

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

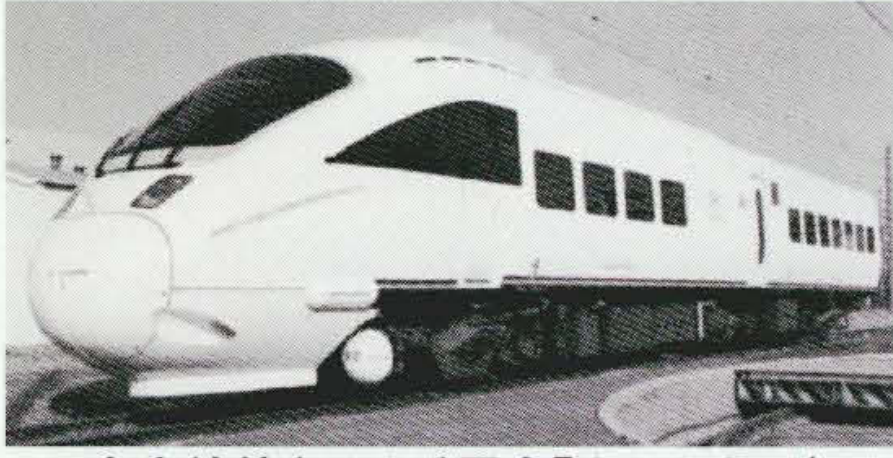
Hitachi's Total Solutions for Railway Systems and Services

解良和郎 Kazuo Kera

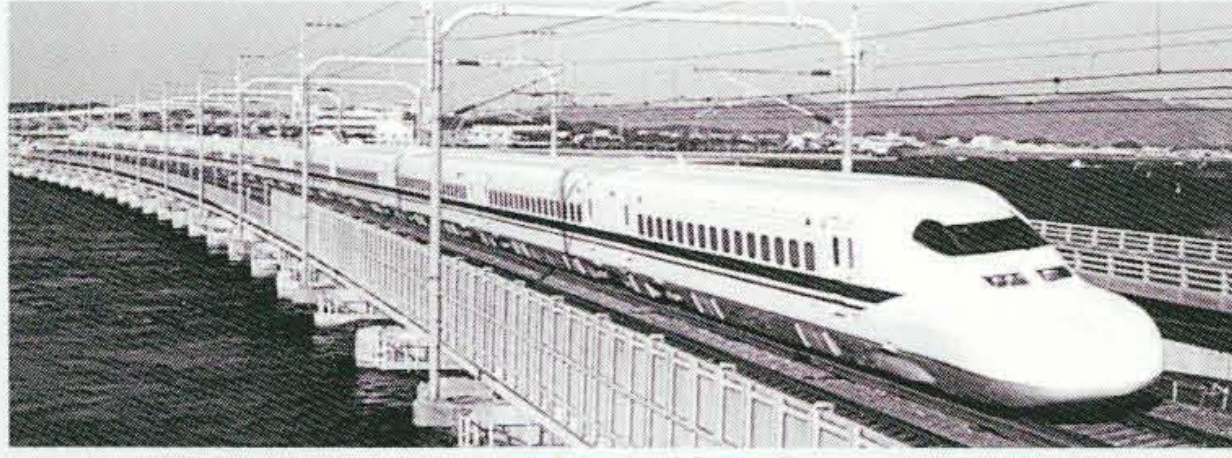
木村謙治 Kenji Kimura

内村年秀 Toshihide Uchimura

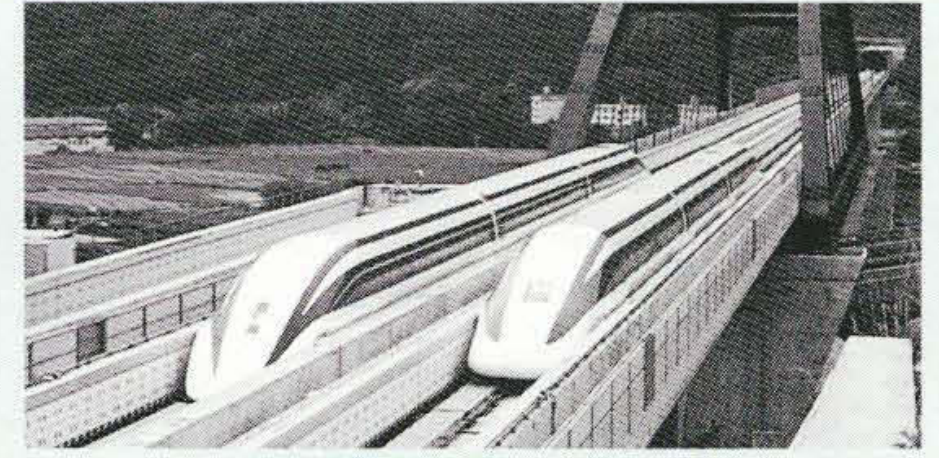
永倉正洋 Masahiro Nagakura



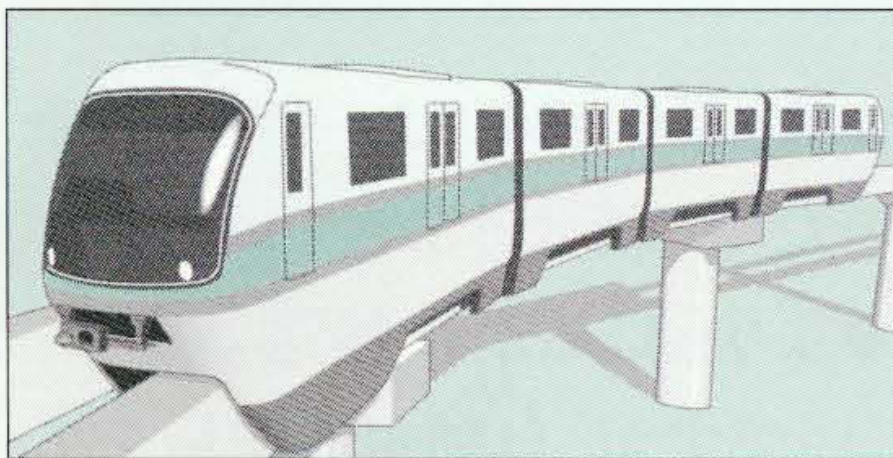
在来線特急885系電車「白いかもめ」



700系新幹線電車



超電導磁気浮上式鉄道
(写真提供:東海旅客鉄道株式会社)



小形モノレール“SMARTRAN”

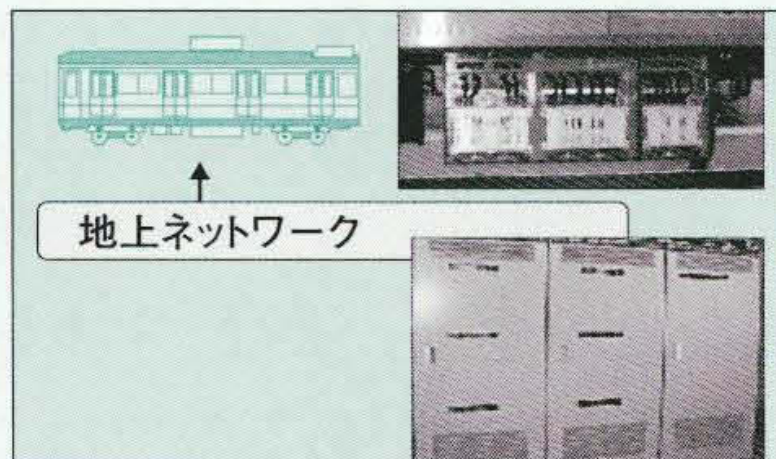
トータルソリューションにより、鉄道利用者・鉄道事業への貢献を目指す日立製作所の鉄道総合システムインテグレーション



情報サービス



リニアモータ地下鉄



地上ネットワーク
デジタルATC信号システム



運行管理指令システム



直流変電システム

注：略語説明 ATC(Automatic Train Control)

日立製作所の鉄道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、新しい都市交通や車両、信号・運行管理システム、情報システム、変電システムまで幅広くソリューションを提案している。

わが国の鉄道利用率は世界一である。わが国で多くの人々に鉄道が支持される理由は、安全なことと、時間に正確なことにある。このような鉄道の安全と正確性を支える技術は、車両、信号、運行管理、変電などのシステムと運用、保守技術など多岐にわたっており、これらに求められる鉄道総合技術で日立製作所は、鉄道総合システムインテグレータとしてさまざまなソリューションを提案している。

鉄道における最近のニーズは、地球環境問題、少子高齢化、都市交通の混雑緩和、IT時代にふさわしい情報サービスなどである。これらのニーズにこたえて、日立製作所が最近提案している新たなソリューションには、リサイクル可能なモジュール構造車両“A-train”、建設費の安い小形モノレール“SMARTRAN”、鉄道の安全・運行をさらに確実にするための運行管理・信号システム、鉄道事業者が展開しつつある新しいサービス業務を支えるITソリューションなどがある。

1 はじめに

わが国の鉄道利用率は世界一である。1日当たり1億6,000万人の世界の鉄道利用者のうち、約40%に相当する6,200万人がわが国での利用者である¹⁾。このようにわが国で多くの人々が鉄道を利用する理由は、安全なことと、時間に正確なことにある。

このような鉄道の安全と正確性は、車両や信号、情報

制御システム、変電などの技術や設備、さらにこれらの保守技術などで支えられている。これら総合的技術力の結果の上に今日のわが国における鉄道が築かれている。

しかし、時代とともに鉄道に対するニーズも変わってきている。少子高齢化や地球環境の問題がある一方、さらに便利で、快適な乗り物としての期待度も高い。また、IT(Information Technology)化の時代にあって、鉄道事業者は、サービス産業としての展開も目指している。日

日立製作所は、これらのニーズにこたえて、鉄道サービスを支える新しいソリューションを提案している。

ここでは、日立製作所が提案する鉄道サービスのトータルソリューションについて述べる。

2 鉄道システムのニーズと新しいソリューション

グローバルな視点から、環境問題であるCO₂の排出量が少なく、都市部の交通渋滞解消に効果的な輸送手段として鉄道が改めて見直され、社会基盤として整備されていくことが社会的なコンセンサスとなってきた。さらに、世界の都市における交通渋滞解消のために、地下鉄よりも建設コストの安い新しい交通手段に対する期待が大きい。これは、わが国の地方の主要都市でも同様である。

また、最近のITの進展とともに、人々の求めるサービスも多様化し、多くの人々が利用する鉄道や駅にもIT時代にふさわしいサービスや利便性が求められている。

わが国では少子高齢化の時代を迎え、鉄道利用顧客の減少に加え、高齢化も進むことから、いっそう快適で、便利な鉄道が求められている。

一方、鉄道事業者にとって、環境問題では、鉄道車両など資源のリサイクルや省エネルギーを推進することが

求められている。また、少子高齢化に伴い、ベテラン社員の減少が問題となってくるので、特に、運行業務や保守業務の効率向上が従来以上に重要になっている。

さらに、鉄道事業者には安全で安定した高密度運行が求められるとともに、多くの利用客を対象とした、いっそう利便性の高いサービス事業にも取り組んでいく必要があると考えられる。

以上のような鉄道利用顧客と鉄道事業者のニーズを踏まえ、日立製作所は、車両、都市交通システム、運行管理・信号システム、情報サービスまでを含む幅広いソリューションを提案してきた。その基本コンセプトを図1に示す。

最近の代表的なソリューションについて以下に述べる。

3 環境に優しく快適な新しい車両システム

3.1 環境対応型の新しい車両コンセプト“A-train”

環境負荷の低減(省エネルギー、資源のリサイクル、再利用)やリサイクルコストの低減というニーズへの対応

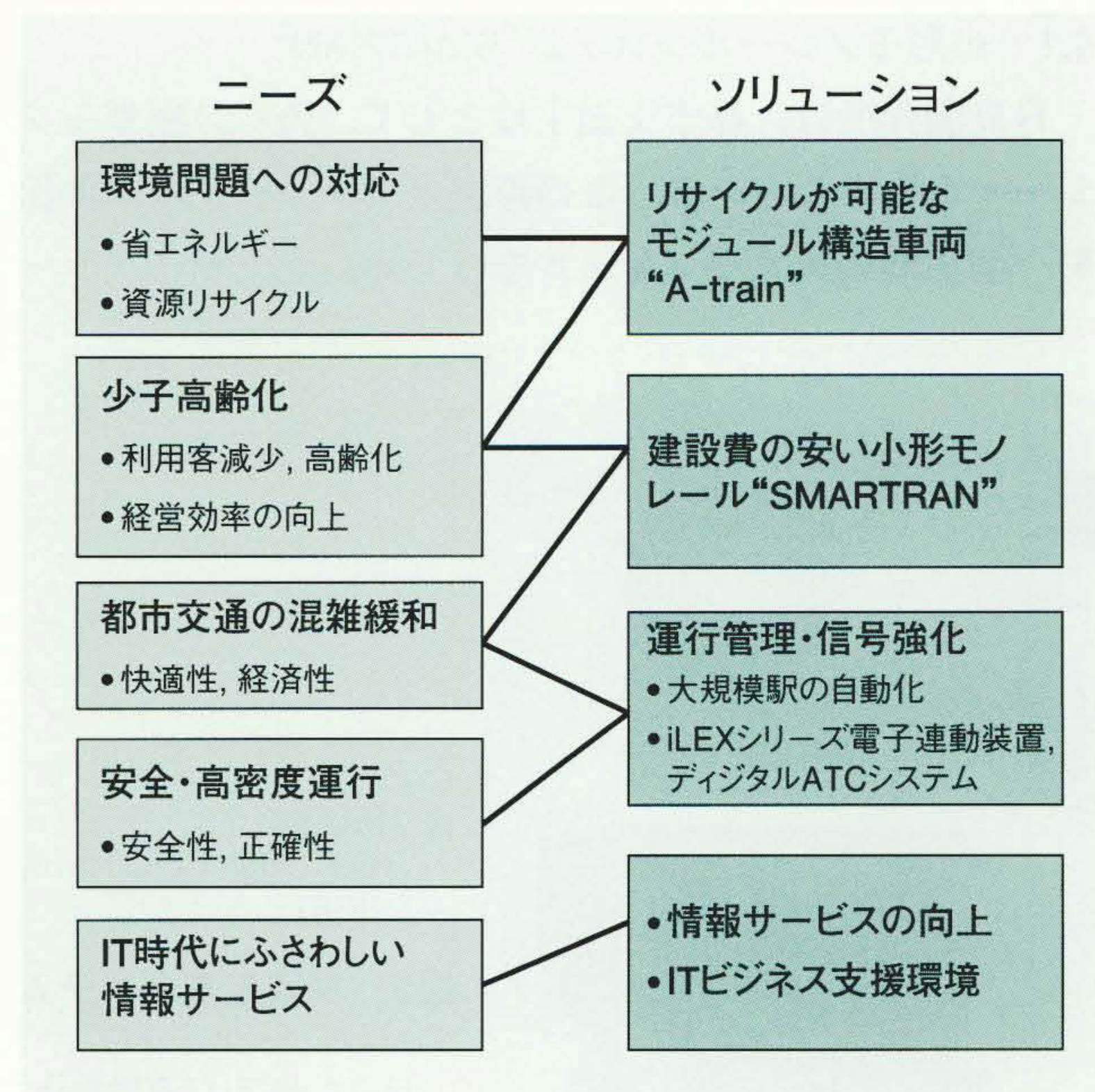


図1 鉄道システムのニーズと新しいソリューション
最近のニーズにこたえて、日立製作所は、車両から運行管理・信号システム、情報サービスまで幅広く新しいソリューションを提案している。

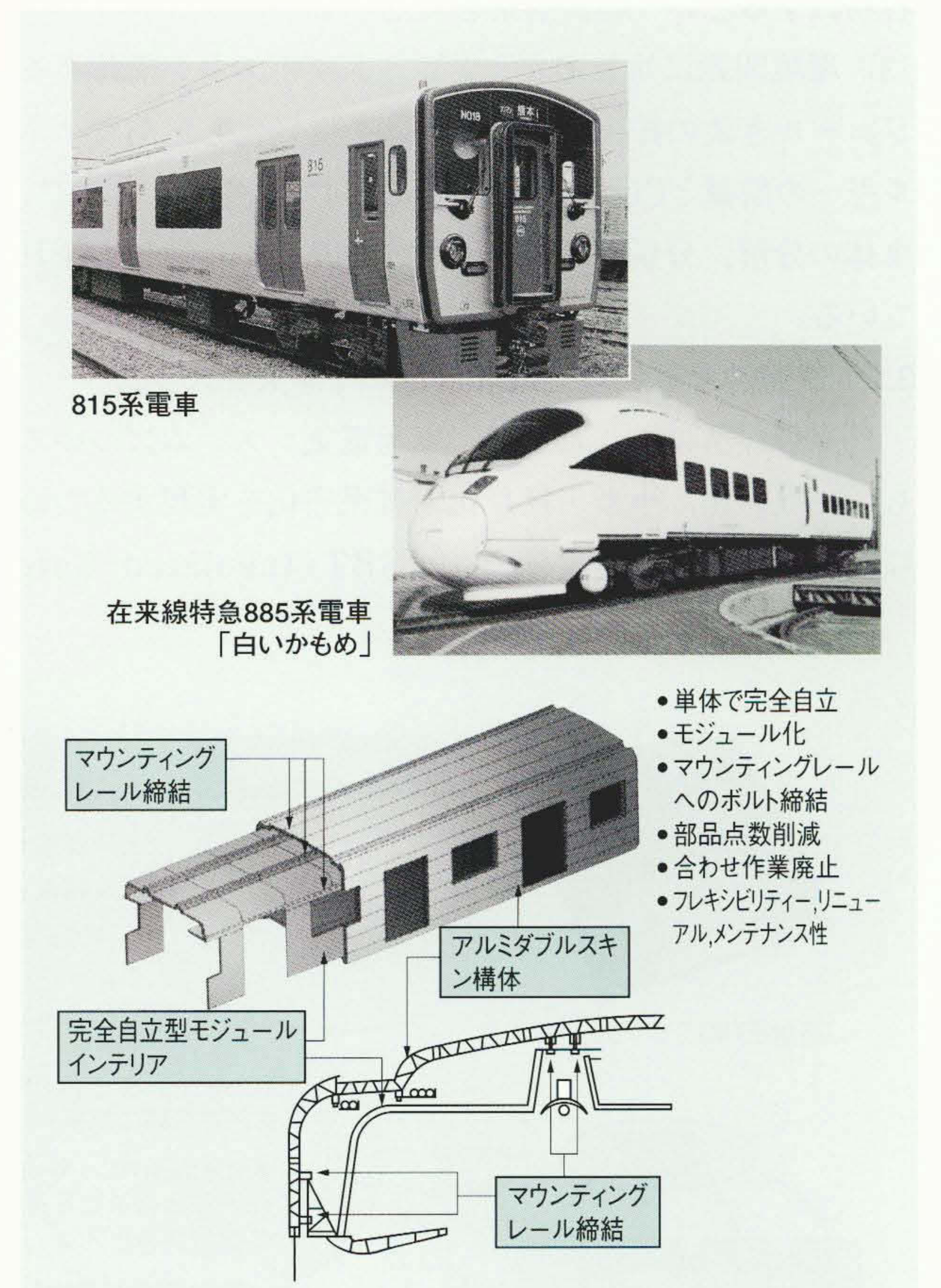


図2 A-trainのコンセプトとそれに基づいた車両の外観
資源のリサイクルと再利用を考慮した高品位、高精度の車両を目指し、車両構造と生産方式を抜本的に改革した。

に加え、少子高齢化に伴う車両メーカーのベテラン技術者の減少という課題に対応するために、車両の材料、構造および生産方式を抜本的に一新した「A-train次世代アルミ車両システム」を開発し、通勤電車と特急電車への適用を開始した。A-trainのコンセプトとそれに基づいて製作した車両の例を図2に示す。

この基本構成は、資源のリサイクルや再利用がしやすい高精度・高品位のアルミダブルスキン構体を車体を使用し、インテリアぎ装のモジュール構造とし、これらを中空押し出し型材と一体形成したマウンティングレールへボルトで締結するというものである。この構成を可能としているのが、新しい構体接合技術であるFSW(摩擦かくはん接合)である。

A-trainの特徴は以下のとおりである。

- (1) アルミダブルスキン構体の特性により、車内の静音化と、高剛性による構体強度の向上、およびそれによる安全性の向上が図れる。また、FSW技術も相まって、ひずみの少ない美しい車体を製造することができる。
- (2) 徹底したモジュールぎ装の採用は、リニューアルを容易にするという経済効果をもたらす。
- (3) 環境問題に対しても、アルミダブルスキン構体とモジュールぎ装の採用によって車体を軽量化し、消費エネルギーの削減とCO₂排出量の削減が可能になるとともに、車体の分解、分別が容易となり、リサイクル性にも優れている。

3.2 快適性と省保守を追求した車両電気システム

日立製作所は、これまで、車両電気システムについても、高機能化、小型・軽量化、省保守化を実現するために、ベクトル制御、高耐圧IGBT(Insulated Gate

Bipolar Transistor)、スナバレスインバータなどを開発し、車両電気システムに適用してきた。

最近では、従来にも増して高まっているニーズのうち、省保守化、高効率化(エネルギー効率向上、冷却装置の簡略化)による小型・軽量化、および乗客の快適性向上に対応した以下の開発を進めている。車両電気システムの新しいソリューションを図3に示す。

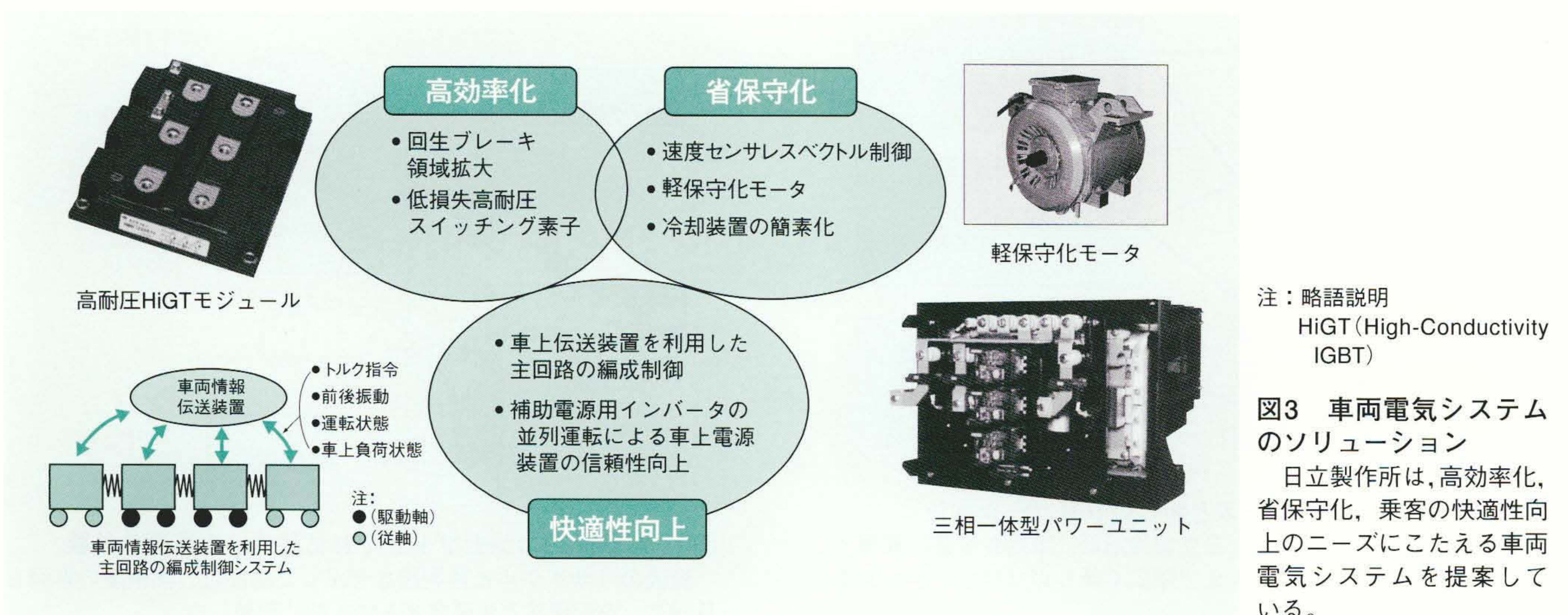
- (1) 省保守化と高効率化のための、冷却装置の簡略化を実現する低損失高耐圧スイッチング素子“HiGT (High-Conductivity IGBT)”
- (2) 車両の速度センサレスベクトル制御、回生ブレーキの適用領域を拡大する電気ブレーキ制御などの高効率化、高機能化のための新しい制御方式
- (3) 車両の快適性を向上させる、車上传送装置を用いた主回路の編成制御
- (4) 保守負担の軽い軽保守化モータ

4 都市交通の新しいソリューション

日立製作所は、都市交通の建設費を抑制した中量輸送システムとして、トンネル断面積の縮小を可能とするリニアモータ地下鉄や都市型モノレールを開発し、納入している。これに対して、さらに小規模な都市交通輸送ニーズにも対応できる小形モノレールと、都市交通の効率化のためのワンマン化のためのソリューションについて以下に述べる。

4.1 小形モノレールシステム“SMATRAN”

日立製作所は、都市交通手段として、跨(こ)座型モノレールを提案している。この跨座型モノレールは、浜松町一羽田間の東京モノレールをはじめ、北九州モノレール



注：略語説明
HiGT (High-Conductivity IGBT)

図3 車両電気システムのソリューション

日立製作所は、高効率化、省保守化、乗客の快適性向上のニーズにこたえる車両電気システムを提案している。



図4 小形モノレール“SMARTRAN”の外観と設計コンセプト
日立製作所は、中小都市の交通混雑緩和のためのソリューションとして、総建設費を抑えた小形モノレール“SMARTRAN”を提案している。

ル、大阪モノレール、多摩モノレールに導入され、現在、沖縄でも建設中である。公共道路敷地内に高架で敷設される都市モノレールは、路面交通に支障を与えず、沿道への日照障害や騒音影響が少ないので環境に優しく、地下鉄に比べて建設費の面で大幅に経済的な交通手段として評価されている。このような利点のために、わが国の地方中核都市や世界の主要都市の交通渋滞解消対策としてきわめて有効な都市交通であると考えられる。また、今までよりも規模の小さい都市において、コンパクトで、建設費が経済的なモノレールが望まれていることから、社団法人日本モノレール協会は、「需要規模に応じた都市モノレールの研究会」で、小型化と建設費の低減を図った小形モノレールの研究に取り組んできた。

これにこたえて、日立製作所を中心とする跨座型モノレールグループは、このたび小形モノレール“SMARTRAN”を開発した(図4参照)。その特徴は下記のとおりである。

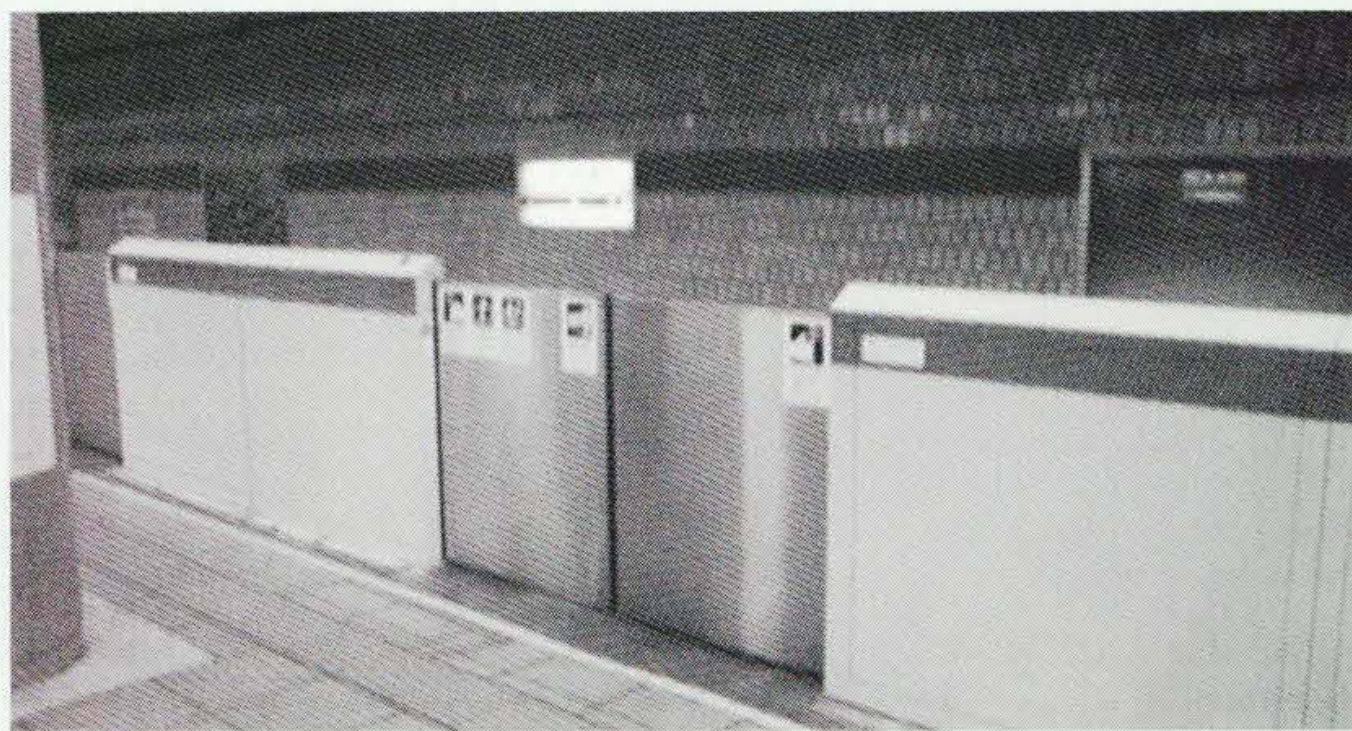
- (1) 車両の小型化のために連接台車方式とし、しかも都市部の交差点を直角に曲がれるように小曲線台車(最小曲線半径40 m)とした。
- (2) 他の小規模交通システムとの互換性を考慮し、車両のトロリ電源にDC750 Vを採用した。

(3) 信号システムも、小規模輸送に見合った新しい閉そく方式とした。

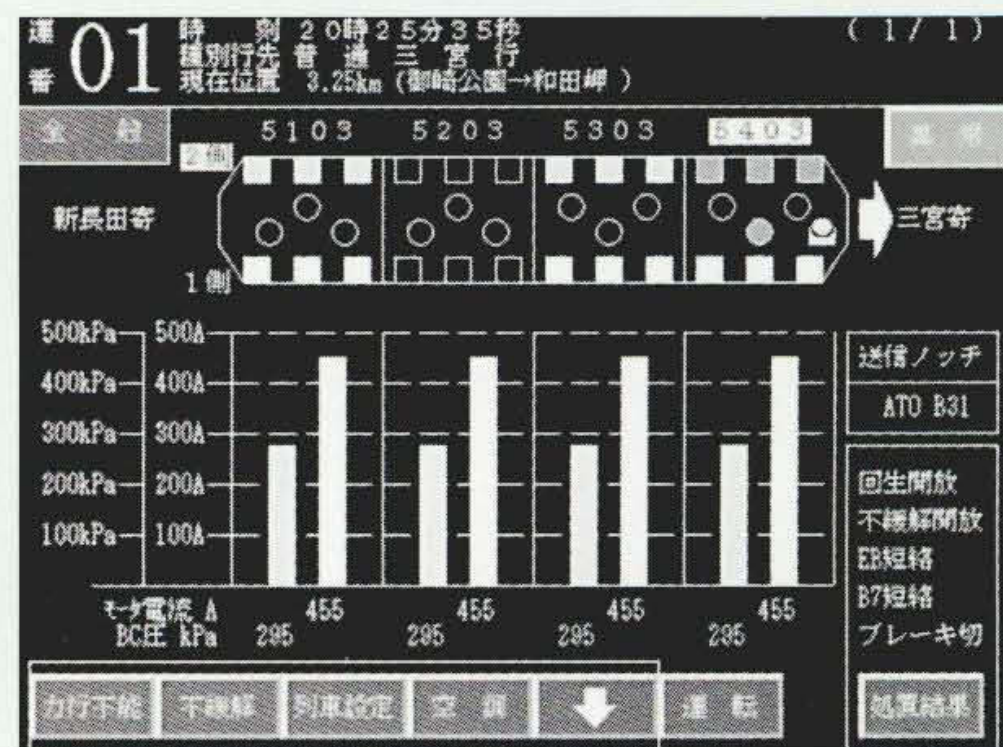
4.2 効率的で安全なワンマン運転支援システム

都市交通では、比較的小規模輸送の新交通システムなどでワンマン運転やドライバーレス運転の例があるが、既存の中規模以上のシステムではワンマン運転の例は多くはなかった。しかし、最近の鉄道事業を取り巻く環境に合わせ、中量高速鉄道でも、経営効率の向上を目指したワンマン化が進められている。最近の新線建設では当初からワンマン化が計画され、既設路線でもワンマン化への移行が検討されている。

日立製作所は、ワンマン運転を実現するために、乗務員の業務を支援するATC(Automatic Train Control), ATO(Automatic Train Operation), ATI(Autonomous Decentralized Train Integrated System)などの車上側のシステムだけでなく、ホームの乗客の安全確保と安全監視のための、地上側のホームゲートシステムとホーム監視システムとを融合させ、地上と車上の双方でのトータルソリューションを図った新しい運転支援システムを提案している。ホームゲートシステムの例と、ワンマン運転システムでの運転台の画面例を図5にそれぞれ示す。



ホームゲートシステム：東京都交通局三田線の例



ワンマン運転の運転台画面：神戸市交通局海岸線の例

図5 ホームゲートおよびワンマン運転の画面例

ホームの乗客の安全を確保するホームゲートシステムと、ワンマン運転を支える運転台の画面例を示す。

5

安全で正確な運行を支える
運行管理・信号システム

わが国の鉄道の最大の特長である「安全で正確な運行」を支える基本基盤システムとしての「運行管理システム」と「信号システム」について以下に述べる。

5.1 運行業務の効率向上に貢献する自律分散型運行管理システム

わが国の鉄道では2分以下のヘッドウェイ(運行間隔)で走行する高密度運行と、時間的に正確な運行が特徴であり、これを支えるのが運行管理システムの役割である。運行管理システムでは、何らかの原因によって列車ダイヤ(ダイヤグラム)が乱れたときの対応が課題である。これに対して、これまでは首都圏の高密度線区でのATOS(Autonomous Decentralized Transport Operation Control System)などにより、ダイヤ乱れ時にも指令員による速やかなダイヤの回復支援と、変更された運行情報による的確な旅客案内情報サービスを実現してきた⁴⁾。

一方、従来型の在来線の運行管理システムでは、運行業務の効率向上のために解決すべき課題が多い。その第一は大規模駅での制御である。これまで大規模駅では、駅個別の判断で操作しなければならない構内入換業務に

加え、本来は運行管理システムで一括自動制御することが望ましい本線の制御も駅の個別操作に委ねていた。このため、列車ダイヤが乱れたときの運転整理のオペレーションが煩雑になり、ダイヤ回復遅れの要因になっていた。また、運行管理業務の効率向上の点でも課題になっていた。これに対して最近では、大規模駅に分散型の駅制御システムを導入し、駅の構内入換操作と中央からの本線制御を効率的に自動化している。

次に、保線などの保守作業の安全確保と効率向上も重要課題である。これに対して、日立製作所の保守作業管理システムが安全確保と効率向上に貢献している⁷⁾。自律分散型運行管理システムの基本構成を図6に示す。

最近の運行管理システムではそのシステムが大規模になったことから、システムを一度に開発することができず、段階的に開発を進めることが多い。このようなケースでは稼働中のシステムと建設中のシステムが同居することになるので、建設段階でのシステムの信頼性確保が重要になる。また、システムリプレースでも同様な課題がある。このような成長するシステムにおける信頼性確保の技術は「アシュアランス技術」と呼ばれており、日立製作所は、これを重要技術として研究開発に取り組んでいる⁶⁾。

5.2 新しい信号システム

5.2.1 新しい電子連動装置「iLEXシリーズ」

日立製作所は、これまで、首都圏の高密度線区を中心に130を超える駅に電子連動装置を納入してきた。この装置の特徴は下記のとおりである。

- (1) 連動図表に従って連動処理を実行することから、新しく駅に電子連動装置を導入する際の開発期間、および線路配線の改修時の改修期間をそれぞれ短縮することができる。
- (2) 従来の連動装置では不可能であった保線などの保守作業と、列車の衝突防止機能を持つ。

今回、さらに発展的な新しいソリューションとして、電子端末一体型の電子連動装置「iLEX2000シリーズ」を開発した。iLEX2000シリーズの構成を図7に示す。

この特徴は下記のとおりである。

- (1) 電子端末の部分を含めて連動図表や制御表、設備一覧表などを簡単な表形式記述とすることにより、さらに短期間での新たな駅の構築や改修を可能にした。
- (2) 末端の転てつ器や信号機など現場機器の状態監視も含めた遠隔監視ができるので、信号機故障などが発生した際の故障部位の特定が速くなる。また、現場機器の動作状況が容易に把握でき、予防保全が可能になる。

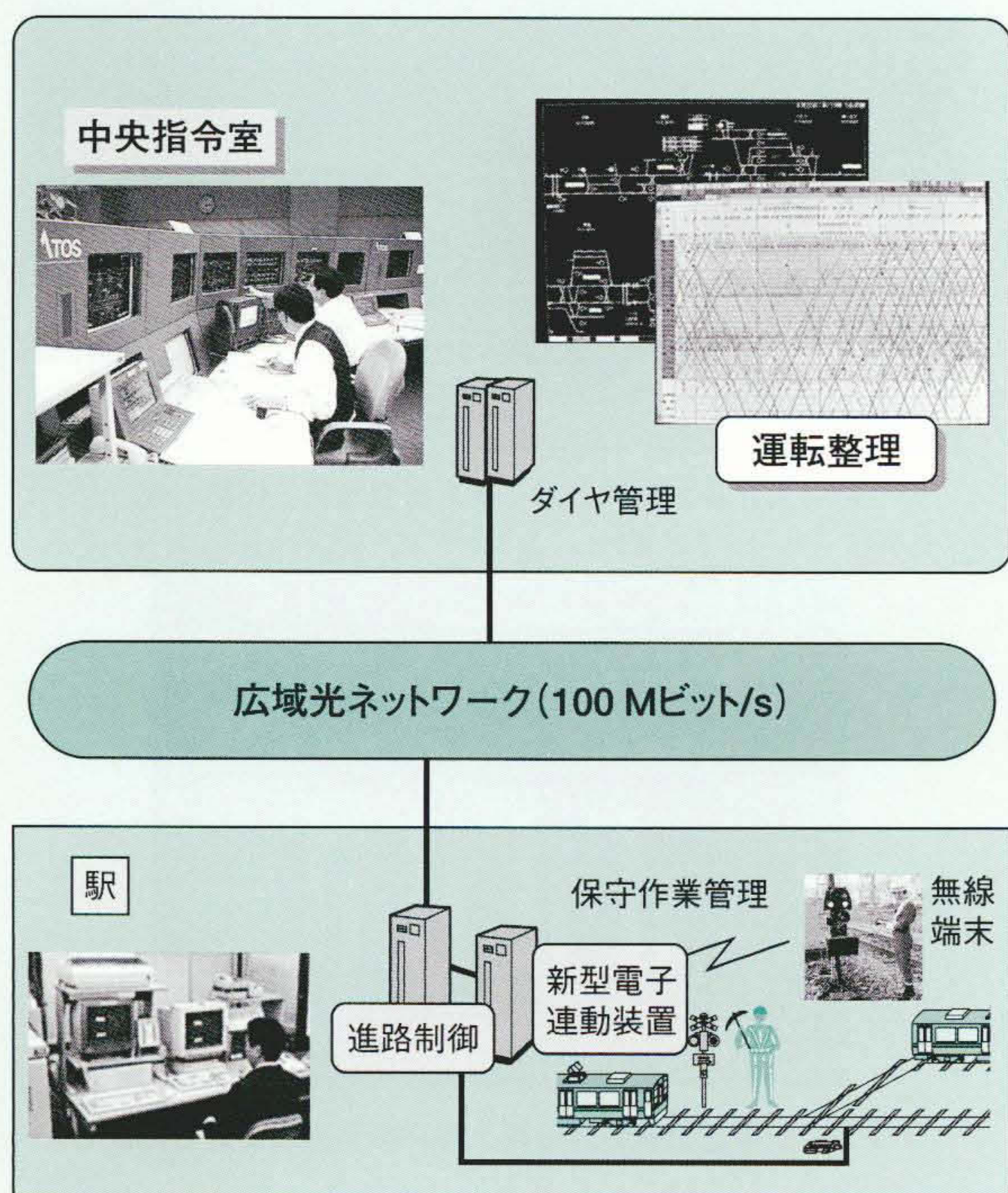
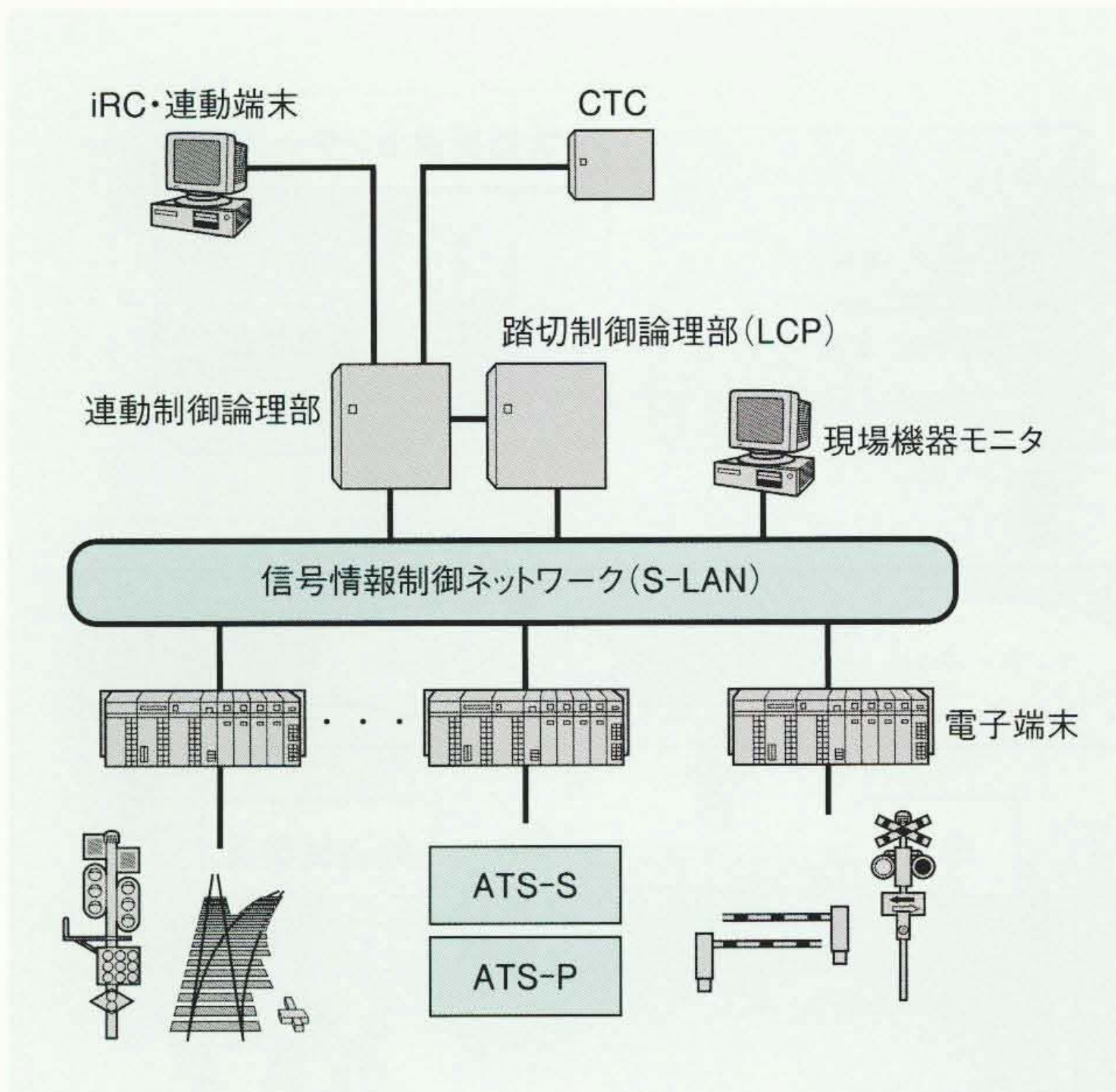


図6 自律分散型運行管理システムの基本構成
大規模駅の自動化や保守作業管理の実現を図った。



注：略語説明
 iRC (Intelligent Route Control), CTC (Centralized Traffic Control)
 LCP (Level Crossing Control Processor), S-LAN (Signal Local Area Network)
 ATS-S (Automatic Train Stop-S Type), ATS-P (Automatic Train Stop-P Type)

図7 電子連動装置「iLEX2000シリーズ」の構成

連動制御論理部と電子端末部を信号情報制御ネットワークで接続することにより、信頼性と保守性をいっそう向上させている。

5.2.2 地上車上統合型信号システム

従来の信号システムは、地上に列車位置検知と制御論理を持ち、地上からの指示で制御を行う方式であった。このため、地上設備が多く、保守も大きな負担になっていた。日立製作所の新しい地上車上統合型信号システムは、車上装置にインテリジェンスを持たせた、車上主体で制御する方式である。このシステムは下記の特徴を持つ。

- (1) 一段ブレーキ方式によって列車間隔を短縮し、混雑緩和に貢献する。
- (2) 車上主導のため、本質的に地上設備が減り、保守負担が軽減される。

現在、この地上車上統合型信号システムの開発では、次の二つの方式を東日本旅客鉄道株式会社とともに推進している。

- (1) デジタルATC：地上車上の情報伝送に軌道回路を使用する方式
- (2) 無線列車制御システム：地上車上の情報伝送に無線を使用する方式

デジタルATCシステムの構成を図8に示す。

6 鉄道の新しい情報サービスシステム

最近のITを用いて、鉄道利用客のためのサービスを充

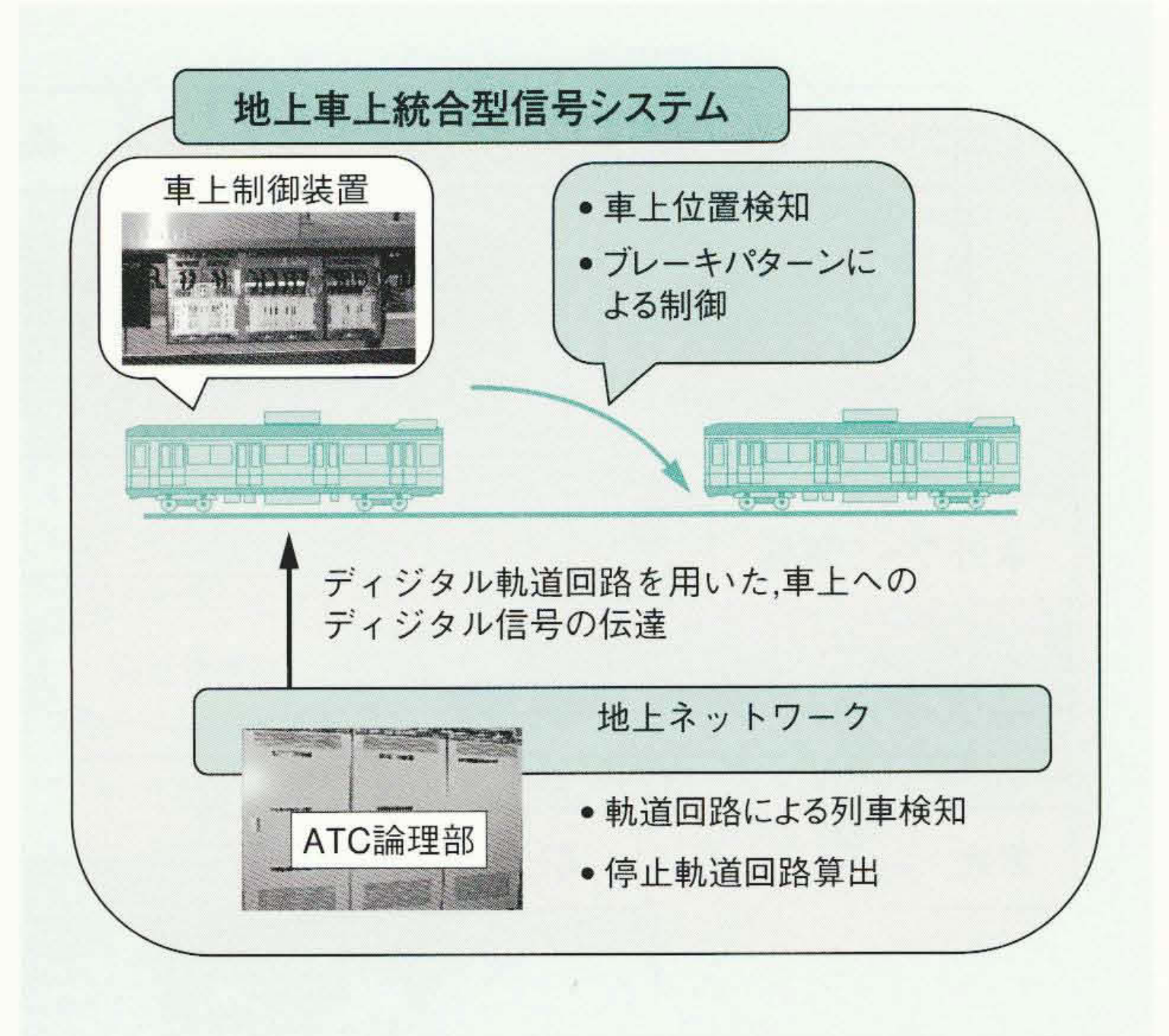


図8 デジタルATCシステムの構成

日立製作所は、高密度線区の混雑を緩和する高密度運行に貢献し、地上設備を減らして保守性の向上を目指すデジタルATCシステムを提案している。

実させたいというニーズが高まっており、さらに、鉄道事業者が情報サービス分野へ踏み込み、事業の拡大を図るというニーズも高くなっている。これらのニーズにこたえて日立製作所は、鉄道の新しい情報サービスシステムのための以下のソリューションを提案している(図9参照)。

- (1) 鉄道サービスに貢献するITソリューション
 - 家庭や駅、車内から目的地までのそれぞれについて、ITを用いた新しい鉄道サービス
- (2) 駅コミュニティを対象とするサービスソリューション³⁾
 - 大勢の人々が集う駅での情報アクセス、付加価値サービスなどの提供
- (3) 電子チケットに関するソリューション
 - すでに一部で始まっている鉄道の切符の電子化に対して、その予約、発券、決済からこれを利用したサービスまでをカバーする、電子チケットシステムとしてのソリューション

7 おわりに

ここでは、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について述べた。

鉄道は環境に優しい公共交通機関として、また、駅は大勢の人々が往来する公共の場として、今後も大いに発展が期待されている。また、世界の中でもわが国の鉄道の安全性と正確性が見直されており、新たなグローバル展開も必要である。

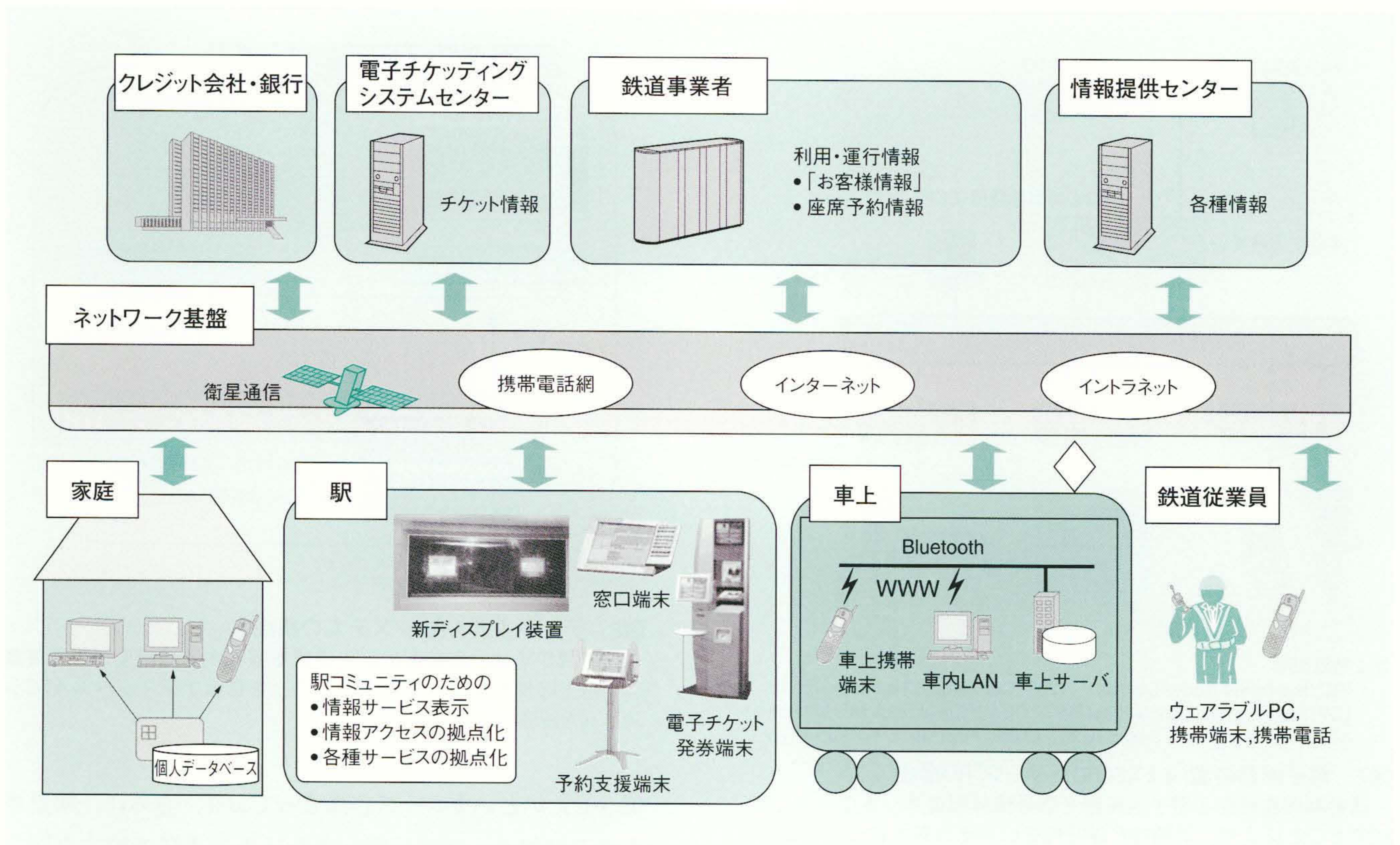


図9 鉄道の新しい情報サービスシステムのイメージ

鉄道利用客のためのサービスを充実させ、情報サービス分野への事業拡大を支援する情報サービスシステムのソリューションを提案している。

今後も日立製作所は、車両から信号、サービスシステムまでの鉄道総合システムインテグレータとして、ユーザーのニーズにこたえるソリューションを提案していく考えである。

参考文献

- 1) 山之内：新幹線がなかったら，東京新聞出版局（1998年12月）
- 2) 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(平9-2)
- 3) 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(平11-3)
- 4) 北原，外：超高密度鉄道の列車群を自律分散制御する東京圏運行管理システムの開発，電気学会論文誌，Vol.118-D，No. 4，pp. 534～541(1998)
- 5) 小林：無線通信を用いた新しい列車運転制御，電気学会誌，117，10号，pp.695～698(1997)
- 6) K. Kera, et al.：Assurance System Technologies Based on Autonomous Decentralized System for Large Scale Transport Operation Control System, IEICE, Trans. Commun., Vol. E83-B, No.5(May 2000)
- 7) 北原：自律分散型列車運行管理システム，電気学会誌，119，2号，pp.80～82(1999)
- 8) 解良：新しい保守システム，電気学会誌，119，2号，pp. 93～95(1999)

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 所属
現在，鉄道輸送管理・信号システムの開発に従事
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：kazuo_kera @ pis. hitachi. co. jp



内村年秀
1978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 所属
現在，運行管理・信号システム，変電システムのエンジニアリング取りまとめに従事
E-mail：toshihide_uchimura @ pis. hitachi. co. jp



木村謙治
1976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 所属
現在，車両システムのエンジニアリング取りまとめに従事
日本機械学会会員
E-mail：kenji_kimura @ pis. hitachi. co. jp



永倉正洋
1980年日立製作所入社，システム事業部 所属
現在，社会システム(交通・電力)のシステムエンジニアリング取りまとめに従事
技術士(電気・電子部門)
情報処理学会会員
E-mail：nagakura @ siji. hitachi. co. jp