点在する設備を効率的に収容するメタルネットワークと駅・指令所間を結ぶ光ネットワークがある。図4に有線系システムの構築例を示す。以下では、光ネットワークについての動向と当社の対応を述べる。

### 3.1 鉄道ネットワークへの要求

光ネットワークは、①運行管理システム、②電力管理システム、③設備管理システム、④駅務管理システム、⑤列車無線基地局間伝送、⑥OAネットワーク、のような用途に適用される。

光ネットワークが導入された当初は、その高速性を活用して、可能な限りこれらの用途をすべて1つのネットワークに収容する構築方法が一般的であった。ただし、動画をデジタル化してこのネットワークに収容するにはまだ伝送速度が低く、また、IP端末をRS-232Cや音声といった非IP端末と同時に収容することも技術的に容易ではなかった。このため、動画、IP端末は別ネットワークで構築されることが一般的であった。しかしながら最近では、端局装置のコスト低下とあいまって、危険分散と保守性の観点から用途別にネットワークを構築する要求が高まってきた。一方、画像信号の帯域圧縮やIP伝送技術の進歩により、これら種別の信号についても同一ネットワークに収容することが可

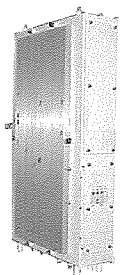


図2. 送信装置の外観

表2. 送信装置の仕様

項目	仕様
画像入力信号	チャンネル数: 4チャンネル 信号種別: NTSC信号
変調方式	変調方式: FM方式 最大周波数偏移: 8MHz <sub>p-p</sub> 占有帯域幅: 20MHz以内
送信出力	チャンネル周波数: 44GHz帯の4波 送信電力: 0dBm(送信機出力端)±50% 周波数安定度: ±100ppm以下 偏波面: 垂直偏波
アンテナ	利得: 25dB以上

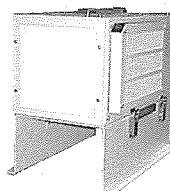


図3. 受信装置の外観

表3. 受信装置の仕様

項目	仕様
受信入力	チャンネル数: 4チャンネル 周波数: 44GHz帯の4波 受信入力範囲: -70~-40dBm 変調方式: FM方式 偏波: 垂直偏波
受信性能	アンテナ利得: 15dB以上 受信雑音指数: 18dB以下
画像出力信号	チャンネル数: 4チャンネル 信号種別: NTSC信号 出力レベル: 1V <sub>p-p</sub> (75Ω不平衡)

能となってきている。

### 3.2 当社の光ネットワークの対応

当社では、上記鉄道ネットワークへの要求を実現するため、次の特長を持つ光ネットワークMELNETシリーズを開発し鉄道システムに適用している。

#### (1) IP伝送への対応

RS-232Cや音声といった従来インタフェースの非IP端末とともに、今後増大するIP端末を同時に収容可能とした。IP伝送については、レイヤ2、3スイッチによる広帯域・低遅延伝送を行うとともに、QOS制御機能、VLAN機能等を具備している。

#### (2) 動画映像信号の直接入出力

MPEG2エンコーダ/デコーダをインタフェースモジュールとして実装することで、NTSC映像信号を直接入出力可能にした。また、エンコーダ選択切換えにより、帯域を増加させることなくカメラ接続台数を最大250台まで増やすことができるようにした。

#### (3) 高速化への対応

IP端末によるアプリケーションの増加や動画伝送といった情報量の増大に伴うネットワークの高速化に対応し、表4に示すように、155M、1G、24Gの光ネットワークをシリーズ化した。

#### (4) 伝送経路切換時間の短縮

障害時の伝送経路切換えについては、制御系等へのIP伝送の適用拡大に従い、RIPやOSPFといったルーティングプロトコルによらない短時間でのルート切換えが要求される。当社では、IEEE802.17 RPR(Resilient Packet Ring)方式の採用により、制御系適用時に重要となる短時間での伝送経路切換えを実現した。

## 4. む す び

鉄道における通信システムとして、当社が開発し納入している列車無線システム、ミリ波通信システム、光ネットワークを中心に、最近の技術動向について述べた。

情報通信技術は、今後ともますます発展していくことが予想される。これらの技術を応用して、鉄道に要求される

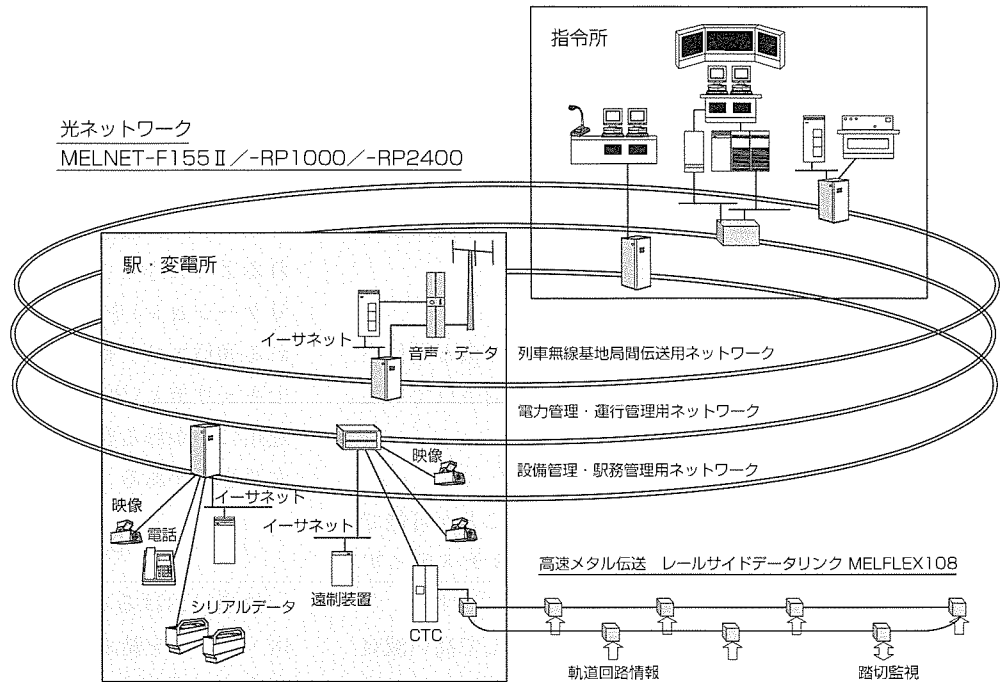


図4. 有線系システム構築例

表4. MELNETシリーズ

型名	MELNET-F155II	MELNET-RP1000	MELNET-RP2400
伝送速度	155Mbps	1Gbps	24Gbps
構成トポロジ	リング	リング、カスケード	
多重化方式	SDH時分割多重	パケット多重	
伝送経路切換方式 (切換時間)	バス切換方式 (IP系：1.5s) (その他：20ms)	RPR方式 (50ms)	
収容端末種別	●非IP端末 ●動画映像信号 ●IP端末	●IP端末	●非IP端末 ●動画映像信号 ●IP端末
IPネットワーク 制御	●帯域分割 ●STP ●IPアドレスフィルタ ●ルーティング制御(OSPF, RIP)	●QOS制御 ●VLAN ●STP ●IPマルチキャスト (IGMPスヌーピング, PIM-SM) ●ルーティング制御 (OSPF, RIP)	
ネットワーク管理	独自方式	●SNMPエージェント ●Webマネジメント	

高い安全性、より高機能なサービスの実現、業務の効率化といったニーズにこたえるため、今後とも検討していきたいと考える。

## 参考文献

- (1) 厚澤 誠, ほか：東北上越新幹線列車無線システムのデジタル化更新について, サイバネティクス, 8, No.1 (2003)
- (2) 吉田勝弘, ほか：在来線デジタル列車無線に適した周波数有効利用技術の開発, JREA, 45, No.7 (2002)

# 駅システムの現状と今後の動向

## 要 旨

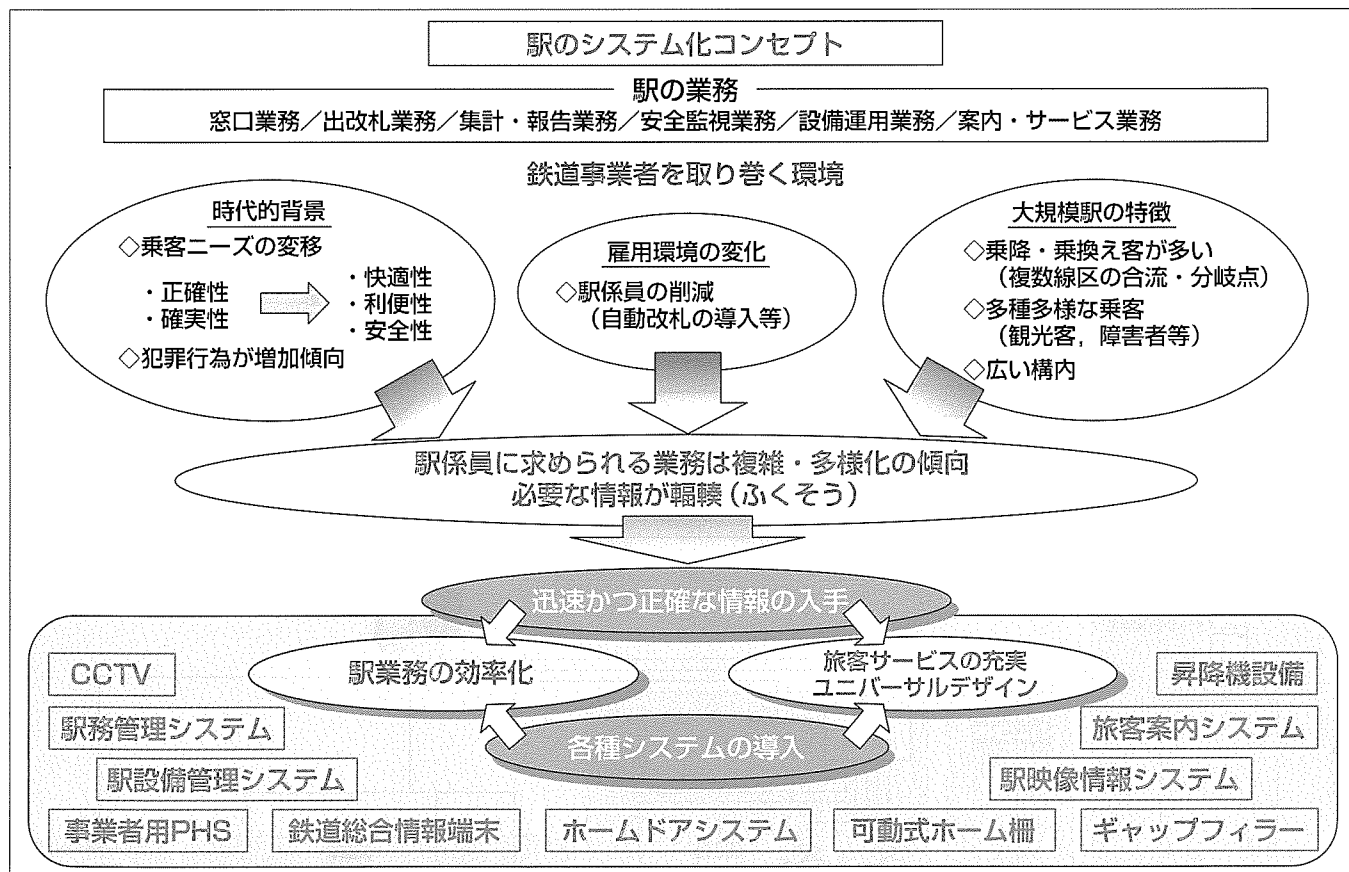
鉄道における駅は旅客との第一の接点であり、駅係員の業務は多岐にわたるため、従来から様々なシステムが導入され、情報化による各種業務の効率化が図られている。出改札システムは、非接触ICカード乗車券の普及によって利便性が向上するに伴い情報が大容量化し、IP (Internet Protocol) ネットワークが導入され、駅システムもIP化が求められている。

最近では、交通バリアフリー法の施行に伴って、高齢者・身体障害者など移動制約者に対する移動の利便性や安全の確保が義務付けられ、エレベーター、エスカレーター

やホーム柵の設置が進むとともに、乗客にとって利用しやすい駅の構築を目指して種々のシステムの開発が行われている。

本稿では、駅のシステム化に対する三菱電機の基本的な考え方を述べるとともに、システム事例として、駅係員の業務効率化を図るための駅務管理システムについて、技術動向を述べる。

また、ユニバーサルデザインの観点から、2003年3月に開業した上飯田連絡線に納入した可動式ホーム柵と、新しい駅旅客案内システムの開発について紹介する。



## 駅のシステム化コンセプト

時代的・社会的な背景から、駅係員に求められる業務は複雑・多様化の方向にある。駅業務を効率化しつつ旅客サービスを充実させるためには、IT (Information Technology) の応用を始め、様々なシステムを導入していく必要がある。さらに、これまでは通過するポイントであった駅を情報ステーションと位置付け、積極的に利用者へ情報提供サービスを行う「夢のある駅」作りを目指していく。

1. ま え が き

鉄道における駅は旅客との第一の接点であり、また、時代的・社会的な背景から、駅係員に求められる業務は複雑・多様化の方向にある。駅業務を効率化しつつ旅客サービスを充実させるためには、IT応用を始め、様々なシステムを導入していく必要がある。さらに当社では、これまでは通過するポイントであった駅を情報ステーションと位置付け、積極的に利用客へ情報提供サービスを行う“夢のある駅”をコンセプトとして各種システムを開発している。

本稿では、これらの中から、駅係員の業務効率化を図るための駅務管理システムの技術動向を述べるとともに、ユニバーサルデザインの観点から、可動式ホーム柵の導入事例と、新しい駅旅客案内システムの開発について紹介する。

2. 駅務管理システムの技術動向

2.1 駅務管理システムの構成

当社が提案する駅務管理システムの構成を図1に示す。このシステムは、以下の特長を持っている。

- (1) マルチメディア伝送装置(MELFLEX260)を中心としたIPネットワークによるシステムで、MPEG4画像監視やVoIPによるインターホン音声を駅設備の監視制御データと同一回線を用いて伝送し、効率的なマルチメディア

監視制御を実現する。

- (2) Web方式によるイントラネット情報集配信システムを採用し、管理駅だけでなく、本社・運輸指令所等でも容易に監視制御を行うことができる。ソフトウェアは当社で開発した情報統合化ミドルウェアを適用し、広域監視制御システムのフレームワーク化とJava部品化により、システム開発の短期化とユーザーオープンなシステム構築を実現している。

2.2 駅務管理システムの機能

駅務管理システムは、駅係員の業務効率化を目的として、管理駅の監視制御卓から以下の機能を実現する。

- (1) 駅務機器の遠隔監視制御

券売機・精算機・出改札機に関して、電源ON/OFFのタイマ制御、運転延長などの遠隔制御を行う。

また、機器の動作状態・異常情報を監視し、券売機の発売中止・払い戻し等の制御や、出改札機の緊急解放・通路設定等の制御を行う。

- (2) 乗降客案内・接客支援機能

インターホンによる通話と、これと連動したITVカメラによる画像監視により、乗降客に対する接客・案内業務を支援する。ITVカメラはズーム・旋回を可能とし、常時、駅構内の状況を監視することができる。また、緊急時等に対応して、駅個別又は一斉にマイク放送を行う。

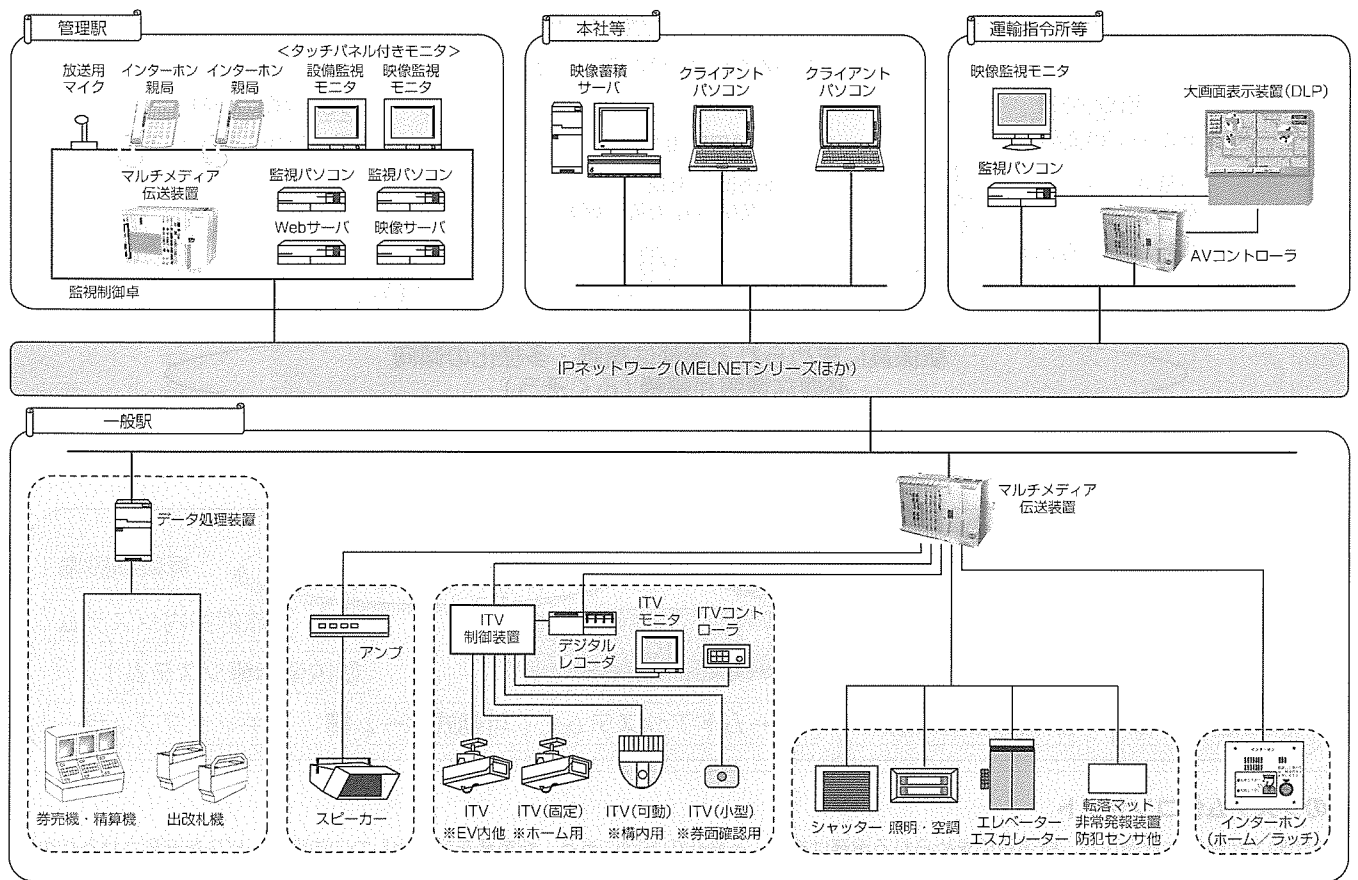


図1. 駅務管理システムの構成



(3) 駅設備の遠隔監視制御

照明設備，空調設備，エレベーター，エスカレーター，放送設備等の通信機器，シャッターなど，各駅の諸設備について遠隔監視制御を行う。エレベーター，エスカレーターの異常発生時やシャッターの開閉制御時には，該当設備に対応したITVカメラを連動させて画像表示を行う。

図2にグラフィック監視画面，図3に映像監視画面のイメージを示す。

3. 可動式ホーム柵の開発

3.1 概要

可動式ホーム柵は，列車とホームの間を柵で仕切り，乗降位置に列車のドアと連動して開閉する扉を設置して，プラットホームにおける乗客の安全確保を目的とするもので，次の効果を得ることができる。

- 軌道への乗客の転落防止
- 走行列車と乗客の接触防止
- 無理やり乗車，駆け込み乗車の防止

また，ホーム柵の設置により閉鎖型のプラットホームになるため，原則として列車到着（進入時），出発時のホーム旅客の監視が不要となり，ワンマン運転時の乗務員の負担を軽減することができる。当社が開発した可動式ホーム柵の特長は次のとおりである。

- (1) 高頻度の開閉回数に耐えるエレベータードアの制御技術を基に開発し，信頼性の高いシステムを実現している。
- (2) 駆動モータに減速器レスPM（永久磁石式）モータを採用し，ドアのスムーズな動きを実現する。また，駆動モータの負荷検出と高精度の位置検出により，扉先端部の障害物を検知する。
- (3) 制御装置はエレベータードア装置と同一部品で構成し，安定した保守部品供給を可能とする。また，メンテナンスについてもエレベーターの保守網を活用し，故障時も迅速に対応可能な体制を確保する。

3.2 上飯田連絡線への納入事例

2003年3月に開業した上飯田連絡

線に，当社の可動式ホーム柵を納入した。このシステムでは，ドアの開口幅として2,800mmを確保する必要があるが，車両ドア間隔に合わせて設置できるコンパクトな戸袋を製作しなければならなかった。そのために一つの戸袋にドア2枚を前後に重ね合わせて収納する一体型構造を採用し，かつ，狭いホームを有効活用するために，戸袋厚さを200mmで実現した。図4に可動式ホーム柵の外観，表1に主要諸元，図5にシステムイメージ図を示す。

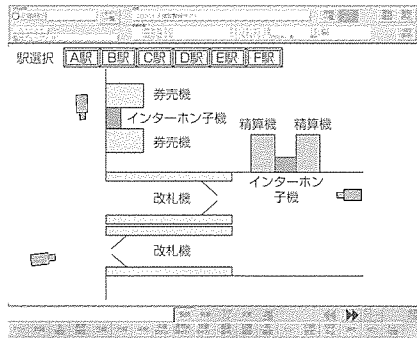


図2. グラフィック監視画面イメージ

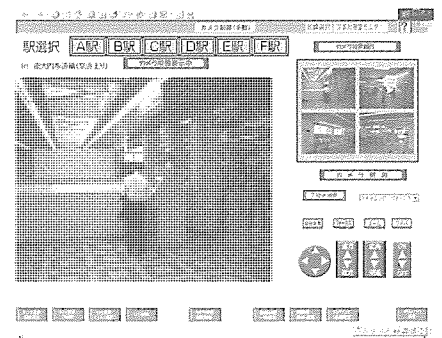


図3. 映像監視画面イメージ

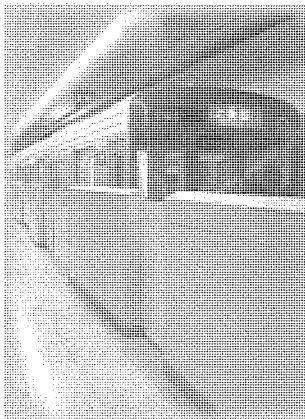


図4. 上飯田連絡線可動式ホーム柵の外観

表1. 主要諸元

項目	仕様
ドア形式	片持ち・両開き
開口幅	2,800mm
寸法(一般)	戸袋：高さ1,300×幅2,200×厚さ200(mm) 扉：高さ1,200mm, 下部すきま110mm
材質(外板)	ステンレス(絶縁塗装仕上げ)
駆動装置	駆動動力：電気式(減速器レスPMモータ) 駆動方式：タイミングベルト方式 制御方式：インバータ制御(PWM制御) 最大推力：300N
閉保持	電気錠
安全装置	戸先センサ：テープスイッチ 支障物センサ：光電スイッチ 戸当たり・引き込み：過負荷検出機能
開閉動作時間	4.5±1s(動作速度可変)
電源	動力電源 AC200V
荷重条件	戸袋上部に2,450N/m 扉先端頂部に980Nの垂直荷重，水平荷重地震時，垂直・水平とも1Gで倒壊しない

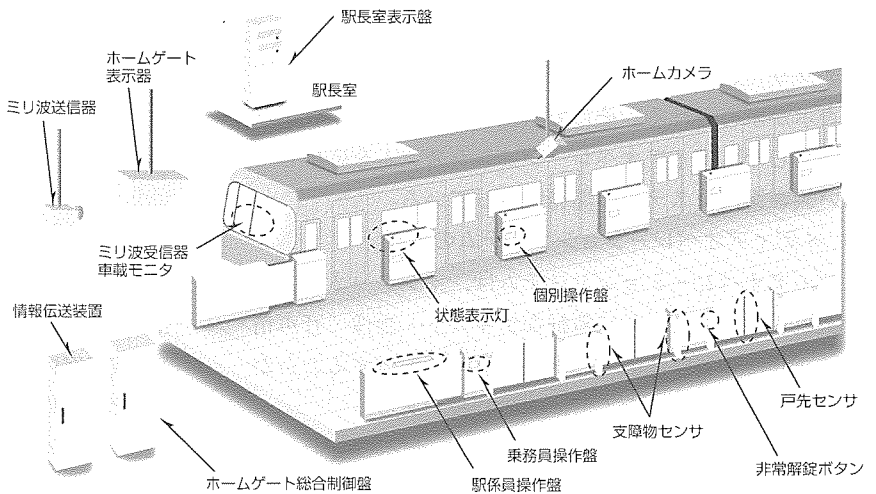


図5. システムイメージ図

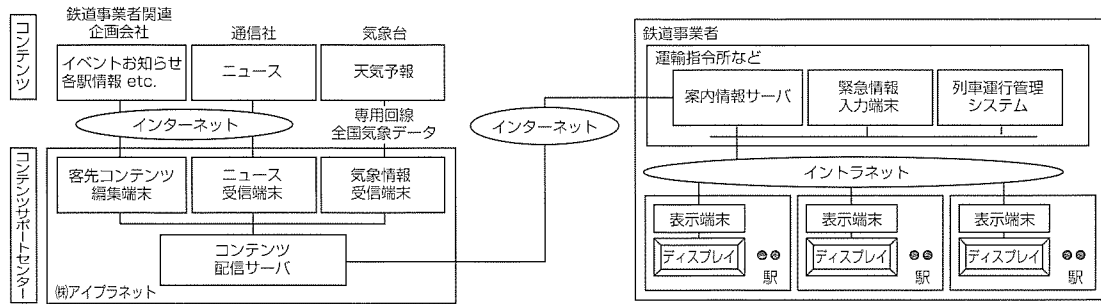


図6. メディアオペレーション応用・旅客案内システムの構成

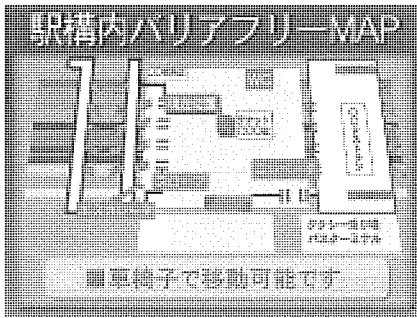


図7. 駅構内バリアフリーマップ

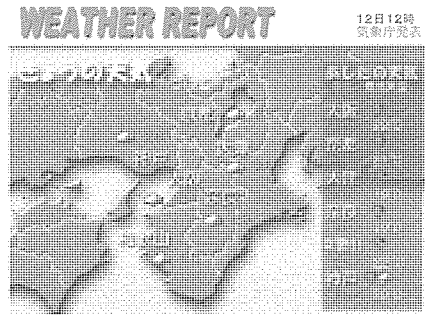


図8. きょうの天気

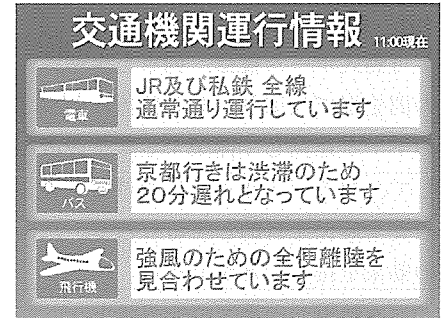


図9. 交通機関運行情報

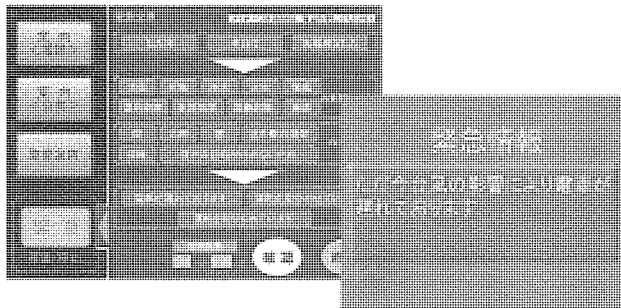


図10. 緊急情報(入力/表示)

#### 4. 新しい駅旅客案内システム

駅における旅客案内システムとしてLED等による発車標や列車の接近表示、各種サインボードが設置されているが、列車内のトレインビジョンに見られるように、今後は、バリアフリーに対応したより分かりやすく付加価値の高い案内表示が求められる。そこで当社では、(株)アイプラネットが開発したメディアオペレーションシステムを応用して、新しい旅客案内システムの開発を行っている。

##### 4.1 メディアオペレーションシステムの概要

メディアオペレーションシステムは、インターネットやデータ放送を利用して常に新鮮なテキスト・画像・音声情報をユーザーの要望に沿ったプログラムで配信することができる新しい情報システムで、次の特長がある。

- (1) テキスト・画像(静止画/アニメーション/動画)・音声をあらかじめ用意した表示フォームに自動的に合成して表示する高機能表示ブラウザを使用し、見やすく迫力

のある案内情報を提供する。

- (2) コンテンツサポートセンターを準備し、ユーザーにとって費用と手間のかかるコンテンツ制作・更新業務をサポートする。これにより、情報更新・配信に関する人材確保が不要になるとともに、コンテンツ制作費用の削減が可能になる。

- (3) 緊急時などには、緊急情報入力端末により、ユーザー側で割り込み表示することができる。

##### 4.2 メディアオペレーション応用・駅旅客案内システム

図6にメディアオペレーションシステムを応用した駅の旅客案内システムの構成を示す。列車運行管理システム等と接続することにより、列車の運転に関する情報とともに、様々な案内情報サービスを実現する。

図7～図10に、表示コンテンツの例を示す。

表示デバイスは、設置場所の環境・目的等に応じて、DLP方式プロジェクタ、プラズマディスプレイ、フルカラー反射型デバイス等の幅広いレパートリーの中から選択する。

#### 5. むすび

鉄道における駅のシステム化に関する最近の動向と、当社が開発し納入している駅務管理システム・可動式ホーム柵・旅客案内システムについて紹介した。

経営の効率化・バリアフリー等の社会環境から、今後とも駅には種々のシステムが導入されると考えられる。

当社も、情報通信技術を中心に、これらの様々な要求にこたえていくため技術開発を進めていく所存である。

# 最近の車両システム

小尾秀夫\*

## 要 旨

鉄道における車両システムは、大きく推進駆動機器・情報制御機器・制動保安装置・サービス機器に分類できる。

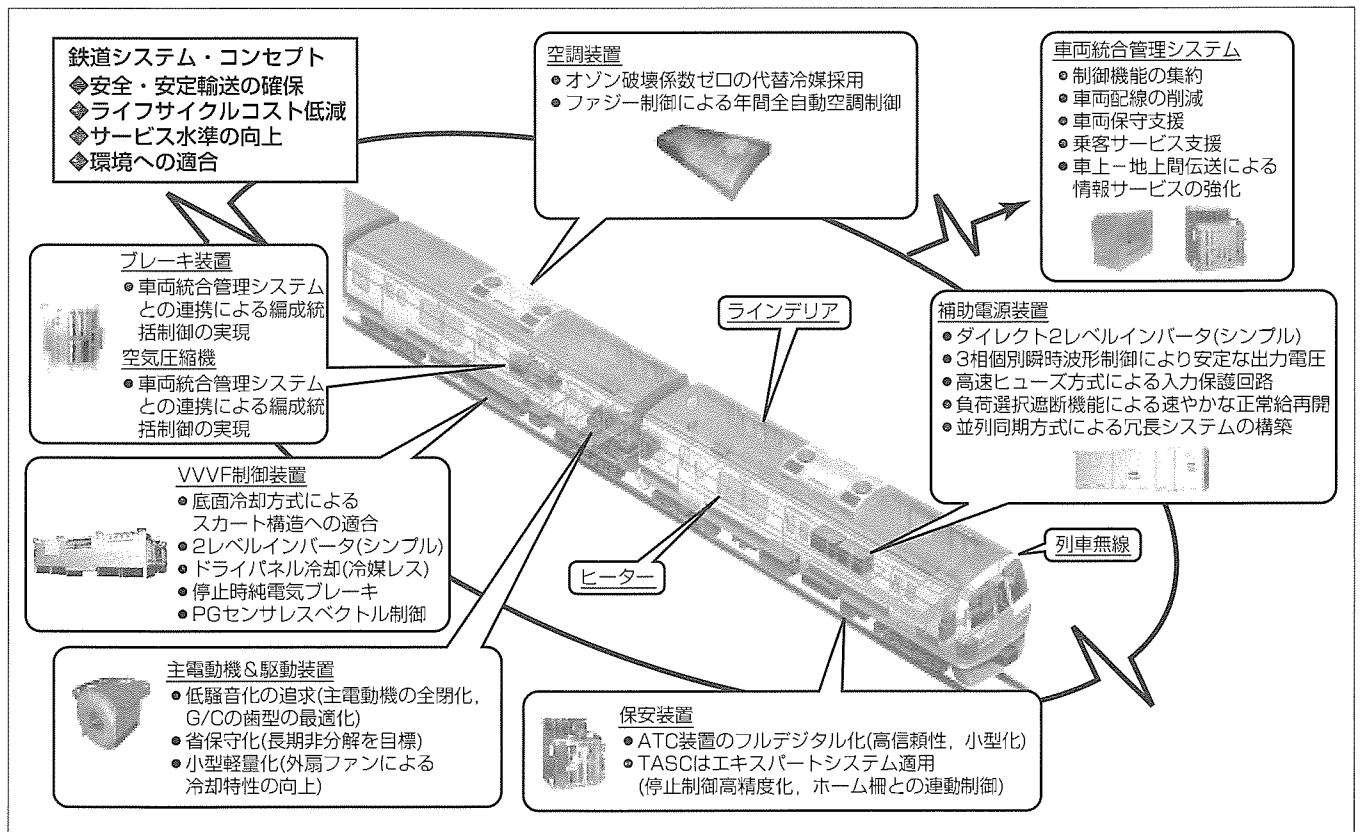
推進駆動機器には車両を駆動する主電動機とその推進制御を行うインバータ・コンバータ装置、制動保安装置にはブレーキ装置・電動空気圧縮機、情報制御機器としては列車内の制御指令・情報を伝達する制御伝送装置・各種表示装置、サービス機器としては空調機器がある。

パワーエレクトロニクス・マイクロエレクトロニクス・通信技術の発展により車両搭載機器の電子化が進み、信頼性の向上と保守の省力化・簡易化が進んできた上に、E231系通勤電車等で東日本旅客鉄道㈱にご採用いただいているTIMS(列車情報管理装置)に代表される車両統合管理システム等の導入により車両システム全体の情報の一元

化が進んでいる。これにより、車両検修・運転・接客などの顧客業務の効率化、管理の容易化、情報の共有化が図られている。

これは鉄道を取り巻く経営環境の厳しさに応じた車両システムとしての対応であり、今後の車両システムは、従来の各機器・装置単体としてだけでなく、車両内情報ネットワークを介した車両統合システムへと発展するとともに、地上系システムとの関係をも含め、列車の安全・安定輸送と乗客サービスを実現するシステムとして期待されている。

本稿では、主としてこれらの機器の省保守・信頼性向上など市場からの要求と最新の技術動向・将来動向について述べる。



車両システムを構成する機器のイメージ図

## 1. ま え が き

鉄道における車両システムを構成する機器は、大きく推進駆動機器・情報制御機器・制動保安装置・サービス機器に分類される。推進駆動機器には車両を駆動する主電動機とその推進制御を行うインバータ・コンバータ装置、制動保安装置にはブレーキ装置・電動空気圧縮機、情報制御機器としては列車内の制御指令・情報を伝達する制御伝送装置・各種表示装置、サービス機器としては空調機器がある。

本稿では、主としてこれら機器の省保守・信頼性向上など市場からの要求と最新の技術動向・将来動向について述べる。

## 2. 車両システムの現状と動向

### 2.1 最近の車両システムの市場環境

パワーエレクトロニクス・マイクロエレクトロニクス・通信技術の発展により車両搭載機器の電子化が進み、信頼性の向上と保守の省力化・簡易化が進んできた上に、車両統合管理システム等の導入により車両システム全体の情報の一元管理が進んでいる。これにより、車両検修・運転・接客などの顧客業務の効率化、管理の容易化、情報の共有化が図られている。

これは、鉄道を取り巻く経営環境の厳しさに応じた車両システムとしての対応であり、今後の車両システムは、従来の各機器・装置単体としてだけでなく、車両内情報ネットワークを介した車両統合システムへと発展するとともに、地上系システムとの関係をも含め、更なる列車の安全・安定輸送と乗客サービスを実現するシステムとして期待されている。

また、車両新製時の評価として、従来の初期コスト評価から、ライフサイクルコスト評価、RAMS(Reliability/Availability/Maintainability/Safety)と評価ファクタの多様化が進んでいる。

これらに対応し、最近の車両システムを構成する機器・装置の基本コンセプトとして、当社は以下の4つの項目を掲げている。

- 安全・安定輸送の確保
- ライフサイクルコストの低減
- サービス水準の向上
- 環境への適合

この4つのコンセプトを達成するための各機器・装置及び車両全体としての技術・開発動向及び納入事例を紹介する。

### 2.2 主回路装置の現状とシステム化への対応

我が国における鉄道車両向け主回路装置は、駆動用主電動機としては誘導電動機を、制御装置としてはVVVFインバータ装置を採用し、近年の主回路半導体素子の急速な進

歩に伴ってAC駆動として大きな発展を遂げてきた。既に適用開始から20年以上を経た現在では、新製機器の100%がAC駆動機器となっており、ちょうど昨年(2002年)は、当社として累計20,000台の誘導電動機、5,000台のVVVFインバータ・コンバータを製作した年に当たり、DC駆動のチョッパ制御及びDCモータの累計を越した記念すべき年であった。

AC化の歴史は主回路半導体の技術進歩によるところが大きく、当社は、自社内で主回路半導体の開発からチップ製造・組立て試験まで一貫して対応できる体制を確立しており、技術の進歩による成果を十分な評価を経た上で極力早く製品に適用できるという優位性がある。

近年では、主回路半導体としてAC化導入当初の電流制御型のゲートターンオフ(GTO)サイリスタから、より少ない電力で駆動制御できる絶縁ゲートトランジスタIGBT、それにドライバや保護機能などを内蔵したインテリジェントパワーモジュール(IPM)を適用した主回路構成の簡単な2レベル方式が一般的となり、技術的にはより完成された理想変換器により近づきつつある。

#### 2.2.1 パワーエレクトロニクス機器の現状動向

これらの主回路半導体をVVVFインバータ・AC架線用の主変換装置(CI)、補助電源装置(SIV)等のパワエレ応用機器に適用することにより、市場の更なる高性能化要求に対応している。主回路構成は、架線電圧に最適に設計された3.3kV又は1.7kV素子を主に使用し(当社は、車両用パワエレ素子として、600Vから6.5kVまでの素子を用意している)、主回路半導体のほか冷却器・コンデンサ・主回路配線板の3種類の大型部品で構成される装置が実用化できた。これは、主回路配線板・コンデンサなどの導体のラミネート化など低インダクタンス技術を適用し、半導体主回路保護回路を一切なくしたスナバレス化が実用化できたことによる。これにより、主回路の簡略化と部品削減がなされ、小型軽量化のみならず信頼性の向上が大きく進展した。

図1に主回路構成例を示す。

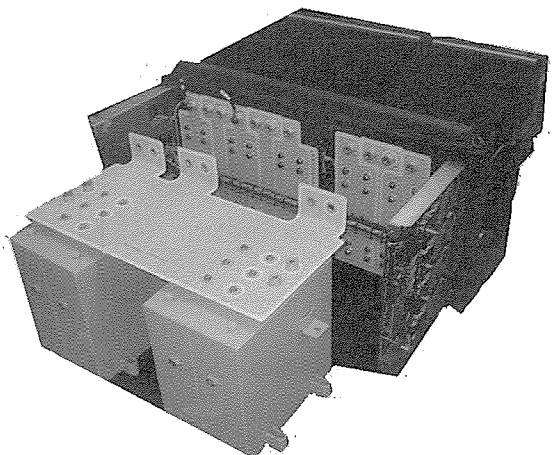


図1. 主回路構成例

制御分野を見ると、AC駆動導入当初の8ビットCPUから32ビットDSP(Digital Signal Processor)となり、処理速度が2桁(けた)近く高速化され、アナログ処理並みの速さのデジタル高精度演算が行えるようになり、主回路素子の高速動作とあいまって様々な高性能化に寄与できている。

以下にその一例を示す。

- 回生制動の無負荷時にも過電圧にならずに制御が継続できる。
- 架線電圧変動など外的急変に対しても、保護動作せずに、安定した制御が提供できる。
- 架線高調波の制御が可能となり、フィルタ回路の低減が可能となる。
- C言語化で上位ツールの使用が可能となり、ソフトウェアの信頼性向上が可能となる。
- 速度センサレスベクトル制御・停止電気ブレーキなどの高機能制御が導入可能となる。
- 通信インタフェースの充実に伴う付加価値の向上として、自己検査試験の充実・故障解析ツールの機能向上が図られ検査の効率化・不具合解析の平易化がなされる。

図2に最新の推進制御部ハードウェアの外観を示す。

パワーエレクトロニクス機器は上記のような設計思想の下で推進制御装置と補助電源装置(SIV)の同一設計思想化を行っており、一部の単編成機器としては、全く同一製品を万一の故障時に駆動インバータとSIVを切換え可能としたものも製作している。

### 2.2.2 駆動電動機の現状動向

主回路機器である主電動機も単純堅牢(けんろう)な誘導電動機を可変速駆動用として最適化し、軽量化・省保守化・保守間隔の延長、低騒音化などを目的とした改良を加えてきた。

一例を挙げると、

- 冷却ダクト兼用フレームレス構造
- サイレンサの開発
- 制御開発による回転センサレス化

などがある。

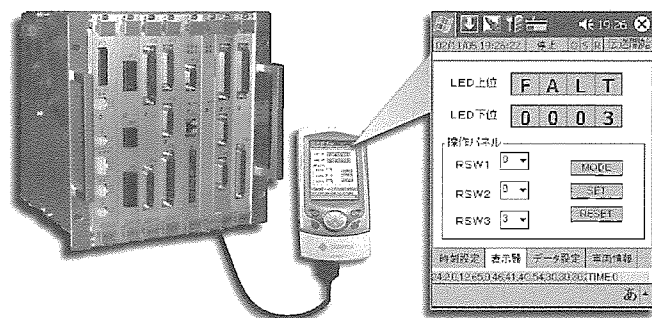


図2. 推進制御部ハードウェアの外観

図3に冷却ダクト兼用フレームレス構造の誘導電動機の外観を示す。

### 2.2.3 主回路機器の今後の動向とシステム化

市場からの要求として、更なる低騒音化、電磁誘導干渉防止などの環境適合性、安全・安定輸送の確保を目指し信頼性向上、省保守・簡略・回帰延長などのライフサイクルコストの低減などが大きく求められるようになってきている。

当社では、これらの要求にこたえるため、様々な角度から装置の小型軽量化・高効率化・省保守化・低騒音化・低環境影響化を図った製品の開発を行うとともに、信頼性向上のための開発設計・手法や設計信頼性検証設備、個々の品質作り込みのための試験設備を積極的に導入している。

パワーエレクトロニクス技術は主回路半導体の進歩に負うところが大きいことは前に述べたが、IGBT等のMOS系素子の進歩は完成域に近づきつつあり、高耐圧素子として更なる電流導通領域の拡大と導通時飽和電圧の低減により低損失化と高速スイッチング開発を進めている。

より高温・高圧動作に有利なシリコンに替わる次世代半導体としてシリコンカーバイド(SiC)の登場が期待されているが、現状では低圧の小容量MOSデバイスがサンプル供給されるレベルまできており、シリコンウェーハでの更なる改善が難しいダイオードでの最初の実用化が期待されている。

車両用パワーエレクトロニクス機器への応用は、高温動作の利用により冷却系の小型軽量低コスト化が期待できる。さらに、温度自由度が増すため、車両内のトランスなど、他の水・油冷却系とシステム統合できる可能性が生まれる。更に小型化が進めば、インバータを内蔵した主電動機も出現する可能性もある。

制御部の改善は、一般用コンピュータの急激な進歩に負うところが大きいですが、車両用としての高信頼性を実現する上で最も重要な要素となっている。高速動作と低損失化の

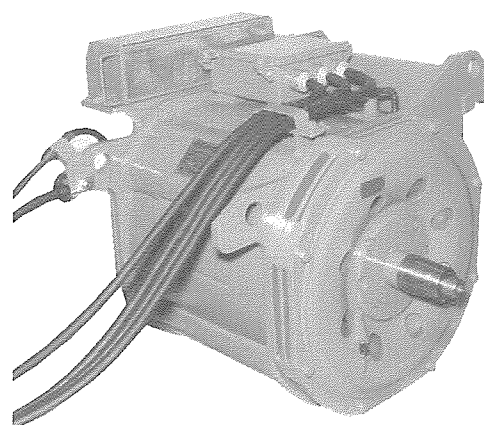


図3. フレームレス構造の誘導電動機の外観

最適化を図り、車両用としての高集積によるハードウェアの縮減がますます進むものと思われる。

制御部による機能は、車両内データ通信の高度化により、主回路部機能と車両としての機能に更に差別化され、制御部としては、小型化されブラックボックス化していくものと思われる。

主電動機は、省保守・低騒音化の市場要求が強く、全閉モータがその実現する方式として注目されている。

冷却方式では、空冷で自己冷却方式、水などの冷媒を使用したものが開発製作されており用途により使い分けされている。現在日本においては、空冷が既存モータとの延長上で要求されており、ベアリングの保守回帰延長と質量軽減が重要な課題となっている。近い将来の大容量機器は、半導体の高温応用とのシステム化が課題となってくるものと考えられる。また、誘導電動機が現在主流であるが、低損失化等を目的としていろいろな電動機(例えば、永久磁石同期電動機、スイッチドリラクタンスモータなど)の使用が提案されている。直流機の整流子を電圧型インバータに取り込んだ誘導電動機のようなトータルでの無接点/省保守化を達成したように、制御装置を含めたトータルシステムでの優劣を考えることが重要であると認識している。

### 2.3 情報制御機器の現状とシステム化への対応

情報制御機器の代表として、車両統合管理システムは、制御指令伝送、モニタリング、運転・検修支援、自動車試験、乗客サービス等多くの機能を持っている。さらに、各サブシステムの制御機能をソフトウェア論理と直列伝送機能を有効活用し、統合管理と機能分担の最適化が進んでいる。ここでは、最近の車両統合管理システムについて紹介する。

#### 2.3.1 車両統合管理システム構成

図4に一般的な車両統合管理システムのシステム構成を示す。

両先頭車に表示装置、中央ユニット、リーダー/ライター、

各中間車両に端末ユニット及び車両I/Fユニットが搭載される。

#### 2.3.2 車両統合管理システムの概要

##### (1) 車両配線の削減と機能統合

従来は、車両における様々な制御は車両間引き通し線にDC100V等のバッテリー電圧を加圧して実施するのが主流であったが、車両統合管理システムでは伝送を利用して制御指令を伝達している。また、リレー等の制御論理・サブシステムの機能を車両統合管理システムに取り込み、ソフトウェアで実現することで、継電器盤、車内案内表示制御装置、空調設定器等のハードウェアの削減が可能となった。

これにより車両全体の構成員数が減り、簡素化され、車両内を引き通っていた数百本の制御線はTIMSを導入することにより大幅に削減され軽量化・簡素化できた。

##### (2) 編成制御

車両統合管理システムは、車両全体の状況を把握することが可能なことから、効率的な編成制御が可能となる。運転台又はATO装置からの力行指令に基づき、編成全体と各車の荷重状態、推進制御装置の開放状態に応じて推進制御装置に力行トルクを指令する。また、ブレーキ指令時には、編成全体と各車の荷重状態に応じて推進制御装置に回生トルクを指令し、編成全体の回生フィードバック量を編成全体と各車の荷重状態に応じて分割した上で、ブレーキ装置に指令し編成全体での電空ブレンディング制御を行う。

##### (3) 保守支援

車両保守支援機能により、車両搭載機器の豊富な制御データを故障解析、検査、試運転に活用し、作業の効率化を図る。運転台表示器からの出区点検操作により、各機器の点検を自動で実施し、異常のあった場合のみ画面表示を行うことで操作性の向上と安全性の確保が可能となる。また、各機器の車上試験についても、運転台表示器からの操作により自動的に試験を実施し、結果を画面に表示する。試験を車両統合管理システムを利用して自動化することで従来

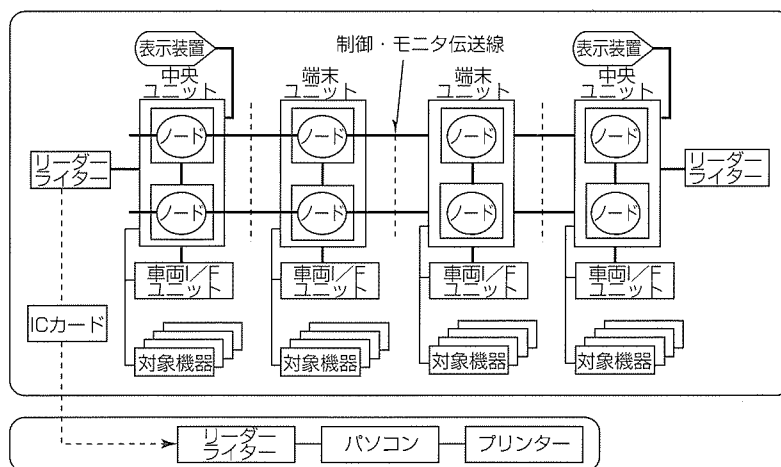


図4. TIMSのシステム構成

の試験所要時間・人員を大幅に削減可能となっている。

また、機器動作記録・状態監視記録を行うことで、試験を実施しなくても記録を確認するだけで機器の状態が把握できる。

### 2.3.3 トレインビジョンシステムの概要

車両統合管理システム等に接続し、乗客への情報サービス提供を目的として、車内の乗客が必要とする情報を地上から車上へ配信し、車内に設置された15インチ液晶(LCD)ディスプレイに表示するトレインビジョンシステムの概要について、東日本旅客鉄道(株)山手線E231系VIS(Visual Information System)を例にして、紹介する。

#### (1) トレインビジョンシステムの概要機能

2台のメディア表示器は行先案内や運行情報とCM・TVニュースを表示する。吊(つ)り広告と同様、静止画表示の情報提供に加え、テレビCM同様の動画での情報提供が可能である(図5)。

2.4GHzのSS無線モデム(256kbps)及びパケット通信を用いて、車両モニタ情報を地上へ伝送したり、車内表示器の表示情報を地上から車上へ伝送できる(図6、図7)。



図5. メディア表示器

#### (2) トレインビジョンシステム構成例

VISのシステム構成例を図8に示す。

### 2.4 サービス機器の現状とシステム化への対応

空調機器、空気圧縮機などの機器も電子制御化され、特に空調機器は鉄道車両における快適な居住性、サービス向上を目指してニーズに応じた最適な電源から制御・ユニットクーラーを提供している。電源系は、主回路系と同様なパワーエレクトロニクス技術を応用したインバータ制御を適用し、さらにマイコン制御により温調とシステムコントロール機能を統合電子化し、さらにTIMSとの関係により列車としての総合サービスを提供している。

乗客の要望が多様化する中において車内温調への要求は



図6. 行き先案内表示例

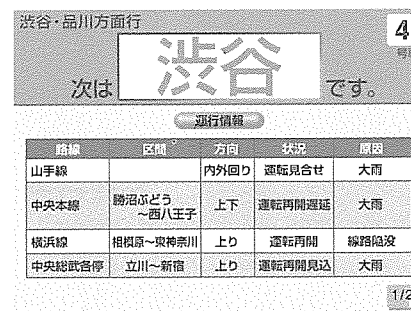


図7. 運行情報表示例

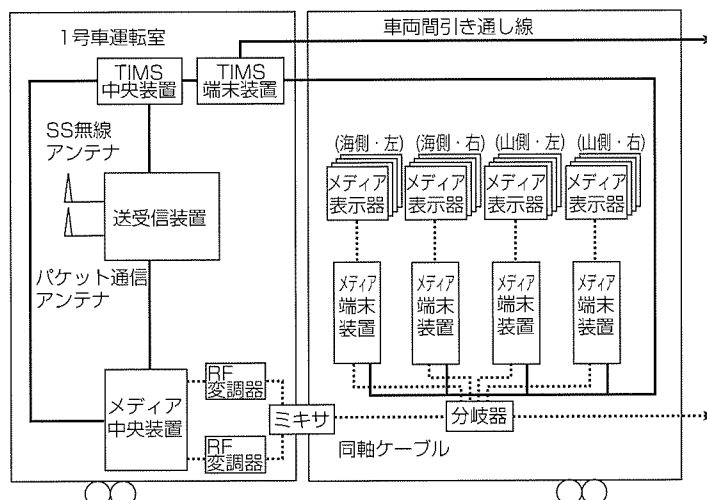


図8. トレインビジョンシステムの構成例

ますます厳しくなっていることに対応して、個々の車両の温度制御から、今後は編成・路線・乗客予測など更にきめ細かい制御が車両統合管理システムとの関係で実用化されている。

また、空調コンプレッサ技術を展開し、車両用電動空気圧縮機の新シリーズの開発を進めている。マルチコンプレッサ方式として信頼性を高めたため、安全・安定輸送に貢献しつつ編成構成の自由度が大幅に増したものとなっている。

### 3. 車両システムの今後の動向

各機器の技術動向を述べてきたが、当社は、前述した4つの基本コンセプトを重視して、各種機能の高性能化を実現しつつ、安全・安定輸送の確保を最優先課題として取り

組んでいる。その達成度の評価方法としてRAMS活動があり、海外特に欧米での案件で適用している。この論理的定量化評価手法により安全・安定輸送のための活動を評価していくべきと考えている。

### 4. むすび

鉄道における車両システムとして、当社が開発・納入している推進駆動機器・情報制御機器・サービス機器を中心に最近の技術動向について述べた。

パワーエレクトロニクス技術、情報技術は、今後ともますます発展していくことが予想される。これらの技術を応用して、鉄道に要求される安全・安定輸送、より高機能なサービスの実現、業務の効率化といったニーズにこたえるため、今後とも検討していきたいと考えている。



# 車両情報システムの将来展望

角南健次\*  
河村薫子\*  
沖 雅雄\*

## 要 旨

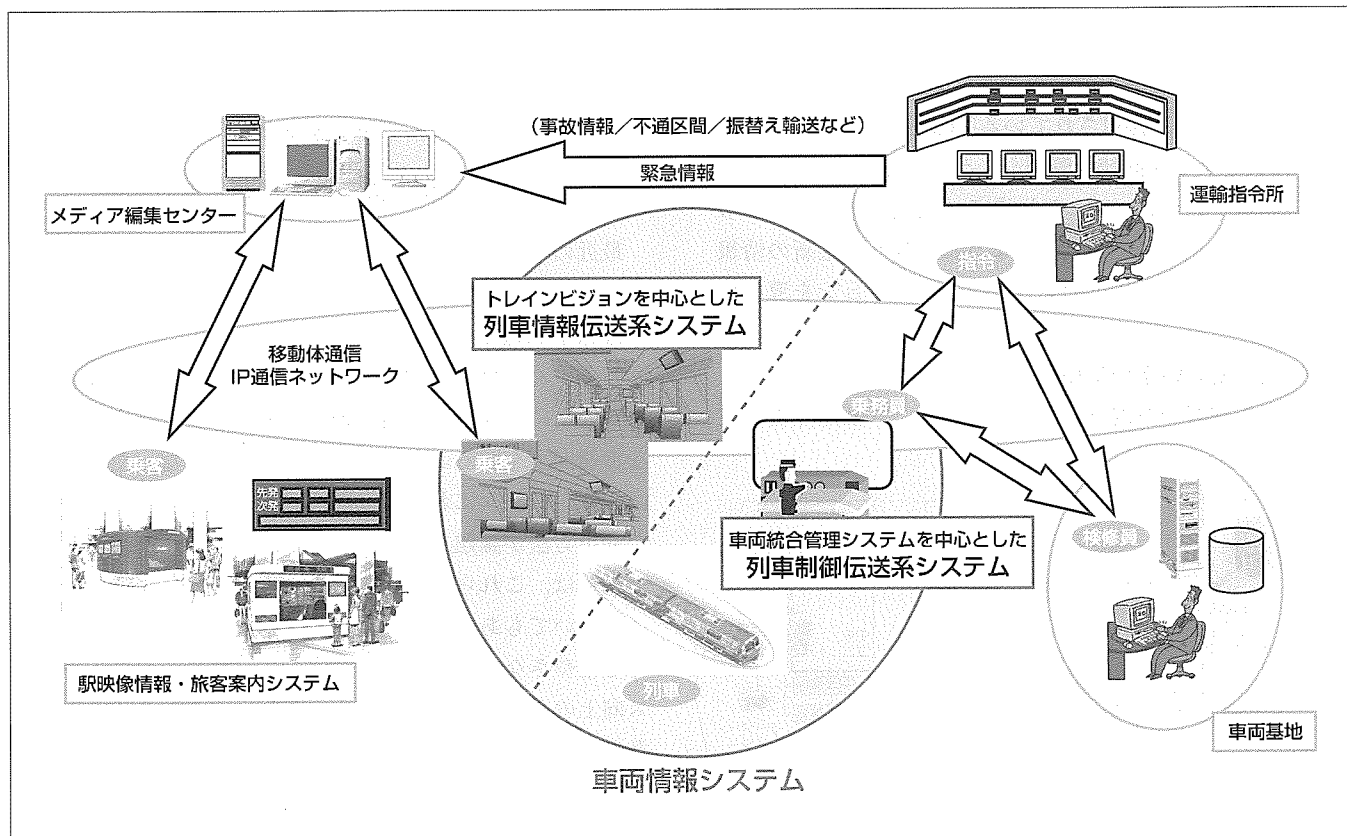
情報処理技術の著しい進歩に伴い“安全・安定輸送の確保”“ライフサイクルコストの低減”，及び“サービス水準の向上”といった鉄道事業者の要求を実現するための有効な手段として，車両情報システムが活用されるようになってきた。最近では，モニタリング，運転支援，検修支援，制御指令伝送，編成・統合制御，乗客サービスなどその機能も多様化している。移動体通信を用いて車上と地上のネットワークを結合し，情報伝達及び情報共有を図り，機能を大幅に向上させることも可能となった。

一方，車両システムの効率的な構成を目指した“車両内配線の削減”“制御機能の集約化”“車両保守の支援”に関する鉄道事業者の要求機能は非常に高度になってきている。これに対し，三菱電機は，他社に先駆けてシステムの開発

を実施し，多くのシステムを鉄道事業者に提供してきた。

また，パソコン及び地上ネットワークの普及に伴い，車両情報システムにおいてもこれらを活用したいという鉄道事業者の要求が多くなり，これまで車両という特殊かつ厳しい環境条件を考慮して車両専用仕様で構築されたシステムをいかに汎用システムと融合させるかが今後の課題となっている。

当社は，車両情報システムのパイオニアとして，鉄道事業での実績を生かした次世代システムの開発に取り組んでおり，この一環として日本鉄道車輛工業会規格への登録，システムの品質向上に向けた開発環境整備への取り組みを行ったので以下に紹介する。



## 車両情報システムを中核とした情報ネットワーク

当社は車両情報システムのパイオニアとして，下記のような鉄道事業者の要求に対して最適なソリューションを提供している。

- (1) 情報共有：指令／乗務員／検修員の情報共有化により，事故発生時の早期運用回復や故障原因の早期究明，メンテナンスの効率化を実現
- (2) 情報伝達：乗客に対して適切な情報を提供することによる乗客サービスの向上，広告収入の確保等による増収を実現

1. ま え が き

近年、鉄道事業者は車両システムの効率的な構成を目指して車両情報システムの機能を活用することが多くなった。また、パソコン及び地上ネットワークの普及に伴い、車両情報の管理にこれらをできるだけ活用したいという鉄道事業者の要求も増えてきている。このような状況の下、最近の車両情報システムには、車両の運行に不可欠である機能に対する高い信頼性の確保と、パソコンを操作しているような感覚で簡単に機器を接続できるといった汎用性の融合が不可欠となっている。

当社では、実績のあるシステムの仕様をできるだけ規格化することにより、ハードウェア及びソフトウェアの信頼性向上を図る体制を確立するとともに、信頼性を確保しながら汎用システムとのインタフェースを考慮した次世代システムの開発に取り組んでいる。

これらの活動内容及び将来展望を以下に述べる。

2. 最新の車両情報システム

最近の車両情報システムの構成例を図1に示す。

車両情報システムは、運転支援機能・検修支援機能・乗客サービス機能を備えた列車モニタ装置の第一世代(1980年～)、これに制御指令伝送機能・自動車上試験機能を追加したTIS(Train control Information management System)の第二世代(1990年～)を経て、現在はE231系通勤電車等でJR東日本に採用されているTIMS(列車情報管理装置)に代表される車両統合管理システムの第三世代(1995年～)の時代となっている。これまで、鉄道事業者の要求事項を“痒(かゆ)い所に手が届く”ように察知し、最新の情報処理技術を駆使して以下のようなソリューションを導き出してきた。

(1) 安全・安定輸送の確保

関連する機器の機能を統合することにより部品点数を減

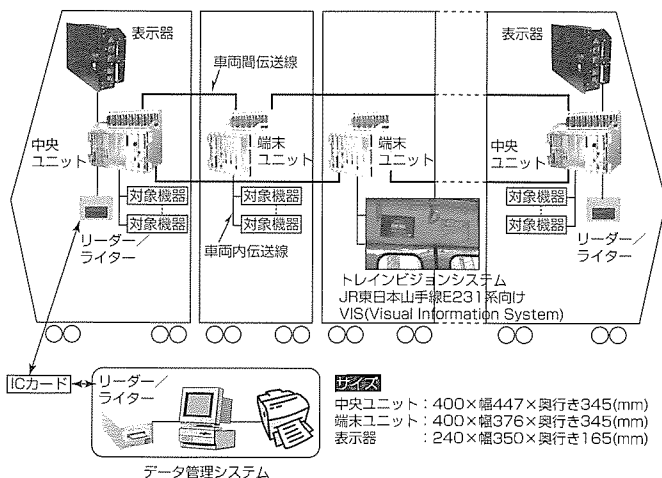


図1. 車両情報システムの構成例

らし、信頼性の向上を図る。また、各装置故障時の運転阻害要因の排除を目指し、二重系システム及び冗長性制御により、障害発生時の自動復旧や復旧支援を可能とする。

(2) ライフサイクルコストの低減

車両間の電線本数を削減することにより、車両製作コストの低減、保守の省力化及び車体の軽量化を図る。

また、従来リレー及び個別の配線で構成していた車両の制御論理機能をTIMSに統合することにより、車両部品と車両内配線を削減させる。

(3) サービス水準の向上

各機器の情報を統合管理することにより、車両として、また運用全体を視野に入れての判断が可能となり、更にきめ細かな運転支援、検修支援を行うことができる。

また、最新のIT(Information Technology)技術を駆使することでこれまでの車上からのネットワークから地上へと範囲を拡大し、地上からも情報の入手が可能となる。これにより、乗客・乗務員は車上でも地上の情報網から断絶されることなく、自由に情報を得ることができるようになる。

さらに最近では、乗客への“サービス水準の向上”を目的としたトレインビジョンシステム(各ドア上にLCD表示器を設置し、行先案内、広告、ニュース、天気予報、運行情報などを静止画/動画の画像データとして提供)も導入されており、当社は、車両システムへの鉄道事業者の要求事項に対し、最新の情報処理技術、IT技術を駆使することにより第一人者として貢献してきた。

3. 車両情報システムの課題と取り組み

最近の車両情報システムは列車の運行に不可欠な機能を持つようになってきており、システムの信頼性及び冗長性の確保が課題となっている。

一方、パソコン及び地上ネットワークの普及により、移動体通信により車上と地上のネットワークを結合して大幅な機能向上を図ることが要求されるようになったため、車両情報システムにおける汎用機器のセキュリティを考慮した活用方法が課題となっている。

当社は、これらの課題を解決するため、車両情報システムにおいてもある程度の標準仕様を規格化し、むやみに仕様を増やさないことが信頼性向上及びコストパフォーマンス向上の点から不可欠と考え、これまでの数多くの鉄道事業者における実績に基づき、システム機能の規格登録活動を行ってきた。この規格化は、国際社会における動向とも一致している。

さらに、規格化された車両情報システムの機能を対象にして、システムの基本構成は変えずにカスタマイズが可能なシステムの標準フレームワークを構築することにより、システムの信頼性向上を図った。

### 3.1 日本鉄道車輛工業会団体規格(JRIS)登録

近年の国際社会における文化・技術交流の活発化により、どこでも通用する共通のシステム及び規格が採用される傾向にある。また、ユーザーの価値観の多様化が進む中で、標準化による安全性、利便性、環境・経済性を主体とした透明性の高い製品情報の提供手段としての規格の価値も大きくなりつつある。

当社では、このような国際動向及び信頼性・コストパフォーマンスの向上を開発検討する中で車両情報システムの国内規格の登録が重要であると考え、関係者の支援を得ながら、車両情報システムの国内規格化に取り組んだ。

この結果、2002年に東日本旅客鉄道㈱と共同で起草した規格案が、(株)日本鉄道車輛工業会の平成14年度鉄車工規格として審議され「JRIS D 1001鉄道車両用列車情報管理装置」として登録された。なお、規格内容の検討に当たっては、下記事項を配慮した。

- (1) 独自の規格とならないように既存の国際規格又は国内規格をできるだけ引用する。
- (2) 鉄道事業者ごとで異なる仕様については、複数の選択肢からの選択により実現する。
- (3) 最新技術の適用を阻害しないよう、システム内の互換性を維持するための詳細実現方法は規定せず、数値も最低のガイドラインを記述する。

さらに、2003年度は、帝都高速度交通営団と共同で「鉄道車両用制御指令伝送装置」の規格案を作成し、今年秋には審議を経て鉄車工規格に登録される予定である。

### 3.2 標準フレームワーク“PLATINA”

3.1節で述べた規格に準拠した車両情報システムの開発を前提として、鉄道事業者ごと、適用編成ごとに異なる箇所について、システム的に影響を与えずにプログラム製作を可能とするための標準フレームワーク“PLATINA”(PLatform for TImS Nucleus with Advanced technology)を開発した(図2)。

これは、車両情報システムにおいて、どこの鉄道事業者でも変わらない標準化できる部分(共通基盤ソフトウェア)と、車両の仕様及び鉄道事業者の考え等に左右される部分(編成データ・標準アプリケーション・機器インタフェース)とに分離しシステムを再構築したものであり、以下の

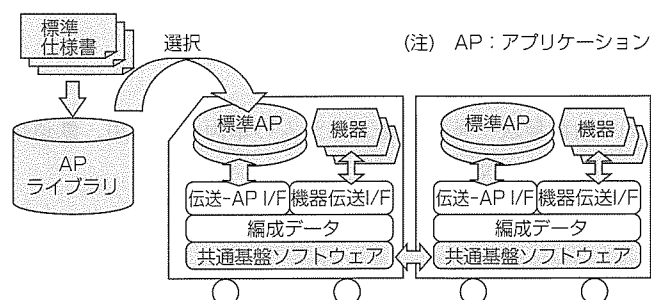


図2. PLATINAのイメージ

3つの特長がある。

#### (1) ソフトウェアの部品化

ソフトウェア設計にオブジェクト指向を取り入れ、どのシステムでも使用できるようにインタフェースを統一し、機能ごとに標準アプリケーションとしてプログラムを部品化した。一つの機能について、他の機能に影響を与えることも受けることもなく独立で動作し、一度開発すれば以降PLATINA適用のどんなシステムでも再利用できるため、普及するほど車両情報システムが対応できる機能メニューが豊富になる。

また、部品間の影響がないこと、実績のある部品を組み合わせることで鉄道事業者の要求仕様向けに対応させることから、プログラムにバグが発生する可能性が低く、短期間で品質の高いソフトウェアの開発が可能となる。

#### (2) データ構造の自動生成

機器とのインタフェース・編成状態など、これまでの豊富な実績による情報を分析した結果に基づき、車両ごとに異なる部分の項目(編成データ)を定義した。この情報をデータとして設定することにより、自動的に上記(1)項の各部品が使用するデータ構造を生成できる。すなわち、鉄道事業者ごとに対応が必要な情報である機器とのインタフェース・編成状態などが明確になり、これらを入力すれば対応するデータ構造及びそれらを扱うプログラムが自動的に生成されるため、ソフトウェアの製作期間が大幅に短縮され、ソフトウェアの品質向上も期待できる。

#### (3) 開発環境

車両情報システムの開発においては、動作確認試験に最も時間を要する。従来は、ハードウェアが完成するまでにソフトウェアを製作し、ハードウェア完成後にソフトウェアを組み込んでの確認という工程を踏んでいた。このため、ハードウェアの製作スケジュールがソフトウェアの製作スケジュールに大きく影響していた。こうした問題を解決するため、ハードウェアの製作工程に影響されることなくデバッグ、動作確認ができる実際のハードウェアを模擬するシミュレータを開発した。これにより、ハードウェア製作と切り離してソフトウェア製作を進めることができる。また、試験の実施と結果の判定を自動的に行う自動試験実行環境を開発した(図3)。この環境は、ソフトウェアの品質向上に極めて有効である。

## 4. 車両情報システムの将来展望

車両情報システムにおいてJRIS及びPLATINAが普及すれば、鉄道事業者の要望を満たすシステムを低コスト・短納期・高品質で提供できるようになる。

今後、鉄道事業者の“安全・安定輸送の確保”“ライフサイクルコストの低減”“サービス水準の向上”を実現するため、車両情報システムに対する要求はますます高度になる

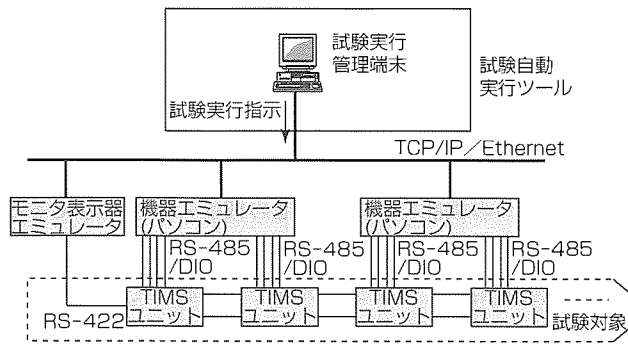


図3. 自動試験のイメージ

と考えられる。これらに対応するためには、列車の運行に直接影響を与えるような安全性及び信頼性が重要視される“制御系”，及び映像情報，インターネット情報など情報量が多く汎用性が要求される“情報系”とに機能を分離し，それぞれの性格に合った発展の道を進むものと予想される(図4)。

#### 4.1 制御系システムの展望

制御系システムは，システムの故障が車両の運用そのものに大きく影響するので，確実に安全性・信頼性・冗長性を確保しながら機能向上を図ることが不可欠である。

今後さらに，鉄道システムの信頼性・利便性・保守性・安全性に関する国際規格におけるRAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety)等の考え，手法を取り入れ，機器の安全化・高信頼化が促進されるものと考えられる。その結果，制御系システムについては，二重系，Dual-CPUなど故障が発生しにくい仕組みを検討し採用するとともに，車両全体としての安全性・省エネルギー性・高効率性・高信頼性を追求していくものと考えられる。

また，制御系システムは，万が一故障が発生した場合でも速やかに復旧できるような仕組みを構築することも必要である。

#### 4.2 情報系システムの展望

情報系システムは，制御系システムと相反して，汎用技術の鉄道車両への適用という課題はあるものの，最新のIT技術を積極的に取り入れ発展していくものと考えられる。ネットワークの範囲は地上で更に広がり，運輸指令所，車両基地，メディア編集センター，駅旅客案内システムなどの地上のネットワークシステムと結合し，車上，地上間に境界のないネットワークシステムが発展していくものと予想される。

また，車内外の通信速度もますます高速化され大容量のデータの送受信が可能となると考えられ，この結果，乗客・乗務員は車上でも地上の情報網から断絶されることな

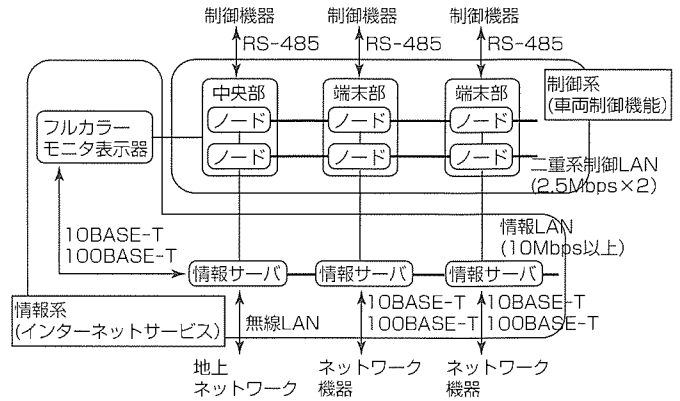


図4. 車両情報システムの今後の構成

く情報を得ることができるようになる。例えば，乗客にはインターネット情報を提供することも可能となる。

逆に，地上で車上の情報が自由に入手可能となり，障害発生時の地上での状況の把握，復旧の支援を速やかに実施することが可能となる。検修員用には車両の保守情報を提供することも可能となる。また，車両内データ伝送技術の進歩により，映像データのデジタル伝送が可能となり，高画質・高解像度のコンテンツ表示も可能となるものと予想される。

トレインビジョンシステムのような乗客向け映像情報表示システムにおけるコンテンツ更新についても，鉄道事業者，広告事業者の好きな時に実施できるようになり，緊急ニュース，天候状況の放映や時間帯，曜日別に放映パターンを変更するといった，より多様な放映タイミングに対応可能となる。

このように情報系システムにおいては，“いつでも”“だれでも”“どこでも”“情報種別を問わず”“どんな手段でも”“簡単に”情報共用できる，すなわちユビキタス化がますます進んでいくであろう。

### 5. む す び

車両情報システムの当社の取り組み内容及び将来展望について述べてきた。今後も種々のニーズに対する最適なシステムを提供していくため，鉄道事業者と協力して開発・検討を進め，車両情報システムを更に夢があり，コストパフォーマンスの高いシステムに成長させていきたいと考える。

#### 参考文献

- (1) 角南健次：多重伝送システムの車両への適用，鉄道車輛工業，No.423 (2002-7)

# 車載用パワエレ機器の現状と今後の展望

菊池高弘\*  
寺澤英男\*  
河本祥一\*

## 要旨

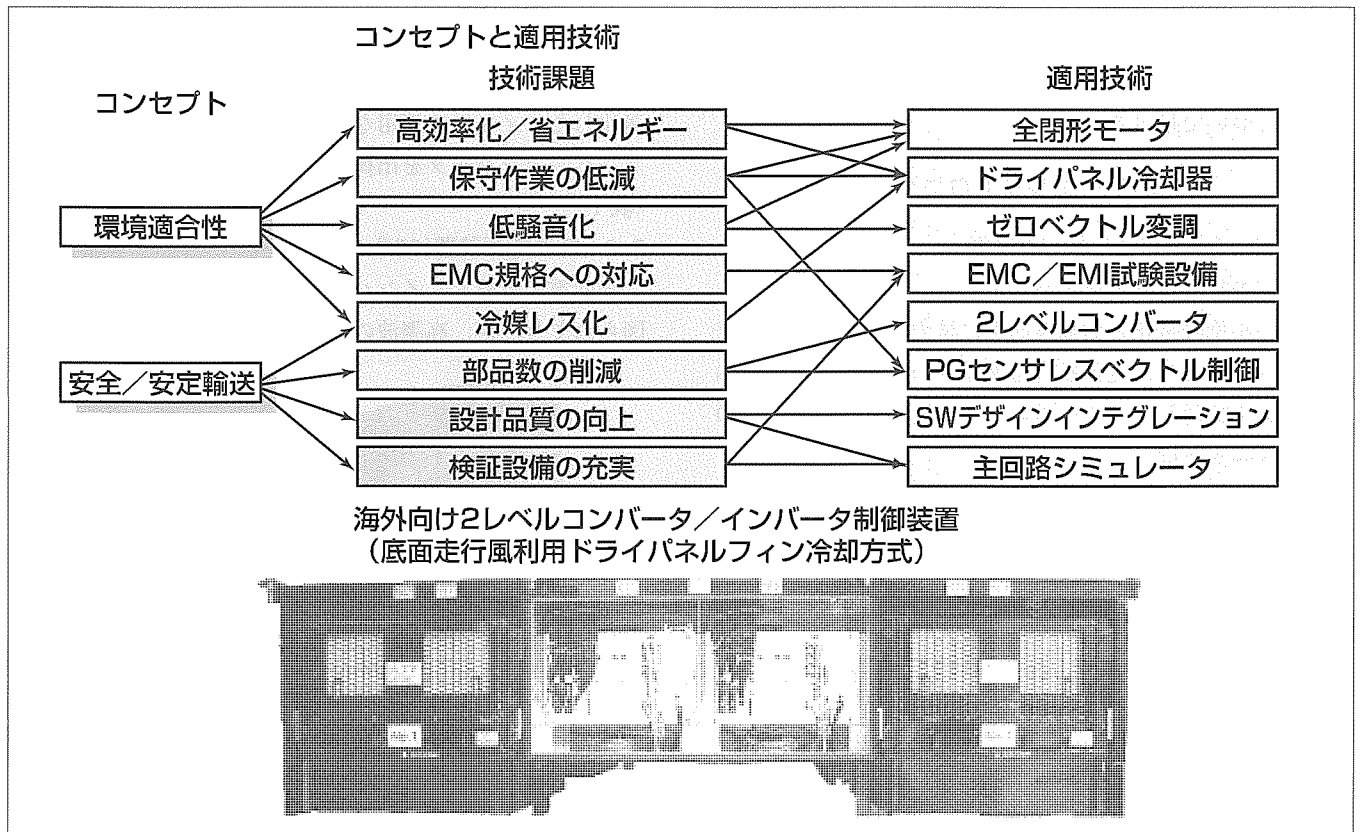
鉄道車両におけるVVVFインバータ装置と補助電源装置は、パワーエレクトロニクス技術、マイクロエレクトロニクス技術を適用し始めてから20年以上を経ており、主回路半導体素子の急速な進歩に伴って発展を遂げてきた。近年では、主回路半導体素子として、IGBT/IPMを適用した2レベル変調方式が一般的となり、技術的には成熟期に入りつつある。また、主電動機は直流電動機から交流電動機へ完全に置き換わり、更なる省保守化や低騒音化のため、全閉モータが実用化されようとしている。

一方、市場のニーズは、環境への配慮と公共輸送に対する厳しい要求を背景に、環境適合性や安全/安定輸送を目指し、信頼性確保が大きく求められるようになってきてい

る。

三菱電機では、これらのニーズにこたえるため、冷媒レスのドライパネルに代表される環境適合型装置を開発し、機器の小型軽量化・高効率化・省保守化・低騒音化・低エミッション化を図ろうとしている。また、機器の信頼性の向上のため、設計段階においては、主回路シミュレータ、ソフトウェアのプラットフォーム化の設計手法を導入し、また、機器の信頼性検証設備も積極的に導入している。

本稿では、車載用パワエレ機器のパワーエレクトロニクス、マイクロエレクトロニクス技術の技術動向に加え、主電動機を含めた将来展望について紹介する。



## 最新の車載用パワエレ機器のコンセプトと適用例

基本コンセプトである環境適合性と安全/安定輸送について、製品及びその設計、検証段階へ展開するに当たっての技術的課題と、実際に適用した技術の相関関係をブロック図で示すとともに、適用例の製品写真を示す。写真の製品は、機器の左右に配されたパワーユニットの下部に突き出ているドライパネルフィンによって冷却しており、床下がスカートで覆われた車両に適用されている。

## 1. ま え が き

鉄道車両におけるVVVFインバータ装置と補助電源装置は、パワーエレクトロニクス技術を適用し始めてから20年以上を経ており、主回路半導体素子の急速な進歩に伴って発展を遂げてきた。近年では、主回路半導体としてIGBT/IPMを適用した2レベル変調方式が一般的となり、基本機能はその要求をほぼ達成し、技術的には成熟期に入りつつある。

一方、市場のニーズは、環境への配慮と、公共輸送に対する厳しい要求を背景に、環境適合性や、安全/安定輸送を目指した信頼性向上が大きく求められるようになってきている。

ここで、鉄道車両に対する“環境”とは、

- 省エネルギーやリサイクルのしやすさといった地球環境
- 低騒音やEMCなどの周辺環境
- 乗り心地や車内騒音などの車内環境
- 運転扱いや保守などの作業環境

などの側面がある。当社では、これら様々な角度から環境適合性を考え、装置の小型軽量化・高効率化・省保守化・低騒音化・低エミッション化等の具体的な技術開発を行うとともに、信頼性向上のための設計手法や検証設備を積極的に導入している。

本稿では、その代表的なものを紹介するとともに、今後の動向について述べる。

## 2. パワーエレクトロニクス

### 2.1 コンバータ/インバータ装置

#### (1) 床下走行風自冷ドライパネル

装置の小型軽量化と信頼性向上に対するソリューションとして、当社では、走行風自冷タイプのアルミドライパネルフィンを採用したパワーユニットを提案している。このパワーユニットは、

- 走行風を利用することによる冷却器の小型軽量化
- 冷媒を用いないことによる信頼性の向上、環境適合化
- リサイクル容易なアルミ素材による環境適合化

を図っている。

当社では、車側の走行風を利用したアルミドライパネル冷却フィンを1998年から適用し、既に多くの実績を持っている。しかし最近では、車両の走行騒音低減のため、床下の車側をスカートで覆いたいという要求が市場から出てきている。当社では、このニーズにこたえるため、床下の走行風を利用したドライパネルを開発し製品に適用した。

床下における走行風利用冷却の場合、側面冷却に比べて、

- 風量が少ない

- 走行風が他の機器と干渉しやすい
- 発熱体が上部にあり、冷媒の対流による冷却ができない

という問題がある。当社では、これまで培ってきたシミュレーションによるドライパネルの最適化設計技術、第三世代チップを採用した低損失タイプのIGBT/IPMの適用、さらに機装(ぎそう)メーカーとの機器配置の検討により、これらの問題を解決した(図1)。2000年から1年間ニューヨーク地下鉄で試験走行を行ったのを始めとして、2001年から香港・インドで適用実績があり、営業運転に使用されているほか、国内向け車両も製作中である。

#### (2) 2レベルコンバータ

十分な耐電圧を持った主回路素子があれば、一般的には部品点数の削減による小型軽量化と信頼性向上が可能な2レベル変調方式が3レベルよりも有利である。インバータに関しては、3.3kV耐圧IGBT/IPMの登場により、2レベル変調方式が一般的となっている。

当社では、3.3kVのIGBT/IPMの登場当初から、インバータのみならずコンバータの2レベル化にも取り組んできた(図2)。コンバータは常に多パルスモードで動作するためその発生損失が大きく、また、主変圧器騒音や帰線電流高調波の信号器に対する影響といった問題のため、インバータに比べて2レベル化が難しかった。しかし、(1)項に述べた床下冷却方式の採用により適用可能となった車側スカートや、低損失タイプのIGBT/IPM、対象信号器に最適化したフィルタの適用などにより、既に海外向け製品で2レベルコンバータを出荷し、営業運転に使用されている(表1)。

### 2.2 補助電源装置(SIV)

補助電源装置も、インバータ装置と同様、2レベル化が図られてきたが、高調波の増加により、特に出力リアクト

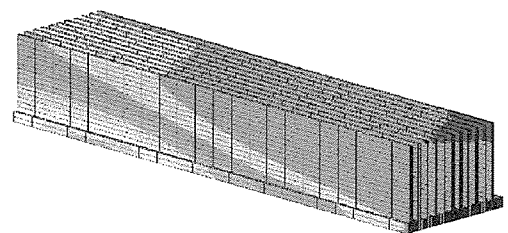


図1. ドライパネルの温度シミュレーション解析例

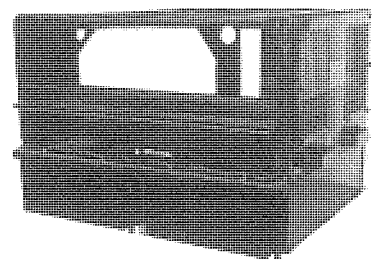


図2. 床下走行風自冷ドライパネル冷却式2レベルコンバータパワーユニット

表1. 海外向けコンバータ/インバータ制御装置の諸元(例)

入力電圧	単相50Hz, 1.058Vac × 1 巻線(架線電圧25kV)
出力電圧	3 相, ~200Hz, ~1.450Vac
制御容量	主電動機240kW × 2 MM
中間直流回路	1.900Vdc, 中性点接地
コンバータ	3.3kV1.200A (IGBT/IPM) × 1slp 2 レベル変調
インバータ	3.3kV1.200A (IGBT/IPM) × 1slp 2 レベル変調
主回路冷却方式	走行風自冷ドライパネルフィン

ル(ACL)から発生する騒音の低減・好音質化が求められている。

当社では、ACLの騒音低減のため、コイルの電流密度と鉄心の磁束密度の最適設計を図るとともに、その構造を工夫することにより、75kVAの装置において従来比-5dBの騒音低減をした。

また、インバータで実績のあるゼロベクトル変調技術の適用により、耳障りな特定周波数の騒音ピークを分散し、好音質化を実現した(図3)。

### 2.3 EMC/EMI試験設備

通信分野で早くから議論されてきたEMC問題は、車両用のパワーエレクトロニクス応用装置についても問われるようになってきており、車両搭載機器に対するEMC国際規格IEC62236も正式登録されるに至った。また、鉄道システムにおいては、車両搭載機器に対する信号機器からの様々な規制があり、工場出荷段階での実負荷検証などが必要になってきている。

当社では、推進制御装置や補助電源装置を評価対象品として収納でき、かつ高圧電源の供給と負荷の接続が可能な大型の電波暗室を備えた設備により、EMC/EMI試験検証を行って、国際規格に適合した製品を送り出している。

さらに、この電波暗室を利用して、ATSなど信号機器に対する直達系の誘導障害検証も行っており、その対策評価にも成果を上げている。

## 3. マイクロエレクトロニクス

### 3.1 センサレスベクトル制御

鉄道車両では、誘導電動機の軸端に速度センサを取り付け、検出したモータ周波数を用いて誘導電動機を制御する方式が一般的である。しかし速度センサは、ばね下の振動条件下にあるほか、制御装置まで低圧信号の配線が敷設されており、信頼性上好ましくない。また、モータの軸端に取り付けられることより、スペースの点からモータ容量自体を制約してしまう。そのため、誘導電動機の電流検出値などからモータ周波数を推定し、PGセンサなしでインバータ制御を可能とするPGセンサレスベクトル制御の開発を進めている。

現在、初期速度推定に直流励磁方式を採用した完全なセ

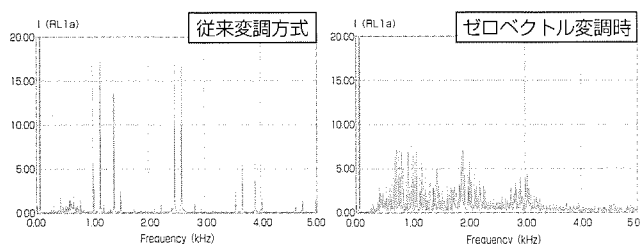


図3. 補助電源装置騒音の周波数分析結果

ンサレス制御について、既に営業運転車両で試験的な適用を行っており、空転滑走制御を含めて良好な結果を得ている。誘導電動機に全くPGセンサの付いていない本格的なセンサレス制御を採用した車両が、間もなく営業運転に投入される予定である。

### 3.2 ソフトウェアデザインインテグレーション

車両推進制御装置に適用するソフトウェアは、高速演算処理を要求され、かつ複雑な外部入出力処理に対応する必要があるため、システム仕様をマニュアル展開し、アセンブラで記述していた。

しかし、システムの高度化に伴って、これらの手法は限界になりつつある。

一方、ブロック図を入力すれば直接シミュレーションを行う制御系CAD/シミュレータが世界で標準的に使用されており、このCAD図から直接オブジェクトを展開することも可能となってきた。当社では、このオブジェクトを使用できるプラットフォームを開発し、制御系CAD/シミュレータのブロック図レベルでソフトウェアを設計・製作・検証・管理できるシステムを構築した。

これにより、シミュレーションでチェックしたブロック図をそのままソフトウェア展開できるソフトウェアデザインインテグレーション環境が整い、効率的なソフトウェア設計を行うことができる。

### 3.3 主回路シミュレータ

マイコン制御の高機能化により、その設計検証の深度化を図ることが必要となっている。しかし、主回路組合せ試験では条件設定に限界があり、また、人手と時間がかかるという問題がある。また、机上シミュレーションのみでは、ハードウェアを含めた検証を行うことができなかった。

当社では、DSPなどの高速プロセッサが適用された汎用の市販ボードを利用して、車両用の推進制御装置における主回路と負荷(主電動機・架線・車両・路線条件)をリアルタイムにシミュレートできる主回路シミュレータを開発した。このシミュレータにより、従来主回路組合せ試験では不可能であった50/60Hz商用周波数切り換え・リニアモータ制御・並列接続モータ間の車輪径差試験を始め、これまで現車試験を待つしかなかった様々な制御機能の設計段階における検証を可能にし、設計検証の深度化に効果を上げている(図4)。

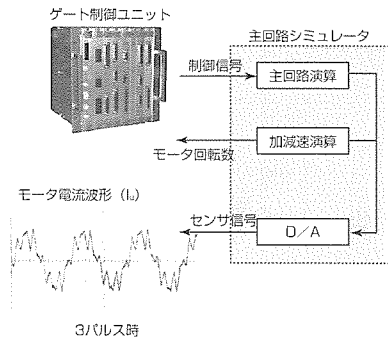


図4. 主回路シミュレータによるリアルタイムシミュレーションの概念

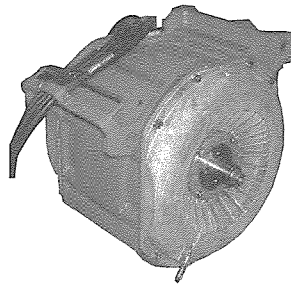


図5. 全閉形モータ

#### 4. 全閉形モータとモータ制御

##### 4.1 全閉形モータの概要

全閉形モータは外気進入の遮断によって絶縁部の信頼性向上及び内部への塵埃堆積(じんあいたいせき)防止を図っており、汎用機では広く普及している。車両用の全閉形は、海外に適用例は多いものの国内では少ない。全閉形モータは、車両用としても、信頼性の向上と地球環境・車内環境・作業環境など様々な環境に対する保護や改善に貢献するものであり、今後急速に適用拡大が見込まれている。

##### 4.2 全閉形モータの特長

###### (1) 長期非分解化

従来のモータは開放自己通風式が主で、外気をモータ内部に取り入れるために、モータ内部の塵埃堆積から定期的な分解清掃を実施している。これを全閉形とすることにより内部の清掃を不要とし、さらに、軸受の長寿命化を図ることによって分解周期を16年(240万km)程度にまで延長して、保守作業環境の改善が可能である(図5)。

###### (2) 低騒音化

開放形モータでも様々な騒音低減対策が適用されているが、ファン等に起因する騒音が排風とともに外部に放出されるため、大幅な騒音低減は困難な状況である。

全閉形モータでは、モータ内部で発生する騒音を外部に放出しないため、大幅な騒音低減が可能となる。冷却を確保するために外扇と呼ばれるファンでモータ外周部の通風を行っているが、冷却効率を改善して外扇の風量を低減することによって、開放形に比べ約10dBの騒音低減が可能となり、居住空間としての車内環境改善を図ることができる。

###### (3) 高効率化と省エネルギー

全閉形モータはモータの外周部で熱交換することによって冷却するため、内部特に回転子で発生する熱、すなわち損失を極力低減することが必要であり、低抵抗の銅合金を導体として用いている。これにより滑りは小さくなるが、モータ効率は従来機に比べ約2%改善される。

また、更なる損失低減として、回転子の溝形状を変更す

ることにより、従来漂遊損と言われていた高調波損失を低減することが可能となった。

損失の低減は、出力を一定とした場合の電力量が低減するということであり、効率の向上を意味する。全閉形モータでは上記の損失低減すなわち高効率化により車両走行のための消費電力量を低減できるほか、DEL等では車両性能を高く、又は燃費を良くすることが可能となり、いずれも省エネルギー化を進めることができる。

#### 4.3 低滑り制御

誘導電動機は、モータの機械的回転数と電気的回転数の差である滑りを制御することにより出力トルクを制御しており、全閉形モータでは低損失化で滑りを小さくしているため、低滑り制御が不可欠となる。その結果、制御のダイナミックレンジが狭まるため、より高速な制御応答が要求される。

当社では、この低滑り形モータに対応できる新しい電子制御ユニットを開発し、製品への適用を開始している。制御応答が高速になったことにより、全閉形モータの適用だけでなく、架線電圧急変や軽負荷回生などへの応答も高速化され、過電圧等の保護にかかることなく制御を続けることができるほか、純電気ブレーキの採用や空転/滑走制御の向上も容易となり、運転扱いや乗り心地の改善にも寄与している。

## 5. むすび

パワーエレクトロニクス技術は成熟期に入りつつあるものの、ニーズ・シーズともまだまだ広がっていく可能性を持っている。

例えば当社では、蓄積層を設けた独自の低損失タイプトレンチゲートIGBT(CSTBT)を開発しており、その鉄道車両への適用がもう目の前に迫っている。CSTBT適用による損失の低減は、より大きな容量を持った装置へのドライブパネル適用や、高周波化による騒音低減など、更なる環境適合化が期待できる。

また、走行風自冷ドライブパネルの新幹線への適用が試験的に行われており、通常走行では問題のないことを確認済みである。新幹線のフロアレス化に向けて、期待が寄せられている。

今後、これらの成果を積極的に取り入れた製品を展開するとともに、高信頼性と環境適合性を追求していく所存である。

## 参考文献

- (1) 久富浩平, ほか: 速度センサレス制御の技術, 鉄道車両と技術, No.81, 17~24 (2003-1)



# 車載空調システムの現状と今後の展望

山城芳裕\*

## 要 旨

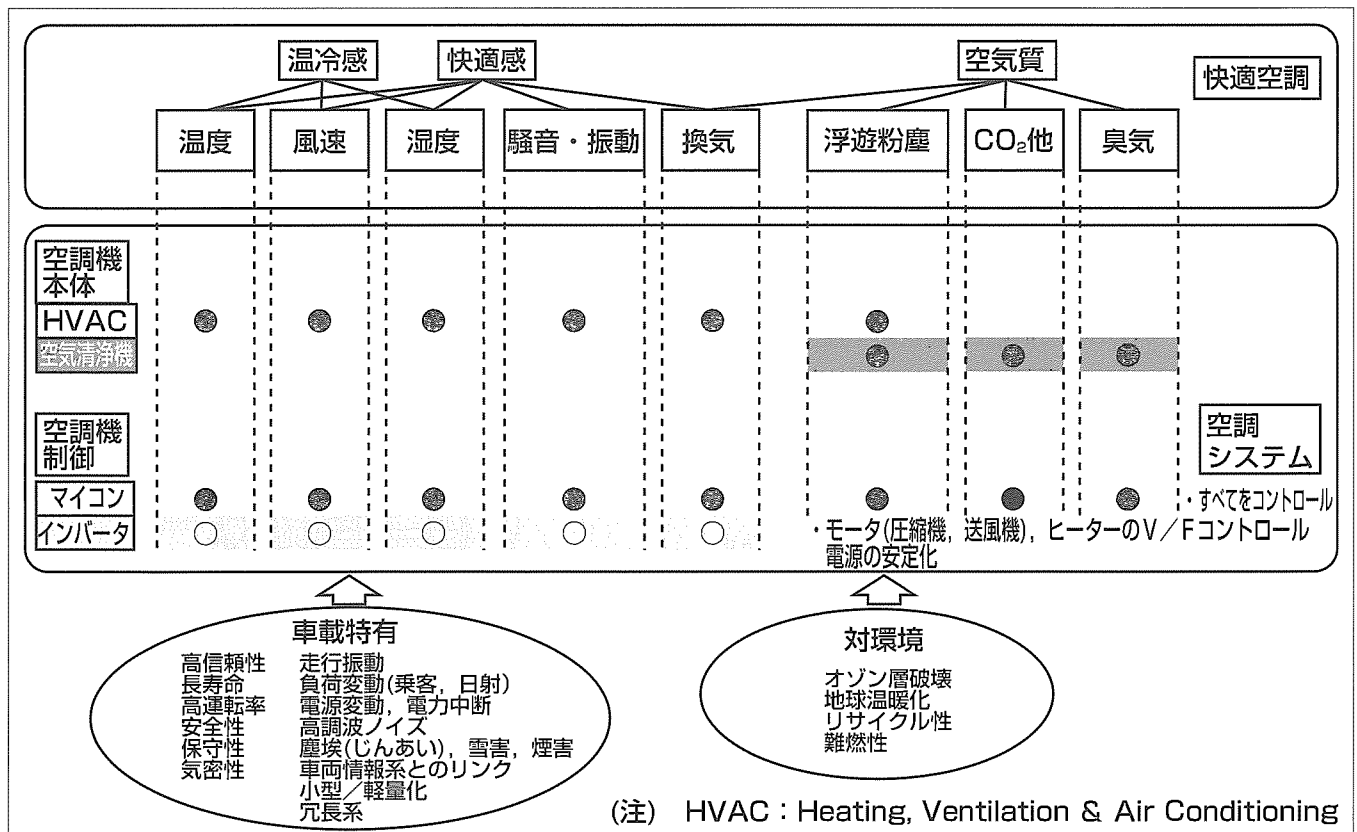
鉄道車両の空調装置は、日本国内においては、夏季の客車内温度を下げ環境を快適にするサービス向上の一環として特急の展望車、食堂車等、ごく限られた優等車に採用されて以来、既に50年以上が経過している。

最近では、車内の温度・湿度のコントロールのみならず、空気質の改善、乗客の乗り降り等に起因する負荷変動に対するクイックレスポンス等、更なる快適性が要求されてきており、新幹線を始め、特急車、近郊・通勤車、新交通、モノレール、路面電車に至るまで、ほとんどすべての車両に搭載されてきており、CS(Customer's Satisfaction)向上機器として非常に重要なポジションを占めてきている。

また、対環境問題として、空調装置は特に冷媒系統に使用されているフロンガスが絡むオゾン層破壊、地球温暖化等が注目されてきており、鉄道車両の公共性もあいまってその対応が急がれてきている。

本稿では、冷媒回路技術、快適性向上に絡む空調制御技術等を通し、車載用空調システムの現在までの技術動向、及び今後の技術動向を含め、将来展望について紹介する。

併せて、海外の車載用空調システムに関する動向も、当社が1999年から納入開始しているニューヨーク地下鉄向け空調装置を通し紹介する。



## 車載空調システム関連図

一般的に快適空調の要素としては、温冷感、快適感、空気質等が挙げられているが、不特定多数の乗客が利用する車内の空間環境については冷温感の改善は当たり前であり、更なる快適感の向上、加えて浮遊粉塵、臭気等を含めた空気質改善が要求されてきている。

このため、車載空調としては、ハード(空調機本体)、及びソフト(空調機制御)の両面からの対応が必要となる。併せて、冷媒ガスに代表される対環境性を考慮したシステム対応が望まれている。

1. ま え が き

車載用空調システムは、空調機本体(いわゆるハード部)と空調機の制御(いわゆるソフト部)とに大別される。本稿では、これらの変遷を通し、今後の技術動向について紹介する。

2. 車載空調システムの変遷

2.1 冷媒回路技術

冷媒回路の心臓部である圧縮機については1950年当初は開放型往復動(レシプロ)式であったが、半密閉形往復動式を経て、1970年ごろには現在使用されている全密閉形への切り換えが進んだ。これにより車載用として要求されている小型軽量化が格段に改良された。さらに、全密閉形圧縮機も往復動式から回転式への切り換えにより低振動・高効率化が図られてきている。当社では、現在、往復動式のレシプロタイプと、回転式ではロータリタイプ、及びスクロールタイプを使用しているが、主流はスクロールタイプであり、スクロール化への切り換えが加速されてきている。スクロールタイプは、その構造上、低圧力脈動、低騒音、高信頼性、高効率等、多くの優位性があり、民生用も含め空調用圧縮機への採用はここ当分は継続されると思われる。

また、車載用としては、特に天井搭載型空調ユニットにおいて、低背化が要求されるため横置形のニーズが強くなり、当社では、1985年から横形ロータリタイプを、1989年から横形スクロールタイプを実用化し現在に至っている。図1に当社の横形スクロール圧縮機の構造を示す。

冷媒回路としては、特に車載用の特性として長期停止時(パンタ等の電源オフ時)に、熱容量の違いによる圧縮機への冷媒液の凝縮、いわゆる“冷媒液の寝込み”防止のためのクランクケースヒーターの電源がとれないことによる始動時の冷凍機油のフォーミング、及び液圧縮対策が重要な課題である。このため、冷媒回路設計に当たっては、①封入冷媒量のミニマム化、②アキュムレータの最適化、③停止時の冷媒移行防止、④圧縮機内部の冷凍機油持ち出し防止等の十分な配慮が必要となる。

また、車内・車外の塵埃による熱交換器の汚損による冷・暖房能力の低下防止のための清掃、フィルタ交換等の

作業性の考慮、及び摺動(しゅうどう)部ベアリングの定期的交換等への配慮すなわちメンテナンス・サービスのやりやすさが要求されLCC(Life Cycle Cost)の低減を考慮した設計が望まれている。

冷媒回路の熱搬送媒体としての冷媒は、①毒性のないこと、②可燃性でないこと、③熱搬送効率の高いこと、④安定した物質であること等が要求されるが、この条件に適した冷媒としてフロンCFC(クロロフルオロカーボン)R12、又はHCFC(ハイドロフルオロカーボン)R22を使用してきたが、これらに含まれる塩素原子がオゾン層を破壊し有害な紫外線等の増加の要因であるため、1985年の「オゾン層保護のためのウィーン条約」、1987年の「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」等を経て表1に示す規制が進められている。現在まで、車載用空調装置の主流として使用されてきたHCFC(R22)は、CFC(R12)に比べて水素原子を持っているためオゾン破壊係数は低いのでモントリオール議定書では対象外であったが、1992年のコペンハーゲン締結国会合においてフロン規制の強化が提案され、1996年から新規生産の凍結規制が開始され段階的に削減することが決定された。さらに、1995年のウィーン締結国会合において2020年製造中止へと前倒しが決定されている。ただし、R22に関しては、R22自身の生産規制であり、使用は禁止されておらず、既に生産されている空調装置はそのまま使用可能である。

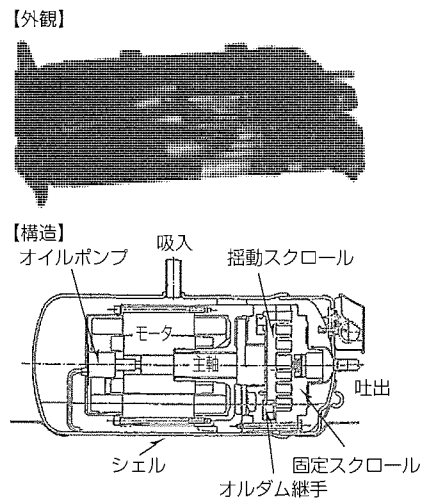


図1. スクロール圧縮機

表1. フロンに対する規制内容

	規制対象物質		規制外対象物質
	特定物質	指定物質	
フロンの種類	CFC類 R-11, 12, 502等	HCFC類 R-22, R-123等	HFC類 R-134a, R-407c等
ODP	1.0~0.4	0.1~0.02	0
規制状況	1994年25%に削減 1996年1月から生産、消費=0	1996年から1989年レベル+αに規制 2020年から新規採用禁止 2030年から生産、消費=0	

ODP : Ozone Depression Potential(オゾン破壊係数)

## 2.2 空調制御技術

鉄道車両においては、新幹線や長距離特急車等、長時間の乗客に対してきめ細かな空調制御を要求されるものから、通勤電車のようにドア開閉や乗客の乗降によって熱負荷が著しく変動するため応答の早い空調制御を必要とするものまで、多種多様のニーズがある。この章では、最近の技術として、①年間全自動制御、②ファジー推論を使用した空調制御、③オブジェクト指向を採用した制御ソフトウェア等を紹介する。

空調制御関連図を図2に示す。図に示すように車両から得られる各種情報を基に最適制御が実施される。

### (1) 年間全自動制御

この制御は、省人化と快適車内空間の提供のため、冷房・換気・暖房等の制御を自動的に判断し制御するもので、車内外温度、季節に応じた着衣量等を考慮したカレンダー機能の採用により、冷房と暖房との中間期を含め最適制御を実現したものである(図3)。

### (2) ファジー推論を使用した空調制御

ファジー演算を適用して算出された空調能力に従い空調装置を制御するもので、ファジー演算ではその時に必要な空調能力が算出(リニアカロリー)され、実際の制御においては、算出された能力に最も近接した能力を持つ運転条件(ステップカロリー)によって機器が運転される。具体的には、以上の演算により指定された指示により冷媒回路構成機器、インバータ等を作動させ、より体感に近いセンシングの下に、応答性が早い車内環境制御を可能にすることができる(図4)。

### (3) オブジェクト指向を採用した制御ソフトウェア

車両空調装置の種類が増大に伴い、その制御ソフトウェアも膨大化し多様化し、開発から完成までに多大の時間を費やしてきている。当社では、このソフトウェア開発にオブジェクト開発手法を適用するとともに組み込みソフトウェア開発向けのC言語用オブジェクト指向開発環境を構築した。C言語においても簡潔で信頼性の高いオブジェクト

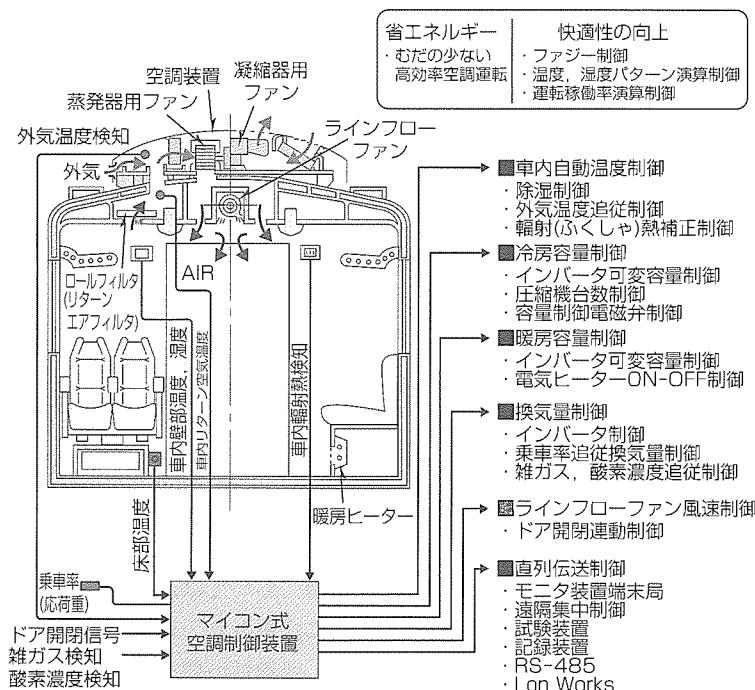


図2. 空調制御関連図

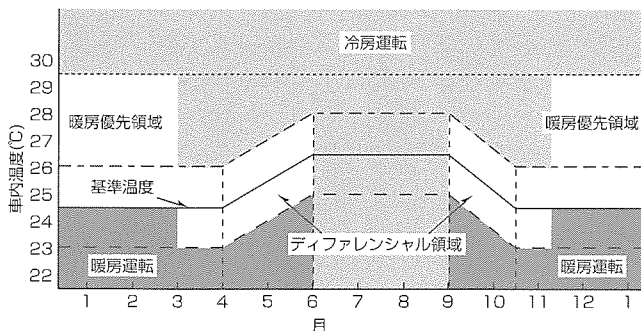


図3. 全自動による空調モード判定

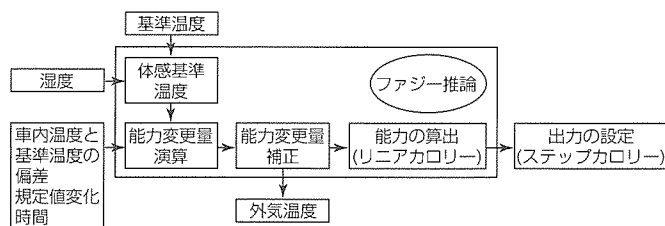


図4. ファジー推論の手順



図5. ニューヨーク地下鉄向け空調システム

指向プログラミングを可能にするコーディング規約を策定し、これに従ったプログラミングを支援するマクロを開発した。また、UML(Unified Modeling Language)の設計モデルからC言語のプログラムコードを生成するツールを開発して、作業の効率化を図るとともに、分析・設計から実装まで一貫したオブジェクト指向開発を可能にした。

### 3. 海外の車載空調システム

海外の車載空調、特に欧米に関しては、日本に比べて約30年遅れたシステムを未だに使用中である。鉄道の起源は欧州であるが、その気候が寒冷で冷房を余り必要としなかったこと、また、彼らの国民性によるものと思われるが、いわゆる重厚長大な開放形圧縮機や半密閉圧縮機を使用したユニットを定期的にオーバーホールしながら使用している状況である。最近の欧米メーカーは当社を筆頭とした日本メーカーの影響もあり全密閉圧縮機方式へと移行しつつあるが、まだまだ後発であり市場をリードしているとは思われない。

当社は1999年からニューヨーク地下鉄のNew Generation Car(R142APj, R143Pj)向け空調装置(図5)を納入し既に1,500台のユニットが車両に搭載されマンハッタンの快適な足となり好評を博している。ニューヨーク地下鉄向け空調システムは、1両に2台搭載されているが、横形スクロール圧縮機搭載で空調ユニット内蔵インバータと32ビットのマイコン制御方式を使用した日本でも最新のモデルである。天井に搭載するタイプであるが、薄型の埋め込み形で、従来から北米で主流である車内側から取り付ける室

内ユニット(蒸発器, 送風機ユニット)と床下に配置される室外ユニット(凝縮器, 圧縮機ユニット)が分割されたスプリットタイプとは大きく異なり1パッケージ化され、取り付け取り外しが屋根上から簡単にでき、しかもメンテナンスフリータイプの北米においては画期的なシステムである。この商談開始当初はニューヨーク市当局から懐疑的な質問等もあったが、現在はその先進性が認められR160Pj(総数1,700両)の受注も決定した。

海外の市場に関しては、前述のように我が国の技術が先行しており、国内ベースの技術メニューからその国に合った仕様をピックアップしまとめ上げることで対応可能である。当面は、当社がイニシアティブをとってリードしていける市場であり注力していきたい。

なお、現在海外向けとしては、前述のニューヨーク地下鉄以外にも、北米：GM社機関車用、中国：武漢LRT、フィリピン：マニラLRT、ギリシャ：アテネLRT、豪州：OSCar向け等、計7案件を受注し対応中である。

### 4. むすび

当社における車載空調システムは、1950年生産開始以来、既に10万台を超えるユニットが国内外に出荷され、快適な車内空間の提供によりCS向上に貢献してきている。国内市場においては、新幹線から路面電車に至るまで全国の車両に搭載され、約60%以上のトップシェアをキープしている。快適性の要求は今後ますます強くなってくると思われるが、当社としては、その要求にこたえられるだけの技術を蓄積し、業界をリードしていきたい。

# 電力システムの現状と今後の展望

米畑 譲\*  
 藤田敬喜\*\*  
 柘井 健\*\*

## 要旨

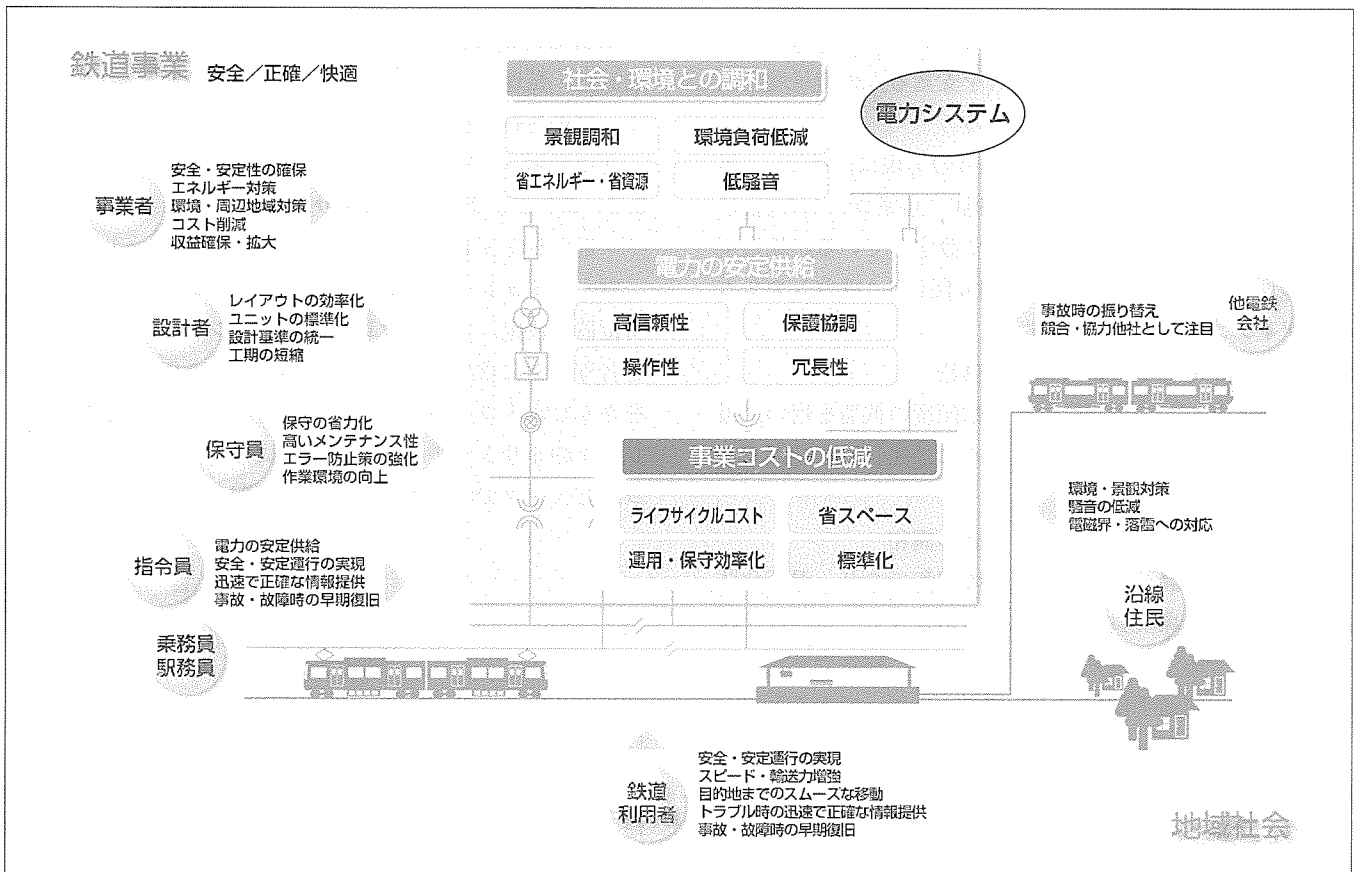
電力システムは電気鉄道システムの中にあつて目立たない存在であるが、すべてのシステムに電力を供給し、安定大量輸送という鉄道サービスの根幹を支える非常に重要なものである。一方、鉄道事業は利便性のみならず環境等の観点からも地域社会を無視しては存在し得ず、また、少子化による利用者減に対応するため一層の収益性向上も迫られている。

これらのニーズにこたえるため、三菱電機は、電力システムに対し3つのデザインコンセプトを設定し、基本計画、システム設計、機器設計・製作、設備施工・監理、設備運転・保守といったすべてのステージにわたり総合エンジニアリングの提供を行っている。

- 基本機能としての“電力の安定供給”
- 社会要求としての“社会・環境との調和”
- 鉄道事業のための“事業コストの低減”

特にシステム構築のためのエンジニアリングコンサルテーションと個別機器へのコンセプト展開は不可欠であり、電力シミュレーションによる変電所配置や設備容量決定、また配置検討ツールを使つての運用・保守を考慮した最適配置検討等の実施。また、これらを実現するため機器には新しい技術を適用しての高信頼性、対環境性、縮小化等、様々な要求に当社は積極的にこたえている。

本稿では、これら当社の取り組みを紹介し、また電力システムの将来展望についても言及する。



## 電力システムのデザインコンセプト

鉄道事業における事業者・設計者・保守員・指令員等、さらには地域社会の鉄道利用者・沿線住民・他電鉄会社から求められる様々なニーズにこたえるための電力システムデザインコンセプトを示す。

## 1. ま え が き

電気鉄道用電力システムにも、環境への配慮、省エネルギー・省資源、そしてIT (Information Technology) 応用による省力化等が求められている。当社は、顧客サービスの基本的要件として、システムに要求されている高機能、安全性、高信頼性、保守の容易さ等を損なわず、むしろそれらを更に向上させる形で、社会のそして顧客の新しいニーズにいかにかたえることができるかを常に真剣に考え、その実現に取り組んでいる。

本稿では、これらの観点に立って顧客ニーズと当社の電気鉄道用電力システムのデザインコンセプトを概観した後、現状の取り組みと今後の展望について述べる。

## 2. 顧客ニーズと当社のデザインコンセプト

鉄道事業における電力システムの計画・設計部門と変電所設備の運用・保守部門ではその視点も異なり、システム、技術、機器等に対する多くのニーズがある。一方、鉄道事業を取り巻く地域社会からも共生や利用といった異なる視点からの要望・意見があり、我々はこれらのニーズを融合させた電力システムを顧客に提供する使命がある。

当社は、より快適で信頼度の高い“モビリティ”を実現し、“バリアフリー(ユニバーサルデザイン)”“エコロジー”の視点をも含め、移動する人とそれを支える人の満足度を高めるサービスの提供を目指している。

電力システムにおいては、これらの実現に向けて、“電力の安定供給”“社会・環境との調和”“事業コストの低減”の3つをデザインコンセプトとして設定している。鉄道事業、地域社会、電力システムの相互関係を“電力システムのデザインコンセプト”に示す。

### (1) 基本機能としての電力の安定供給

システムとしての信頼性は、高信頼度の機器を用い、最適な保護協調と快適な操作性、さらには冗長性を持たせることで確保される。

### (2) 社会要求としての社会・環境との調和

景観調和や低騒音は周辺環境との調和であり、温暖化防止を始めとする環境負荷低減や省エネルギー・省資源は環境との調和である。電気鉄道システムは、輸送効率が高く、現状でも他の交通手段に比べて省エネルギーであると言える。しかしながら、電気鉄道システムにおいても、1997年の京都会議(COP3)で温暖化防止への取り組みが義務付けられ、環境へのますますの配慮が要求されている。

### (3) 鉄道事業のための事業コストの低減

利用者減に対し、前述の省エネルギー・省資源によるコストダウンだけではなく、長期にわたってのライフサイクルコストの観点からの保守・更新や機器縮小化に伴う用地削減・掘付け作業の効率化、メンテナンスフリー指向や自

動化、標準化による運用・保守効率化や保守備品の削減を目指す。

## 3. 当社の総合エンジニアリング力

### 3.1 総合エンジニアリングの提供

電力システムの計画・設計・製作・施工・保守の各ステージにおいてデザインコンセプトを実現し高品質を確保するために、当社では、図1に示す総合エンジニアリングを提供している。以下にその内容を述べる。

#### (1) 基本計画コンサルテーション

新線建設や変電所の新設・更新の基本計画において、電力・き電系統計画、運転計画、付帯設備計画、次世代コンセプトメーカーのコンサルテーションやサポートを行う。

#### (2) システム設計コンサルテーション

電力システム設計のために、電力シミュレーション、高調波シミュレーション、設計サポート、インタフェース設計等の設備設計コンサルテーションを行う。

#### (3) 機器設計・製作

電力設備機器の安全性、信頼性、保守性、環境性、経済性を考慮し、機器設計・製作を行い、所期の仕様を満足していることを確認する。

#### (4) 設備施工、監理

工期及び安全性を確保し、電力設備の機器試験・総合試験計画・監理、官庁検査計画・管理を行う。

#### (5) 設備運転・保守

運用計画、保守計画、教育計画等のサポートを行う。

### 3.2 エンジニアリングコンサルテーション

#### (1) 電力シミュレーション

電力シミュレーションは電力システムの設備容量や変電所位置の決定、さらには車両と回生インバータの効果検証を行う非常に重要なもので、その原理はき電ネットワークをキルヒホッフの電流法則で解くものである。当社シミュレータのオリジナルは25年以上前に開発され、当時の大型コンピュータで実行させていた。時間とともにき電ネット

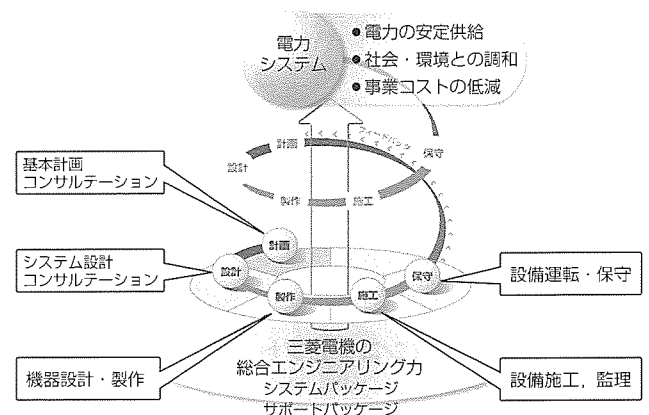


図1. 総合エンジニアリングによるサポート

ワークが変化し、車両回生ブレーキや変電所回生インバータの特性が非線形モデルとなるため、解の収束性を高めることが重要なノウハウとなっている。現在では、シミュレーション機能の向上により、車両モータの電圧依存性を考慮したものになり、ダイナミックな潮流・高調波計算機能も追加された。また、コンピュータのダウンサイジングが進んだ結果、汎用パソコンで容易に実行できる環境が整った。

図2に、直流き電用電力シミュレーションの演算出力例を示す。グラフ上段から、車両運行状況、変電所の出力電圧・電流・電力である。

### (2) 変電所デザイン

鉄道網はその性格上都心部～都市近郊で発達し、鉄道用変電所も都市に近いほど多くなる。したがって、変電所が地上に設置される場合、否応なく人目にさらされることになり、鉄道事業と地域社会との共生の観点からもその景観調和は避けて通れない。当社では、社内デザイン研究部門とともに、顧客の要望を取り入れながら図3に示すような周辺環境に調和する変電所デザインの提案を行っている。

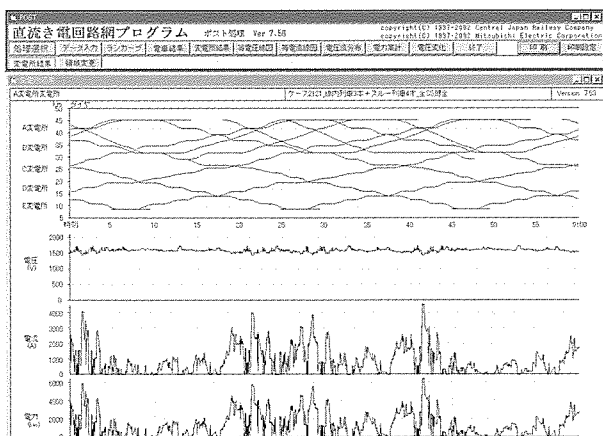


図2. 電力シミュレーションの出力結果

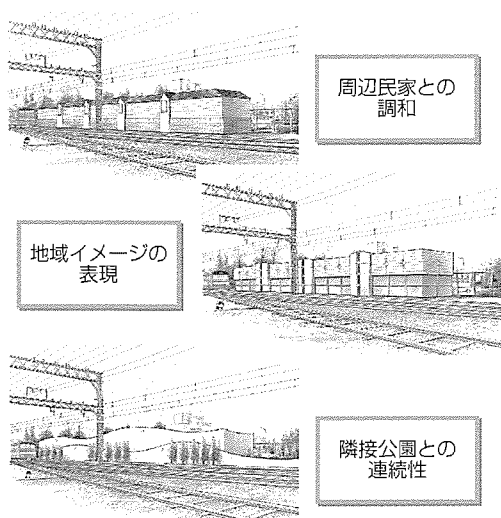


図3. 景観調和を考慮した変電所デザイン

る。

### (3) 変電所レイアウト

変電所レイアウト検討は計画から設計までの過程で繰り返し実施されるもので、その背景には限られた用地スペースでいかに機器のメンテナンスや仮設・搬出入スペース、配線ルート、保守員の動線等を最適化できるかという課題がある。特に計画当初においては、手軽に数多く、場合によっては顧客先で打ち合わせながらスピーディに検討を進めたいものである。そのため、汎用CADよりももっと簡単にだれでもが扱えるよう、各機器をパーツ化し、そのサイズと保守スペースを容易に変更して二次元での配置検討ができるツールを開発した。一方、保守員の動線や視認性は二次元での確認だけでは十分とは言えないため、三次元で視認できるツールを現在再構築中である。

図4に、レイアウト計画ツールを三次元化した場合のイメージを示す。

### (4) 変電所運用トータルデザイン

電鉄用変電所は無人工化され指令所電力管理システムによる集中監視方式としているが、その運用には電車線への安定した電源供給と系統事故の早期復旧等の極めて重要な責務があり、電力指令員には様々な情報に基づく確かつ迅速な運転が求められている。当社は、これら変電所運用の在り方を見直し最適な電力管理・保守支援等のシステム構築と運用をトータルデザインする。

電力管理業務には主に変電所制御(日常、事故復旧)、計画送停電などがあり、当社は、IT及び画像・音声などのマルチメディア技術を駆使した先進の電力管理システムを提案・構築し、運用の効率化・安定化を実現している。

さらに、近年における変電所巡回、点検業務など保守業務合理化ニーズの高まりから、最新のフィールドネットワーク技術を応用した変電所保守支援システムを開発し、変電所保守支援業務効率化も実現している。

図5に、上記を展開した電力設備管理システム構成例を示す。

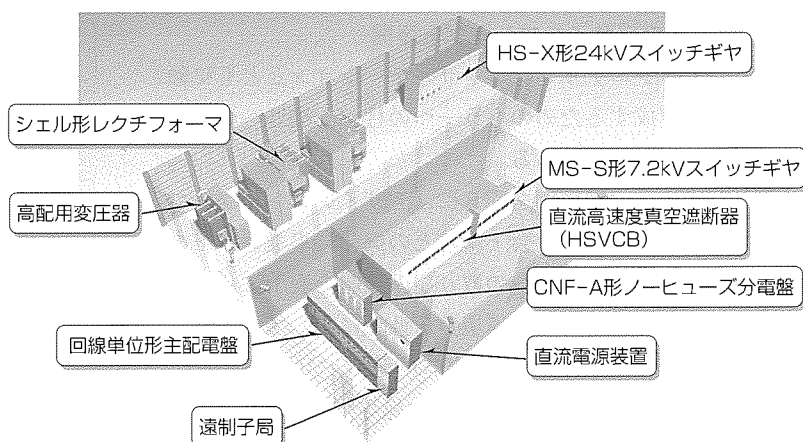


図4. 変電所レイアウト三次元イメージ

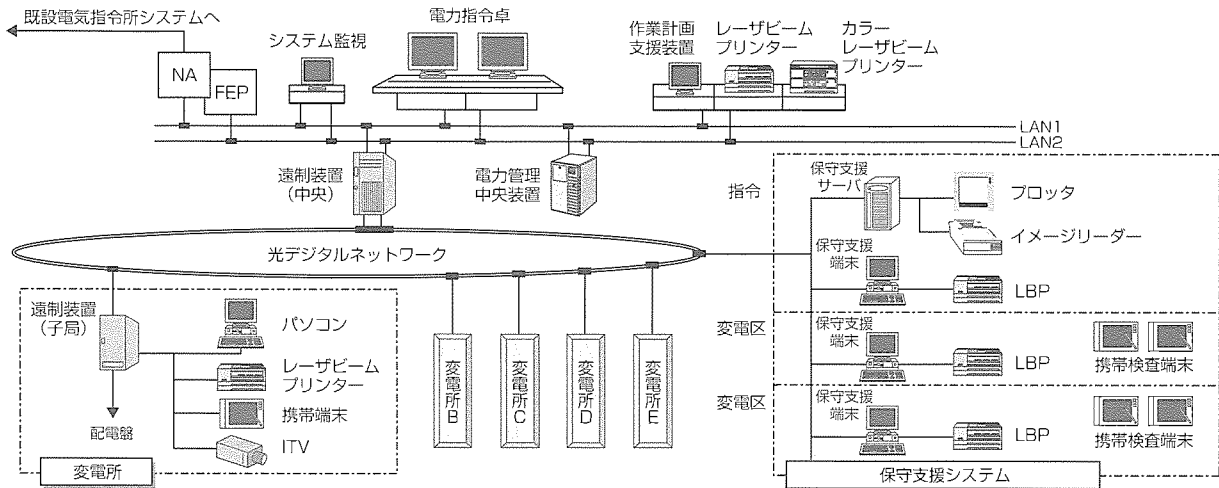


図5. 電力設備管理システム構成例

表1. 機器へのデザインコンセプト展開

設備	デザインコンセプト		
	電力の安定供給	社会・環境との調和	事業コストの低減
受電設備 き電設備 高圧配電設備	高信頼性： ● 主回路機器の密閉容器内収納による耐環境性向上 ● 主回路充電部の固体絶縁化による事故の抑制及び波及の極限化 保護協調： ● 直流回路の高速大容量遮断 冗長性： ● 2回線化，予備回線等の系統構成	環境負荷低減： ● 脱SF <sub>6</sub> ガス設計 省エネルギー・省資源： ● 主回路接続導体の構造単純化 ● 導体長の最短化による発熱低減 ● リサイクル材料の適用推進 低騒音： ● VCBエアレス化	省スペース： ● 最適絶縁設定によるコンパクト化 ● 固体絶縁適用の拡大 ● VCBの小型化と適用拡大 運用・保守効率化： ● 信頼性設計と実績評価による保守の簡素化 ● 特殊作業の削減
変圧整流設備	高信頼性： ● 大容量素子適用による素子数削減 ● 主回路素子・密封タンク収納整流器 ● 高電圧加圧部の限定 保護協調： ● 短絡耐量を確認する最適設計 冗長性： ● 予備構成の最適化	環境負荷低減： ● 温暖化係数低減冷媒ハイドロフルオロエーテル(HFE)の適用 ● 環境負荷フリー純水冷却の適用 省エネルギー・省資源： ● 外鉄形変圧器矩形平板コイル採用による全損失低減，及び小型化と放熱器片側配置の両立 低騒音： ● 外鉄形三相5脚鉄心構造	省スペース： ● 整流器，変圧器の一体構造 ● 外鉄形三相5脚鉄心による薄形タンクの実現 ● T形コネクタ接続特高ケーブルの採用 運用・保守効率化： ● 大容量素子採用による素子数の削減 ● 主回路素子の密封タンク収納
回生インバータ設備	高信頼性： ● 電源転流形インバータの適用 ● 小循環電流方式による安定的な運転 ● 電源電圧依存型定電圧制御	省エネルギー・省資源： ● 回生余剰電力の有効利用	省スペース： ● 回生電流パターンを考慮した過負荷定格の最適化
主配電盤設備	高信頼性： ● デジタルリレーによる自己監視機能の充実 ● 回線単位形構成による危険分散 操作性： ● 表示機能の充実	省エネルギー・省資源： ● デジタルリレーによる低負担 ● エコ電線の採用	運用・保守効率化： ● 回線単位形構成による保守範囲の限定 ● 回線単位形構成による拡張性の向上 標準化： ● 主回路構成に応じた柔軟性

3.3 機器へのデザインコンセプト展開

前述のエンジニアリングコンサルテーションとともに顧客ニーズを達成するためのもう一つの柱が、機器へのデザインコンセプト展開である。

電力システムの構成例を図6に、デザインコンセプトである電力の安定供給，社会・環境との調和，事業コストの低減を目指した構成機器への取り組み展開を表1に示す。

例えば最優先課題である環境負荷低減に対して，当社は，温暖化防止技術(脱SF<sub>6</sub>ガス，ガス圧低減，リサイクル，温暖化低減冷媒化，温暖化フリー冷媒等)，高効率設計・小型化等に伴うロス低減も同じくこれに寄与している。

個別機器については4章に示す。

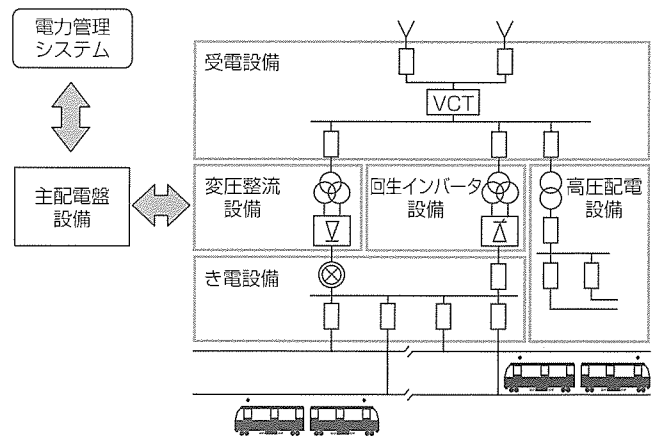


図6. 電力システム構成例



#### 4. 最新の技術を適用した機器

前述のコンセプトに基づいて当社が開発した機器について代表的なものを以下に紹介する。

##### (1) 受電設備

24/36kV HS-X形密閉型複合絶縁スイッチギヤ(図7) :

脱SF<sub>6</sub>ガスとして主回路開閉装置を密閉容器にドライエアを加圧封入し、要所に絶縁バリア、固体絶縁母線を用いた複合絶縁スイッチギヤである。遮断器は真空バルブを三角配置することで盤幅寸法550mmとし大幅な小型化を図った。遮断器の操作機構には長寿命グリースとニッケルりんめっきの採用により15年以上のメンテナンスフリーを実現した。絶縁材料には不飽和ポリエステルによるバルクモールドコンパウンドを採用し、リサイクルによる省資源を配慮した。

##### (2) 変圧整流設備

シェル形レクチフォーマ(図8) :

外鉄形変圧器とシリコン整流器を一体化した変圧整流設備である。変圧器に外鉄形三相5脚鉄心とフォームフィット構造を採用して薄型化を図り、さらには鉄心断面積を増加(磁束密度を低減)させたことで低騒音化した。また、全損失30%減の達成によってラジエータ片側配置、整流器との一体化構造を実現し、据付け面積は従来比50%となった。

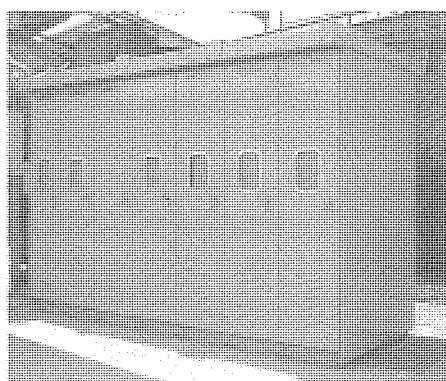


図7. HS-X形密閉型複合絶縁スイッチギヤ

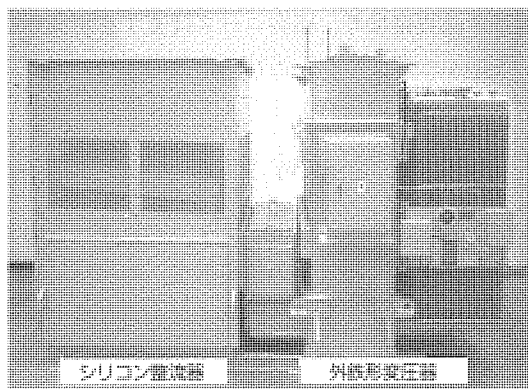


図8. シェル形レクチフォーマ

HFE沸騰自冷式シリコン整流器 :

環境負荷低減に適用した新冷媒ハイドロフルオロエーテル(HFE)を採用し、不凍(凝固点:-135℃)、不燃性を実現している。素子部は完全密閉したタンク内に収納し、外部雰囲気と遮断して保守性の向上を図っている。

ヒートパイプ自冷式シリコン整流器(図9) :

縦型純水ヒートパイプを採用し、冷却効果の向上と据付け面積の低減を図っている。素子とヒートパイプブロックの間に熱伝導性に優れ絶縁性のある窒化アルミニウムシート(AlN)を設け、ヒートパイプを接地電位に保持することで安全性を保っている。

##### (3) 回生インバータ設備

ヒートパイプ自冷式サイリスタインバータ(図10) :

車両回生余剰電力を熱損失として消費することなく、交流電力に変換し有効利用を図る。電源転流による他励式位相制御方式のため制御が単純で応答性に優れた安定した回生電力吸収を行う。車両回生ブレーキの失効によるブレーキシューの磨耗と発熱によるトンネル内温度上昇を抑制する。

##### (4) き電設備

直流高速度真空遮断器(HSVCB)(図11) :

主接点に真空バルブを使用し高周波転流遮断方式を適用した直流高速度真空遮断器(HSVCB)である。当社のHSVCBは、従来の直流高速度気中遮断器に比べ小型・省

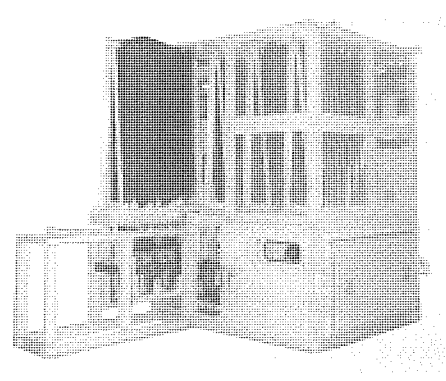


図9. ヒートパイプ自冷式シリコン整流器

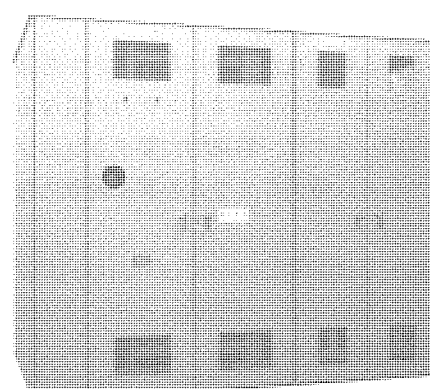


図10. ヒートパイプ自冷式サイリスタインバータ

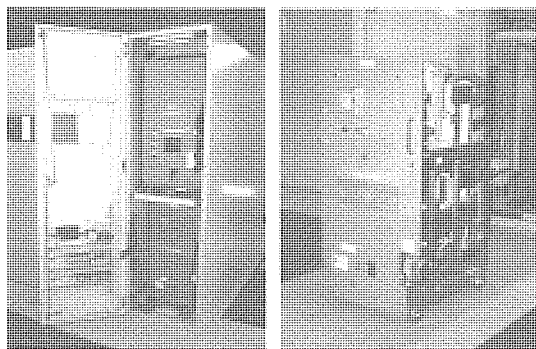


図11. 直流高速度真空遮断器

保守等の特長を持ち備えている。さらに、制御用に搭載した32ビットマイコンボードには、故障表示機能、電流トレース・払出し機能を持たせている。単バルブVCB、転流サイリスタスイッチ、保持・加圧を行う皿ばね機構、電磁反発コイルの採用により、遮断性能の向上(突進率： $10 \times 10^6 \text{A/s}$ に対応)、保守作業の軽減を図っている。

(5) 高圧配電設備

MS-S形固体絶縁ユニット形スイッチギヤ(図12)：

主回路機器・導体を絶縁物で覆った固体絶縁コンポーネントで構成する高圧開閉装置である。1面1回路の最小単位の構成としており、盤幅400mm、奥行き600mm、高さ1,900mmで、従来形に比べると据付け面積は35%と小型軽量で搬入が容易である。主回路接続導体の構造単純化・部材削減により導体長の最短化を実現し、発熱損失を40%低減した。

(6) 主配電盤設備

回線単位形主配電盤(図13)：

回線ごとに独立構成とした主配電盤である。回線単位での拡張を基本とし、将来の増設や更新切換え工事の施工が容易となる。監視部はソフトウェアシーケンスで構成し、故障表示、計測情報のデジタル/アナログ表示、時刻付き故障履歴表示をカラー液晶タッチモニターで行い、快適な操作性を実現している。保護はユニット形デジタルリレーで構成し、自己監視機能の充実により高い信頼性を確保している。

### 5. 電力システムの将来展望

電力システムの将来がいかにあるべきかを常に念頭に置いて、当社の総合エンジニアリング力の更なる向上、顧客ニーズの把握、さらに、将来的に要求されるシーズの開発等が重要である。電力システムの将来展望の概要について以下に述べる。

整流設備とき電設備については、自励式PWMコンバータ/インバータシステム及び他励式サイリスタ整流器応用による変電所出力特性の改善、保護システムの簡素化がき電系全体の効率的な運用につながり適用拡大が期待される。

電気二重層キャパシタ、Liイオン電池、NAS電池等で、

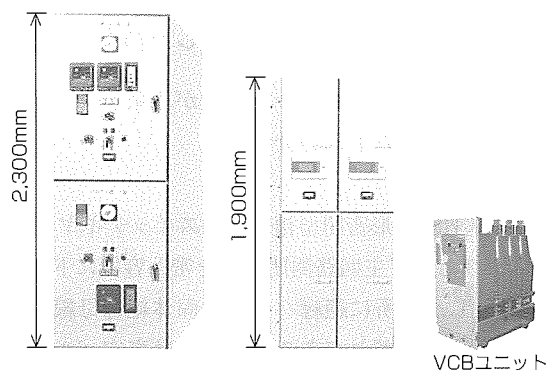


図12. 従来形(左)とMS-S形(右)の外観比較

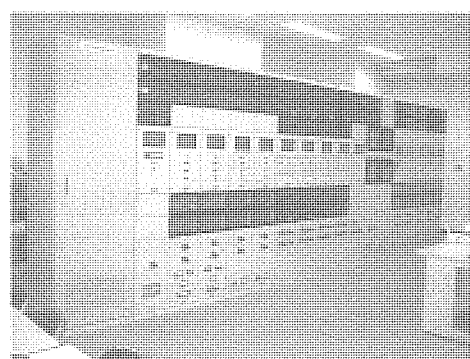


図13. 回線単位形主配電盤

負荷平準化や車両回生エネルギー有効活用化等のために、電力貯蔵システムが近年検討されている。また、回生インバータで、回生電力を電力送電線で電源系統に返還する方式が受け入れられ実施が進められている。

自己消弧形電力半導体デバイス(IGBT, IPM, GCT等)の特性向上に伴い、これらの素子が交流き電電力融通装置(RPC装置)、静止形周波数変換装置(FC装置)等に適用され、今後新たな装置への適用、領域拡大が期待される。

電力管理、保守支援システムにおいては、イントラネットを利用したWebを応用した広域情報提供が望まれる。

### 6. むすび

今後、電力システムに対しても、トータルシステムとしての提案や品質確保等、顧客ニーズはますます高度化・多様化していくと考えられ、当社は前述の3つのデザインコンセプトを軸にその期待にこたえていく所存である。

### 参考文献

- (1) 電気学会：回生車とき電システムの協調技術の現状と今後のあり方，電気学会技術報告，No.875（2002）
- (2) 米畑 譲：パワー半導体デバイスと電鉄地上設備，鉄道と電気技術，13，No.7，27～32（2002）
- (3) 笹尾博之，ほか：大容量直流高速度真空遮断器の開発，電気評論，No.455，49～53（2003）

# 海外鉄道システムの取り組みについて

関根康祐\*  
武知秀行\*

## 要 旨

鉄道システムとしての海外市場は、欧州、北米、南米、アジア、アフリカ等と広く世界各地に存在する。特に都市部については、環境問題や交通渋滞の解消のため、鉄道の役割が見直され、新線の建設、さらには既存路線でも新車の投入が多数計画され、順次実行に移されている。

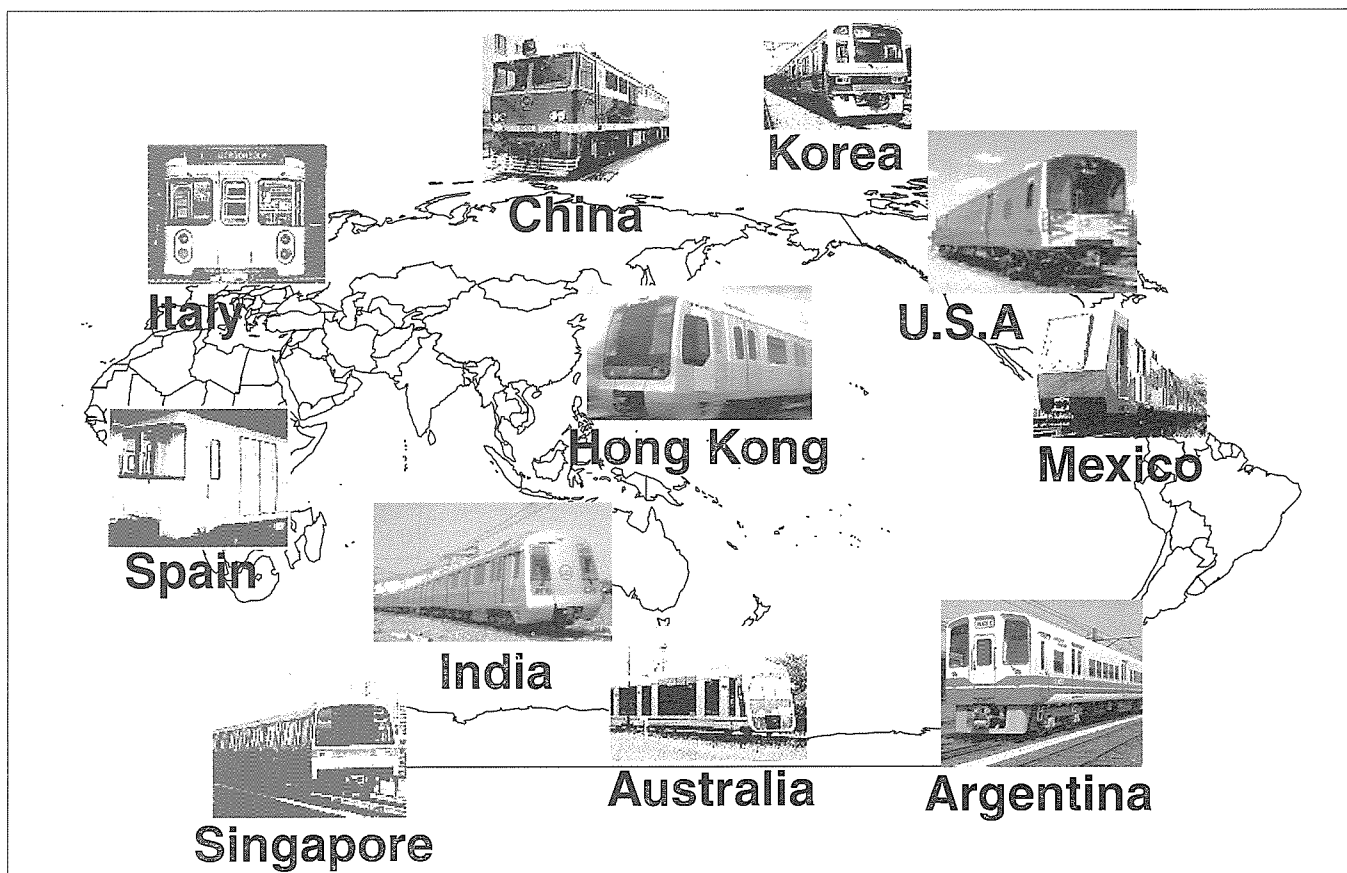
電機品メーカーである三菱電機は1960年以降車両システムの車両用電機品の輸出に積極的に取り組んできており、対応した車両の種類は、電気機関車、ディーゼル機関車、郊外電車、地下鉄電車、路面電車、新交通システム車両等、多岐に及び、主な納入先は、インド、スペイン、豪州、メキシコ、中国等、現在まで20数か国に達している。

海外案件における鉄道事業者(客先)の要求は、機器単体の詳細な技術仕様及び車両の走行性能を満足させることから、経営的観点からの輸送力性能やシステム全体の保守も含めた全体保証へと変化してきている。

このような状況に対応するためには、各機器の性能はも

とより、トータルシステムに対応できる技術力が必要となっている。当社は、車両関連では、推進制御システム機器、補助電源システム、空調機器等の機器に関する技術力だけではなく、電気機関車の取りまとめ技術をベースとした車両システム全般にわたる技術、さらには車内情報機器を用いた制御機能の集中化、車両保守の支援等の技術を保有している。このような機器の技術を有効に活用し、かつ、客先の要求に対応するため、RAMSマネジメント、EMI/EMCマネジメント、LCCマネジメント等の技術を標準化し、トータルシステムの検討に対応できる手法を確立している。

これら手法を駆使することにより、システム化が進む海外案件で受注を続けており、最近では、米国、インド、香港等向けの車両用電機品を製作・納入している。また、地上システムにおいても、シンガポール向けに変電システムを、香港向けに車両基地管理システムを納入している。



## 主要国への納入実績

当社は、半世紀にわたり、約10,000両の車両用電機品を世界各地に納入してきた。

1. ま え が き

当社は、1960年代以降積極的に海外展開を図っており、現在約10,000両に迫る車両用電機品を世界各地に納入するなど、常に海外鉄道市場をリードしてきた。

当初は電気機関車をインド国鉄、スペイン国鉄などに納入し、また、電車関連では直流電動機を用いたカム式制御の電機品をスペイン国鉄、豪州・ニューサウスウェールズ州鉄道などに納入した。

その後、1980年代はチョッパ車と呼ばれる電力回生機能を持った制御装置の時代となり、電機品単品ではなく車両全体の走行性能を満足させる対応へと変化して来ている。当社のパワーデバイスを用いたチョッパ制御用電機品をスペイン国鉄、韓国国鉄、ソウル地下鉄、豪州・ニューサウスウェールズ州鉄道、メキシコ地下鉄などに納入した。

近年、更に高性能化した当社のパワーデバイスを用いたインバータ制御方式の電機品を韓国国鉄、香港・KCRC/MTRC、米国・LIRR、メキシコ地下鉄、インド・デリー都市鉄道などに納入している。また、車両の制御情報を総合的に管理する車両情報機器を香港・KCRC/MTRC、デリー都市鉄道に納入した。

技術的には車両単独の性能だけではなく、鉄道システム全体の性能(例えば輸送能力、トータルシステムの信頼性)を満足させるための対応が重要な要素となってきている。

2. 海外案件に対する取り組み

海外の鉄道関連案件では、従来は車両用電機品単体での仕様保証が中心であったが、パワーエレクトロニクス技術を駆使したことによる機器の高性能化、TIMSに代表される車両情報管理システムの高度化に伴い、車両システム全体に対する仕様保証が要求されるようになってきている。このような海外市場の変化に対応し、当社は、RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety), EMI (Electro-Magnetic Interference) / EMC (Electro-Magnetic Compatibility), LCC (Life Cycle Cost) に代表されるマネジメント技術を標準手法として取り込み、鉄道システム全体の性能保証に対応できる体制を構築している。

2.1 RAMSマネジメント

RAMSでは、信頼性等の技術面と経済性とをいかにバランス良くマネジメントするかが重要である。このバランスは設計段階でほとんど決定されるため、設計段階においてトータルシステムとして十分な検討が必要である。このRAMSマネジメントの設計プロセスにおける具体的な展開は図1に示すようになる。ここでは、初期設計段階での各種の仕様・定義等及び各システム・各機器に対する仕

様・要求事項の設定が重要なポイントとなる。

当社では、設計段階における分析に、FMEA (Failure Mode Effects Analysis), FMECA (Failure Mode, Effect and Criticality Analysis), FTA (Fault Tree Analysis), RBD (Reliability Block Diagram) を標準的に用いている。また、RAMSの設計段階での分析力向上のためには、実際の各種データの収集が重要であり、当社では、常時実績データを収集しRAMSマネジメントの向上に努めている。

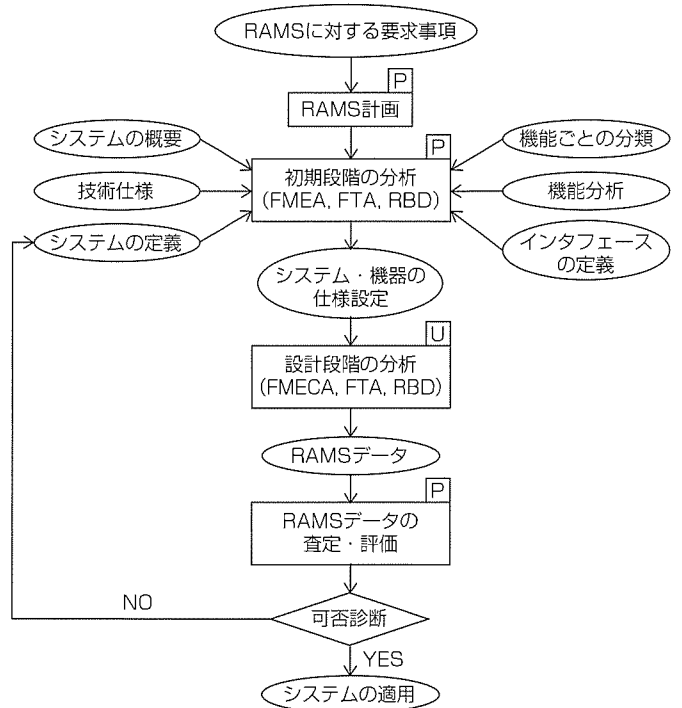
2.2 EMI/EMC マネジメント

EMI/EMCのマネジメントにおける重要ポイントは、各システム及び各機器に対して仕様・要求事項を明確にすることである。新規路線では仕様・要求事項が明確であるが、既存の路線では、例えば信号機器が旧式の場合、機器の仕様とその当時の規格を調査し仕様・要求事項を明確にすることが必要となる。しかし、旧式の場合では機器の仕様又は規格が不明確な場合が多々あり、このような場合には、ある程度の裕度を持って仕様・要求事項を決め、最終段階のトータルシステムにおいて調整可能としておくことが必要である。

EMI/EMCの検討プロセスを整理すると図2に示すように簡略して表すことができる。

2.3 LCCマネジメント

近年、システムの技術評価、初期投資額のほかに、LCC (製品の寿命コスト) に対するの評価が受注に際しての重要な評価項目となっている。LCCは、RAMSのデータをベ



(注) [P]: トータルシステム評価 [U]: ユニットごとの評価

図1. RAMSマネジメントサイクル

ースとして、製品の寿命コストを算出している。当社の算出表の例を表1に示す。

このLCCデータを10年間の累計、20年間の累積等で評価し、どこに問題が存在するのかを明確に把握できる。また、この結果を再度システム設計及び機器設計に反映し、LCCの最適化に結び付けている。

最適化の対策例としては、次のとおりにとまとめられる。この内容はRAMSの対策とも関連する。

- (1) システム又は機器の構成数の削減
- (2) 信頼性の高い機器への変更
- (3) 分解組立て時間の短縮のための構造変更

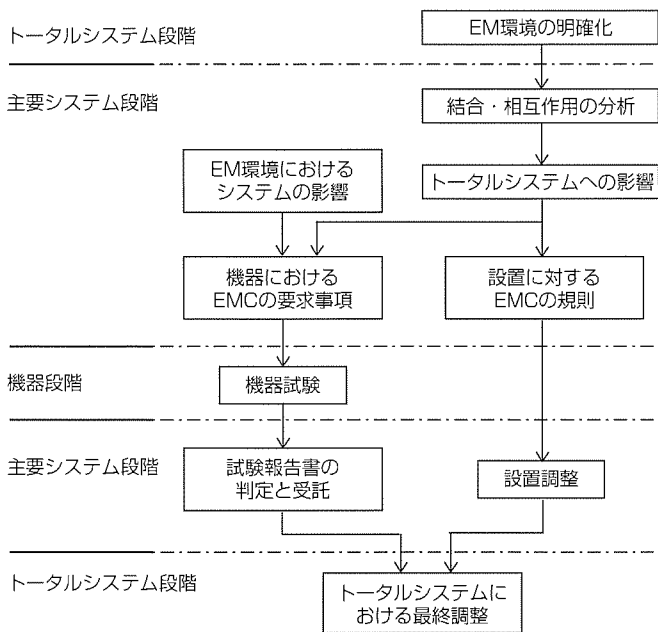


図2. EMI/EMCマネジメントプロセス

表1. LCCデータ(例)

	保守開始時	保守時期						
		1年	2年	～	10年	～	20年	……
1. 機器								
(1) 個別の治工具	XXXX							
(2) 特殊工具, 試験器	XXXX							
2. 予備品, 消耗品								
(1) 定期点検, オーバーホール		XX	XX	……	XX	……	XX	……
(2) 故障時点検				XX	XX	XX	XX	……
3. エンジニアリング								
(1) 保守計画	XXXX							
(2) 保守ドキュメント, マニュアル	XXXX							
(3) 保守トレーニング	XXXX							
4. 人工費								
(1) 定期点検 (月検, 年検, 重検, 全検)		XX	XX	……	XX	……	XX	……
(2) オーバーホール (オーバーホール, 交換)				XX	XX	XX	XX	……
(3) 故障時点検				XX	XX	XX	XX	……
費用合計/累計	A	Y1	Y2	……	Y10	……	Y20	……

### 3. 車両用電機品

次に、最近当社が納入した、又は納入予定の車両用電機品等について紹介する。

#### 3.1 米国・LIRR

米国・Long Island Rail Road(略称:LIRR)向けとして、最初の192両に続き34両、さらには452両のオプションの車両用電機品を継続受注し、現在、製作・納入中である(図3)。最終的には約1,000両以上の車両用電機品を納入する予定である。

当社は推進制御システム(VVVF制御装置、主電動機、駆動装置他)を納入しており、次のような技術的特長を持ち、客先から高い評価を得ている。

LIRRが当初最も懸念していた冬期(降雪時)の主電動機の絶縁問題に対し、当社の絶縁システムの最新技術を適用するとともにカナダ北東部の第三者評価機関の厳しい検証試験を受審した結果、高い評価結果を得て不安を完全に払拭することができた。また、サードレール給電方式により発生するレール間ギャップ及びデッドレールの検知とその制御技術を現地の路線条件を詳細に反映させながら確立させ、さらに空転滑走検知・再粘着制御をATC装置との協調を考慮しながら最適化することにより、降雪条件下においても安定した停止性能を持たせることができた。

また、前述のEMI/EMCでは、LIRRの信号設備は米国で最も古い部類に入ると言われており、当局のガイドラインは従来のユーザーのように特定の信号周波数に対する規制値ではなく連続した周波数に対する規制であったため、当社は、編成の全車両に搭載された推進システムが完全に同期して作動する場合を想定して対応した(最も厳しい条件仕様の想定)。

特にオーディオ周波数と言われる帯域のレベルが厳しかったが、当社の標準のEMI/EMCアプローチ手法と独自のフィルタ回路によって解決し、古い信号機器が使用されている既存線へ新型電車が乗り入れる際の最大の問題を

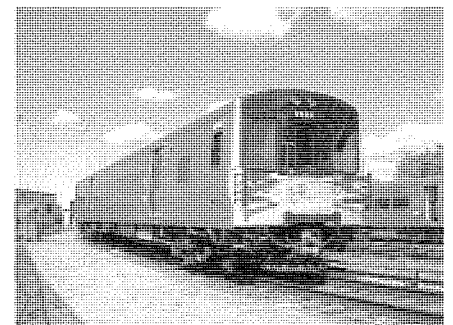


図3. 米国・LIRR M-7車両

解決した。これは既存システムとの協調に対する当社の取り組みの最大成果と言える。

車両の主要諸元は表2に示すとおりである。

### 3.2 インド・DMRC

インドで最新の大都市用近代鉄道であるデリー都市鉄道・Delhi Metro Rail Corporation(略称:DMRC)向けの車両用電機品をDMRCから受注し、現在、製作・納入している(図4)。

本件は新線であることから、軌道、変電、信号等の各種のシステムが同時・平行に設計・製作を進めることとなり、システム間インターフェースの問題発生が懸念されたが、事前に十分な審議・検討を実施し、その結果を製品に反映することで問題解決を図った。このことは初期の計画どおり2002年12月からShahdara-TisHazari間の8.3kmで問題なく営業運転を開始していることで証明済みである。今後、2005年9月までに1号線、2号線、3号線が新設され、総延長約62km、車両合計60編成(240両)、最短3分間隔の運行で毎日約220万人の乗客を運ぶ近代的都市鉄道網が出来上がる。当社は、下記の電機品を担当した。

- (1) 推進制御システム(主変圧器, 主変換装置, 主電動機他)
- (2) 補助電源システム(SIV)
- (3) 車両情報管理システム(TIMES)

なお、主変換装置と主電動機は、インド国内で現地生産を実施している。

車両の主要諸元は表2に示すとおりである。

### 3.3 香港・KCRC

香港・Kowloon Canton Railway Corporation(略称:KCRC)向けに東線の8編成(12両編成)、西線の22編成(7両編成)及び馬鞍山支線の18編成(4両編成)の車両用電機品を受注した(図5)。当社は、下記の車両用電機品を納入した。

- (1) 推進制御システム(主変圧器, 主変換装置, 主電動機他)
- (2) 補助電源システム(SIV, バッテリーチャージャ)
- (3) 車両情報管理システム(TIMES)
- (4) 乗客情報システム(PID)
- (5) 車内監視システム(CCTV)

技術的には次の特長が展開されている。

車両情報管理システム(TIMES)を介しての音声自動放送装置と乗客情報システム(PID)のリンク制御により駅停車情報、非常/緊急時のメッセージを音声と映像/文字情報の同時表示することで乗客への情報品質の向上と情報量の増大が可能となった。また、駅間走行中のコマーシャルメ

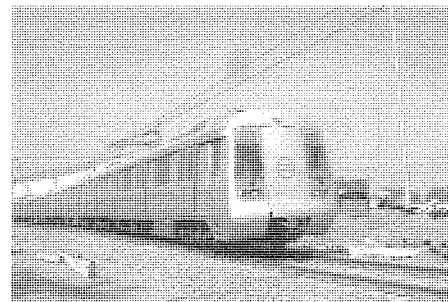


図4. インド・DMRC車両

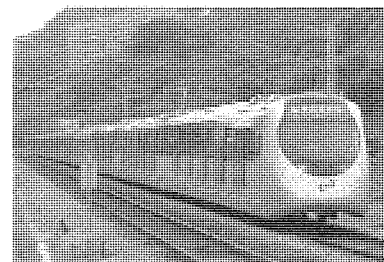


図5. 香港・KCRC東線車両

表2. 車両の主要諸元

項目	客先	米国・LIRR	インド・DMRC	香港・KCRC	香港・MTRC
給電方式		750V DC(第3軌条方式)	25kV AC 架線	25kV AC 架線	1,500V DC 架線
軌間		標準軌(1,435mm)	広軌(1,676mm)	標準軌(1,435mm)	標準軌(1,432mm)
車両編成		標準 6M (3MP: Married Pair)	2M2T M: 電動車, T: 附随車	●東線 6M6T ●西線 4M3T 4M4T ●馬鞍山線 2M2T	6M2T
最高速度		160km/h	80km/h	130km/h	80km/h
車輪径		36inch	860mm	840mm	850mm
起動加速度		2.0m/h/s	0.82m/s <sup>2</sup>	1.0m/s <sup>2</sup>	1.3m/s <sup>2</sup>
常用最大減速度		3.0m/h/s(0-50mph)	1.0m/s <sup>2</sup>	1.0m/s <sup>2</sup>	1.35m/s <sup>2</sup>
非常減速度		3.2m/h/s(0-50mph)	1.3m/s <sup>2</sup>	1.3m/s <sup>2</sup>	1.4m/s <sup>2</sup>
制御方式		IGBT VVVFインバータ制御	IGBT PWMコンバータ/ IGBT VVVFインバータ制御	IGBT PWMコンバータ/ IGBT VVVFインバータ制御	IGBT VVVFインバータ制御
ブレーキ方式		回生ブレーキ/発電ブレーキ/ 空気ブレーキ ブレンディング制御	回生ブレーキ/空気ブレーキ ブレンディング制御	回生ブレーキ/空気ブレーキ ブレンディング制御	回生ブレーキ/発電ブレーキ/ 空気ブレーキ ブレンディング制御

ッセージの放映も可能なシステムとなっている。

車内監視システム(CCTV)においては、各車両に2台のCCTVカメラを設置し、緊急時には、乗客の非常通報ボタン操作により運転台で自動的に該当車両のカメラ映像を見ることができる。TIMSを介して車内放送システムとリンクしており、非常通報車との会話が可能となる。

さらに、駅停車時にはプラットフォーム画像が無線映像情報としてCCTVシステム経由で運転台ディスプレイに表示されることで列車到着時及び出発時の安全確認に寄与している。

東線用(12両編成車)は、8編成すべてが2001年から営業運転が開始されている。西線用(7両編成車)は、2003年10月から営業運転を開始する予定である。

車両の主要諸元は表2に示すとおりである。

### 3.4 香港・MTRC

香港・Mass Transit Railway Corporation(略称:MTRC)向けに將軍澳線の13編成(8両編成)の車両用電機品を受注し納入した(図6)。当社の納入した電機品は次のとおりである。

- (1) 推進制御システム(VVVF制御装置, 主電動機他)
- (2) 補助電源システム(SIV)
- (3) 車両情報管理システム(TIMs)

本件では以下の技術的特長がある。

推進システムは回生中のパンタ離線・デッドセクション時の電制失効対策として小型ブレーキ抵抗器を搭載している。このブレーキ抵抗器過熱を保護するために過温検知機能が備えられており、機器を監視保護している。

また、車両情報管理システムは、車両基地管理システムと協調し、ワイヤレスLANシステムを介して音声自動放送装置と乗客情報システムへのデータ更新、ドア、空調機器の制御パラメータ変更が可能であり、車両保守の技術的・効率的検修の一翼を担うシステムとなっている。

2002年8月から13編成すべてが営業運転開始されている。

車両の主要諸元は表2に示すとおりである。

### 3.5 米国・NYCT

ニューヨーク市交通局NYCT(New York City Transit)

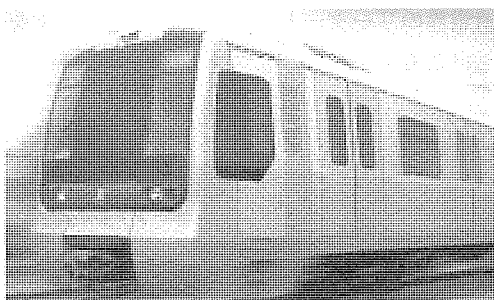


図6. 香港・MTRC車両

において、当社製電機品の信頼度の適合性実証を目的に、当社製電機品を搭載した車両1編成(8M)を営業運転に投入した。その結果、所定の期間を問題なく走行したことで、車両用プロパルジョンメーカーとしての認証を取得することができた。

この車両の改造は当社単独で実施したものである。推進機器以外の既存機器は、できるだけ現状を維持するものとして抵抗制御推進装置の艤装(ぎそう)スペースだけを利用して当社製機器を艤装できるよう、機器設計及び艤装設計を実施した(図7)。

当社は、以前、香港地下鉄でも同様の改造を実施しており、電機品メーカーではあるが車体の艤装改造の対応も可能であることを実証した。

## 4. 地上システム

次に、地上システムとしての変電機器、車両基地管理システム及び電車運転シミュレータ装置について紹介する。

### 4.1 シンガポールLTA納めの変電システム

シンガポールLand Transport Authority(略称:LTA)北東線向けに当社が納入した変電システムは、シンガポール市街中心部から郊外の住宅地に向けて新設される総延長20km、駅数16の地下鉄に電力を供給するためのものである。

全線で使用する電力を電力会社から2か所の一次変電所で受電し、自社送配電網を用いて全駅に供給するシステムとなっている。当社は電力シミュレーションを用いて機器容量・ケーブルサイズの最適化を行い、また、インバータの適性配置により電力の有効利用を図った。さらに、他システムとの適切なコーディネーションを行うことにより円滑に変電システムの構築を行った例である。

この北東線は世界初のHeavy VehicleのDriver-less運転を行っている。高調波ノイズが電車の制御に影響を与えるため極限まで高調波ノイズを低減することが要求された。そのため、変電システムとしては位相をずらした直列12相整流器を2台並列に接続した24相整流システムを採用することにより、整流器から発生する高調波ノイズの低減を図った。図8に受電設備を示す。

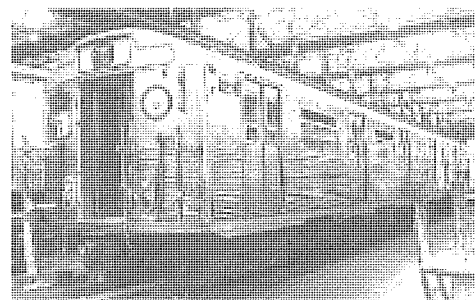


図7. 改造を実施した車両の外観

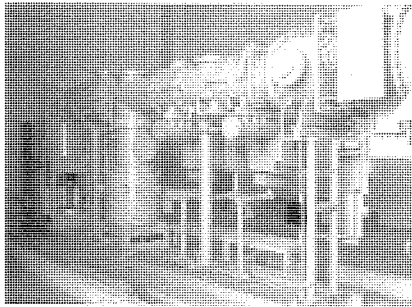


図8. 受電設備

#### 4.2 香港・MTRC納めの車両基地管理システム

3.4節に記載した香港MTRC向け電車を対象に、メンテナンスの効率化を目的として、2002年6月に車両基地管理システムTrain Depot Information System (TDIS)を納入した。

このシステムでは、各階層レベルでのすべての保守情報及び繊装情報をデータベースサーバで一括管理し、車両基地ではサーバの各種データを基に車両の保守を実行している。

また、リモートアクセスにより列車のwakeup(運転準備)及びshutdown(運転休止)、データのダウンロード、アップロード及びソフトウェアのバージョンチェックが実施できる機能を持っている。

現在、MTRCにおける車両保守業務を支援する中心システムとしての実効を挙げている。

図9にシステム構成を示す。

#### 4.3 香港・KCRC納めのCABSIM

香港・KCRC-東線に、乗務員訓練用の電車運転シミュレータ装置CABSIM(Cab Simulator)を納入した。CABSIMとは、乗務員の運転教育を営業線路上ではなく工場等の固定された場所で実施する装置である。

CABSIMの外観を図10に示す。

この装置では各種の運転モードを容易に作り出すことができ、通常状態の運転を模擬はもちろん、実際の路線上では再現の難しい各種の非常事態に対応した運転モードを模擬することができる。この非常運転モードを模擬することにより、運転手として最も重要な非常事態の処置について、十分な訓練を行うことができる。

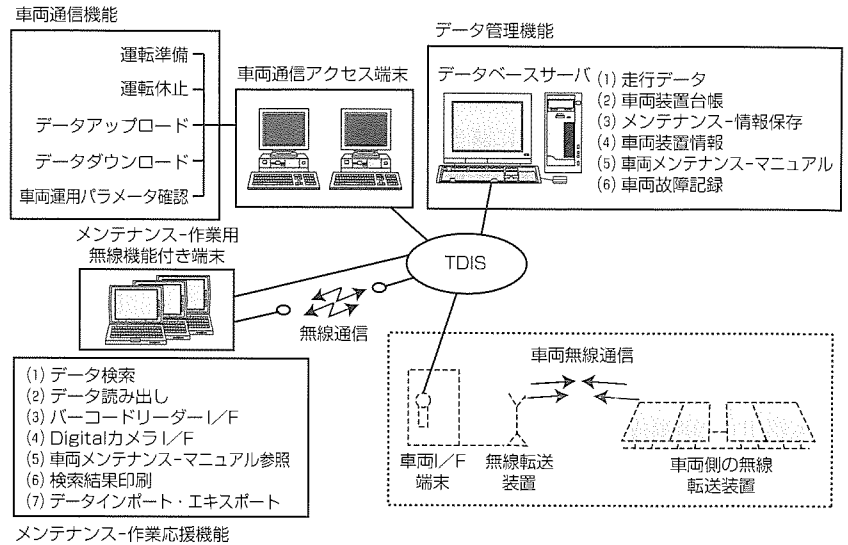


図9. TDISシステム構成

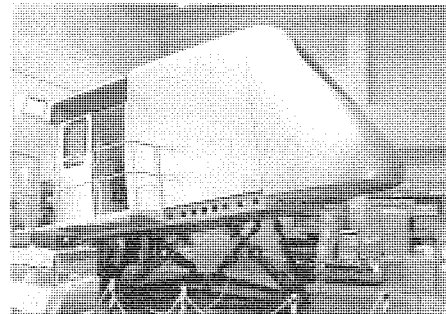


図10. CABSIMの外観

### 5. む す び

海外鉄道では、鉄道事業者のトータルシステム性能保証、輸送力保証等、より経営的な観点からの要求に対応することが求められている。このような鉄道業界の動向をキャッチアップしながら、当社は、業界のリーダーとして、車両システム搭載の電機品、変電システム等の技術力をベースとして各種マネジメント技術の標準化を図り、トータルシステムへ対応できる技術手法を確立している。これら技術力をベースとして海外鉄道案件での受注を順調に伸ばしてきている。

今後とも、市場の要求、変化を敏感に察知することにより、鉄道業界のリーダーとして、更なる地位向上を目指し努力を続けるものである。





# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

## 列車運行管理システム 特許第2891066号(特開平7-132833)

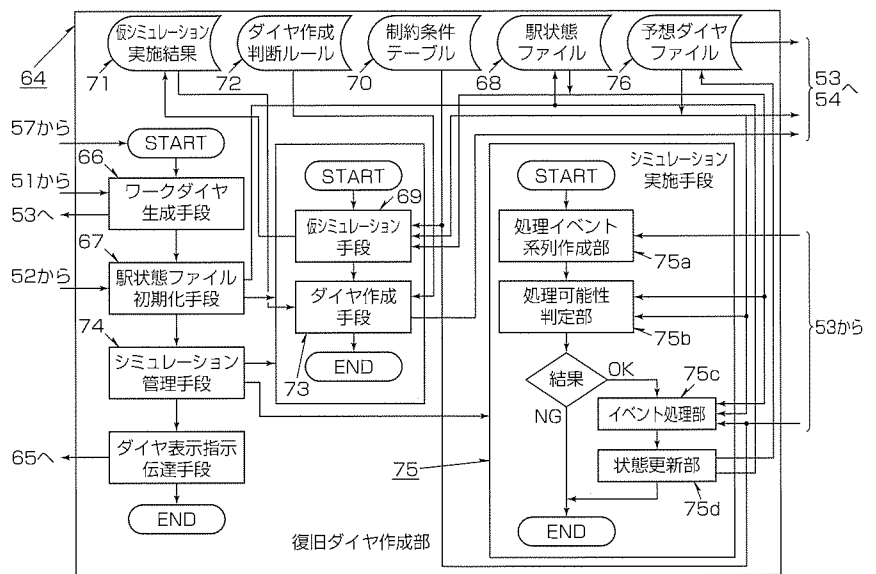
発明者 森原健司, 府川達也

列車の運行を電子化されたダイヤに基づき信号を制御する列車運行管理システムにおいて、数時間以上の大幅なダイヤの乱れが発生した場合、元のダイヤどおりに運行できないため、必要なタイミングで元のダイヤに戻す必要がある。

この発明は、列車運行管理システムの従来機能でとらえた列車の在線状態を取り込む手段、折り返し駅までのダイヤと折り返し駅で元のダイヤへの接続を自動的に作成する手段を持ち、指令員の経験年数の差による差や大量のシステムへの入力作業を軽減するものである。

折り返し駅までのダイヤ作成処理において、駅間最小走行時間や最小進出時隔などを用いて算出するシミュレーション結果に基づきダイヤを作成するので、実際に運転可能なダイヤを作成できる。また、折り返し駅で元のダイヤに接続する処理において、到着時刻

に最小折り返し時間を加えた時刻以降に接続可能なダイヤに接続する処理になっているため、同様に実際に運転可能なダイヤになる。さらに、折り返し駅で元のダイヤに接続できなかった余剰列車に対して回送ダイヤを自動作成するので、指令員の作業が軽減できる。



## 電力変換装置の制御方法 特許第3286046号(特開平7-177753)

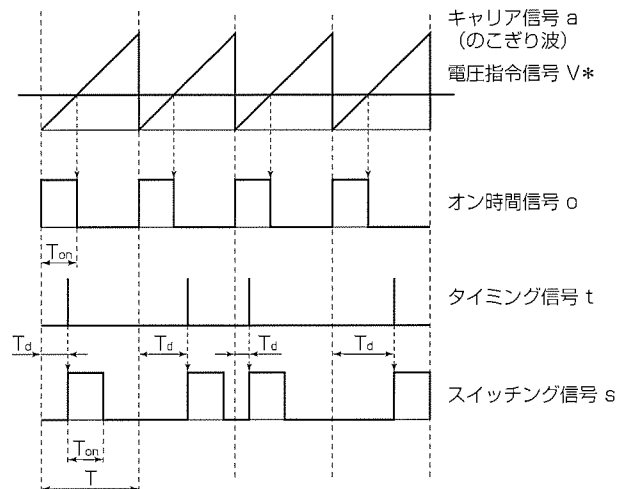
発明者 畠中啓太, 小山正人

この発明は、パルス幅変調制御(PWM制御)により出力電圧が制御されるチョップパやインバータなどの電力変換装置の制御方法に関するものである。

PWM制御される電力変換装置においては、PWM制御で使用するキャリア信号の周波数に起因する出力電圧の高調波成分のため、リアクトルやモータから磁気音が発生するという課題がある。

この発明では、キャリア信号の1周期間における出力電圧の平均値を電圧指令に一致させるとともに、PWM制御で決定されたパルス幅を変えずに出力電圧パルスの発生タイミング(図中の $T_d$ )を時間的に変化させる。これにより、キャリア信号の周波数が一定であっても、出力電圧に含まれる高調波成分を時間的に変化させることができる。その結果、同一周波数の高調波成分が連続して出力されることがなくなり、高調波成分に起因する磁気音が減少する。

また、この発明ではキャリア信号の周波数を変化させないため、マイコンの演算時間、スイッチング損失、電流リップル等を従来のPWM制御と同様に設計することができる。





# 特許と新案 \* \* \*

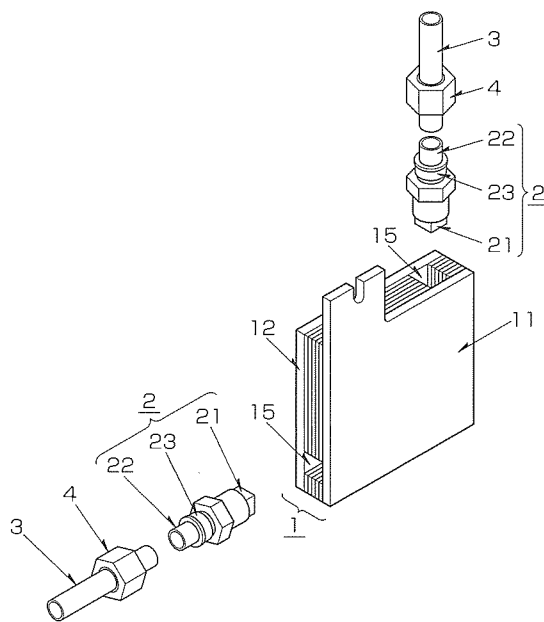
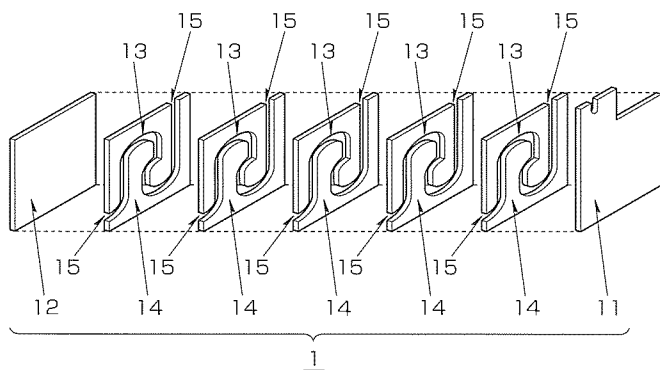
三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話 (03)3218-9192(ダイヤルイン)

## ヒートシンクの製造方法 特許第3417264号(特開平11-87584)

この発明は、半導体素子などの冷却装置に用いるヒートシンクの製造方法に関するものである。すなわち、図に示すようにアルミ心材の両面又は片面にアルミろう材がクラッドされたブレイジングシートを打ち抜き加工して冷媒流路の一部と冷媒出入り口の一部とを形成し、これらに非腐食性のフッ化物系フラックスを塗布した後、これらを複数枚積層して冷媒出入り口にステンレス製の配管継ぎ手21を挿入・嵌合(かんごう)して組み立てる。組立て後、これらを雰囲気炉中で一括ろう付けして製造するものである。このように、従来は異種金属接合が困難なため真空雰囲気ろう付け又は塩化物系フラックスを用いてアルミ製継ぎ手を

発明者 久森洋一, 中出口真治, 小西和成  
接合していたが、この発明では、傷つきにくく、配管接続の信頼性が高いステンレス製継ぎ手をフッ化物系フラックス適用により一括でろう付けできるので、製造工程が少なくなり、コストの安いヒートシンクを製造できる。



### 〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.77 No.12 特集「原子カプラーのリニューアル技術」/「新しい発電方式、発電事業と新技術」

<b>三菱電機技報編集委員</b> 委員長 井手 清 委員 小林智里 長谷川 裕 堤 清英 桑原幸志 村松 洋 松本 修 浜 敬三 田島龍一 中川博雅 中島克人 部谷文伸 黒畑幸雄 山本比呂志 事務局 松本敬之 本号取りまとめ委員 武知秀行 加山 勉	三菱電機技報 77巻11号 2003年11月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2003年11月25日 発行 編集人 井手 清 発行人 松本 敬之 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847 印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03)3233局0641 定 価 1部735円(本体700円)送料別
URL <a href="http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/">http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/</a>	三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp

# スポットライト ニューヨークを走るM-7電車(当社電機品搭載)

ゴジラ松井のいる Yankees でも知られるニューヨークに最新鋭の電車が登場した。マンハッタン東側に位置するロングアイランド島を走る通称M-7電車である。この新型車両には、当社の最新技術を生かした電機品が搭載されている。顧客であるロングアイランド鉄道(LIRR)はブルックリンやクイーンズ、マンハッタンへの通勤の足として11路線を保有している米国でも最も大きい規模の郊外電鉄会社である。

当社は1999年5月、この大都市圏での鉄道プロジェクトに参入を果たしM-7新型電車に車両の主要機能である推進制御駆動装置を納入している。これは、当社が最も得意とする車両システム製品の一つである。システム設計の段階からLCCによる総合コスト、EMC/EMI、RAMS等の評価手法を駆使し機器設計に反映した。

## 1. 主な供給機器と特長

- (1) インバータ装置：ブレーキチョップを含む推進制御システムの中心機器である。主回路素子に定格、1.7kV、1.8kAのIGBTを採用し、フィルタインダクタと共有化した効率的、

小型軽量な強制風冷却方式とした。冬期の厳しい低温環境下でも使用できるように設計されている。

- (2) 主電動機：連続定格200kW、自己通風冷却方式で大容量ながらフレームレス構造により小型化を実現している。

## 2. 機器以外での取り組み

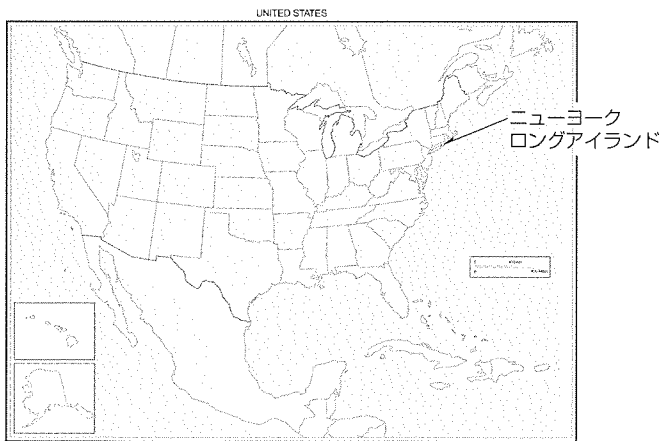
- (1) 現地生産：契約ではNew York States Contents(NYSC)の達成が必要である。そのため、ニューヨーク州内でインバータ装置と駆動装置の現地生産を行っている。
- (2) サポート体制の現地化：顧客サポートのため、車両製作工場及びLIRRの車両基地それぞれに米人サービス要員を配置しフィールドサービスの現地化を図っている。
- (3) フィールドデータ管理：市場の信頼性データを効率良く的確に把握するため車両履歴管理システムを構築中である。

こうした現地生産に伴う技術移転及び支援、生産管理体制、サービス員への教育、指導を通して様々な課題を克服し、現在安定に稼働している。これらの実績とノウハウは今後北米における交通ビジネス拡大に大きく寄与するものと期待される。

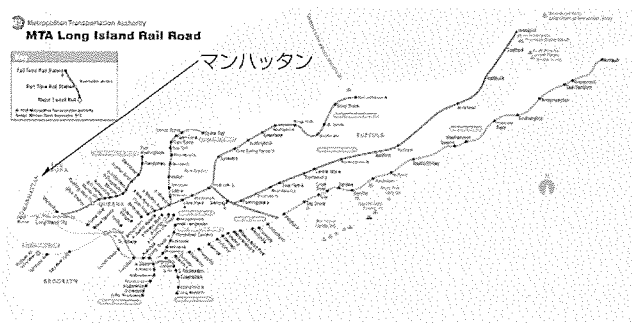
## 3. 状況

LIRRでは毎日30万人近い利用客があり年々増加している。M-7車両は昨年10月にデビューし、現在約150両が営業サービスを行っているが、最終的には1,000両近い車両が投入される見込みである。

LIRR当局の発表によれば、M-7車両の投入効果により車両運用の信頼性が上昇しつつあり、かつ既存車両との置き換えが進んでいるため、保守費用が低下してきているとのことである。市民生活の面でも、今後、生活、ビジネス等の面で市民の足として愛され、幅広く活用されることを期待したい。また、マンハッタン北部に位置するメトロノース鉄道からも同じM-7電車を受注した。両鉄道会社へ品質の良い製品を供給するために継続して努力していく所存である。



<ロングアイランドの位置>



<ロングアイランド鉄道路線網>



住所：〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1

会社名：三菱電機株式会社 お問い合わせ先：交通システム事業所 交通システムエンジニアリング部海外推進グループ TEL 06-6497-8848