

東北・上越新幹線運転管理システム(コムトラック)

Computer Aided Traffic Control System "COMTRAC" for Tôhoku-Jôetsu Shinkansen

日本国有鉄道新幹線運転管理システム(コムトラック)は、現在、建設が進められている東北・上越新幹線向けに、最新のコンピュータシステム技術を駆使し、従来のシステムに比べて、大幅な機能の拡張・深度化を図るとともに、新幹線関連の他システムと有機的オンライン結合する新システムを開発し、一段と重要な任務を担うことになった。

東北・上越の2線区を一元管理するとともに、中央と地方の情報網を整備することに開発の重点を置き、中央の情報処理系システムは、HITAC M170を2台備え、進路制御系システムは、HIDIC 80-Eを3台を使用して、信頼度の高い、複合計算機システムの構成をとっている。

榎本竜幸* *Ryûkou Enomoto*
 柳沢啓二* *Keiji Yanagisawa*
 池田 宏* *Hiroshi Ikeda*
 久保 裕** *Yutaka Kubo*
 緒方健二*** *Kenji Ogata*
 服部暁彦**** *Akihiko Hattori*

1 緒 言

日本国有鉄道新幹線運転管理システム〔COMTRAC: Computer Aided Traffic Control System(以下、コムトラックと略す。)]は、東海道・山陽新幹線対応システムとして、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、昭和50年3月博多開業時にその第2段階システム²⁾が導入された。この運転経験と、コンピュータの高信頼化をはじめとした技術的発展を生かし、今回の東北・上越新幹線対応の新システムでは、従来システムに比べて、大幅な機能の拡張・深度化を図るとともに、情報管理、電力管理などの新幹線関連他システムと有機的オンライン結合を図ることにより、新幹線を支えるコンピュータシステムの中核として、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

東海道・山陽新幹線で、その有用性と価値を実証されたコムトラックは、東北・上越新幹線対応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55年3月には設備搬

入を完了し、現在開業に向けて現地での実車試験を実施中である(図1)。この新システムの主な設備条件は、

- (1) 線区と駅数：東北新幹線・上越新幹線、最大40駅
- (2) 総列車本数：最大700本
- (3) 同時在線列車本数：最大150本
- (4) 総車両編成数：最大150編成

であるが、東北・上越新幹線対応として、最大の特徴は、

- (1) 東北・上越の2線区の一元管理
- (2) 中央と地方の情報網の整備

である。この特徴を踏まえて、システム開発に当たっては、以下のことを基本方針とした。

- (1) 機能面の方針
 - (a) コムトラック取扱い作業の簡素化と情報提供の充実により、指令員の負担軽減化を更に進める。
 - (b) 情報の有効活用を更に進めて、新幹線関連他システムとオンライン接続するとともに、中央から地方への情報連絡の緊密化と、旅客案内の充実を図る。
- (2) 開発面の方針
 - (a) ソフトウェアの作成に、高級言語と構造化設計手法とを採用し、開発性、保守性の向上を図る。
 - (b) プログラムで使用する定数データなどについて一元管理を行なうことにより、システム使用開始後の駅設備、その他の設備変更に対する弾力性を向上させる。

以上の基本方針に基づき開発したシステムの機能を、東海道・山陽対応システムの機能と比較して表1に示す。岡山開業時に開発した列車ダイヤの計画・整理機能と、博多開業時に開発した車両運用機能に加えて、今回は乗務員運用機能を新規に付加支援した。これにより、列車運転に必要な列車ダイヤ、車両、乗務員の3要素すべてをコムトラックの中で取り扱うことになった。

3 システムの構成と他システムとの関連

東北・上越コムトラックは、情報処理系システム(以下、EDP系と略す。)と進路制御系システム(以下、PRC系と略す。)から構成されている(図2)。PRC系は3台の制御用コンピュ



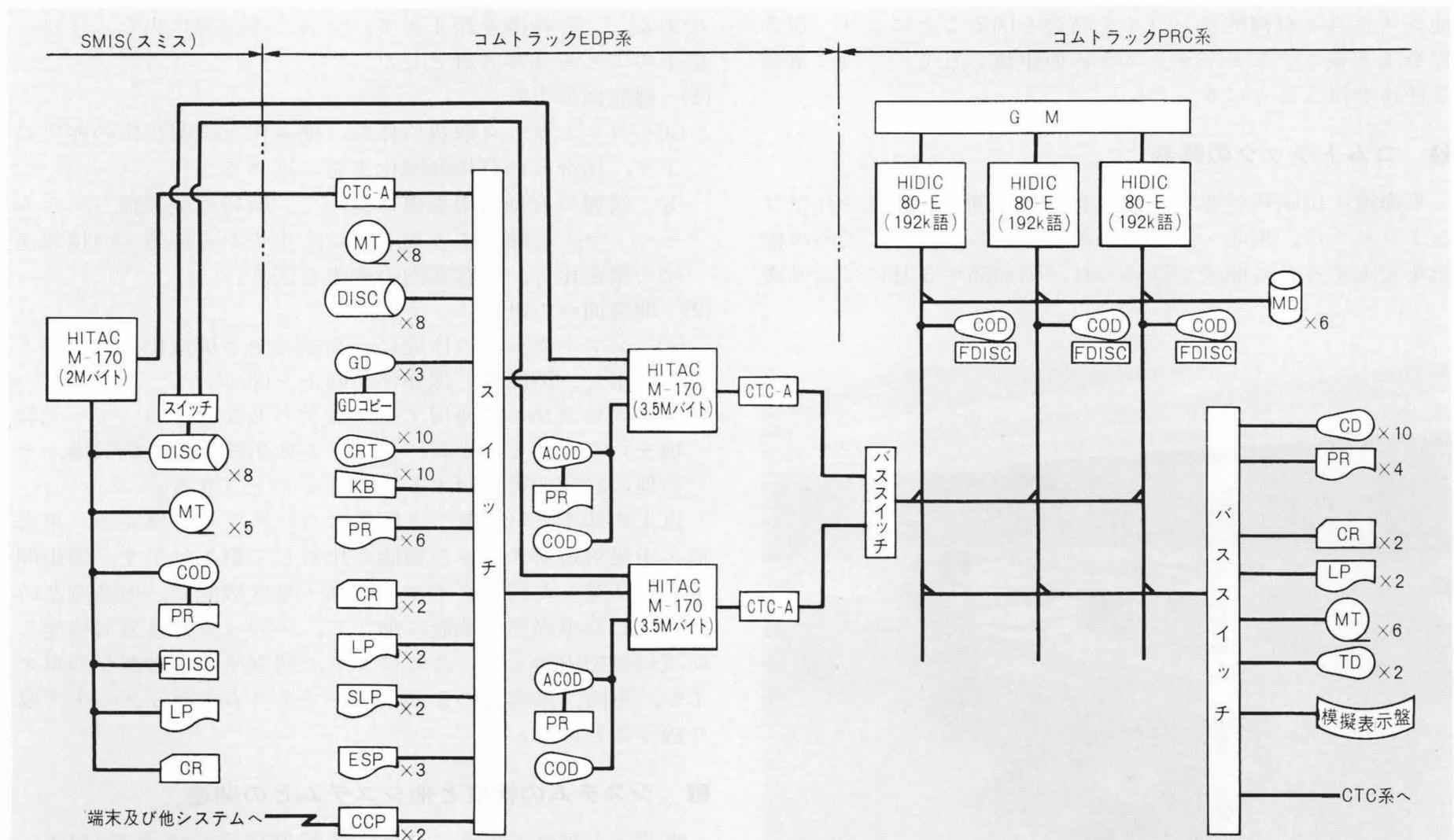
図1 実車試験中の運転指令室 指令室はキャラクタディスプレイ、グラフィックディスプレイを使用して、コンピュータと会話する。

* 日本国有鉄道本社情報システム部 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所ソフトウェア工場 **** 日立製作所システム事業部

表1 東北・上越コムトラック機能概要 東海道・山陽コムトラックに比べ、大幅に機能が強化された。

| 項目 | 東海道・山陽対応機能 | 東北・上越対応機能 | |
|--------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 計画システム | 列車・車両実施計画 | 局達, 指令達による変更内容を随時GDから入力することにより, 翌日から7日分の実施計画を調整作成する。 | 左記機能をCRTから入力する方式とし, 実施計画作成期間を2日間延伸するとともに, 仮に作成した局達に対しても実施計画に反映できる機能とした。 |
| | 車両運用計画 | 上記と同様の機能と合わせて, 各種検査計画及び車両使用実績を考慮した翌日から3日分の車両使用計画を自動作成する。 | 運転所での作業検査実績を反映した車両割当機能, 線別車両割当機能及び当日ダイヤの急変にも対応可能な部分自動割当機能を付加した。 |
| | 乗務員運用計画 | — | 局達入力に伴う作業読替表の作成, 出勤点呼簿, 退出点呼簿及び作業票を作成する。 |
| | 計画伝達 | 作成された車両割当計画は, スミス機能を經由して運転所へ伝達する。 | 列車, 車両, 乗務員の基本及び局達を作成, 確認可能として, 確認後には伝達可能とする。車両運用計画は決定及び変更すると関係箇所へ伝達する。出勤点呼確認簿, 退出点呼確認簿は6日分, 作業票については4日分を作成伝達するとともに, 作業読替表は指定された期間の表を伝達する。 |
| 指令システム | 列車運転整理 | 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警報を出力する。また, GDからの整理案ダイヤの承認機能をもつこととした。 | 列車ごとの整理方式に加えて端末駅を中心とした列車相互の整理方式をもっており, 更に2線区にわたる運転整理も可能となった。 |
| | 車両運用整理 | 運用変更に伴う最終滞泊場所と翌日運用との相互チェックを行なうとともに, 車両運用計画案を自動作成する。 | 車両運用に関する監視機能の強化及び運用変更に伴う車両運用計画の修正は, いったん決定した運用について可能な限り旧運用を守る自動修正割当機能を付加した。 |
| | 乗務員運用整理 | — | 当日分運用変更, 列車の休活などに伴う列車, 車両運用との相互チェック及び変更作業票の作成, 伝達を行なう。また, 担当乗務員, 便乗乗務員の現在位置などモニタ機能の設置を行なう。 |
| | 指令情報伝達 | 運用変更, 着発線変更などの指令, 遅延情報などをオンライン伝達する。 | 指令内容を情報として局, 駅内勤などにも伝達可能とし, 事故情報について伝達可能とした。また, 指令及び車両運用伝達の受領確認操作の簡易化とともに, 指令伝達箇所の選択変更の簡易化を図り, 指令再送要求機能も追加した。 |
| 進路制御 | 進路設定の自動化を行なうとともに列車の運転状況を監視し, 簡単な運転整理などの提案を行なう。 | 地点情報, 列車番号, 編成番号などのチェック機能の強化による追跡率の向上及び2線区の制御並びに処理能力の向上を図った。 | |
| 管理資料 | 前日の運転が終了すると, 自動的に統計処理を行なう。 | 左記機能の深度化とともに, 処理結果を局, 運転所, 車掌所, 駅などに伝達可能とした。 | |
| 旅客誘導案内 | 旅客に対する自動放送, 掲示を制御する。 | 左記機能とともに, 当日発生した異常時対応にも追従可能とした。 | |

注: 略語説明 CRT(Cathode Ray Tube), GD(グラフィックディスプレイ)



注: 略語説明 SMIS(Shinkansen Management Information System: スミス), EDP系(情報処理系), PRC系(進路制御系)
 GM(グローバルメモリ), CTC-A(チャンネル間結合装置), MT(磁気テープ), DISC(磁気ディスク), KB(キーボード), PR(プリンタ), CR(カードリーダー), LP(ラインプリンタ), SLP(小形ラインプリンタ), ESP(静電プリンタ), ACOD(補助コンソールディスプレイ), COD(コンソールディスプレイ), FDISC(フロッピーディスク), MD(磁気ドラム), CD(キャラクタディスプレイ), TD(Train Traffic Simulator ディスプレイ), CCP(通信制御処理装置)

図2 コムトラックコンピュータシステム構成図 EDP系とPRC系に大別される。EDP系はスミスとチャンネル直結されている。

ータHIDIC 80-Eから構成され、東海道・山陽コムトラックで確立した二重化3台系構成をインタフェーススイッチを使用することなく、グローバルメモリとデータバスの切替制御により実現し、より信頼度を向上させた。EDP系は2台のHITAC M-170で構成され、待機予備方式を採用した。新システムは、特にオンライン機能が拡充され、図3に示すように多くの他システムとオンライン接続することにより、新幹線関連システムの情報伝達の中心となっている。特にその中でも、新幹線情報管理システム〔SMIS：Shinkansen Management Information System(以下、スミスと略す。)]とは密接な関連をもっている。東北・上越対応スミスは、データベースマネジメントシステムとしてADM(Adaptable Data Manager)を採用することにより、従来システムに比べて大幅なオンライン検索機能の向上を図っている。このため新システムでは、コムトラックとチャネル直結し、回線制御機能をコムトラックに委ねるとともに磁気ディスクファイルをシェアしている。更に、コムトラックとスミスは運転所、管理局などに設置される分散処理用複合端末装置(図4)を共用し、設備の共用化を図っている。

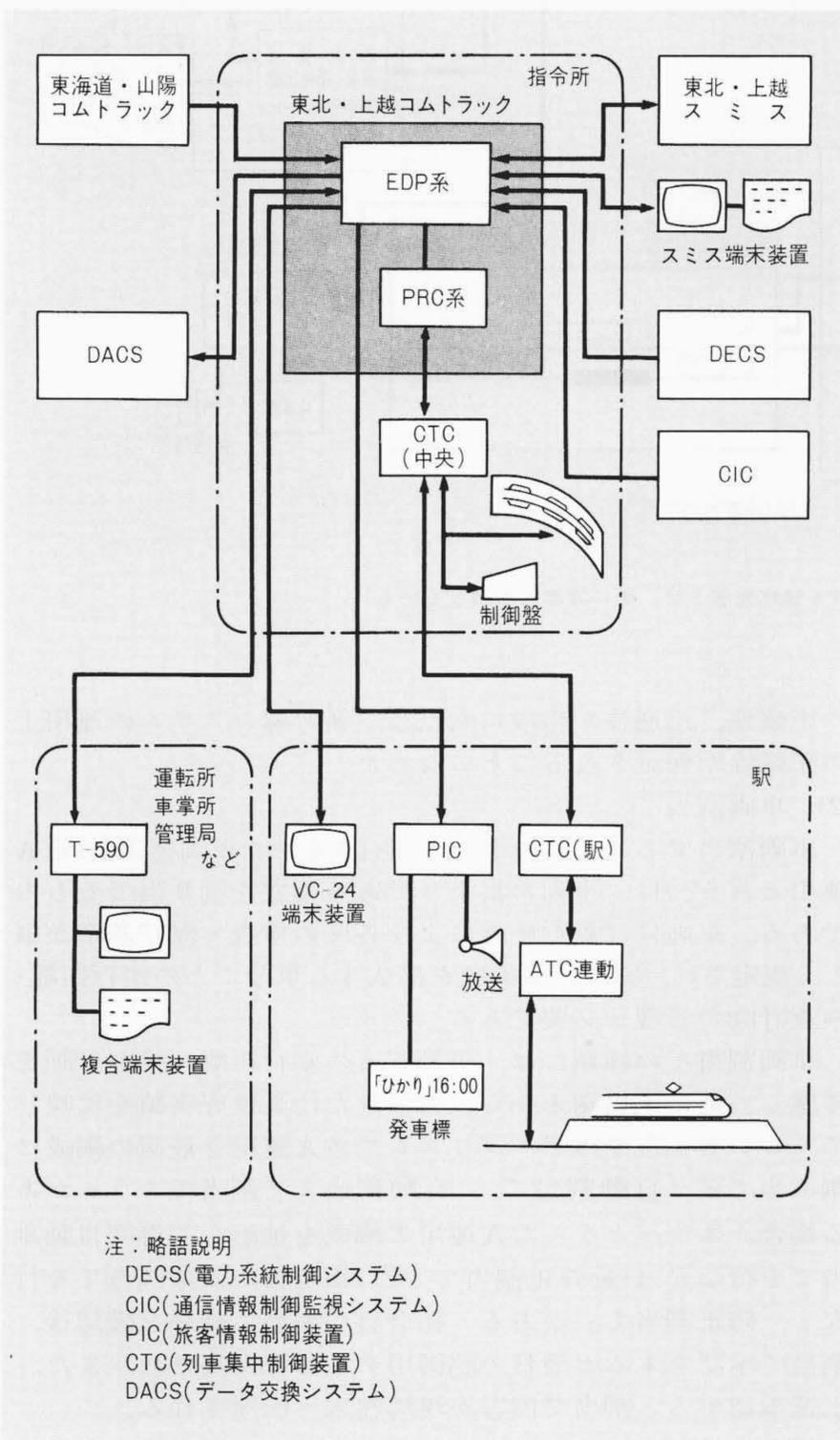


図3 東北・上越コムトラックと他システムの関連 東北・上越コムトラックEDP系には、多くの端末と他システムが接続されている。

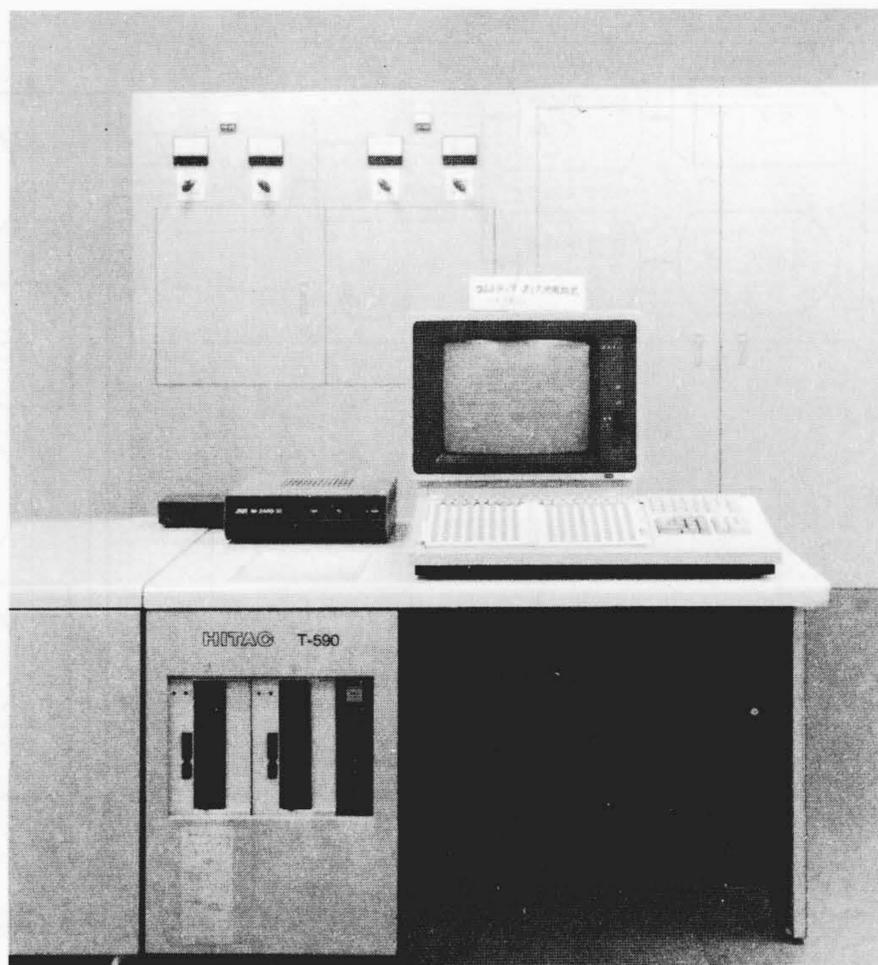


図4 複合端末装置と乗務員仕業票 複合端末装置は、乗務員仕業票のような箱ダイヤ及び漢字の印字が可能である。

4 情報処理系システム

EDP系は、プロセス制御を行なうPRC系の後方に位置し、運行計画の作成と運行全般の管理を行ない、新幹線運行管理システムの中核的役割を果たしている。

主な業務として、基本ダイヤを作成し局達データから日々の運転に必要な実施ダイヤを作成する「実施計画」、車両の使用実績・検査計画を考慮して車両の使用計画を決める「車両運用」、現在の運転状況から未来を予測しダイヤ乱れの早期収束を目的とする「運転整理」、運転所から入力された乗務員運用計画と中央にある列車の実施計画を合成して仕業票を作る「乗務員運用」、駅の旅客案内のため自動放送・発車標の情報を作る「旅客誘導案内」、指令・遅延情報を現場端末に送る「情報伝達」、及び列車運行実績から実績統計を作る「管理資料作成」がある(機能関連を図5に示す)。これらのEDP系業務が、円滑かつ十分な信頼性をもって行なわれ、今後の新規業務の開発と保守に対応できるように、システム構成及びプログラム処理方式上種々の考慮が払われている。

4.1 EDP系システムの構成

EDP系システムは、東海道・山陽対応システムと異なり、全業務を統合し1台のコンピュータで運用し、ほかの1台をバックアップ用とした待機予備方式とした。

中央処理装置はHITAC M-170を2台、外部記憶装置として磁気ディスク(200Mバイト)8スピンドル、磁気テープ8デッキをもち、指令員とのマンマシン処理にCRT10台、図形出力用としてグラフィックディスプレイ3台、静電プリンタ3台がある。

4.2 EDP系の主な業務

東北・上越対応システムは東海道・山陽対応システムに比較し、乗務員運用業務の新規開発、旅客誘導案内業務のPRC系からの移行・拡大、車両運用業務の車両運用、運転整理の

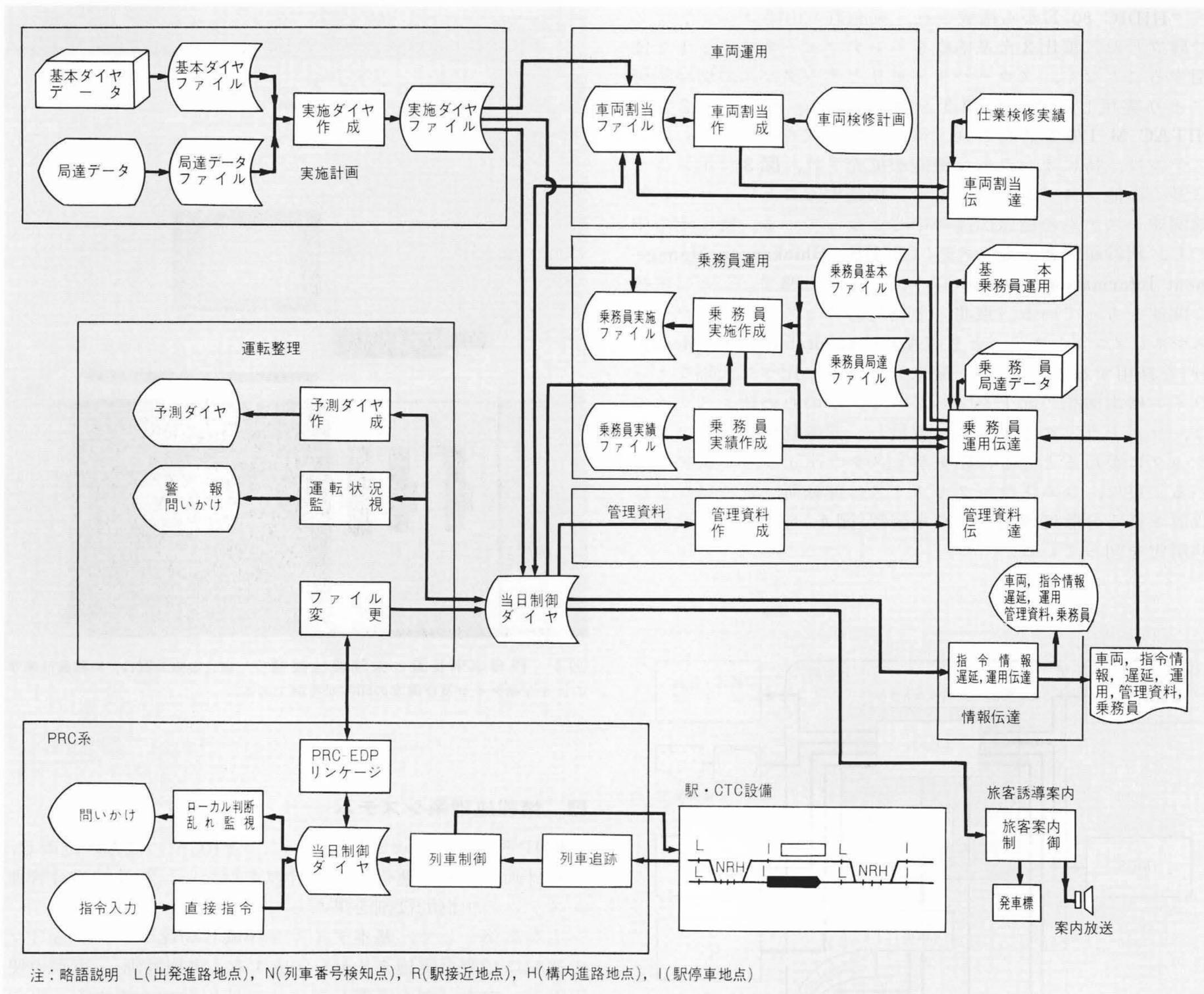


図5 コムトラックシステム機能関連図 東海道・山陽コムトラックの機能を強化発展させ、更に深度化を図っている。

予測自動判断機能などの深度化、スミスシステムとのオンライン結合などを図っている。以下、そのうち乗務員運用、車両運用及び運転整理の自動判断機能について述べる。

(1) 乗務員運用

列車ダイヤが決定されると、それに沿った要員の配置が立案される。これを乗務員運用計画という。乗務員運用とは、具体的には「仕業」と呼ばれる通常自区から出発してまとまった乗務を終え、自区に戻るまでの勤務単位の集合である。乗務員運用の計画部署は各地にある運転所であり、各運転所で独自に立案された計画案が相互に矛盾がないことをチェックするのがシステム化のポイントである。基本ダイヤが決定されると運転所で基本乗務員運用が作成され、マークシートにより中央に集め、基本ダイヤとの整合性がチェックされ、乗務員運用表にまとめられる。運転所には基本仕業票などを出力する。

列車運行計画に変更があると、端末から乗務員運用の変更内容をマークシートで入力し、中央で各種の論理性チェックを実施し、端末には変更分だけ変更仕業票、点呼確認簿などを出力する。

乗務員運用をシステム化することにより、乗務員運用計画

の正確性、迅速性が格段に向上し、新幹線システムの運用上の正確性が保証されることになった。

(2) 車両割当て

車両割当てとは、1日の車両の運行を定めた車両運用計画(A運用と言う。)に、車両の集まりである編成を割り当てるものである。車両には走行距離により各種の検査・保守基準が厳しく規定され、実際には編成を構成する車号ごとの走行距離・検査計画の管理が必要である。

車両割当ての種類には、車号ごとの走行距離・検査計画を考慮し、更に現場端末から入力された仕業検査実績を反映して、コンピュータのアルゴリズムで各A運用を最適の編成に割り当てる「自動割当て」、自動割当てで割当てエラーがある場合、エラーとなったA運用と編成を抽出し、再度自動割当てを行なう「自動修正割当て」、更に指令員が直接割当てを行なう「修正割当て」がある。指令員が割当て結果を確認後、割当て承認をすると翌日の制御用ダイヤに反映され、また、伝達承認すると割当て内容が現場端末へ伝達される。

指令員は割当て状況に応じ割当て方法を選択することにより、大量の運用と編成の割当てを迅速に行ない、更に割当て結果が正確に現場端末へ伝達することが可能となった。

(3) 運転整理の自動判断機能

列車運行中局所の乱れが生じたとき、多くの場合PRC系の「乱れ監視機能」で対処できる。しかし、場合によっては、その小さな乱れが波及し端末駅などに大きな影響を及ぼすことがある。この乱れを吸収する手段として、中間駅の列車順序を変更する方法がある。運転整理の予測プログラムは、この列車順序の変更案を自動作成(このアルゴリズムを自動判断と言う。)し指令員に提案する。

東海道・山陽対応システムでの自動判断は、「個々の列車の遅延時分を最小とすることにより、遅延を収束させる。」ことを主目的としたアルゴリズムを採用した。

東北・上越対応システムでは、「端末駅での番線を有効に利用する。」ことを主目的としたアルゴリズムを採用した。すなわち、個々の列車の端末駅到着時刻を予測し、最適とする端末駅の番線への到着時刻を求め直し、逆方向に中間駅の個々の列車相互間の列車順序判断を行ない、全列車の遅延時分を最小とするものである。

4.3 EDP系のプログラム構成

EDP系システムは、新幹線運行管理システムの中核の役割を果たすために、今後乗務員運用の深度化、長期運転計画など新規機能の開発、新規アルゴリズムの採用などが予想されるシステムである。今回開発した東北・上越対応システムが、今後建設が見込まれる新幹線網に追随発展していくためにも、システムの開発性・保守性を最重視して、業務種別単位にプログラムを独立させるプログラム構成(図6参照)とした。EDP系システムの使用するOS(オペレーティングシステム)はVOS 2 (Virtual storage Operating System 2)である。通信制御プログラムは、東北・上越対応システム用に開発した高速で、かつ業務プログラムの開発が容易な論理的インタフェースを採用したVOS 2-SCP(Special Communication Program)である。

EDP系システムは、VOS 2, VOS 2-SCPの機能である仮



注：略語説明

- VOS2(Virtual storage Operating System 2)
- SCP(Special Communication Program)
- SMP(System Maneged Program)
- SOP(System Operating Program)
- CUP(Communication User Program)

図6 EDP系のプログラム構成図 VOS 2-SCPの機能である仮想記憶方式、ユーザージョブが最大15個まで使用できる多重処理機能をもっている。

想記憶方式、ユーザージョブ(CUP: Communication User Program)が最大15個まで使用できる多重処理機能、更に、システム内のジョブ(CUP)が共通のプログラムとして共用可能なプログラム(SMP/SOP: System Managed Program/System Operating Program)の常駐化と共用機能を活用して、情報伝達・ファイル変更など即時性を要する業務と、予測・車両運用・実施計画など長い処理時間を要する業務がバランスよく共存して動けるように考慮している。

5 進路制御系システム

5.1 進路制御の方式

コムトラックでの列車の進路制御方式は、新幹線の岡山開業時の第1段階で確立され、更に博多開業時の第2段階でその信頼性を飛躍的に向上することができた。東北・上越対応の新システムの特長、機能を強化した点は、

- (1) 列車の追跡・監視を強化し、列車の追跡率が向上したこと。
 - (2) 大宮駅での2線区に分岐・合流に対応して、進路制御の正確性の確保と強化を図ったこと。
 - (3) 最新のコンピュータハードウェア構成技術により、ハードウェアの信頼性、保守性の向上を図ったこと。
 - (4) 駅設備の変更拡張に対応できるように標準化を進め、進路制御系(PRC系)と試験用シミュレータ系(TTS系: Train Traffic Simulator)のデータを自動化するシステムを開発したこと。
- などであり、新しいシステムを完成した。

列車の進路制御方式の基本は、博多開業時の第2段階の方式を踏襲している。図5にシステム機能の関連を示す。列車の追跡と制御のポイントは、L点: 出発進路地点(制御地点)、N点: 列車番号検知点、R点: 駅接近地点、H点: 構内進路地点(制御地点)、I点: 駅停車地点の5地点である。プログラムの構成上、列車登録機能と列車追跡機能を強化し、列車の追跡と制御を分離する方式をとったことが特長で、これにより、進路の誤制御の防止機能を向上し、列車の追跡率の大幅な向上を図っている。

5.2 PRC系システムの構成

PRC系のコンピュータは、列車の進路を直接制御するため、高い信頼性が要求される。このため、博多開業時に完成された二重化3台系システム構成とし、2台のコンピュータが並列運転し、制御出力データは常に2台のコンピュータが同時に計算し、二重系突き合わせにより、一致がとれたときに出力する方式である。残りの1台は待機系とし、運転中の2台のうち1台が故障した場合、自動的に待機系を立ち上げ、二重系再構成を行ない高い信頼性を維持する方式である。

中央処理装置は、HIDIC 80-E(メモリ容量192k語)外部記憶装置として磁気ドラム(3M語)、これに各指令員に対応して直接指令入力・モニタ機能をもつCD(キャラクタディスプレイ装置)10台など、入出力装置がマルチバス構造の切替スイッチにより結合され、ハードウェアの単純化、信頼性及び保守性の向上を図っている(図2参照)。

3台のコンピュータの構成制御は、二重化したシステムコンソールにより、集中監視、制御する方式をとっている(図7)。二重化3台系システムの主な運転モードは、次の六つである。

- (1) オンライン運転
オンライン制御出力を行なう。
- (2) モニタラン運転
列車の追跡だけを行ない、制御出力はしない。
- (3) TTS-A



図7 システムコンソールと表示盤 EDP系、PRC系各装置の動作状態表示、運転モードの切替、入出機器の接続指示など、システムの一元管理を行なっている。

1 台のコンピュータでシミュレーション試験を行なう。他の1あるいは2台はオンライン運転を行なう。

(4) TTS-B

1 台のコンピュータがシミュレータとして動作し、他の1台あるいは2台でシミュレーション試験を行なう。

(5) ノンプロセス

デバッグなど、オフラインで使用する。

(6) 保守

ハードウェアの保守、点検を行なう。

これらの運転モードは、すべてシステムコンソールから切替え一元管理を可能としている。

5.3 PRC系のシステム設計技法

コンピュータコントロールシステムのソフトウェアを設計、製造する技術として、構造化技法が各方面で取り入れられている。本システムで採用したシステム設計技法の考え方を図8に示す。トップダウンストラクチャードプログラミング機能をもつSPL(Software Production Language)により、全体のプログラムを作成し、高い生産性と高信頼化を実現した。

このソフトウェア生産方式は、制御対象をプログラム構造に対応した形でとらえ、システム設計を行ない、プログラムの設計、製造、試験を一貫して行なうものである。まず、制御対象は、システムの機能と設備データに分離し、定義することができる。次に機能は、プログラム仕様として、設備データはモデル化し、データ仕様として記述表現することができる。その結果から、プログラム仕様については、あらかじめ作成しておいた標準プログラムパッケージなどを用い、処理モジュールを作る。データ仕様については、データ自動作成プログラムにより環境モジュールを作り、全体のプログラムを作り上げる。特に、データ自動作成プログラムは本システムのために開発したもので、設備データとして、駅線路図、制御進路連動、コード表などを入力として、PRC系制御・定数テーブルデータを作成すると同時に、本システムを試験するためのシミュレータ系(TTS)のデータも自動作成し、制御データと試験データの一致、整合性が自動的にとれる方式とした。

6 結 言

東北・上越対応コムトラックシステムは、最新のコンピュータシステム技術を駆使し、東海道・山陽新幹線で開発した技術を更に発展、改良を加え製作したものである。新幹線は我が国の輸送手段の中核となるもので、高度の情報処理技術と、高い信頼度をもつ制御技術により支えられている。その役割を担うため、現在コムトラックは総合試験中であるが、今後、開業に向け更に努力し、より良いシステムとして完成のうえ所期の目的を達成する予定である。

最後に本システムの開発に当たり、御指導、御援助をいただいた関係各位に対し感謝する次第である。

参考文献

- 1) 今城, 外: 新幹線運転管理システム, コムトラック(COMTRACK), 日立評論, 54, 8, 733~74(昭47-8)
- 2) 杉原, 外: 博多新幹線運転管理システム(コムトラック), 日立評論, 57, 4, 343~348(昭50-4)

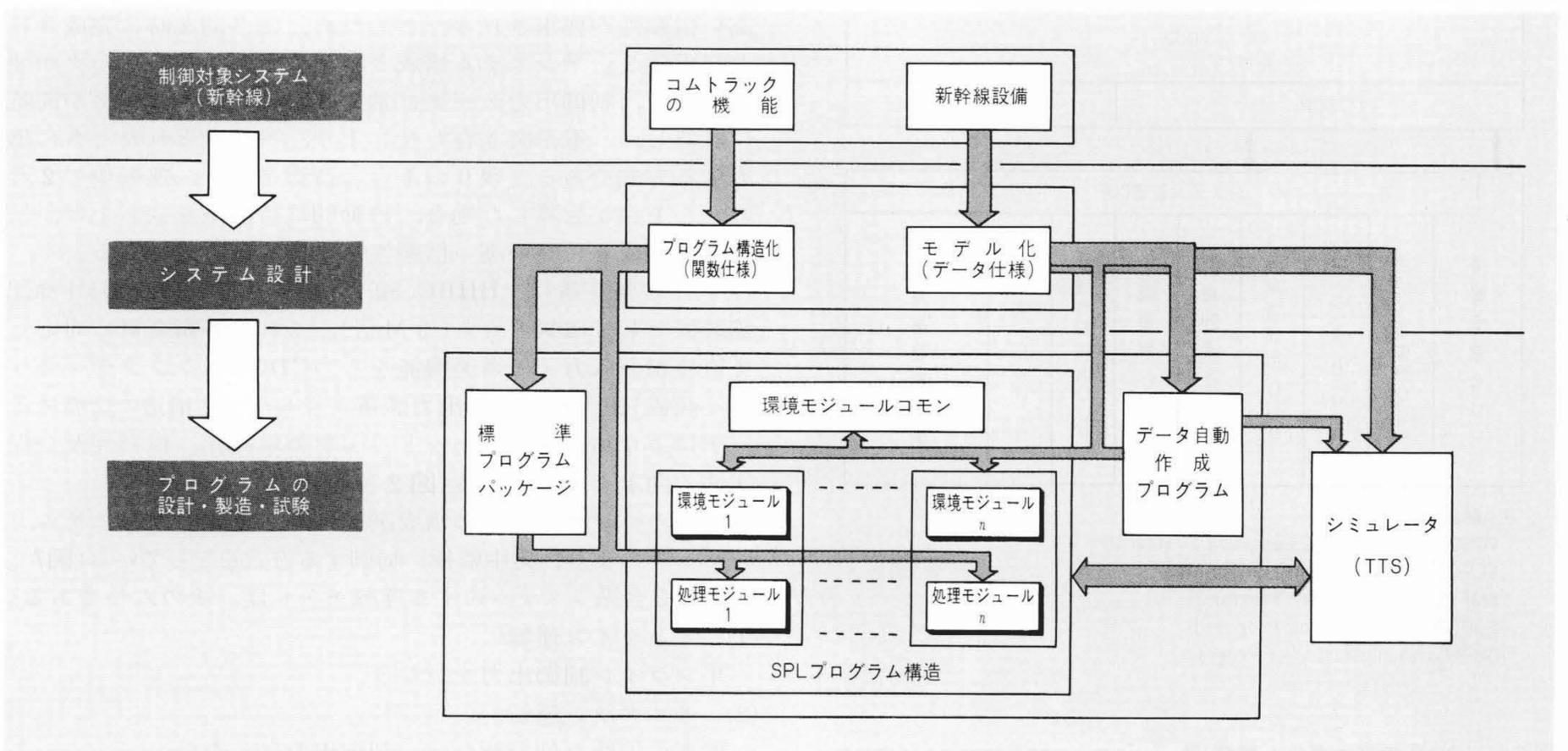


図8 PRC系システム設計技法とプログラム構成 SPL(Software Production Language)により、全体のプログラムを作成し、ソフトウェアの信頼性を高めた。