

列車運行管理システム

Traffic Regulating System for Railway

我が国において、鉄道が公共輸送機関としてますます重大な責務を負いつつあることは言うまでもないが、特に通勤輸送をはじめとする都市輸送のための交通機関は、今後更に運行密度が高まる傾向にある。

このため列車運行に伴う種々の業務に対して、これまで以上にその正確さと迅速性が要求されることになり、安全の確保と円滑な輸送を行なうためには、新しいシステムが必要となってきた。

本稿はこれらの背景において、運行管理システムの最近の動向と、新たに開発された幾つかのシステムの概要について述べる。

川合義憲*	Kawai Yoshinori
久保裕**	Kubo Yutaka
大島弘安***	Ôshima Hiroyasu
刈谷志津郎****	Kariya Shizuo
小林正和*****	Kobayashi Masakazu

1 緒言

制御用計算機を用いた列車運行管理システムは、昭和47年に完成した東海道新幹線(東京～大阪間)のCOMTRACシステム(Computer Aided Traffic Control System)を契機として、大都市の地下鉄や一般鉄道にも導入されるようになってきた。

列車運行管理システムは、個々の列車の動きに応じて列車進路を制御し、また列車群管理機能を持って輸送効率の向上を図るオンライン制御システムで、鉄道トータルシステムの中核を占めるサブシステムである。

最近完成した札幌市交通局東西線の運行管理システムは、特に列車群管理機能の充実を図っているもので、情報伝送装置を介して列車と有機的に結合し、自動運転装置に指令を与え、列車を群として管理して効率のよい運行を確保している。

この運行管理システム導入の主な目的と効果を挙げれば、次のようになる。

- (1) 輸送の安全の確保
- (2) 列車走行の時間間隔を調整することにより乗降客混雑の平均化を図る。
- (3) ダイヤ乱れ、又は異常の早期発見と迅速な対処により混乱を防止する。
- (4) 少ない要員による業務管理
- (5) 乗客へのサービス向上
- (6) 列車運行の制御とそれに伴う記録統計の自動作成

このようにして開発された運行管理システムは、既にその採用が一般化しており、トータルシステムに含まれる他のサブシステムとオンライン化が図られ、その制御範囲は今後更に広がろうとしている。本稿は、これら運行管理システムの最近の動向について述べ、更に代表例によってシステムの具体的機能を示そうとするものである。

2 運行管理システムの動向

制御用計算機を利用して列車の進路制御を行なうことから出発した運行管理システムは、その後、機能あるいは構成の面で種々の発展をみせつつある。これらの発展動向を大きく分類すると次のようになる。

- (1) 計算機多重構成への発展
- (2) 列車とのデータ伝送機能による列車群制御システムへの発展。
- (3) マイクロコンピュータを含む小形高性能の計算機を主要駅に設け、端末機器の制御はこれらの計算機から直接行なうようにした機能分散形運行管理システムへの発展。
- (4) 本来の運行管理システムの機能だけでなく、駅設備の管理、あるいは電力管理などの機能を含む多機能形運行管理システムへの発展。

これらの方式は、その対象とするシステムにより最適な方向が選択されるべきであるが、次にこれらの方式の概要について述べる。

2.1 多重系方式

運行管理システムでは、開発当初から計算機の多重化が検討された。日本国有鉄道COMTRACシステム(第1段階の東京～大阪間のシステム)では、二重系による同期式データ照合方式が開発された。これは特にハード上の平均故障間隔(以下、MTBFと略す)の改善と出力データの信頼性向上を目的としたものであるが、その後これをベースとして、次のような各種の方式が開発されている。

2.1.1 新しい二重系方式

最近の計算機は異常検知回路、診断機能回路の拡充、あるいはMTBFの改善などにより、ハードウェア面での信頼性が大幅に向上されている。しかし、ソフトウェア面では機能の拡大や他システムとのオンライン化などにより、システムが複雑になってきている。

したがって、システム全体のMTBFを考える場合、ソフトウェア面の信頼性が大きな比重を占めるようになってきた。

本方式は、ハードウェア面だけでなくソフトウェア面においても、システムの二重系構成を図ることによりそのMTBFを向上させる目的で開発されたもので、その特長は次のとおりである(図1参照)。

- (1) 主系では常に全機能のプログラムが動作しているが、従系では系切替時、制御出力の連続性を確保するために必要な最少プログラムだけが動作する。

したがって、主系だけで動作しているプログラムに異常が

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所機電事業本部 **** 日立製作所システム技術本部
***** 日立製作所システム開発研究所

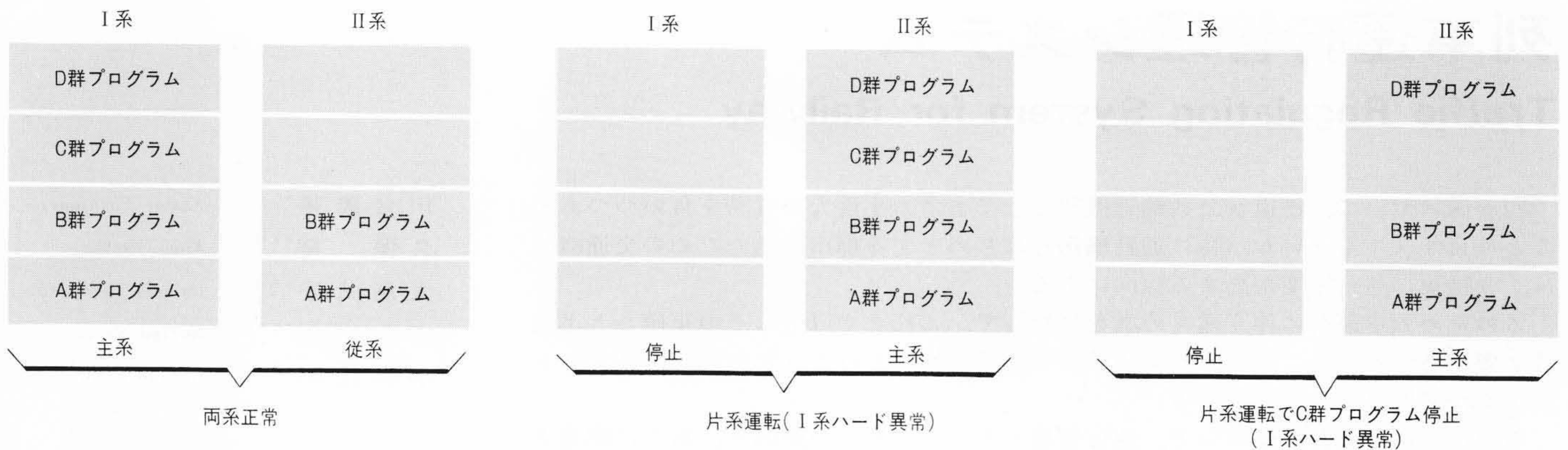


図1 異常時の運転状態 片系のハード異常発生時は、もう一方の系による片系運転となり、更にプログラムエラーが発生すれば、その群のプログラムを停止する。

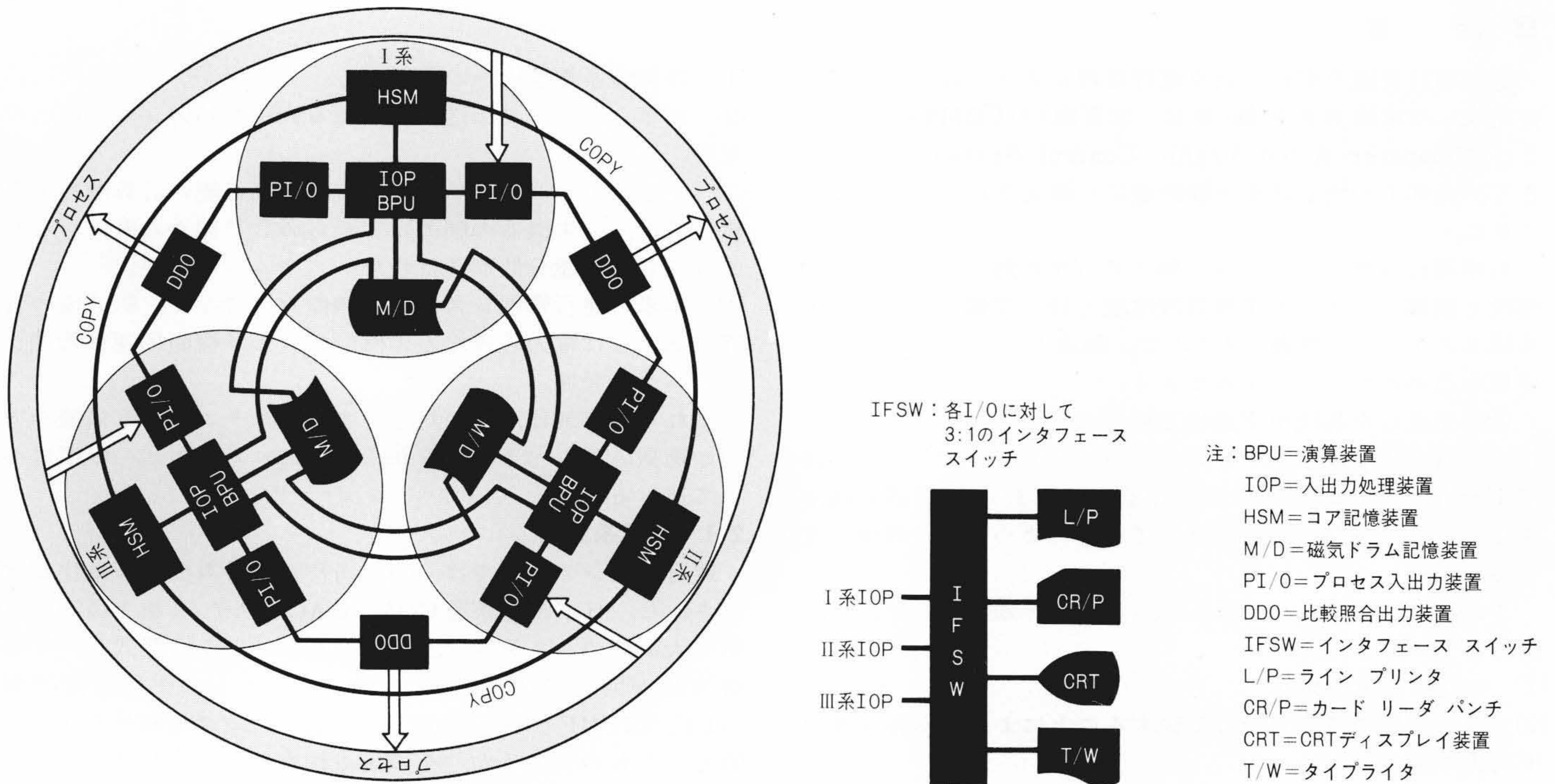


図2 三重系システム構成図 3台の計算機を図のように組み合わせて、二重系運転が常に確保される構成制御を行なっている。

発生しても両系の同時ダウンが防止できる。また、計算機の処理能力の向上が図れる。

(2) 更に全機能のタスクを幾つかの群に分類し、あるタスクの機能が停止しても他タスク群へ異常が波及することを防いでいる。

2.1.2 三重系方式

二重系運転方式の信頼性を更に向上させるためには、三重系の計算機システム構成がとられる¹⁾。これは単純に高度の信頼度を達成する目的だけでなく、複雑化するハードウェアの保守性の向上と、システムの改修、機能の拡張などの稼働中の工事にも対処できるための冗長性要求に基づくものである。計算機を多重化する場合と、部品などを並列に置く多重化との大きな相違は、計算機がメモリ、ファイルなどをもち、時系列的な処理を行なう装置であるため、一つの系が故障した場合に単純に他系に切り替えバックアップさせることが困難なことである。切替時の制御、処理、メモリ・ファイルなどの連続性、一致が保たれるよう、高度な構成制御技術が必

要になる。

図2はCOMTRACシステム(東京～博多間)に適用されている三重系方式の例である。3台の計算機を対称に組み、いずれの系でも二重系並列運転を可能としている。そのうち1系は待機予備系であり、運転中の2台の計算機の一方が故障した場合、自動的に並列二重系再構成を行なうものである。系切替時の制御と処理の連続性は、比較照合装置(DDO)とコア記憶装置(HSM)のコピー(Copy)機能によっている。メモリ、ファイルの一致化は、磁気ドラム記憶装置(M/D)の相互アクセス機能によっている。この方式は従来の並列二重系方式の延長技術によるもので、複合計算機システムの複雑化による信頼度低下を防ぐと同時に、1台の計算機を保守、試験に利用することを目的としている。

2.2 列車群制御システムへの発展

乗降客の多い時間帯では、特に列車時間間隔の制御を行なうことが列車間の乗客混雑度の平均化とダイヤ乱れ回復のうえで有効な手段である。

駅に遅れて到着したとき、それだけ他の列車に比べてホームの乗客人員が増加することになり、乗降のための停車時間が長びき遅れが更に増大し、列車時間間隔がアンバランスとなり、スムーズな乗客輸送とはいえない状態になる²⁾。これらの関係を図3に示す。

この列車時間間隔の制御としては、出発又は場内信号機を制御する方法がある。しかし、これではまだ十分な制御ができず、また望ましい制御とはいえない。すなわち、

- (1) 走行中の列車が場内信号機などにより入場待ちなどで自動列車制御装置(Automatic Train Control, ATCと略す)の速度制限にかかる機会が多くなる。
- (2) また列車間の時間間隔を停車時分だけで調整しようとすると停車時分がまちまちとなり、ある駅に長い時間停車するというような不自然さが生じる。

これらの問題を解決する手段として最近開発された方式は、地上の運行管理システムから各列車に対してデータ伝送を行ない、各列車の時間間隔を制御する方式である。札幌市交通局東西線の制御システムはその一例で、図4に示すようなシステム構成をとっている。

すなわち、各列車はあらかじめ定められた何種類かの走行速度レベルをもち、中央計算機からある速度レベルを指示されると、これに見合う速度で走行する。同時に各駅における停車時分が地上から指令される。一方、車上から地上に対しては、各列車の運行番号、構成番号、あるいは車両故障情報などが伝送される。

これらの機能により運行管理システムから各列車に対して直接指令、又は制御ができ、列車時間間隔の調整により乗客の混雑を平均化し、より好ましい運転が行なえるようになる。

2.3 機能分散形運行管理システム

本方式は、大規模路線あるいは列車の在線密度が高く、高速の処理性を必要とするシステムに適した方式といえる。

図5に示すように制御駅にも処理装置を設けて、中央の処理装置と適切な機能の分担を図る。すなわち、中央処理装置から駅処理装置を経由して、各駅制御装置に対して該当駅に関するダイヤ、又は必要な指令情報をあらかじめ伝送しておき、この情報に基づき駅制御装置が直接端末機器を制御する。

したがって、従来方式のように中央処理装置は、制御のタイミングを検知するために列車の走行位置情報を常時高ひん度(2~3秒スキャン)で毎回入力する必要はなく、また制御タイミング発生の都度中央から各端末器へ制御データを伝送する必要もなくなる。このため、中央と駅間の高速性を必要

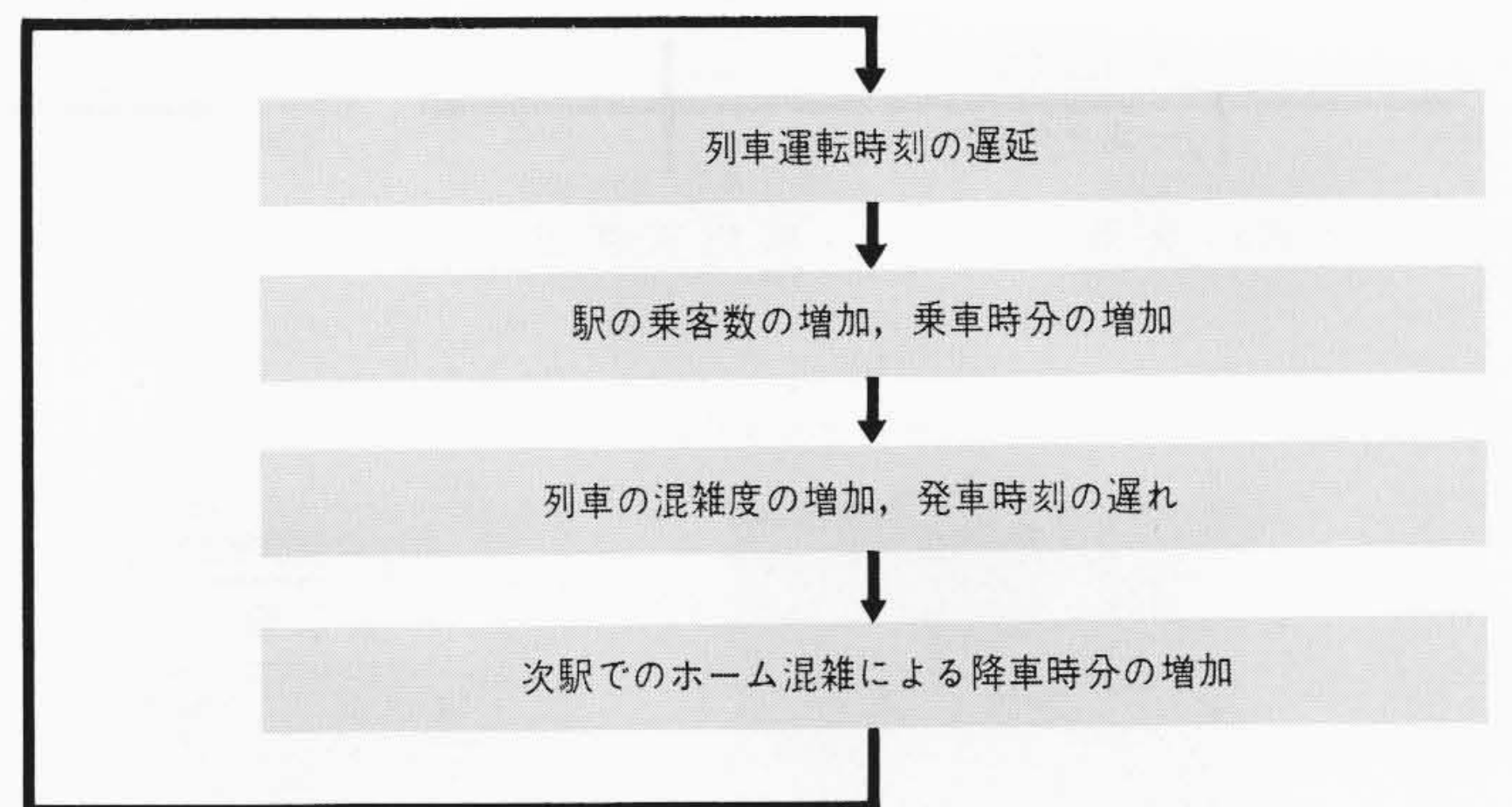


図3 列車遅延の悪循環 遅れが発生すると、その遅れ分だけ乗降客数が増え、このため乗降時分が長引き遅れが更に増大する。

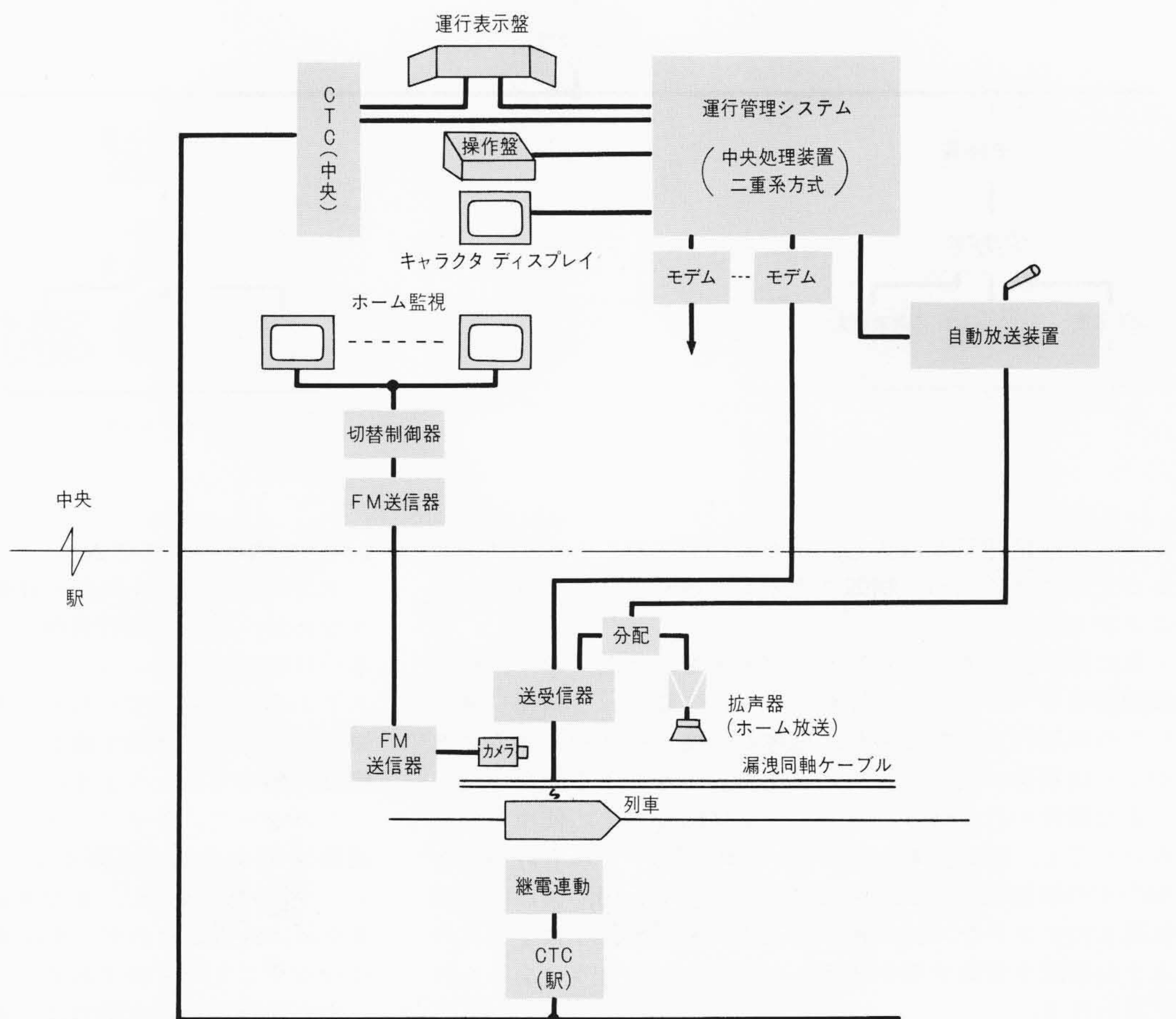


図4 システムブロック図

伝送系を介して、運行管理システムと列車間のデータ伝送を行ない、各列車に対して停車時分、又は走行速度の指令を行なう。

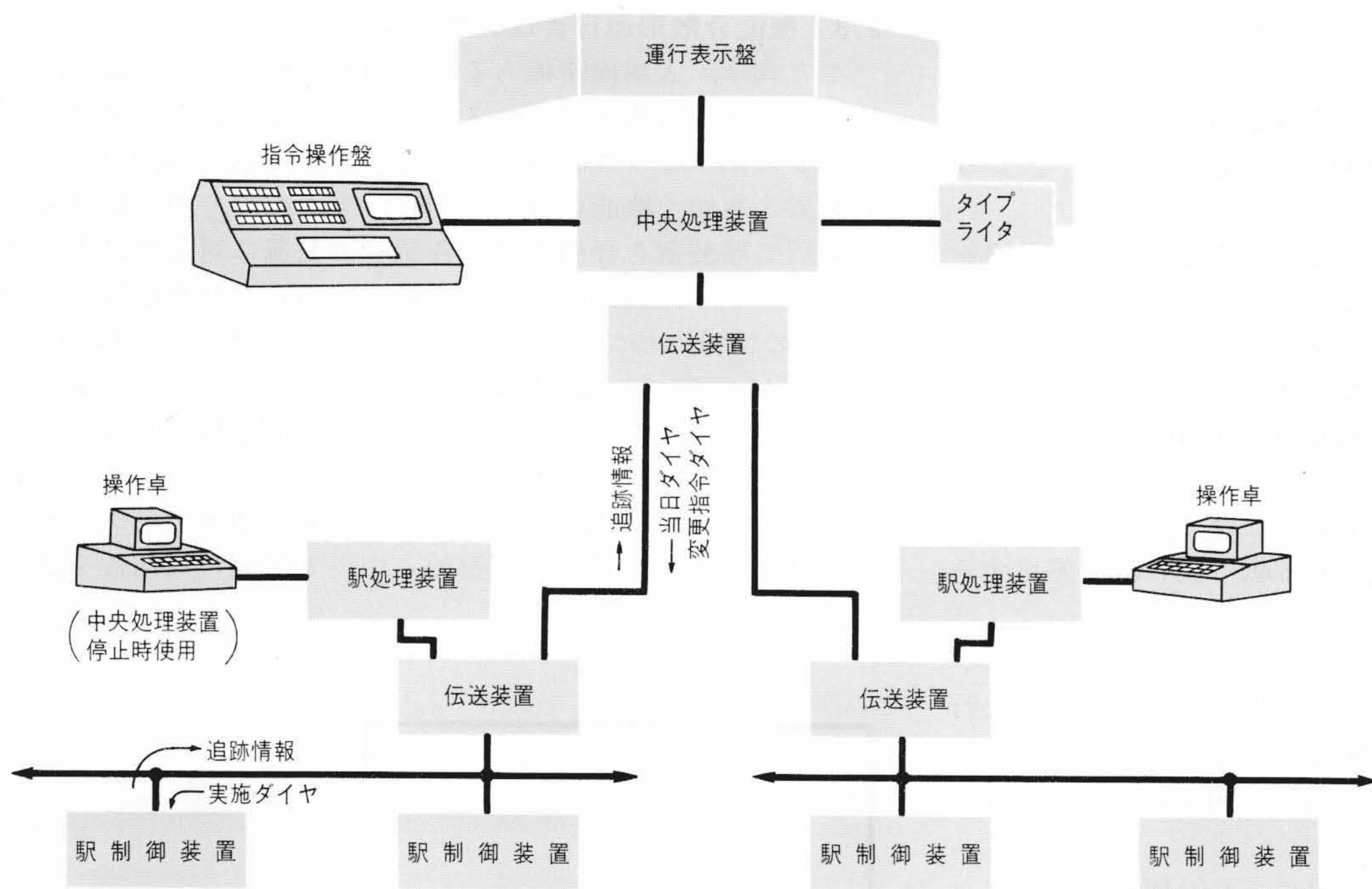


図5 機能分散形運行管理システム 中央処理装置、駅処理装置及び駅制御装置の三つのブロックから構成されている。

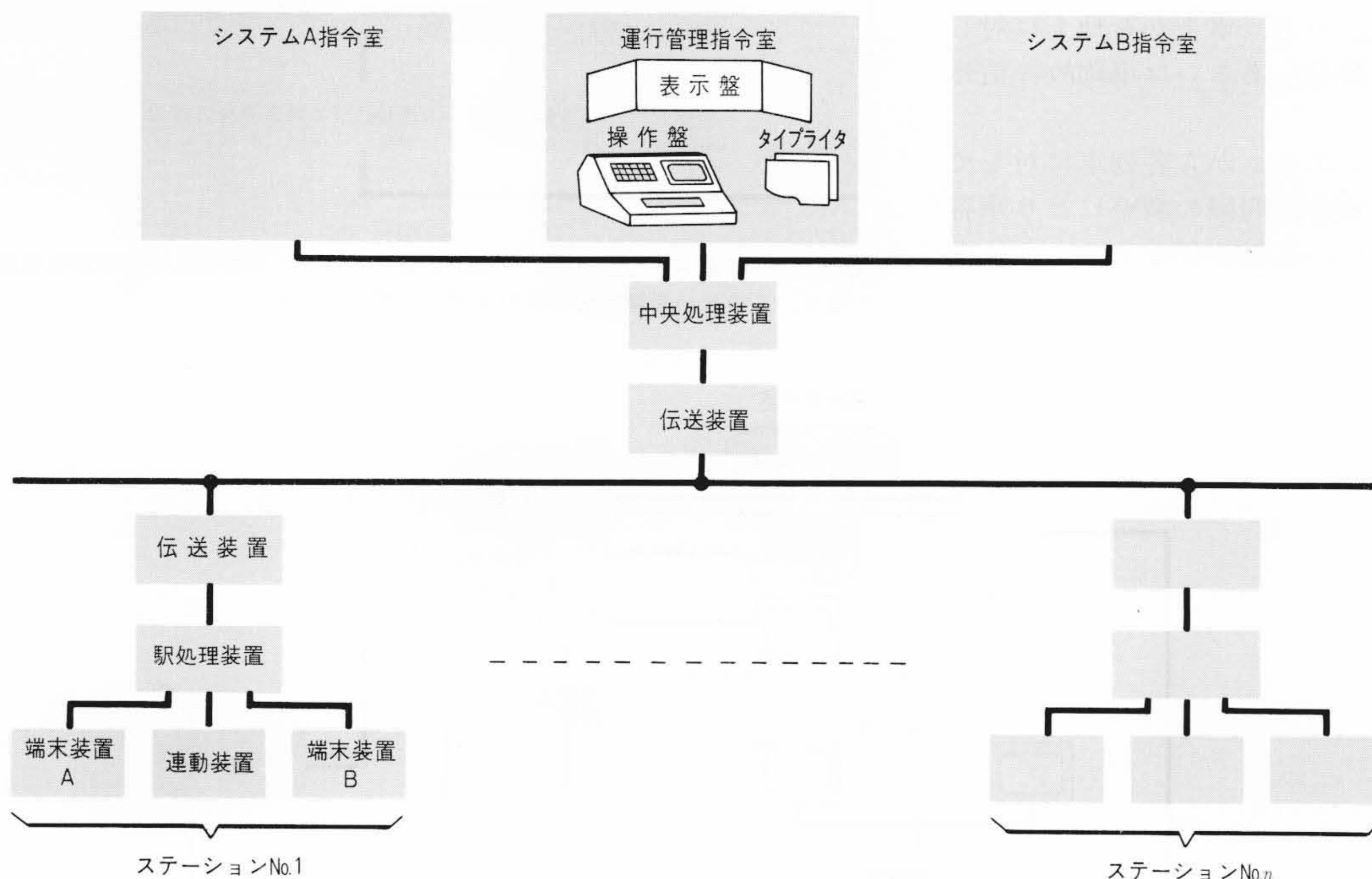


図6 多機能形運行管理システム 各サブシステムの中央処理装置と伝送装置を共用している。特に小規模路線に適用した場合のコストパフォーマンスが改善できる。

とする伝送情報量が減少し、また駅制御装置から直接制御することができるため、制御タイミング遅れの問題を解決することができる。

更に駅処理装置はある程度のダイヤを記憶しており、中央処理装置が一時システム停止しても、このダイヤ情報に基づいて列車運行が可能であり、全体が一度に機能停止することがなく信頼性の高いシステムを作ることができる。

また最近の計算機は、ハードウェア的にはその使用条件からいっても、制御装置とはほとんど変わらず、しかも計算機がもつその伝送機能などを利用すればシステム間、又は他処理装置とのインタフェースが単純化されるため、今後本方式のような機能を分散するシステムが実現されるようになるものと思われる。

2.4 多機能形システム

本方式は比較的小規模の路線に適したシステムといえる。すなわち、従来は運行管理システム、電力管理システム、あるいは駅設備管理システムというように機能別に独立したシステム構成をとっていたが、本方式は図6に示すように中央処理装置と伝送回線を統合し、同一ハードウェアにより複数機能の処理を行なうようにしたものである。

したがって、各サブシステムごとにそれぞれの計算機と伝送路を別個にもつ必要がなく、従来に比べてコストパフォーマンスが向上し、また共通のデータを一括して管理されるため、各機能間のデータ授受がソフトウェアベースで容易に行なうことが可能である。

中央指令室と端末機器は、それぞれ各管理体ごとに独立し

ているため、中央の計算機と伝送路が共通であっても、新しい路線、あるいは比較的小規模の路線では運用上の面でもあまり問題にはならないと考えられる。

3 列車運行管理システムの実例

列車運行管理システムの採用は、現在では大阪市交通局地下鉄1号線²⁾など各所に見られるようになってきたが、本稿では、大形システムの例としてCOMTRAC、地下鉄向けに運転整理機能を充実させたものとして、帝都高速度交通営団有楽町線の例、列車とオンライン結合して自動化レベルを上げた例として、札幌市交通局東西線の例を取りあげ紹介する。

3.1 新幹線運転管理システム(東京～博多間)

COMTRACシステム³⁾は、新幹線における列車の運転計画の管理、オンライン進路制御・運転整理、更に情報伝達を含む総合的な列車の運転管理システムであり、昭和47年新幹線岡山開業時に第1段階のシステムを完成し、昭和50年博多開業時に第2段階のシステムを完成した。図7にそのシステム構成を示す。運転計画・運転整理系は、HITAC 8450の二重系、進路制御系はHIDIC 700の三重系方式となっており、それぞれ機能を分担した複合計算機システムとなっている。その主な機能は次のとおりである。

(1) 列車運転状況の監視

列車の運転遅延状況、車両運用状況と信号設備等の異常監視を行なう。

(2) 進路制御と運転整理

列車の運転状況に応じ、自動的に所要の進路制御出力をすると同時に、通過列車と停車列車との時間間隔により、出発

順序変更などをマンマシン系で行なう。

(3) 列車ダイヤの予測

列車の大幅乱れ時、線区全体にわたるダイヤ予測を行なう。

(4) 列車運転状況、指令情報の伝達

新幹線の各駅、運転所、及び車掌所に設置した端末装置により伝達内容をタイプアウトする。

(5) 運転実施計画と各種統計の作成

列車ダイヤと車両編成の割当てを、検査計画や前日の運転状況に適合させ、運用計画を作成する。また当日の運転情報から各種統計を作成する。

3.2 帝都高速度交通営団運行管理システム

このシステムは、昭和49年10月有楽町線の開業に際して導入されたもので、機能面で列車追跡・表示機能を実施する第1段階と、進路制御・運転整理・記録統計処理を実施する第2段階とに分けて建設された。

このシステムの主な特徴は次のとおりである。またハードウェアの構成を図8に示す。

(1) 中央処理装置を二重系とし、その二重系のソフトウェア構成は前述(2.1.1)の新しい二重系構成方式とした。

(2) 列車乗務員に運行振替指令を行ない、計算機に現地情報優先指定を行なうと、列車情報車上装置に設定された変更後の運行番号を検知し、それに基づいて自動的に運行ダイヤを振り替える機能を有する。

(3) 事故その他の理由で途中折返し運転が必要になった場合、指定駅間を指定時間間隔で列車を運転させるための進路制御を自動的に行なう機能を有する。

(4) 当日あるいは翌日のダイヤに対する指令変更内容を事前

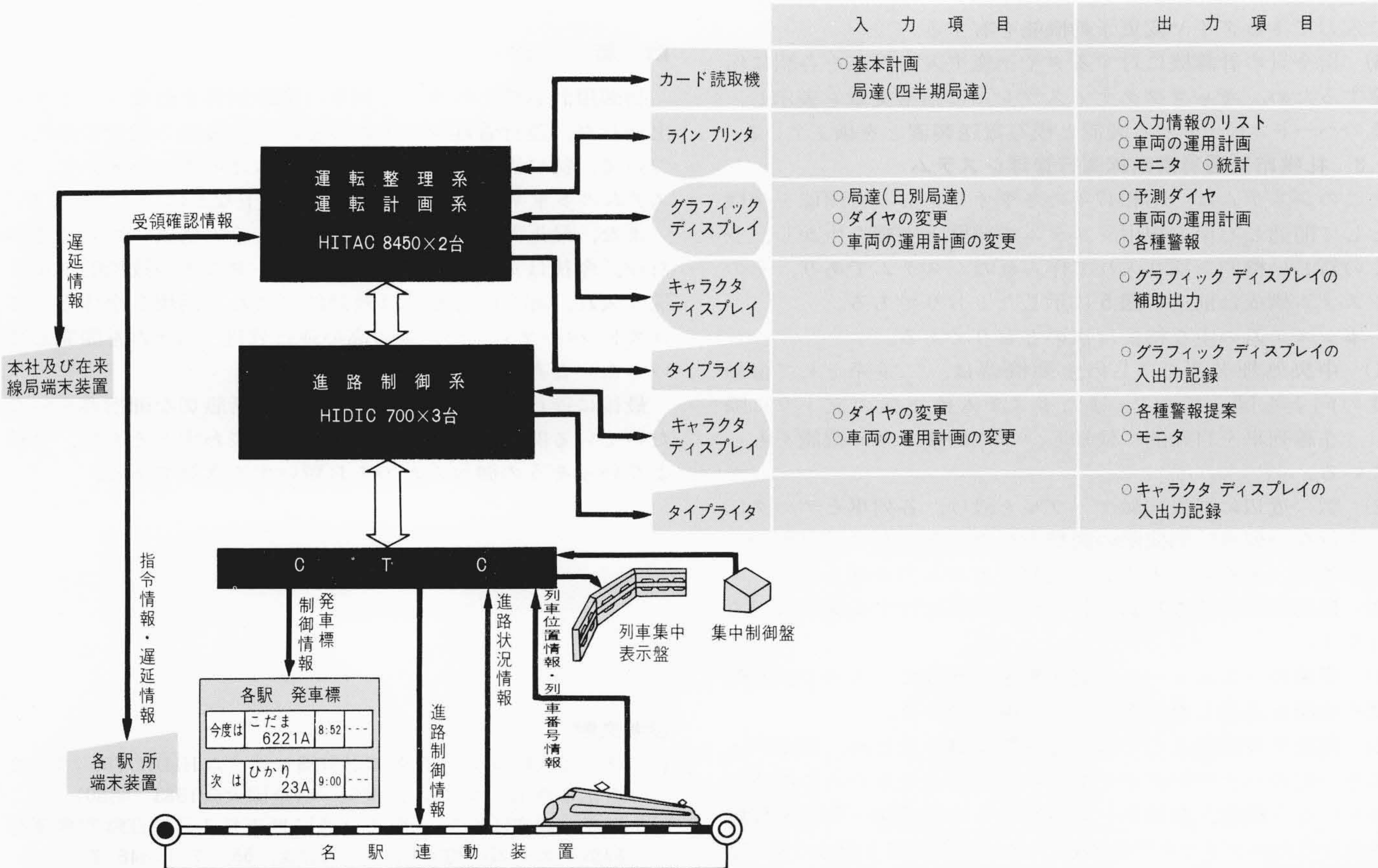


図7 新幹線コムトラックのシステム構成 進路制御系の計算機は三重系、運転計画・運転整理系の計算機は二重系により構成されている。

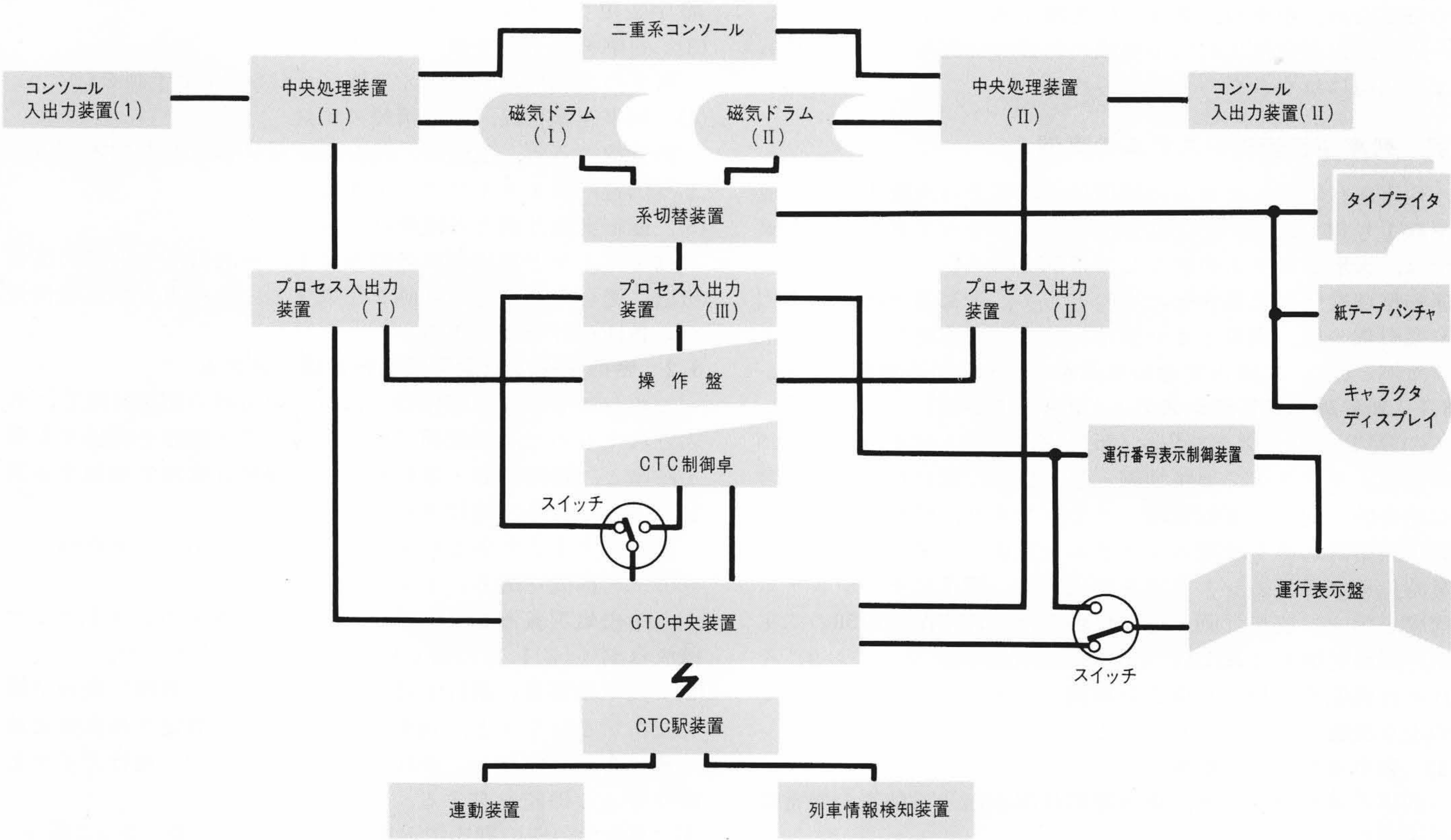


図 8 システム構成 計算機は二重系構成になっており、地上に設けた列車情報検知装置から運行番号が入力される。

に入力できるダイヤ変更予約機能を有する。
(5) 指令員の計算機に対するダイヤ変更入力内容を各駅に伝達するため、キャラクタディスプレイに指令文章を表示し、そのハードコピーをとる装置と模写電送装置とを備えている。

3.3 札幌市交通局東西線運行管理システム

このシステムは、昭和47年の冬季オリンピック開催を契機として開通した南北線用システムの経験と実績を生かし、多くの新しい機能を採り入れて作られたシステムであり、そのシステム構成は前述の図5に示したとおりである。

- 本システムの主な特長は次のとおりである。
- (1) 中央処理装置をはじめ主要機器は、二重系として信頼度の向上を図っている。またシステム停止後の立上りに際し、在線列車を自動的に検知し、早期回復できる機能をもっている。
 - (2) 駅の近辺に漏洩同軸ケーブルを設け、各列車とデータ伝送を行ない列車時間間隔の調整を行なうとともに、車両から編成番号、あるいは車両故障情報などが入力される。
 - (3) 自動放送装置の制御を行ない、乗客に対する案内放送を行なう。
 - (4) 専用のシミュレータと表示盤をもうけているので機能確認や機能を追加した場合の確認試験ができる。
 - (5) 運転整理機能としては、等時隔制御をはじめ、指定駅区間を一定のパターンダイヤで列車を運転させるための進路制御を行なう機能、在線ホーム番線から指定番線へ列車を移動させるためのダイヤを自動的に作成し進路制御を行なう機能、及び端末駅での優先番線判定機能などをもっている。
 - (6) 駅ホームの案内表示装置の制御を行なう。

4 結 言

制御用計算機を利用して列車の進路制御を行なうことから出発した、運行管理システムのその後の発展と最近の傾向について、特に機能の拡充、他システムとのオンライン化、システムの多重系構成による信頼度の向上などについて述べた。また、最近開発された幾つかのシステム構成について述べたが、今後は更にマイクロ コンピュータなどの技術的進歩を採り入れ、部分的もしくは補助的にこれを活用し全体としてコスト パフォーマンスの高い運行管理システムを開発していきたいと考えている。

最後に運行管理システムに関し、平素懇切な御指導をいただいている関係各位に対し深謝の意を表わすとともに、今後よりいっそうの御べんたつをお願いする次第である。

参考文献

- 1) 林、久保ほか：「高信頼度計算機システム HIDIC 700による2重化3台系システム」、電気学会全国大会1383 (昭50)
- 2) 辺見、益富ほか：「大阪市交通局地下鉄1号線自動列車運行制御システム(PTC)」、日立評論、55、7 (昭48-7)
- 3) 杉原、松沼ほか：「博多新幹線運転管理システム(コムトラック)」、日立評論、57、343 (昭50-4)