

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

# 新幹線の安定輸送を実現する 運行管理システム

旧日本国有鉄道（旧国鉄）では、電子計算機の黎明期から情報処理や自動制御への適用が検討されました。この一つが信号機器制御の自動化です。中央から各駅の信号機などを遠隔制御する列車集中制御装置（CTC）と接続して制御を自動的に行う進路制御システム（PRC）の研究がまず行われ、ダイヤ乱れ時にダイヤの変更を支援する運転整理の機能も含んだ実用化実験システムの開発成果を踏まえ、山陽新幹線岡山開業時（1972年）に第1期システムが実用化されました。それ以降、新幹線の安全・安定輸送に欠かせないシステムとして運用されてきています。初期の研究や開発では、旧国鉄の研究機関である鉄道技術研究所（鉄道技研）が主導的な役割を果たしました。

## 新幹線運行管理システム研究のはじまり

1950年前後にアメリカでプログラム内蔵式の電子計算機の開発がさかんに進められるようになり、旧国鉄でも1956年以降電子計算機の活用を図る調査研究が行われました。その中には、列車集中制御装置（CTC）のコンピューターによる制御もあげられていました。CTCは、各駅の信号機などを中央から遠隔制御して列車の進路を設定するシステムで、各駅で行っていた業務の省略が可能になるだけでなく、中央での運行状況の把握が容易になり、ダイヤ乱れ発生時の処理を迅速かつ的確に行うことができます。また、CTCによる制御を進路制御システム（PRC）とよばれるコンピューターシステムで自動的に行えれば、中央での操作を大幅に省力化できることになり

ます。このようなシステムに着目したことは、当時の旧国鉄技術者の高い先見性がうかがえます<sup>1)</sup>。

1957年には、米国Bendix社のG-15というコンピューターが鉄道技研に導入され、コンピューター利用の情報処理システムや制御システムの研究が始まりました。1961年には、コンピューターを利用した進路制御システムの研究が鉄道技研で始まりました<sup>2)</sup>。これが現在の新幹線運行管理システムの源流といえるものです。この研究では、CTCが設備されていた横浜線を対象として、制御方式、必要メモリー量、処理時間、CTCとの結合方式などの検討が行われました。

## 基礎実験システム

1964年には東海道新幹線が開業し、対象を新幹線とした研究が進められま



**関 清隆**  
Kiyotaka Seki  
鉄道国際規格センター  
センター長  
【専門分野】 鉄道通信



**長谷川 豊**  
Yutaka Hasegawa  
元 鉄道総合技術研究所  
技術支援部長  
【専門分野】 列車制御、  
移動体通信

表1 新幹線運行管理システム開発の略史

年	活動
1956	列車制御へのコンピューター活用の研究開始
1964	東海道新幹線（東京～新大阪）開業
1964～1967	基礎実験システムの研究開発
1968～1970	実用化実験システムの開発
1970～1972	第1期実用システムの開発
1972	山陽新幹線（新大阪～岡山）開業

した<sup>3)</sup>。この研究では、進路制御システムの基礎的な実験を行うこととし、同年に実験システムを試作し、室内でのシミュレーションテストを行いました。さらに1966年には、新幹線の指令所に試作装置を仮設し、CTCと実際に接続をしての試験が行われました(図1)。基礎実験システムのブロック図を図2に示します。

この接続試験では、計算機はCTCから実際の列車の駅通過情報を取り込み、出力した進路設定命令を記録しました。そして、その出力時刻や命令内容と実際に指令員が行った作業との比較が行われました。この結果、定型的な進路設定作業の自動化が可能であることが示されました。一方、ひかりとこだまの退避駅変更や終着駅における到着と出発の順序変更などは小規模のダイヤ乱れでも発生しており、システムの有用性をさらに高めるためには、これらの判断をシステムに付加する必要があることがわかり、これらの機能を加味して開発を進めるという方針が決定されました。このように、この基礎実験システムは、実用システムの目指すべき方向性を示すうえで大きな意義を持っていました。

### 作業チームの発足

基礎実験システムにより、コンピューターによる進路制御の可能性は示されましたが、実用的なシステムとするにはダイヤ乱れ時に速やかに正常ダイヤに戻すように運転計画を変更する運転整理の機能も必要であることがわかりました。一方、東海道新幹線には当初からCTCが導入されていましたが、輸送需要は伸び、列車本数の増加により進路設定操作量も増大し、指令員による処理が難しくなってきました。また、ダイヤ乱れなどが発生した場合には、指令員はさまざまな情報を

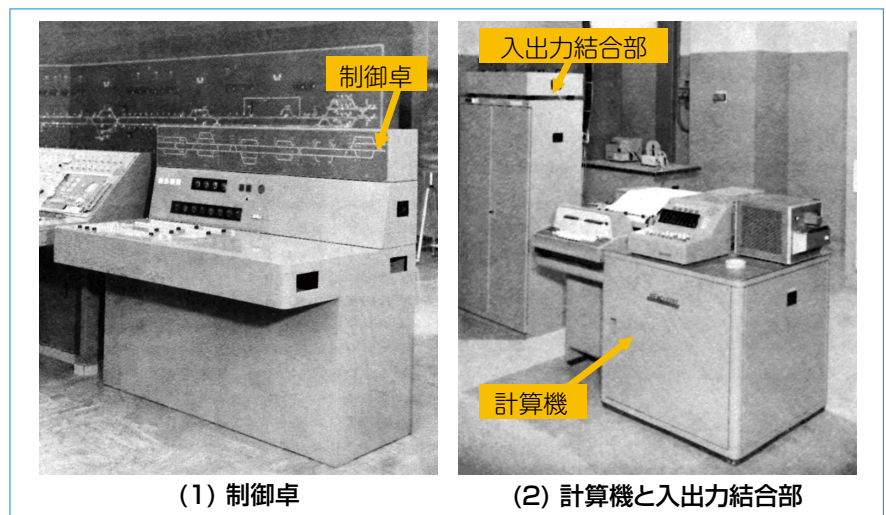


図1 新幹線総合指令所に仮設された実験装置<sup>3)</sup>

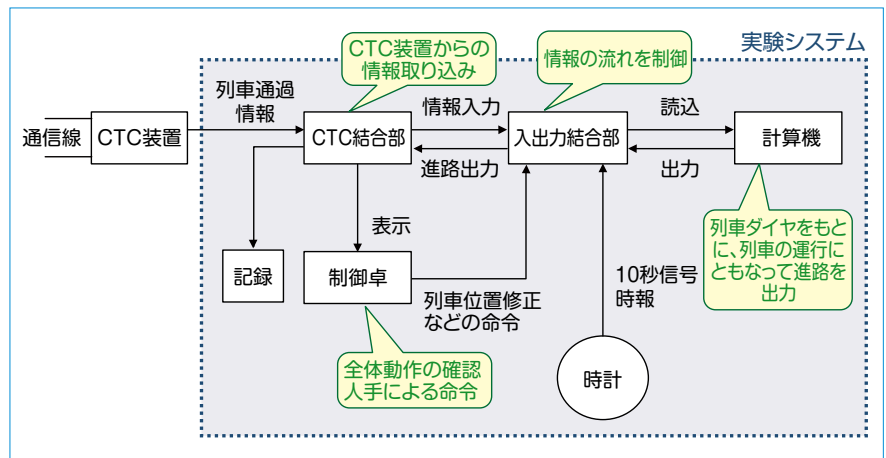


図2 基礎実験システムのブロック図(文献3の図を一部編集)

収集して判断を行い、現場などへの指令伝達を行わなければならない、その負担は急激に増大します。さらに山陽新幹線への延伸に対しては、ひかり停車駅の多様化による進路設定の複雑性が加わるため、運行管理のさらなる効率化や設備の小型化高性能化が必要とされました。そこで、これまでの知見を活かした実用システムの導入に向け、旧国鉄本社運転局、電気局、鉄道技研による作業チームが1967年に発足しました。この作業チームでは、システムの機能などに関する基本構想、開発・実用化の工程、システムの設計要件などを検討し、1969年6月に提案書をまとめました。この提案書では、それまでの懸案であったダイヤ乱れに対する指令員のための入出力機器として、図形の表示が可能なグラフィック

ディスプレイ(GD)の導入が示されました。そして、進路制御の自動化だけでなく運転整理の機能を含む運行管理システムという意味で、以下で述べる実用化実験システム以降はコムトラック(COMTRAC:COMputer aided TRAffic Control)という名称がつけられました。

### 実用化実験システム

コムトラックは指令員と機械が連携し、一定の処理時間内に列車群を制御するという、前例のない大規模なシステムであることから、制御の信頼性と入出力機器の操作性がとくに重要な要素となります。そこで、実用システムの開発に先駆け、実験システムを開発することになりました<sup>4)</sup>。鉄道技研では、実験システムの開発を目指して、

1968年4月にグループ研究を立ち上げました。

この実験システムは、システム仕様やソフトウェア構成の検討、処理アルゴリズムの妥当性の検討、人間と機械との機能分担と操作性の検証や改善事項の抽出、計算機の処理時間や応答性などの検討を目的としており、列車を計算機で追跡し進路を制御する方法、運転整理の方式の検討のほか、信頼性を高めるため2重系での計算機の運転方式の予備調査が行われました。列車を追跡する方法としては、計算機の負荷低減や論理の単純化のために、基礎実験システムで採用した方式(列車の駅への到着および駅からの出発情報を利用)を踏襲し、列車位置を検知する地点として駅の手前で列車番号を受信した点などを追加して進路設定をより適切なタイミングで行えるようにしました。

実験システムでは、進路制御と運転整理のプログラムとともに列車運行のシミュレーター(TTS: Train Traffic Simulator)を作成し、実時間的なシミュレーションを行うこととしました。TTSは、進路制御に必要な位置情報の発生や、試験のための列車の遅延やCTCなどの異常状態の発生などを行うことができます。実験システムの機器構成を図3に示します。

進路制御計算機には、進路制御出力が遅れないよう、厳しい応答特性が要求されます。この頃国内でも商用の制御用計算機の開発が進んでおり、これを使って実験システムが構築されました。またGDには、この頃国内で初めて開発された、モノクロブラウン管上に図形を表示でき、人間がライトペンを使って指示を与えたり図形を描画できる装置を採用しました。GDは、人間が直感的にわかりやすい図形を使って人間とコンピューターとの情報交換

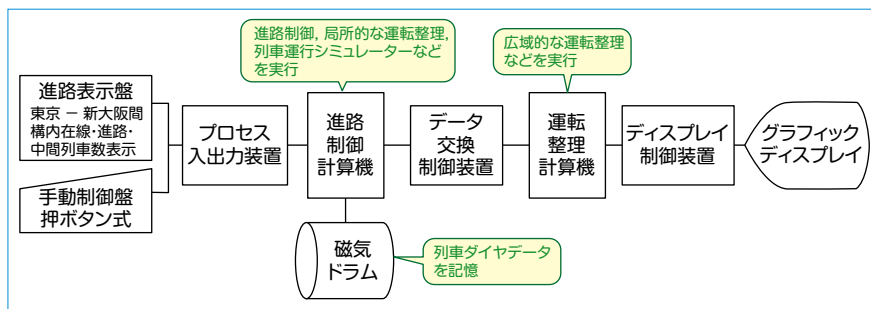


図3 実験システムの機器構成(文献4の図を編集, 簡略化)

や人間の判断を支援することができるため、列車ダイヤを表示したり、指令員が変更を指示するのによってつけの入出力装置と考えられました。実験システムのGDでのダイヤ表示例を図4に示します。

進路制御のための列車データは、着発時刻や番線を列車単位に個別のデータとしてもち、ダイヤ乱れに際しこれらデータを書き換える方式を採用しました。一方、列車制御

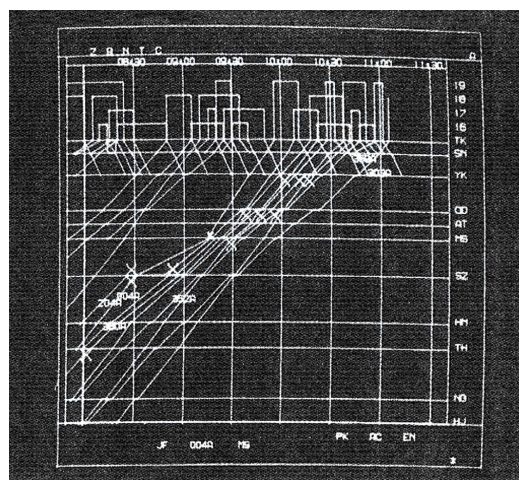


図4 GDへのダイヤ表示例<sup>4)</sup>

のためには各駅での列車の出発順序を判断する必要がありますが、各列車の出発時刻データを検索し比較するには手間がかかることや、ダイヤ乱れ時には計画されている発車時刻の変更をとまわずに出発順序の変更が行われることなどから、駅の出発順序を示すデータファイルを別に作成し、出発順序の判断に使用することとしました。

さらに、列車の遅れを最小限に抑えるために、こだまがひかりに追い越される駅や東京駅と新大阪駅の入場と出発の順序の変更など、2つの列車の関係によって判断する局所的な運転整理が試みられました。このほか、より多くの列車の関係に基づいて判断する広域的な運転整理のための、ダイヤ予測、ダイヤモニター、ダイヤ修正入力、変更承認などのプログラムも作成されました。

実験システムの構築を通し、進路制御機能と運転整理機能をもつシステムは十分に実用化の可能性のあることが

示されました。一方で、指令員の作業体制上からGDと文字のみを表示するキャラクターディスプレイ(CD)との併用方式がよいことや、実用化時にはメモリーの不足が予想されることなどもわかり、実用システムの開発に大いに役立ちました。

### 第1期実用システムの開発

1970年10月には、東京第二電気工事局(東二電工)に「コムトラック建設チーム」が発足し、鉄道技研からも一部メンバーが東二電工へ兼務発令されて参加しました。1971年1月には、東二電工の現場組織として東京新幹線電気工事所(東幹電所)が発足し、鉄道技研のメンバーも含めメーカーに派遣されてソフトウェアの設計・製作を行いました。

機能仕様書が1971年4月になってほぼ完成し、その後プログラム開発作業は本格化して、1972年4月1日の使

用開始に向けた作業が進められました。しかし、1971年6月になった時点で山陽新幹線岡山開業が3月15日と内定し、進路制御系についても同日の使用開始となりました。このため、優先すべきプログラムの選定を行い、その実現に集中することとなり、1972年3月に進路制御系が、同年10月に運転整理系が、それぞれ使用開始となりました。

大規模なオンラインリア

ルタイム制御システムが機能仕様書作成から1年5か月で使用開始されるということは今では考えられないハードな工程であったといわれています。

実用システムの機器構成を図5に示します<sup>5)</sup>。進路制御などを行う制御用計算機と、運転整理などを行う運転整理系計算機とで運行管理システムを実現するという基本構成は実験システムを踏襲していますが、システムの信頼度向上のため、進路制御系計算機は2台の制御用計算機(制御用計算機IとII)が同期をとって動作する構成を採用し、2台の計算機のソフトウェアの同期や処理結果の診断を行う“行事役”として高信頼な2重系制御装置が導入されました。また、電源の無停電化やCTC伝送路のマイクロ波回線による迂回経路導入なども図られました。

### 第2期システム以降の開発

第1期実用システムでは、正常時および小規模なダイヤ乱れ時の進路制御を完全に自動化し、定例的な作業から指令員を開放するという所期の目的を達成しました。一方で、運転整理機能がまだまだ不十分であるなどの問題も残っていました。山陽新幹線博多開業

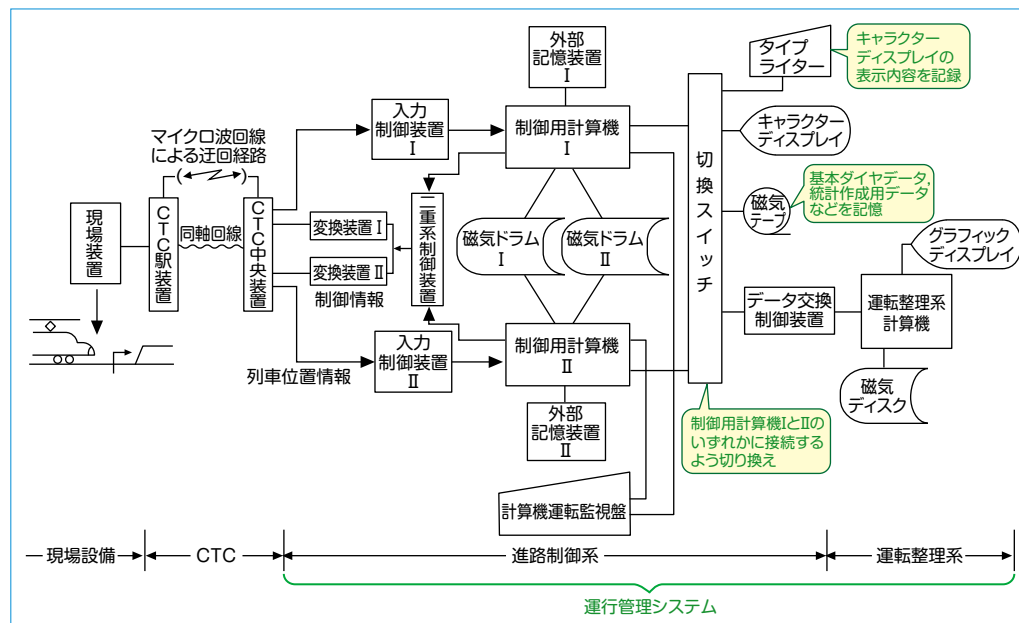


図5 実用システムの機器構成(文献5の図を編集, 簡略化)

に対応する第2期システムに向けては、各列車に車両を充当する車両割当て方法の検討や実験的なシミュレーションが行われました<sup>6)</sup>。このように、第1期システムの実用化以降、新幹線の延伸や新規開業、また新駅の設置や運転ダイヤの改良などに合わせて、新幹線の運行管理システムは運転計画や車両運用、乗務員運用などを含めた総合輸送管理の一環として発展を続けています。

現在、東海道・山陽新幹線では第10世代目となるコムトラック取り替え工事が進んでいます<sup>7)</sup>。九州新幹線では、新八代～鹿児島中央間の部分開業時に導入された九州新幹線指令システム(SIRIUS)があり、博多までの全線開業時にシステム更新が行われCOMTRACとの接続も行われました<sup>8)</sup>。また、東北・上越・北陸新幹線に関わる輸送計画や運行管理などを総合的に管理するCOSMOSは、北陸新幹線の延伸への対応や、北海道新幹線総合管理システム(CYGNUS)との連携などが図られています<sup>9)</sup>。今後も、新幹線の安定輸送に不可欠なシステムとして、ますます発展を続けていくでしょう。RRR

### 文献

- 1) 秋田雄志, 長谷川豊: コムトラックはこうして生まれた, 日本鉄道電気技術協会, 2011
- 2) 山本一郎, 保原光雄: CTCプログラム制御(1), 鉄道技術研究報告, No.421, 1964
- 3) 山本一郎, 川村忠男, 保原光雄: CTCのプログラム制御(2), 鉄道技術研究報告, No.613, 1967
- 4) 山本一郎, 川村忠男, 保原光雄, 奥村幾正, 長谷川豊, 岡本正己, 秋田雄志, 小林毅, 矢部雄次, 稲毛弘苗, 青田専二: コムトラック・システムの研究(第1報), 鉄道技術研究報告, No.847, 1973
- 5) 川村忠男, 平尾裕司: 自動進路設定装置と列車運行管理システムのわが国における発達の経緯, 鉄道技術研究所速報, No.80-73, 1980
- 6) 山本一郎, 矢部雄次, 堀江悦郎: 車両割当のアルゴリズム, 鉄道技術研究報告, No.930, 1974
- 7) 浜畑仁美: 東海道・山陽新幹線コムトラックの取り替え, JREA, Vol.61, No.8, 2018
- 8) 原田幸幸, 森英明, 遅野井英樹, 大平崇博, 小池孝則, 岩間直彦: 山陽・九州新幹線の相互直通運転を実現する新幹線運行管理システム, 日立評論, Vol.94, No.6, 2012
- 9) 須貝孝博, 田辺均, 田村優二郎, 土屋嘉彦, 磯貝雅彦, 大田健二, 山見徹成, 佐藤真: 新幹線ネットワークの拡充と円滑な相互直通列車の運行を実現する新幹線運行管理システムの開発, 日立評論, Vol.98, No.3, 2016