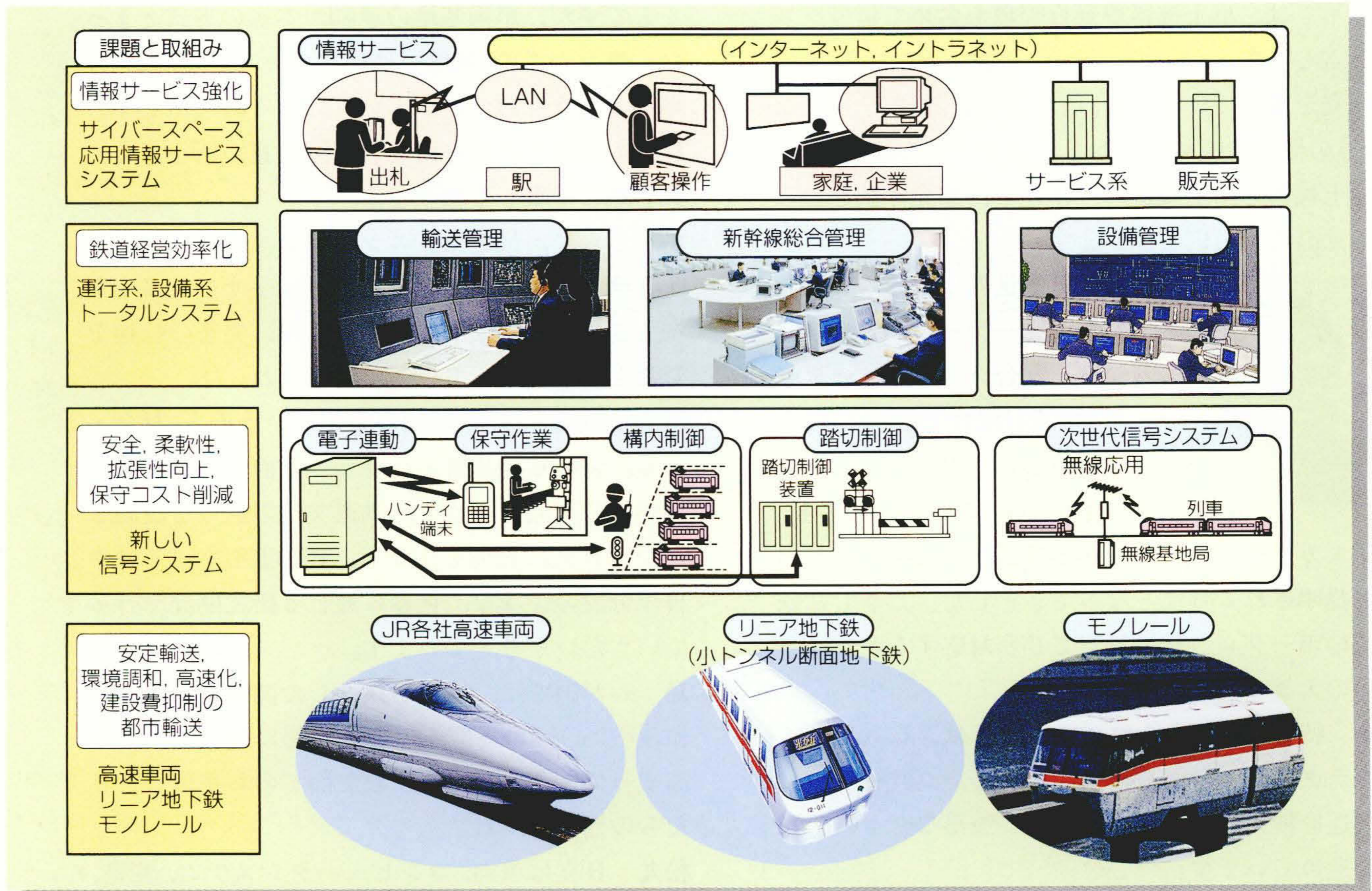


# 最近の鉄道システムの課題と技術的取組み

Recent Needs of Railway Systems and Hitachi's Approaches

解良和郎\* Kazuo Kera 佐藤友良\*\*\* Tomoyoshi Satō

磯部栄介\*\* Eisuke Isobe



## 鉄道システムの課題と取組み

日立製作所は、「公共輸送機関としての安全・安定輸送、鉄道経営の効率化、顧客サービスの向上、環境との調和」のニーズにこたえて、車両、電気、信号、情報、システムにトータルで対応する鉄道総合メーカーとして技術開発を強力に推進している。

鉄道のニーズである「公共輸送機関としての安全・安定輸送、鉄道経営の効率化、顧客サービスの向上、環境との調和」にこたえて、日立製作所は技術開発を強力に推進している。

車両部門では、300系、E2系、E3系、500系の新幹線高速車両、いっそうの快適性、環境調和、経済性を重視した在来線特急・通勤車両、最新のIGBT応用技術による効率的な駆動システムがある。また、21世紀の超高速新幹線を目指す磁気浮上高速車両も実用化実験が始まったところである。建設費を抑制した効率的な都市輸送機関として、小トンネル断面のリニア地下鉄やモノレールにも注力している。

システム部門では、旅客サービスの向上と鉄道運営の効率向上を目指した運行系を中心としたトータルシステム化がある。また、地上運行系の合理化を目指すために必須となってきた新しい信号システムに対しても鋭意取り組んでいる。さらに、インターネットなどのサイバースペースによる顧客サービスの充実にも、これからの新しい課題として取組みを開始した。

環境に優しい公共輸送機関としての鉄道には、今後も大きな期待が集まるところであり、日立製作所は、車両、電気、信号、情報、システムにトータルで対応できる鉄道総合メーカーとして技術開発を推進していく。

\*日立製作所 交通事業部 技術士(情報工学部門) \*\*日立製作所 交通事業部 技術士(電気・電子部門) \*\*\*日立製作所 システム事業部



## 1. はじめに

最近の鉄道各社の技術開発の進展には目覚ましいものがある。車両部門では、300系、E2系、E3系、500系などの新幹線高速車両、快適性、環境調和、経済性をより重視した在来線車両がある。システム部門では、旅客サービスの向上と鉄道運営の効率向上を目指した運行系のトータルシステム化がある。21世紀の超高速新幹線を目指す磁気浮上高速車両も、実用化実験が始まったところであり、環境に優しい公共輸送機関としての鉄道には今後も大きな期待が集まるところである。日立製作所は、鉄道各社のニーズにこたえて技術開発を強力に推進している。

ここでは、鉄道システムの課題と日立製作所の取組みについて述べる。

## 2. 最近の鉄道システムの課題

鉄道各社は鉄道経営の体質強化とともに、旅客需要の多様化、高級化、環境調和への対応を図っている。このような背景の下で、鉄道システムには以下の課題がある(図1参照)。

- (1) 安全・安定輸送：高速、高密度運行によって輸送需要にこたえるため、車両の高速化とともに多様な運行形態を可能とする信号技術やシステムが必要である。
- (2) 鉄道運営の効率化：運行業務には、中央から駅まで関連部署が多く、システム化によって効率的な運営を目指す必要がある。また、保守のコストは経費の多くを占めており、本質的に保守を容易にする仕組み作りも必要である。
- (3) 旅客サービスの向上：車両の乗り心地や快適性とともに、旅客に対する情報のサービス強化が必要である。

- (4) 環境調和：車両の高速化の一方で、低騒音化、省エネルギーなどの技術開発も重要である。

## 3. 技術的取組み

日立製作所は、安全性・運行信頼性の確保を鉄道輸送の基本命題として、機能性・経済性のいっそうの向上や環境との調和など、多様な諸課題を達成するため、新技術を駆使して取り組んでいる(図2参照)。また、車両・電気・信号・システムをトータルで担当している国内唯一の総合システムメーカーであり、これらの総合的取組みによって、いっそうの相乗効果を生み出すように努めている。

### 3.1 車両の高速化・軽量化と乗り心地向上

環境との調和を前提とし、「環境からの発想、美しさ、人への優しさ」を追求し、車両の高速化・軽量化・乗り心地向上に取り組んでいる。

#### 3.1.1 高速化

空気抵抗や空力音の低減を目的として、先頭形状解析技術を確立した。高速化にふさわしい外観デザインのほかに、落ち着いた色調や品格のある素材に刺激の少ない照明を組み合わせた、人に優しい内装デザインなどを研究している。

#### 3.1.2 軽量化

軽量アルミハニカム構体や、大型押し出しアルミ型材使用のダブルスキン構体技術を開発した。また、高速・軽量ボルスタレス台車、アルミ歯車箱、軸箱などを実用化した。

#### 3.1.3 乗り心地向上

前述のアルミ構体を含め、室内の低騒音化の実現と並行して、アクティブサスペンション制御や車体傾斜のた

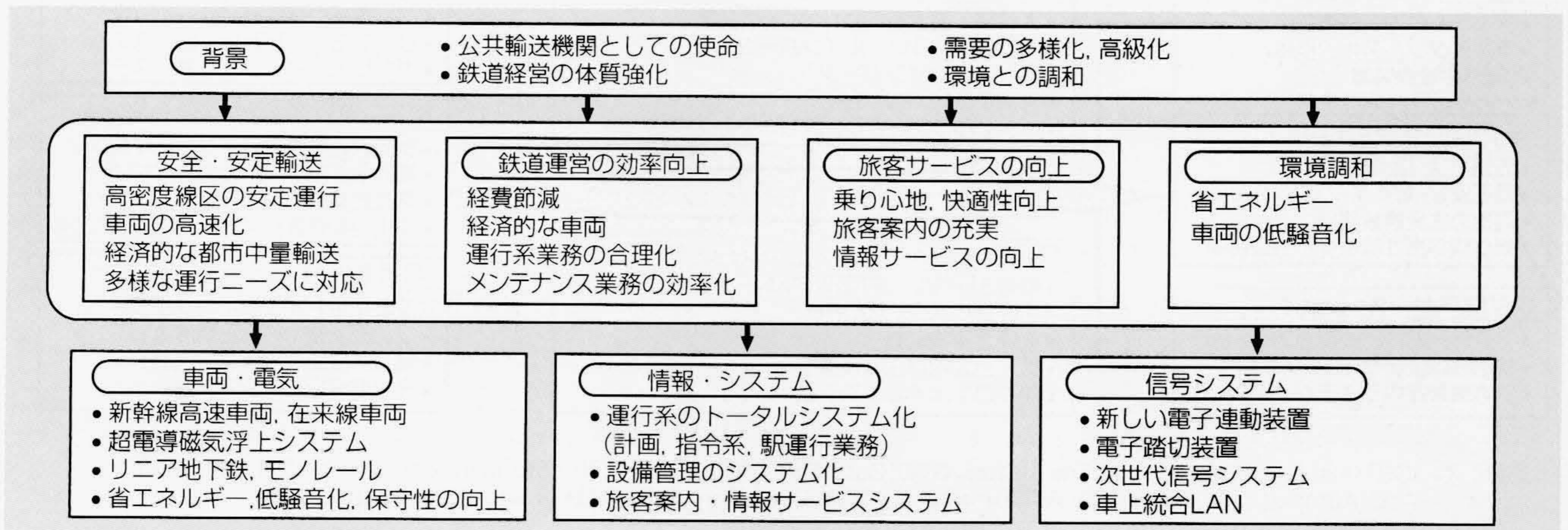


図1 最近の鉄道システムの課題

最近の鉄道各社の課題と、車両・電気、情報・システム、信号システムの動向を示す。



めの高性能振り子制御台車システムを開発し、実用化してきた。これにより、快い乗り心地を保ちながら、曲線通過性能が向上できるように努めている。

### 3.1.4 低騒音化

高速走行に伴う空力音の低減のため、パンタグラフカバー形状や車体完全平滑化などの低騒音化技術の開発、低騒音パンタグラフの開発、およびトンネル出入時の微気圧波解析による先頭形状の設計に取り組んでいる。

### 3.2 車両駆動システムの高性能化と小型・軽量化

鉄道車両の高速化・高出力化に伴い、環境との調和を前提に、高性能化と小型・軽量化に取り組んでいる。電気・機械に加え、情報技術を駆使し、車両トータルで最適な効果を生み出すように努めている。

(1) 直流電気車では、インバータ駆動が主流となり、GTO(Gate Turn-off Thyristor)に加えてIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)インバータのシリーズ化を進めている。インバータ1台当たりの電動機制御台数も、1台から8台まで、システム冗長度を考慮して自由に選択できるようにした。

(2) 交通システムの多様化に対応して、モノレールを含むゴムタイヤ駆動システムや鉄輪式リニアモータ駆動システムにもIGBTインバータを適用した。さらに、永久磁石同期モータや誘導電動機によるギャレスダイレクト駆動システムも開発中で、日立製作所の工場試験線で国内初の電車実装走行を行っている。

(3) 交流電気車でも直流電気車と同じようにインバータ駆動が主流となり、GTOに加えてIGBT主変換装置(コン

バータ・インバータ)を実用化した。これにより、ビートレス制御や力率=1制御などの高機能化に加えて、高効率、低高調波化、低騒音化を図り、省エネルギー、環境性の向上を実現した。

(4) 高耐圧・高信頼IGBT素子をシリーズ化し、インバータ容量・方式(2レベル, 3レベル)を含めた系列化を実現した。同時に、小型・軽量化、低騒音化、および水冷却による脱フロン化を実現した。また、SIVとの一体化による冗長度を高めたシステムも製品化した。

(5) 高機能化では、高加減速駆動システムにファジィ制御、学習制御、ベクトル制御などを用いた高粘着・高回生率制御の実現に努めている。

### 3.3 超電導磁気浮上式鉄道の実現

時速500 kmの超高速鉄道の実現に向けて、日立グループの総合力・システム技術力を結集し、電気・機械・情報一体の取組み姿勢により、安全性・信頼性の高い基幹システムを総合的に開発している。

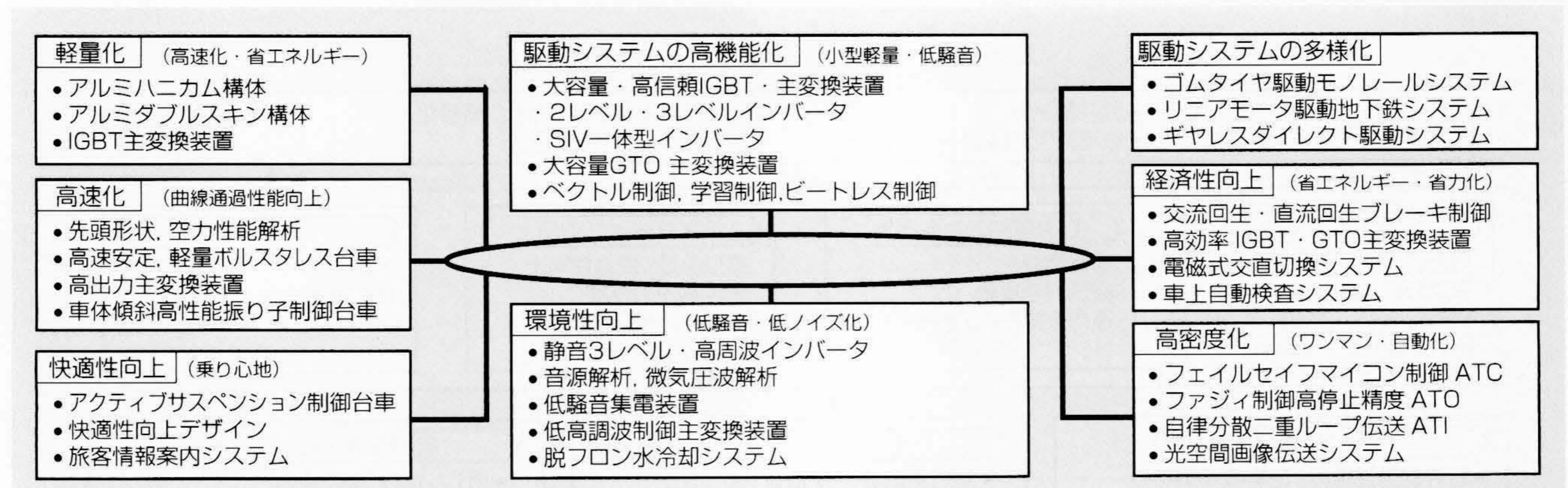
### 3.4 建設コストを抑制した中量輸送システム

大都市での大量輸送鉄道の補完や主要都市での鉄道網の整備促進を目的として、建設コストを抑制した中量輸送システムの構築が望まれている。

このニーズにこたえて日立製作所は、鉄輪支持リニアモータ方式による小トンネル断面地下鉄システムと跨(こ)座型モノレールシステムをすでに実用化しており、現在、いっそうの最適化を目指している。

### 3.5 高密度・自動運転対応システム

情報化技術の適用により、車両をよりインテリジェン



注：略語説明 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), GTO(Gate Turn-off Thyristor), SIV(Static Inverter ; 補助電源用インバータ) ATC(Automatic Train Control), ATO(Automatic Train Operation), ATI(Autonomous Train Integration)

図2 車両・電気の最新の技術

機能性・経済性のいっそうの向上や環境への調和を前提に、各種の課題に対して機械、電気、情報一体の取組み姿勢で、技術開発を強力に推進している。



ト化し、安全を保ちながらワンマン化・自動化による経営効率を向上させる技術開発に取り組んでいる。

ATI(車両情報制御システム)の高機能化により、フェイルセーフ車上LANを構築し、これにATO(列車自動運転)機能を含めたATC(列車運転支援・運転保安)・保守支援システムを実現した。

### 3.6 鉄道運営の効率向上を目指すトータルシステム

#### 3.6.1 運行部門のシステム化

運行部門のシステム化では、新幹線や在来線幹線の運行管理システムの導入がこれまで行われてきた。しかし、運行部門の運営の効率化のためには大都市圏の高密度線区こそ合理化と旅客へのサービス向上が必要とされることであり、そのためこの数年間、運行管理システムが導入されてきている。代表的なシステムについて以下に述べる。

##### (1) 東京圏輸送管理システム“ATOS”

ATOS(Autonomous Decentralized Transport Operation Control System)は、首都圏の高密度線区を対象とした自律分散型の輸送管理システムである。これらの線区では路線が複雑に絡み合っていて、その管理と制御は非常に難しく、従来は駅に多数の要員を配置して運行業務に当たっていた。そこで、この高密度線区のシステム化を行い、駅の運行部門の合理化と旅客サービス向上をねらいとした。このために、駅のインテリジェント化とネットワークによる中央指令との接続を行っている。また、保線作業の安全確保や連動論理の拡張性、保守性を向上させるため、新しい電子連動装置を開発した。さら

に旅客サービスの向上のため、旅客案内の自動化とともに、パソコンによる運行状況のリアルタイム情報サービスを実現した。これらにより、従来の駅中心の運行業務を、中央指令中心の運行体制に切り替えることができ、大幅な効率向上が図れた。このシステムは超過密線区の中央線で最初に実用化され、引き続き首都圏全体に展開中である。最終的には17線区、250駅を接続する巨大なシステムとなる。このような巨大で広域に分散されるシステムを構築するために、システムを段階的に構築できる自律分散システム技術を適用している。このシステムは、世界最大規模であるとともに、単に進路制御だけでなく運行情報全体をコントロールする先進的な輸送管理システムである。

##### (2) これからの中・小型輸送管理システム

東京圏のような高密度線区でない通常の輸送管理システムのシステムイメージを図3に示す。システム構成は集中型を基本とするが、集中型では従来表示駅として制御対象外としていた大駅を、東京圏輸送管理システム同様の駅システムの部分的導入によって実現している点が特徴である。これによって駅運行業務の効率化が図れ、さらに経済性の高いシステムの構築が可能となった。

#### 3.6.2 新しい新幹線システム“COSMOS”

COSMOS(Computerized Safety Maintenance and Operation System of Shinkansen)は、21世紀を目指して、新幹線のあらゆる業務の合理化をねらって開発したシステムである。従来に比べ、システム化の範囲を大幅に拡大した。新たに導入した予測制御型運転整理が、列

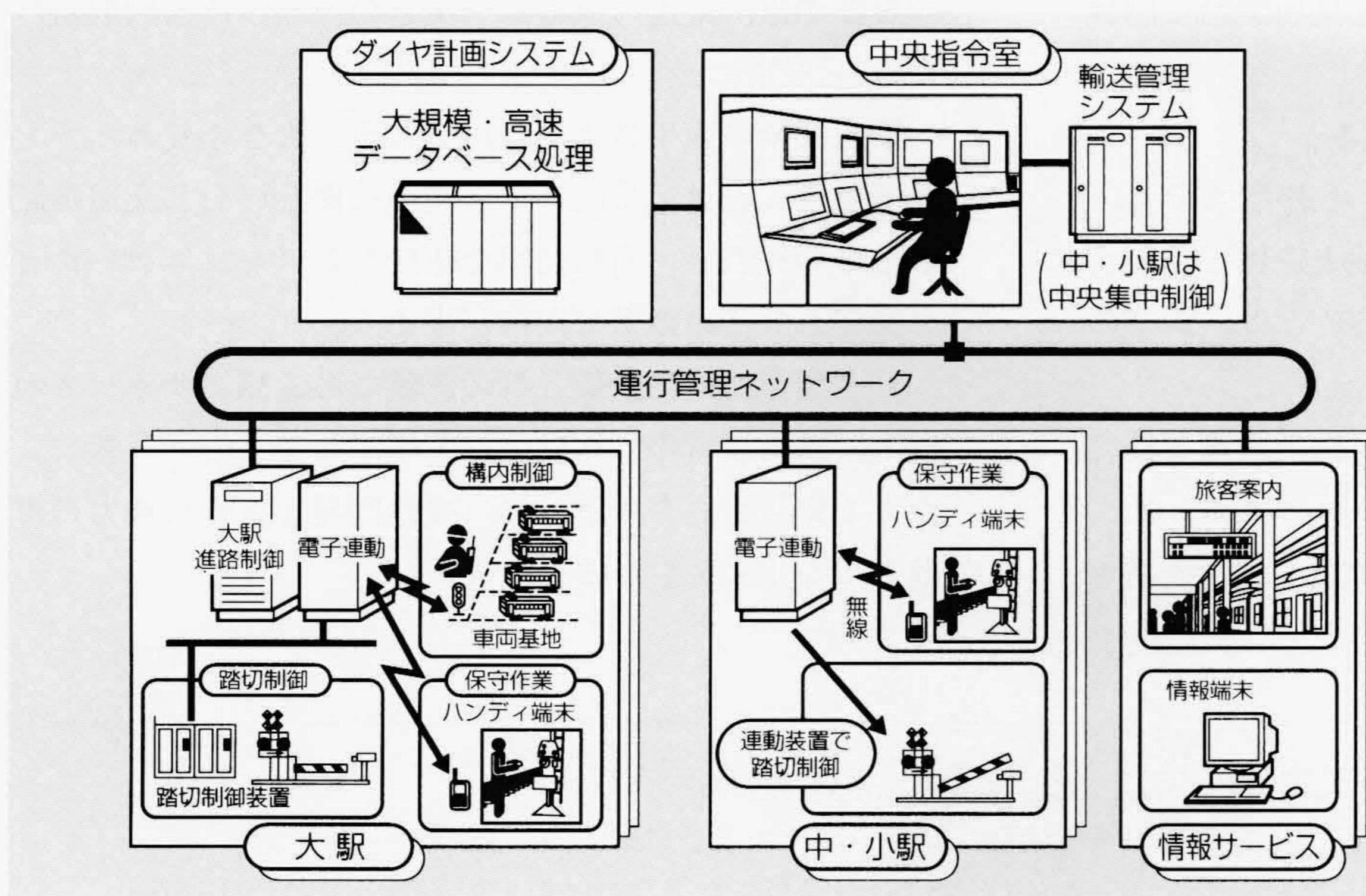


図3 中・小型輸送管理システム  
これまで表示駅として制御対象外であった大駅を、駅システムの部分的導入によって制御対象とすることにより、経済的で効率的なシステムが実現できるようになった。



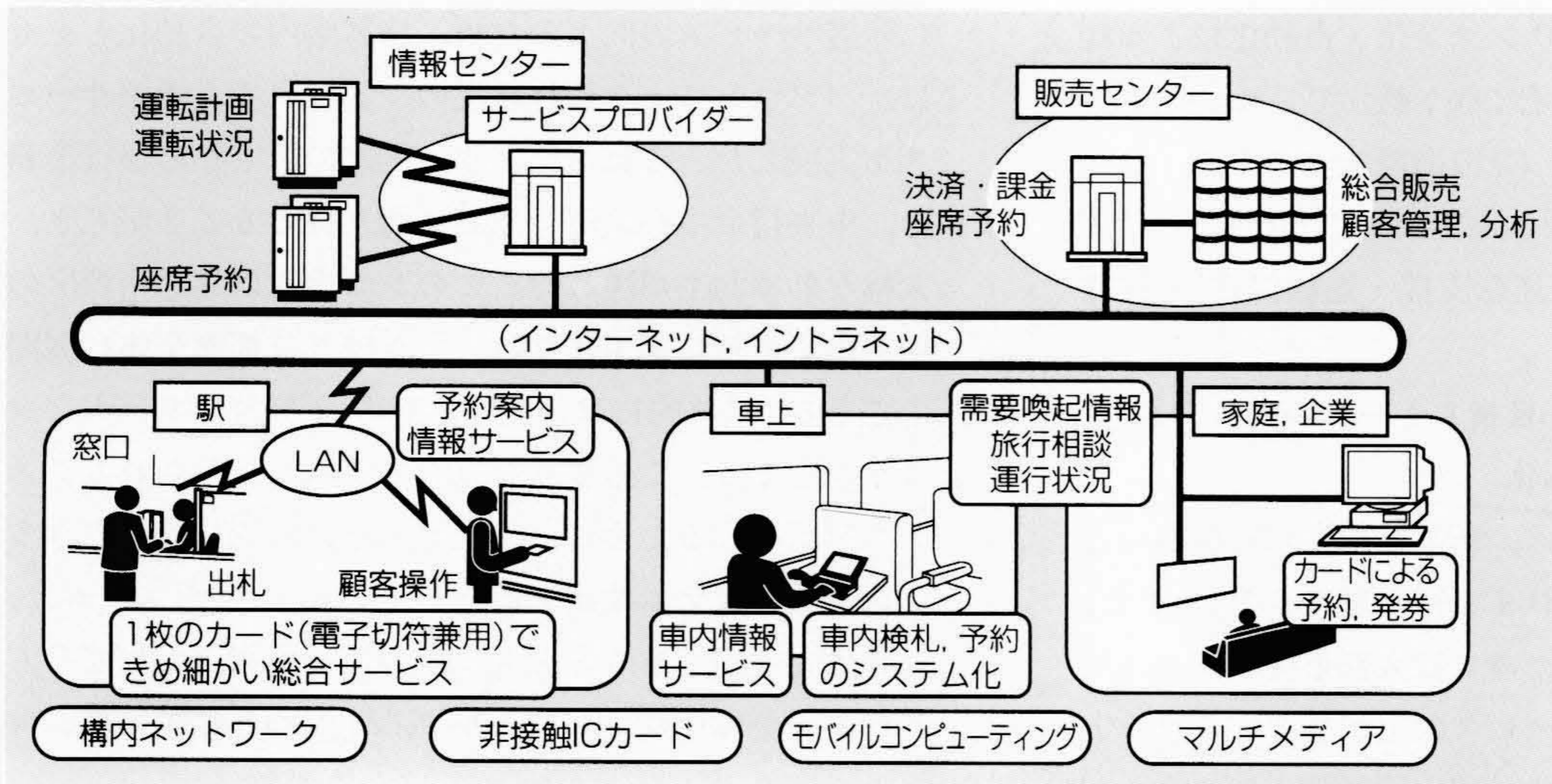


図4 新しい顧客サービスシステム(イメージ)  
新しい情報技術であるサイバスペースによって、顧客により密着した質の高いサービスを目指す。

車ダイヤの乱れの回復に威力を発揮している。

### 3.7 信号システムへの取組み

鉄道の運行業務の合理化のためには、これまでの伝統的な信号装置の革新が必要である。

#### 3.7.1 新しい電子連動装置

電子連動装置は、これまで安全性を確保するために専用装置で構成していたが、今回、最新の情報技術を駆使することにより、汎用装置上で安全性の確保を実現できた。これにより、従来の連動機能だけでなく、無線端末による構内入換制御や保線作業時の線路閉鎖インタロックなどの駅運行業務の合理化に寄与する新しい機能を盛り込むことができた。しかも、柔軟で保守性・拡張性に優れている。

この装置は現在、中央線ほかの40駅で安定稼働している。さらに、一般線区用の小型の装置も使用開始に向けて現地調整中である。

#### 3.7.2 次世代の信号システムへの取組み

ATC、連動装置などの信号システムの基本的考え方は、地上に設備を置き、論理を組み、地上主体で制御する方式である。このために地上設備が多くなり、保守の負担が大きい。

これに対して次世代信号システムは、地上設備を極力減らし、車上で主体的に判断制御する方式である。地上と車上間のコミュニケーションには無線などが使用さ

れる。これによって地上の設備が大幅に減るため、本質的に保守負担の少ないシステムが実現できる。

### 3.8 新しい情報技術による情報サービス

最近のインターネットに代表されるサイバスペースを利用することによって顧客サービスを飛躍的に向上させる可能性があり、日立製作所は、近未来の課題としてこの新しい情報サービスシステムに取り組んでいる。

例えば、家庭やオフィスからインターネットを通してリアルタイムに情報サービスを受けて旅行を計画したり、予約や切符を購入することができるようになる。

サイバスペースによる新しい顧客サービスのイメージを図4に示す。

## 4. おわりに

ここでは、最近の鉄道システムの課題と技術的取組みについて述べた。

情報技術の適用により、鉄道は今、大きく変わろうとしている。21世紀に向けて、環境に優しい公共交通機関としての鉄道と、情報技術を駆使したコミュニケーション産業としての鉄道に期待が集まる。

日立製作所は、鉄道各社の課題である旅客サービスの向上、鉄道運営の効率向上、環境調和などのニーズにこたえることができるように、技術開発をさらに強力に推進していく考えである。

## 参考文献

- 1) 北原, 外: 広域分散型運行管理システム, 計測と制御, 32, 7, 590~594(1993-7)
- 2) 北原, 外: 東京圏輸送管理システムの構築, 電子情報通信学会, ソサイエティ大会(1996-9)
- 3) 五十嵐, 外: 21世紀を目指した新しい新幹線総合システム(COSMOS)の開発, 電気学会産業応用部門全国大会(1996-8)