

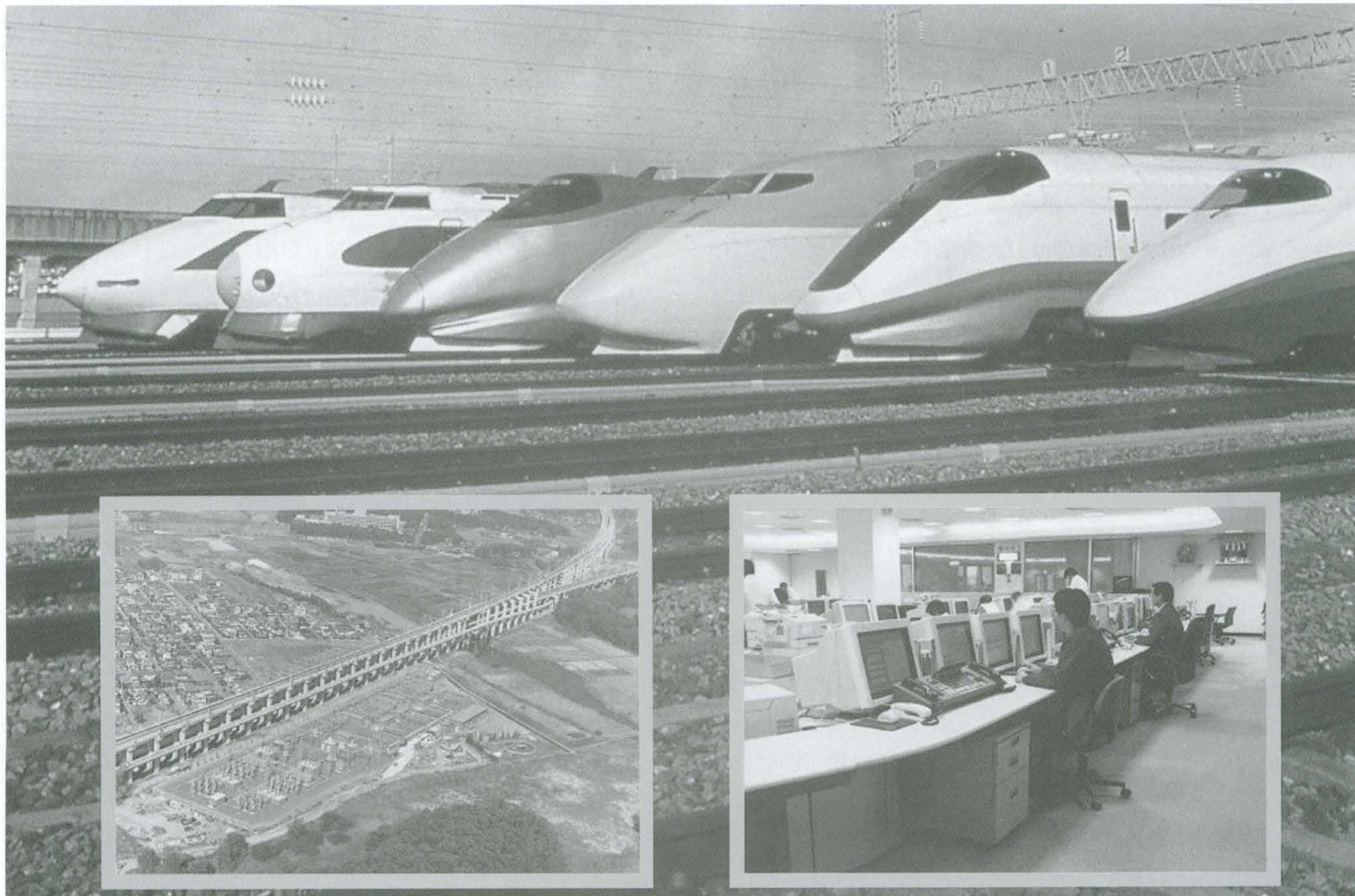
新幹線変電所制御監視システム “COSMOS-SCADA”

Advanced Technologies for Substation Supervisory Control Systems of Shinkansen

小山 彰次 Shôji Koyama
神尾 清勝 Kiyokatsu Kamio

大田 健二 Kenji Ôta
岩間 直彦 Naohiko Iwama

鈴木 但義 Tadayoshi Suzuki
早川 弘恭 Hiroyasu Hayakawa



東日本旅客鉄道株式会社の新しい東北・上越新幹線各種車両(上)と変電所(左下)、および中央指令室(右下)

中央指令室からの指令により、約80か所の変電所などの監視・制御業務を一元管理している。“COSMOS-SCADA”は、中央システムでの自動連動機能を適用し、高効率な伝送装置で変電所を結ぶ大規模鉄道電力管理システムである。

東北・上越新幹線の電力系統制御システムは、1982年の開業以来運用してきたシステムのリプレースを図るため、全区間を5工区に分けて段階的に切替を実施した。2000年12月に第1工区の使用を開始し、2003年3月に全線のリプレースを完了した。

これまでは5地区に地区指令を設け、各地区で監視・制御を実施していたが、新システムの“COSMOS-SCADA”(Computerized Safety Maintenance and Operation Systems for Shinkansen-Supervisory Control and Data Acquisition)では、地区指令を中央指令に統合し、中央から直接監視・制御を行う効率的な指令形態としている。また、現地配電盤によって

行っていた自動連動機能を中央システムに取り込むことにより、指令の操作性を損なうことなく、配電盤の保守の省力化を図ることができた。さらに、自動連動機能と組み合わせた半自動制御、車両基地構内の停電作業の自動化、および機器指定替えの自動化を図ることにより、指令員の負担軽減というニーズにこたえている。

日立製作所は、これまで蓄積した新幹線向けシステムの技術により、中央システムの開発と、従来の伝送回線を生かしつつ、効率的な伝送ができる伝送装置の開発を担当した。

1 はじめに

東北・上越新幹線開業当初の電力系統制御システムは、「中央指令」と東京、仙台、盛岡、高崎、および新潟の五つの「地区指令」で構成し、電力系統の制御機能を地方へ分散する中央統制地区分散型の、階層的な指令形態であった。「中央指令」では、列車の運行管理と密接に連携して系統の統制を行い、「地区指令」では、地域との密着性を生かして設備保全作業の統制を行った。現地変電所やき電区分所（以下、「ポスト」と言う。）などの設備では、相隣連動機能を適用し、自動連動による指令員の操作性の向上と保安の確保を図っていた。

さらに、1997年10月の長野新幹線開業に伴い、同線区を中央指令で統制するシステムの拡張を行った。

今回のシステムリプレースでは、次の項目をコンセプトとしている。

- (1) 5地区の地区指令を中央指令に統合一元化し、制御の集中化による高効率な指令形態の実現を図る。
- (2) 現地ポストの自動連動機能を中央の計算機システムへ移行することにより、指令の操作性を維持しつつ、ポスト設備の簡素化を図る。
- (3) 事故発生時の支援機能を強化し、指令員の負荷軽減を図る。
- (4) 伝送装置と伝送回線それぞれを二重化し、信頼性の向上を図る。

ここでは、東北・上越新幹線の変電所制御監視システム“COSMOS-SCADA”のうち、上記のコンセプトに基づいて日

立製作所が開発を担当した「中央システムの特徴」と、「高効率な伝送制御を実現する伝送装置」について述べる。

2 システム構成の概要

地区指令を中央指令に統合し、中央システムで自動連動機能を実現するために、各線区用の情報処理装置〔以下、FEP (Front-End Processor) と言う。〕でシステムを構成した。また、現地ポストとの接続には、「GAポーリング方式」〔GA (Go Ahead) と呼ばれる伝送情報の末尾信号 (8ビット) を用いてポーリング (呼出し) を行う。4.1参照〕を採用した伝送装置の導入を図っている。システムの構成を図1に示す。

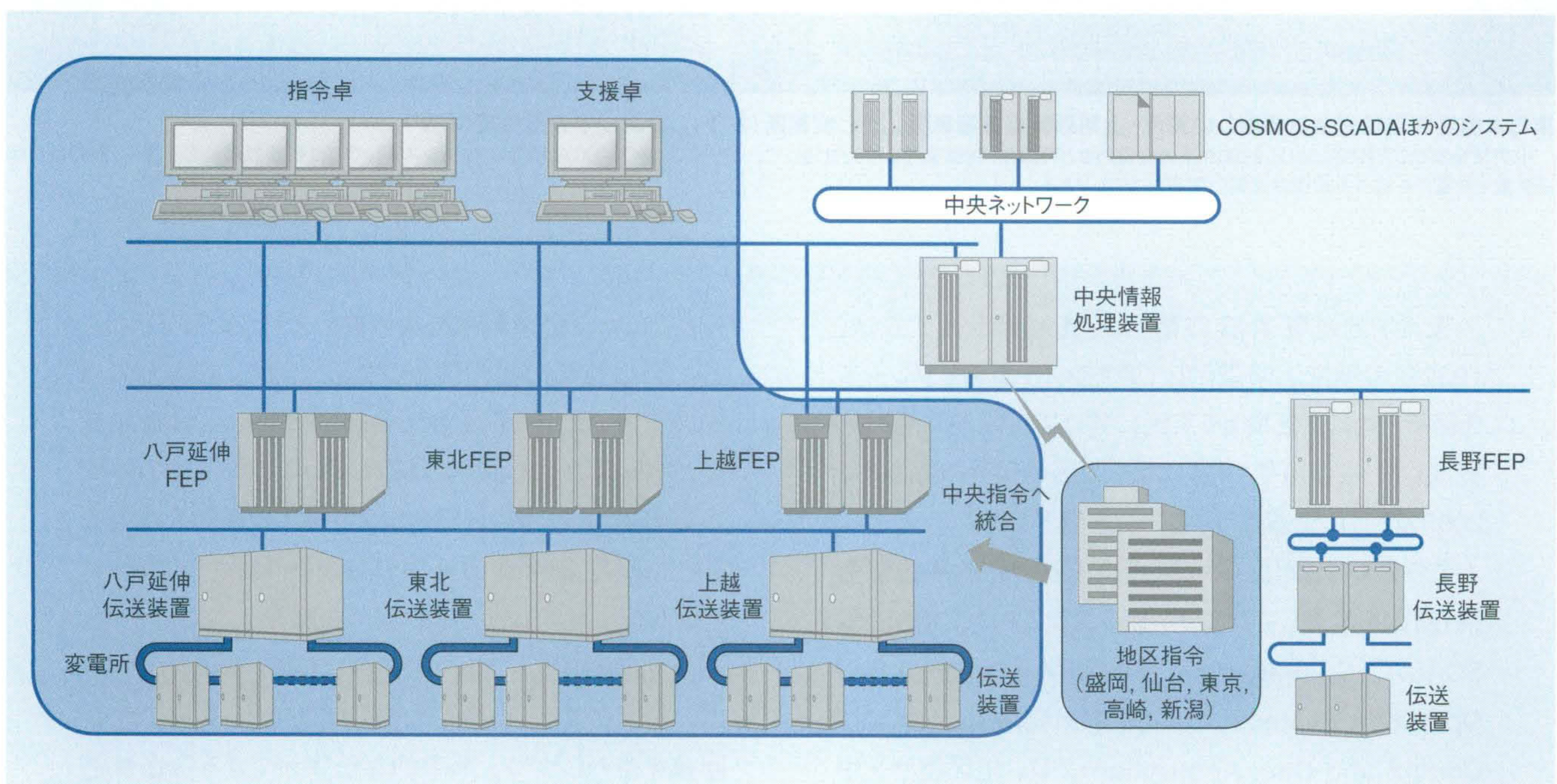
東北FEP、上越FEP、および八戸延伸FEPは二重系構成とし、フリーランデュアル方式の採用によって数秒単位での系切替を行い、監視・制御の連続性を保つシステムとしている。

3 中央システムの特徴

3.1 地区指令の中央指令への統合

これまで、中央計算機・地区計算機では、停電・送電時のき電系の自動制御と系統の監視を行っていた。また、マニュアルでの制御機能は、地区指令の遠方制御装置卓から操作していた。

今回のリプレースでは、中央システムからの停電・送電時の受電系の自動制御に加え、機器の使用号機の指定替えも自動化した。また、マニュアルでの制御機能は指令卓から直接



注：略語説明 COSMOS-SCADA (Computerized Safety Maintenance and Operation Systems for Shinkansen—Supervisory Control and Data Acquisition)

図1 中央システムと伝送装置の構成

地区指令システムを中央システムへ統合し、八戸延伸FEP（盛岡—八戸間）、東北FEP（東京—盛岡間）、および上越FEP（大宮—新潟間）を新設し、高効率な伝送制御が行える伝送装置で構成している。

制御できる構成とし、危険分散を図るために、指令卓と各線区のFEPを直接接続する「自律分散」の構成とした。

これらにより、指令業務の効率化を図り、自動化による指令員の負担軽減に寄与できるシステムとしている。

3.2 中央システムでの自動連動機能

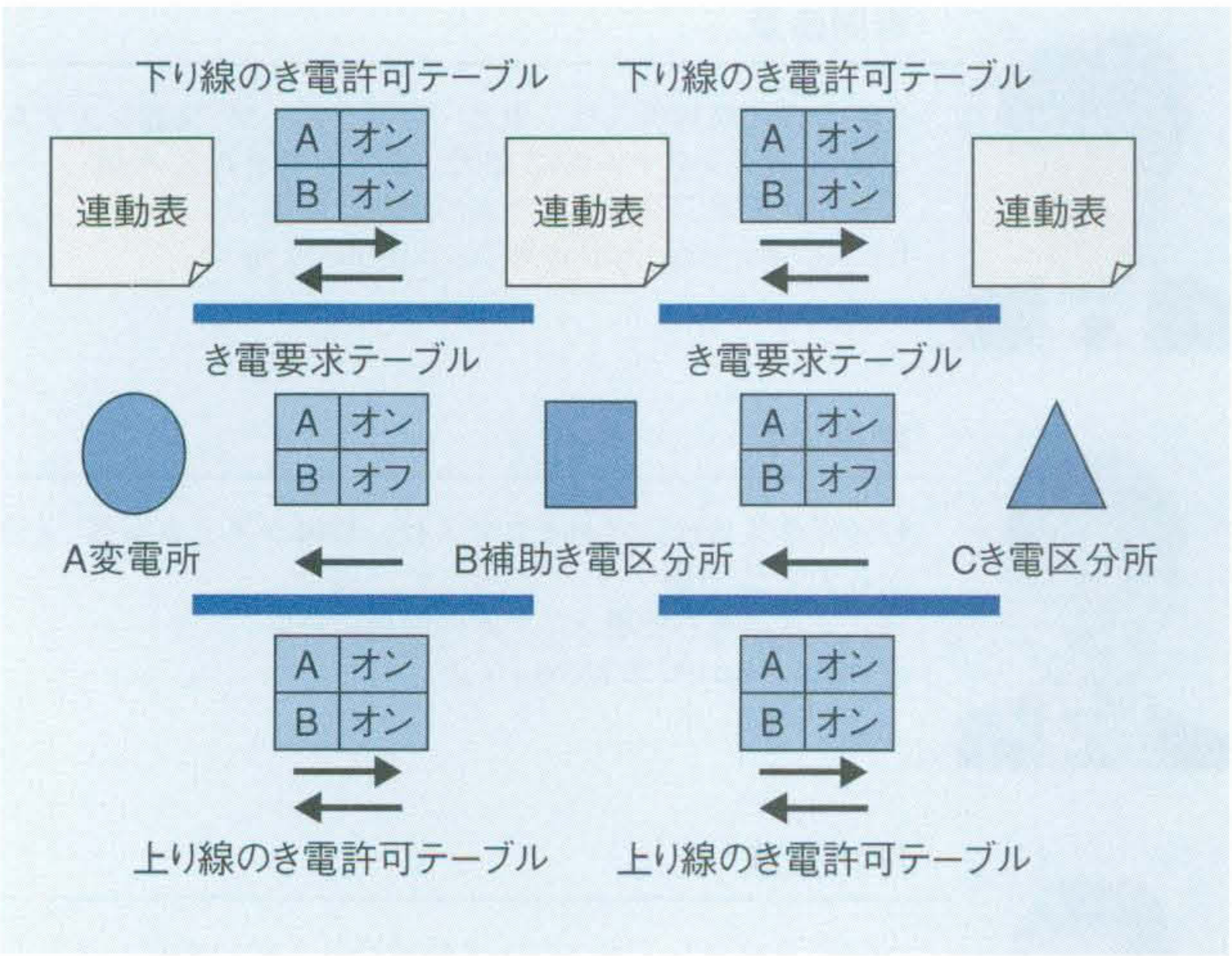
自動連動機能は、指令を受けると、現状の系統状態からその指令に従って遮断器や断路器などの機器を制御し、最適な任意の系統を構成する。また、事故発生時には、延長などの系統を自動的に再構成する。

これまで東北・上越新幹線では、現地配電盤のポスト間で相隣信号を用いて、自動連動を実現していた。また、長野新幹線の中央システムでの自動連動機能は、全ポストの全機器の状態を総合的に判断し、系統を構成する方式である。今回のリプレースでは、対象となるポスト数が約80か所と多く、延長などの系統を構成した場合、判断の対象となる機器が指数関数的に増えることから、長野新幹線の方式では現実的でなく、新たな方式の開発に取り組む必要があった。

まず、約80か所のポストを幾つかのタイプに分け、タイプごとの制御論理に適した連動表を製作し、ポストに適する制御を実施する方式とした。しかし、き電指令などは、変電所ーき電区分所間で、延長時にはさらに隣接する区間でそれぞれ同期をとる必要があった。このため、き電回線ごとに加圧の許可・禁止を設定する「き電許可テーブル」と、き電方向を一方方向とし、き電混触を防止する「き電要求テーブル」を用いる新しい自動連動方式を開発した。

この方式では、ポスト間の関係を単純化し、あえてポストごとに独立して機器状態の判断を行い、連動表では、き電許可テーブル・き電要求テーブル以外には隣接ポストの機器状態を参照しないこととした。

また、連動表・き電許可テーブル・き電要求テーブルの組み合わせによって、システム拡張が柔軟に行えるようになり、こ



注: A(起点方面), B(終点方面)

図2 新しい自動連動方式の概要

き電指令などを受け付けると、き電許可テーブル・き電要求テーブルのオンオフにより、隣接するポストと同期を図る。

れにより、ポストに適した連動表を製作するだけで、他の鉄道電力管理システムへ自動連動機能を容易に適用することもできるようになった(図2参照)。

同時に、自動連動方式との組み合わせにより、指令員が容易に延長の系統構成を行うことができる半自動制御と、車両基地構内の停電時間を短縮するために、停電パターンをあらかじめ入力し、時間に合わせて自動的に動作する「停電作業自動化」の機能を開発した。

4 高効率な伝送制御を実現する伝送装置

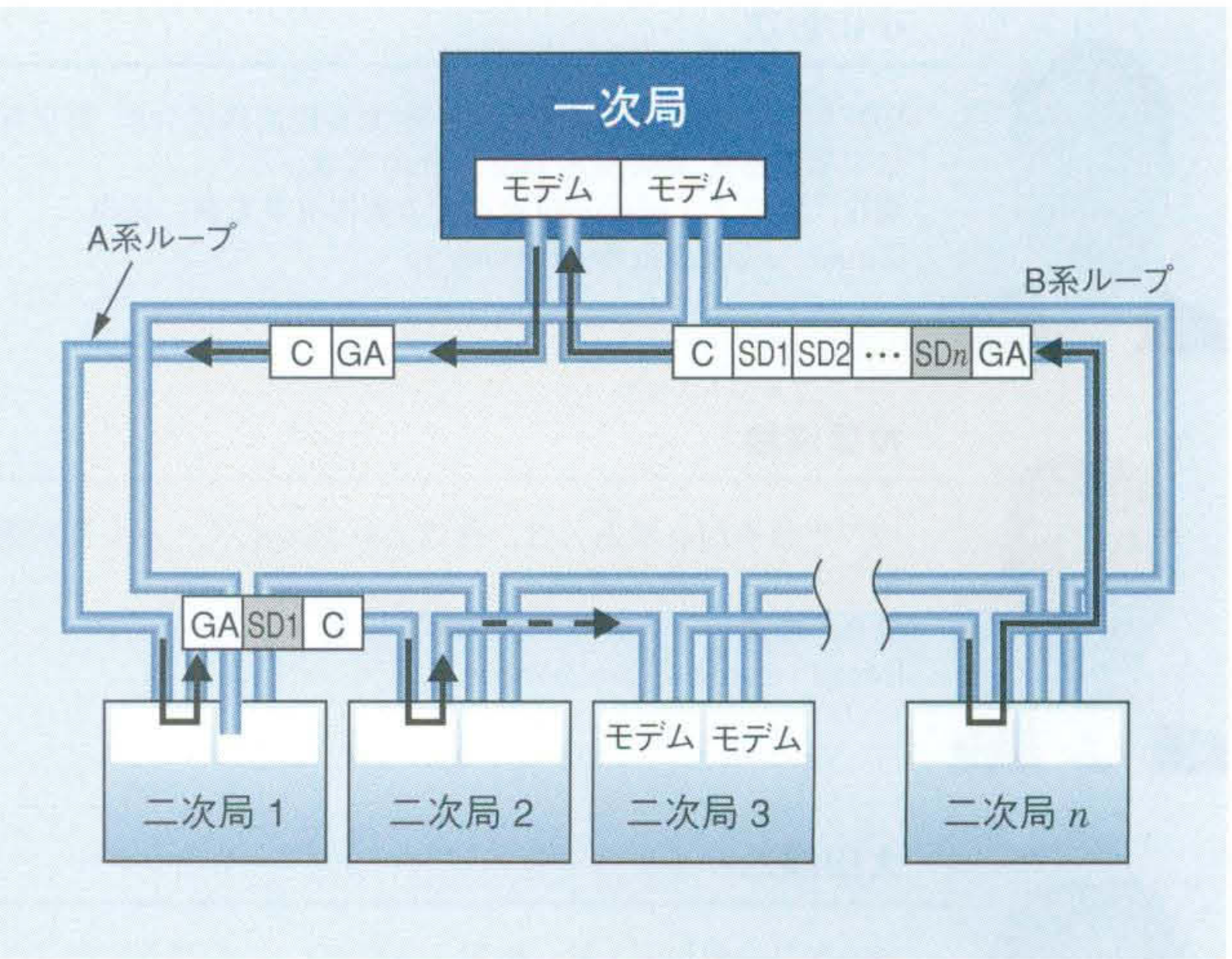
東北・上越新幹線の開業以来、伝送装置には鉄道技術研究所(現 財団法人鉄道総合技術研究所)W型装置を使用してきた。長野新幹線では、伝送路に光搬送回線を使用し、信頼性の向上を図った伝送装置を開発した。しかし、今回のリプレースでは、既設のメトリックケーブルを使用することから、アナログ回線での伝送効率・信頼性・保守性・操作性の向上を図る必要があった。そのため、このシステムでは、GAポーリング伝送方式を採用した新伝送装置を開発した。この伝送装置の特徴であるGAポーリング伝送方式と伝送回線の構成制御方式について以下に述べる。

4.1 GAポーリング伝送方式

GAポーリング伝送方式の概要を図3に示す。

この伝送方式では、一次局(中央システム)から「制御情報+GA」を送出することにより、監視情報を持つ二次局(各変電所)では、GAの直前に自局の情報を付加し、下流の二次局へ情報を送付する。下流の二次局では同様の処理を行い、最終的に全二次局の情報を一次局が受信する。この伝送方式では、以下の方策によって伝送効率の向上を図った。

(1) 情報を可変長とすることによる伝送時間の短縮



注:略語説明 C(制御情報), GA(GA信号), SD(二次局nの監視情報)

図3 GAポーリング伝送方式の概要

A系ループを使用系としたときの伝送情報の流れと、二次局における情報付加のイメージを示す。

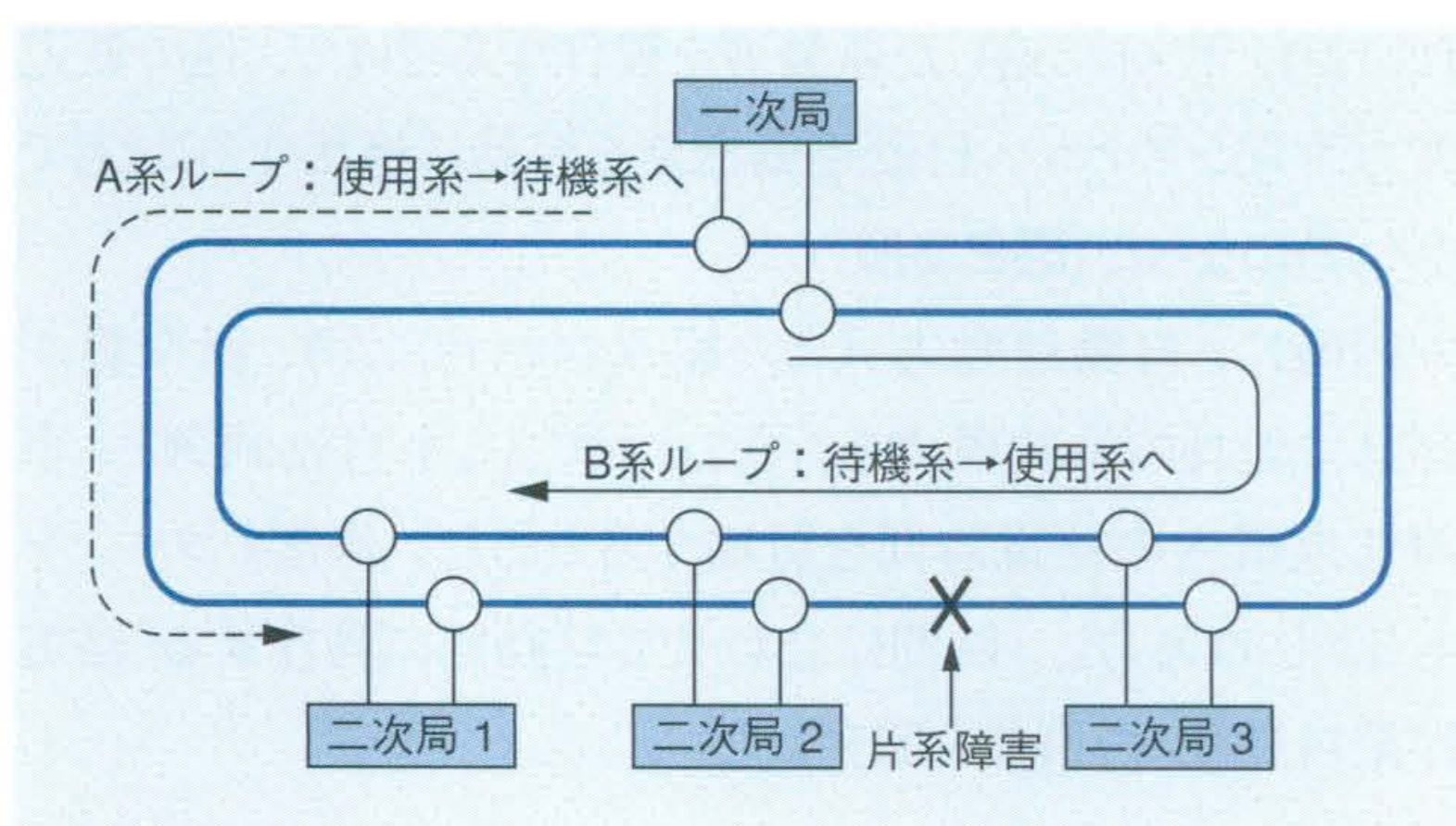


図4 伝送路切替の仕組み

A系ループ(使用系)の障害を検出した場合、使用系のB系ループへの自動切替を行う。

- (2) ポーリング周期を随時周期とすることによる巡回周期の短縮
- (3) 二次局の情報付加回路の半導体化によるオーバーヘッド時間の圧縮
- (4) 二次局での各種監視情報の優先順序処理によるシステム監視時間の短縮

4.2 伝送回線の構成制御方式

伝送回線は、二重化したループ状の伝送路で構成し、通常の運用状態では片ループを使用状態とし、もう片ループを待機系とした。

この伝送回線に障害が発生した場合は、自動回線構成を基本として保守・操作性の向上を図った。回線障害時の動作は、一次局が障害区間の探査信号を二次局に送出することで障害区間を特定し、その結果により、健全な回線構成の決定と、二次局への回線構成変更を指示する。

回線障害時の自動回線構成の概要は以下のとおりである。

(1) 伝送路切替

片系の伝送路障害によって情報伝送ができなくなった場合は、使用ループと待機ループの切替を行う(図4参照)。

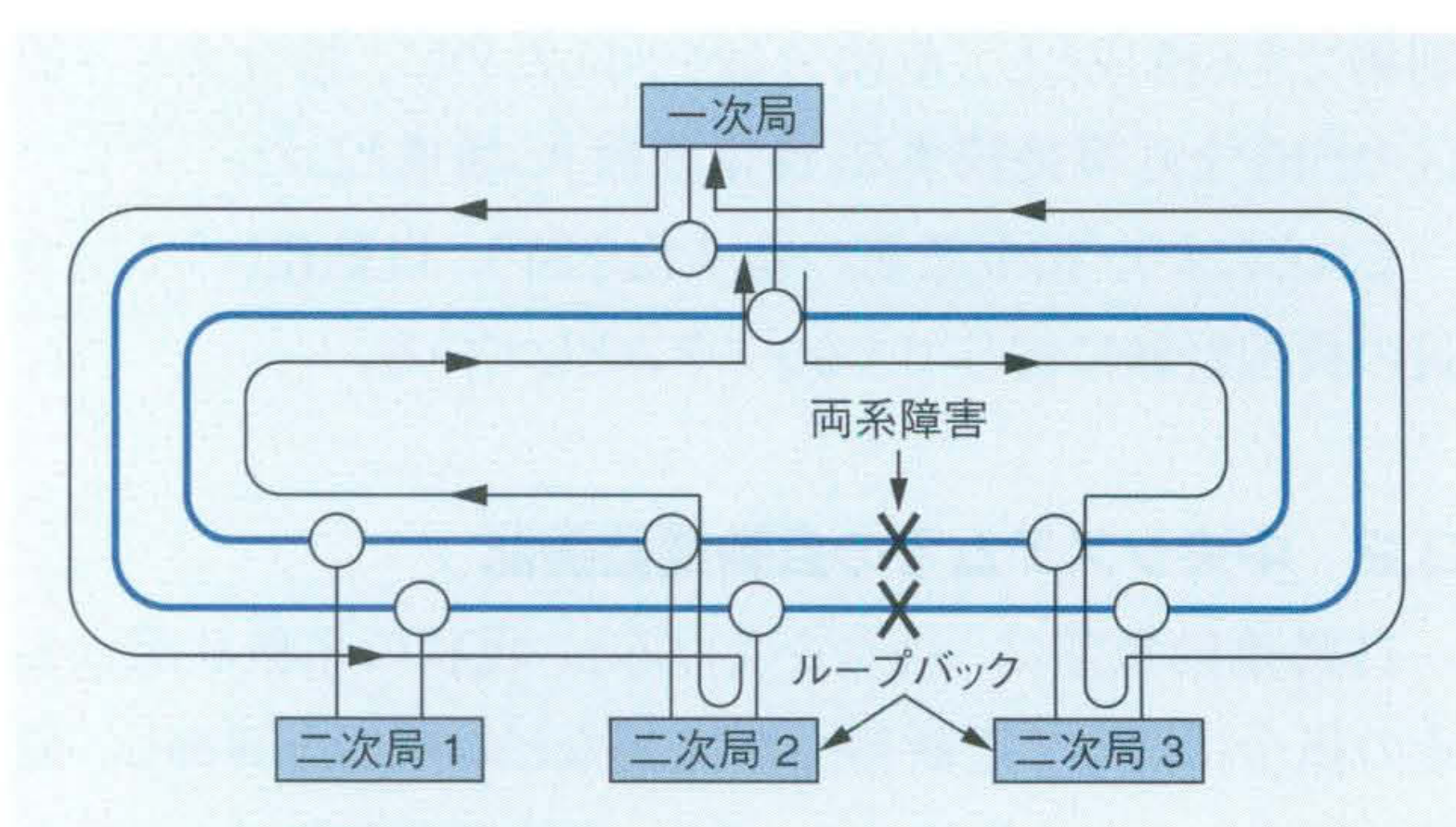


図5 ループバックの仕組み

二次局2と3の間で両系の伝送路障害を検出した場合、二次局2と3がループバック端局になり、ループバック回線構成への切替を行う。

(2) ループバック

両系の伝送路障害によって情報伝送ができなくなった場合は、障害区間を避けて健全な伝送路による回線構成(ループバック)への切替を行う(図5参照)。

5 おわりに

ここでは、大規模な東北・上越新幹線の新幹線変電所制御監視システム“COSMOS-SCADA”について述べた。

今後も、列車の安定輸送を図るため、電力管理業務の効率向上や、事故発生時の支援機能のいっそうの強化、指令員の負担軽減となる新しい高信頼化鉄道電力管理システムの開発を推進していく考えである。

参考文献

- 1) 土蔵, 外:東北・上越新幹線の新しい監視制御システム, 鉄道と電気技術, 45~49(2001.1)
- 2) 駒込, 外:東北・上越新幹線用遠制装置の開発, 電気学会/交通・電気鉄道研究会, TER-01-11(2001.3)

執筆者紹介



小山彰次

1977年日本国有鉄道入社, 東日本旅客鉄道株式会社 東京電気工事事務所 新幹線電力システム 所属
現在, 東北・上越新幹線変電所の機器更新業務に従事
E-mail: s-koyama@jreast.co.jp



神尾清勝

1977年日本国有鉄道入社, 株式会社ジェイアール東日本情報システム 企画部 所属
現在, 鉄道システムの経営計画に従事
E-mail: kamio@inet.jeis.co.jp



大田健二

1993年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 交通システム本部 交通システム設計部 所属
現在, 新幹線システムの開発に従事
E-mail: kenji_oota@pis.hitachi.co.jp



岩間直彦

1989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 輸送システム本部 信号・変電システム部 所属
現在, 鉄道電力管理システムの開発に従事
E-mail: naohiko_iwama@pis.hitachi.co.jp



鈴木但義

1980年株式会社日立ハイコス入社, 制御システム本部 交通システム部 所属
現在, 鉄道電力管理システムの開発に従事
E-mail: t-suzuki@hicos.co.jp



早川弘恭

1985年日立エンジニアリング株式会社入社, 機電システム本部 公共システム制御部 所属
現在, 公共・電鉄用の伝送装置の開発に従事
E-mail: hhayakawa@juo.hitachi-hec.co.jp