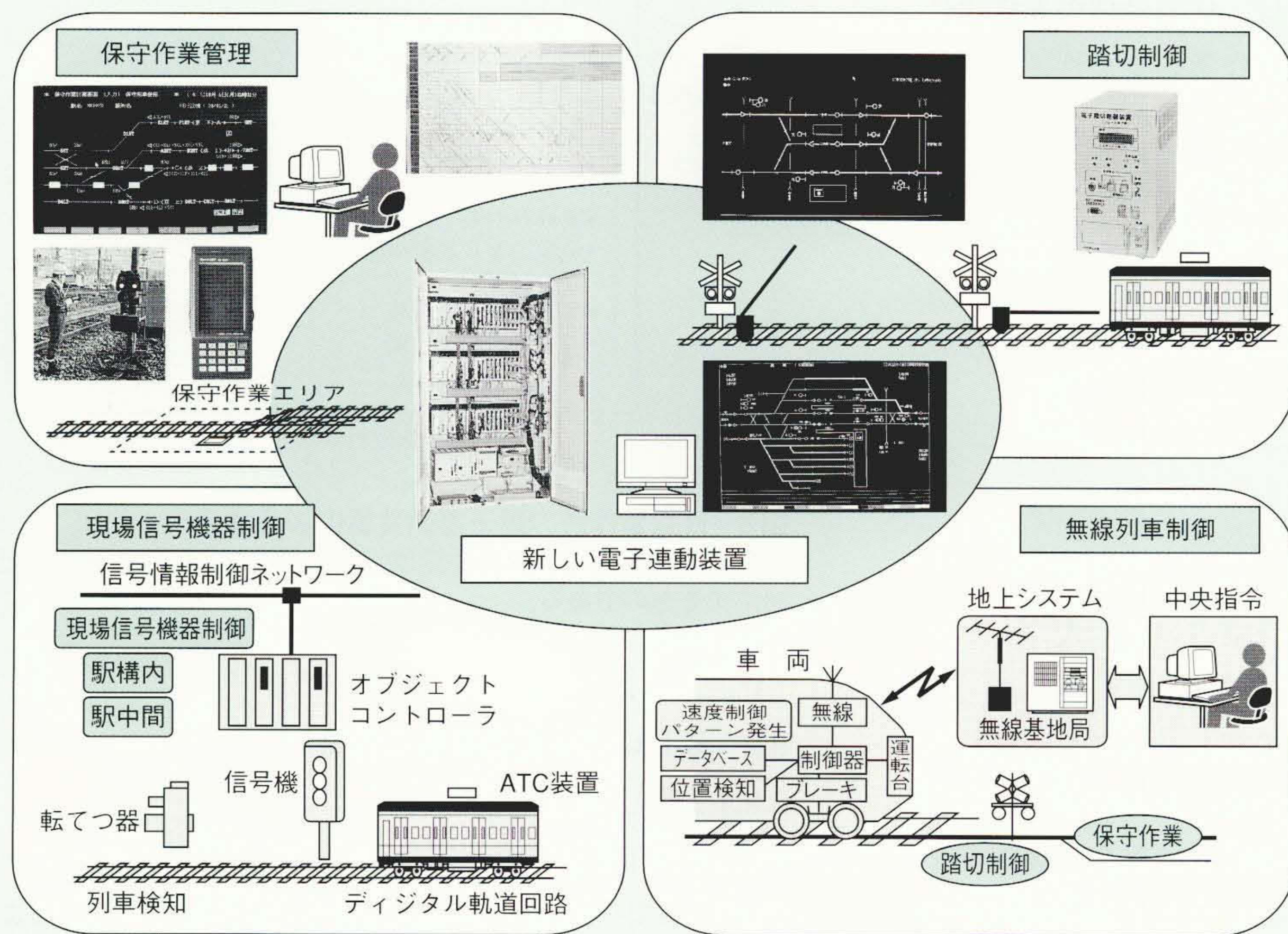


鉄道運行業務の効率向上に貢献する 自律分散型信号システム

Newly Developed Signalling System for Effective Railway Operation

小牧 亨 Tôru Komaki 戸次圭介 Keisuke Bekki
藤原道雄 Michio Fujiwara 横須賀 靖 Yasushi Yokosuka



注：略語説明
ATC (Automatic Train Control)

鉄道運行業務の効率向上を目指す信号システムのイメージ

日立製作所は、鉄道の運行業務効率化のために、最新の情報制御技術を採用し、これまでの信号システムの抱える課題を解決する新しい信号システムの開発を、積極的に推進、提案している。

信号システムは、(1) 位置検知のための軌道回路、(2) 線路の構成を行うための転てつ器、(3) 列車の進行を許可するための閉そく装置、(4) 踏切遮断のための踏切制御装置、(5) 列車との進路競合を防止するための連動装置により、安全かつ安定な列車運行を確保するという役割を担っている。

近年、老朽化した信号設備の更新では、信号設備の近代化による運行業務の効率向上と、保線作業の安全性、メンテナンスコストの低減が強く望まれている。

日立製作所は、このようなニーズにこたえるため、これまでの信号システムの抱える課題を解決して実用化した電子連動装置、電子踏切制御装置、保守作業管理システム、研究開発中の無線列車制御システムをはじめとする革新的な技術を取り入れて、情報化時代にマッチした自律分散型信号システムを提案する。

日立製作所は、(1) 輸送管理システム全体との整合性を考慮した新しいシステム機能の組み込み、(2) 最新の情報技術、通信・コンピュータ技術による、安全性、信頼性、保守性、拡張性に優れたライフサイクルコストの低減により、21世紀にふさわしい近代的な信号システムの開発を強力に推進し、鉄道総合システムメーカーとして、鉄道産業全体に寄与できるトータル鉄道システムの実現を目指す。

1 はじめに

信号システムは、安全な列車運行を確保するという役割を担っており、老朽化した信号設備の更新では、運行業務の効率を向上するための近代化が望まれている。

ここでは、日立製作所の信号システムに対する取組み

と、鉄道運行業務の効率向上に貢献する信号システムの中から、代表的な例として、電子連動装置、電子踏切制御装置、保守作業管理システム、および無線列車制御システムについて述べる。

2 信号システムに対する取組み

日立製作所は、従来は新幹線や在来線の運行管理システム主体で取り組んできたが、鉄道運行業務の現場の効率向上、安全確保のために、信号分野も含めて事業化を推進している。

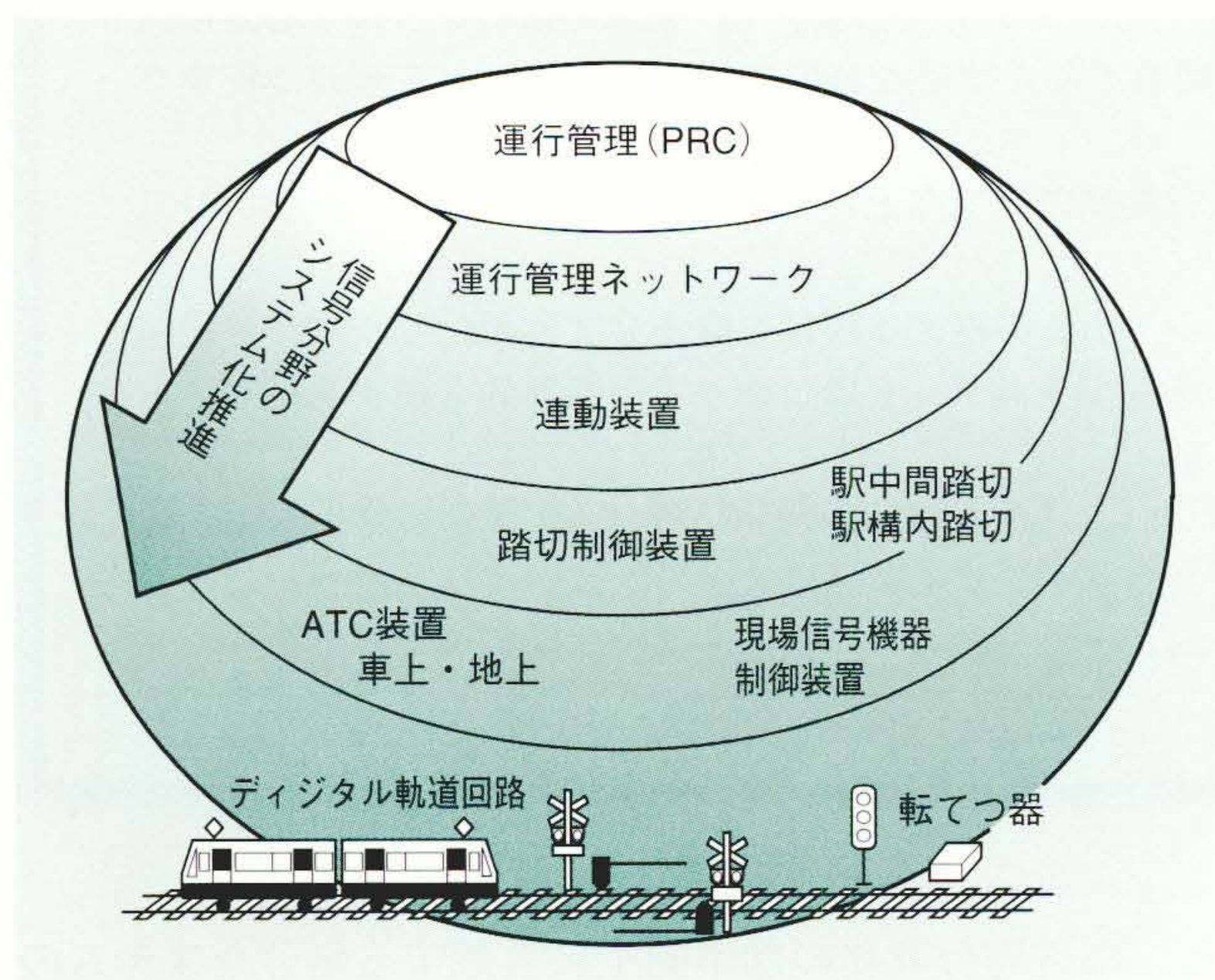
老朽化した信号設備の更新では、信号設備の近代化による運行業務の効率向上と、保線作業の安全性、メンテナンスコストの低減が望まれている。このため、日立製作所は、「21世紀にふさわしい近代的な信号システムの構築」をスローガンに、事業化を強力に推進して、鉄道産業全体に寄与できるトータル鉄道システムの実現を目指し、鉄道総合システムメーカーとして取り組んでいる(図1参照)。

3 電子連動装置

3.1 電子連動装置の製品体系

電子連動装置では、マーケット需要に応じたマーケット指向型の製品体系としている。

小駅や中・大駅での規模ごとの製品を開発し、これらの製品はフィールドで稼動中である。さらに、新たな市場ニーズにもこたえるため、現場信号機器を直接制御する、信号設備をソフトロニクス化した電子連動装置を開発した(図2参照)。



注：略語説明

PRC (Programmed Route Control)

ATC (Automatic Train Control)

図1 信号システムに対する取組み

日立製作所は、鉄道運行業務の効率向上、安全確保を達成するために、運行管理系から見て一貫したコンセプトの下に、信号分野のシステム化を強力に推進する。

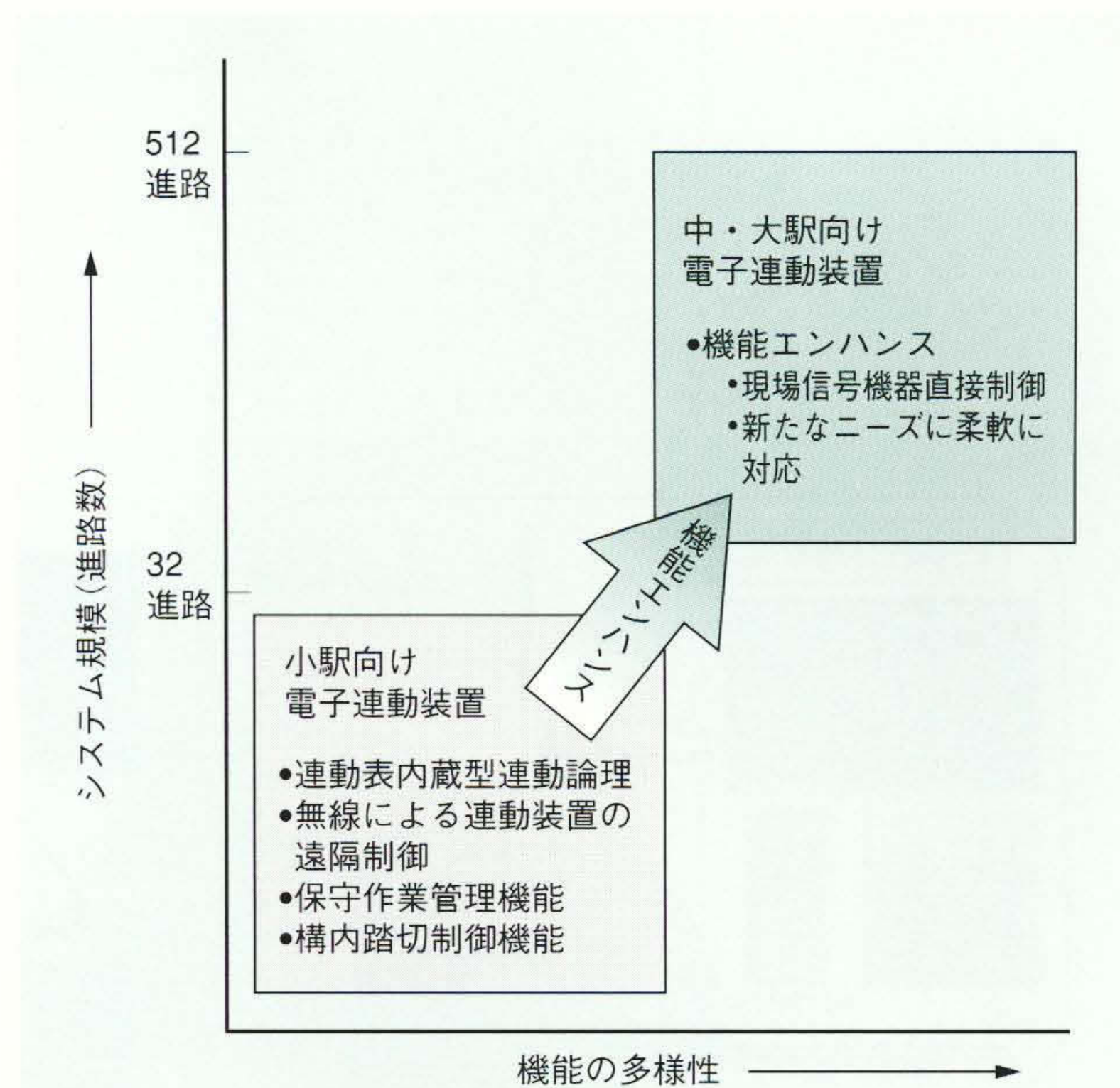


図2 日立製作所の電子連動装置の製品体系

日立製作所の電子連動装置は、小駅から中・大駅の規模ごとに対応するものである。

3.2 新しい電子連動装置の特徴

3.2.1 新しい連動論理

新しい電子連動装置では、連動系を汎用コントローラの三重系で構成し、多数決照合を基本とした方式によってフェイルセーフ性を実現した。

従来の連動装置では、最終的には転てつ器をどう鎖錠するかという「点の管理」であった。今回、保守作業を管理する観点から、転てつ器ではなく、線路(=軌道回路)で管理するための、「線の管理」を行う連動論理(軌道回路予約方式と呼ぶ。)を開発した。

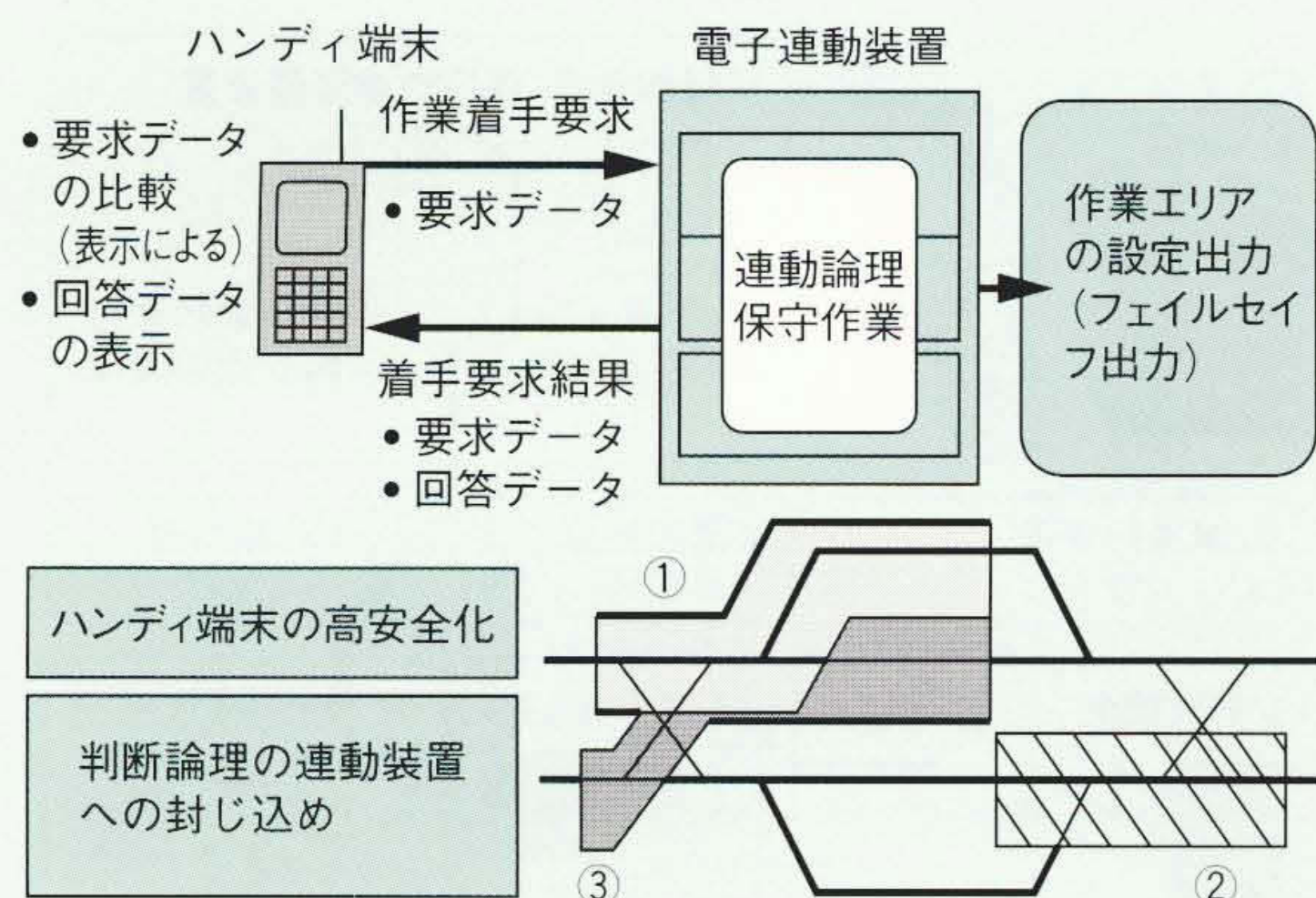
この方式では、すべての進路を発点から着点に至るまでの軌道回路の集合体として表現し、いったん進路を設定すると、関係する軌道回路を予約し、占有させる。

競合進路の判定は、軌道回路が予約されているかの判定で実現できるほか、予約内容の相互判断によって重複予約を認めるなど(過走防護^{※1)}区間、保守作業など)、業務に適合した連動処理が容易に実現できる。

進路競合判断のために予約対象とするものは軌道回路だけであり、転てつ器は原則として予約の対象外として

※1) 過走防護：列車が信号機の停止信号現示によって停止する場合、停止限界を行き過ぎないようにする。

※2) てっ査鎖錠：転てつ器を含む軌道回路内に列車があるとき、列車自身によってその転てつ器が転換できないように鎖錠する。



注：①の進路がすでに設定（予約）されているときは、②の進路を設定できるが、③の進路は軌道回路競合が発生するので、設定できない。

図3 新しい電子連動装置のソフトウェア方式

進路を要求するとき、予約しようとする全進路について軌道回路が予約されていないときだけ、進路設定を可能とする。

いる。転てつ器の安全確保は、てつ査鎖錠^(*)軌道回路を予約することにより、間接的に行う(図3参照)。

3.2.2 構内踏切制御機能

新しい電子連動装置では、電子連動機能と構内踏切制御機能を一体化し、列車の軌道回路追跡の結果を使用して踏切制御を行うことにより、踏切制御の保安度を向上した。

踏切を制御する場合には、これまでの連動の情報に加え、踏切専用の列車検知装置(「踏切制御子」と呼ぶ。)からの列車検知情報を新たに取り込まなければならない。

しかし、その取り込みサイクルについては、連動処理サイクルと同一とした場合、列車進入検知情報を取り込めないことがあるという問題がある。このため、データの取り込みサイクルを短くし、踏切制御子からのデータビット変化検知漏れを防止した。

これにより、連動と踏切の1制御処理サイクル中に複数のデータが取り込まれることになるため、連動・踏切制御処理で使用するデータの選択と、リレーのチャタリング動作をどのように除去し、データ値を確定するのかといった課題にも対応できるようになった。

3.2.3 データ作成の自動化

新しい電子連動装置では、列車群の制御や保安の確保を行うために必要となる多種多様なファイル類を、作表イメージでデータ入力した連動表や各種条件表を用いて、連動データ作成支援システムで自動作成している。これにより、人間のミスを大幅に低減するとともに、メンテ

ナンスの効率・向上に寄与することができるようになった。このコンセプトを「連動表内蔵型連動論理」と呼ぶ。

3.2.4 連動試験の自動化

新しい電子連動装置の連動検査の試験点数は、設備数とサポート機能を組み合わせることから、従来の連動装置と比較すると膨大になり、試験期間が製作期間に占める比率が高くなる。そのため、検査時間の短縮化と検査品質の均一化を目的に、連動検査の検査ケースの作成、検査実行、現場機器シミュレーションを自動で実施する連動検査シミュレータを開発した。

4 電子踏切制御装置

4.1 電子踏切制御装置の必要性

電子踏切制御装置は、駅中間に位置する踏切設備に設置され、設置個所が広範囲にわたる。このため、保守が容易で、設置場所は小さく、コンパクトなサイズにする必要がある。

また、人命にかかわる保安装置であることから、故障時でも危険側出力とならないようにフェイルセーフ性を持った、高信頼で、しかもさまざまな線区・踏切設備や運行形態へ適用できる、標準化したものとする必要がある。

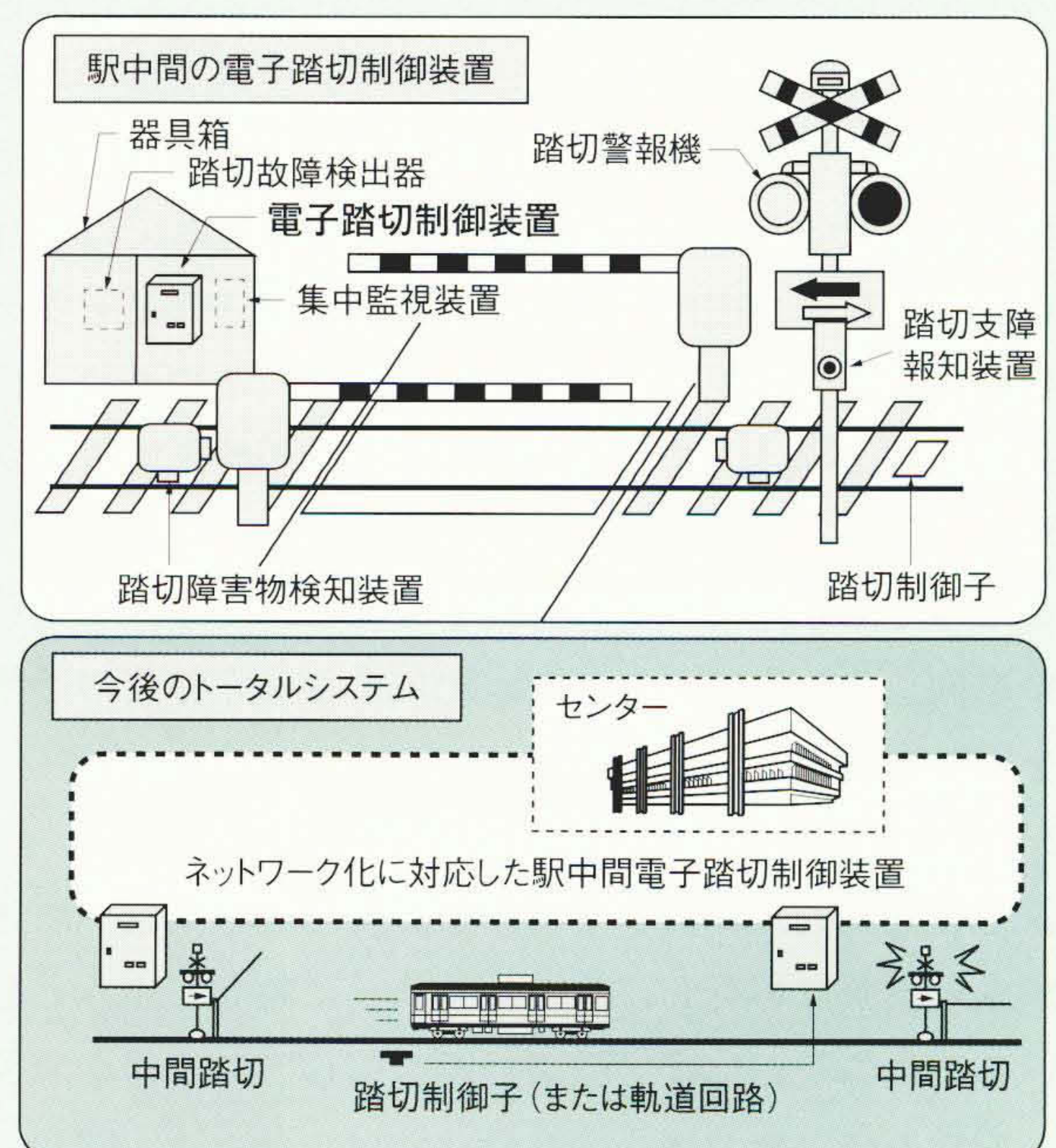


図4 電子踏切制御装置の概要

コンパクト化とメンテナンス性、拡張性を備えた電子踏切制御装置によって駅中間踏切を制御する。

4.2 電子踏切制御装置の特徴

製品化した電子踏切制御装置では、上記のようなニーズにこたえるため、以下の特徴を持つものとした(図4参照)。

- (1) 適用線区：単線，複線，複単線，単線＋単線，複線＋複線，単線＋複線をサポート
- (2) 列車検知方式：踏切制御子，または軌道回路列車検知方式をサポート
- (3) 踏切制御表による踏切論理：さまざまな線区・踏切検知方式をサポートした踏切論理
- (4) 踏切定数によるメンテナンス性の向上：モニタ端末による，各踏切固有の定数設定を可能としたメンテナンス性に富む踏切論理
- (5) フェイルセーフ性の確保：実績のある，差動二重化方式によるフェイルセーフ性の確保，コンパクト化の実現
- (6) 上位ネットワーク系との拡張性：将来の電子踏切制御装置の遠隔監視・制御を実現するための，ネットワーク化への拡張性

5 保守作業管理システム

5.1 保守作業管理システムの必要性

保守作業は、安全・快適な列車運行を支えるために必要不可欠なものであるが、これまでは、駅と保守作業との相互の連絡を基本とした、人間の注意力だけに依存する方式で運営されてきた。新幹線や公民鉄では、最終列車から始発列車の間を作業時間帯として保守作業をある程度定型化することは可能であるが、在来線では夜行列車や貨物列車が夜間に走行するので、保守作業を個々の列車運転の合間で実施せざるをえない。そのため、作業の定型化が難しく、事故防止は長年の懸案事項であった。

こうした保守作業の運営方式を改善し、安全性と業務効率を向上するには、システム化による保守作業の近代化を図ることが必要である。

5.2 超高密度線区での保守作業管理システム

鉄道輸送業務での大きな動向として、運転業務の主体を駅から指令に移行し、駅を営業業務に特化しようとしている。このためには、従来の運行管理システムの導入による駅の列車取り扱いの自動化だけではなく、駅から保守業務を開放する必要がある。すなわち、駅を介すことなく、保守部門だけで保守作業が実施できる形態とすることが必要となる。この問題を解決するため、超高密

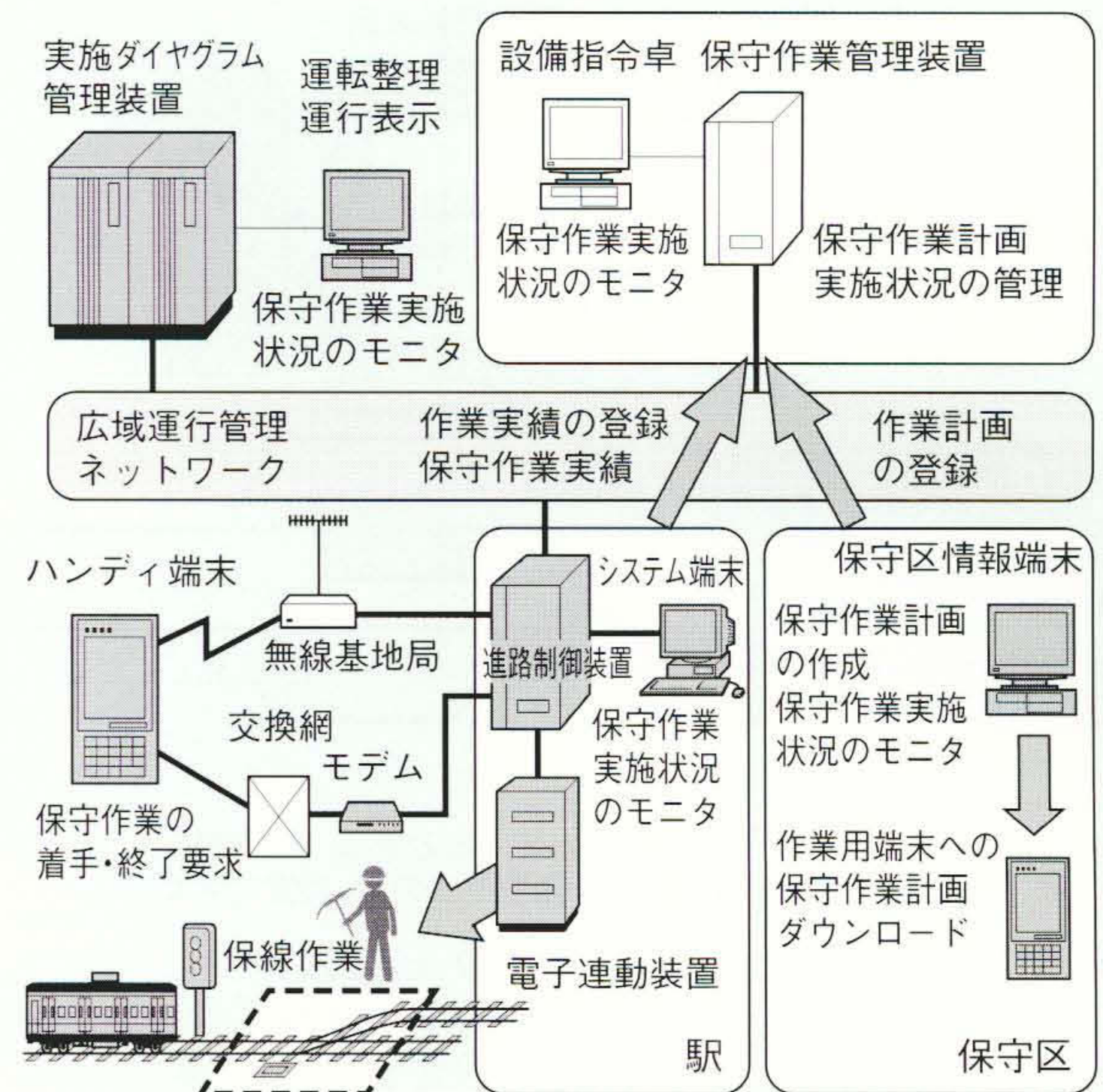


図5 超高密度線区での保守作業管理システムの概要

保守作業員がハンディ端末を使用することにより、従来、駅で扱っていた保守作業業務を保守作業員が自ら実施することができるようになったので、保守作業員に対する安全性が高まった。

度線区用として保守作業管理システムを開発した(図5参照)。

5.2.1 列車と保守作業との事故防止

従来、駅で扱っていた保守業務を、保守部門の社員が無線ハンディ端末を使用し、自ら保守作業の着手、終了、進路構成ができるようにした。

これまでの人間系による業務に代わり、保守作業着手の可否をシステムが無線ハンディ端末に回答する方式としたことにより、列車運行と保守作業との競合防止をシステムで高安全に保証することが必要となる。このため、「信号機の制御(連動処理)」と「保守作業」とのインタロックを、フェイルセーフ処理装置である新しい電子連動装置でとる方式としている。

また、保守作業を開始するための直前列車の通過確認は、無線ハンディ端末から着手要求があったとき、駅の進路制御装置と連携し、直前列車が保守作業エリアを通過済みであることのチェックを行うことにより、作業員の判断ミスを防止する方式としている。

5.2.2 保守用車の進路構成

保守作業業務を駅から開放するには、保守用車の進路構成も無線ハンディ端末から制御できるようにする必要がある。保守用車は線路があればどこへでも移動できるので、保守作業エリア内で任意の進路構成ができること

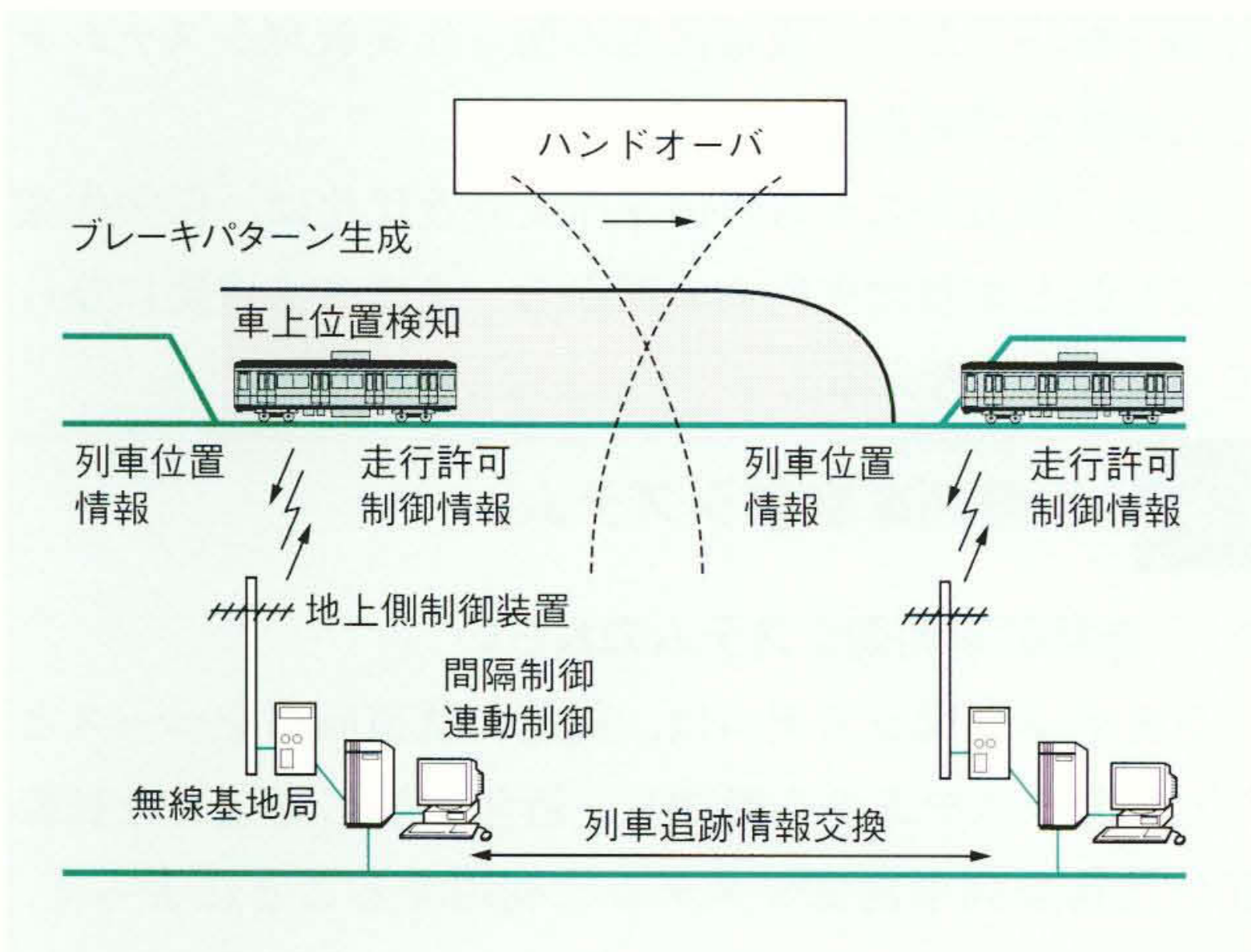


図7 無線列車制御システムの概要

従来の軌道回路をベースとした信号システムから脱却し、無線通信技術を列車制御システムに利用することにより、建設・保守コストの低減と時隔短縮をねらう。

する必要がある。

6.3 無線列車制御システムの開発状況と今後の方向

日立製作所は、現在、無線通信技術を利用した無線列車制御システムのシステム制御アプリケーションの根幹を成す、地上側制御装置全般と車上制御装置の開発を推進中であり、地上側の基本的な間隔制御機能と無線通信制御機能、および車上の位置検知機能とブレーキ制御機能の基本技術を確立した。

従来の信号システムでは、線路側に設置した信号機をまちがいなく現示させることが最終的な機能であったが、無線列車制御システムでは、地上側制御装置が正しく制御データを作成し、正しく車上に届けることが安全確保の基本となる。このため、地上側装置で電文にアプリケーション専用の誤り検出コードを設け、車上で地上制御装置と制御データの正当性が確認できる方式を採用し、安全の確保を図った。

また、列車の走行位置に応じて、無線基地局と正しく通信できるようにするため、次の無線基地局の通信チャネルを前の通信領域に在線中に予約する無線制御方式を開発した。

今後は、駅での連動制御機能や踏切制御機能の開発を推進する考えである。さらに、無線列車制御システムでは、列車制御に関する情報と運転伝達情報、サービス情報を加え、無線インフラストラクチャーを最大限活用した、情報化時代にマッチした鉄道システムへ発展させていく考えである。

7 おわりに

ここでは、鉄道運行业務の効率向上に貢献する信号システムの中から、代表的な例として、電子連動装置、電子踏切制御装置、保守作業管理システム、および無線列車制御システムについて述べた。

日立製作所は、鉄道総合システムメーカーとして、これまでの信号システムの抱える課題を解決する革新的なシステムを提案し、「輸送管理システム全体との整合性を考慮した新しいシステム機能の組み込み」、「最新の情報技術、通信・コンピュータ技術による、安全性、信頼性、保守性、拡張性の確保とライフサイクルコストの低減」にこたえられる、21世紀にふさわしい近代的な信号システムの開発を強力に推進していく考えである。

参考文献

- 1) 北原，戸次，外：新しい連動図表を用いた電子連動装置，第29回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム論文集，504～508(1992)
- 2) 北原，戸次，外：次世代型保守作業時代の幕開け，鉄道と電気技術，Vol. 8，No. 8(1997)
- 3) 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，695～698(1997)

執筆者紹介



小牧 亨

1982年日立製作所入社，交通事業部 交通システム部 所属
現在，列車運行管理システムの開発に従事
E-mail：t_komaki@cm.head.hitachi.co.jp



藤原道雄

1975年日立製作所入社，水戸工場 システム設計部 所属
現在，信号システムの開発に従事
E-mail：Fujiwara@cm.mito.hitachi.co.jp



戸次圭介

1984年日立製作所入社，大みか工場 交通システム設計部 所属
現在，列車運行管理システムの開発に従事
E-mail：bekki@omika.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，無線列車制御システムの研究開発に従事
電気学会会員，電子情報通信学会会員
E-mail：yokos@hrl.hitachi.co.jp