U.D.C. 656. 22. 052:681. 322

新幹線運転管理システム コムトラック(COMTRAC)

Computer Aided Traffic Control System "COMTRAC" for Shinkansen

岡本正己* Masami Okamoto
今城 勝** Masaru Imaki
千年 茂*** Sigeru Titose
井原廣一**** Hirokazu Ihara
久保 裕**** Yutaka Kubo
高橋奉男***** Tomoo Takahasi

Since its first running in 1964, the Tokaido super-express train has been displaying its excellent performance inviting the admiration of the railway authorities of the world. This year, on March 15, the service was extended to Okayama for another 110 miles. On this occasion, several new train schedule have been put into service and at the same time the controlling of train running operation business has been computerized. It should be noteworthy that the computerization took only 18 months from designing to practical service operation.

The system is named "COMTRAC" (Computer aided Traffic Control).

This is a command and control system which, by the command from operator(s), determines train running routes and re-organizes a train schedule. It uses 4 color character displays and a graphic display as man-machine interfaces. A tele-typewiter is also provided for recording the content of commands and train running conditions.

The computer system comprises two Hitachi Computer 7250 System coupled as a dual system for route controlling and one Hitachi Computer 8811 System graphic display system for operation corrective strategy.

Collation (check-up) of the program synchronization and calculation results of the dual system are effected by a newly developed dual system control device. If abnormality occurs the affected system is isolated automatically.

These systems are kept in on-line operation from 5 am through 2 am and during off-duty hours they are used for compiling the next day's schedule.

1 緒 言

現在の鉄道旅客輸送産業においては，各方面で装置産業化の努力が払われているが，コムトラック（COMTRAC, computer aided traffic control System）は，新幹線の列車生産システムをになうことになっており，昭和47年3月15日岡山開業を期して，その第一段階を踏み出したものである。

2 コムトラックの背景と機能

列車生産システムは，営業要請，波動輸送を加味した計画を行なう計画部門，この計画に従って旅客輸送を達成する実施部門およびその結果を計画部門にフィードバックする検討部門に分かれている。車両故障，設備故障など外部要因による列車ダイヤの乱れは即時実施部門に影響を与えるので，実施部門のシステムの良否が直接輸送サービスの良否に密接に結びつく。したがってまず第1段階として，リアルタイム制御である列車群の計算機制御化を取り上げることになり，

(1) 輸送需要の変動に即応した運転計画の作成と伝達
(2) ダイヤが乱れた際の運転整理と予測ダイヤの作成と伝達
(3) これらに対応した進路制御の完全自動化

を目標にシステムの建設が進められ実現を見たものである。

コムトラックシステムの制御対象の概要を列挙してみれば，

(1) 線区 東京～岡山間新幹線
(2) 列車 運転時間帯に運転時刻を設けて運転する全列車
(3) 総列車本数 756本
(4) 同時在線本数 最大 136本
(5) 駅数 20駅
(6) 番線数 上下線各3番 引上線 各4番
(7) ダイヤ時刻単位 15秒
(8) 車両編成数 135編成
(9) 進路数 約 300進路

であり，これらの制御を早朝6時の始発列車より，深夜1時の終着列車まで行なう。

システムの機能を列挙すれば，

(1)運転実施計画の作成 (2)進路制御 (3)運転整理
(4)車両運用監視 (5)信号設備監視 (6)情報伝達 (7)統計処理

となる。

列車運転整理アルゴリズムには，非常に多くの条件を考慮しなければならないので，高級な判断は指令員にデータを提供して，仰ぐことにしており，人間と計算機が一体になってシステムとしての機能を発揮する高度なコマンドアンドコントロールとなった。また，列車そのものを制御することからシステムの信頼性は最大限を要求されるので，完全二重化同期制御方式を開発した。

列車を実際に走らせていろいろな条件を作りテストすることが，

* 日本国有鉄道鉄道技術研究所兼東京第二電気工事局 ** 日本国有鉄道新幹線総局 *** 日本国有鉄道東京第二電気工事局兼新幹線総局
**** 日立製作所大みか工場 ***** 日立製作所ソフトウェア工場

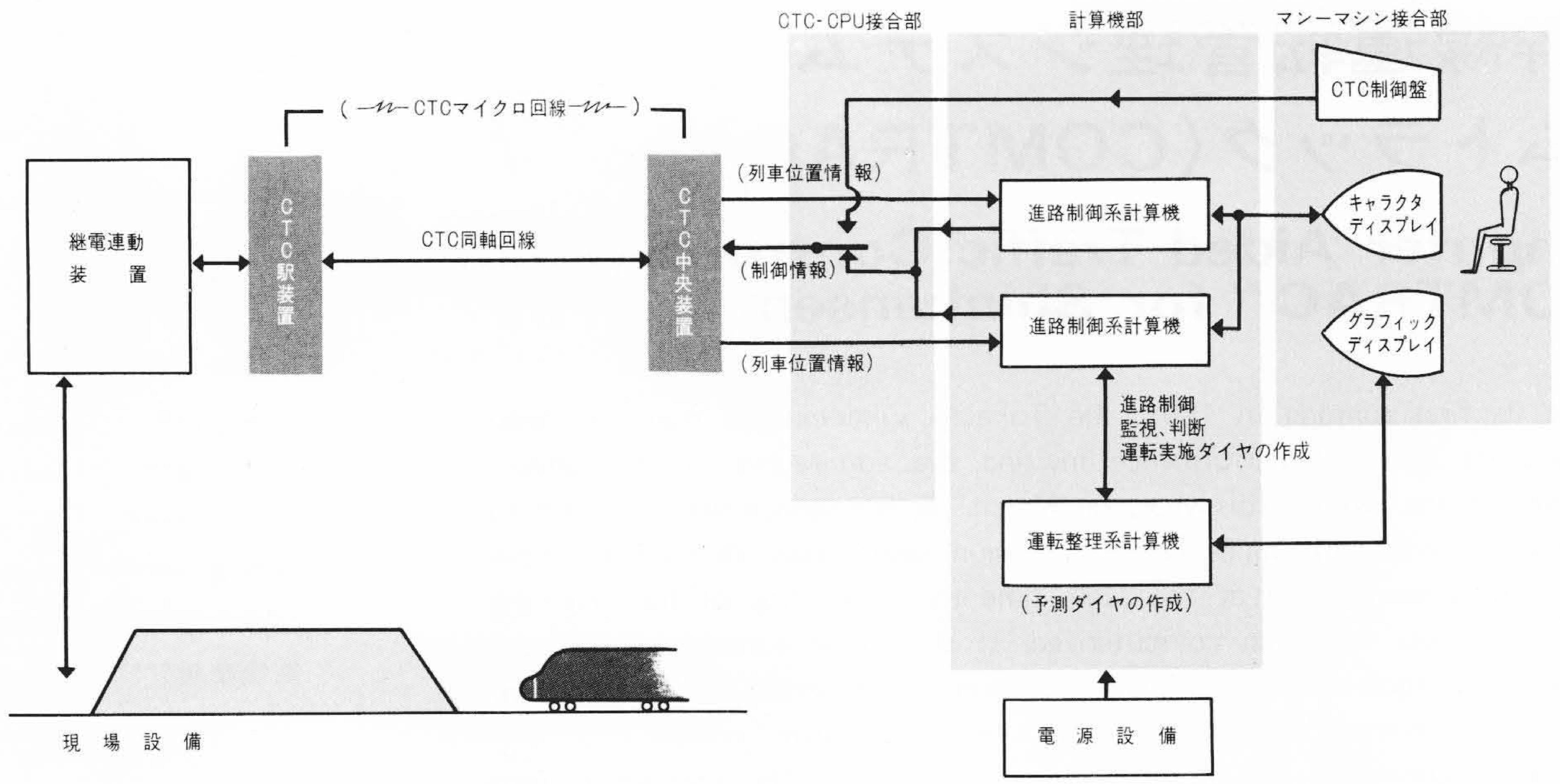


図1　全体構成図　コムトラックシステムは，各駅の現場設置と同軸回線またはマイクロ回線で結合されているCTC装置で集められた情報により列車運行管理を行なう。
Fig. 1　COMTRAC System

全く不可能のため，制御対象のシミュレータも開発した。シミュレータは，実際の列車が走行するのと全く同様な入力情報を発生し，これにより制御プログラムが動作し，その出力信号をシミュレータが取り込み，さらに列車を走らせるという大規模なもので，ソフトウェアシミュレータであり，本システムの完成には最大の貢献をなしたものである。

3　システムの運転

システムの運転はまず基本ダイヤの作成から始まる。基本ダイヤは1年に2回程度の時刻改正時に作成される。この基本ダイヤを元にして毎日毎日のダイヤが作成されるのであるが，その際祝日，休日，季節，団体などの輸送状況を加味して，基本ダイヤのうちの列車の休活が決定される。これを決めるのが総局達と呼ばれるもので，これはオンライン制御中に指令員がCDよりインプットし磁気テープに収集しておくのである。列車には車両編成の割当ても行なうが，運用割当て決定が，終列車後行なわれるので，計算機に入れられるのは深夜2時ごろである。したがってダイヤ作成はどうしても夜間作業になり，オンライン制御の行なわれていない夜間の短い時間に行なわれる。

このダイヤ管理システムは，オンライン制御システムより独立しており，8台の磁気テープによって行なわれる。作業時間は約3時間程度である。

入力は，磁気テープ，カード，キャラクタディスプレイなどで，出力は，磁気テープとラインプリンタによるリストである。リストには，基本ダイヤリスト，局達データリスト，当日予定ダイヤリストおよび編成を付加した実施ダイヤリストなどがあり，事前にチェックできるようにしてある。また，処理が直列的に行なわれるので各段階で合理性チェックが行なわれ，誤りを早く見つけ，作業のやり直しをできるだけ避けるよう配慮されている。

でき上ったダイヤなどの運転制御データは，オンラインOSにより磁気テープより磁気ドラムに移され，オンライン制御に入る。まず一重系システムでシステムレディの状態になり，次いで同期をとりながらに二重系に移行する。これらのオペレーションは，計算機室のシステムコンソール上の押しボタン，タイプライタ，キャラクタディスプレイなどにより行なわれる。

オンライン制御になると計算機はCTC装置(Centralized Traffic Control)から列車情報を取り込み，これを分析して列車の位置，列車番号種別などをチェックする。列車制御の開始は，全線同時に行なうのではなく，ダイヤ上の始発時刻の10分前に各駅上下線別ごとに制御開始してよいかどうかをキャラクタディスプレイにより，計算機が問い合わせてくるので，指令員はそれに応答する。したがって東京，大阪，岡山など端末駅は早く制御状態に移るが，中間駅の制御はだいぶ遅れて計算機制御状態になる。その間，計算機に無関係に保線など整備作業を行なうことができる。

列車情報や，軌道情報，現場機器情報は，CTC経由で1.5秒ないし3秒間隔で取り込まれ，それにより列車の追跡を行ない，列車ダイヤと比較し，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る。

列車位置のチェックポイントは，各駅ごと上下線別に分岐合流に関係する次の5地点とした。

駅接近地点(R点)　場内信号機地点(H点)　停車地点(I点)
出発信号地点(L点)　列車番号検知地点(N点)

列車が駅に接近してR点に達すると，ダイヤ上と列車番号から，停車列車(こだま)か通過列車(ひかり)を判別して入場進路をとり，通過列車の場合は出場進路も同時にとる。次いで列車がH点に進入すると，計算機内部では，駅間制御をしていた列車順制御テーブル上の該当列車を，駅制御用の番線制御テーブルに移す。列車がI点に達すると停車したものとして，到着時刻の記録をし，停車列車の場合は出場出力を行なう。終着駅の場合は終着処理を行ない，走行距離，終着時分の記録を行なう。L点に達すると，再び，該当列車情報を駅間制御テーブルに登録し，列車番号チェック，遅れ時分記録などの出発処理をする。N点には列車番号検知装置があり，これからの情報とファイル内容とをチェックし，誤りのないようにする。

進路出力は，システムの生命を左右する最も重要な点であるから，列車位置，列車順序，時刻，支障進路の鎖錠，折返し時分，停車時分などすべてが満足しないと，進路出力をせず，キャラク

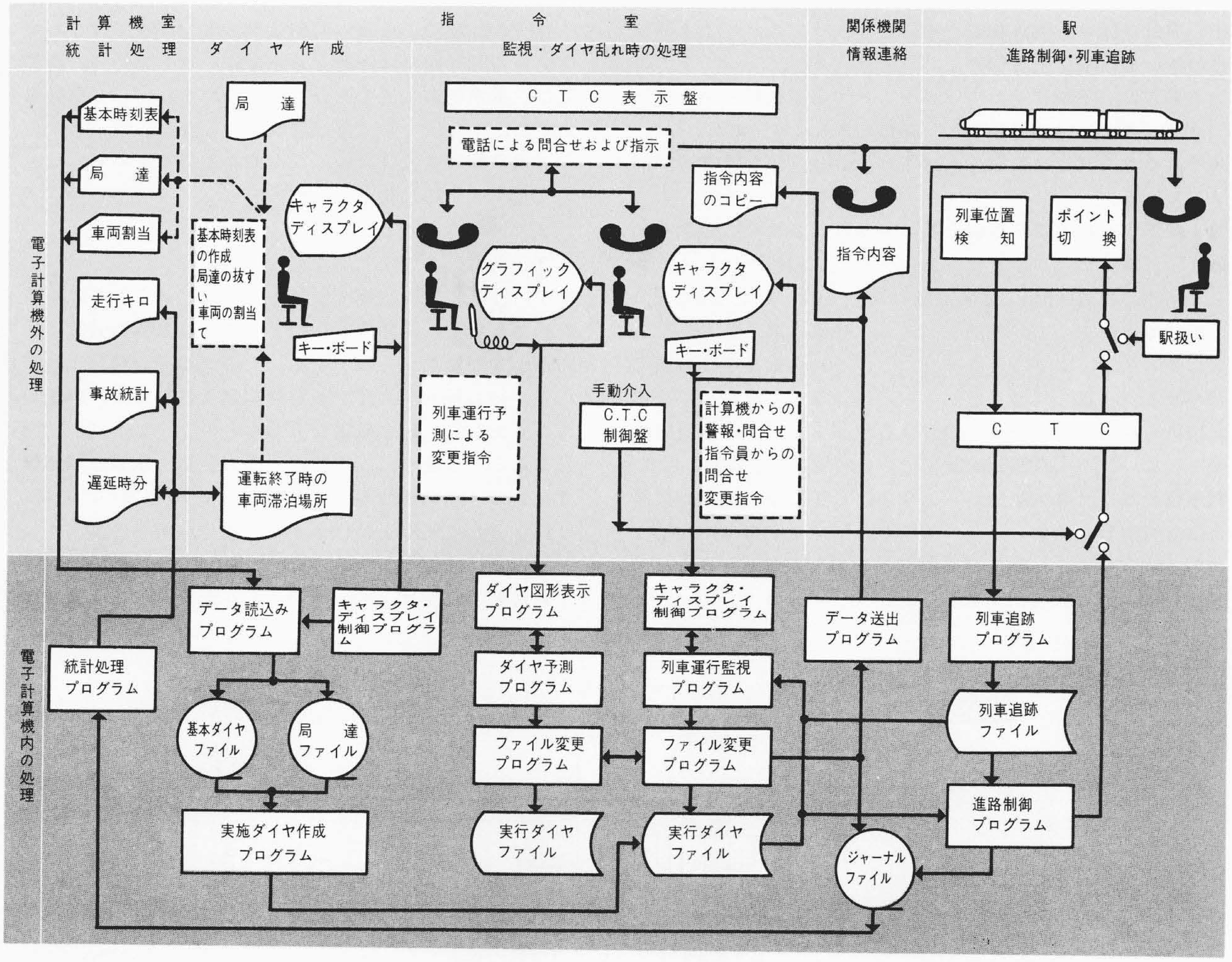


図2　**コムトラックシステムの処理概要**　コムトラックシステムの処理のうち，コンピュータと指令員との関係，情報の発生，作成などを示したものである。

Fig. 2 Procedure Chart of COMTRAC

タディスプレイに警報なり問合せを出して指令員の判断を仰ぐ。これらの場合，指令員はCTCの制御盤のてこによって手動介入することもできる。

列車が終着するとその列車に対する編成の走行距離の累算を行ない，また端末駅や運転所で列車と編成の対応のついていない場合には，警報を発し，指令の指示を仰ぐ。

営業指令は乗客に対して列車の遅延状況をサービスしなければならないので，遅延情況を一定時間ごとに駅単位にキャラクタディスプレイに表示し，また必要の際は作表して記録することもできる。

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」を追い越す駅の変更や，出発順序変更，運転中止，車両運用変更などを行なって，正常運転に復旧するのであるが計算機は，遅れ時分を常に監視し，前後列車の関係を予想して，変更の必要があると判断した場合に，指令員に対し変更を提案する。局所的な乱れについてはキャラクタディスプレイにより2列車程度に注目して指示を与えることができるが，それが広範囲になると，端末駅での車両運用変更などに影響してきて，相当未来の状態を考慮しなければならなくなるので，車両運用や乗務員運用など広範囲な判断を指令が行なえるよう，現時点における列車在線状況を基準にして，最大3時間45分先までの列車運行の予測をグラフィックディスプレイ上に画かせ，それに指令の判断を加え，ダイヤの修正を行ない，決定されれば直ちにダイヤファイルを変更し進路制御に反映させる。

指令が予定を変更したり，計算機が警報を発したりした内容は，記録のためにタイプライタにより直ちに出力される。

終列車が通過すると各駅ごとに制御終了のメッセージがキャラクタディスプレイに表示され指令が承認すれば，その駅は計算機制御からはずされ，線路などの保守作業にはいることができるようになる。全列車全駅の制御が終わると，ファイル上にはその日一日の運転結果が記録されているので，統計処理システムにより運転状況や設備故障の統計を行ない一日の作業が終了する。

4　システムの構成と信頼性

交通制御は他の制御と異なり，人間そのものの移動を対象としているため，制御システムの不ぐあいが直ちに人命を危機におとしいれることは明らかであって，しかも一度に多量の犠牲者を出すことになる。また人命を失なうことにならなくても，社会的影響は甚大(じんだい)である。したがって，システムの信頼性，フェールセイフ性がシステム構成上のポイントである。　新幹線は，ATC，CTCをはじめとする保守装置によって，安全に対しては万全の対策がとられているが，たとえ安全側であっても誤った制御をしないシステムでなくてはならない。具体的には，

(1)　絶対に誤った出力を出さないこと

(2)　一部機器の故障によってシステム全体が不能にならぬことが要求される。

以上の方針に従い，進路制御を中心とするリアルタイムオンライン性の強い進路制御系を制御用計算機HITAC 7250システムの完全二重系とし，予測ダイヤ作成を中心とする運転整理系をグラフィックディスプレイ装置HITAC 8811システムの一重系とした。両システムはデータ交換装置で直結されており，複合計算機制御システムである。

情報を収集するＣＴＣ装置は６系に分割されており，各系それぞれ独立に計算機にランダムな割込みを発生し情報の取込みを要求する。情報は1.5秒ないし３秒ごとに更新され，約4,000点である。この情報は，二つの計算機システムに独立に取り込まれ，各系ごとにサムチェックワードを作り出し，それを両系の計算機で突き合わせる。一致しておれば，その情報は正しいとして以後の制御に用いられるが，不一致の場合は各ワードごとに詳細な突き合わせを行ない，不一致情報を含んでいる駅の装置を故障として，その駅を自動的に計算機制御からはずす。ＣＴＣ中央装置が故障の場合は故障信号が発生し，その故障系に関する制御は中止となる。故障が回復すると，回復プログラムが働き，ファイルなどの修正を自動的に行ない復旧する。

HITAC 7250二重系の同期はタスクレベルで行なわれており，タスクの起動順序は両系とも完全に一致している。演算された結果は二重系制御装置で照合され，一致すれば正しい結果として出力され，不一致ならば自己診断を行なう。

二重系制御装置は次のような機能を持っている。

(1)　タスク起動要求の一致

(2)　情報の突き合わせ

(3)　異常系の判定と切り離し

まず，外部よりの割込み信号または他プログラムによりタスクが起動されると，起動待ち行列として二重系制御装置に出力され，両系よりの要求が一致すると，そのタスクが両系それぞれ起動される。待ち行列の状態が一定時間以上継続して，両系の一致がとれないとなんらかの異常があったものとしてチェックが行なわれ，異常系を切り離す。入力情報，出力情報，演算中間情報などの突き合わせは両系の待ち行列が一致した場合に行なわれ，一致すれば正常として処理を続行するが，不一致の場合は，チェックにはいる。

異常系の判定は，両系のテストルーチンによる実行結果をあら

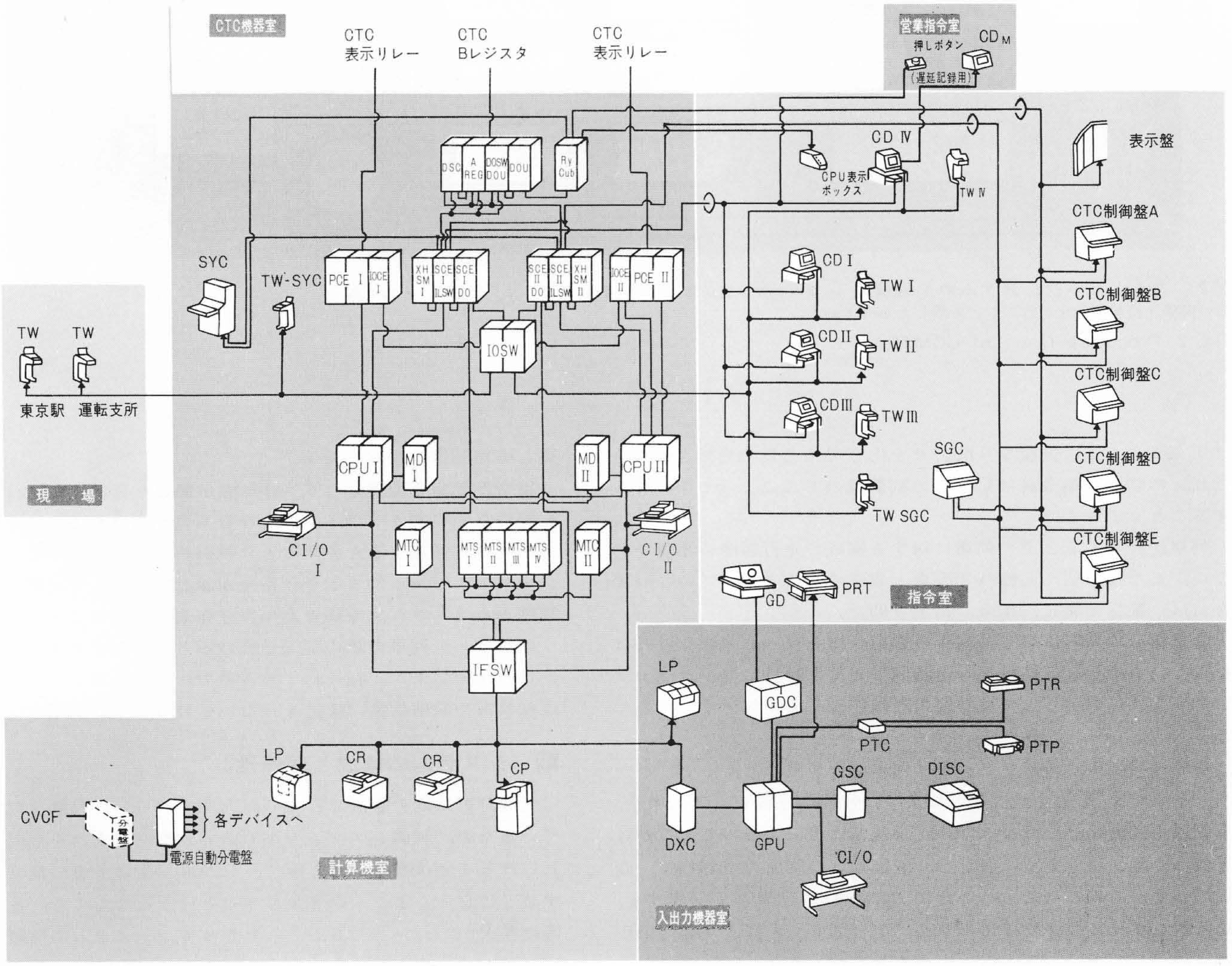


図3　コムトラックシステム　　コムトラックシステムのハードウェア構成を示したものである。おもな略称は次のとおりである。　DSC：二重系制御装置　PCE：プロセス制御装置　IOCE：入出力制御装置　SCE：システム制御装置　XHSM：外部コアメモリ　IOSW：入出力切換装置　CPU：HITAC 7250　MD：磁気ドラムメモリ　MTC：磁気テープ制御装置　MTS：磁気テープ装置　IFSW：インターフェイス切換装置　GPU：H-8811　GDC：グラフィックディスプレイ制御装置　DISC：磁気ディスク装置

Fig. 3　Hardware Structure of COMTRAC

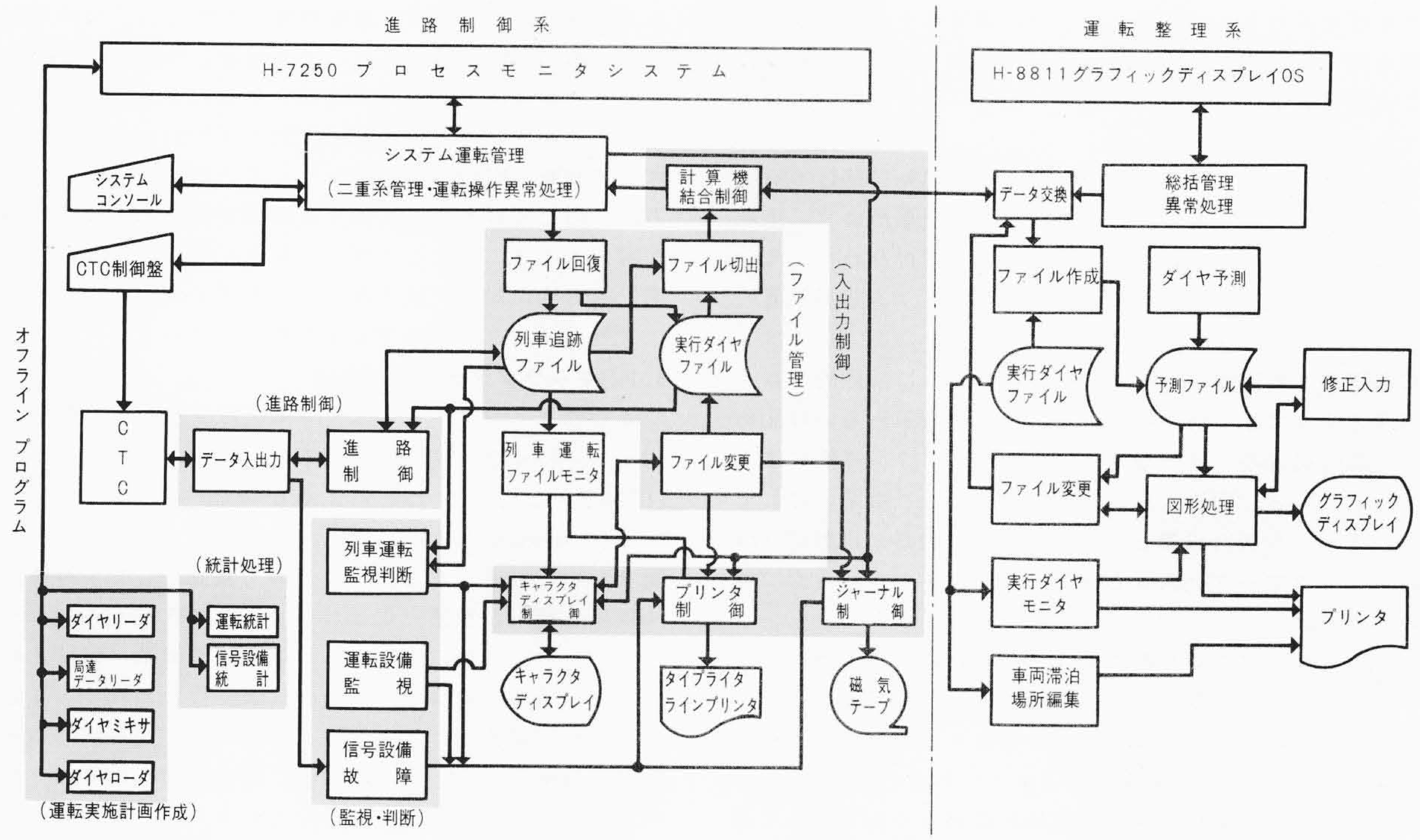
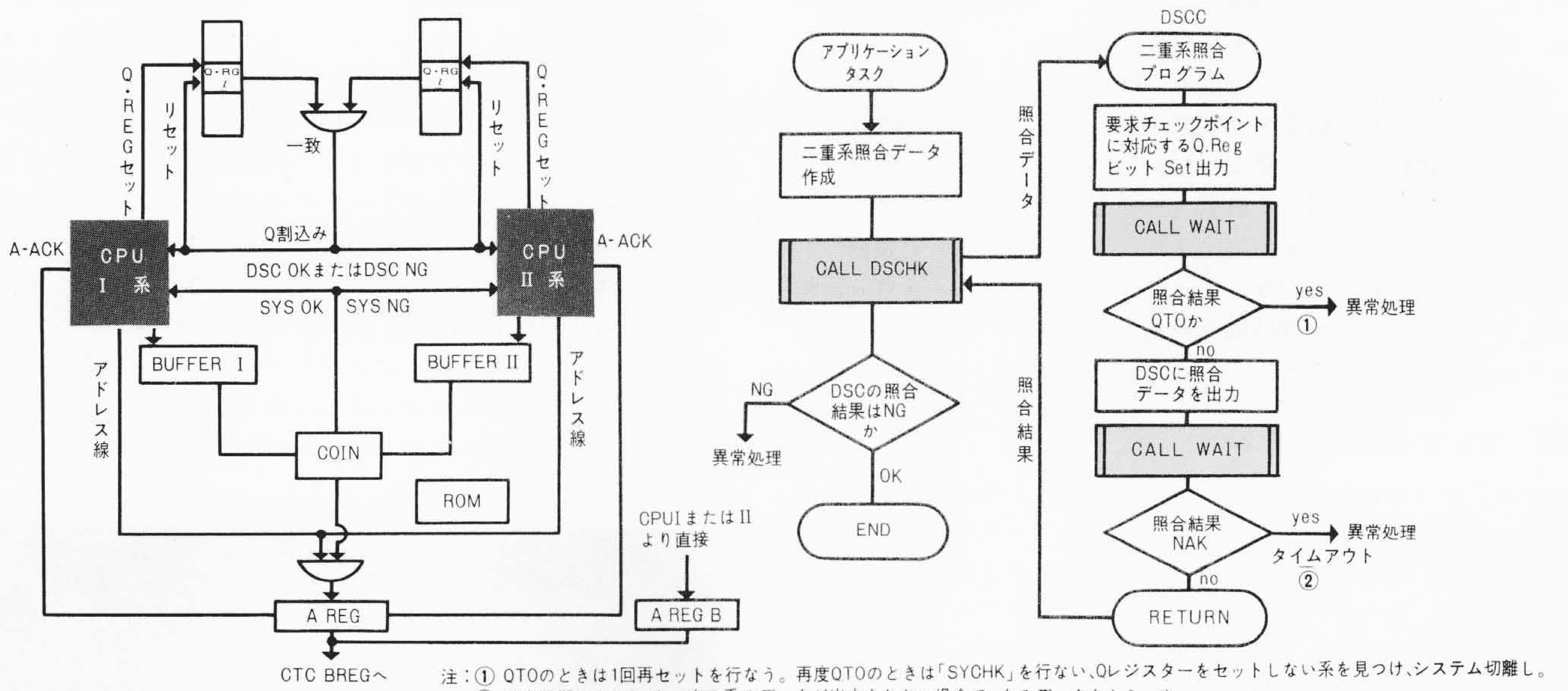


図4　コムトラックシステムプログラム構成図　HITAC 7250内のおもなプログラムとHITAC 8811内のおもなプログラムを表わしたものである。

Fig. 4　Program System of COMTRAC



注：① QTOのときは1回再セットを行なう。再度QTOのときは「SYCHK」を行ない、Qレジスターをセットしない系を見つけ、システム切離し。
② 出力同期はとれたが、一方の系のデータが出力されない場合で、あるデータをもう一度再出力させ、DSCをチェックする。このときまたNAKとなると異常系切離しを行なう。

図5　二重系制御装置(DSC)概念図　2台のHITAC 7250内のプログラムはDSCで同期され，その結果がつき合わされ，絶対に誤った出力を行なわない。また，つき合わせた情報に不一致があれば，異常系の検出を行ない，一重系として自動的に制御を続行する。

Fig. 5　Dual System Controller (DSC)

かじめ二重系制御装置に設定しておいたパターンと比較することにより行なわれる。これらの判断はすべてソフトウェアで行なわれ，二重系制御装置自体は異常系決定を行なわない。本装置は，コムトラックシステムにおける唯一の一重系ハードウェアなので，信頼性ができるだけ大なるよう単純なものとしてある。

入力データについては各所で合理性チェックあるいはファイル内データの突き合わせを二重系制御装置で行ない，不合理あるいは不一致の場合は再入力を待つか，誤り警報をキャラクタディスプレイに表示することにして，情報の信頼性を確保している。

CTC装置からの入力情報は常に両系にはいっているから情報の記憶は両系単独に行なわれるが，他の入出力機器，特にキャラクタディスプレイによる情報は片系にのみしか入出力できないから，この部分のプログラムは一重系動作となってしまう。このプログラムが動作する系を主系と呼び，演算結果には厳重な合理性

チェックを行なったうえ，主系から二つの磁気ドラム記憶装置に同時に書き込むようにし，両系のファイルの同一性を得ている。磁気ドラム記憶装置は，両系計算機から同時に書き込めるデュアルアクセス機能を持っている。

なんらかの不ぐあいで二重系運転より一重系運転に移行するのは，完全に自動的であり瞬時に行なわれるが，一重系より二重系への移行はシステムコンソール上の押しボタンで行なわれ，その時間は，主記憶装置，補助磁気記憶装置，磁気ドラム記憶装置の関係ファイル類転送時間の6秒で完了する。

CTC装置など周辺機器の故障に対しては，常に部分的にローカライズするようにして切り離し，その状況を表示あるいは記録する。また故障復帰時には，指令員による押しボタン操作によりオンラインにはいる。周辺入出力機器に対しては二重系にはしていないが，すべて複数台設置としてあり，故障機器の自動切り離しと同時にバックアップが次々と行なわれ，フォールバックで運転が続けられる。

万一にもシステムダウンを起こした場合のために，トランザクションデータをすべて磁気テープ記憶装置に記録しておき，システム再起動の場合のファイル回復を行なうことにしている。

グラフィックディスプレイに対してもダイヤ予測を始める前に，予測開始時のファイル関係をすべて進路制御系よりあらためて送ることにして故障による影響を除いている。グラフィックディスプレイでは送られた情報を一度すべて磁気ディスク装置に格納し，これを使って予測が行なわれる。予測している間に列車の運行により情報は刻々変化するから，これはトランザクション情報として予測終了後，進路制御系より受け取り，予測結果に修正が行なわれる。予測結果は変化情報のみを編集して進路制御系に伝えられ，不合理がなければファイルを書き換える。

ダイヤ管理システムは，一重系で使われるが，待期予備系が準備されている。取り扱うデータ量が非常に多いため，合理性チェックが随所に行なわれ，早く誤りを見つけ出すようにしてあり不測の事態に対処できるよう磁気テープ上には二重書き，2本どりなどを行なうようにしてある。また，磁気テープ装置の台数も，故障時のことを考え，次々とバックアップしていくようにし，最大6デッキを使って処理時間を短縮しているが，必要ならば最少2デッキでも運用できる。

5 マンマシンシステム

コムトラックは本格的コマンドアンドコントロールシステムであり，人間と計算機の共同作業により初めてシステムとして成り立つもので，この間の意志疎通がうまくいくように考えておかねばならない。この手段としてカラーキャラクタデスプレイ装置4台とグラフィックディスプレイ装置を装備している。計算機による制御結果を示す列車の運行ならびに信号現示などの表示については列車集中制御表示盤という屛風（びょうぶ）形で高さ2m，長さ27mで5面に折れ半円形になっているものがあるが，これはCTC設備の手動遠隔制御用のものとして従来から設置されているものであるから説明を省略する。

マンマシンシステムのおもな機能は事故の発生などによりダイヤが乱れた場合の運転整理である。この機能を人間と機械が分担して行なう作業は原則として次のような形態をとっている。列車運行の監視，ダイヤの乱れあるいはダイヤ乱れにつながるおそれのある設備故障が発生しているかどうかを計算機が監視し，指令員に警報を発する。ダイヤ乱れを検知した際の，運転整理業務は人間—機械の共同作業で行なわれる。その場合，計算機は判断材料の提示や標準的な判断による提案（問いかけ）を行なうことを原則とし，例外的かつ総合的判断と最終決定は人間が行なっている。計算機に行なわせる運転整理，判断には二つの方法が考えられる。第一は局部的な乱れにのみ着目した限定因子に基づいて判断をさせる方法，第二は事故発生点からターミナルまでの予測とターミナルにおける車両運用変更を平均的かつ定形的なアルゴリズムで判断し広い時間帯にわたって予測する方法である。第一の方法に対しては入出力に要する時間が短くてすむこと，入力操作が容易であることなどの理由からキャラクタディスプレイを用い，第二の方法に対しては予測ダイヤをダイヤ形式で表示させるためにグラフィックディスプレイを使用している。

5.1 キャラクタディスプレイ

4台のキャラクタディスプレイ（以下CDと略称する）には，19インチのカラーブラウン管を使用した，ラスタスキャン方式（標準テレビジョン方式）によるもので，英数字・仮名文字・特殊記号を一画面最大640字表示でき各字ごと7色のカラー指定が可能なものである。また各CDの入力装置として半導体によるホール効果を利用し無接点化したソリッドステートキーボードが接続されている。これら4台のCDは進路制御系に接続されており指令員との情報伝達はすべてこれにより行なわれる。4台のCDはそれぞれ制御範囲に対応して指令室内に配備されている。

3台は東京中心，名古屋中心，新大阪中心にそれぞれの列車指令員の運転整理範囲を受け持っており，残り1台は指令長用として全体を統括するようにしてある。またこのCDに常時表示される列車遅延状況モニタ画面を随時見えるように営業指令室にそのモニタビュアを置いている。4台の装置はいずれも他をバックアップすることができると同時にその運転整理範囲を変更することが可能である。

CD画面への表示文字はメッセージにより色分けしてあり，誤操作を防ぐようにしている，たとえば，見出しはグリーン，下地文字の部分はシアン，データ類は黄色など全体として落ち着いた配色を採用している。またキーボードからのデータ入力についてはカーソルコントロール機能により画面上誤った位置に入力できないようにし，さらに入力データのチェックを行なっている。もし誤ったデータを入力しチェックにかかった場合は画面下部に“アツカイ　エラー”などのメッセージが表示され，訂正して再度入力ができるようにしてある。CDに表示した画面内容は1対1に対応しているタイプライタによりハードコピーが作成され，記録として残すことができるようにしてある。ハードコピー中画面内容によって必ず記録しておかなければならないものは計算機が自

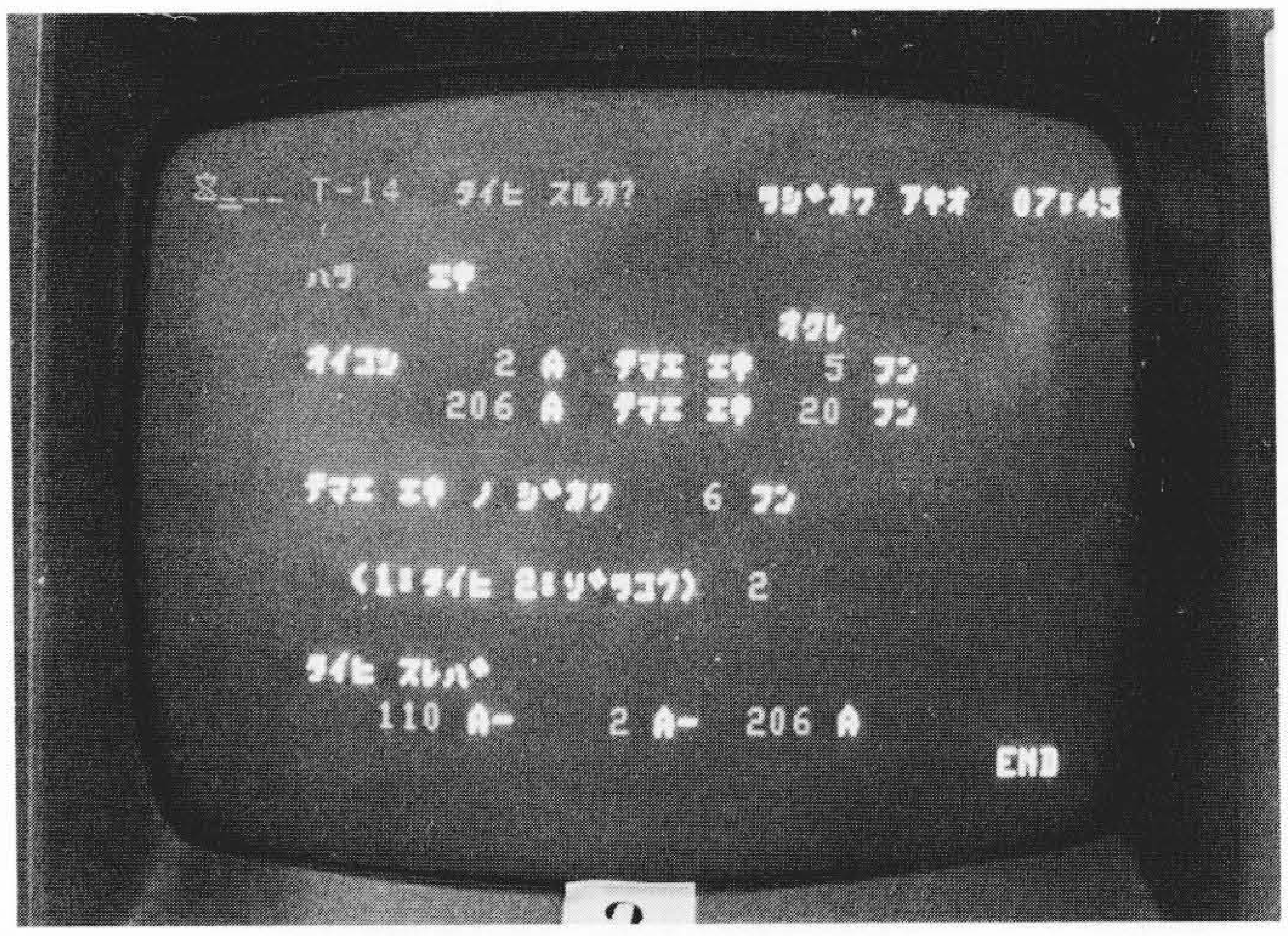


図6　キャラクタディスプレイ画面例　このような画面は104種あり，表示文字はメッセージにより色分けしてある。指令員との対話はすべて，この画面により行なう。

Fig. 6 Example of Color Character Display

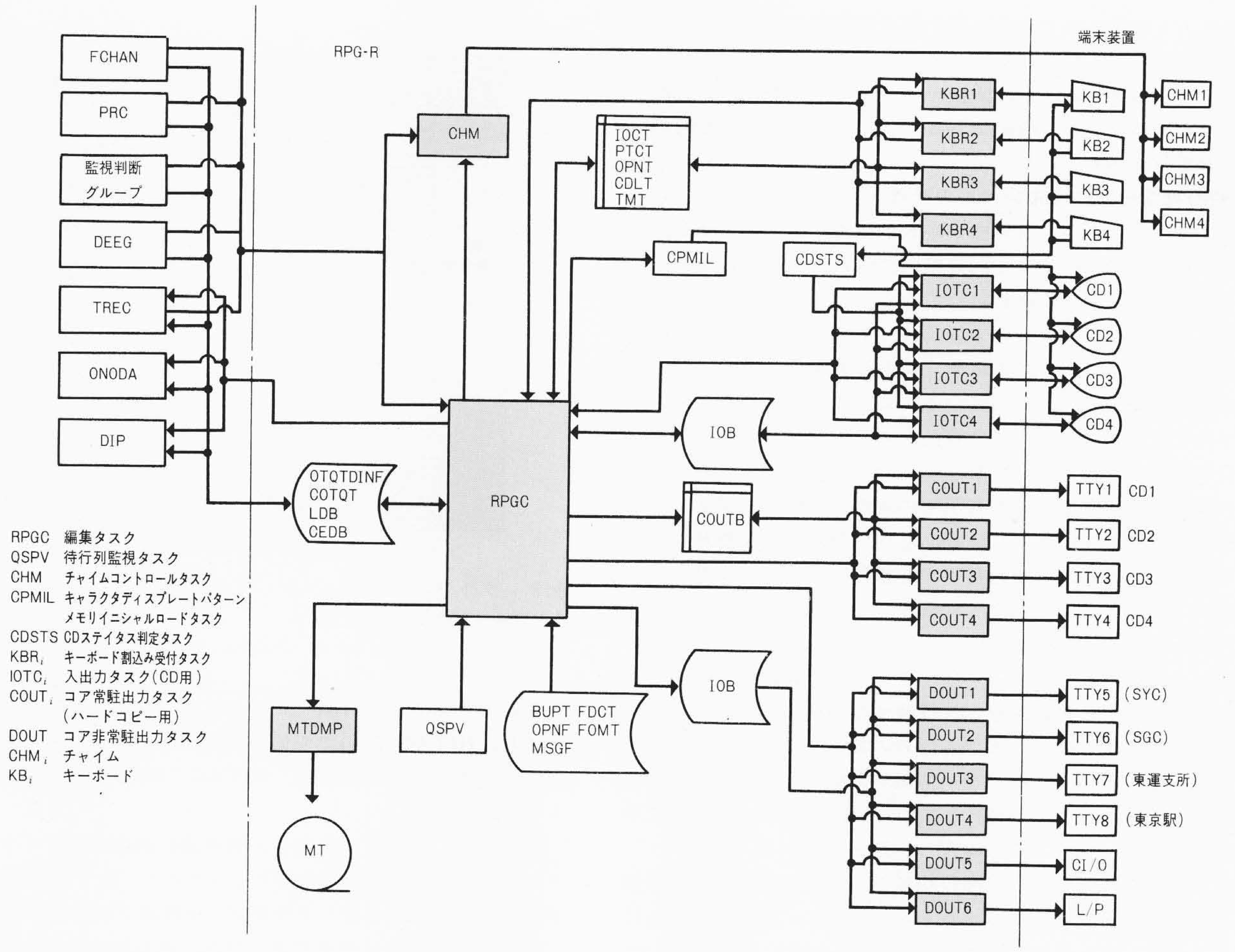


図7　マン―マシンコントロールプログラム構成図　　マン―マシン機器としてのチャイム，キーボード，キャラクタディスプレイ，タイプライタ，ラインプリンタなどの制御を統括し，バックアップ機器切り換えなどの制御を行なうプログラムの構成である。

Fig. 7 Program Structure of Man-machine Control

動的にとり，それ以外のものは指令員の判断でキーボードから指示することによりとることができるようにしてある。

5.2　キャラクタディスプレイによる運転整理

運転整理は人間と計算機が分担して行なうものであり，意志の伝達方向と情報の発生源によりCD運用の方法は次の五つのパターンに分類される。そして各パターンのために用意されたCD画面の種類は104種に及んでいる。

(1)　警　　報

計算機が検知したシステムの異常あるいは制御対象の異常を指令員に知らせるものである。運転整理に関するものとして列車運行の乱れを検出した場合と，あらかじめ定められているアルゴリズムに従った自動判断による変更結果，緊急あるいは絶体的不合理が発生するため変更した結果を通告する場合とがある。このパターンに対して指令員は確認操作を行ない必要な処置をとらなければならない。

警報項目としてはたとえばターミナルの折返し時分が不足している場合など列車運行の異常に関するものと，軌道回路不正落下など機器異常に関するものなど全部で29項目がある。

(2)　問いかけ

制御対象に乱れを検出し計算機の判断結果をCD画面に表示出力し指令員に問い合わせ，その判断がよいかどうか指示を仰ぐものである。このパターンでは計算機から指令員に対してダイヤ修正案などを提案してくるもので指令員は承認するか否（いな）かその諾否をキーボードから入力する。問いかけ項目としては中間駅における待避変更など全部で13項目がある。

(3)　直接入力

指令員から起動して運行計画ファイルを強制的に変更するものである。“警報”に対処するためと計算機の判断“問いかけ”機能の範囲外の事象に関して指令員が直接変更入力できるための機能である。同時に運転整理系グラフィックディスプレイのバックアップとしての機能でもある。このパターンでは指令員の起動により，まず入力用画面フォーマットをキーボードから要求する。CDに表示されたフォーマット上にキーボードから変更したいデータを入力することにより，計算機に運行計画ファイルの変更を指示することができる。直接入力項目としては列車の運休，順序変更など21項目がある。

(4)　モニタ

運行計画ファイルがどうなっているか，端末駅における番線使用状況がどうかなど計算機が記憶しているデータ，制御状況を指令員の要求によりCD画面に表示するものである。このパターンでは指令員がまず希望するモニタの入力画面フォーマットをキーボードから要求する。CDに表示されたフォーマット上に詳細モニタ項目，たとえば列車番号あるいは駅名などをキーボードから入力すると計算機内のファイル，テーブルの内容が画面に表示される。モニタ項目としては列車遅延状況モニタなど6項目がある。

(5)　局達入力

直接入力と操作上同じであるが，翌日以降あるいは数個月先のダイヤ変更データとして指令員が入力するものである。これは総局達として発行される運行計画変更の達示類をオンラインで磁気テープに書き込んでおく機能である。この項目としては車両割当てなど25項目がある。

5.3　待行列ならびに優先レベルの管理

ＣＤを使用中に新たに計算機から表示情報が発生した場合，その情報はＣＤが空(あ)くまで計算機内に待ち行列を作っておき，空きしだい表示出力しなければならない。待ち行列は各ＣＤごとに設けられ，待ち行列に登録する場合，重要性あるいは緊急度の高いものは優先して処理できるよう待ち行列中前の方に割り込ませるなどの優先機能を持たせている。このため各項目ごとにレベルがつけてある。したがって計算機からの表示情報はレベルの高い項目から表示される。ただし，一つの画面を表示中，新しいレベルの高い情報が発生しても表示中の画面の処理を終了するか，保留操作を行なわないと新しい画面に切り替わり表示されないようにしてある。また計算機起動の“警報”“問いかけ”よりも指令員起動の“直接入力”“モニタ”は優先して処理できるようにしてある。したがって“警報”“問いかけ”の画面表示中でも指令員は割り込んで“直接入力”あるいは“モニタ”の操作をすることができる。そのほかＣＤ画面中には待機情報の見出しのエリアがあり，待ち行列先頭の見出しと待ち行列の数を常に表示できるようになっている。新しく表示したい情報が発生した際，それ以前の情報の処理が，画面上で処理されていない場合には，現処理を早く終了させるようチャイムを鳴らし注意を喚起する。

また，特殊な機能として画面の転送がある。これは表示中の画面を，他のＣＤあるいはタイプライタに転送し，処理をそちらに任せるようにしたもので，一つのCDでの処理が忙がしい場合や，転送先での判断処理のほうが望ましい場合に使われる。

5.4　グラフィック・ディスプレイ

グラフィック・ディスプレイ装置は，処理装置，図形表示装置，磁気ディスク記憶装置，入出力タイプライタ，プリンタ，紙テープリーダ・パンチなどから構成されており，独立した計算機システムである。表示画面は16インチで，画面上の情報の制御はライトペンおよびファンクションキーにより行なう。この運転整理系システムHITAC 8811は，進路制御系システムHITAC 7250とデータ交換装置で結合されている。

運転整理系システムにおけるおもな機能として次の３つがある。

● 予測ダイヤ作成
　指令員と計算機の共同作業で数時間（最大３時間45分）先までの列車ダイヤを予測作成し，画面上に表示する。

● 最終車両滞泊場所編集
　指定した時刻以降に運用変更がないことを前提として，全車両の最終滞泊場所を編集し，プリンタに出力する。

● 実行ダイヤモニタ
　指令員の指示する時刻から３時間45分後までの運転計画（実行ダイヤ）を画面上にモニタ表示する。

5.5　グラフィック・ディスプレイによる運転整理

(1)　概　　要

列車に遅延，事故など広範囲にわたる乱れが発生した場合，その乱れの回復にあたっては，列車の運転打切り，臨時列車の設定等を考慮した未来の数時間先にわたっての復旧計画を考えなければならない。このような大きな乱れに対する運転整理のために，コムトラックでは，HITAC 8811グラフィック・ディスプレイ・システムを使用し，指令員と計算機との対話処理で最適な列車運行計画変更を行なう。

(2)　初期予測

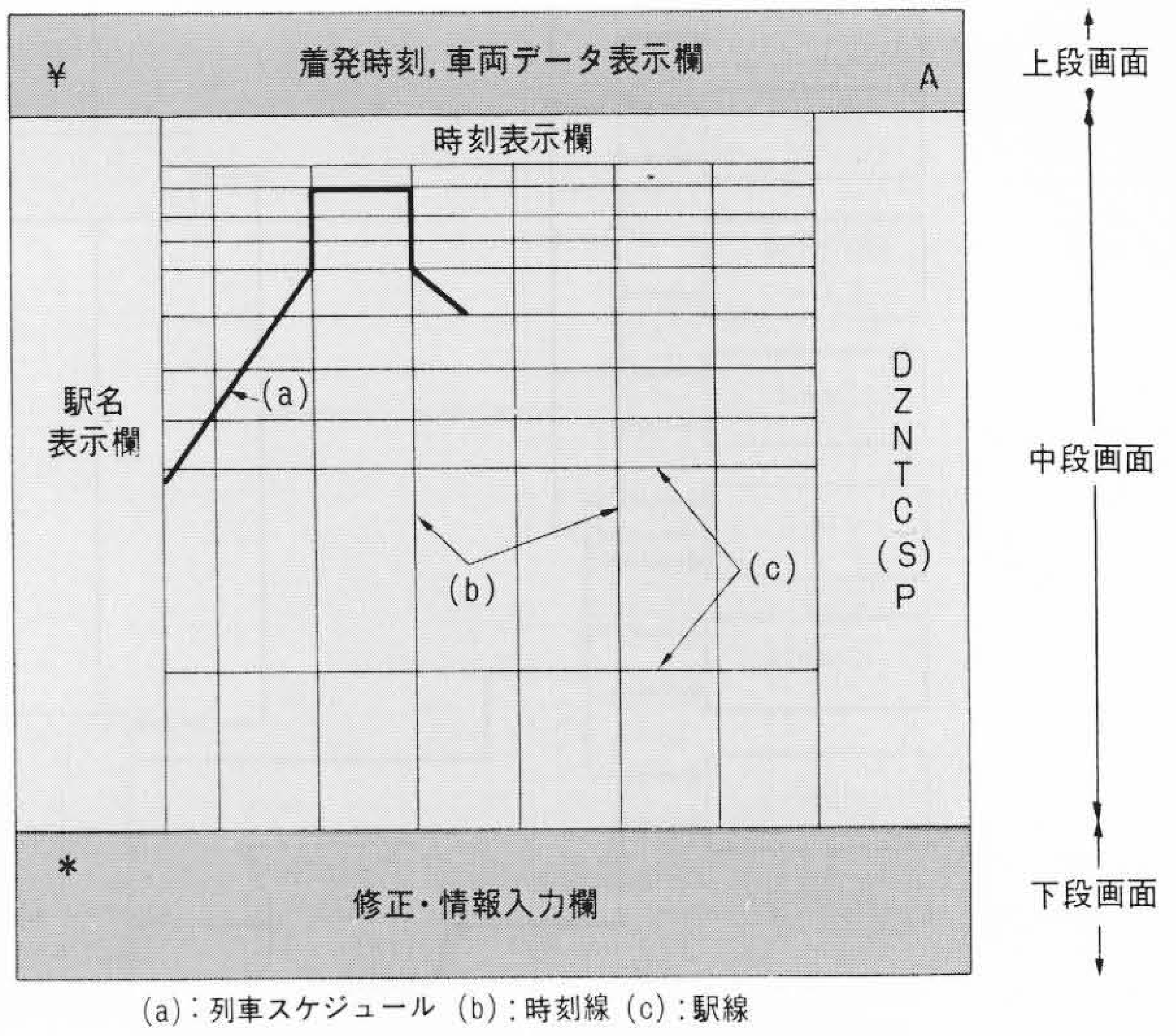


図８　グラフィックディスプレイ画面説明
表示画面は大きく３分割される。
Fig. 8　An Explanation of Graphic Display Format

１日の列車の運行計画（計画ダイヤと称する）はディスクに保持され，HITAC 7250で変更が発生した場合，直ちに変更情報が送られてきてHITAC 8811，HITAC 7250のファイルの同期が取られる。

列車の遅延，事故が発生し，列車運行計画変更ダイヤ（予測ダイヤと称する）の作成が必要となったとき，指令員はFK（ファンクション・キー）を押して予測ダイヤ作成プログラムを起動する。

HITAC 8811では列車の運行情況，乱れの大きさを把握するため，HITAC 7250で追跡，制御中の在線列車（東京～岡山間に運転中の列車）情報を取り込む。この情報をもとに現在時刻より先４時間の範囲内に存在する運行予定列車のダイヤファイルをマスタファイルより切り出し，予測ダイヤ作成対象ファイルを作成する。

この予測対象ファイルをもとに

(a)　各列車に関する各駅の着発時刻
(b)　各列車に関する各駅の列車出発順序
(c)　各列車に関する各駅の着発番線
(d)　各列車に関する他列車への車両充当

を決定し，予測ダイヤを作成する。

上記４項目の決定に際しては計画の出発順序，着発線，車両運用を守り，計画ダイヤの時刻を参照して続行時分，平面交差支障，折返時分などのチェックを行ないながら着発時刻を計算していく基本機能と，出発順序，着発線，車両運用を任意に変更し，入出庫列車の休活，臨時列車を自動的に設定する自動判断機能とがある。

初期予測においてはスケジュール変更の追随性を考慮して現在時刻から１時間までは現行スケジュールを変えない基本機能で予測を行ない，それ以降最大３時間45分の範囲で自動判断機能による予測を行なう。

(3)　予測ダイヤ修正

初期予測によって作成した予測ダイヤは横軸を時間軸，縦軸を駅軸としたダイヤ線図でグラフィックディスプレイ上に表示される。

図８はその画面フォーマットを示したものである。

この画面フォーマットは上段画面，中段画面，下段画面の三つに大別される。

指令員はまず中段画面上に表示された列車スケジュールから予測結果の概要を目視する。さらに中段画面右側のライトボタン指示による画面モニタ機能で，より詳細な予測結果を掌握する。このモニタ機能には次の五つがある。

(a)　ダイヤ表示区間選択機能（Dを指示）
(b)　ダイヤ表示範囲の拡大，縮小機能（Zを指示）
(c)　列車番号表示消去機能（Nを指示。列車スケジュールの指示した場所に表示）
(d)　着発時刻表示機能（Tを指示。列車番号，駅名，着発時刻遅れ時分，番線などを上段画面に表示）
(e)　車両データ表示機能（Cを指示。列車番号，編成名，残走行キロ，検収内容，滞泊場所などを上段画面に表示）
(f)　ダイヤ表示範囲シフト機能（Sを指示）
(g)　プリント出力機能（Pを指示。予測着発，終着時刻，車両データ，端末駅着発順序，予測折返し時分などをプリンタに印字）

このようにして掌握された予測結果に満足できない個所が存在する場合，指令員はグラフィックディスプレイ画面より不ぐあい点の修正を入力する。

入力可能な修正項目には運用変更，時刻変更，着発線変更，運転休止，新列車設定，順序変更，臨時停車，臨時停車取消し，延発，抑止，抑止解除，折返し時分，一括折返し時分の13項目がある。

なお，初期予測においてはあらかじめ明確な条件，あるいは予測開始時に計算機で掌握されている条件に基づいて予測を行なうが，計算機では掌握できない条件も多く，指令員がこれらの情報を入力してやらなければならない。

これには事故(事故発生，事故復旧)，駅間運転時分修正，車両情報(入庫指定，臨時修繕など)，予測起動時刻(自動判断起動時刻，予測時間範囲など)，列車番号の各情報入力項目がある。

以上のような修正項目，情報項目による予測対象ファイルの変更，予測前提条件の変更が行なわれたのち，再度予測ダイヤの作成指示がなされ，結果の再表示が行なわれる。

このような指令員と計算機との会話処理による操作を繰り返し，最適な予測ダイヤを作成する。

(4)　予測ダイヤ作成中のファイルの同期

先にも述べたが，HITAC 7250とHITAC 8811では常に前提となる列車情報のファイルが同期していなければならない。

HITAC 8811がREADY状態のときにはHITAC 7250で発生したファイル変更情報は直ちにHITAC 8811にも転送され，マスタファイルの更新が行なわれる。

HITAC 8811が予測ダイヤ作成中はBUSY状態としてHITAC 7250に掌握され，ファイル変更情報は送られてこない。この間に発生したファイル変更情報は予測ダイヤ作成処理終了後まとめてHITAC 7250より受け取り，ファイルの変更処理が行なわれる。

この際，予測対象データが全く矛盾したものとなってしまう変更情報が含まれていた場合，マスタファイルの変更は行なわれるが，以降の予測ダイヤ承認操作は行なわれず，予測打切りとなる。

(5)　予測承認操作

最適に作成した予測ダイヤはさらに，計画ダイヤとどのような所に，どのような内容の相違があるかを指令員に提示し，予測ダイヤに従って列車運行計画の変更を行なうかどうかの決定判断を仰がなければならない。

予測中に発生したHITAC 7250でのファイル変更情報を取り込み，同期のとれた計画ダイヤと，予測結果ファイルとの比較を行ない，変更のある個所，変更内容を摘出する。摘出内容は各駅，各列車の出発順序に関する変更と，それ以外の一般変更項目に類別される。

摘出された変更点は変更のあった列車スケジュール上に，記号で表示される。

指令員は乱れの回復見通しおよび運行計画変更による影響度合いを十分考慮し，予測ダイヤどおりの計画変更を行なうかどうかを決定して承認操作を行なう。

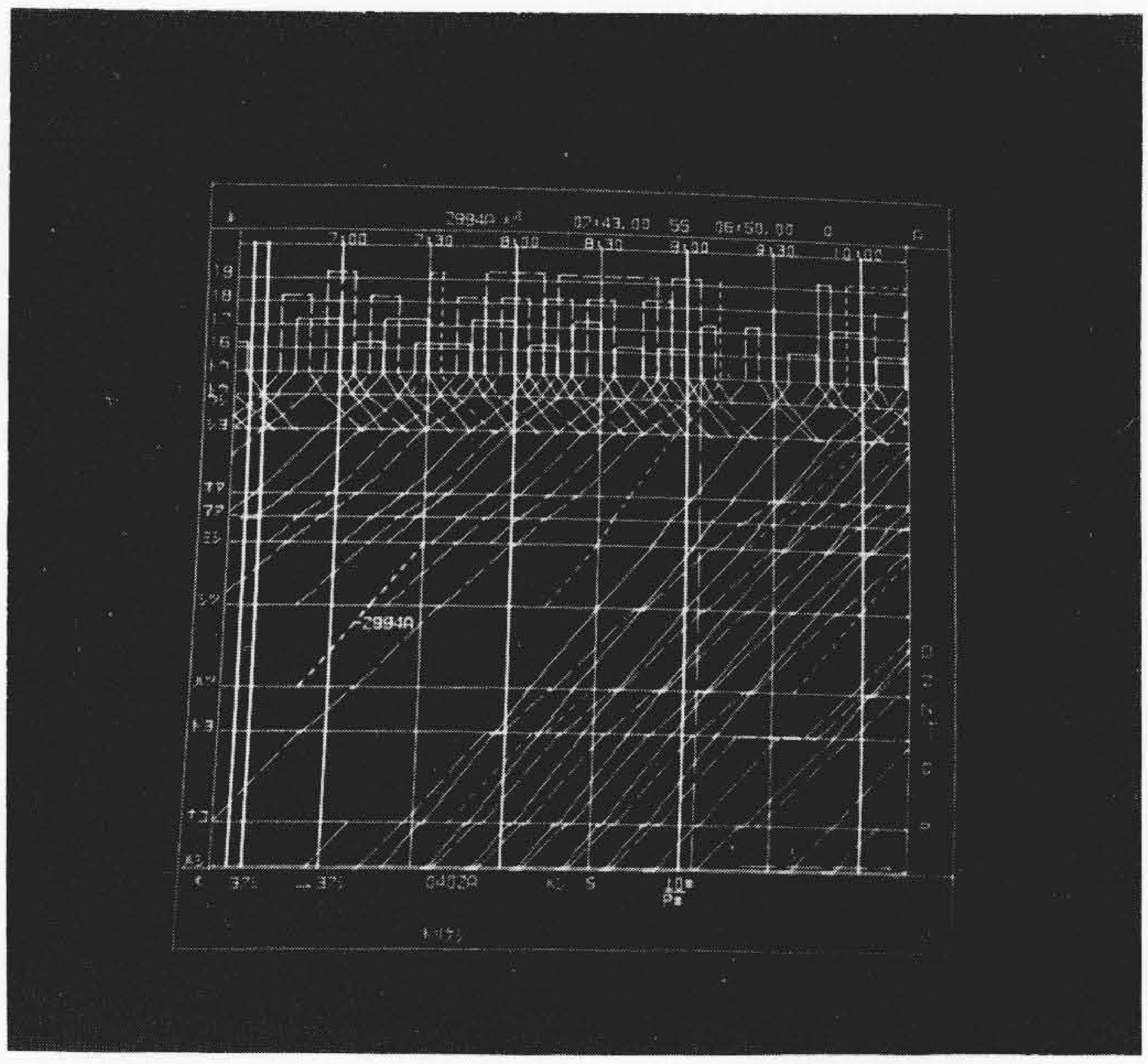


図9　予測結果例
6時30分での予測結果を東京上り画面で表示した例。
Fig. 9　An Example of Dia Generation

計画変更が決定され，承認された変更内容はHITAC 7250に送られ，さらに合理性のチェックが行なわれる。合理性OKとなった変更内容は直ちにHITAC 7250側の関係ファイルに書き込まれ，進路制御に反映される。

一方，不合理となる情報が存在した場合にはHITAC 8811に返送され，不合理マーク(N)を表示するので指令員はこの変更項目の承認を取り消さなければならない。

HITAC 8811のマスタファイルも変更内容承認決定情報に基づくファイル変更を行ない，HITAC 7250との同期をとって予測ダイヤ作成処理を終了する。

なお，予測結果時刻データは参考データとしてHITAC 7250に送られるが，列車制御を行なううえでの拘束力は持たない。

図9は予測ダイヤの表示の一例である。

6　結　言

コムトラックは，従来の計算機制御システムと異なり，システム内に人間を組み込んだわが国で初めて開発したコマンドアンドコントロールシステムである。

交通関係における計算機制御システムは，システムの制御アルゴリズムの複雑さ，システムの制御に与える要因が多いことなどから本システムのように，人間が最終的な判断をくだし，そのために必要なデータを計算機が提供する方式を多くとるものと思われ，列車種類の少ない比較的簡単と思われる新幹線の制御であっても，相当大規模なものとなったのをみると，今後技術的に解決しなければならない問題は多いものと思う。

本システムの完成は，本年3月15日を目標に行なわれたが，開発期間は，それ以前の研究段階はあったにしても1年6個月以下の短いものであった。しかも，テスト運転には，いろいろな制限があったにもかかわらず完成をみたことにより，今後のこの種システムの開発に対し，われわれは大いに自信を深めたのである。

最後に，本システムの開発に対し協力を惜しまれなかった関係各位に心からお礼を申し上げる。