

在来基幹線に対応する次世代高度運行管理システム

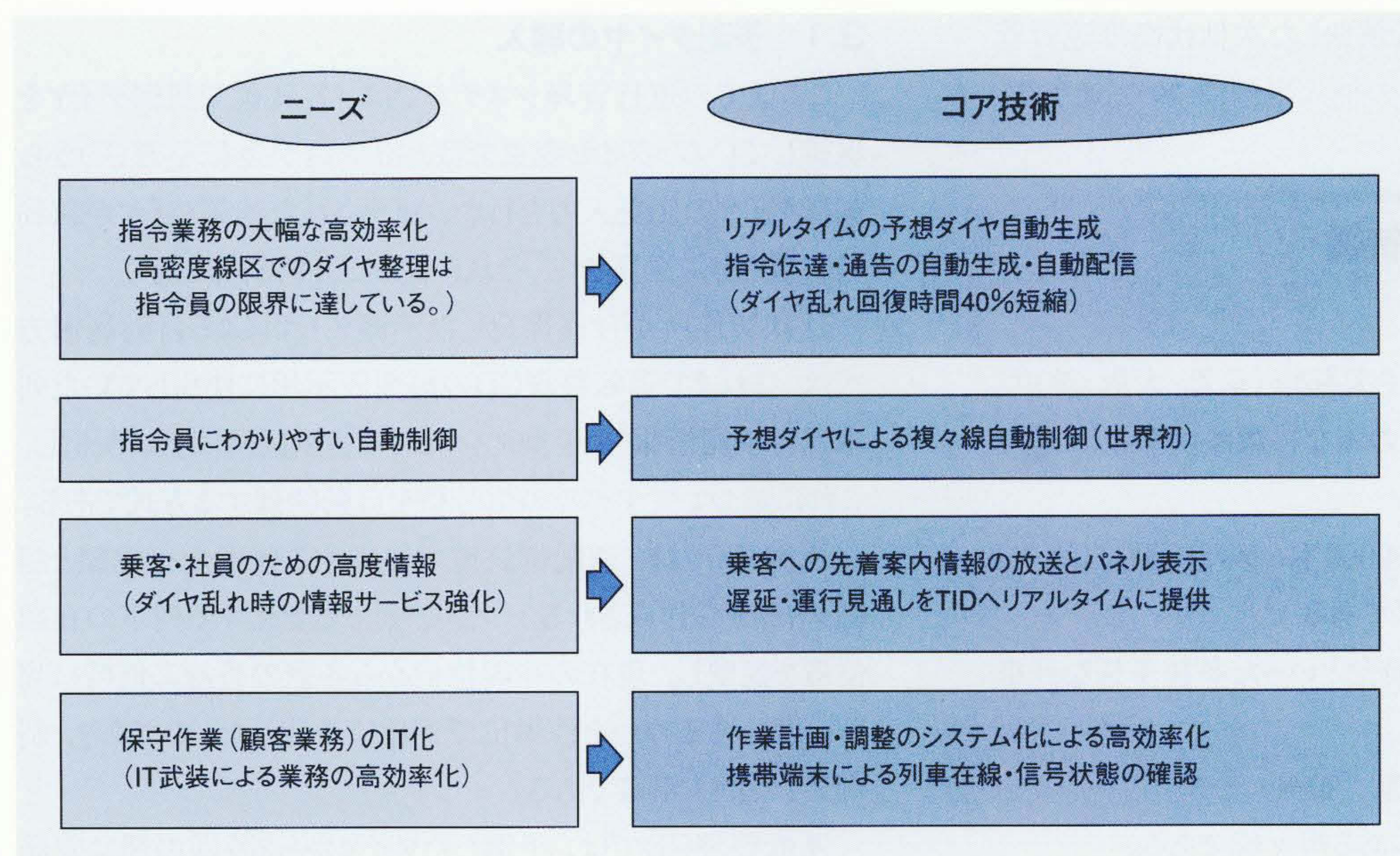
Next-Generation Train Traffic Control System for Conventional Railway Lines

庄司 雅幸 Masayuki Shôji

戸田 和宏 Kazuhiro Toda

大隅 英貴 Hideki Ôsumi

小林 克巳 Katsumi Kobayashi



運行管理システムへのニーズと、対応するコア技術

近年、運行管理システムでは、(1)安定輸送の確保、(2)情報サービスの向上、(3)指令業務の改善、および(4)保守作業管理の効率化・安全確保が強く求められている。

注：略語説明
TID(列車運行情報端末)

従来、ダイヤ乱れ時では、指令員や駅員の業務量が多くなるうえ、ダイヤ回復までに多くの時間を要していた。一方、鉄道会社が保有する既存設備と運行管理システムとを容易に接続できるようにすることと、そのための費用の低減を図る必要が生じていた。

日立製作所は、これまで培ったノウハウとソフトウェア資産を最大限に活用し、コストパフォーマンスに優れた運行管理システムを開発した。これにより、従来のシステムでは困難であった高密度線区の走行に対

応した高機能な制御のほか、大幅な業務改革、ダイヤ乱れ時のダイヤ回復時間の短縮、駅員・乗客への運行情報提供によるサービスの大幅向上を図ることができた。

また、保守作業管理業務、保守作業の着手・終了指示のシステム化により、運行管理システムと情報を共有化し、保守作業の安全を確保する。

今回、「次世代高度運行管理システム」の初号機をJR京都・神戸線へ納入した。

1 はじめに

近年、保安設備の近代化、車両の高速化、乗客のニーズの多様化などに伴い、大都市圏では列車の運行形態が複雑になっている。また、1日当たりの列車本数は年々増加しており、列車が走行する時間間隔が高密度化している。

従来、このような路線に対しては列車運行管理システムが導入されてきたが、ダイヤ乱れ時のダイヤ変更作業は、指令員が長年の経験に基づいて行っていた。そのため、最適な復旧案を導き出すために、現時刻以降の列車の在線状態を予測した結果の表示を行う列車運行予測技術が導入されてきた¹⁾。

しかし、列車運行予測技術は表示にしか使用されず、一方、自動制御論理では、予定の列車走行時刻にダイヤ変更結果を反映した制御ダイヤに従って制御を行っていた。そのため、列車の走行タイミングや遅延の状況によっては、当初の予測結果と自動制御結果が一致なくなり、ダイヤ復旧時間が短縮できないという課題があった。

日立製作所は、この列車運行予測技術をさらに発展させ、予測した結果を予測ダイヤとして自動制御に適用した運行管理システムを、JR京都・神戸線に納入した。これにより、列車運行ダイヤの乱れ時にも精度の高い自動制御を実現し、指令業務の負荷低減、ダイヤ復旧のための収束時間の大幅な短縮、乗客への正確な列車運行状況情報の提供を行い、

サービスレベルの大幅な向上に貢献した。

また、保守作業管理業務のシステム化により、業務効率の向上をもたらした。PDA(Personal Digital Assistant)端末を使用した保守作業の着手・終了指示のシステム化により、運行管理システムと情報を共有化し、列車間合いのチェックや線閉・進路でこの状態のチェックが可能となり、保守作業の安全を確保した。

ここでは、従来システムの課題を解決した次世代高度運行管理システムの、JR京都・神戸線への納入事例について述べる。

2 システムの構成と特徴

JR京都・神戸線は関西圏の主要都市(京都・大阪・神戸)を結ぶ交通の大動脈である。その主な特徴は以下のとおりである。

- (1) 1日当たりの運行列車は約4,000本、ラッシュ時には2～4分間隔で運行される高密度線区である。
- (2) 普通・快速・新快速・貨物・特急といった多種多様な列車が運行する。
- (3) 支線との分岐駅が多い(19駅、29線)。
- (4) 同一方向の運転線路が2本ある複々線である。

このシステムの構成を図1に示す。各系の業務は以下のとおりである。

- (1) 情報処理系:日々の運行計画、保守作業計画を管理し、当日の制御ダイヤ、保守ダイヤを作成する。
- (2) 指令管理系:当日の列車運行状況の監視・制御を行い、ダイヤ乱れ時には各種ダイヤの変更を行う。運転整理GD(Graphic Display)で列車の在線状況から予測ダイヤを作成し、各装置に配信する。
- (3) 駅制御系:各駅に分散して配置されており、自装置が管理する範囲内の列車の在線状態、信号機の状態を取り込み、列車追跡、信号機制御を行う。また、予測ダイヤを受信し、列車ごとに信号機の制御順序を作成する。

- (4) 情報端末系:関係各所に配置されており、列車運行情報やダイヤ情報を表示する。また、運行状況情報を旅客案内装置へ配信する。

3 安定輸送の確保

3.1 予測ダイヤの導入

これまでの運行管理システムでは、各装置で制御ダイヤを保持している。ダイヤ変更では、指令員が運転整理GDから制御ダイヤの変更入力を行い、変更された制御ダイヤが駅制御装置などに送信され、それによって自動制御を行う。

日立製作所が今回開発した予測ダイヤによる自動制御方式は、これまで運転整理GDの画面表示用に使用していた列車運行予測情報を、予測ダイヤとして各駅制御装置に配信し、これに基づいてすべての信号機を自動制御する方式である。

予測ダイヤは、駅制御装置で作成する列車走行実績と制御ダイヤから作成される。つまり、刻々と変化する列車の在線位置を反映し、現在の在線位置から各駅の番線に何時に到着、出発するのかを秒単位で正確に予測したものであり、制御ダイヤよりも正確である。

運転整理GDでは、予測したダイヤから2時間の間に着発する列車の到着予測時刻と出発予測時刻を、一定周期(30秒)またはダイヤ変更入力時に駅制御装置に対して配信する。駅制御装置では、配信された予測ダイヤに従って列車の走行順序を決定する。

また、新しい予測ダイヤを受信するたびに列車の走行順序を並び替えることで、常に変化する列車在線状態と、ダイヤ変更の内容をリアルタイムに制御に反映する。

このような高精度の予測ダイヤを判断材料として、直接運転整理GDでダイヤ変更入力を行う仕組みにより、ダイヤ回復に要する時間の大幅な短縮、指令業務の効率向上、安定輸送の確保を図った。

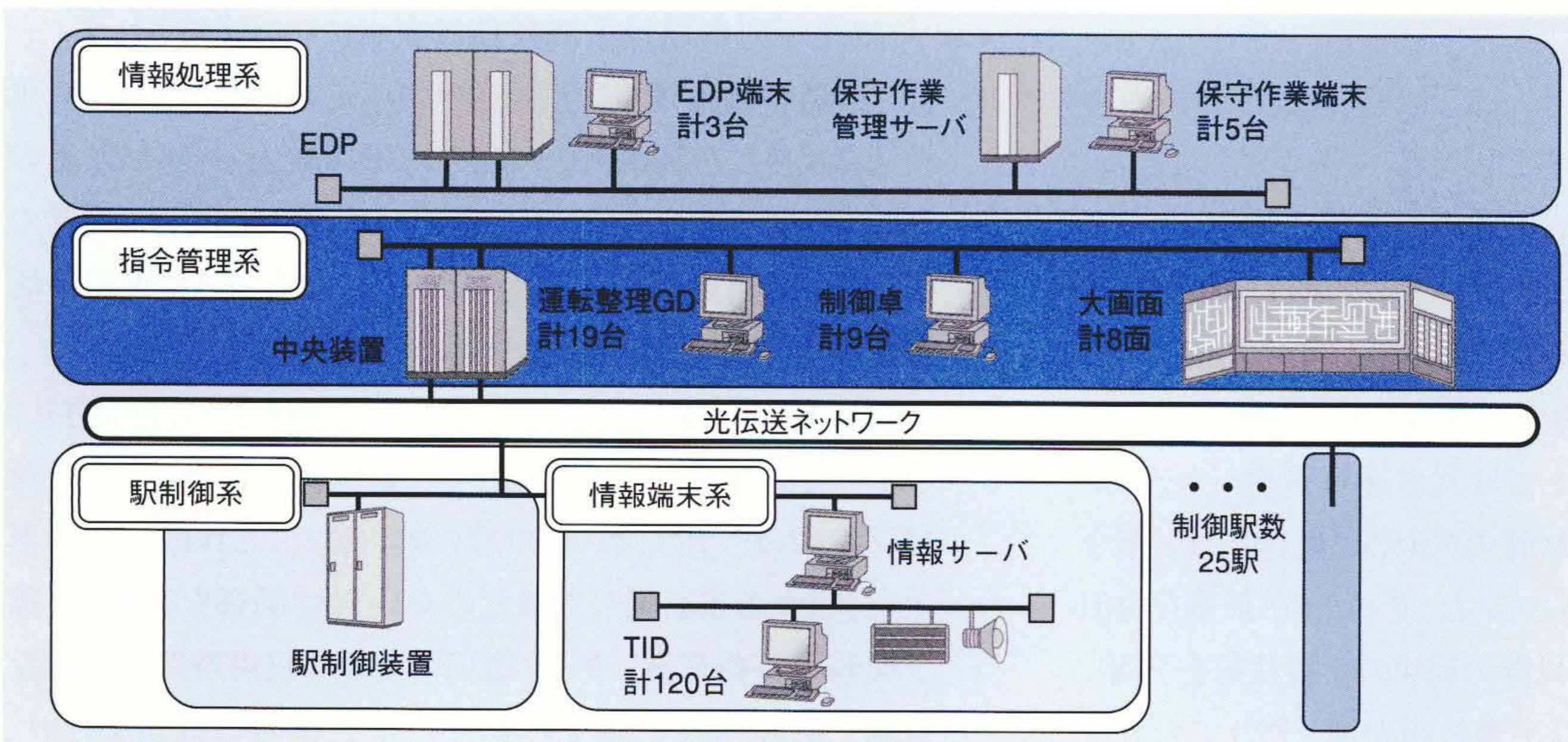
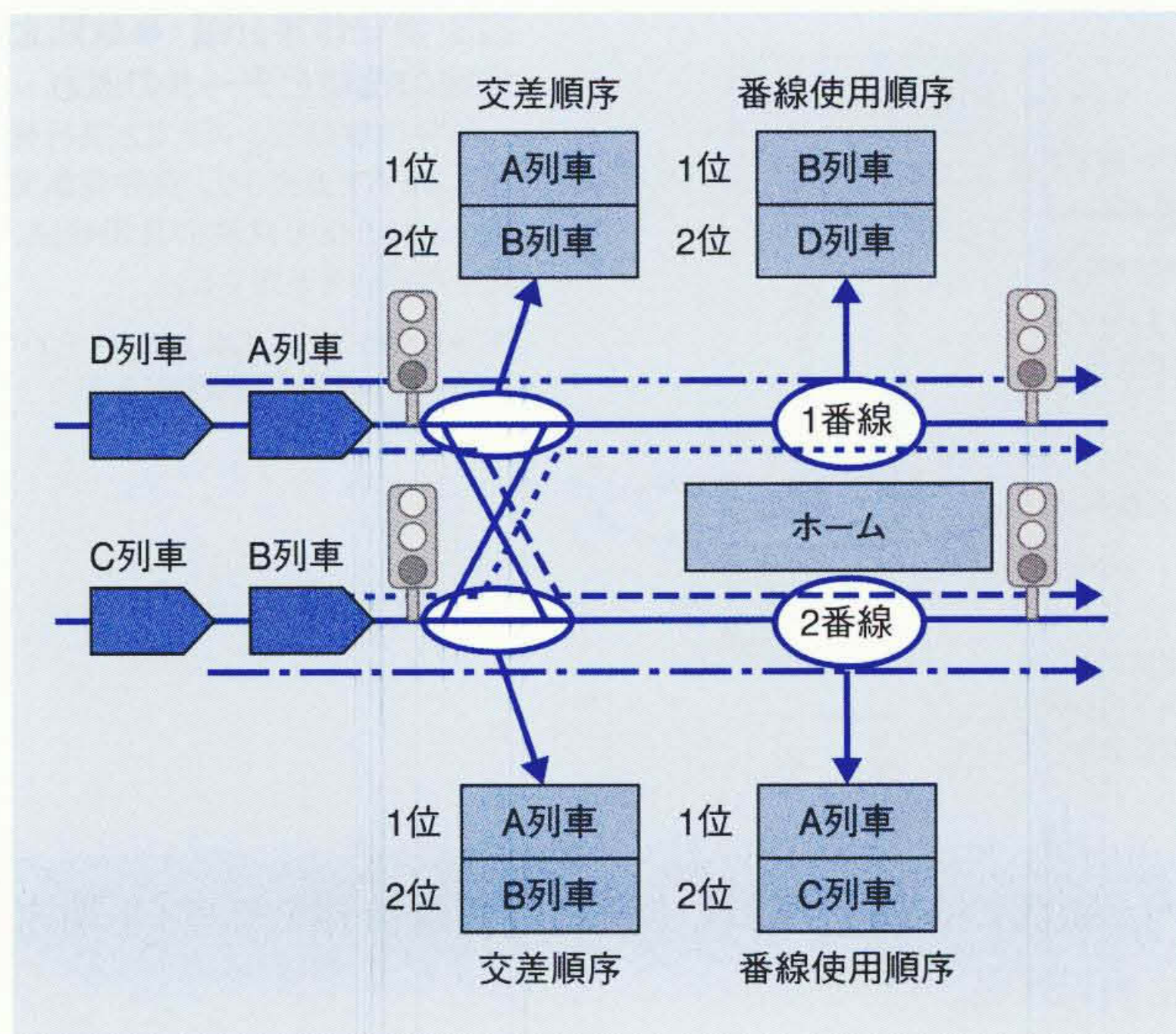


図1 システム構成

JR京都・神戸線のシステム構成には、日立製作所の自律分散システムを採用している。

注：略語説明

EDP (Electronic Data Processing)
TID (Traffic Information Display)



注：——（線路）、---（A列車の走行ルート）、-----（B列車の走行ルート）
 ---（C列車の走行ルート）、-----（D列車の走行ルート）

図2 番線使用順序と交差順序の登録例

番線使用順序の登録には各列車の到着番線と到着予測時刻の情報を、交差順序の登録には制御対象信号機と到着または出発予測時刻の情報をそれぞれ使用することにより、予測ダイヤに基づく自動制御が行われる。

3.2 予測ダイヤによる自動制御論理

予測ダイヤを自動制御論理に適用するにあたっては、運行管理システムが信号機を自動制御するために実施している各種チェック機能に着眼した。そのうち、駅の番線に到着する順序が1位かどうかをチェックする番線使用順序判断と、駅に設置された信号機単位に制御する順序をチェックする交差順序判断に予測ダイヤを適用することで、予測ダイヤに基づく自動制御を実現した(図2参照)。その手順は以下のとおりである。

- (1) 番線使用順序の登録：番線使用順序では、各駅に配置された番線に着発する列車を、予測ダイヤの到着予測時刻または出発予測時刻を使用して登録する。
- (2) 交差順序の登録：交差順序では、信号機ごとに順序情報を持たせ、番線に進入するための信号機には到着予測時刻を、番線から出発する信号機には出発予測時刻をそれぞれ使用して登録する。
- (3) 予測ダイヤによる自動制御：上記の判断を行うための情報、番線使用順序情報・交差順序情報は、周期または列車移動、ダイヤ変更などのイベントで更新され、各列車が駅に接近してきたときには必ず最新の予測ダイヤから作成される。このため、指令員が運転整理GDで確認したとおりに自動制御が行われる。

これにより、指令員が運転整理GDでダイヤ変更を行うだけで、各列車は運転整理GDに表示したダイヤどおりの制御順序で、信号機一つ一つまでを自動制御することができる²⁾。

4 情報サービスの向上

JR京都・神戸線では、多様な列車が走行することと、複々

線のため列車どうしの駅間での追い越しがあることから、どの列車に乗車すれば早く目的駅に到着できるのかといった先着案内情報を乗客に提供していた。しかし、このようなサービスは、計画ダイヤどおり列車が運行されている場合にしか行われておらず、ダイヤ乱れ時は、正確な先着情報を乗客に伝えることが困難であった。

ダイヤ乱れ時にも先着情報を提供するためには、相互の列車の遅延やダイヤ変更などを考慮した予測到着時刻を把握する必要がある。

そのため、このシステムで導入した予測ダイヤを、先着案内情報にも適用した。予測ダイヤは、信号機制御にも適用していることから、精度が高い。このダイヤを基に、正確な先着情報の提供、乗客への情報サービスの向上を図った。

各駅・電車区や車掌区など列車運行にかかわる部署の120個所に、列車の運行状況を全線区分15秒周期でリアルタイムに表示するTID(列車運行情報端末)を設置した。これらのTIDでは、列車ダイヤ、列車位置検索、遅延情報などの列車運行にかかわる情報も提供する。これにより、駅員の情報共有を支援し、駅員による乗客へのタイムリーな情報伝達も可能とした。

5 指令業務の改善

従来、ダイヤ変更時には、指令員が変更内容を紙に記入し、関係各所へファクシミリ送信し、電話で確認作業を行っていた。そのため、ダイヤ乱れ時は伝達の連絡・確認が多いうえに迅速な対応が要求されるので、指令員・駅員に大きな負担となっていた。

これを改善するために、各駅・区所に設置した伝達機能をシステム化し、ダイヤ変更入力時には自動的に指令伝達・通告が関係各所へ配信され、TIDへ出力されるようにした。また、伝達・通告の確認入力がTIDで行われるまで、ダイヤ変更された列車の信号制御を保留する。これらにより、指令業務では、作業効率を大幅に改善するとともに、ヒューマンエラーを防止した。

6 保守作業業務の効率化と事故防止支援

保守作業管理システムは、保守作業計画と事故防止支援系の二つの機能から成る(図3参照)。保守作業計画では、まず保守工事を施行する担当個所(以下、申請区と言う。)から計画段階で工事種別ごとに申請登録し、保守作業管理サーバへ登録する。次に、関係部署で申請登録した計画データを合議、承諾し、申請区を管理する保線管理室での施行承認を経て、最終的に輸送指令による作業承認を行う。輸送指令の作業承認を受けたデータは、EDPシステムを経由し、

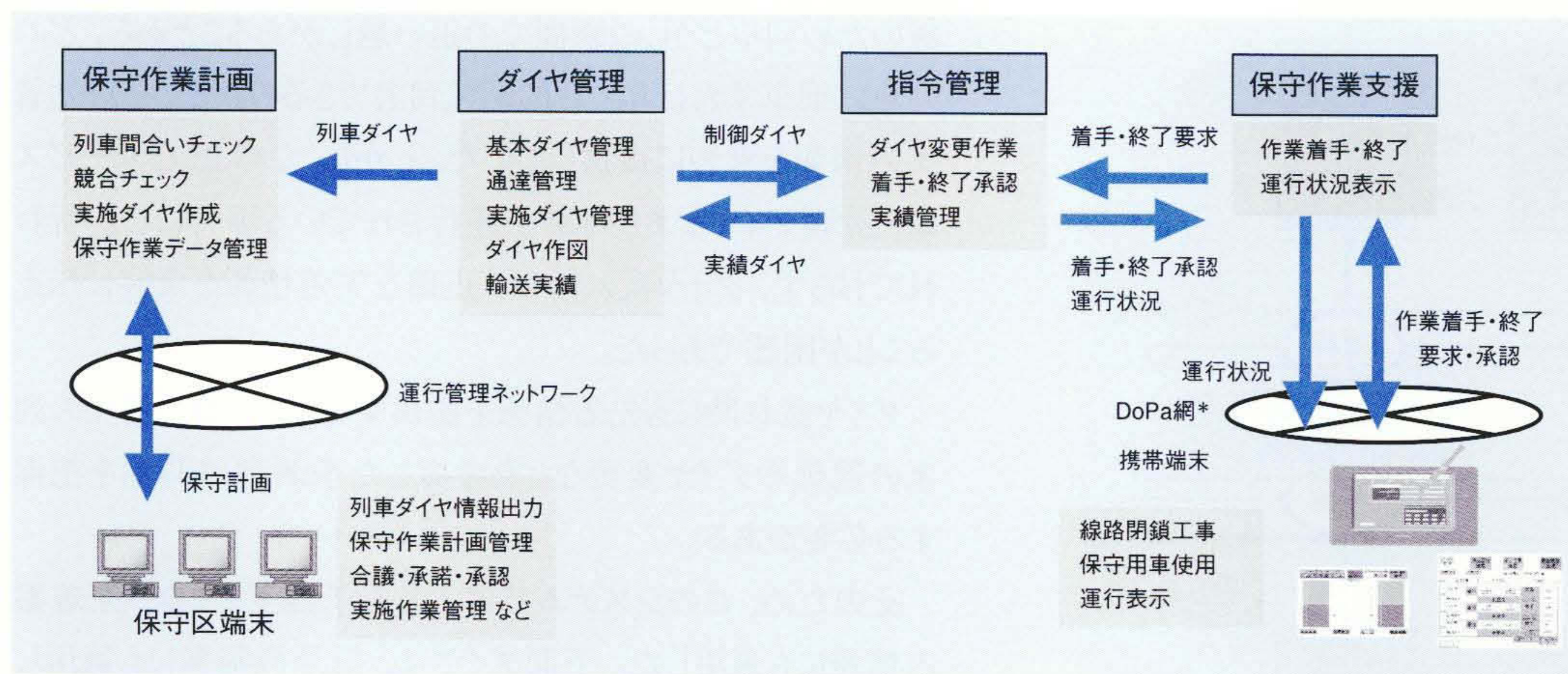


図3 保守作業計画・事故防止支援の機能とデータの流れ

保守作業管理システムと運行管理システムを連携させ、保守作業実施における指令業務の負担軽減、安全性確保を支援する。

注：*DoPaは、株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモの登録商標である。

運行管理システムへ送信される。

事故防止支援系では、これまで工事施工時に鉄道電話を使用していた現地工事作業員の着手申し込みや終了報告を、運行管理システムと連携させ、モバイル端末を使用で行う。通知を受けた中央側指令員は作業内容を画面に表示し、その画面によって線閉てこや進路てこを扱う。また、モバイル端末には、現地で列車の在線情報と遅延時分の運行情報を表示する機能がある。

ただし、モバイル端末の表示情報は、保守作業での安全を保証するものではなく、作業時の列車運行情報の確認を補完する支援系システムであり、最終的な安全の確保は人間系による確認を必要とする。

6.1 保守作業計画

保守作業計画の主な機能は、以下のとおりである。

- (1) 列車運行情報出力:列車ダイヤ図(保守作業用)、列車間合い表の列車運行情報の出力を行う。
- (2) 保守作業計画管理(信通・施設、電力):日々の保守作業計画データ(線路閉鎖工事、保守用車使用トロッコ使用など)の登録、変更、削除の管理、列車間合いチェック、作業競合チェックを行う。
- (3) 合議・承諾管理:登録されたデータについて、競合承認、合議指示、合議承諾、および施行承認を行う。
- (4) 統制作業管理:電力(停電工事)データについて、電力統制によるデータの変更と統制承認を行う。また、電力データを電力制御システムへ送信する。
- (5) 実施作業管理:施行承認、統制承認を受けた作業データに対して、列車間合いチェックを再度行い、作業番号の付与、作業承認を行う。
- (6) システムインタフェース:他システム(EDPシステム、電力制御システム)とのインタフェースを管理する。

6.2 事故防止支援

- (1) 実施作業管理:モバイル端末からの着手申し込み、および終了報告を行う。
- (2) 列車運行情報表示:運行管理システムと連携し、駅構

内、駅間の在線状況および列車の遅延情報をモバイル端末に表示する。

7 おわりに

ここでは、日立製作所が開発した在来基幹線に対応する次世代高度運行管理システムの、JR京都・神戸線への納入事例について述べた。

運行管理システムには、いっそうの安定輸送の確保、指令業務の改善、情報サービスの向上が求められている。

今後は、情報処理系と当日制御系の統合、運転整理機能の複数線区対応などによって完成度を高め、近代的なシステムを目指した開発を進めていく考えである。

執筆者紹介



庄司雅幸

1991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 交通システム設計部 所属
現在、運行管理システムの開発に従事
E-mail: masayuki_shouji @ pis. hitachi. co. jp



大隅英貴

1996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 交通システム設計部 所属
現在、運行管理システムの開発に従事
電気学会会員
E-mail: hideki_oosumi @ pis. hitachi. co. jp



戸田和宏

1988年日立物流ソフトウェア株式会社入社、日立製作所 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 交通第3システム部 所属
現在、保守作業管理システム開発のプロジェクト管理に従事
E-mail: ka-toda @ itg. hitachi. co. jp



小林克巳

1987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 輸送管理システム部 所属
現在、鉄道輸送管理システム関連業務に従事
E-mail: katsumi-a_kobayashi @ pis. hitachi. co. jp