

博多新幹線運転管理システム(コムトラック)

Computer Aided Traffic Control System "COMTRAC" for Hakata Shinkansen

日本国有鉄道博多新幹線運転管理システムコムトラックは、新幹線の列車運行を中央(東京)の電子計算機により管理するシステムである。昭和50年3月、新幹線は博多まで延長され、制御列車本数の増加及び範囲の拡大を行なうに当たって、各種機能を増強することになった。

今回、開発したシステムは、5サブシステムから成り、実施計画及び各駅への情報伝達システムは新たに追加した機能である。このほかの進路制御・運転整理及び統計処理システムについても大幅に深度化を行なった。この機能を達成するため、2台のHITAC 8450と3台のHIDIC 700の複合計算機システムを使用して、信頼度の高いタフなシステムとなっていることを示した。

杉原 顕*	Akira Sugihara
松沼正平**	Syôhei Matsunuma
小渕 要***	Kaname Obuchi
井原広一****	Hirokazu Ihara
沢井 洋*****	Hiroshi Sawai
名内泰蔵*****	Taizô Nauchi

1 緒 言

日本国有鉄道新幹線運転管理システム〔Computer Aided Traffic Control System: COMTRAC (以下コムトラックと略す)〕は、去る昭和47年3月岡山開業時に、その第1段階システム⁽¹⁾が導入された。この運転経験を生かして、岡山～博多間の新幹線開業を期して、昭和50年3月10日から第2段階システムが使用を開始された。このシステムは、別稿で詳述する運転整理システムと進路制御システムとに大別されるが、それぞれ機能の拡張・深度化が大幅に行なわれ、新幹線運転にとって一段と重要な任務を担うことになった。

2 コムトラックの開発

コムトラックは、当初 Programed Route Control (P R C) として、日本国有鉄道(以下、国鉄と略す)鉄道技術研究所で研究に着手し、昭和44年度に現在のコムトラックの基本となる実験システムが完成した。この実験システムは、シミュレーションテストの域を出なかったが、これを実用化したのが、第1段階の岡山新幹線システムである。このシステムは昭和47年3月15日に使用が開始されたが、実用システムとして十分な信頼度と操作性を得るため、電子計算機の二重化、グラフィックディスプレイ及びキャラクタディスプレイの採用などのくふうがなされた。

岡山新幹線システムで、その有用性と、価値を実証されたコムトラックは、博多新幹線システムとしてその機能を充実するため開発が進められ、昭和50年3月10日運転開始の運びとなった(図1)。その機能は、表1及び図2に示すように充実したものとなっている。このシステムは、将来の国鉄全幹線網を考慮して、次に述べるような基本的な考えを基礎に開発された。

- (1) 指令・運転情報伝達のオンライン化を図る。
- (2) 旅客誘導案内(行先表示板)のオンライン化を図る。
- (3) 車両運用(車両の点検日時を考慮しながら、列車と車両との対応づけを付けること)を電子計算機化する。
- (4) 能率的な業務運営体制を十分考慮したシステムとする。
- (5) 全幹線網に対応して、将来の改良、拡大が容易に行なえるものとする。

以上の機能及び基本的事項を実現するため、電子計算機として、HITAC 8450(1MB)×2台及びHIDIC 700(128K語)×3台が使用され、それぞれが機能を分担した複合電子計算機システムとなっている。またこのシステムのプログラム容量も、500Kステップを超えるものであり、直接プログラム作成に従事した人員も、国鉄及び日立製作所合わせて200人にも及ぶ巨大システムである。このため、この大規模なプロジェクトを推進するための組織が結成され、細部にわたって統括と調整が行なわれた。このシステムが所期の目的どおりに完成をみたことは、そのプロジェクト推進体制がスムーズに運営されたことによるところが大きい。

3 システムの機能⁽²⁾と運転

コムトラックの機能を大別すると、

- (1) 実施計画、
- (2) 進路制御、
- (3) 運転整理、
- (4) 情報伝達、



図1 新幹線列車運転指令室 指令員はキャラクタディスプレイを使用して電子計算機と会話する。

*日本国有鉄道電気局 補佐
****日立製作所大みか工場

**日本国有鉄道東京第二電気工務局 主任技師
*****日立製作所ソフトウェア工場

***日立製作所機電第一事業本部

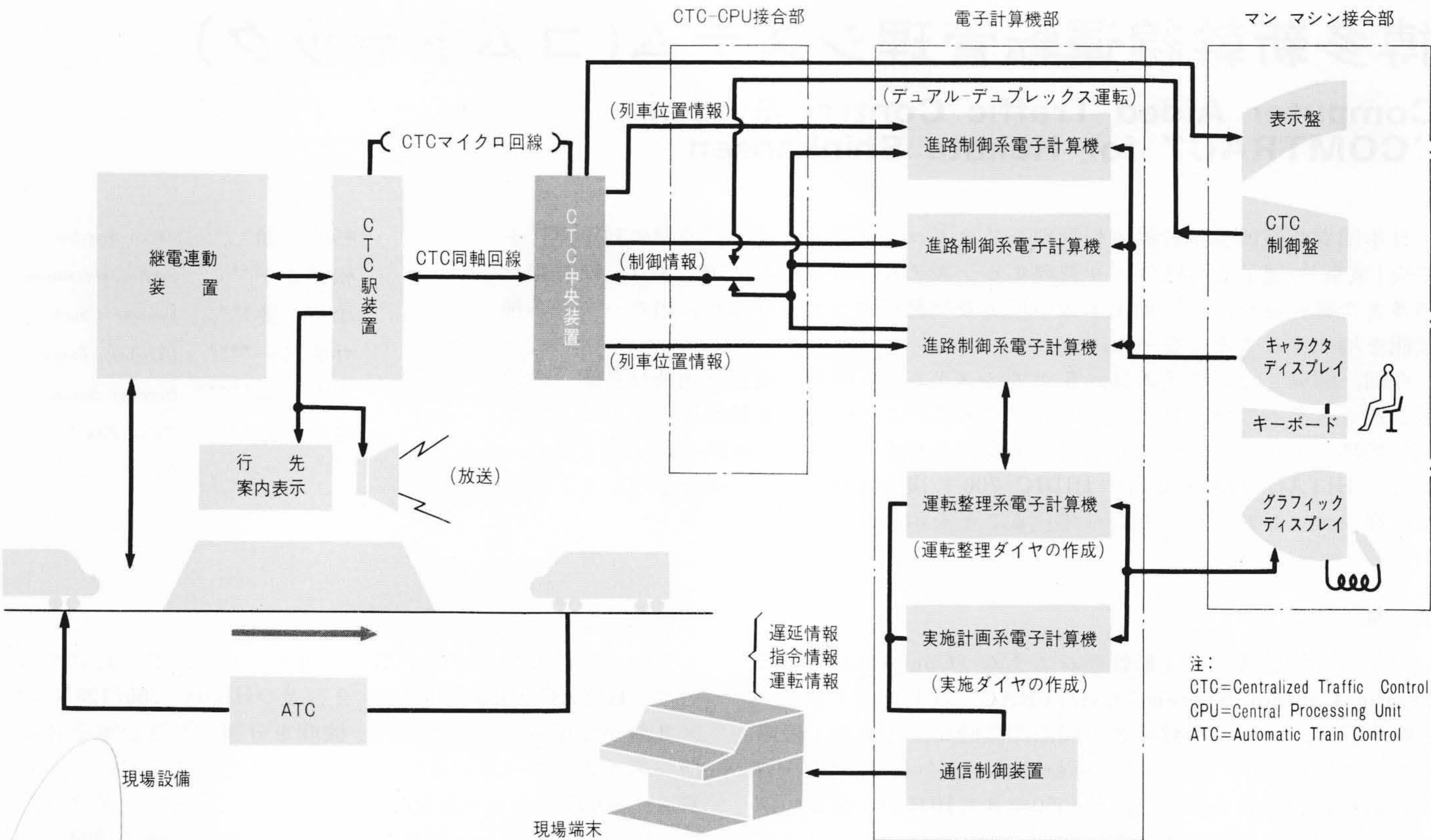


図2 新幹線列車運転管理(コムトラック)システム コムトラックは、列車の運行を中央で監視し、適切な制御指令を現場機器に伝達するシステムである。

表1 コムトラック機能の概要 博多新幹線システムでは、機能が大幅に強化された。

項 目		岡 山 対 応 機 能	博 多 対 応 機 能	機 能 分 担		
				実施計画系	運転整理系	進路制御系
計 画 シ ス テ ム	列 車 計 画	変更内容(総局報, 指令手配)を随時キャラクタ ディスプレイから入力することにより, 翌日の実施列車計画を整理作成する。	1. 変更内容(総局報, 指令手配)を随時グラフィック ディスプレイから入力することにより, 翌日から7日分の実施列車計画を整理作成する。	○		
	車 両 運 用 計 画	同上機能	1. 上記と同様の機能と併せて, 各種検査計画, 及び車両使用実績を考慮した翌日から3日分の車両の使用計画案, すなわち車両運用への車両割当計画案を自動作成する。		○	
	乗 務 員 運 用 計 画	—	—			
	計 画 伝 達	—	車両割当表(車両運用順序表)を関係箇所へオンライン伝達する。		○	
指 令 シ ス テ ム	列 車 整 理	異常時の列車整理のための予測ダイヤを自動作成する。	1. 列車運転状況を監視するため, 一定時分ごとに予想ダイヤを作成し, 異常を検知した場合は指令員に警報する。 2. 予測ダイヤについては, 作成時分の短縮, 単線運転の対応機能追加, 列車整理機能の拡充などを行なう。		○	
	車 両 運 用 整 理	予測ダイヤに基づいた運用変更案の自動作成, 及び運用変更に伴う最終滞泊状況などのチェックを行なう。	1. 運用変更に伴う最終滞泊状況などのチェックを行なうとともにそれに基づいた車両割当計画の修正案を自動作成する。		○	
	乗 務 員 運 用 整 理	—	—			
	情 報 伝 達	—	1. 指令(運用変更, 着発線変更など)及び遅延情報などを関係箇所へオンライン伝達する。		○	
進 路 制 御		進路設定の自動化を行なうとともに, 列車運転状況の監視と簡単な列車整理案の提示などを行なう。	1. 上記と同様の機能と併せて, 処理能力の向上, 線区延長による制御範囲の拡大, 単線運転の対応機能の追加などを行なう。			○
旅客誘導案内・その他		統計, 報告類の自動作成を行なう。	1. 統計, 報告類の自動作成機能の拡充を行なう。 2. 旅客に対する案内揭示(発車標)の制御を行なう。 3. 昼夜連続制御, 操作性の向上に関する機能の拡大を行なう。	○	○	○
設 備 条 件	同時在線総列車本数	135本	200本			
	総 編 成 数	135編成	220編成			
	制 御 駅 数	20駅	35駅			

(5) 統計処理

となり、図3にその関連図を示す。

3.1 実施計画

コムトラックの運転はまず基本ダイヤの作成から始まる。この基本ダイヤは1年に2回程度の時刻改正時にカードにより実施計画系電子計算機(HITAC 8450)に入力される。この基本ダイヤを元にして、毎日毎日の運転ダイヤが作成されるのであるが、その際、祝日、休日、季節、団体など旅客需要の変動を加味して、基本ダイヤの列車の休活が決定される。これを決めるものが「総局達」と呼ばれるものである。これには数日先の運転についての指示もあれば、数ヶ月先の運転に関する指示もあり、ランダムに毎日発行される。この内容は毎日指令員により、グラフィックディスプレイを使用して入力され、局達ファイルとして実施計画系のファイルに保存される。毎日毎日の運転ダイヤは実施ダイヤと呼ばれ、基本ダイヤファイルと、局達ファイルとにより実施の1週間前に作成される。

こうして作られた実施ダイヤは、当日の午前1時以降の列車数の少ない時間帯に切り出されて、運転整理系と進路制御系電子計算機に転送される。24時間の終夜運転を考慮すると、列車ダイヤには切れ目がないため、前日列車で運転の終了していない列車と、当日切り出した列車ダイヤとが矛盾なく接続されるような処理が、ダイヤ切替プログラムによって自動的に行なわれる。

以上の実施ダイヤの作成は、処理が直列に行なわれるため、各段階における関連ファイルをラインプリンタ出力してチェックできるようにし、またプログラム上も各段階で合理性チェックを行なっている。この関連ファイルリストには、列車ダイヤリスト、車両運用ダイヤリスト、列車出発順序リストなどがあり、これらは定例作業で必ず出力されるが必要の都度指令員の要求に応じて出力することもできる。

3.2 進路制御

実施計画系電子計算機で作成されたダイヤは、進路制御系電子計算機(HIDIC 700)によって、列車運転制御が行なわれる。この電子計算機はCentralized Traffic Control(以下、CTCと略す)装置から列車運行情報を取り込み、これを分

析して列車の位置、列車番号、種別、ポイントの状態などをチェックする。この結果をダイヤと照合して、進路出力をCTCに送出する。進路出力情報は、各駅の入場進路(「こだま」のホームにするか、「ひかり」のホームにするかのポイント切替指令)と、出発進路(「こだま」ホームから出発するのか、「ひかり」ホームから出発するのかの指令)であり、この進路情報は、各駅のCTC装置で受信され、継電連動装置(ポイントと信号機制御とが連動された装置)とAutomatic Train Control(以下、ATC装置と略す)、すなわち列車相互が異常に接近しないように後続列車の速度を制限する装置を介して、ポイント及び信号機を制御する。この進路制御機能は各駅・上り下り別にオフラインとすることができるので、列車のない時間帯の保守作業などは、各駅ごとに終列車通過後、直ちに保守作業に入ることができる。また始発列車の一定時分前になると、制御開始してよいか、否かの問合せが電子計算機からキャラクタディスプレイに表示されるので、指令員はこれに応答すればよい。

列車情報・軌道回路情報・現場機器情報は、CTC経由で3秒間隔で取り込まれ、それにより列車位置の追跡を行ない、列車ダイヤと比較してファイル内容と異なっているときは、指令に対してキャラクタディスプレイにより処置を求め、もし処置応答が適切に行なわれないときは、該当駅をオフラインとして、誤った進路出力が出ないようにしている。このとき指令員は、該当駅及び列車などと連絡をとりながら、手動で進路出力を出すことができる。一度オフラインとした駅をオンラインとするには、指令員がキャラクタディスプレイで指示することにより、電子計算機は該当駅の現在の列車在線情報を自動的に読み取って、直ちにオンライン制御に移ることができる。

進路制御の基本となる列車位置のチェックポイントは、各駅上下線別に、分岐・合流に関係する次の5地点である(図4)。

(1) N点(列車番号検知点)

列車がこの地点を通過すると、列車番号を検知し、電子計算機が前もって保持しているダイヤ上の列車番号と一致すれば、入場進路出力の準備をする(R点の後方約1km)。

(2) R点(接近地点)

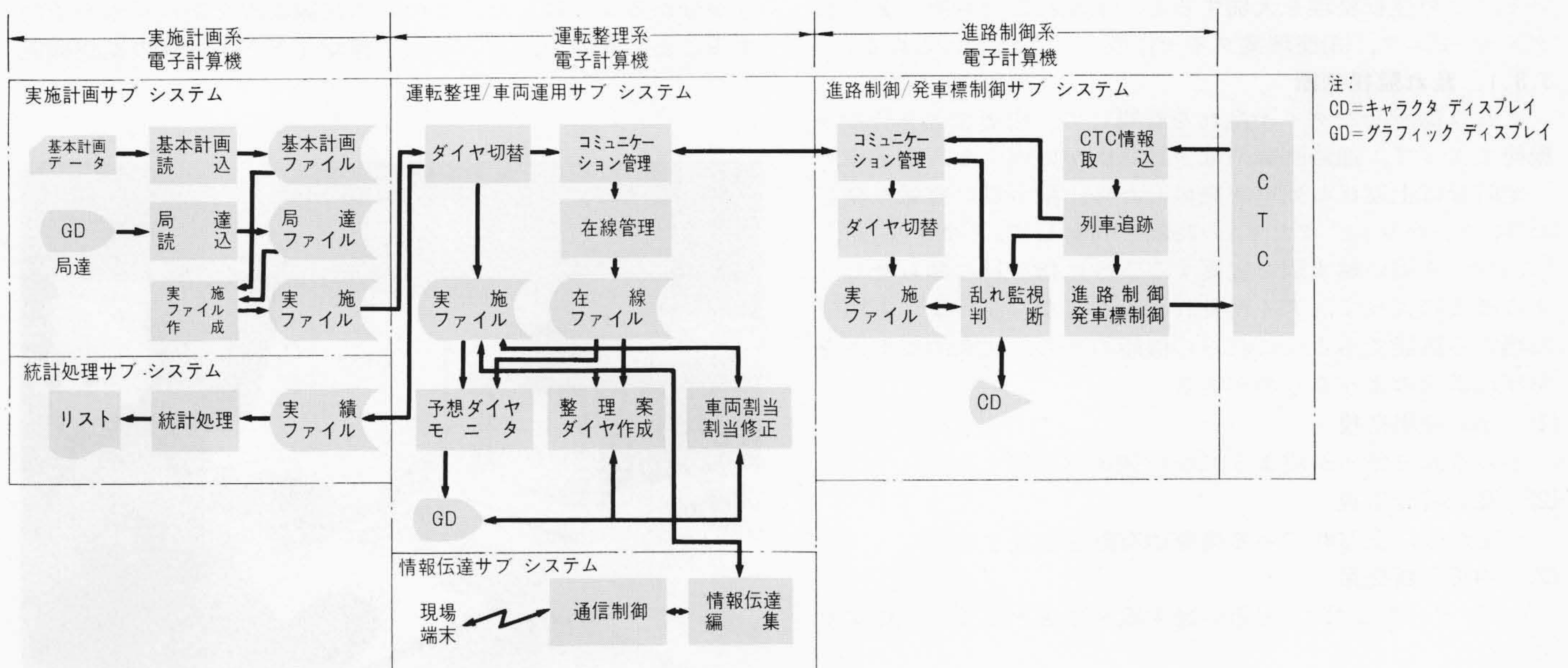


図3 コムトラック機能の関連図 コムトラックは列車運行の計画から実施までの管理を行なっている。

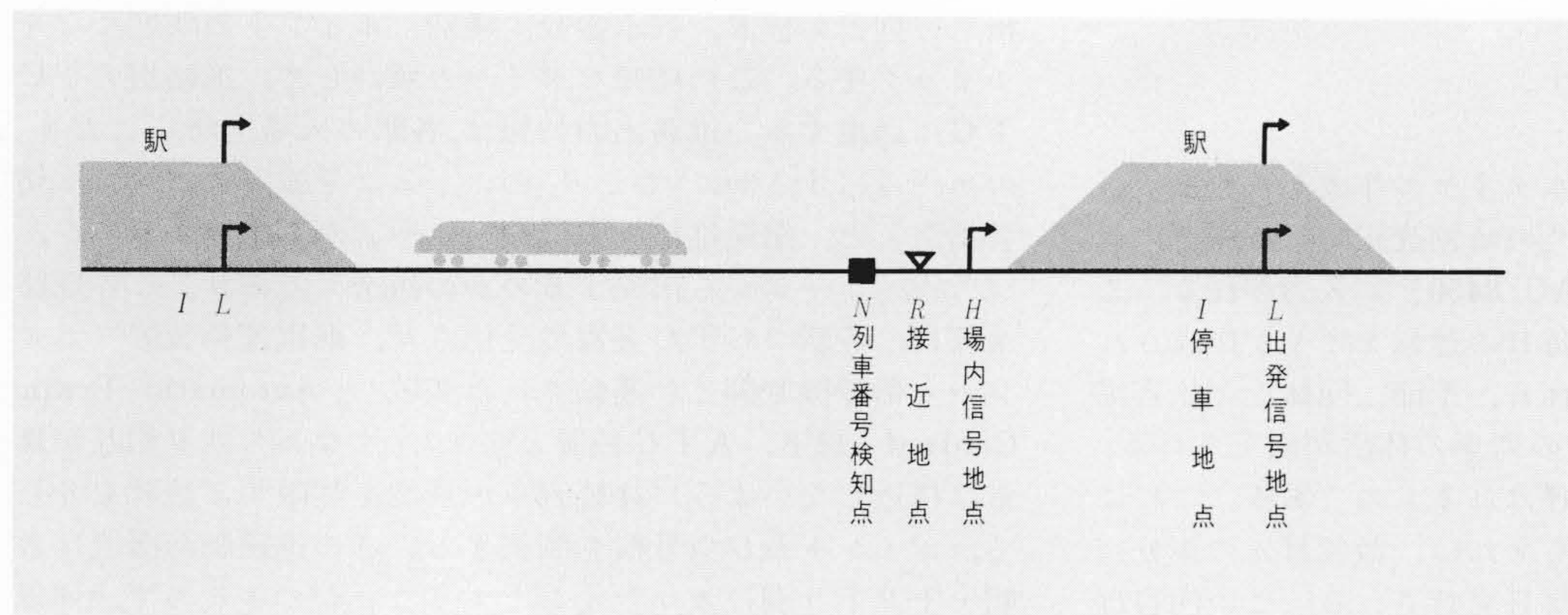


図4 列車の追跡地点 列車の位置を中央で把握するため、図に示すN, R, H, I, Lの5地点を利用している。

駅の手前約10kmの地点であり、この地点で該当列車の進路出力を行なう。また、N点での情報脱落のバックアップ地点として使用する。

(3) H点（場内信号地点）

列車が入場信号機の地点を通過して、停車場内に進入したことを検知する。

(4) I点（停車地点）

列車の最後部がホーム軌道回路内方に完全進入したことを検知し、一定時分後に列車が停車したものとして、到着時刻を記録する。

(5) L点（出発信号地点）

列車の最後部がこの地点を進出し終わると、地点情報が発生して、列車が出発、又は通過したことを検知し、出発時刻を記録する。

進路出力は、システムの生命を左右する最も重要な情報であるから、上記地点情報を基に、列車位置、列車順序、時刻、支障進路のロック、折返し時分、停車時分などすべてが満足されて初めて進路出力が行なわれるようにした。

3.3 運転整理

事故の発生や、天候などにより、列車運行が乱れてくると「ひかり」が「こだま」を追い越す駅を変更したり、出発順序変更、運転中止、車両運用の変更などを行なって、正常運転に復帰するのであるが、これらの変更機能を運転整理と呼んでいる。この運転整理を大別すると、(1)乱れ監視判断、(2)予想ダイヤ モニタ、(3)整理案ダイヤ作成の三つに分けられる。

3.3.1 乱れ監視判断

これは局所的なダイヤ乱れを監視して、変更などを行なう機能であって、進路制御系電子計算機が処理する。例えば、一定時分以上遅れた列車が発生したら、指令員に警報を発したり、「ひかり」と「こだま」の時隔を判断して、「ひかり」が、「こだま」を追い越す駅を変更するように指令員に知らせたりすることによって、ダイヤ乱れが大きくなりませんように未然に処理する機能である。これらの機能のうち、代表的なものを挙げれば次のようなものがある。

(1) 車両運用監視

どの車両を使うか決まってない列車を監視する。

(2) 遅延時分監視

一定時分以上遅れている列車の有無を監視する。

(3) 待避判断提案

「ひかり」が「こだま」を追い越す駅を変更するように提案する。

(4) 折返し番線監視

折返し列車の到着番線と出発番線は間違っていないかを監

視する。

(5) 走行キロ監視

ある車両が定期検査後、一定値以上の距離を走行したか否かを監視する。

(6) 進路出力監視

進路出力時、現場の信号機が青になり、列車通過により赤になったか否かを監視する。

(7) 絶対停止監視

各駅ホームの絶対停止信号が出ているかどうかの監視をする。

以上の監視判断結果は、すべて指令員の前に設置されたカラーのキャラクタ ディスプレイに表示されて、マン マシン協力して運転整理が行なわれる(図5)。

3.3.2 予想ダイヤモニタ

列車運行中、局所的な乱れが生じたとき、多くの場合は前述の「乱れ監視判断」機能で処置できる。しかし、場合によっては、その小さな乱れが波及して端末駅などに大きな影響を及ぼすことがある。予想ダイヤ モニタは、このような事態を未然に防ぐため、一定周期(10分)ごとに、過去2時間から将来2時間30分にわたる列車の運行を予想して、グラフィック ディスプレイにダイヤ形式で表示する。この機能は運転整理系電子計算機にあり、進路制御系電子計算機から周期的に送られてくる列車運行情報を基に、運転整理系でも列車の動きが分かるようにした。この列車在線状況を基に将来を予測することになるが、この予測を行なうとき、各種の監視機能

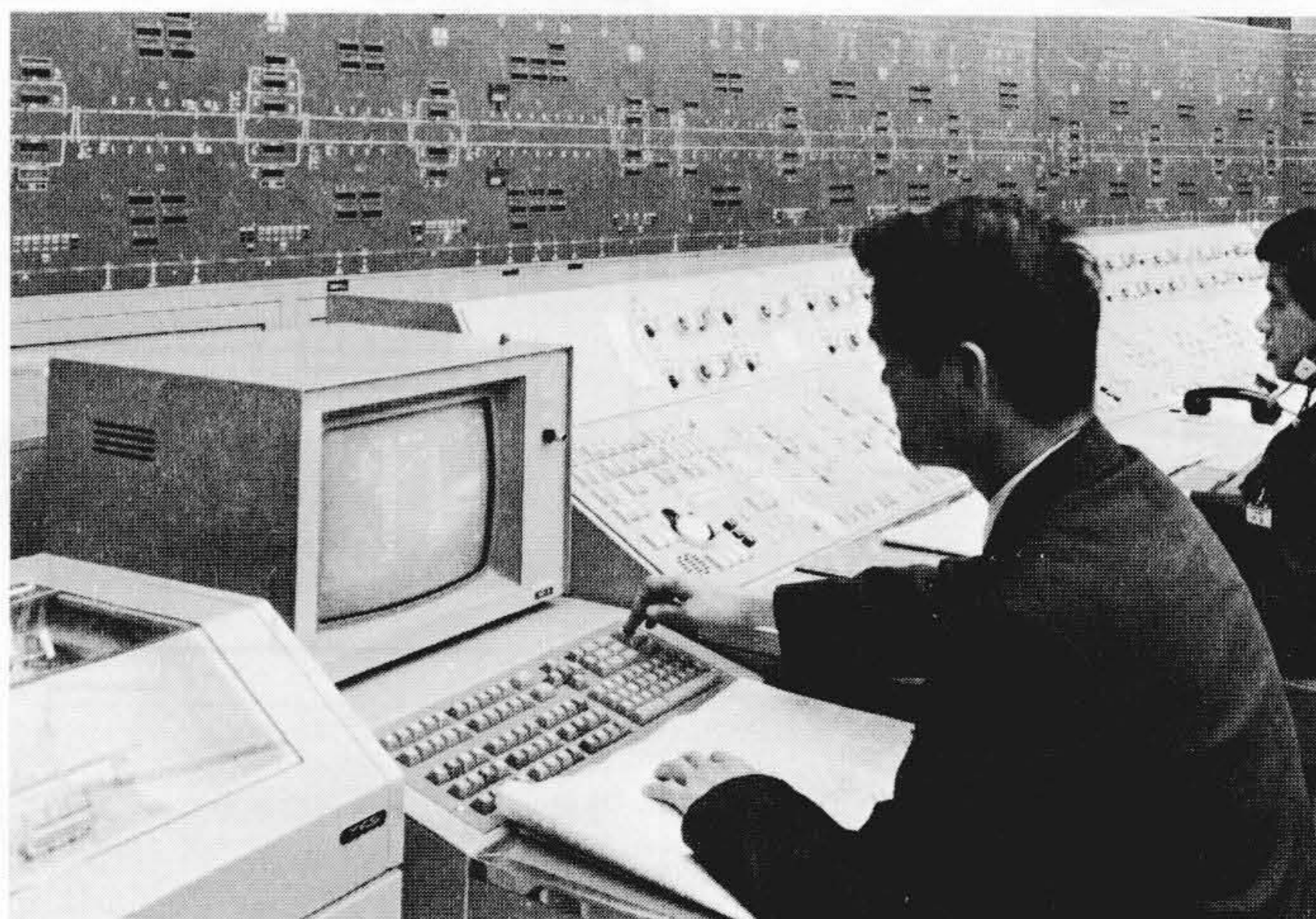


図5 カラー キャラクタ ディスプレイ マン・マシン装置としての役目を果たす。

を備え、異常な事態に対しては、グラフィック ディスプレイ上に文字、又はマークで表示し、指令員が未然に処置に当たれるようにした。

代表的な監視機能は次に挙げるようなものである。

(1) 検査車両監視

当日定期検査が行なわれる予定の車両が、検査を実施する運転所へ所定時間帯に入区できるかを監視する。

(2) 滞泊場所監視

翌日検査を行なう車両について、当日の最終滞泊場所が計画と一致しているかを監視する。

(3) 着発線不一致監視

予想ダイヤで現時点から60分後までに終着する列車について、後運用列車の着発線と一致しているかを監視する。

(4) 始発列車遅発監視

予想ダイヤで端末始発列車が一定時分以上の遅発が予測されるときは監視を行なう。

3.3.3 整理案ダイヤの作成

乱れ監視や予想ダイヤ モニタは、乱れを未然に防ぐのに役立つ機能であるが、不幸にして、車両故障や、雪害などのため大幅な列車遅延の発生を余儀なくされることがある。このときは、グラフィック ディスプレイを使用して数時間先までのダイヤを予測し、整理案ダイヤを作成することができる。この整理案ダイヤは、待避変更や回送列車の着発線変更などは電子計算機で自動的に行ない、計画ダイヤとの相違点は×印で表示されるので、指令員は変更点が容易に分かるようになっている。電子計算機は列車の運休や臨時列車の設定は行わず、これらは指令員が整理案ダイヤに修正入力することによって、最終的な整理案ダイヤができることになる。この

整理案ダイヤを承認することにより、進路制御系電子計算機は、そのダイヤに従って運行制御を行ない、また変更情報は各駅、運転所、車掌所などへ伝達されることになる。

3.4 その他の機種

以上述べた機能が主要なものであるが、他に次の機能も備えている。

(1) 情報伝達

各駅、運転所、車掌所などに端末装置が設置されており、列車の遅延情報、出発時刻の変更、着発番線の変更などの指令情報が、運転整理系電子計算機から伝送される。

(2) 発車標制御

ホームの案内表示板に、列車の行先・出発時刻遅延時分などを表示し、更に列車の発着に従って案内放送を行なうもので、制御情報は進路制御系電子計算機から出力される(博多開業時点で、中央制御されるのは岡山以西の駅だけである)。

(3) 統計処理

1日の運転が終了すると、実施計画系電子計算機によって、列車実運転キロ数、区間別列車運転本数、駅別列車運転本数、列車遅延時分、その他各種の統計処理を行なって、指令員の業務を削減している。

4 システムの構成

4.1 ハードウェア構成

新幹線は高速で大量の旅客を輸送する交通機関であり、その安全性は極めて高いものが要求される。このため、継電連動装置、ATC、CTCなどの各種保安装置によって万全の処置がとれるようになっているが、これらと関連するコムトラック(図6)は誤った出力をするようなことがあってはなら

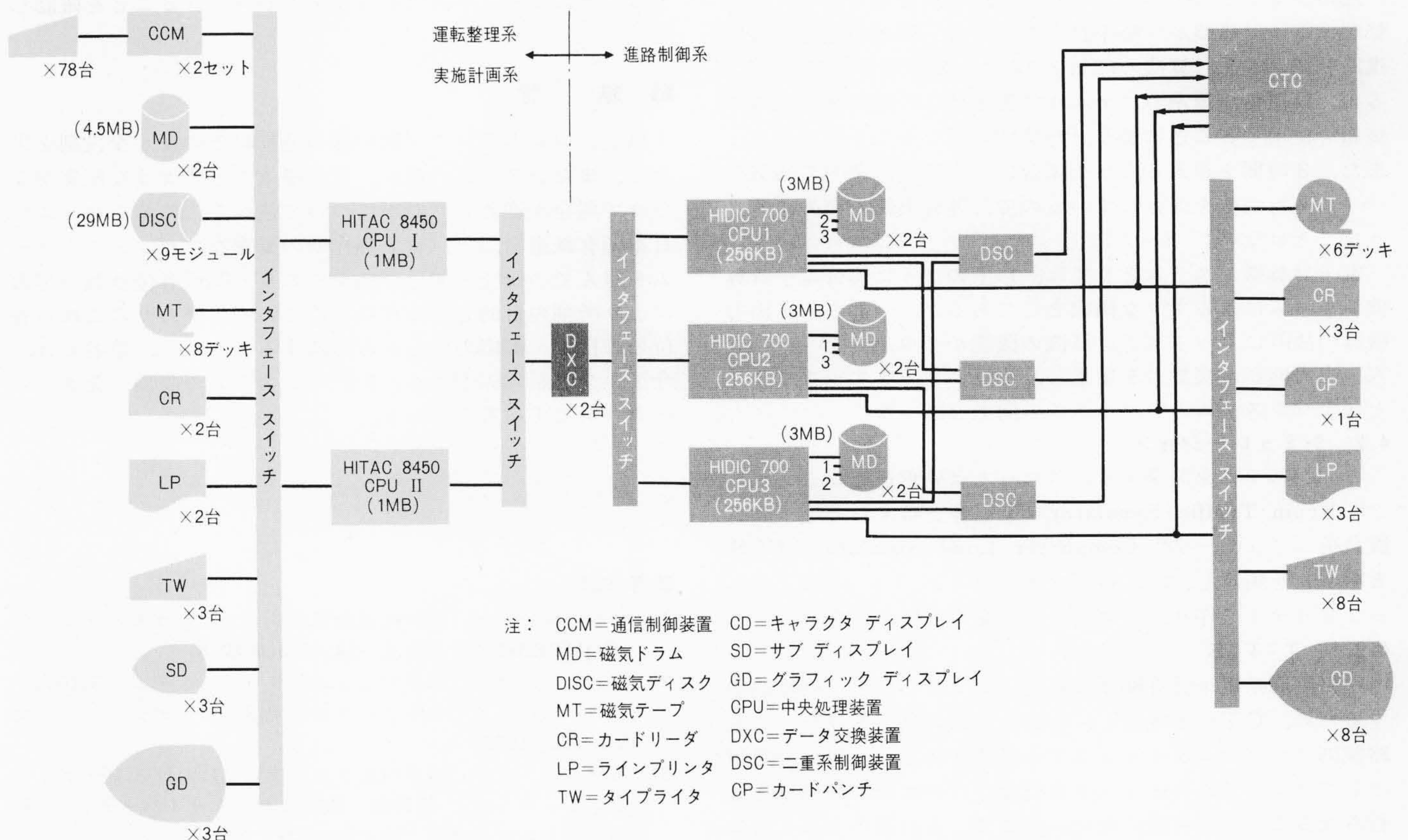


図6 電子計算機システム構成図 運転整理・実施計画系電子計算機と進路制御系電子計算機とに大別される。



図7 進路制御系電子計算機 手前は、電子計算機の運転状況の監視、及び操作を行なうシステム コンソール、後方は3台のHIDIC 700処理装置を示す。

ない。また一部の機器に故障が生じても、システム全体が制御不能とならないようにすることが必要である。

このため、進路制御系電子計算機としては3台の制御用電子計算機HIDIC 700を組み合わせ、常時は完全同期二重系運転を行ない、万一、一系が故障したときは、直ちに3台目の待機系電子計算機を用いて自動的に二重系運転に復帰できるようにした(図7)。

運転整理系と実施計画系の電子計算機は、2台のHITAC 8450で構成している。常時は負荷分割により、2台の電子計算機が運転されており、もし運転整理系が故障した場合は、残りの1台を実施計画系から運転整理系に切り替えて、運転整理業務が継続できるようにした(図8)。

進路制御系と直接接続されるのは運転整理系であり、運転整理系電子計算機が一時不良になっても、列車の運行情報は進路制御系電子計算機の磁気ドラムに約3時間分保存されているので、運転整理系のファイルの復旧はこの進路制御系内の情報を使用することにより、短時間に行なうことができる。また、3時間を超えるような場合は、進路制御系内の磁気テープに運行情報を保存しているため、運行実績が消失するようなことはない。

電子計算機システムとしては、以上のように複合電子計算機システムによるタフな構成としてあるが、一部の入・出力機器の故障によって電子計算機の機能がダウンしないように、入・出力機器は複数台を用意し、相互にバックアップすることによりシステムのタフネスさの向上を図った。

4.2 シミュレーション

このシステムを開発するに当たっては列車運転シミュレータ⁽³⁾(Train Traffic Simulator: TTSと略す)と電子計算機負荷シミュレータ⁽⁴⁾(Computer Load Simulator: CLSと略す)を用意し、また、特別なオンライントレーサなどのユーティリティを作り、プログラム開発の支援を行なった。

4.2.1 T T S

進路制御系電子計算機は最終的にCTCを介して列車制御するため、CTCと接続し、しかも多数の列車を運転して進路制御プログラムをチェックする必要があるが、現実の問題としてプログラムのチェックを行なうために新幹線列車を運行させることは不可能に近い。そこで、3台系のうち1台にTTSプログラムを組み込み、列車運行の各種異常状態を設定することができるようにした。これにより、プログラムの

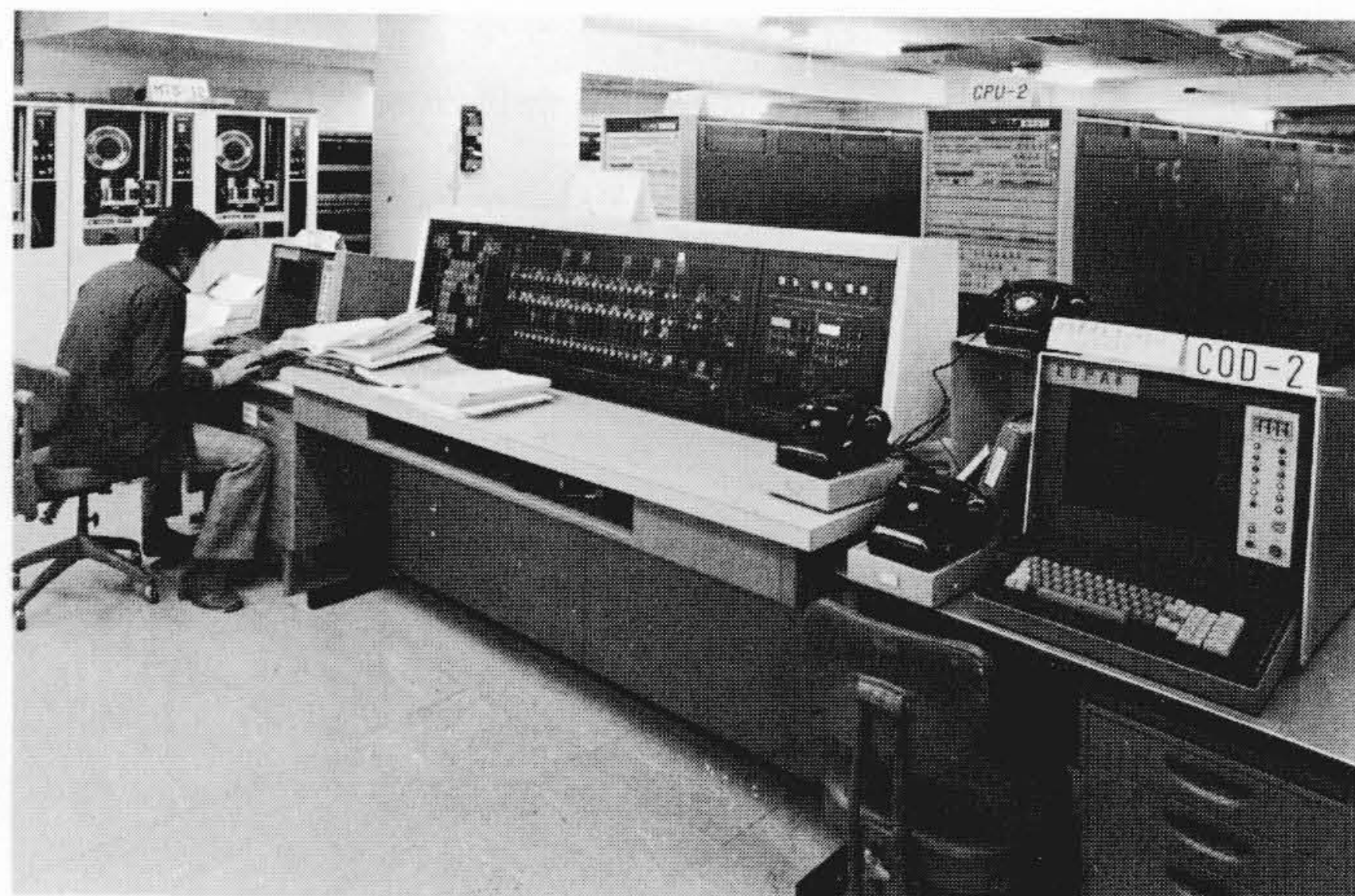


図8 運転整理系電子計算機 手前はシステムコンソール、後方は2台のHITAC 8450電子計算機処理装置を示す。

デバッグはシミュレーションテストを能率よく実施することができた。また今後の改修作業(例えば東京駅ホームの増設など)に際しても、このTTSで十分テストした後、使用を開始することができる。

4.2.2 C L S

電子計算機の処理機能はいかに優秀であっても、必要なときに必要な情報が得られなければ、なんの価値もない。そこで、プログラム作成段階で、数回、電子計算機の負荷シミュレーションを行ない、必要なレスポンスが得られるか否かの検討がなされた。特に留意した点は進路制御系のキャラクターディスプレイの応答と、運転整理系のグラフィックディスプレイの応答である。この結果、一部プログラムの処理を変更することにより、事前に十分な応答が得られることを確認した。

5 結 言

以上、コムトラックが新幹線の運転にどのような役割を果たし、またシステムの運転、及び構成上どのような配慮がなされて開発が進められたかについて述べた。このシステムは日本国有鉄道当局と、日立製作所の緊密なプロジェクトチームを組んでの研究・開発の結果であり、関係各位多数の努力により所期の目的を得られたものである。終わりにこれら各位の御指導、御協力に心から感謝するとともに、筆者らは、今後、全国新幹線網コムトラックシステムの改良、発展にいつそう努力する考えである。

参考文献

- (1) 今城、井原ほか「新幹線運転管理システム、コムトラック(COMTRAC)」日立評論 54, 733(昭47-8)
- (2) 富岡、稲田ほか「博多対応コムトラックシステム」第10回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム 論文集p.213 (1973)
- (3) 川村、関 ほか「博多対応コムトラックにおけるトラフィックシミュレータ」第10回 鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム 論文集p.223 (1973)
- (4) 福岡、三森ほか「制御用計算機負荷シミュレータCLS」電学誌 91, 8 (1971)