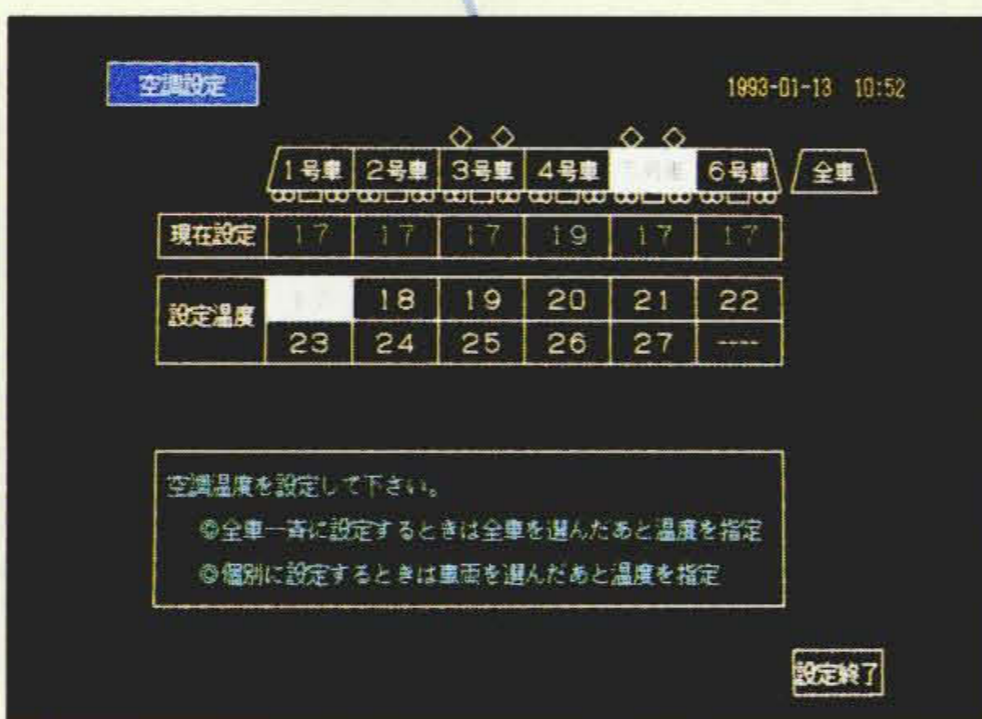
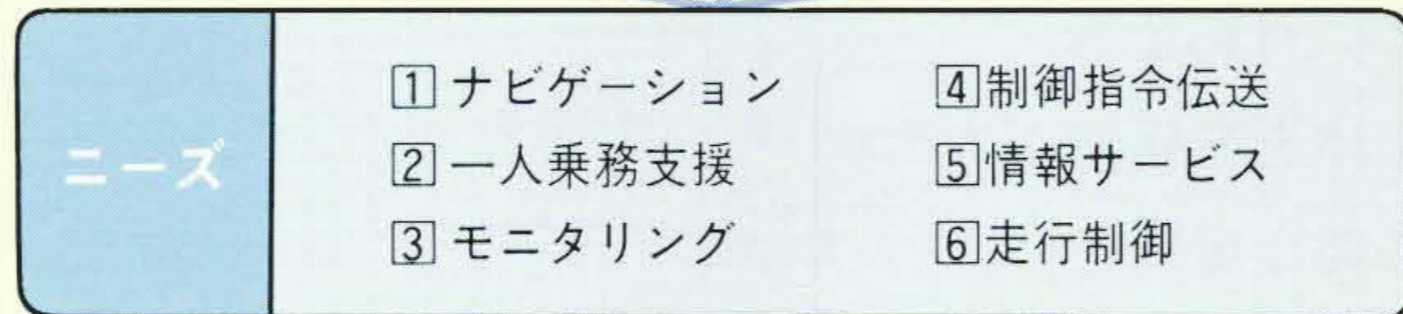
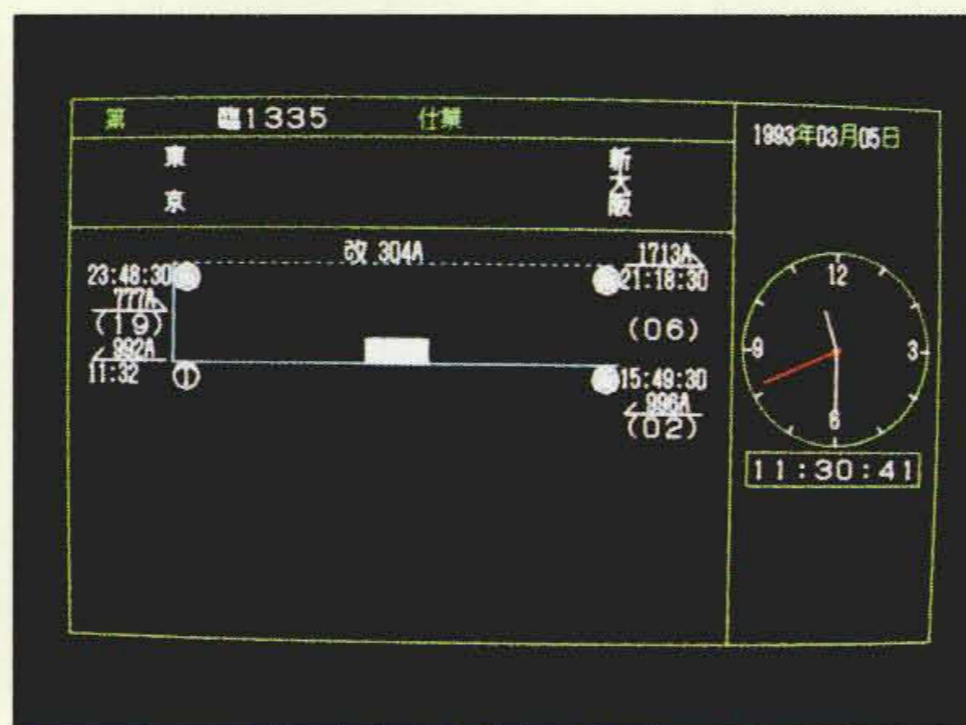
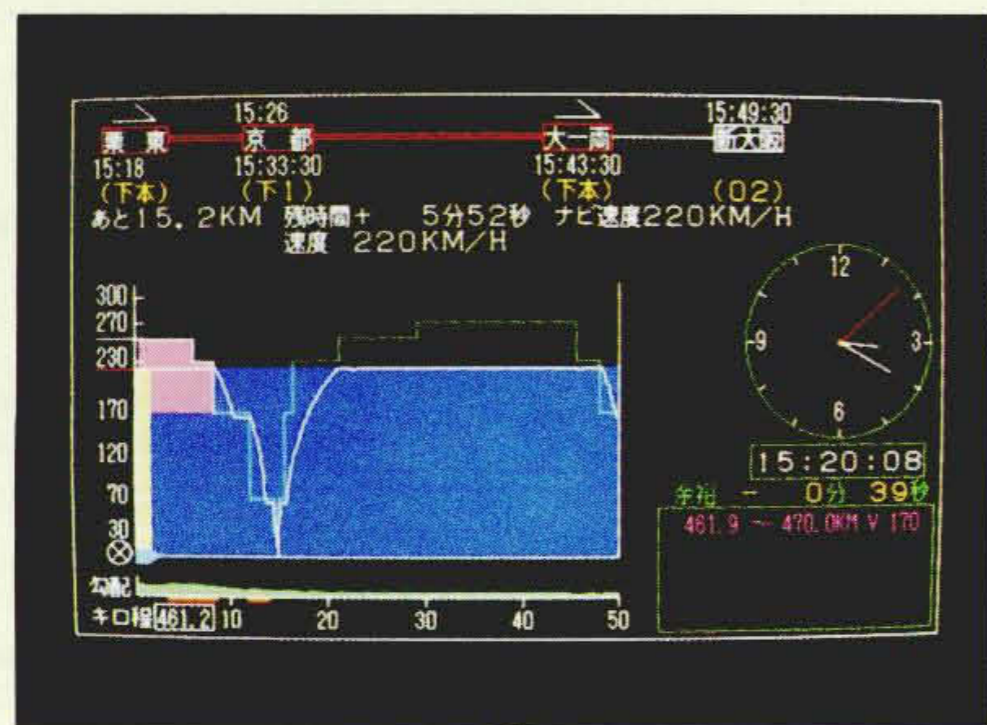


最近の車両情報制御システム

On-Board Train Information Network Systems

小池敏行* Toshiyuki Koike 山田和博* Kazuhiro Yamada
 高岡 征** Tadashi Takaoka 石田啓二* Keiji Ishida



車両情報制御システムのニーズと対応 自律分散伝送による車上の多目的情報伝送路を活用し、運転ナビゲーション、一人乗務支援、モニタリング、制御指令伝送、乗客情報サービスなどを行っている。

鉄道システムに要求されているニーズは多岐にわたるが、経済的で効率的な列車の運転・運行、さらには次世代の高度な鉄道システムの実現のため、列車全体を統括する情報系を構築し、高度でインテリジェントな制御が可能な車両システムに改変していく必要がある。日立製作所はこのような目的の車両の情報系をATI(Autonomous Train Integration)システムと命名し、これによって車両システムを柔軟な構造のシステムに変革し、編成機能の高度化、建造コストの低減や新技術の開発に取り組んでいる。

ATIシステムは、鉄道に使用することを目的に開発した自律分散伝送システムを核とし、車上の機器相互間を有機的に結合することによって、診断保守・情報サービス・制御の統合化を実現するものである。これにより、従来個別に製品化されたモニタリングシステムや旅客案内表示システムに加え、振り子制御システムなども統括し、車両機器を創造的に融合させ、編成としての高度な制御が実現できる。

* 日立製作所 水戸工場 ** 日立製作所 水戸工場 工学博士・技術士(電気・電子部門)

1 はじめに

現在の輸送環境の中で、鉄道では到達時分の短縮、輸送コストの低減、旅客サービスの向上などにこたえるため、種々の技術的施策によって速達性の向上、安全性・信頼性の向上、輸送コストの低減などを実現してきた。しかし、これらの課題へのさらなる要請に対応していくためには、地上システムの改革とともに、車上システムの高度化が必要である。例えば、高速・高密度運転の実現の面では、既設の地上システムに制約されてシステムのレベルアップが制約されていたものを、地上機能の一部を車上機能に移行させ、レベルアップへの制約を緩めることが考えられる。さらには、輸送コストの低減や旅客サービス向上の観点からも車両への改善ニーズは数多い。

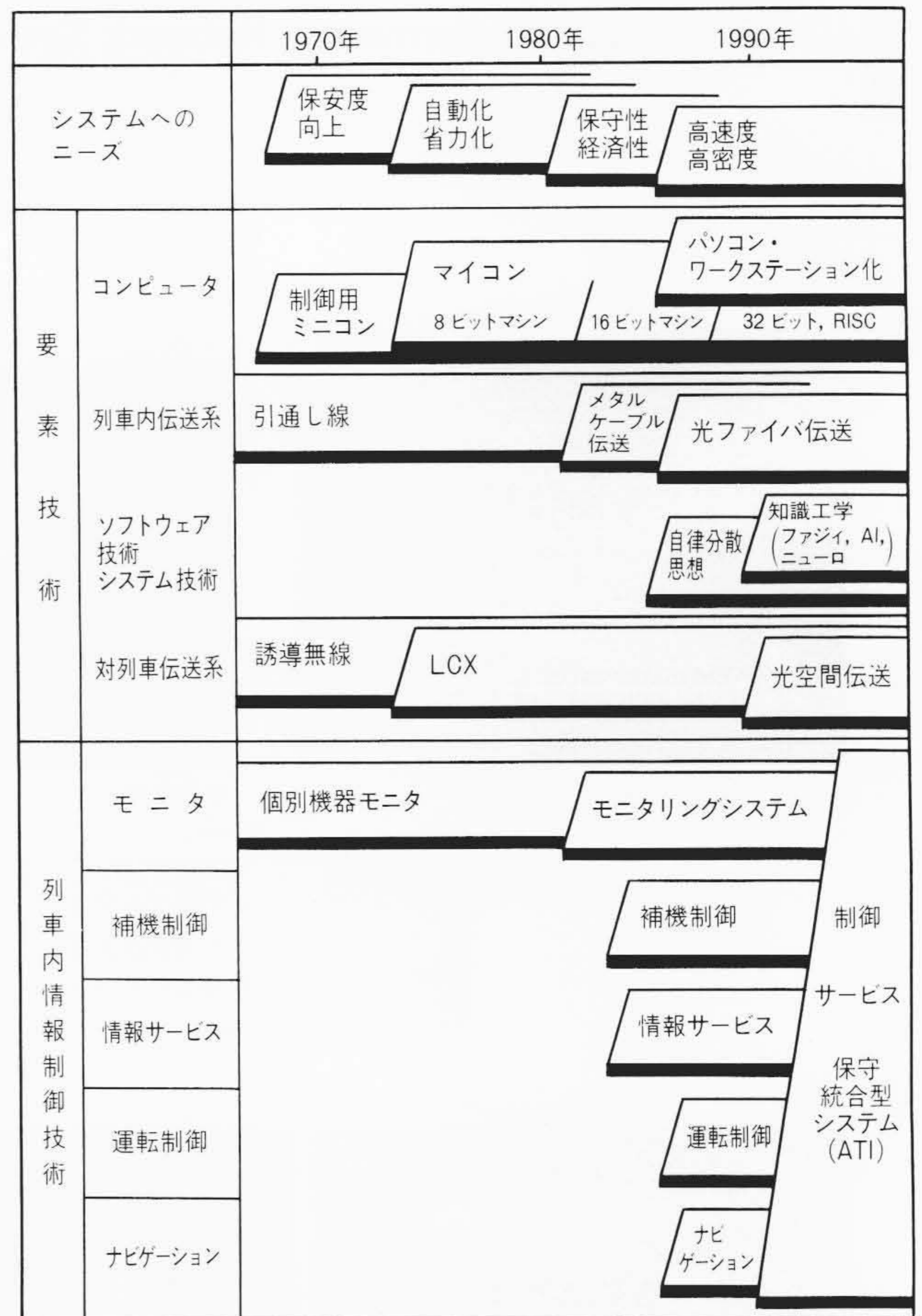
このような新しい鉄道システムへのニーズに対応できる列車制御システムとするためには、編成全体を統括する情報系を列車上に構築し、必要な情報が必要な場所で容易に入出力できるようにして、高度でインテリジェントな制御の実現を図ることが必要である。すなわち、車上LANを介して各サブシステムが有機的に結合しながら、自律的に編成としての最適化をねらって動作し、制御の自律分散化と管理の集中化によって、編成としての最適制御と管理データの一元化を同時に実現する必要がある。このような列車の情報制御システムをATI(Autonomous Train Integration: 自律編成制御)システムと称し、鉄道のシステム性能の向上を図る基本システムとして位置づけた。

2 列車への情報制御技術の導入

2.1 列車での情報制御技術の変遷

列車への情報制御技術の導入は、図1に示すように1980年代の初頭に実用化された新幹線車両用モニタリングシステムに始まる。モニタリングシステムは、マイコン(マイクロコンピュータ)の出現によって実用が可能になったものであり、マイコンと列車内のデータ伝送技術とを組み合わせ実用化したものである。その後、モニタリングシステムは逐次機能が向上し、機器故障時の応急処置の支援、空調設備や照明など補機の制御、次駅案内等の情報サービスなどにその機能を拡大してきた。

1990年ごろからは、運転制御へも適用が拡大された。東京都12号線車両では、運転制御指令の伝送に従来の引通し線に代わって自律分散思想^{1),2)}による車上LANを使用して制御指令伝送を行った。



注：略語説明

マイコン(マイクロコンピュータ), ミニコン(ミニコンピュータ)
RISC (Reduced Instruction Set Computer), LCX (Leakage Coaxial Cable)

図1 列車での情報制御技術の変遷

モニタ装置に始まった列車の情報制御技術は、運転制御やナビゲーションにまで適用が拡大された。

同時に、自律分散思想は制御の面にも導入を検討され、列車の電気システムを自律分散思想で構成するシステムコンセプトを確立した。

2.2 自律分散思想によるATIシステムの確立

自律分散思想は、生物を範とした思想である。生物体を構成する細胞は、生物体を構成する最小単位のサブシステムであり、同一の構造と同一の情報を持っている。そこには、細胞を統合して制御するものは見当たらないが、個々の細胞は集合体として器官の機能を果たす。換言すれば、細胞は情報について分散型システムを構成し、同時に個々の細胞は自律単位として機能している。また、生体の成長と新陳代謝の過程では、「創生と破壊」が同時に行われている。生体システムでは建設・拡張・運転・保守が別のプロセスではなく、同時進行形のプロセスとして進行しており、そのことから系としての信頼性

と柔軟性が保たれている。自律分散思想は、このような生体とのアナロジーを進めることによって導きだされたものである。

車両電気システムを編成としてみると、VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)インバータのように同一の構造と同一の情報を持つ機器が多く搭載されており、一つの生物体とみなすことができる。

つまり、編成としての車両電気システムのあるべき姿を自律分散思想に求め、車両電気システムの構成要素を細胞になぞらえ、目的とする機能の実現を各要素の自律的な働きによって維持させようとするものである(図2参照)。すなわち、自律分散思想と車両電気品の編成としてのあるべき姿から、編成としての最適化を図る車両情報システムとして、ATIのコンセプトを確立した。

3 最近の車両情報制御システム

最近の主なATIシステムの納入事例を表1に示す。これら事例のシステムの特徴として、伝送方式、伝送ケーブル、運転台表示器、主な機能などについて示したものである。代表的な事例について、仕様や構成の概要を以下に述べる。

3.1 東日本旅客鉄道株式会社納め952形・953形新幹線試験電車で車両情報制御装置

東日本旅客鉄道株式会社(以下、JR東日本と言う。)では、低騒音と高速化を目指した952形・953形新幹線試験電車(STAR21)を開発した。このSTAR21には、車両情報制御装置が搭載されており、新幹線では初めて力行・

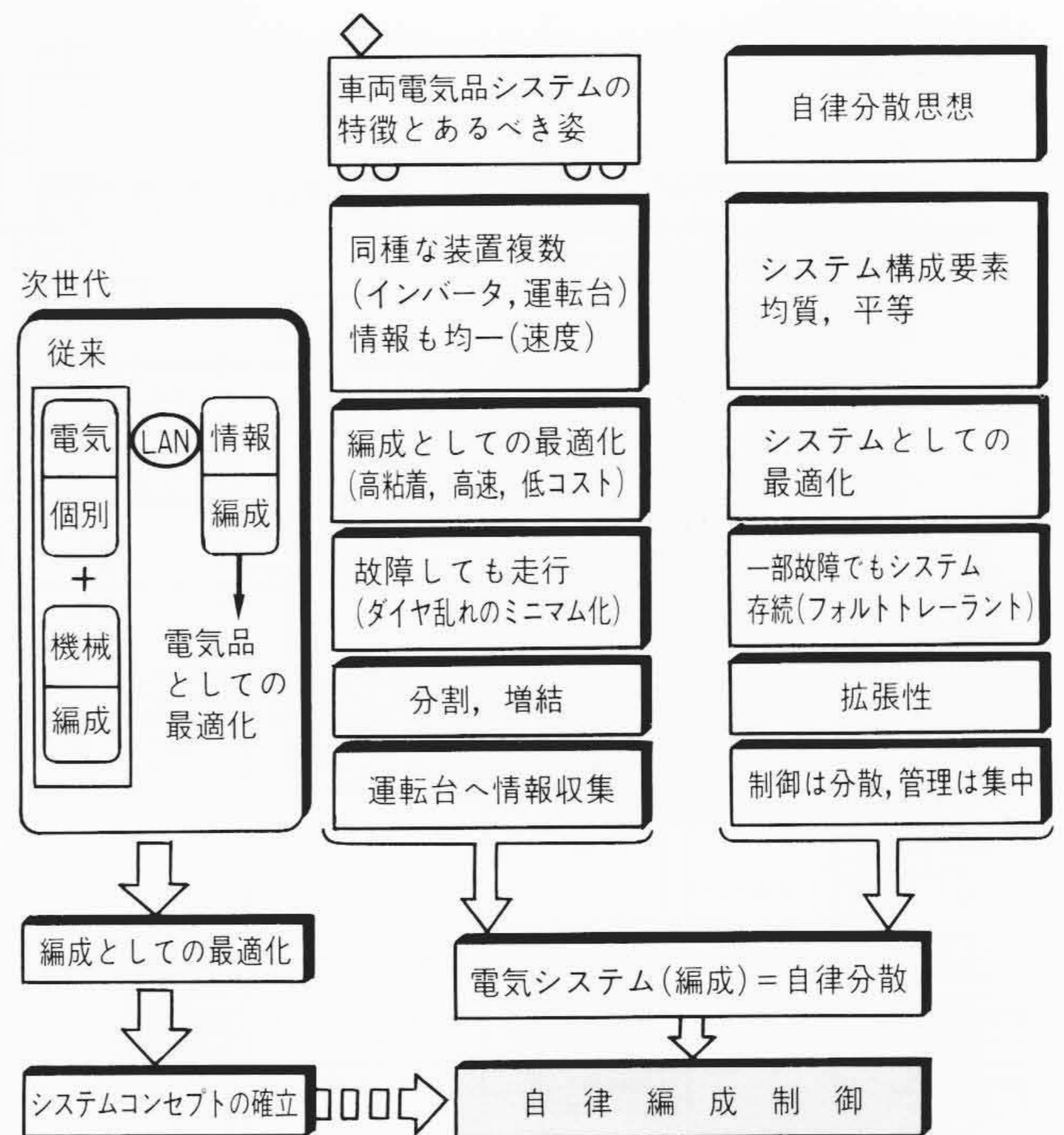


図2 列車の電気システムへの自律分散思想の導入

同一構造と同一情報を持つ車両電気品システムは、一つの生物体とみなすことができ、自律分散思想が適用できる。

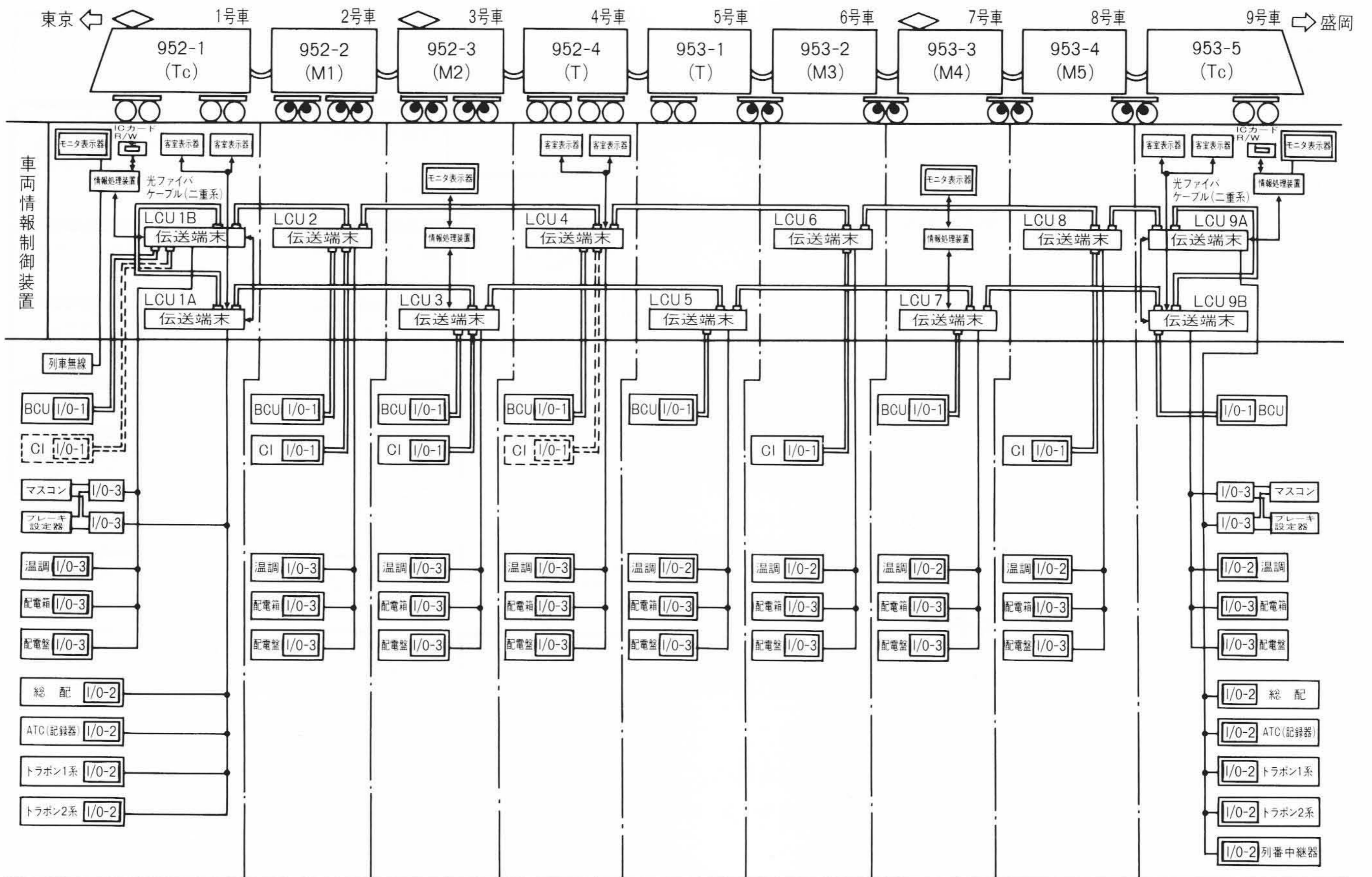
制動などの主幹制御器からの制御信号を車上LANによって直列伝送し、引通し線数の低減、運転台モニタ表示装置の高機能化による運転台機器の削減を行い、車両全体の軽量化にも寄与している。

この装置は、図3に示すように各車両の情報を集約する伝送端末装置と、機器とインタフェースする分散型I/O装置、運転台および車掌室のモニタ表示器、情報処理装

表1 ATIシステムの納入事例 これら事例のシステムでは、伝送方式、伝送ケーブル、運転台表示器などの機能に特徴がある。

No.	納入先	用途	システムの特長													備考		
			伝送			ケーブル		運転台		主な機能								
			自律分散	マルチドロップ	光(二重ループ)	ペア線	EI表示器	*1)液晶表示器	モニタリング	制御信号伝送	車上検査	応急ガイダンス	故障読出し	試運転記録	行先制御		AVサービス	ホーム監視
1	相模鉄道株式会社	8000形電車	-	○	-	○	○	-	○	-	○	○	○	-	○	-	-	光空間伝送装置による地上から車上へデータ伝送
2	東京都交通局	12号線12-000形電車	○	-	○	-	-	○	○	○	*2)	○	○	-	-	○	光空間伝送装置による車上検査 ●ホーム監視	
3	東日本旅客鉄道株式会社	952形・953形新幹線試験電車	○	-	○	-	-	○	○	-	-	○	○	○	-	-	●タッチパネル式液晶表示器 ●機器インタフェース標準化	
4	福岡市交通局	2000系電車	-	○	-	○	-	○	○	-	-	○	○	○	*3)	*4)	●光空間伝送によるホーム監視	
5	帝都高速度交通営団	千代田線・有楽町線06系・07系電車	○	-	○	-	-	○	○	○	○	○	○	-	-	-	●機器インタフェースのレパートリ拡充	

*1) 運転台液晶表示部は10.4インチカラー液晶 *2) 地上の電車総合保守管理システムと連動した車両自動検査 *3) 客室に10.4インチ液晶カラーテレビジョンを設置した動画情報システム *4) 車上モニタ表示とホーム映像表示を共用した運転台液晶表示器



注：略語説明など Tc (制御付随車), M (電動車), T (付随車), LCU (伝送端末装置), BCU (ブレーキ制御装置), CI (コンバータ・インバータ)
 □—□ (光ファイバによる直列伝送), □—□ (ツイストペアによる直列伝送)

図3 ATC全体システム構成 ATCシステムは、各車両の伝送端末装置と機器インタフェース用I/O(入出力装置)、情報処理装置などで構成する。

置、ならびにこれらの装置間を接続する直列伝送路で構成しており、次のような施策によって信頼性の確保と小型・軽量化を図っている。

(1) 信頼性の確保

(a) 基幹伝送系は光二重ループ構成の自律分散伝送方式を導入した。従来の伝送方式では、システム全体の伝送を制御するための中央制御装置的な役割を行うコントロールステーションが必要とされていた。このため、コントロールステーションのダウンがシステム全体のダウンに波及した。

これに対して、自律分散伝送システムでは、すべてのステーションに自律性を持たせて平等とし、コントロールステーションを持たない構成としてコントロールステーションの故障による全システムのダウンを避けるシステムとしている。また、従来のループ伝送方式では、ステーションを構成する各NCP(伝送制御装置)に異常が起きた場合には、異常の起きたステーションの判断でステーションバイパスを行った。このよう

な方式では、バイパス判断を行うステーション自体が異常であるため、バイパスの確実性に難があった。

そこで自律分散伝送システムでは、ステーション間で相互状態監視を行い、異常ステーションが発生した場合は、隣接したステーションの判断によって回路を構成する。また、異常の回復を検知すると自動的に伝送路を再構成する。これにより、二重ループ伝送でも二重ループ以上の信頼性が得られる。

二重ループがともに正常な場合では、片方のループを制御信号の伝送に、他方のループをモニタ信号の伝送に使用して伝送路の負荷分担を行っている。また、どちらか一方のループが異常の場合は、制御信号、モニタ信号ともに正常なループで伝送する。

(b) CI(コンバータ・インバータ), BCU(ブレーキ制御装置)に内蔵されたI/O装置と、伝送端末装置との間の伝送路を光ファイバケーブルとし、耐ノイズ性の向上を図る。

(c) 主幹制御器からの制御信号入力経路にあたるI/O

装置、および伝送端末装置は列車で一つだけであり、この部分で信頼性が低下しないように二重系構成とした。

(2) 小型・軽量化

- (a) 引通し線の制御信号のシリアル伝送化によるケーブル本数の低減
- (b) 車両内機器間の結線に、従来は多数の電線が用いられており、機器間情報の伝送をシリアル伝送化することによってケーブル本数の低減が実現できた。

3.2 帝都高速度交通営団納め06系・07系車両制御情報管理装置

帝都高速度交通営団千代田線(06系)および同有楽町線(07系)用車両に搭載している車両制御情報管理装置では、乗務員や保守員に対する支援機能の充実を特に配慮しており、表2に示すような機能を持っている。各機能の概略について以下に述べる。

(1) 制御指令伝送

(a) 運転制御指令伝送

力行や制動等の主幹制御器などからの制御信号を、ブレーキ受信器やVVVFインバータ装置へ伝送する。

(b) 補機制御

空調機などの制御信号を伝送する。また、運転台モニタ画面から空調装置への温度補正值の設定なども行う。

(2) モニタ表示

(a) 機器状態表示

主要機器の状態を表示する。

(b) 故障内容・処置ガイダンス表示

異常発生時には、故障内容と処置ガイダンスを自動的に運転台の表示器に表示する。

(c) 故障情報などの記録内容表示

(3) 記 録

(a) 故障情報記録

イベント記録(時刻, キロ程, 発生事象など)およびトレース記録(異常前後の波形データ)の2種類の記録を行う。

(b) 試運転データ記録

(c) 乗車率記録, 積算電力・走行距離記録

(4) 記録データの出力

上記(3)項の記録内容を運転台のICカードにいったん記録した後、地上のプリンタで数値およびグラフ形式で印字出力する。

(5) 試 験

次のような車両試験を自動的に実行し、結果を地上のプリンタで印字出力する。保守員への操作要求は自動放

表2 車両制御情報管理装置の機能と対象機器

列車内の主要な機器すべてを対象とし、制御・モニタ・記録などを行う。

No.	機能 機器	制 御			モ ニ タ 表 示		記 録		記 録 デ ー タ 出 力	試 験	
		運 転 制 御 指 令 伝 送	補 機 制 御	運 転 台 モ ニ タ 画 面 か ら の 各 種 設 定	機 器 状 態 表 示	異 常 内 容 ・ 処 置 表 示	記 録 内 容 表 示	異 常 情 報 記 録	試 運 転 デ ー タ 記 録	乗 車 率 記 録	記 録 デ ー タ の 出 力
1	マスコン	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-
2	VVVF	○	-	-	○	○	○	○	-	○	○
3	ブレーキ受信器	○	-	-	○	○	○	○	○	○	○
4	DC-DCコンバータ	-	-	-	○	○	○	○	-	○	○
5	コンプ	-	-	-	○	○	○	○	-	○	○
6	ATC	-	-	-	○	○	○	○	-	○	○
7	空調装置	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○
8	戸閉状態	-	-	-	○	○	○	○	-	○	○
9	非常通報	-	-	-	○	○	○	○	-	○	○
10	蓄電池	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
11	誘導無線	-	-	-	○	○	○	○	-	○	-
12	ブレーキ指示計	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
13	SW, リレー類	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
14	戸閉指令	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
15	自動放送	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
16	表示設定器	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
17	速度発電機	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
18	伝送端末	-	-	-	-	○	○	○	-	○	○
19	I/Oユニット	-	-	-	-	○	○	○	-	○	○
20	情報処理装置	-	-	-	-	○	○	○	-	○	○

注：略語説明 マスコン(マスタコントローラ)
コンプ(コンプレッサ), SW(スイッチ)

送によって行う。

- (a) 補助電源関係：出力電圧・周波数, 受給電動作, バッテリー電圧
- (b) 空気関係：気圧スイッチ・ガバナ・安全弁動作圧, 蓄積時間, 漏気
- (c) ブレーキ関係：常用・非常・保安ブレーキBC圧, ブレーキ不足, ブレーキ不緩解
- (d) 主制御装置：保護動作, ノッチシーケンス
- (e) ATC：系不一致など
- (f) ドア関係：動作時間, 車側灯
- (g) 空調装置：冷暖房動作

3.3 300系運転情報表示装置

東海道新幹線で、平成4年3月から最高速度270 km/hで走行する「のぞみ」号の運転が始まった。現在では、一時間に「のぞみ」1本、「ひかり」7本、「こだま」3

本の運転が行われている。このように大きく性能の異なる3種類の車両が、多くのダイヤパターンで高速走行し定時運行を確保するためには、運転士への運転情報の支援が必要である。

300系電車運転情報表示装置は、このような高速・高密度運転の運転操縦支援と運転当直の点呼業務の改善を目的として導入したものである。すなわち、新幹線運転管理システム(コムトラック)から基本となる運転情報を非接触型ICカードを媒体として車上の運転台にセットし、列車の位置などに応じた運転情報を計算し運転士に知らせるシステムである。支援画面には、仕業画面、列車運転時刻表画面、運転曲線画面などがあり、必要に応じて切り換えて表示できる。

4 今後の動向

鉄道システムに対するさまざまなニーズに対応するため、鉄道は大きく変革しようとしている。そのためには、車上の情報化が一つの大きな武器となる。車上の情報化が進めば、列車のインテリジェントな制御が可能となる。また、車上の情報化によって、地上システムと車上システムのより緊密な連携が可能となり、地上機能と車上機能の分担の見直しによって効率的な鉄道システムの実現が期待できる。具体的なATIシステム導入による具体的事例としては、次のような適用例が考えられる。

(1) 運転・走行制御の統合化

列車編成を統括する情報系の設置により、列車内サブシステムは統一した時刻や位置認識を保有できる。これを活用すれば振り子制御^{3),4)}と同時に定速走行制御や曲線部での走行速度制限制御などの運転士支援が実現できる。これらの課題は在来線高速化実現の大きな障害であり、速達性能向上に大きく寄与する。

(2) 運転指令方式の変革

従来の車両では、運転指令はノッチの形で各車両に伝達される。ノッチ指令は、引通し線による指令にあつ

ては最適の指令方式であったが、情報系が整備された時点では必ずしも最適な指令方式とは言えない。駆動系の群制御に適した指令方式、あるいは高調波発生を低減させる指令方式などが検討可能と考えられる。

(3) 故障時の対応と故障時情報収集機能

一部の機器が故障した場合、ユニットカットし走行することになるが、このときのパフォーマンスの低下を列車全体として負担し、能力の低下を極力防止する制御が可能と考えられる。また、運転中の列車内の各装置の情報を一括収集し、運転室でこれを確認することができる。このデータを活用して予知保全につなぐことも可能である。

以上はATIシステム導入による効果の一例である。高速化・高密度化・効率化など広範なニーズに対しても大きく貢献できるものとする。

5 おわりに

ここでは、列車での情報制御技術の変遷と、ATIシステムのコンセプト、最近の車両情報制御システムと今後の動向について述べた。

鉄道車両の情報化は、モニタリングシステムに始まったが、その伝送系を活用し、しだいに列車編成のシステム化を図るための基幹システムに変貌(ぼう)しようとしている。このような動きは、航空機などの動向と似ており、従来の安全性を確保したうえで、計算機を介したデータ伝送によってシステムを高度に制御しようとするものである。

今後の経済的で効率的な列車の運転・運行、ひいては次世代の高度な鉄道システムの実現のためには、地上システムと車上システムのいっそう密接な連携が必要と考え、そのような状況に対応できるATIシステム導入による新しい列車制御システムの開発に、積極的に取り組む考えである。

参考文献

- 1) 森, 外: 自律分散概念の提案, 電気学会論文誌C, 104, 12, 15(昭59-12)
- 2) 井原, 外: 自律分散制御の交通システムへの応用, 日立評論, 63, 11, 779~784(昭56-11)
- 3) 安井, 外: 鉄道における振り子制御車両, 電気学会交通電気

鉄道研究会資料, TER91-3(平3-2)

- 4) 岡本, 外: 振り子電車の振り子制御システム(第3報), 鉄道におけるサイバネティクス利用シンポジウム第23回, 305~309(1986年)