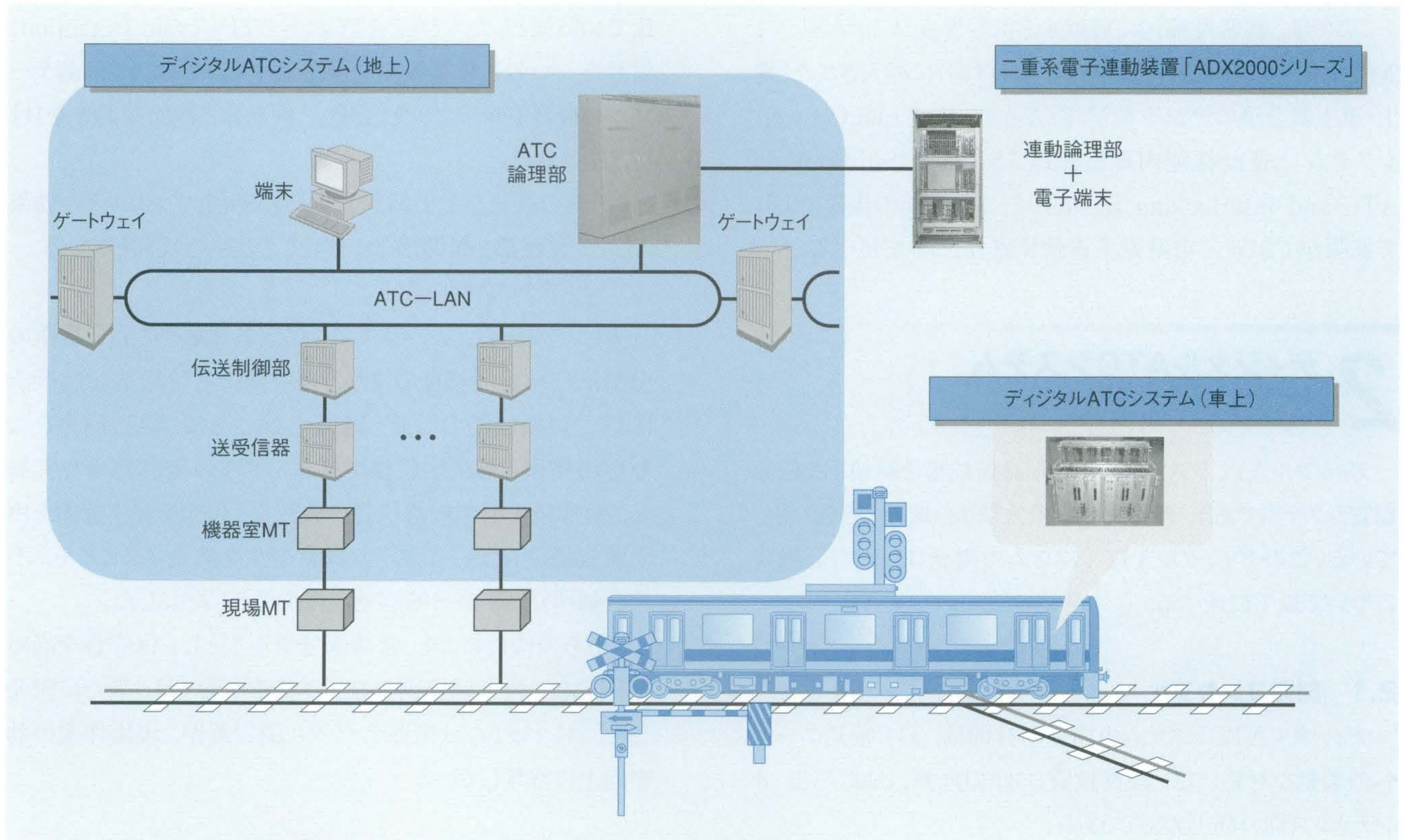


最新の情報制御技術を適用した信号保安システム

New Signaling System Applying Latest Information Control Technology

飛田 安正 Yasumasa Tobita 石井 賢一 Ken'ichi Ishii
嶋田 育男 Ikuo Shimada 小熊 賢司 Kenji Oguma



注：略語説明 ATC-LAN (Automatic Train Control-Local Area Network), MT (Matching Transformer)

日立製作所の信号保安システム(デジタルATC, 電子連動装置)の概要

電子連動装置やデジタルATCなどの地上装置をはじめ、車両に搭載する車上側ATC装置までをトータルソリューションとして提供することにより、システム全体の信頼性や安全性を高めるとともに、省スペース化、低コスト化を図っている。

鉄道の基本は安全・安定輸送であり、情報制御の面でこれを支えているのが信号保安システムである。信号保安システムには、連動装置(転てつ器のコントロール)やATS (Automatic Train Stop), ATC (Automatic Train Control) などがあるが、将来のさまざまなニーズに対応するためには、これらのシステムでも日々革新を続けていく必要がある。

日立製作所は、高密度運行が可能で、一段ブレーキ方式によって人に優しい運転を実現する「デジタル

ATCシステム」や、連動論理部と電子端末を同一架内に実装し、省スペースと高保守性を図る二重系電子連動装置「ADX2000シリーズ」、ATC論理と連動論理を一体化することによって省スペース、低コストを図る連動・ATC統合型装置「SAINT (Shinkansen ATC and Interlocking System)」など、新しい信号システムの開発を通して近未来の鉄道サービスの向上に貢献していく。

1 はじめに

現在の鉄道事業を取り巻く環境は、少子高齢化、利用者需要の多様化、高付加価値のニーズの増大に加えて、鉄道

事業者の厳しい経営環境への対応強化など、さまざまな課題がある。

このような環境の中で、日立製作所は、安全・安定輸送と旅客サービスおよび経営効率の向上を図るため、鉄道総合システムインテグレータとして、車両システムから地上システム

を提供することにより、「21世紀にふさわしいトータル鉄道システム」の実現を目指している。

日立製作所の信号保安システムは、1993年の電子連動装置1号駅での稼動からスタートした。その後、日立製作所は、変化し続けるニーズに対応するため、総合電機メーカーの特徴を生かして、最新のデジタルソフトウェア技術を適用した各種信号保安システムを日々提供している。

ここでは、高密度輸送に貢献する信号保安システムとして、2002年12月に東北新幹線(盛岡―八戸間)に導入された「地上・車上統合型のデジタルATC(Automatic Train Control)システム」と連動機能内蔵型ATC“SAINT(Shinkansen ATC and Interlocking System)”，および駅の規模に応じて拡張ができる「二重系電子連動装置」について述べる。

2 デジタルATCシステム

デジタルATCシステムは、情報通信技術を駆使した信号保安システムであり、輸送力の強化と乗り心地を大きく改善している。このデジタルATCシステムの開発コンセプトと概要について以下に述べる。

2.1 開発コンセプト

デジタルATCシステムの開発の目的は、(1) 輸送ニーズへの柔軟な対応、(2) 設備投資コストの低減、および(3) メンテナンス性の向上の3点である。

(1) 輸送ニーズへの柔軟な対応

従来のATCでは、閉そく(ブロック)単位に算出された許容速度に応じて列車の速度を制御するので、停止までに数段の速度制御を受けることになる。このため、続行列車が先行列車に接近すると、早い段階からその影響を受け、運転時隔や到達時分の短縮に限界が生じる。

これに対応してデジタルATCシステムでは、停止位置をデジタル電文(制御情報フレーム)で車上制御装置に伝送し、車上制御装置で車両性能に対応した最適な一段ブレーキ制御を実施するので、運転時隔と到達時分の短縮が可能となる。また、一段ブレーキ制御の導入により、不要な減速の回数を抑制することが可能となり、乗り心地が改善されてサービス向上につながるなどの相乗効果も期待できる。

(2) 設備投資コストの低減

最近では鉄道利用者数に大きな変動が起きていないが、混雑の緩和のために、現状以上の高密度運転を必要とする鉄道事業者も少なくない。この点では、デジタルATCシステムの一段ブレーキ効果として、現場設備(軌道回路数)の低減を指向することもできる。つまり、鉄道事業者の置かれた環境に応じて、高密度運転か、設備投資コスト低減を目的に導入することが可能である。

システムを構成する機器にもさまざまな特徴がある。従来のATCでは、リレーやフィルタ、変圧器など、多数のアナログ部品を使用し、しかも、送信系と受信系は別構成となっていた。このシステムでは、ソフトウェア技術とデジタル信号処理技術により、ATC論理処理の集約と、デジタルフィルタ適用による8チャンネル同時処理が可能な送受信器を実用化した。

この結果、装置の低コスト化を図り、機器設置面積を従来比で40%減とした。また、ATC信号とTD(Train Detection)信号を一つの送信器から重畳送信することにより、外部ケーブルや機器室ケーブルを低減し、同時に、理論稼働率を1けた向上させた。

これらの技術を車上制御装置にも適用しており、その効果として、受信部と制御部を一体化した実装を実現している。

(3) メンテナンス性の向上

デジタルATCシステムでは、保安器を除く完全二重系の全部位常時診断機能のほか、1日1回の定時刻系切換機能により、切換回路の診断も実施する。さらに、軌道回路を含む現場機器にも状態監視や過去1年間の統計処理を実施し、異常発生前の機器状態の確認や、保全を促す警報を出す監視機能により、システム異常発生を防止することや、不具合箇所・故障モードを容易に把握できるようにした。

これらの機能により、常時保守を不要とし、保守性を高めた。さらに、軌道回路調整などの現場作業では、新たに開発した、コンパクトな可搬型デジタル測定器が、現場作業の効率向上に寄与している。

2.2 デジタルATCシステムの構成

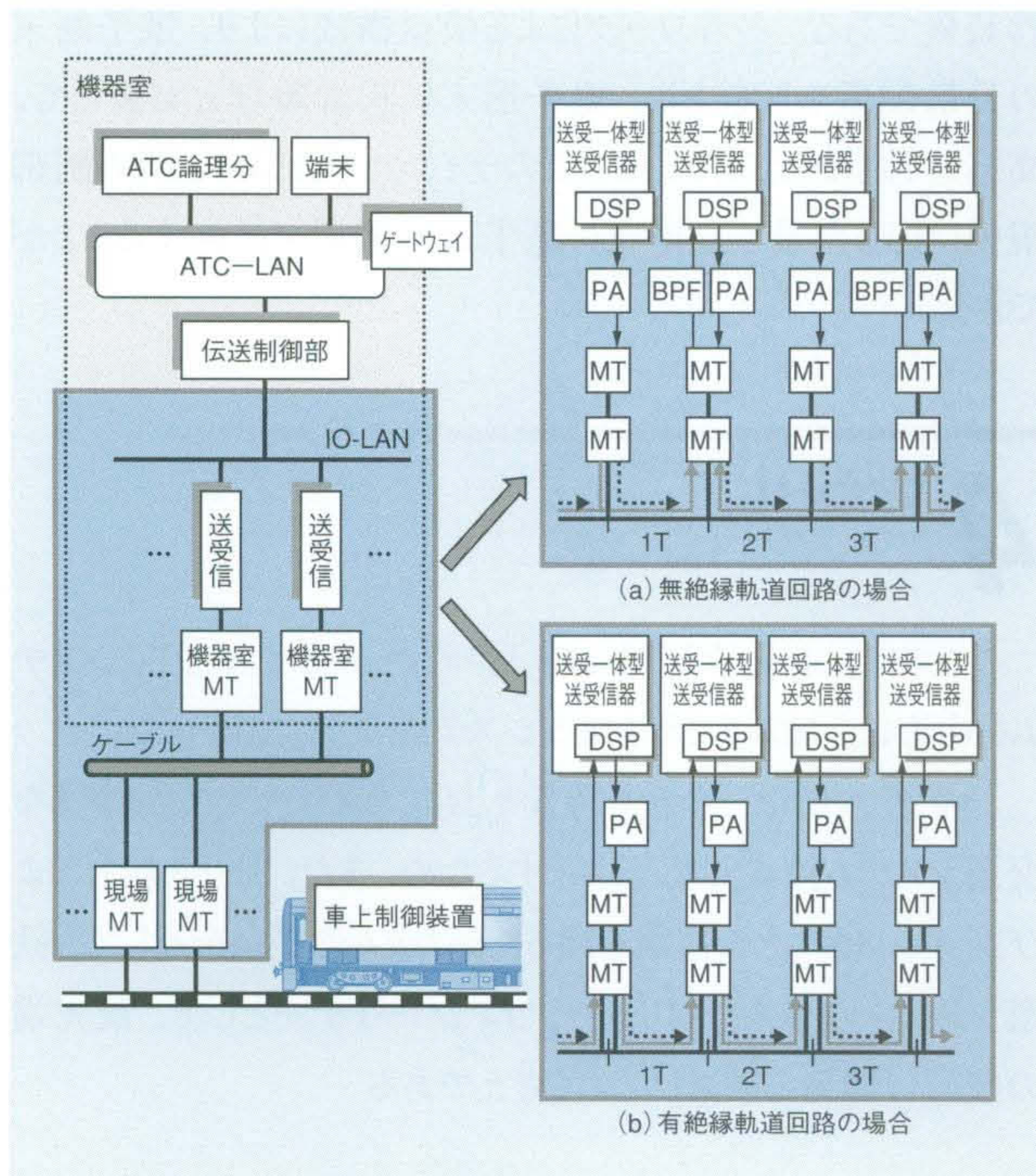
デジタルATCシステムでは、車上装置に送信されるATC信号は停止位置情報・速度制限情報であり、車上装置では、列車のブレーキ性能や線路データに基づいて適切な速度制御を実行する。

デジタルATCシステムの構成を図1に示す。従来のATCシステムでハードウェアで構成していた列車位置検知と各列車に対する停止点算出の機能は、すべてATC論理部と送受信器にソフトウェアとして実装された。

TD電文とATC電文は、「ATC-LAN・伝送制御部・IO(入出力)-LAN」を通して、DSP(Digital Signal Processor)で構成する送受信器へ伝送される。電文はDSPによってデジタル符号としてMSK(Minimum Shift Keying)変調され、軌道回路へ送信される。また、軌道回路から受信するTD信号の復調も、送受信器のDSPによって処理される。このように、複数のTD信号やATC信号をDSPによって処理することから、デジタルATCシステムの送受信器を大幅に小型化した。

車上装置構成を図2に示す。

車上装置の受信装置でも、基本的にはDSPによってATC信号を処理する。信号のフィルタリング・検波・復調はすべてソフトウェアで処理され、既存ATCのアナログATC信号とディ



注1：……(ATC信号)，——(TD信号)

注2：略語説明 LAN (Local Area Network), IO (Input and Output)
PA (Power Amplifier), BPF (Band-Pass Filter)
MT (Matching Transformer), 1T (1 Track)

図1 デジタルATCシステムの構成

従来ハードウェアで行っていた列車位置検知と停止点算出の機能をソフトウェアで行い、ATC論理部と送受信器の中に実装した。

デジタルATC信号の両方に、同時に対応することも可能である。そのため、新旧システムの混在・切替も車上装置側では同時に処理することができる。

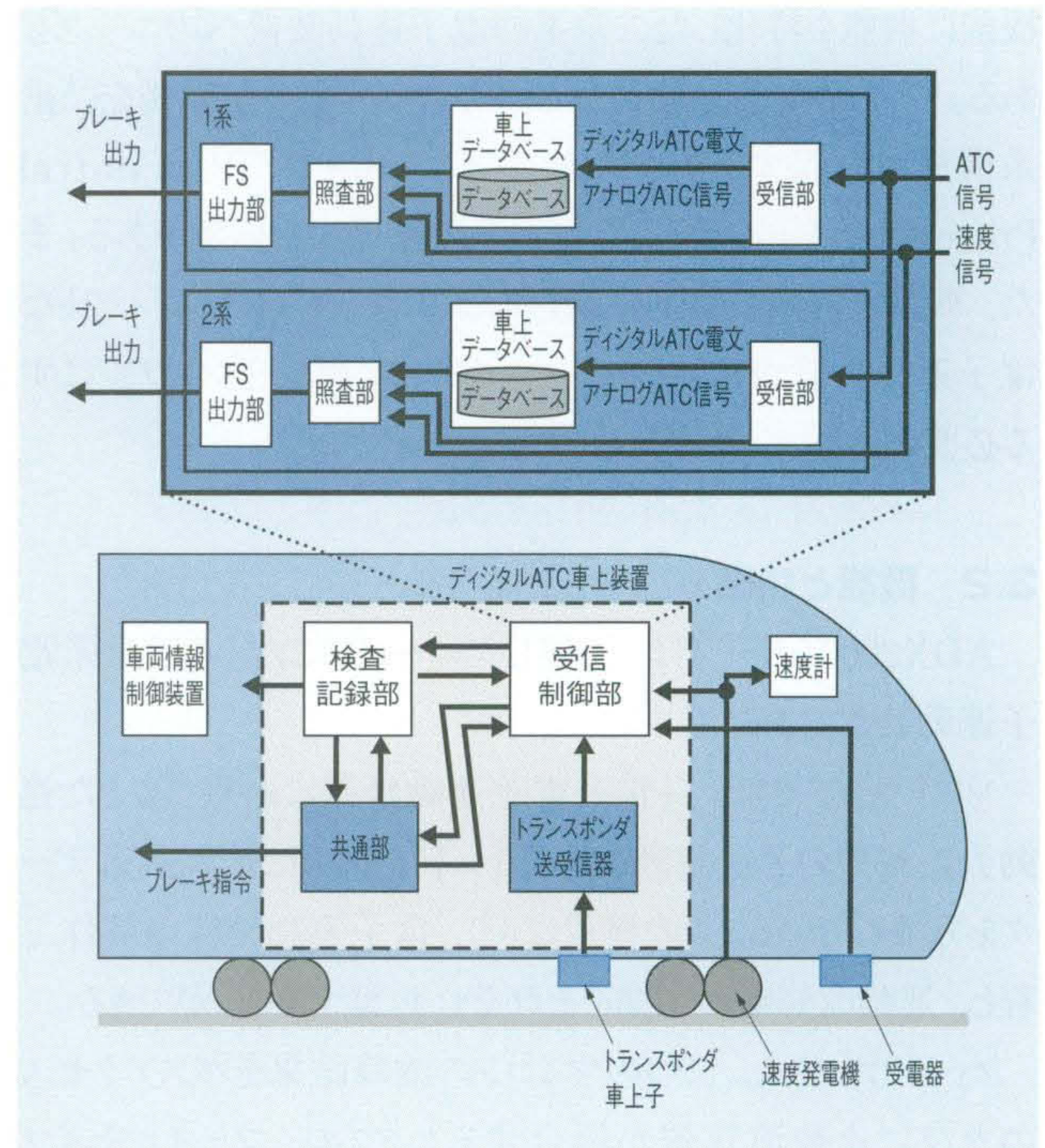
車上装置のデータベースには、線路や車両性能を反映させて作成したブレーキ制御用の速度照査パターンが搭載されている。このデータを参照することにより、車両性能に見合った最適な速度制御が実行できる。また、データベースの自動切替により、線形変更と制御方式の変更に容易に対応することができる。

2.3 ATC論理部と連動装置の一体化への展開

東北・上越新幹線のシステム更新区間では、ATC論理と連動論理の統合およびリレーレス化を推進する。ATCと連動装置をソフトウェア論理で構築するとともに、同一ハードウェア上に統合した「連動・ATC統合型装置“SAINT”」を開発した。また、信号機や転てつ器などの現場機器に対応する直接制御により、いっそうの高信頼化、省スペース化が図れるようになった(図3参照)。

2.4 適用事例

デジタルATCシステムは、新幹線・在来線・地下鉄ともに適用できる。東北新幹線の八戸延伸部分では、2002年12月に稼動を開始した。本線と上越新幹線でも順次更新予定である。在来線では、2003年以降、京浜東北線・山手線・根岸



注：略語説明 FS (Fale Safe)

図2 デジタルATCの車上装置構成

線路情報や車両性能を反映して作成したブレーキ制御用速度照査パターンをデータベースとして車上に持つことにより、個々の車両に最適なブレーキ制御が行える。

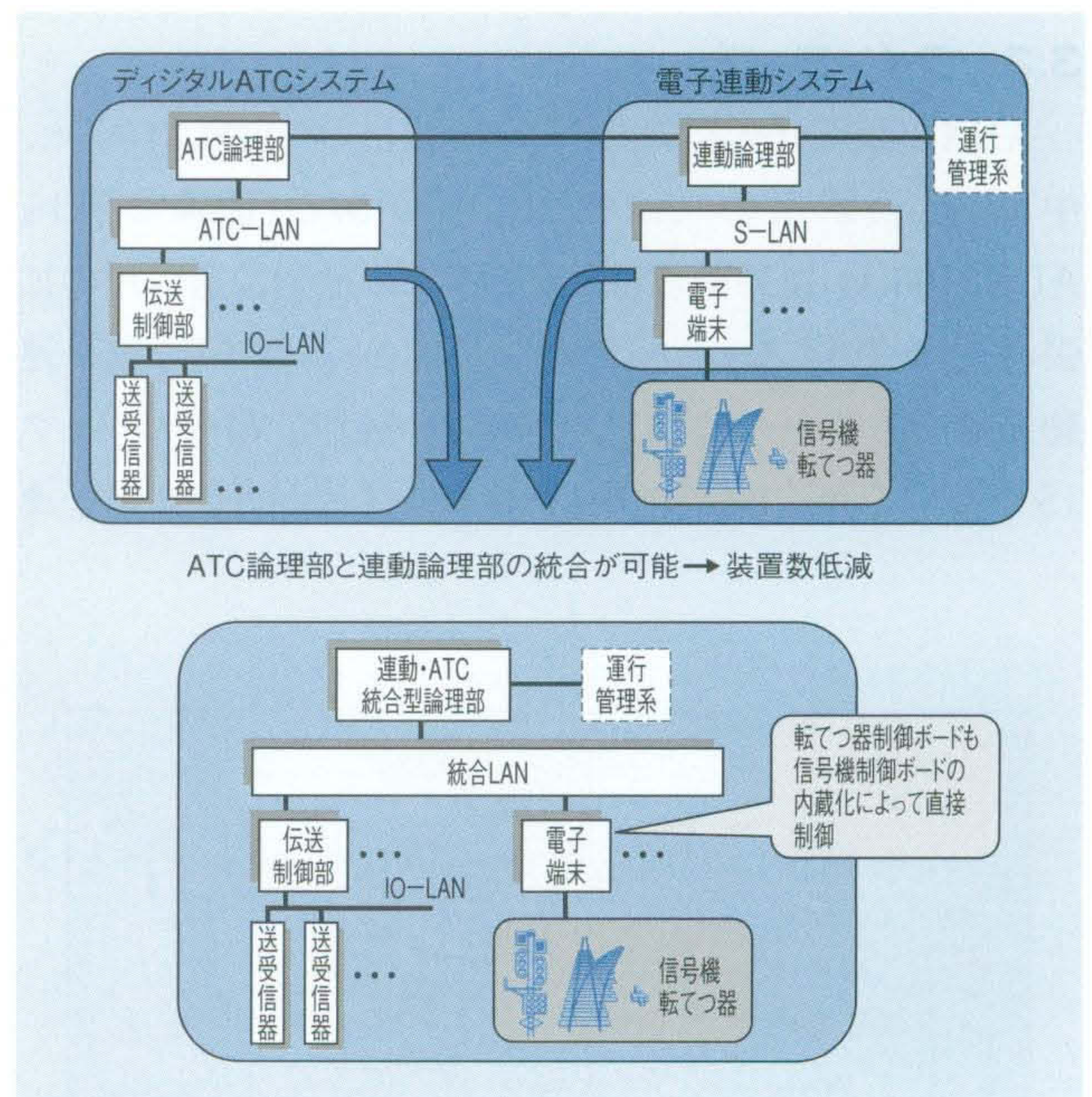


図3 ATC論理部と連動装置の一体化

ATC論理部と連動論理部を同一ハードウェア上に構築することにより、いっそうの高信頼化と省スペース化を図っている。

線で、順次、デジタルATCに切り替えられる予定である。

3 電子連動装置「ADX2000シリーズ」

3.1 ニーズ

保守作業管理機能などの保安系アプリケーションを搭載した高機能な三重系電子連動装置へのニーズのほかに、連動

機能に機能を特化した二重系の電子連動装置へのニーズもある。三重系電子連動装置と同等の安全性と信頼性を二重系構成で確保するためには、フェイルセーフCPU (Central Processing Unit) ボードを二重系で適用する必要がある。また、機器室の狭い地下鉄線区などでは、いっそうコンパクトな電子連動装置が求められ、ハードウェア構成をシンプルにする必要がある。

3.2 機能と特徴

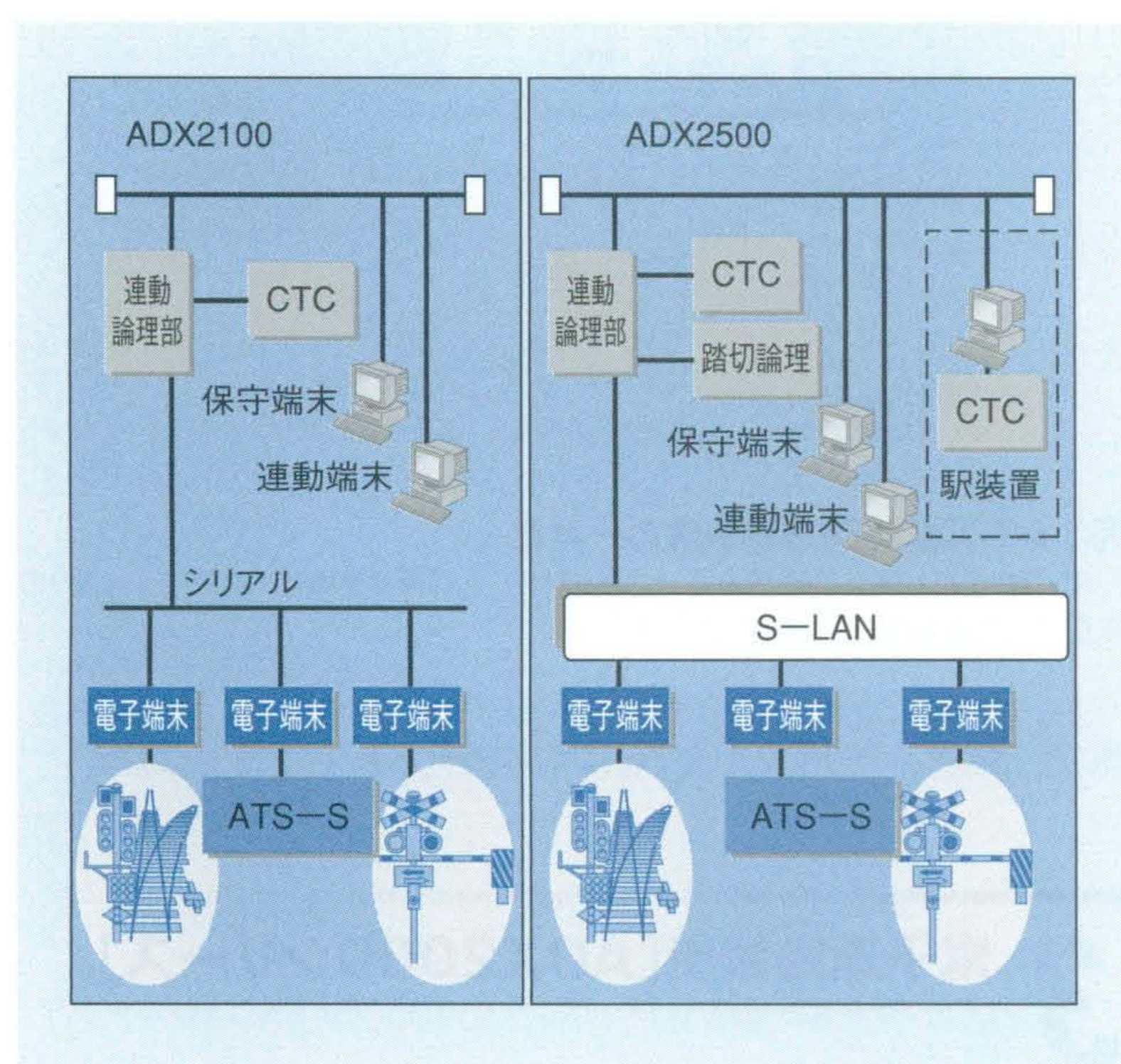
ADX2000シリーズは、上述したニーズにこたえる二重系電子連動装置である。

ソフトウェアでは、三重系電子連動装置に適用してきた連動表内蔵型の連動論理を踏襲し、制御論理と駅別制御データを分離している。この構成により、電子連動装置の製作工程と、連動改修時の工期をそれぞれ短縮することができる。

ハードウェアは、二つのマイコンの演算結果をバスアクセスのたびに比較演算器が照合するタイプの、フェイルセーフCPUである。照合不一致発生時や比較器の自己診断異常発生時には、マイコンのバスアクセスを停止させることで、異常データの外部への出力を抑止し、安全性を確保する。

3.3 ラインアップ

ADX2000シリーズには、小規模駅用の“ADX2100”と、中・大規模駅用の“ADX2500”がある(図4参照)。ADX2100は、連動論理部と電子端末の通信に通信用の拡張ボードを使用しないハードウェア構成の、シンプルな電子連動装置である。一方、ADX2500は、信号情報ネットワーク(S-LAN)を介して複数の電子端末の接続が可能な電子連



注：略語説明 CTC (Centralized Traffic Control), ATS-S (Automatic Train Stop-タイプ)

図4「ADX2000シリーズ」の概略構成

駅の規模に応じて連動論理部と電子端末を直結、またはネットワークで接続することが可能な構成としている。

動装置である。ネットワークによる接続構成により、電子端末の分散配置を可能とし、電子端末に制御論理を実装して、高応答性を確保している。このラインアップにより、駅の制御規模に応じた最適な構成の電子連動装置を提供することができる。

4 おわりに

ここでは、東北新幹線に導入されたデジタルATCシステムを中心に、最新の信号保安システムについて述べた。

日立製作所は、今後も時代とともに変わっていくさまざまな交通システムのニーズに対応するため、また、地上・車上および関連システムとの協調を図ったシステムの提供を通して、鉄道システムのベスト ソリューション パートナーとして、最先端の技術の開発を推進していく考えである。

参考文献

- 1) 松本, 外: 在来線デジタルATCにおけるアシュアランス技術, 鉄道と電気技術, Vol.12 No.12, p.39 (2001.12)
- 2) 永次, 外: デジタルATC用車上データベースの作成, 鉄道サイバネ・シンポジウム, 402 (2001.12)
- 3) 網谷, 外: 無絶縁軌道回路におけるレベル管理手法, J-Rail2001 鉄道技術連合シンポジウム, p.273 (2001.12)
- 4) 服部, 外: DS-ATC対応ATCモニタシステムの開発, J-Rail2002 鉄道技術連合シンポジウム, p.5 (2002.11)

執筆者紹介



飛田安正

1981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 水戸交通システム本部 信号システム設計部 所属
現在、ATC地上システムの設計に従事
E-mail: ys-tobita @ em. mito. hitachi. co. jp



嶋田育男

1996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 水戸交通システム本部 車両電気システム部 所属
現在、ATC車上システムの設計に従事
E-mail: ik-shimada @ em. mito. hitachi. co. jp



石井賢一

1991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 水戸交通システム本部 信号システム設計部 所属
現在、電子連動装置の開発に従事
電気学会会員
E-mail: kn-ishii @ em. mito. hitachi. co. jp



小熊賢司

1992年日立製作所入社、日立研究所 情報制御第二研究部 所属
現在、次世代鉄道信号システムの研究開発に従事
E-mail: oguma @ gm. hrl. hitachi. co. jp