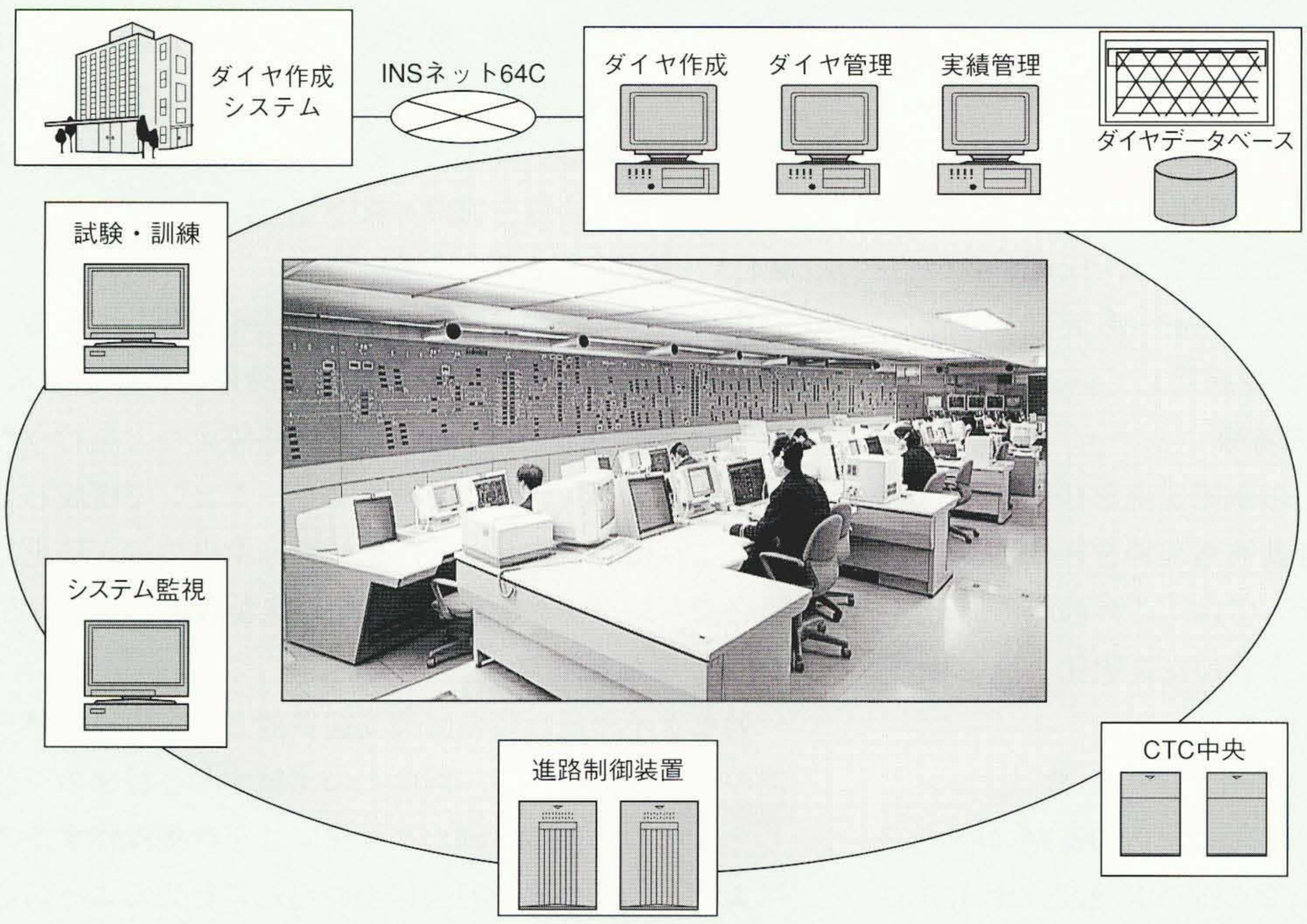
最近の列車運行管理システム

Recent Train Traffic Control Systems

片平正樹 *Masaki Katahira* 内村年秀 *Toshihide Uchimura*
柳井繁伸 *Sigenobu Yanai* 長井卓也 *Takuya Nagai*



注：略語説明
ダイヤ（ダイヤグラム）
GD（Graphic Display）
CTC（Centralized Traffic Control）

最近の列車運行管理システム

最近の列車運行管理システムでは，オープンなインタフェースによるサブシステム間接続や，最新鋭のワークステーションによって指令員の操作性向上を実現している。

鉄道輸送業務では，少子化・高齢化が進む中で旅客需要の伸びが期待できないことから，運行業務の効率向上が求められており，列車運行の中心となる運行管理システムの重要性がますます高まってきている。さらに，最近の利用者ニーズの多様化にこたえて，高速性，利便性，快適性，およびサービス性を向上した，よりきめ細かな対応が求められている。

日立製作所の列車運行管理システムの導入は，1971年の札幌市交通局地下鉄南北線と，1972年の東海道・山陽新幹線のコムトラックシステムに始まり，以後，JR新幹線，JR在来線，公営地下鉄道や民営鉄道（公・民鉄）を中心に，鉄道システムの中枢を成すシステムとして広く導入され，発展してきている。

最近の運行管理システムの特徴として，運行業務の効率向上のため，自動制御範囲の拡大（大駅制御），構内入換制御の実現など，対象となる設備の拡大や，指令員に対する操作性向上のための列車ダイヤすじによる「運転整理」機能の充実が図られている。また，利用客へのサービス向上を目的とした旅客案内装置との接続，高密度運転化，ワンマン運転・無人運転化への対応や，駅・運転区所などへの情報サービスの提供など，大規模かつ高機能な運行管理システムの導入が活発に行われている。

1 はじめに

列車運行管理システムでは，列車ダイヤ（ダイヤグラム）に従って信号機や転てつ器などの鉄道設備を制御し，列車をダイヤどおりに運転させることを基本機能としている。

最近のシステムの特徴として，比較的単純な路線形態を持つ中・小規模駅の本線列車を対象とした列車追跡や，自動進路制御を行う基本的な機能に加え，(1) より自動化を進めるための複雑な路線形態を持つ大駅の制御や，構内入換作業の自動制御，(2) 高密度運転を実現するための列車群管理や等時隔制御，(3) 列車ダイヤ乱れ時の回復支援を充実させるための運転整理機能，(4) 駅員・乗務員への列車運行状況の迅速な伝達，さらに(5) 運行状況の変化に応じたリアルタイムでの旅客案内など，情報サービスの充実が求められている。

ここでは，最近の列車運行管理システムの技術動向について述べる。

2 JR対応の在来線運行管理システム

在来線運行管理システムの構成を**図1**に示す。

運行管理中央装置をはじめとして，各機器は自律分散アーキテクチャを採用したネットワーク接続としている。二重化構成による伝送路と，「協調自律分散通信サポートソフトウェア」の採用によって，高信頼で柔軟性と拡張性に優れたシステムを実現している。

また，運転整理卓や制御卓には汎用のワークステーションを採用して負荷分散を図るとともに，伝送システムであるCTC(Centralized Traffic Control)装置との接続にもオープンな汎用プロトコルを採用している。

2.1 在来線運行管理システムの特徴

運行管理システムでは，列車の在線状況をリアルタイムに把握し，ダイヤに従った自動進路制御を行うことが基本機能である。最近のシステムでは，この機能に加えて，自動制御範囲の拡大や指令業務の支援強化，情報サービスの向上などが求められている。

2.1.1 大規模駅の自動制御

従来システムでは，進路数が最大20から30進路の中・小規模駅が自動進路制御の対象であったが，最近では100進路を超える大規模駅の自動進路制御化も可能になり，駅業務の大幅な効率向上が実現できるようになってきた。

2.1.2 構内入換の自動制御

従来，駅構内の入換作業に対しては中央からの自動制御は行わずに列車の在線状態の追跡だけを行い，制御は駅扱いとしていたが，最近では，駅扱い業務の効率化の観点から，自動制御の対象とするようにしている。中央からの自動制御を可能とするために，入換信号機や誘導信号機などの設備を制御対象としている。

2.1.3 運行表示と手動制御

中央の指令員用に表示卓と制御卓を配置している。表示卓は列車の在線状態や各種現場設備の状態を表示し，制御卓は中央からの手動による進路設定などを行うためのものであり，複数のワークステーションで構成している。これによって万が一，運行管理中央装置が停止した場合でも，バックアップ動作が可能な構成としている。

2.1.4 運転整理

列車ダイヤ乱れ時の回復支援機能としての運転整理機能の充実を図るため，画面上に実績すじと将来の予想すじを表示し，表示されたダイヤすじを直接操作することにより，運転整理を容易にかつ迅速に行えるようにして

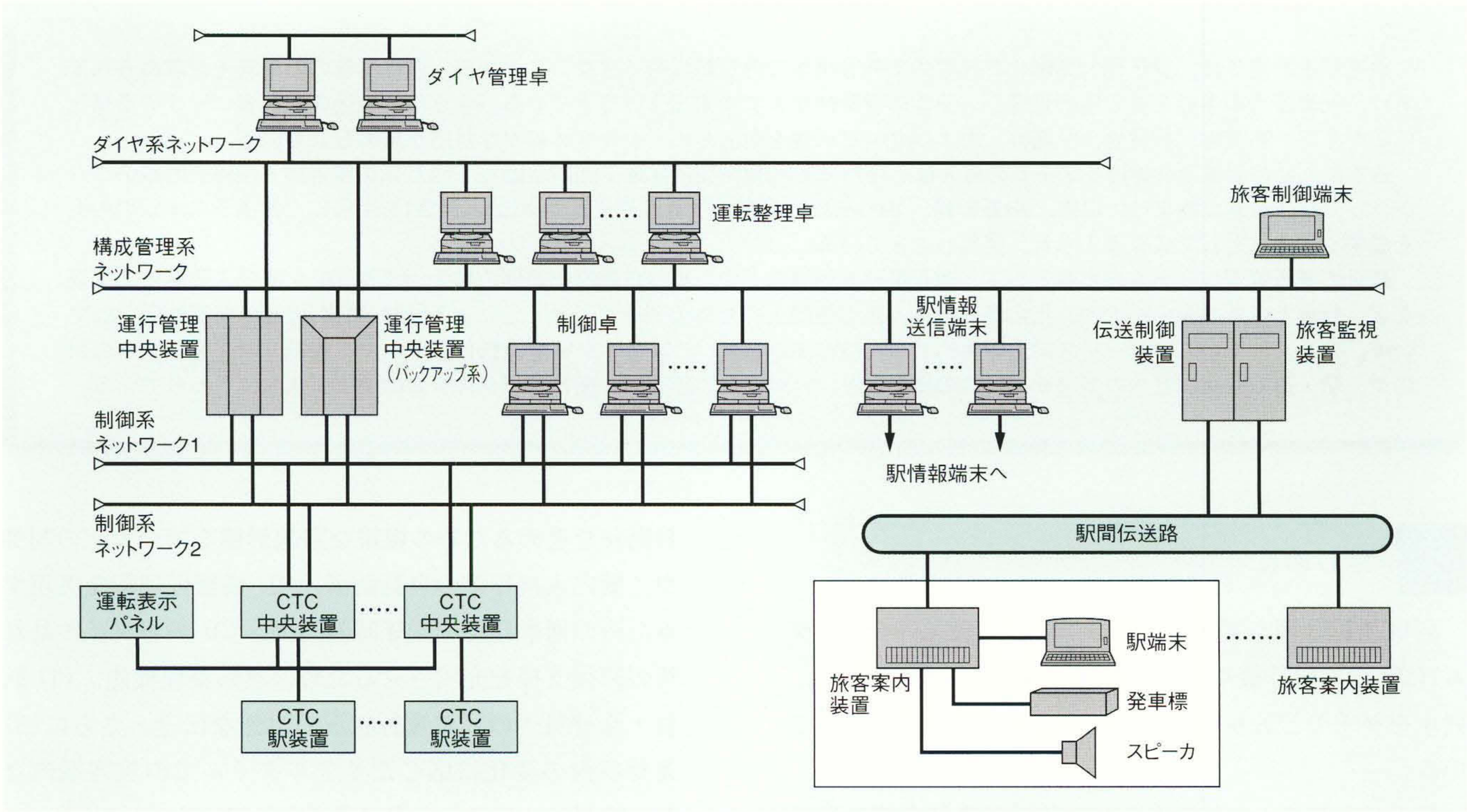


図1 運行管理システムの構成例

運行管理中央装置には，フォールトトレラント型制御用計算機を採用し，高信頼化を図るとともに，マンマシン系として汎用ワークステーションを用いている。

いる。

2.1.5　運行情報サービス

このサービスでは，運行管理中央装置の情報を基に，列車の接近をはじめ，遅れ時分やダイヤ変更内容を自動的にリアルタイムで放送し，発車票に表示する。発車票の文字や放送伝文などのデータを中央から変更することができ，ダイヤ改正時などの保守性・拡張性を大幅に向上させている。また，駅情報端末は駅や運転区所などに設置され，これによって運行状況の把握が可能となり，乗客へのきめ細かい情報サービスが可能となった。

2.1.6　統合型設備データツール

運行管理システムの構築には，列車追跡や進路制御などのプログラムと，信号機や軌道回路などの属性を定義する膨大な設備データが必要となる。プログラムの標準化は進んでいるものの，データ作成が膨大な作業量となってきている。

今回，日立製作所は，設備データの項目を整理して，データベース化することによって重複入力を排除し，簡単な入力操作・論理チェック機能を持たせた統合型設備データツールを適用することにより，データの作成効率向上とデータ内容の品質向上を図った。

3　公・民鉄対応の運行管理システム

3.1　公・民鉄対応のシステムの動向

公営地下鉄や大手民鉄各社の既設路線では，進路制御の自動化，指令業務の軽減と乗客サービス向上を目的とした運行管理システムの第1次導入がほぼ完了し，第2次システム化に向けて検討が開始されている。

第2次システム化の課題としては，(1) より効率的な業務形態の構築，(2) 大都市近郊路線の混雑度緩和と列車種別の多様化による通勤時間短縮を目的とする高密度運転化技術，(3) 運営経費の低減を目的としたワンマン・無人運転化や保守費の低減，(4) 熟練者の高齢化に伴う技術の伝承，(5) 鉄道運営のOA化や旅客への情報サービスなどがあり，盛んに対応策が検討されている(**図2**参照)。

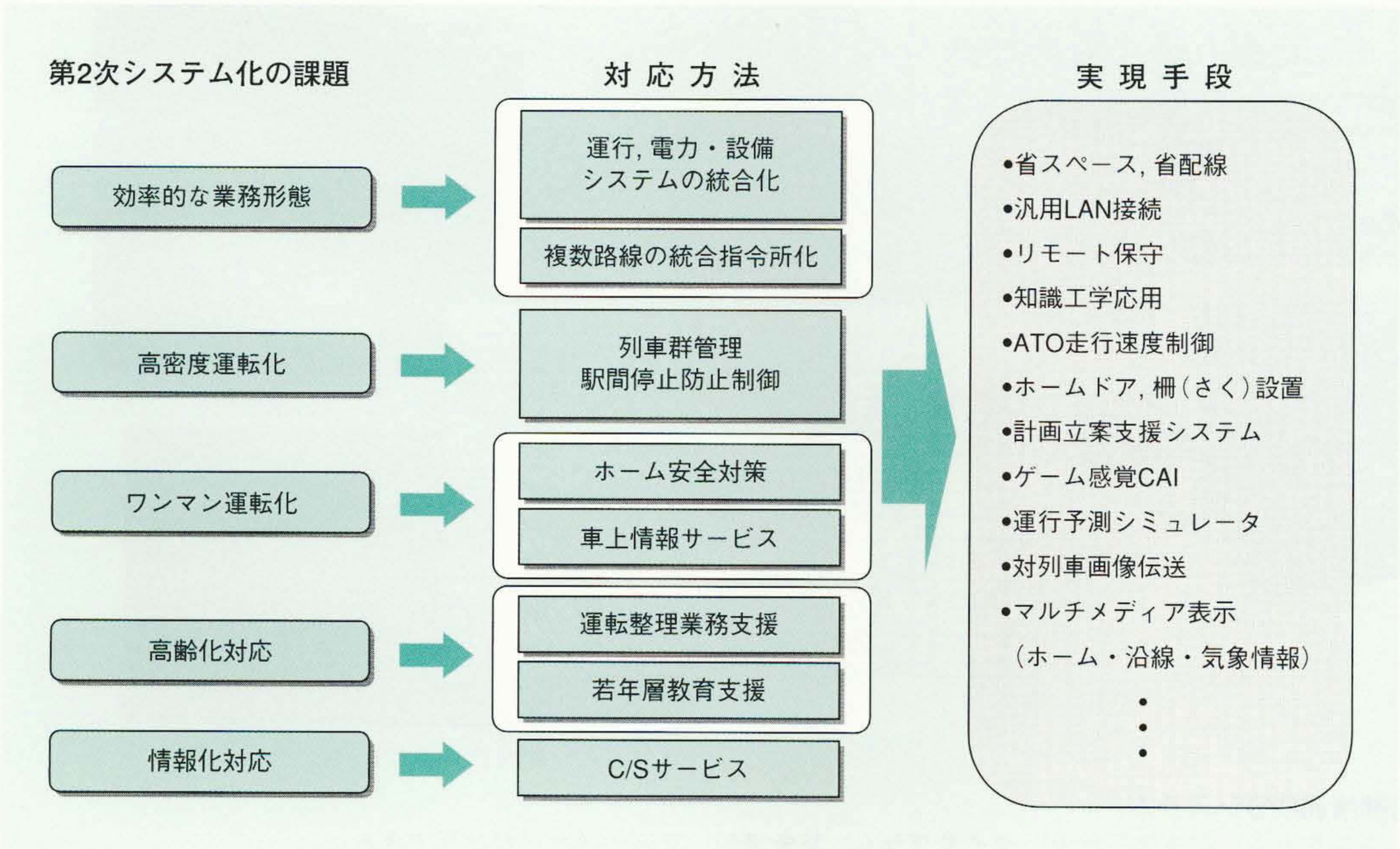
3.1.1　効率的な業務形態の構築

運行，電力・設備，車両指令システムの統合化により，事故や災害などによるダイヤ乱れ発生時の状況把握，応急処置，代替機材・要員の確保などでの意思決定を迅速化する。

また，複数路線の指令所を統合することにより，異常時の応援要員を共有化でき，弾力的な運営が可能となる。

3.1.2　高密度運転化

ラッシュ時間帯の慢性的な遅延発生状況では，列車個々で遅延を回復しようとすると，先行列車の遅れで後続列車が駅間で停止することになったり，列車の到着間隔のばらつきが発生し，特定の列車に乗客が片寄ることになり，新たな遅延の発生の原因となる。このような状況では，個々の列車のダイヤ上の絶対的な遅れではなく，列車を群としてとらえ(列車群管理)，列車間の相対時隔を最小ヘッドに保つ制御(等時隔制御)が最も効果的であ



注：略語説明
C/S (Client-Server System)
ATO (Automatic Train Operation)
CAI (Computer-Aided Instruction)

図2　第2次システム化の課題と対応
第2次システム化では，システムの統合化による効率的な業務形態の構築が中心的課題である。

る。このためには，駅間の走行速度を指定し，次駅にゆっくり進入させる制御が必要となってきている。

3.1.3　ワンマン運転・無人運転化

列車運転のワンマン化・無人化を実現するには，ホーム乗降客の安全確保のためのホームドアまたはホーム柵(さく)の設置は不可欠であり，ITV(Industrial Television)によるホーム監視画像を車上の運転席や指令室に伝送する設備が必要となる。また，車内乗客への案内情報サービスを充実させることも大切である。

3.1.4　高齢化対応

豊富な知識と勘と経験で卓越した技術を持つ熟練者の高齢化が進み，若年層への技術の伝承が急務になっている。特に，ダイヤ乱れ時に的確な判断と迅速な処置を要する運転整理業務や，多数の関連部署との調整が必要なダイヤ作成，乗務員運用，車両運用の計画立案業務では，支援システムの導入が必須となっている。

3.1.5　情報化対応

従来，運転指令所に集中してきた運行状況や車両情報を関係部署でもリアルタイムに入手して，迅速な対応や旅客への正確な情報提供を可能とする基幹LANやC/Sシステムサービスの整備が進んでいる。将来は，旅客への映像配信サービスも予定されている。

3.2　公・民鉄対応システムの事例1 (福岡市地下鉄運行管理システム)

このシステムは，1981年に，運行管理，情報伝送，および電力管理の各システムから成るトータルシステムとして運用を開始した。このたびの運行管理システム更新では，局舎内(電気課，運転課など)と各駅を含めた運行制御情報C/Sシステムを新たに導入した(**図3**参照)。

3.2.1　運行制御情報C/Sシステムの構成

このシステムは下記の機器で構成している。

(1) 運行情報サーバ

運行管理中央計算機で収集した運行実績，制御出力などのデータや気象情報受信装置で受信したデータを収集し，サーバ内のデータベースとファイルに蓄積する。

(2) 気象情報受信装置

気象衛星「ひまわり」からの画像データや，文字放送データなどを受信し，運行情報サーバに送信する。

(3) クライアント装置

運行情報サーバ内のデータベースに蓄積されたデータを検索，加工し，画面表示や各種帳票の出力を行う。

これらの装置は，10 Mビット/sのデータ転送能力を持つCSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)方式の支線LANで接続し，さらに，100 Mビット/sの総合伝送路に接続させている。

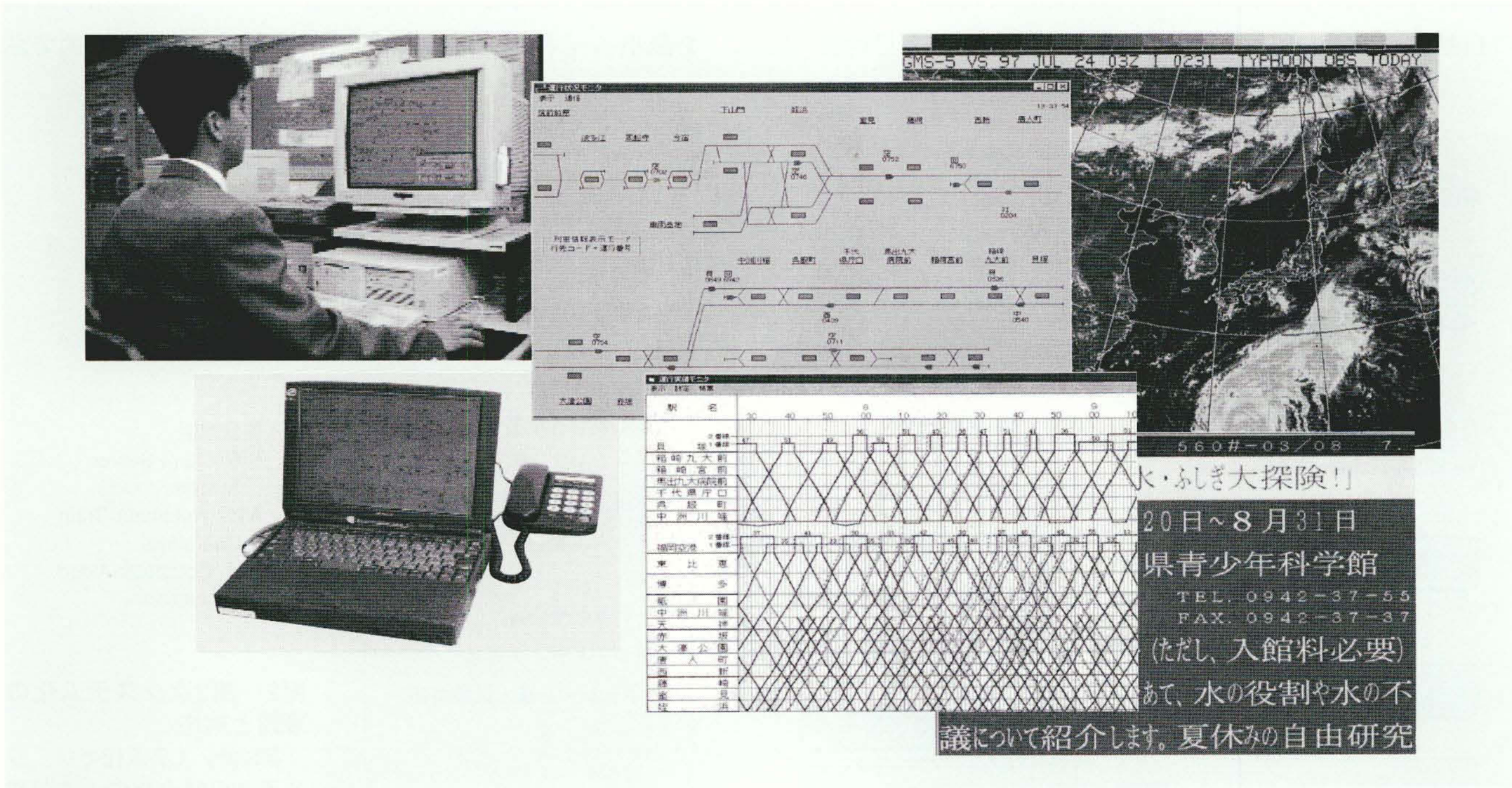


図3　福岡市地下鉄の運行制御情報C/Sシステム
各部署に設置したクライアント端末から，列車運行状況，ダイヤグラム，気象情報，文字放送などが参照できる。

3.2.2　運行制御情報C/Sシステムの概要

(1) 運行状況モニタ

運行管理システムからサーバに対して周期的に送出する列車情報を基に，路線図上に列車在線位置，行き先，遅延時分を表示する。また，先次発案内や車両基地からの出庫情報などを表示する。

(2) 運行実績，ダイヤ情報モニタ

運行実績データ(実着発時刻，遅延時分)を，実施ダイヤとともに，山ダイヤとして表示する。また，運番ごとの各駅発時刻データを帳票形式で表示する。市販ソフトウェアを用いて，帳票表示，プリンタ出力，フロッピーディスクへの記録が可能である。

(3) 走行記録モニタ

列車走行実績を，号線別，社線別に帳票形式で表示する。記録データは，クライアント側で修正が可能である。

(4) 気象情報モニタ

気象情報受信装置で受信した，気象衛星「ひまわり」画像，天気図ファクシミリ，文字放送画像を表示する。

3.2.3　その他の特徴

(1) 車両運用システムの導入

車両運用表や月検査工程表などに基づいて，車両運用計画表と構内運用計画表を立案する「車両運用システム」を導入した。

(2) 指令訓練パソコン

これまでの運輸指令員に対する教育は，システムの取扱説明書や交通局内の運転関係規定集などの文書を使って行われてきたが，このたび，パソコンを用いた教育訓練システムを導入した。このシステムでは，ゲームの要素を取り入れることにより，学習者が，システム構成，機能，および通常時・緊急時の指令運用手順を系統的に学習できるものとしている。また，学習途中で関連情報も参照できるようにした。

3.3　公・民鉄対応システムの事例2
(京都市交地下鉄東西線運行管理システム)

京都市交地下鉄東西線は，市内の渋滞緩和と通勤客・観光客へのサービス向上を図るために開業した，醍醐駅から二条駅までの13駅を結ぶ12.7 kmの路線である。列車運行は，ホームドアを設備し，ワンマン運転で行っている。

3.3.1　システムの概要

運行管理システムは，乗客に対する安全とサービスの向上および指令業務の支援と効率向上を目的としており，自律分散アーキテクチャを採用した。

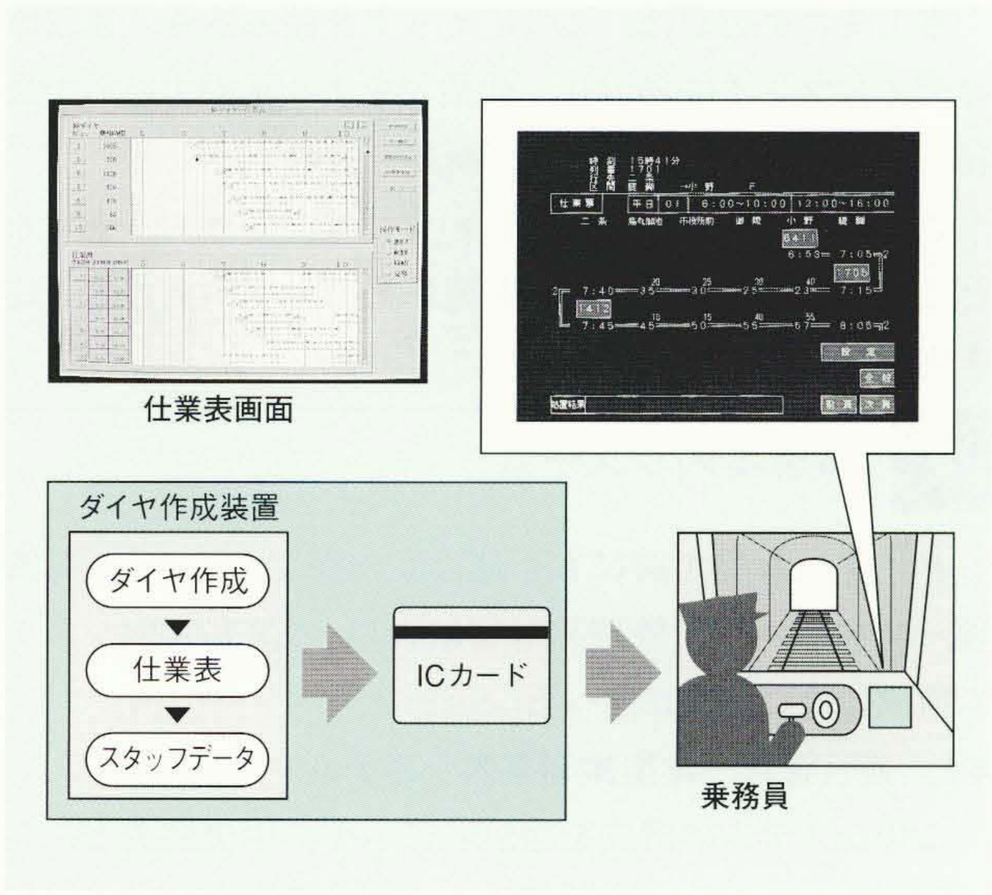


図4　乗務員仕業表ICカード
乗務員は，仕業表を格納したICカードを携帯し，車上のモニタ装置で当日の作業内容を確認する。

3.3.2　特　徴

このシステムの特徴は，列車のワンマン運転に対応した監視機能と，ダイヤ作成機能として車上モニタ用のICカード作成機能を持っていることである。

これらの機能により，地上と車上の機能を連携させた，効率的で安全性の高い運行管理システムを実現している。

(1) 列車ワンマン運転対応の支援機能

列車無線装置から非常発報や非常通報などの情報を取り込み，異常発生時に運行表示盤(70型高精細ディスプレイ)に警報表示し，指令員に異常を知らせる。ホーム監視が必要となる異常(ホームドア故障，一斉停止，非常停止)を監視し，異常発生時には運行表示盤のITVモニタに該当駅ホームの映像を自動的に表示し，指令員を支援する。車上のモニタ機器に異常が発生した場合は，指令員の指定で該当列車を随時追跡し，駅ホームに停車中は，該当駅のホーム映像を運行表示盤のITVモニタに自動表示する。

以上の機能により，地上側(運行管理機能)からワンマン運転列車の安全運行を支援している。

(2) 車上モニタ用ICカード作成機能

ダイヤ作成装置は，運転曲線作成機能，時隔曲線作成機能，基本ダイヤ作成機能，および仕業表作成機能で構成している。仕業表作成機能は，ダイヤ情報を基に乗務員仕業表を作成するが，このシステムでは乗務員仕業表を基に乗務員別に展開したスタッフデータをICカードに作成し，車上モニタ装置に提供している。

車上モニタ装置は，このICカードを読み込み，運転席のディスプレイに表示し，仕業表をより見やすい形で乗務員に提供する。この機能の概要を**図4**に示す。

以上の機能により，乗務員の支援機能をサポートするとともに，ダイヤ改正時の関連作業の効率向上と省力化を実現した。

4　旅客案内システム

ダイヤ乱れ発生時にも正確な案内ができる，「運行管理一体型」と「運行管理分離密結合型」の旅客案内システム構成について次に述べる。

4.1　運行管理一体型旅客案内システム

このシステムの構成を**図5**(a)に示す。中央装置と，各連動駅に設けられた駅装置から成る分散型システムで構成する。駅装置は，二重系のプロセッサと，表示器・音源のインタフェース用のプロセッサを含めた三つのプロセッサから成る。運行管理システムと一体型であり，運行管理システムに対するダイヤ変更入力が，そのまま旅客案内に反映される。また，列車の走行順序を常に監視し，列車在線状況から駅の出発順序を優先して決定するため，ダイヤ乱れ時でも正確な案内が可能となる。

運行管理システムとハードウェア・ソフトウェアを共有でき，コストパフォーマンスが良い。

4.2　運行管理分離密結合型旅客案内システム

このシステムの構成を**図5**(b)に示す。中央装置が集中制御する運行管理システムで，運行管理と旅客案内装置とは自律分散ループで接続した構成としている。運行管理システムに対するダイヤ変更入力をそのまま旅客案内に反映させるため，ダイヤは運行管理一括管理とし，ダイヤ情報や案内に必要な出発順序，在線列車情報を運行管理から定周期に受信することにより，ダイヤ乱れ時でも正確な案内が可能となる。

5　おわりに

ここでは，最近の列車運行管理システムについて述べた。

列車の運行管理では，鉄道輸送を円滑に運営する中核システムとしての役割がますます重要になってきている。

今後は，システムの高度化，安定化を推進していくとともに，より広範囲の情報サービスの実現を目指して開発を進めていく考えである。

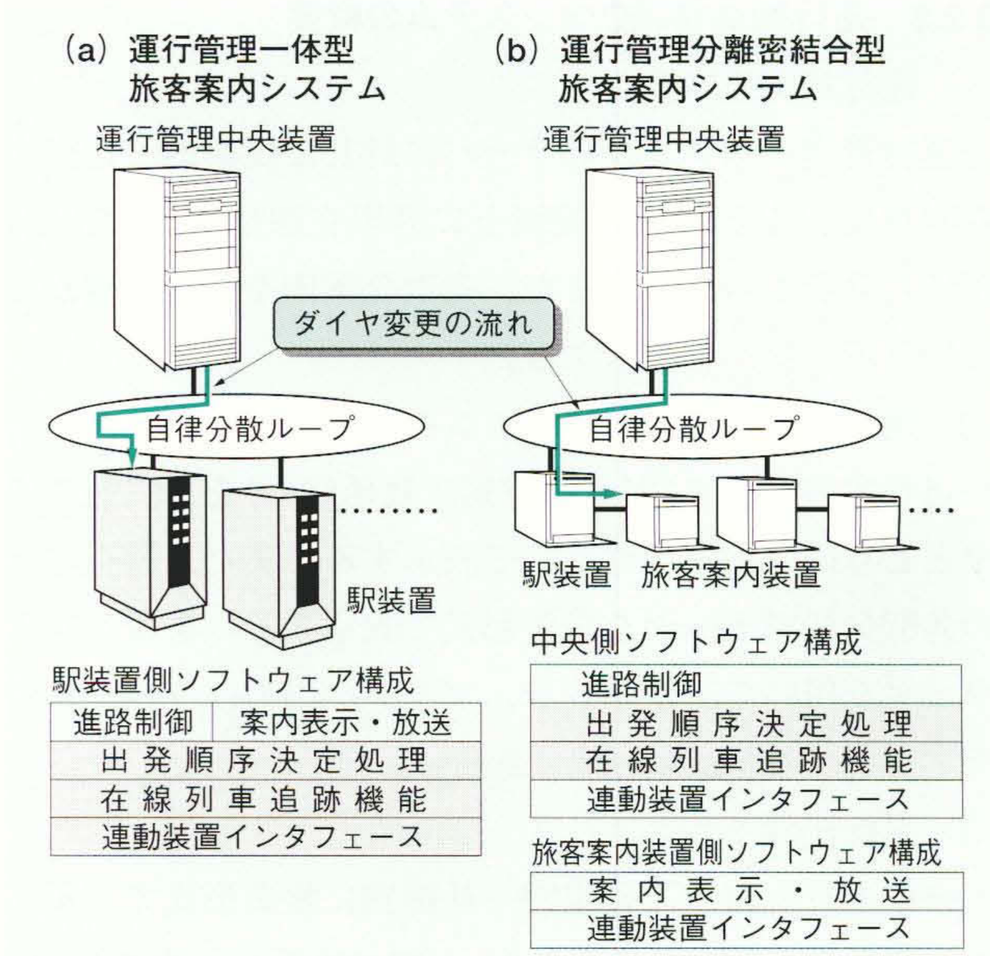


図5　旅客案内システムの構成例
ソフトウェア構成中の網掛け部分が，運行管理と旅客案内システムで共通となるソフトウェアである。

参考文献

1) 川口，外：乗客サービスの向上と指令員の負担低減を目指した次世代型列車運行管理システム，日立評論，**79**，2，173～176(平9-2)

執筆者紹介

片平正樹
1973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，運行管理システムの開発に従事
E-mail：m-katahi @ omika. hitachi. co. jp

柳井繁伸
1978年日立製作所入社，水戸工場 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：yanai @ cm. mito. hitachi. co. jp

内村年秀
1978年日立製作所入社，交通事業部 交通システム部 所属
現在，運行管理システムの開発に従事
E-mail：t_uchi @ cm. head. hitachi. co. jp

長井卓也
1982年日立製作所入社，システム事業部 輸送システム部所属
現在，運行管理システムの開発に従事
E-mail：nagataku @ cm. head. hitachi. co. jp