

鉄道システムの新しいトータルソリューション

Latest Total Solutions for Railway Systems

解良 和郎 Kazuo Kera 川口 幸一 Kôichi Kawaguchi 横須賀 靖 Yasushi Yokosuka



800系新幹線「つばめ」



「つくばエクスプレス」

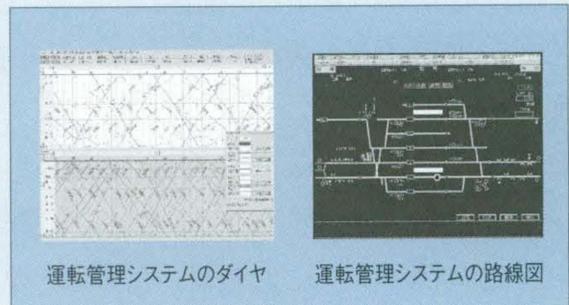


ハイブリッド動力システムを搭載した「NETレイン」



ワンマン運転を支援するホームゲートシステム

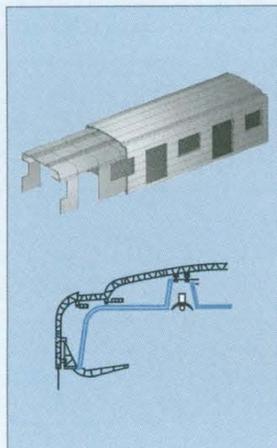
車両からシステムまで手がける
わが国唯一の鉄道総合メーカーとして、日立製作所は、鉄道システムの新しいソリューションを提供



運行管理システムのダイヤ

運行管理システムの路線図

運行管理システム



A-train



車両電気システム



B-system



新信号システム



電力系統制御システム

注:略語説明 NE(New Energy), B-system(Broadband Network system), ATC(Automatic Train Control), GIS(Gas-Insulated Switchgear)

日立製作所が提案する鉄道システムの新しいトータルソリューション

日立製作所は、鉄道総合システムインテグレータとして、車両から運行管理・信号システム、電力系統制御、変電システム、さらにはワンマン運転支援に至るまで、幅広い分野で新しいトータルソリューションを提案している。

定時性、大量輸送、環境調和性などが求められる鉄道システムは、現在、その役割と進展が世界的に期待されている。このような情勢の下で安全・安定輸送を図っているわが国の鉄道システムは、これまで以上に世界の注目を集めている。日立製作所は、鉄道総合システムインテグレータとして、A-trainをはじめとする新しい車両、信号システム、変電システムなど、幅広いトータルソリューションを提案している。

鉄道システムにおける最近のニーズとしては、環境問題、少子高齢化対応、ブロードバンド時代にふさわ

しい情報サービスの提供などがあげられる。これらのニーズにこたえるために、日立製作所は、車両の構造と生産方式を抜本的に変革した“A-train”をはじめ、効率と保守性を向上させた「ハイブリッド気動車」、ブロードバンド時代の車両情報システムである“B(Broadband Network)-system”，高効率・安全運行を支える「自動運転支援システム」、運行管理システムや新信号システム、環境調和を実現する「鉄道変電システム」など、新しいソリューションを提案している。

1 はじめに

世界的に環境問題が注目される中で、定時・大量輸送に強い鉄道システムは、エネルギー消費量が自家用車の $\frac{1}{9}$ 、航空機の $\frac{1}{6}$ であることから¹⁾、環境保全の点でも期待・役割が増大する傾向にある。

全世界で、1日に1億6,000万人が鉄道を利用している。その約40%の6,200万人がわが国の利用者である²⁾。このように多くの人に利用されるのは、わが国の鉄道が安全であり、時間に正確であるという要因による。時間の正確性は、東海道新幹線の全列車の平均遅延時分が1列車平均0.3~0.6分(台風などの自然災害によるものを含む。)³⁾という実績からも理解できる。

このような鉄道の安全と正確性は、車両、信号、情報制御システム、変電などの設備や、これらの保守技術などで支えられている。

日立製作所の交通システム事業の原点は、1920年の蒸気機関車1号機(図1参照)、1924年の電気機関車完成という古い歴史にある。以来、新幹線、在来線、地下鉄、リニア地下鉄、モノレールの各車両、電気品をはじめ、安全性確保のための信号システム、列車の高密度運行を支える運行管理システム、都市交通の効率向上や、安全確保のためのドライバーレス・ワンマン運転支援システム、変電システム、座席予約等の営業系システム、ICカードによる新しいサービスシステムなどを開発し、鉄道システムの安全確保、安定運行、経営効率の向上、乗客へのサービスの向上を図るための、さまざまなソリューションを提案してきた。

ここでは、日立製作所の鉄道システムに関する最近の新しいソリューションについて述べる。

2 新しい鉄道トータルソリューション

鉄道における最近のニーズは、環境問題への対応、少子高齢化時代の経営効率の向上、乗客のための快適性とサービスの向上、安全で正確な高密度運行への対応、保守性の向上などである。これらのニーズにこたえて、日立製作所は、以下のソリューションで対応している(図2参照)。

- (1) 進化する“A-train”：車両の材料と構造、および生産方式を抜本的に変革する次世代車両
- (2) ブロードバンド時代のB(Broadband Network)-system：車両と地上をブロードバンドネットワークで接続することにより、いっそうの効率的な運転、保守、乗客サービスを実現
- (3) 効率化を支える自動運転支援：ワンマン・ドライバーレス運転のための自動運転支援システム
- (4) 鉄道運行を支える運行管理システム：都市交通のネット

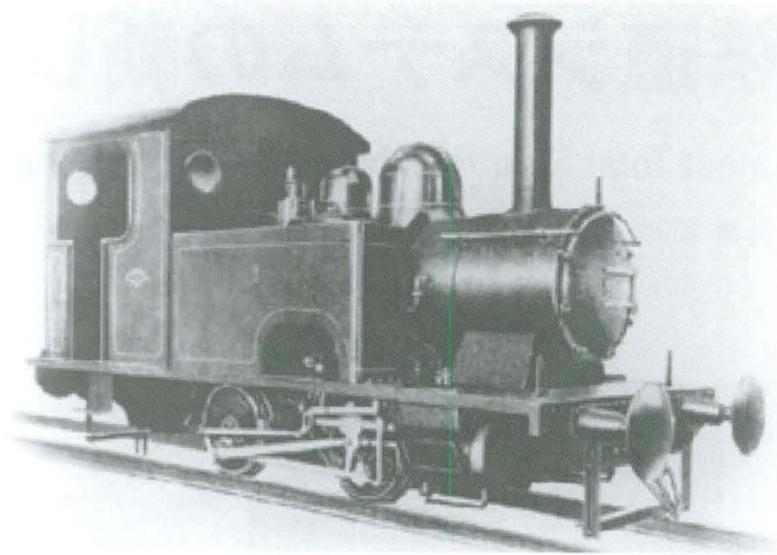


図1 日立製作所の蒸気機関車1号機(1920年)

日立製作所の交通システム事業の原点は、1920年の蒸気機関車1号機という古い歴史にある。

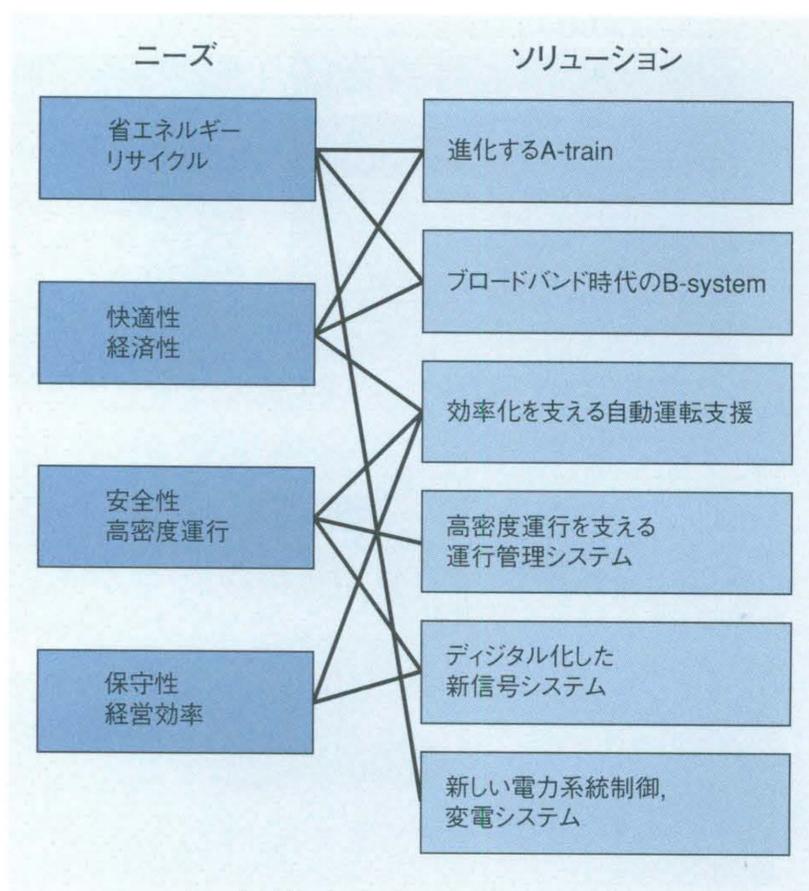


図2 鉄道システムにおけるニーズとソリューション

日立製作所は、鉄道システムにおけるさまざまなニーズにこたえて、車両から情報サービスまで幅広いソリューションで対応している。

ワーク上に広がる高密度運行区間を支える統合運行管理システム

- (5) 新信号システム：デジタル技術により、機器の大幅な小型化を図り、車上主導型による準移動閉そく制御方式を実現した信号システム

3 快適な車両を実現するA-trainとB-system

3.1 進化するA-train

日立製作所が提案するA-trainは、車両の材料と構造および生産方式を抜本的に見直す「次世代車両」である。その基本を成す技術は、高精度な車両構体を実現するFSW



図3 東日本旅客鉄道株式会社納めE257系特急形直流電車
A-trainでは、E257系特急形直流電車を含め、延べ1,000両を超す受注実績がある。

(Friction Stir Welding:摩擦かくはん接合)を用いたアルミダブルスキンと、モジュールぎ装である(図3参照)。日立製作所は、すでに延べ1,000両を超すA-trainの受注実績を上げており、さらに、衝突安全性の向上を図るため、乗客の安全空間の確保、クラッシュアブルゾーンによる衝突エネルギー吸収などの研究に取り組んでいる。

車両電気システムとしては、保守性に優れ、環境保全に配慮したシステムの開発に努めている。中でも、東日本旅客鉄道株式会社と日立製作所が共同開発した、電気車用システムの技術を気動車の動力システムに展開した「ハイブリッド動力システム」は、新しい環境対応のソリューションとして大きな効果が期待されている。

3.2 ブロードバンド時代のB-system

近年、ブロードバンドネットワーク技術の進展により、企業や家庭、街の中で、多くのシステムが結び付けられ、さまざまな新しいサービスが次々に展開されている。鉄道システムでも、これらの技術を適用することにより、多くのシステムの連携による効率性と利便性の向上が望まれている。

このようなニーズにこたえるため、車上や列車と地上システム間に使用できるブロードバンドネットワークにより、車上の各種制御装置の連携や車上と地上システムの連携を図るなど、さらに便利で効率的な鉄道システムを目指した開発を進めている。

日立製作所は、車上の各機器や地上システム間を高速・大容量のネットワークで結ぶ、効率的な鉄道システムをB-systemと名付け、その開発を推進している。

ブロードバンドネットワーク技術を用いることにより、これまでの制御・モニタ情報だけでなく、保守情報や、さらに高度な制御情報、映像情報など、さまざまな種類の情報を統合的に伝送することができる(図4参照)。また、(1)列車上の機器をいっそう細やかに連携した効率的な制御、(2)大容量のセンシングデータの収集と、そのデータの地上への伝送による保

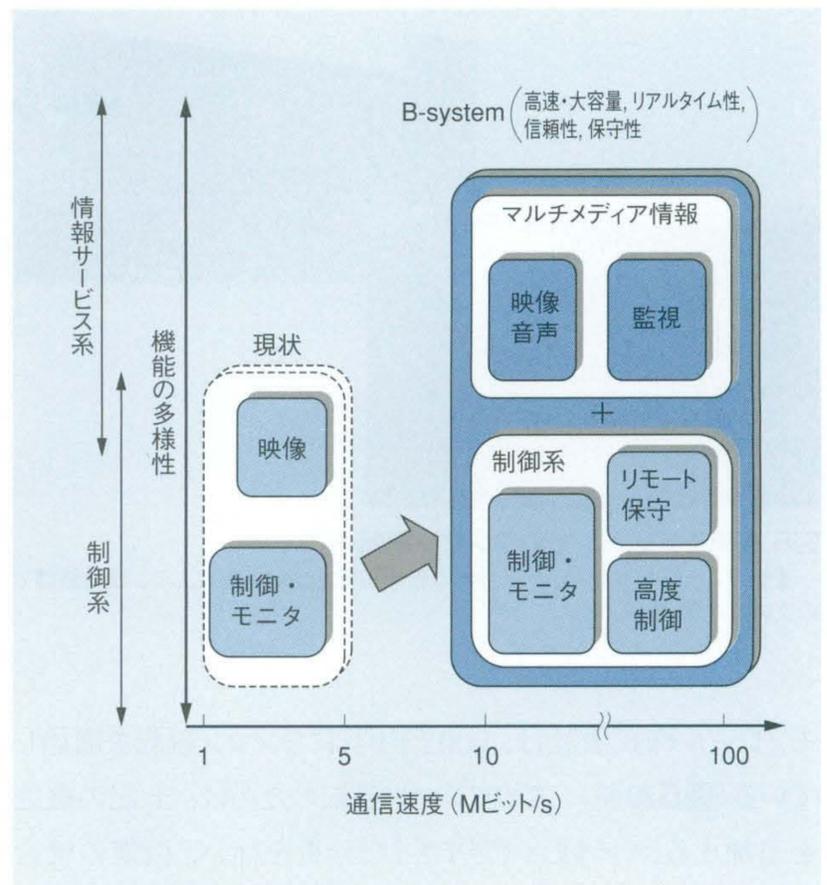


図4 B-systemによる機能のイメージ
高速・大容量のネットワークにより、制御、リモート保守、車内監視機能などを統合している。

守の効率化、(3)制御および地上システムと連携した乗務員・乗客への情報サービスなど、新しい制御や情報サービスを図ることが可能となる。

4 都市交通のためのソリューション

4.1 効率化を支える自動運転

少子高齢化時代を迎えて、利用顧客の減少、高齢者乗車比率の増加、さらに熟練社員の減少という課題を抱えることから、鉄道事業では、高効率経営への期待が増大している。このような背景から、都市型のワンマン運転が導入されるケースが増えている。ワンマン運転支援システムには、以下のようなサブシステムを融合し、トータルシステムとして構築することが重要である。

- (1) 列車の運転操作をサポートするための自動列車運転装置(ATO)や車両情報制御システムなどの乗務員支援システム
- (2) ホームでの乗降客の安全を確保するための、指令所モニタや車上モニタで監視するホーム監視システム
- (3) ホームでの乗降客の転落を防止するホームゲートシステムや、ホーム曲線部のすきまをふさぎ、転落を防止するギャップファイラーなど

都市交通の新線建設では、当初からワンマン運転化を視野に入れて設計を行い、安全性、安定運営を図っているが、開業当初はワンマン運転を想定していなかった既設路線にもワンマン運転を導入するケースが増えている。例えば、東京



図5 東京モノレールでのワンマン運転化

運転台から車上モニタを介したホーム監視機能を付加するなどして、既設路線でのワンマン化を実現した。

モノレール株式会社は、2002年9月にワンマン運転を開始している(図5参照)。このワンマン運転のために、上記の機能を追加するという観点でさまざまな分析を行い、機能の統合を図っている。

一方、自動列車運転装置(ATO)などのように、新しい技術を導入することにより、運転士の乗務を必要としない技術基盤ができつつあり、このたび、営業路線モノレールとしては初となる、運転士が乗務しない自動運転システムを開発した。

このドライバーレス運転では、通常の運転操作に加え、故障で停止したときの復旧、危険回避などを、自動または遠隔操作でできるようにしたほか、可動式安全柵(さく)を車両ドアと連動させ、車両ドア開閉操作でホーム上の可動式安全柵も連動して開閉動作するようにした。

4.2 都市交通における運行管理システムとその展開

近年、都市圏の鉄道は緊密なネットワークを形成し、乗客の利便性を向上させている。日立製作所は、これまで複数路線に対して個別に導入されてきた運行管理システムを統合指令所に集中設置することにより、指令業務の迅速化・効率の向上と、安全・安定輸送の確保に取り組んでいる。

統合運行管理システムは、複数路線間の運行管理機能の統合から、関連システムや社内通信基盤設備との連携、さら

には情報サービス関連機能の拡大へと発展する傾向にある。このため、統合運行管理システムの機能を、路線間協調制御機能や制御・情報サービス機能へと展開させるように努めている。統合運行管理システムの事例としては、帝都高速度交通営団のシステムがある(図6参照)。

5 さまざまなニーズに対応する運行管理・信号システム

5.1 鉄道運行を支える運行管理システム

これまでの在来線運行管理システムでは、列車の増加や多様化、相互乗り入れなどの運行形態に追従できる列車制御を対象に、運行管理業務の効率向上が図られてきた。最近では、さらに、線区全体の管理をねらいとした大規模駅のシステム化やネットワークの統合化、情報サービスの充実など、広範囲な業務の効率向上を目指したシステム化が要求されている。

日立製作所は、これまでに蓄積してきた運行管理業務のノウハウと最新の情報技術を活用し、新しいモデルとなる在来線輸送管理システムを完成させた。線区の規模や列車運行密度、運用形態など、鉄道事業者のニーズにこたえる複数のレパートリーがあり、自律分散制御方式によって導入計画に合わせた段階的システム構築も可能としている。

日立製作所が提供するサブシステムには、計画系システム、運行管理系システム、伝送系システム、連動系システム、旅客案内系システムなどがある。これらの各サブシステムをビルディングブロック体系で構成し、各サブシステムが単独でも機能を発揮できるようにしている。この仕組みにより、単体での導入や設備の更新計画に合わせた段階構築が可能になる。また、これら複数のサブシステムを複合したトータルシステムでは、ユーザーに各サブシステム間を意識させないシームレス性を図っている(図7参照)。

一方、高速なネットワークを新たに導入することが困難な状況の線区もある。信越本線運行管理システムでは、メタル回線使用での高速・高信頼性の新しい伝送システムを適用し、

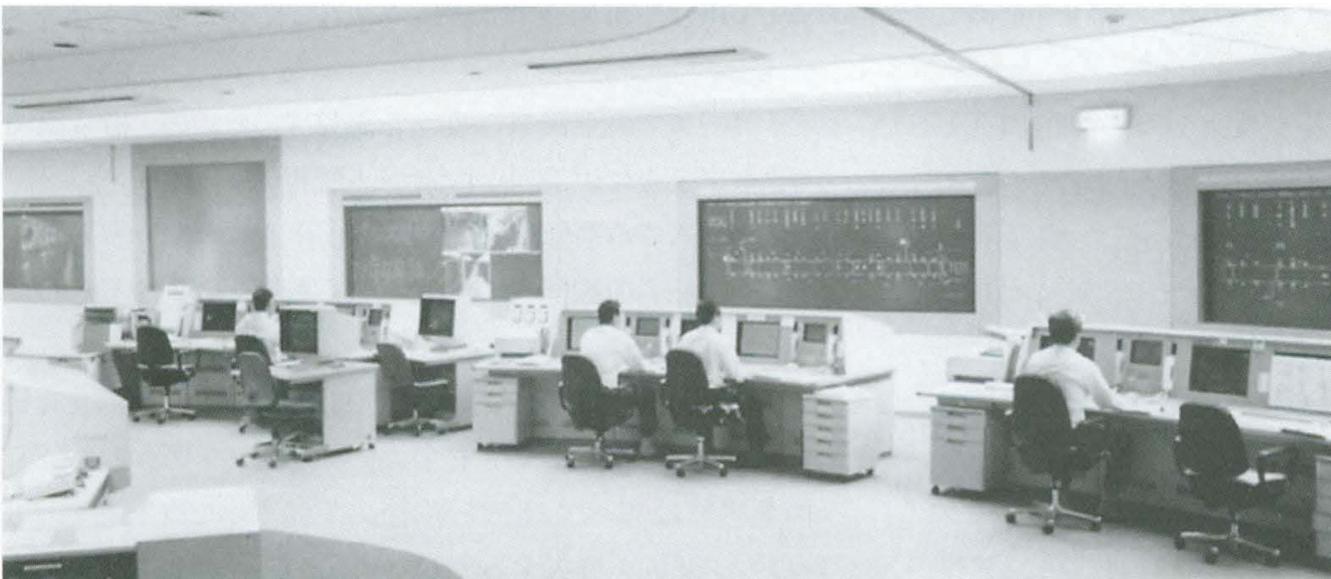
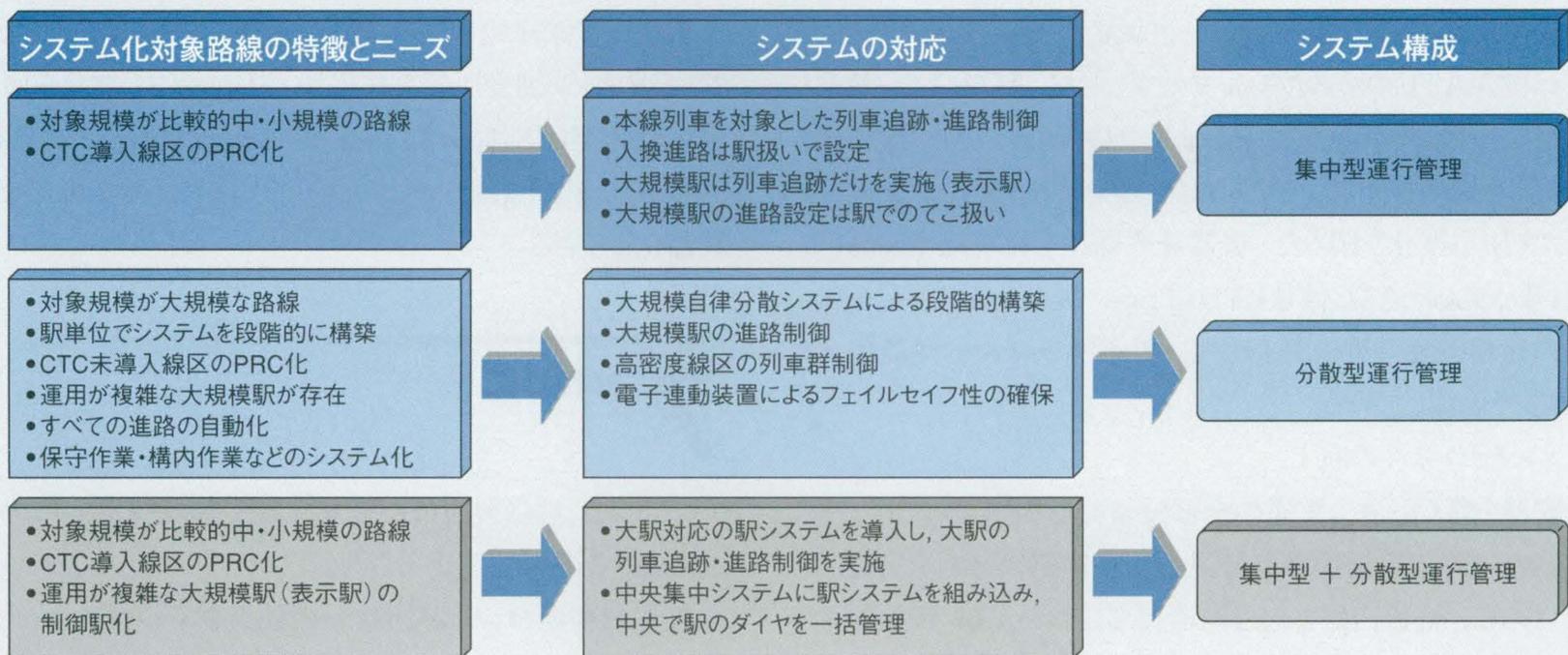


図6 帝都高速度交通営団の統合指令室

統合運行管理システムでは、全路線モニタ監視中心から路線間協調制御や制御情報サービスの提供へと、その機能を発展させる方向にある。

在来線運行管理システムの構成



注:略語説明 CTC(Centralized Traffic Control), PRC(Programmed Route Control)

図7 システム化の特徴・ニーズと在来線運行管理システムの構成

従来の運行管理システムは、集中型または分散型に分かれていた。最近では、「集中型＋分散型運行管理」へのニーズが増えてきている。

運転情報伝送システムとした。また、これまで独立回線で構成していた運行状況系を、伝送システムと統一してシステム化を図った。さらに、専用の列車運行状況端末を持たなくても、インターネットブラウザを持つ事務用パソコンをJR専用回線へ接続するだけで、ウェブ方式による在来線情報、ダイヤ情報、事故情報などが表示できるようにしている。

以上のように、日立製作所は、地方在来線システムから小型の駅単独システムまで、システムを高度化する製品を取りそろえている。

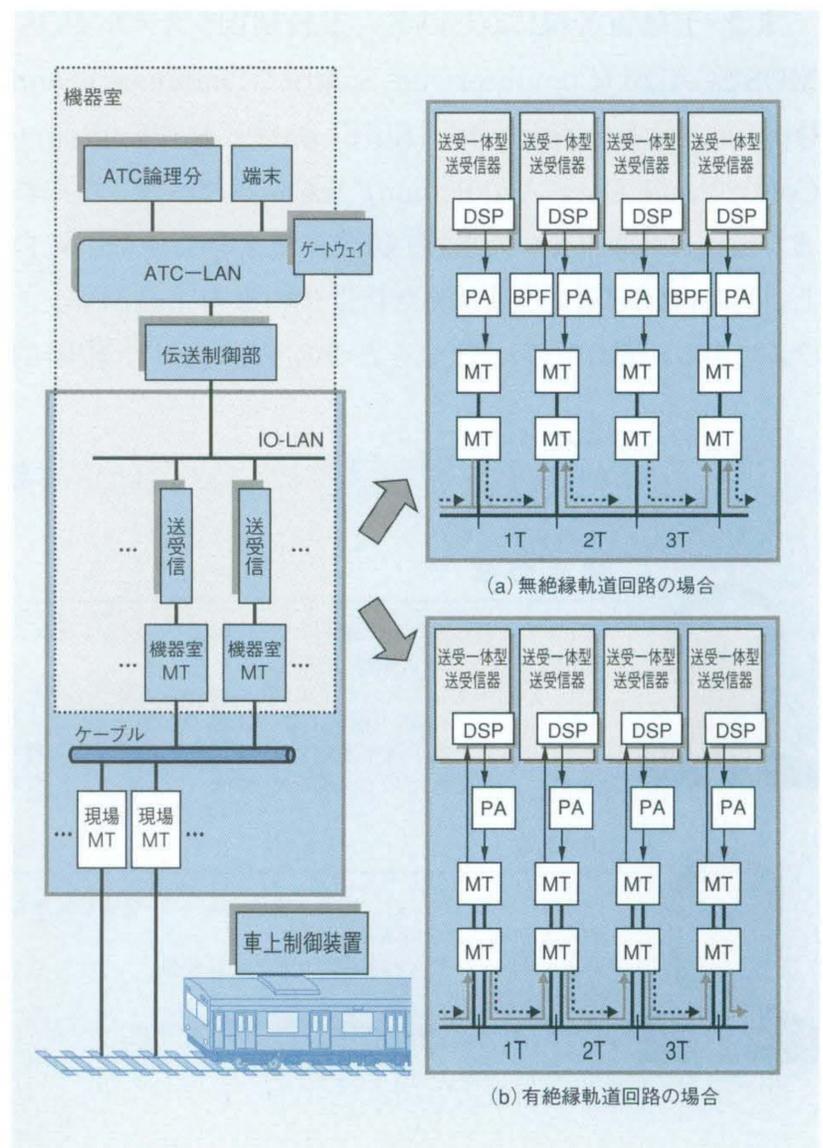
5.2 デジタル化した新信号システム

日立製作所は、各種の新しい信号システムを開発している。例えば、高密度運行が可能で、一段ブレーキ方式の「デジタルATCシステム」や、連動論理部と電子端末を同一架内に実装し、省スペースと高保守性を図った二重系電子連動装置「ADX2000シリーズ」、ATC論理と連動論理を一体化することによって省スペースと低コスト化を図った連動・ATC統合型装置などがある。これらの開発により、近未来の鉄道サービスの向上を目指している。

デジタルATCは、輸送ニーズへの柔軟な対応、設備投資コストの低減、およびメンテナンス性向上の三つのニーズにこたえることを目的に開発した(図8参照)。

(1) 輸送ニーズへの柔軟な対応

車上制御装置で車両性能に対応した最適な一段ブレーキ制御を実施することにより、運転時隔と到達時分の短縮が可能となる。また、パターン制御によって不要な加減速回数の抑



注1:(ATC信号), —[TD (Train Detection) 信号]
 注2: 略語説明 ATC (Automatic Train Control), IO (Input and Output)
 DSP (Digital Signal Processor), PA (Power Amplifier)
 BPF (Band-Pass Filter), MT (Matching Transformer), 1T (1 Track)

図8 デジタルATCシステムの構成

従来ハードウェアで行っていた列車位置検知と停止点算出の機能をソフトウェアで行い、ATC論理部と送受信器の中に実装した。

制が可能となり、乗り心地向上やき電電力効率化などの相乗効果も期待できる。

(2) 設備投資コストの低減

デジタルATCの一段ブレーキ効果として、現場設備(軌道回路数)の低減があげられる。また、ソフトウェア技術とデジタル信号処理技術によってATC論理処理を集約し、装置の低コスト・小型化を図った。機器設置面積を従来比で60%減とするとともに、ATC信号とTD(Train Detection)信号を一つの送信器から重畳送信して、外部ケーブルや機器室ケーブルを低減している。

(3) メンテナンス性の向上

保安器を除く完全二重系の全部位常時診断機能に加え、1日1回の定時刻系切換機能により、切換回路の診断を実施する。さらに、軌道回路を含む現場機器についても、状態監視や過去1年間の統計処理を実施し、異常発生前に確認や保全を促す警報を出力する。これらの機能により、稼動性を考慮した常時保守を不要としている。

6 新しい電力系統制御, 変電システム

東北・上越新幹線に新しい電力系統制御システム“COS-MOS-SCADA(Computerized Safety Maintenance and Operation Systems for Shinkansen-Supervisory Control and Data Acquisition)”を納入した。これは、これまで地区に分散していた監視・制御機能を中央指令に統合し、同時に保守省力化を図った新世代の電力系統制御システムである。稼動中のシステムを五つの工区に分け、段階的

にリプレースを行った。

また、最近の鉄道変電システムでは、環境調和、低損失、小型化、省保守化のニーズが高まっている。これらに対応して、シリコン油変圧器を採用し、SF₆のガスレス化を図った環境調和型GIS(Gas Insulated Switchgear)や、集積形SWGR(Switchgear)、低損失化を図ったエコ整流器などを製品化している。

7 おわりに

ここでは、日立製作所が提案する鉄道トータルソリューションについて述べた。

日立製作所は、わが国唯一の鉄道総合システムインテグレータとして、80余年にわたって鉄道にかかわってきた経験を生かし、今後もさらに新しいソリューションを提案し、鉄道の発展に貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 財団法人 運輸政策研究機構:数値でみる鉄道2000, p. 256(2000.10)
- 2) 山之内:新幹線がなかったら, 東京新聞出版局(1998.12)
- 3) 森村:高速鉄道システムとしての新幹線, 鉄道車両工業424(2002.10)
- 4) 解良, 外:最近の鉄道システムの課題と技術的取組み, 日立評論, 79, 2, 148~152(1997.2)
- 5) 解良, 外:21世紀の鉄道システムの課題と日立製作所の技術的取組み, 日立評論, 81, 3, 208~214(1999.3)
- 6) 解良, 外:鉄道サービスを支える日立製作所のトータルソリューション, 日立評論, 83, 8, 504~510(2001.8)

執筆者紹介



解良 和郎

1970年日立製作所入社, 電力・電機グループ 交通システム事業部 輸送システム本部 所属
現在, 鉄道輸送システムの事業取りまとめに従事
技術士(情報工学部門, 電気・電子部門)
電気学会会員, 電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員
E-mail: kazu_kera@pis.hitachi.co.jp



横須賀 靖

1984年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第2研究部 所属
現在, 鉄道情報制御システムの開発に従事
電気学会会員, 電子情報通信学会会員
E-mail: yokos@hrl.hitachi.co.jp



川口 幸一

1975年日立製作所入社, 電力・電機グループ 交通システム事業部 車両システム本部 所属
現在, 車両システムの事業取りまとめに従事
電気学会会員
E-mail: kouichi_kawaguchi@pis.hitachi.co.jp