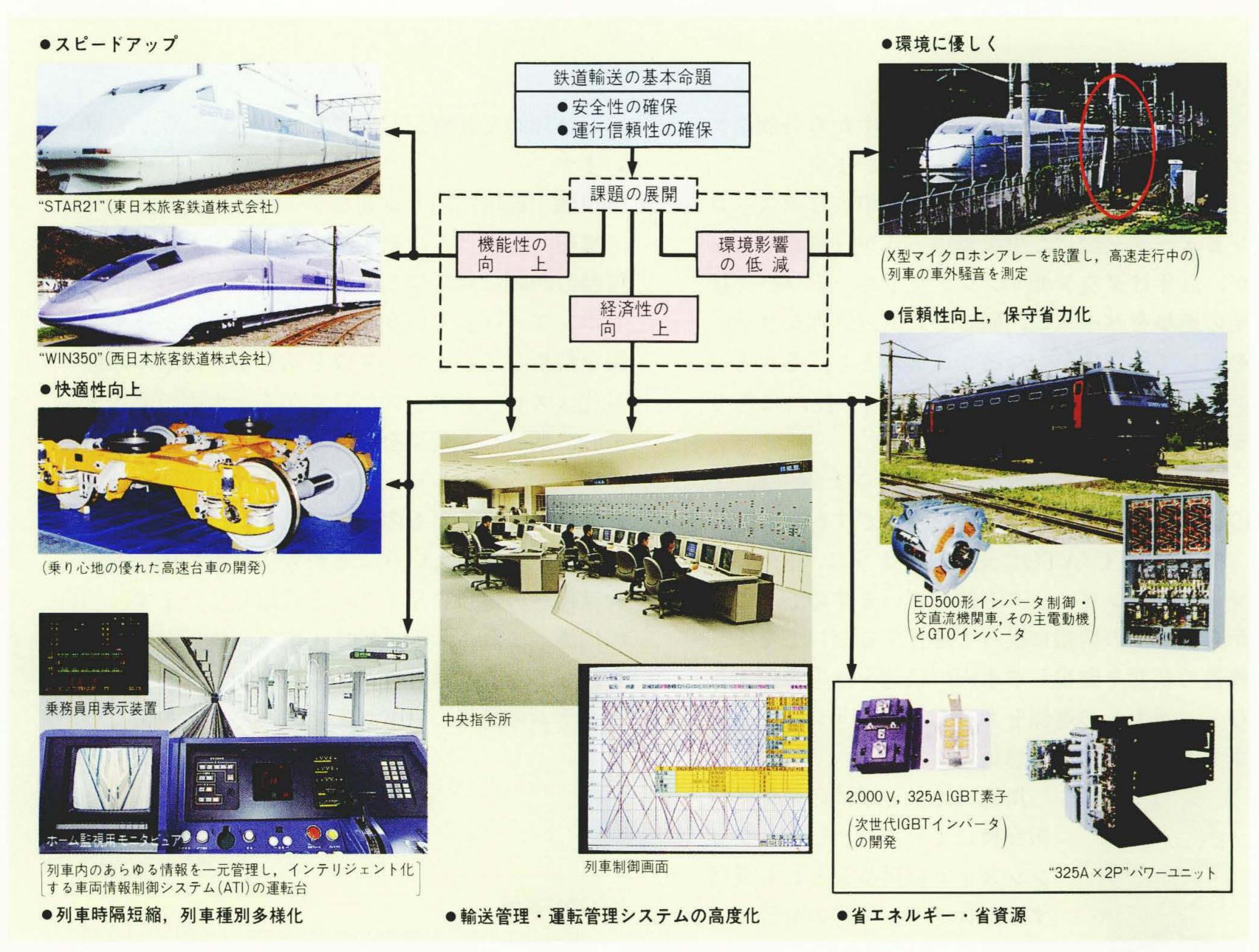
最近の鉄道システムの課題と技術的取組み

Hitachi's New Technologies for Themes in the Railway System

川添雄司* Takeshi Kawazoe



鉄道の課題とその技術的対応事例 安全性と運行信頼性の確保を基本命題とし、機能性・経済性のいっそうの向上や環境影響の低減など、 多様な諸課題を達成すべく新技術を駆使して取り組んでいる。

鉄道は公共的な旅客・貨物の大量・高速輸送機関として、まず安全性が確保されていること、および 運行信頼性が十分高いことが基本的に求められる。

このような基本命題を踏まえながら、速達性・快適性・利便性など機能性のいっそうの向上、メンテナンス低減・省エネルギー・省資源など経済性のいっそうの向上、および騒音・振動など環境影響のいっそうの低減などの諸課題に取り組んでいかなければならない。その場合、これらの課題相互間にはそれぞれ拮(きっ)抗する因子はあるが、鉄道に関係す

る各技術陣の総力を挙げ、システムの最適化や新しい技術的可能性の駆使などにより、これらを同時並行的に達成するように努めなければならないと考える。

この特集は、鉄道の車両、き電・変電、信号保安、情報制御などの分野での日立製作所の最近の取組みについて紹介するものであり、ここでは、上記の諸課題を具体的に展開し、各論文でのテーマの位置づけを中心に、課題と取組みの全体像についてまとめた。

^{*} 日立製作所 交通事業部 技術士(機械部門)

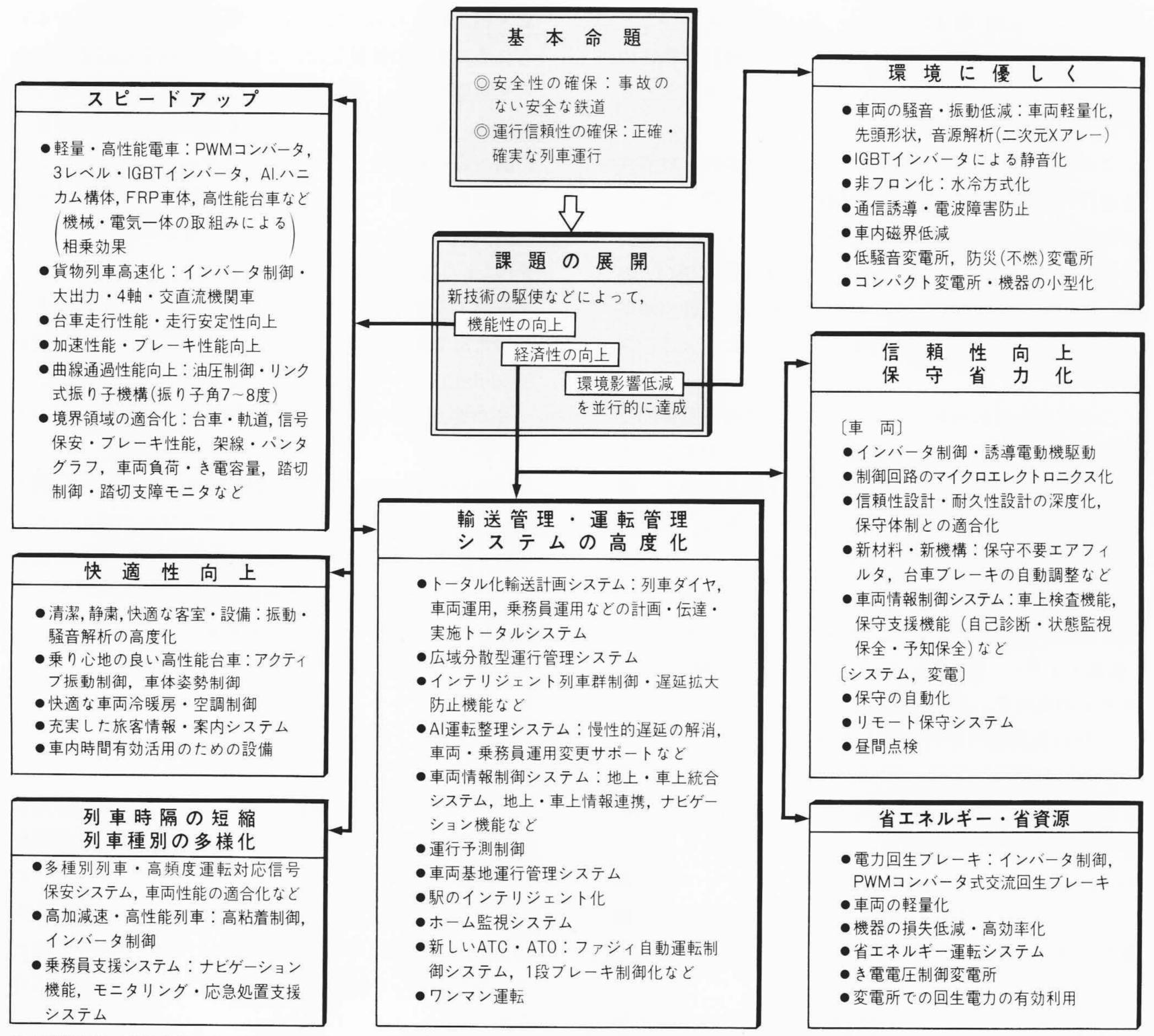
1 はじめに

わが国は、その国土や社会などの条件から、旅客・貨物の公共的な大量・高速輸送機関としての鉄道に期待される役割は、他の先進諸国などに比べて格段に大きい。 すなわち、

- (1) 新幹線を軸とする都市間・地域間高速旅客輸送
- (2) 大都市,主要都市の都市内・都市圏大量旅客輸送
- (3) コンテナなど高速貨物輸送や大量・定形貨物輸送などを中心に、鉄道の機能発揮と、それらの今後いっそ

うの拡充が求められるわけである。

ところで、日本国有鉄道の民営化移行(1987年4月)の少し前から現在に至るまで、それ以前の停滞を一挙にばん回するようなJRグループを中心とした鉄道輸送の質的改善には、目を見張るものがある。発想の転換と、それまでに蓄積された技術開発の成果や新技術の積極的な活用により、まさに百花りょう乱の観がある。特に、スピードアップや列車種別の多様化による利便性の向上は、快適性の向上と相まって、日ごろわれわれが実感しているとおりのすばらしさである。このような鉄道輸送



注:略語説明 FRP (Fiber Reinforced Plastics;ガラス繊維強化プラスチック), ATC (Automatic Train Control;自動列車制御), ATO (Automatic Train Operation;列車自動運転), PWM (Pulse Width Modulation;パルス幅変調)

図 | 鉄道の課題と日立製作所の技術的取組み スピードアップ,快適性向上,利便性向上,信頼性向上・保守省力化,省エネルギー・ 省資源,環境への適応などの鉄道の諸課題に対する日立製作所の取組みを,この特集の内容をベースとしてまとめている。 の進歩・発展や改良が今後とも持続的に進められていく ことを願いながら、日立製作所も研究開発や技術面・製 品面でみずからの力を高め、鉄道輸送の機能拡充に協力 すべく心を新たにしているところである。

ここでは、このような次ステップの鉄道発展への技術 開発など、日立製作所の取組みの一端について述べる。

2 技術面から見た鉄道の課題

大量・高速の公共輸送機関としての鉄道は、まず事故がなく、高い安全性を持つものでなければならないことは言をまたない。同時に、列車の運行がダイヤ(ダイヤグラム)どおり正確・確実に行われ、高い信頼性を持つことが求められる。この「安全性の確保」と「運行信頼性の確保」は、鉄道輸送システムの基本命題というべきものである。

この基本命題を踏まえながら、鉄道の機能性と経済性を並行的に高めていくことと、同時に、生じ得る環境への影響も問題のないようにしていく、ということが求められる。すなわち、「機能性の向上」、「経済性の向上」および「環境影響の低減」を、新しい技術的可能性の駆使などにより、同時並行的に達成していくことが大きな課題となる。

この基本命題を出発点として、日立製作所が具体的な 鉄道システムの課題として展開し、これらに対する技術 的取組みテーマを中心にまとめたものを図1に示す。機 能性の向上は、具体的には「スピードアップ」、「快適性 向上」、「列車時隔の短縮・列車種別の多様化」および「輸 送管理・運転管理システムの高度化」として展開してい る。また、経済性の向上は、「信頼性向上・保守省力化」、 「省エネルギー・省資源」および「輸送管理・運転管理シ ステムの高度化」として展開している。

これら各課題の枠内に記した個々の技術的テーマや 取組みは、車両・変電・運行管理など、この特集の該当 する各論文の内容を集約したものである。さらに、関連 する一般テーマや境界領域のテーマなども取り入れて いる。しかしこの場で、ハードウェア面のテーマを主体 としていること、さらに鉄道システムとして普遍的・網 羅的にまとめたものではないことをあらかじめお断りし ておく。

これら個々のテーマの具体的内容については, それぞれの論文を参照いただくこととして, 以下, 概論的に述べることとする。

3 諸課題に対する日立製作所の取組み

3.1 スピードアップと快適性向上

近年、JR各社での新幹線・在来線のスピードアップの 取組みとその成果は、スピードが交通機関の生命である ことをあらためて再認識させる観がある。

周知のように、公・民鉄も含めた在来線にはブレーキ 距離の600 m制限があり,列車の最高速度アップは,特殊 なケースを除いてほぼ限界状態にある1)。それはともか くとして,加速性能アップやこう配運転速度アップなど による平均速度アップのためにも,またブレーキの性 能・容量面からも、まず車両の軽量化と高性能化が求め られる。車両の軽量化は、また軌道に対する影響の面か らも重要である。したがって、スピードアップを図るた めには、車両が装備すべき性能や機器容量と車両質量と の間の良い循環を生み、最適システムの実現を図ること がきわめて重要である。高耐圧・大容量IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)を用いた 3 レベル・インバー タ2)による軽量・高性能の力行・回生ブレーキ制御が、ス ピードアップをも含めた次世代システムとして期待され るゆえんである。交流き電の場合は、PWM(Pulse Width Modulation:パルス幅変調)コンバータによる回生ブレ ーキが普及しつつあるが3)、やはり同様の趣旨を持つも のである。

車体や台車についても、快適性の向上と合わせて、図1 に示すように、それぞれスピードアップへの新しいアプローチに取り組んでいる。それは油圧制御・リンク式の新しい振り子制御方式による曲線通過速度のいっそうの向上や、台車のアクティブ振動制御、車体姿勢制御などである。日立製作所は、電車のこれら機械システム・電気システムをトータル的に担当している国内唯一のメーカーでもあり、機械・電気一体の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。

貨物列車の高速化に関しては、すでに日本貨物鉄道株式会社にEF200形大出力インバータ制御・誘導電動機駆動機関車4)を量産納入している。さらに、次ステップへの展開として列車質量1,300 t程度までの一般・高速貨物列車を広範囲な線区でけん引可能な50/60 Hz両用・定格出力4,500 kWの4軸交直流機関車ED500形を自主試作した。

ところで技術システムとしての鉄道は、車両を輸送の 核として、軌道系、き電・集電系、信号保安系などの各 システムから成る複合システムである。そこには、**図1** に示すスピードアップの枠内にまとめて記しているように、これら各システムでの境界領域の適合化という重要な課題がある。しかもこれらは、車両関係のメーカーなどが単独で対応しきれない性格の課題であり、まさに鉄道システム技術としての一つの大きなテーマと言える。日立製作所としては、鉄道運営でのトータル技術システムとしての最適解を目指す境界条件設定や方向づけなどを踏まえ、その重要性を十分認識しながら取り組んでいきたいと考えている。

3.2 列車運転分野における新技術

利便性の面で最も基本的なサービスは、列車時隔の短縮、すなわち列車の増発と列車種別の多様化ではないであろうか。もちろん、スピードを落とすことなく、これらが並行的に実現されることが望まれる。多種別列車の高頻度運転は、競合する要因を持つ難しい課題ではあるが、新技術や新システムによって一歩一歩前進させていく努力が求められていると言える。信号保安システムと車両性能の適合化、新しい制御法などによる高加減速・高性能列車、乗務員支援システムの高度化などが、当面する対応技術と考える50。新方式のATC/ATO(Automatic Train Control:自動列車制御/Automatic Train Operation:列車自動運転)システムも、これらのニーズに対応できるものでなければならない。

鉄道輸送の計画・管理や列車運転管理などの分野は, 情報化関連のハードウェア,ソフトウェアの急速な進歩 を背景として、システムの機能や規模の充実・拡大が急 速に進みつつある分野である。

すなわち、輸送計画分野では列車ダイヤ、車両・乗務 員運用などの計画作成や、計画内容の現業機関への伝達、 加工利用など、実施を含めたトータルシステムとして構 築する方向にある。このように、全般的にシステムのト ータル化、広域・大規模化、インテリジェント化、予測 制御化、地上・車上情報連携、ナビゲーション機能など が大きく進展しつつある。

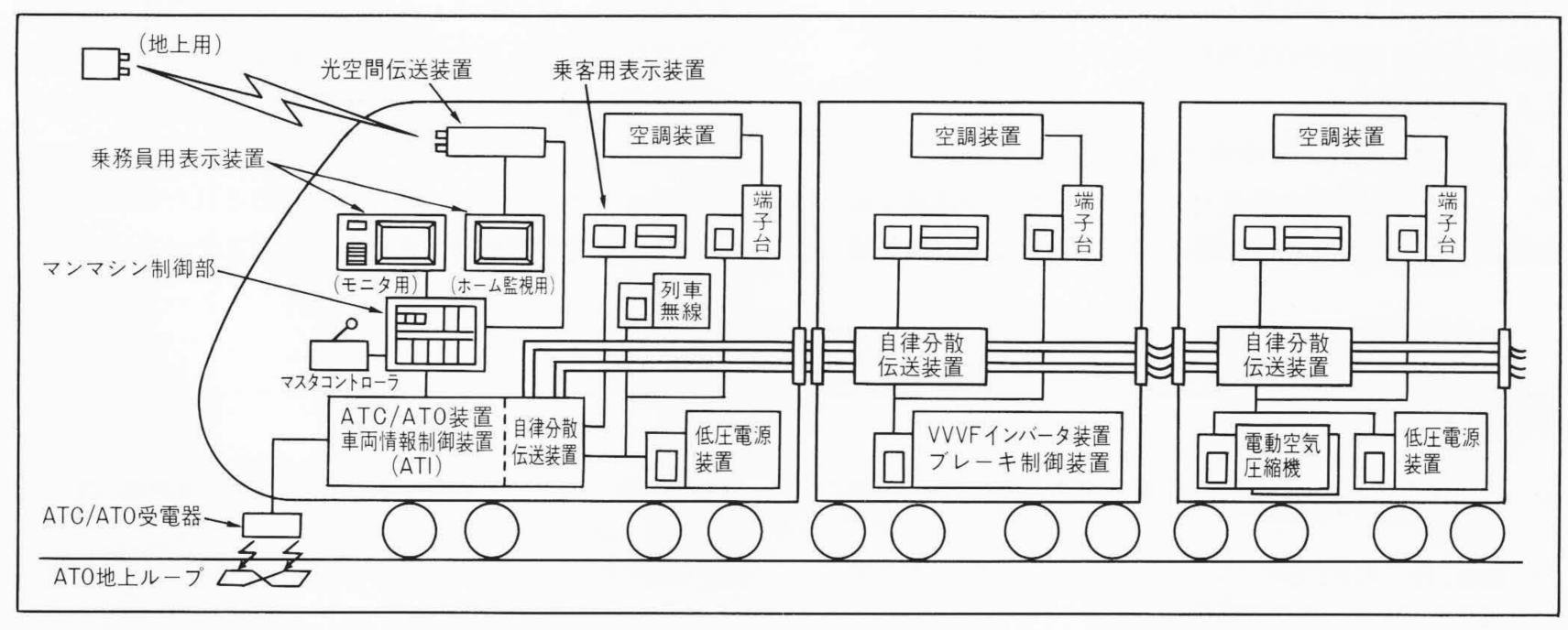
3.3 信頼性向上・保守省力化

車両の信頼性向上・保守省力化についても、やはりインバータ制御・誘導電動機駆動が大きなウエートを占める。さらにこれを核として、制御回路のマイクロエレクトロニクス化と、トータルシステムとしての信頼性設計・耐久性設計の深度化、保守体制との適合化などが進展していく。新材料や新機構なども開発が進みつつある。

車両情報制御システム(図2,3参照)も,制御指令機能を持つものに発展してきており,これを活用した車上検査などによる省力化や保守支援機能も充実されつつある。自己診断,状態監視保全,予知保全などのシステムが一般化するのも近い将来のことと思われる。

変電関係では、これまでの都市型変電システムの主要 テーマは、機器の小型化による変電所敷地面積の縮小化 であったが、これに加えて省力化や省エネルギー化がク ローズアップされ、保守面では自動保守化や昼間点検な どが進みつつある。

鉄道のフィールドでの信頼度や保守の実績データは,



注:略語説明 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)

図2 車両情報制御システム全体構成の一例 頭脳があり、目があり、神経系統もある車両情報制御システムを示す。列車内の情報を集約し、乗務員支援、乗客サービス、保守支援などを行う。

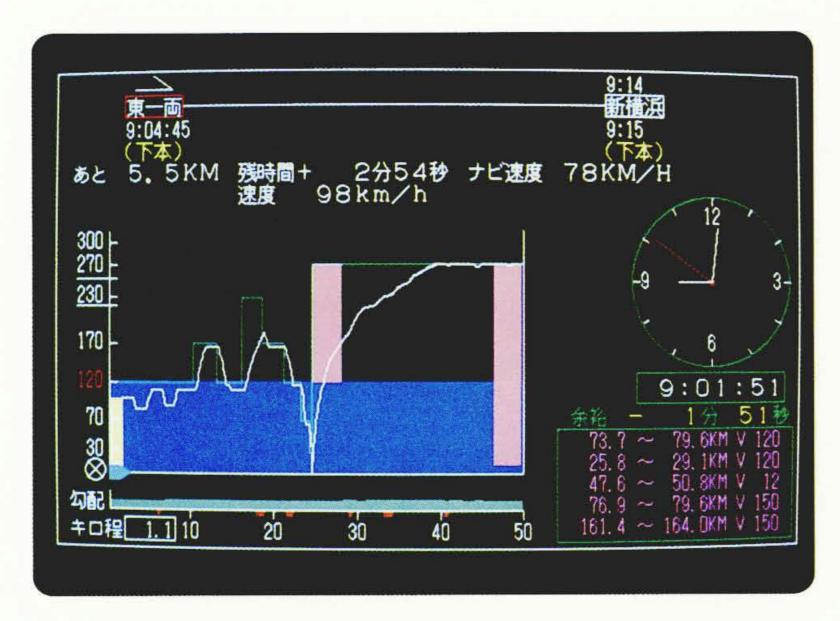


図3 「のぞみ」の高速運転を支援する運転情報表示装置 当該列車の運転ダイヤや徐行等の情報,実運転状態による次駅 までの運転操作のための情報,錯誤防止など,運転士の業務を支 援する。

改良や次ステップの開発・設計にとって不可欠のもので ある。これらの円滑なフィードバックと有効活用のシス テムも重要なテーマである。

3.4 省エネルギー・省資源

省エネルギーと言えば、ここでもインバータ制御・誘導電動機駆動・回生ブレーキがあげられる。交流車両ではさらに、力率のよいPWM制御方式の交流回生ブレーキが一般化しつつある。また、列車の消費エネルギーはほぼその質量比例であるから、車両の軽量化はそのまま省エネルギーに直結する。一方では、機器の損失低減・高効率化への地道な努力も重要である。列車運転管理面では、省エネルギー運転システムも大きな課題である。

変電関係では、き電電圧制御による省エネルギー化、 回生電力の変電所での有効利用などの課題がある⁶⁾。

3.5 環境問題

環境問題では、まず車両の騒音・振動の低減であるが、この点でも車両の軽量化は、車輪転動音の低減や振動低減に対して直接的に効果を生む。同時に、列車先頭

形状の適正化や側面の平滑化も必要である。インバータ音はかなり耳障りな騒音であるが、IGBTインバータは静音化の面でも有効である。これらの音源解析のため、二次元X型マイクロホンアレーによる方式も開発している。電力用半導体素子などのフロン冷却は、水冷却方式化によって非フロン化を推進している。

一方,新しい車両制御方式によって通信誘導障害や電 波障害などを生じないよう,防止策の確立も合わせて進 めている。床下のリアクトル類などによる客室内磁界の 低減なども図っている。

変電関係では、変電所の低騒音化、防災(不燃)変電所 化などに取り組んでいる。変電所のいっそうのコンパク ト化を図るため、機器の小型化も進めている。

4 おわりに

以上、今後の鉄道発展のための課題を整理し、それらに対する日立製作所の技術的取組みについて、この特集号の内容を中心に概観的に述べた。詳細は、それぞれの該当論文を参照されたい。

日立製作所は、電気車両を車体・台車・電気機器などトータルとして製造しており、また、変電・電力機器、各種の情報・制御システムなども供給している。鉄道のトータルシステムの中で、これらの車両や機器、個別のシステムなどがいかにあるべきかは、境界領域の適合化をも含めて、鉄道輸送システムの最適化という観点から重要なテーマである。

これに対するアプローチとしては、まず、鉄道運営サイドからの、鉄道輸送システムとしての必然性の面からのアプローチがある。一方、日立製作所サイドからは、個別技術や個々のシステムなど新しい可能性提供の面からのアプローチがある。この必然性と可能性の双方からのアプローチがマッチングし、整合のとれた姿の実現によって、最適な解が得られるものと考えている。

参考文献

- 1) 社団法人日本鉄道技術協会:在来線高速運転の研究(昭 61-12)
- 2) 豊田,外:IGBT応用3レベルインバータの開発,日本鉄 道サイバネティクス協議会(1993)
- 3) 電気学会技術報告(II部)第251号:電気車の交流電動機 駆動・インバータ制御方式(昭62-6)
- 4) 西,外:大出力インバータ電気機関車,日立評論,73,3,261~266(平3-3)
- 5) 電気学会技術報告(II部)第415号:列車の高密度運転システム(1992年4月)
- 6) 電気学会技術報告(II部)第296号:回生車を含むき電システムの現状とあり方(1989年5月)