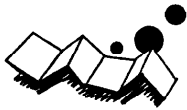


解説

鉄道における運行管理システム†



長谷川 豊††

1. はじめに

我が国の鉄道はその運行の正確さにおいて世界的にも定評がある。これには緻密な運転計画とその実行を監視し適確な指示を与える運行管理が大きな役割を果している。

鉄道輸送では昭和 30 年代後半から輸送力増強に伴う列車運転の高密度化、高速化と各種自動化技術を利用した省力化が進んでいる。これに対応して、運行管理面ではその適確性、迅速性をより高めることの必要性から信号機の遠隔制御その他の装置化が進み、昭和 40 年代後半からコンピュータを利用したシステムが登場することとなった。現在、これらシステムは国鉄では新幹線と一部在来線に、民鉄では大都市圏の近郊線と地下鉄線を中心に導入されているが、鉄道運営の効率化に対する要請が高まる中で、今後は適用線区の拡大とシステム機能の高度化が必要になろうとしている。

ここでは、鉄道における運行管理の概要と、そのコンピュータ化の経緯と現状について諸外国の状況を含めて述べることにしたい。なお、モノレールその他中量軌道輸送システムについては従来の鉄道と異なる要素もあり、ここでは割愛する。

2. 鉄道の運転システム

列車の運行管理は鉄道運転システム内の 1 つのサブシステムとして位置づけられており、航空や道路など他交通機関における管制システムに相当する。

鉄道の運転システムでは、列車の運転計画、速度制御、運転保安における基本的メカニズムが他の交通機関と異なっている。このため、その運行管理システムは、管制システムとして他交通機関と共通する面を持つと同時に、運転システムの特性を反映した鉄道独自の

のシステムとなっている。ここでは、鉄道運転システムの特徴とそこにおける列車運行管理の位置づけについて述べる。

運転システムは大きく分けると図-1 のような 4 つのサブシステムからなる。運転計画サブシステムでは、列車の計画だけでなく車両、乗務員の運用とそれらの割当計画を作成する。運転制御とは列車を計画に従って走行させることであり、通常は停止・発進を含む走行制御を車両側で行い、列車の走行進路を地上側で制御している。

列車走行時の衝突や脱線防止する機構が保安制御であり、運転制御はこれが許可する速度上限と進路の拘束のもとに行われる。運行管理では、列車の運行状況を計画に照らして監視し、計画に対する遅れや、正常運行を支障する災害などが発生したとき、目標とする輸送を出来るだけ満足しつつ、列車運行が速やかに計画復帰できるような修正計画を立てる。そして、その計画変更内容を関係箇所へ指令伝達する。以後は、この修正計画に従って運転制御、運行管理を行う。このように運転システムでは、運転計画—運転制御—運行管理がマクロな制御ループを構成することになる。

このような鉄道の運転システムを運行管理の立場から他交通機関と比較すると、主な特徴として次の点をあげることができる。

第 1 の特徴は運転計画と制御の緻密性にある。鉄道では 1 列車の輸送量を車両連結により大きくすることが容易な反面、列車の移動が線路に拘束され列車相互の追越、行違いなどの自由度が極めて低い。このため

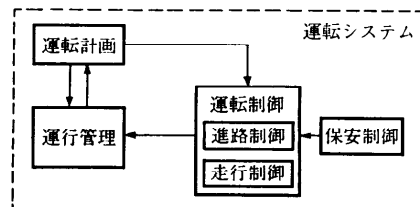


図-1 運転システムの構成と運行管理

† Train Traffic Control System by Yutaka HASEGAWA (Information Systems Lab., Railway Technical Research Institute, Japanese National Railway).

†† 鉄道技研情報システム研究室

効率的な輸送を行うには線路の使用時間、使用順序などを緻密に計画し、それに従って運転制御を厳密に実行する必要がある。さらに、乗務員、車両の効率的運用をはかるため、それらの計画が列車計画と密接に関連した形で作成される必要がある。これによって、運転に係わるリソースを効率的に使用できるわけであるが、列車の運行乱れが発生した場合に、その処置が遅れると全線の運行に影響が出やすくなる。また、大幅な計画修正を短時間に行うことも困難になってくる。運転システムのこのような特徴から、運行管理は、高速高密度運転を行う鉄道において非常に重要な役割を担い、そこでは相互に複雑な関連を持つ計画の修正という高度な処理を要求されることになる。

第2の特徴は、列車の進路を地上側で制御していることである。進路を駅員が手動で扱わねばならない時代にあっては、これが鉄道の運転システムを複雑にする要因の1つであったが、その遠隔制御が容易となった今日においては、運行管理を自動化する上での大きな長所となっている。コンピュータ化された運行管理システムでは、ほとんどの場合進路制御を基本機能として取り込み、制御の応答性、確実性向上と同時に駅要員の省力化をはかっている。

第3の特徴としては、運転システムだけでなく、営業、保守、動力供給に至るあらゆる仕事を一企業体で行う鉄道が多いことである。この場合、保守、電力供給その他の計画もまた列車運転計画と強く結びつけて作成されることになり、運転計画全体と列車運行状況を正確に把握し適確な計画修正の行える運行管理の重要性、複雑性がより高まる。一方、1企業体であることから運行管理を中核とし各システムを有機的に結合した総合運転管理システムを構築して輸送管理全体の効率化をはかることが比較的容易に実現できることにもなる。

### 3. 列車運行管理

列車運行管理における基本的な仕事は、列車運行状況を主体とする監視業務と、運行乱れが発生した際の運転計画修正作業、および指令伝達業務である。運行管理の対象範囲は、線区あるいは地区単位に分けられ、管理単位別に指令員を置いて集中的な処理を行うのが普通である。指令員は担当範囲内の列車運転を統括する立場にあり、図-2のように運転システム内の駅、および列車乗務員だけでなく、車両基地、乗務員区場によっては保守区や他の指令員との情報交換を通じ

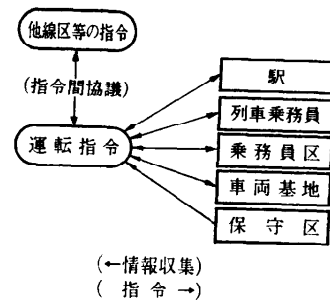


図-2 運転指令と関連個所

て運行管理を行う。この指令員を通常運転指令というが、その体制は管理範囲の広さ、装置化の程度、列車運転形態の複雑さなど線区の条件に応じて変わる。国鉄の新幹線では線区長が長く、重要幹線であることから運転指令を列車指令と乗務員、車両運用担当の電車指令に分け、さらに、列車指令については全線をブロックに分割し、各ブロック別においている。新幹線は大規模な指令体制の例であって、一般の民鉄では運転指令のみを数人おく体制が多い。

列車運行管理の基本的な仕事はさきに述べた3つであるが、進路の遠隔制御装置のある場合や多くのコンピュータ化システムでは進路制御を運行管理の一環として行う。

まず、監視という仕事では列車運行のほか、正常な列車運行を続けるに必要な自然条件などの監視も含まれる。旧来のシステムでは指令専用電話によりこれらの情報収集を行っていたが、新しいシステムでは沿線に設置された地震感知器、風速計、雨量計のテレメータ情報から災害発生の監視を行う。また、地下鉄では、火災対策が重要視されており、防火、防災設備の警報監視を合せて行うことが多くなっている。

進路制御では列車の駅への接近、あるいは列車の出発時に運転計画に定められた進路を設定する。旧来は駅係員がこれを行っていたが、コンピュータ導入システムでは自動化されており、進路設定命令は現場の保安制御を司る装置（鉄道ではこれを連動装置と呼ぶ）へ送られるが、進路制御の保安上のチェックはフェイルセーフ機能を持つ連動装置が独立に行う。もし誤った進路設定命令を出したとしても、列車衝突のような事態に至らないシステムとなっている。

運転計画の修正という仕事は鉄道では運転整理と呼んでおり、運行管理にあって機械化の最も難しい内容を含んでいる。比較的単純なものとしては、低速列車

と高速列車の追越駅の変更や、列車折返し駅における到着列車と出発列車の順序優先判断である。このような数個の列車の位置関係、遅延状況など局所的な状況判断から計画変更を決定できるものを局所運転整理という。一方、自然災害や設備故障により多数の列車の運休、運転区間変更が避けられない場合には、復旧の見通し、車両や乗務員の運用計画など輸送側の条件と、当日の曜日や事故の時間帯からくる利用者側への影響など広範囲な条件と状況を考慮した計画・変更判断が必要となる。このような変更を含む計画修正は広域運転整理といい、運転指令だけでなく営業、保守の担当者と協議のうえ決定される。

最後に指令情報伝達という仕事がある。これは運転整理で決定した内容を計画変更の指令として必要箇所へ指示する指令伝達と、列車の遅延状況、事故状況など指令員の収集、把握した情報を全線の駅など関係箇所へ流す情報伝達の2つに分けられる。指令伝達は計画の変更を実行へ移す際に必要な手続きであり、指令の不徹底を防止するため伝達先ごとに受領を確認することになっている。

#### 4. 列車運行管理のコンピュータ化

##### 4.1 コンピュータ化の背景と経緯

従来の運行管理では、情報の収集と伝達を運転指令の専用電話を用いて行っていた。この方式は設備が単純であるため、現在もかなりの線区で使用されているが、情報収集と伝達に多大の時間と労力をとられるとともに、駅に進路設定要員を置く必要がある。このため、運転形態が複雑な高密度線区には適用性を欠き、昭和30年代後半の輸送需要の急激な伸びにともなって、大都市周辺などの線区においては運行管理の迅速性・適確性向上と省力化の要求が高まり、エレクトロニクス技術を中心とする各種の新しい設備の導入が始まった。

列車運行管理へのエレクトロニクス技術の導入の第一段階は信号設備の遠方監視制御システムであるCTC (Centralized Traffic Control) と列車無線の装備である。CTCでは、指令室におかれた大型表示盤上に全線の信号機状態と列車位置を表示し、指令員が信号制御盤を操作して各駅の進路を設定できる。これによって、従来、駅係員を介して行っていた列車位置の把握と進路設定を指令員が直接集中的に行えることとなり、乗務員と指令員の間を結ぶ列車無線電話と合まって運行管理の大幅な効率化が実現した。これら

表-1 CTC化とその進路制御自動化率

(昭和57年3月)

|    | 営業キロ<br>km | CTC化率<br>% | 進路制御<br>自動化率(%) |
|----|------------|------------|-----------------|
| 国鉄 | 21,322     | 28         | 10              |
| 民鉄 | 5,423      | 28         | 20              |
| 計  | 26,745     | 28         | 12              |

注1) 国鉄の進路制御自動化線区は新幹線と武蔵野線とした。新幹線については進路制御自動化率100%である。

注2) 民鉄の値は昭和56年度民鉄統計年報にもとづく。ただし、進路制御自動化線区としては手動制御駅を一部に持つ線区も含めている。

の設備を完備した最初の鉄道は東海道新幹線(昭和39年開業)であり、以後、多くの線区に導入されている。

その後、昭和40年代中頃からコンピュータ化列車運行管理システムが登場し始めた。この技術的背景としてはコンピュータ、とくに制御用コンピュータのコストパフォーマンスの向上があり、経営上の背景としてはより一層の省力化と旅客サービス向上および、運転整理の質的向上があった。通常のコンピュータ化システムでは、駅の旅客案内放送、案内表示器制御の自動化によって、駅の要員省力化と旅客サービス向上を実現し、進路制御の自動化と運転整理のマンマシン化によって運転指令員のCTC進路操作からの解放と運転整理の質的向上をはかっている。このような経緯を経て運行管理の装置化、効率化が進展しつつあるが、鉄道全体の営業キロでみると、表-1のようにCTC化の割合に比べコンピュータ化システムの割合はまだ小さい。しかし、その適用線区は輸送量の大きい高密度線区が中心であることから、輸送量的にはかなりの割合を占めるとみてよい。表-2に我が国の主要なシステムをあげた。線区としては、都市内交通である地下鉄が最も多く、次いで大都市近郊の私鉄路線が多くなっている。

##### 4.2 システムの機能と処理

各システムの機能と処理方法は、それぞれのシステムの対象路線の条件や目的に応じて異なっているが、最も一般的な外部機能としては、進路制御、旅客情報案内および列車運行監視と運転整理である。このほかシステムによっては、運転計画作成、情報伝達機能を持つものや、電力管理、乗車券販売管理のシステムと一体となって総合運転管理システムを構成する場合が

\*リレー式のCTCとしては、昭和29年に名古屋鉄道が我が国で最初に導入している。

表-2 我が国におけるコンピュータ化運行管理システム

| 事業者名    | 線名(区間)            | 線区長<br>(km) | 駅数<br>( )内は<br>制御駅数 | コンピュータシステム               |                      |         |                | 導入時期<br>(昭和) |
|---------|-------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------------|---------|----------------|--------------|
|         |                   |             |                     | 主記憶<br>(kW)              | 外部記憶<br>(kW)         | 組数      | マンマシン<br>機器    |              |
| 阪急電鉄    | 宝塚線               | 24.6        | 19 (9)              | ハードワイヤードロジック             |                      |         |                | 44.11        |
| 北大阪急行電鉄 | 南北線(江坂~千里中央)      | 5.9         | 4 (3)               | 同上                       |                      |         |                | 45.2         |
| 近畿日本鉄道  | 鳥羽, 志摩線           | 28.4        | 14 (14)             | 同上                       |                      |         |                | 45.3         |
| 京王電鉄    | 井ノ頭線              | 12.8        | 17 (5)              | 同上                       |                      |         |                | 45.7         |
| 大阪市     | 堺筋線(天六~動物園前)      | 7.0         | 9 (4)               | 8                        | 64                   | 1       |                | 46.4         |
| 阪急電鉄    | 神戸線               | 32.3        | 16 (12)             | ハードワイヤードロジック             |                      |         |                | 46.8         |
| 阪神電鉄    | 本線, 西大阪線          | 38.4        | 14 (6)              | 16                       | 256                  | 2       |                | 46.10        |
| 札幌市     | 南北線               | 12.6        | 14 (5)              | 16                       | 64                   | 2       | CRT×1          | 46.12        |
| 国鉄      | 新幹線(東京~岡山)        | 732.9       | 20 (20)             | 32                       | 512                  | 2       | CRT×5<br>GD×1  | 47.3         |
| 大阪市     | 御堂筋線              | 19.8        | 17 (9)              | 16                       | 128                  | 1       | CRT×1          | 47.11        |
| 国鉄      | 武蔵野線              | 100.0       | 22 (14)             | 32                       | 384                  | 2       | CRT×1          | 48.4         |
| 西日本鉄道   | 大牟田線              | 79.3        | 27 (25)             | 24                       | 130                  | 2       |                | 49.6         |
| 国鉄      | 新幹線(東京~博多)        | 1069.1      | 31 (31)             | 注1) 128<br>1 MB          | 45 MW<br>100 MW      | 3<br>2  | CRT×9<br>GD×2  | 50.3         |
| 京王電鉄    | 京王線               | 63.1        | 49 (19)             | 64                       | 2.4 MB               | 2       | CRT×2          | 50.3         |
| 東京都     | 三田線               | 22.5        | 24 (9)              | 32                       |                      | 2       | CRT×1          | 51.5         |
| 札幌市     | 東西線               | 10.7        | 11 (5)              | 32                       | 384                  | 2       | CRT×2          | 51.6         |
| 東京交通営団  | 有楽町線(池袋~新富町)      | 10.9        | 12 (5)              | 32                       | 384                  | 2       | CRT×2          | 51.10        |
| 名古屋市    | 鶴舞線               | 13.4        | 14 (4)              | マイコン                     |                      | 1       |                | 52.2         |
| 大阪市     | 谷町線               | 15.8        | 16 (6)              | 18×2<br>16×1 (マイコン)      | 384×1                |         | CRT×1          | 52.4         |
| 泉北高速鉄道  | 全線                | 12.1        | 5 (2)               | 32                       |                      | 2       |                | 52.8         |
| 東京都     | 浅草線               | 18.1        | 20 (0)              | 注2) 48<br>マイコン(128KB)各駅  | 192                  | 1<br>20 |                | 53.11        |
| 静岡鉄道    |                   | 11.0        | 14 (5)              | マイコンの複合構成                |                      |         | CRT×1          | 53.12        |
| 東京急行電鉄  | 東横線               | 26.3        | 23 (9)              | 64                       | 512                  | 2       | CRT×2          | 54.9         |
| 東京都     | 新宿線               | 14.1        | 15 (5)              | 64                       | 768                  | 2       | CRT×1          | 55.3         |
| 南海電鉄    | 本線                | 79.0        | 59 (30)             | 64                       | 768                  | 2       | CRT×2          | 55.9         |
| 京都市     | 烏丸線               | 6.6         | 8 (3)               | 注2)<br>マイコンによる<br>バックアップ |                      | 1<br>3  | CRT×1          | 56.5         |
| 福岡市     | 1, 2号線            | 14.7        | 17 (8)              | 80                       | 768                  | 2       | CRT×2          | 56.7         |
| 国鉄      | 新幹線(大宮~盛岡, 大宮~新潟) | 808.6       | 26 (26)             | 注1) 192<br>6 MB          | 1.5 MW×2<br>200 MB×5 | 3<br>2  | CRT×20<br>GD×3 | 56.7         |
| 大阪市     | 千日前線              | 12.6        | 14 (6)              | マイコンの複合構成                |                      |         | CTR×1          | 56.12        |
| 伊豆急行    | 全線(伊東~伊豆急下田)      | 45.7        | 16 (13)             | 64                       | 1 MB                 | 2       | CRT×2          | 57.7         |
| 名古屋市    | 東山線               | 20.6        | 22 (2)              | マイコンの複合構成                |                      |         | CRT×1          | 57.9         |
| 東京交通営団  | 半蔵門線(渋谷~半蔵門)      | 5.1         | 5 (2)               | 注2) マイコンの複合<br>構成        |                      |         |                | 57.12        |
|         |                   |             |                     | マイコンによる<br>分散制御          |                      | 2       |                |              |
| 神戸市     | 西神, 山手線(名谷~大倉山)   | 10.0        | 8 (4)               | 注2) 64<br>マイコンによる分散制御    | 768                  | 1       | CRT×3          | 58.6         |

注1) 上段は進路制御系システム, 下段は運転整理・運転計画系システムを表わす。

注2) 上段は中央システム, 下段は駅のシステムを表わす。

注3) 他に阪急電鉄京都線, 福井電鉄福武線, 東京急行電鉄田園都市・新玉川線などもコンピュータシステム化されている。駅にのみマイコンを用いたローカル制御方式は省略した。

みられる。一方、これら外部の機能を果たすため、システムとしては運転計画データの作成と列車追跡という内部的機能を持っている。

### (1) 運転計画データ作成

進路制御、旅客情報案内などシステムの処理のベースとなる運転計画データをコンピュータ内にファイルとして作成する機能である。運転計画データとしては列車、車両、乗務員の3種類があるが、このうち乗務員のデータは進路制御、旅客情報案内を行う上で必要ないので、ほとんどのシステムは列車と車両運用に関するデータのみを扱っている。列車のデータとは各列車の列車種別、始発終着駅と駅の着発時刻、着発ホームであるが、列車の出発順序が処理上頻繁に必要となるので、列車の各駅出発順序を別ファイルに持つシステムも多い。車両運用のデータとしては、一運用の走行キロや最終到着駅を運転整理機能で使用しないシステムでは列車が到着後どの列車で折返すかという単純な情報だけを持っている。

これらの計画は毎日異なるのが普通であり、列車運転日の直前の変更も発生するため、計画データの作成は毎日のシステム運用開始に先立って行う。作成方法としては、全データを新たに入力せずに基本データの変更という形がとられ、変更内容は前もって入力しておく方式が多い。基本データは通常一種類ではなく、平日用、休日用など数種類用意されている。

列車運転の途切れる時間帯のない線区では、一部列車運転中に計画データの切替を行わねばならず、データの日付管理を必要とする。現在のシステム化はこの必要のない線区がほとんどであり、計画データ作成は基本計画を日別の変更内容を用いて書きかえるという単純な処理となっている。ただし、国鉄の新幹線のシステムでは、ダイヤの乱れ時に翌朝まで運転を継続することもあるので、データの日付管理を行うとともに列車運転中の計画データ切替え機能を持っている。

### (2) 列車追跡

列車の運行を監視し、進路や旅客案内の制御タイミングをとらえるための処理である。これには車両の移動検知と列車番号の識別が必要となる。車両の移動検知は信号保安設備である連動装置の状態変化を利用して行っている。

連動装置では線路を保安上必要とする区間に分割し、区間ごとの車両の有無を検出するリレーを持っている。コンピュータはこのリレーの状態変化からある区間への車両の進入あるいは進出を検知する。検知点

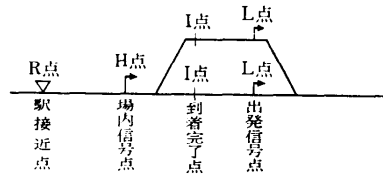


図-3 基本的な列車追跡地点

は1駅上下線単位でみると通常は図-3の4地点が基本であり、制御の細かさに応じて必要な地点がこれに追加される。なお、図-3のH、L点は信号機のある地点であり、信号は車両の通過に伴って青から赤へ変わる。このような地点では信号機の現示変化状態を加えることにより、車両の移動検知をより確実にしている。

列車番号の識別では移動検知によって場所の定まった各追跡車両の列車番号を決定する。ただし、ある追跡車両の列車番号が一度定めれば、車両は連動装置の与える進路上しか移動出来ないという鉄道の特性を利用して、以後はその番号を車両の移動先へシフトするだけである。そして、列車番号の決定は特別に定めた地点、たとえば追跡対象範囲内への新たな列車進入地点のみで行う。

決定方法としては、車上列車番号方式、現地入力方式およびダイヤ方式があり、車両側に持つ列車番号を車両通過時に地上の検出器で読み取る車上列車番号方式が最も確実である。ただし、高価であるので民鉄の一部と国鉄では新幹線にのみ採用されている。

現地入力方式では、コンピュータ化線区手前の境界駅の担当者が信号機を扱うときに列車番号を端末機から入力する。システムの対象線区と他線区の間で出入りする列車が多い場合の経済的な方式である。我が国では国鉄の武蔵野線システムがこの方式をとっている。そこでは、東海道、中央、東北および常磐の各線と貨物列車の出入りがある。海外では、多線区の合流する大都市中央駅周辺を対象とするシステムが多く、通例この方式が採用されている。

ダイヤ方式では、運転計画の順序どおりに列車が運行されることを前提にしており、列車番号決定地点に現われた車両に対し運転計画の順序から定まる列車番号をコンピュータが与える。コンピュータシステムがダウン中であっても通常は手動扱いで列車運行が続けられるため、この方式はダウン回復時の指令員による列車番号入力に手間がかかるが、経済的には最も安上りな方式であり、我が国の民鉄のシステムで採用例が

多い。

### (3) 進路制御

列車追跡の結果、列車が定められた地点に達したとき運転計画の列車データに示された線路への信号機を青に制御する処理である。この制御条件としては列車位置の他に、時刻、列車順序、および信号鎖錠状態をチェックしている。時刻チェックは列車を計画された時刻以前に出発させないために行うが、列車到着後最少の停車時間が経過していることも条件としている。列車順序のチェックは、運転計画上の線路使用順序を守るためである。たとえ列車が遅延することになっても、順序が運転整理によって変更されない限り、それを守るシステムが一般的である。鎖錠状態のチェックとは、信号の制御出力を行ったとき青になる条件が成立していることのチェックである。たとえば、信号の進路内方向に他列車が存在しないか、その進路を横断する別な進路の信号が青になっていないかなどのチェックである。これを行うにはコンピュータ側に連動装置の一部論理のシミュレーションという複雑な処理が必要となるが、複数の制御進路間のデッドロック発生を防止するため通例はこのチェックを行っている。

### (4) 旅客情報案内

各駅の案内放送と案内表示器の制御機能である。制御タイミングは列車追跡の結果を用い、放送内容、表示内容は運転計画の列車データを参照して作成する。

放送は列車の駅接近、到着、および発車の3種類が基本的な種別である。これらの制御タイミングのなかで発車放送のそれは列車追跡で捉えにくい要因があり、ホーム発車ベルをトリガとする場合がある。上下列車が同時に到着する場合などの放送の競合については方向別に男声、女声に分けるなどの対策がみられる。

案内表示については、列車の行先と種別が基本的な表示内容であるが、先発、次発、あるいは列車遅延などの情報が必要に応じて付加される。表示器は各ホーム上に置かれるほか、システムによっては改札口にも設けている。

### (5) 列車運行監視と運転整理

これは列車運転形態など線区の条件が最も強く反映される機能であるが、指令員とコンピュータのマンマシン処理方式である点はすべてのシステムに共通している。列車運行監視では、列車の位置と遅延状況の表示が基本となり、各システム固有の警報表示が行われる。一般的な警報としては2列車のホーム使用競合、

始発列車遅延予想などがある。車両運用の詳細データを持つシステムでは走行キロオーバー、各車両基地の当日泊車数不足などを警告する。

運転整理については局所運転整理をコンピュータがサポートし、広域運転整理は全面的に運転指令員に委ねる方式が大多数のシステムでとられている。局所運転整理では、各種の運転計画の変更をコンピュータが提案し、運転指令員が採用、不採用の入力を行う形式と、運転指令員が警報その他の情報から判断し決定した運転計画変更を直接入力する形式の2つが基本となっている。

コンピュータからの提案内容としては、折返し駅での到着列車と出発列車が競合した場合の優先列車の提案、2列車間の追越駅変更提案が最も多い。

広域運転整理に関しては、対象線区の性格に応じて基本的な計画修正の方針が異なる。1つは都市圏輸送線区に適用されるものであり、乱れた列車運行を計画運行へ復帰させることよりも、等時隔運転あるいは新たな計画作成を行って輸送力確保に重点が置かれる。等時隔制御機能を持つ例は多いが、乱れた列車運行状態から新しい運転計画作成を試みるシステムとしては、営団有楽町線に適用例がみられる程度である。

もう1つは、座席指定の長距離の特急列車や他線区からの流入列車などが多く、当初の運転計画を白紙に戻すことができないような線区に適用されるものである。この場合は出来るだけ少ない修正で速やかに計画へ復帰させることに重点が置かれる。このような修正計画の作成は制約条件の多いこと、最適化の評価基準が明確でないことから、現状ではコンピュータが実用的な修正計画を作成できる段階にはなっていない。そのため、列車運行の予測をコンピュータが行い、運転指令員がその結果を修正する形式のマンマシン処理である。この機能を持つシステムとしては国鉄の新幹線システムが唯一の実用化例である。ただし、実線区を対象に実験段階にあるとみられるものとしてはイギリス国鉄のグラスゴーシステム、西ドイツ国鉄のミュンヘン地区システムがある。

### (6) 指令情報伝達

オンラインの端末を運転関連の現場に配し、指令伝達を行うシステムは非常に少ない。例としては、我が国では国鉄の新幹線システム、海外では、イタリア国鉄が計画中のジェノバ地区システムがあり、そこでは指令伝達と情報伝達の両者を行っている。

列車遅延など受領確認の不要な情報伝達のみを行う

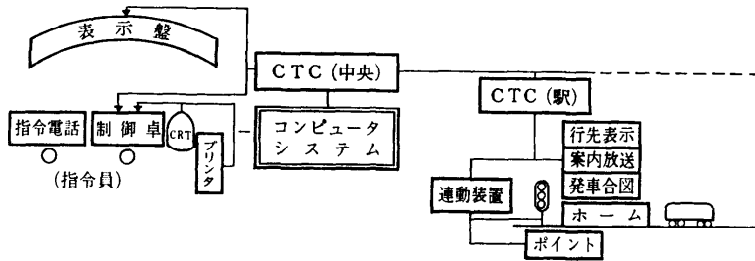


図-4 コンピュータ化列車運行管理システムの一般的構成

システムは比較的多くみられ、そこでは CRT モニタ端末に列車遅延あるいは列車運行状況を表示している。例としては国鉄千歳線 CTC システム、札幌市地下鉄線システムなどである。

#### 4.3 システムの構成

##### (1) 全体構成

システム構成は路線長や列車本数など対象線区の規模や開発時期によって異なるが、最も多くみられるのは図-4 のような CTC をベースとした構成である。ここでは、制御用計算機を CTC の中央装置に接続し、区間内の車両の有無を示す情報や信号機の現示情報を読み込み、信号制御情報を出力する。旅客情報案内の制御情報については、図-4 では CTC の伝送路を介して現地へ送出する方式を示しているが、通信回線を介する方式もある。

マンマシン機器としては、CTC の表示盤、制御盤をほぼそのままの機能で残し、コンピュータ用として CRT ディスプレイを別に設けて、列車運行監視と運転整理に使用する。CTC の表示盤は多数の表示ランプを持つかなり大きなものであり、これを複数の CRT 表示にかえた方式が海外のシステム（ワシントン地下鉄、ミュンヘン地下鉄など）にみられる。

##### (2) コンピュータシステム

コンピュータシステムは高い稼働率と信頼性を要求されるため、通常は 2 重系とし、1 系をホットスタンバイとする待機予備運転方式を採用するものが多い。周辺機器としては、CRT ディスプレイのほか、運転計画データ入力用の紙テープリーダーかカードリーダー、運転実績、統計資料出力用のラインプリンタもしくはタイプライタを備えており、外部記憶装置には磁気ドラムを使用するシステムが多い。システムの規模は、表-2 の内部記憶、外部記憶の容量からわかるように、最近のコンピュータシステム一般からみれば小規模なものといえよう。

なお、マイクロコンピュータの高性能化、高信頼性の発展に伴って、これを利用するシステムが最近では多くなりシステム構成も多様化する傾向にある。1 つの傾向はマイクロコンピュータを各駅に配した分散処理化である（都営浅草線、営団半蔵門線、神戸市西神・山手線システムなど）。もう 1 つの傾向は、中央の制御用コンピュータを複数のマイクロコンピュータで置きかえる方式であり、一種の機能分散処理といえる（静岡鉄道、名古屋市交東山線システムなど）。

## 5. システムの事例

### 5.1 コムトラック

コムトラック (COMTRAC: COMputer aided TR AIn traffic Control system) とは国鉄の新幹線運行管理システムの呼び名である。このシステムは進路制御のコンピュータ化を主目的として山陽新幹線岡山開業（昭和 47 年）時に初めて導入されたが、昭和 50 年 3 月の同線博多開業時に運転整理と運転計画作成機能を大幅に拡大した第 II 期システムが開発された。その後、東北・上越新幹線が昭和 56 年に営業を開始し、これら両線区を合わせて管理するコムトラックが東海道・山陽新幹線システムとは別系で、第 III 期システムとして新たに開発された。

第 III 期システムでは乗務員運用機能の追加と旅客情報案内、運転計画作成の拡充深度化がはかられている。いずれのシステムも総合指令所を東京駅に置き、運転指令ほか保守、営業関係の指令を集めて全線の列車運行を集中管理している。ここでは、東北・上越コムトラックについて概要を紹介する。

#### (1) システム構成

システム全体は図-5 のような構成となっており、特徴としては、対象線区が国鉄の重要幹線でありかつ長大線区であることから、他システムと比較して規模が極めて大きいこと、システムの高信頼化と高稼働率

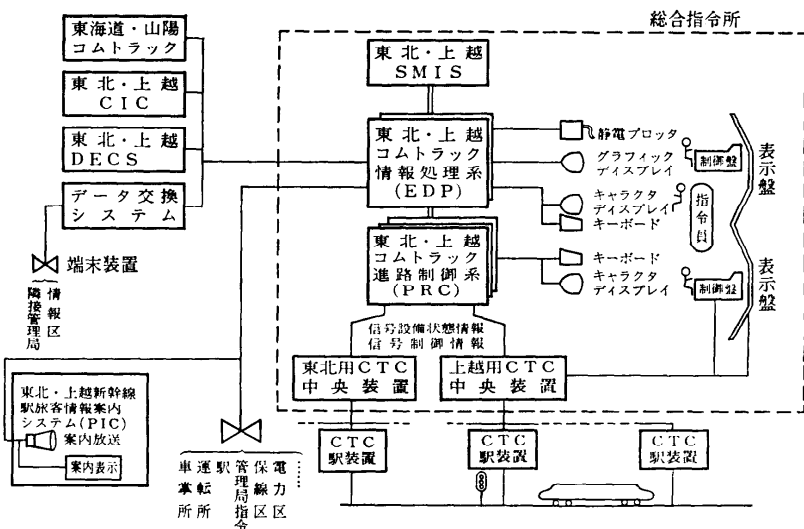


図-5 東北・上越新幹線コムトラックシステム構成概念図

化のための十分な配慮がなされていることである。総合指令所内は情報処理系、進路制御系という2つのサブシステムから構成されており、進路制御系では進路制御と局所運転整理を行っている。情報処理系は運転計画作成、広域運転整理、および指令情報伝達を受け持つほか、次の5システムと結合されており新幹線オンラインネットワークの中核の役割を担っている。

- 東海道山陽新幹線コムトラック
- DACS: 国鉄全体のオンラインデータ交換ネットワーク
- DECS: 東北・上越新幹線電力系統制御システム
- CIC: 東北・上越新幹線通信設備監視制御システム

- SMIS: 東北・上越新幹線運営情報管理システム

情報処理系は汎用大型計算機（記憶容量 6 MB）2台を待機予備方式で運転しており、外部記憶装置として磁気ディスク（200 MB）を 11 スピンドル、磁気テープ 8 デッキを持つ。オンライン端末としては、オフコン並みのローカル処理機能を持つ装置 64 台、指令情報その他の入出力機能のみの端末 97 台を駅、運転区など沿線の関係現場に配置している。旅客情報案内は各駅にミニコンを配した分散処理方式をとっており、列車運転計画データと列車遅延情報を中央から送出する。

進路制御系は、その高信頼化、高稼働率化の要求から制御用計算機（記憶容量 192 kW）による 3 重系構

成としている。2系を並列同期運転とし両系の出力は別ハードウェアで照合一致をとったのち CTC へ出力される。残り 1系は通常待機状態にあり、並列運転中の系の異常発生時に、異常系を引離し待機系を並列運転へ組み込むよう自動的にシステム再構成ができるようになっている。

指令員のマンマシン機器としては、キャラクタディスプレイ 10 台、ダイヤ図形表示用グラフィックディスプレイ 3 台および静電式プロッタ 3 台とプリンタ多数を情報処理系が持っている。一方、進路制御系についても、これらとは独立に局所運転整理用キャラクタディスプレイを備えており、情報処理系ダウンの際にも運転整理機能ある程度維持できるよう信頼性の点からも配慮がなされている。

## (2) 機能概要

コムトラックは第 3 章で述べた一般的な列車運行管理機能を有するが、特徴としては高度な広域運転整理機能を持ち指令情報伝達を行う点である。また、乗務員運用をはじめ運転計画作成の大幅な支援を行っており、列車運行管理というよりは運転管理システムとして社内では位置づけられている。

運転計画はダイヤ改正時に決まる基本計画と日々の実行計画である実施計画に分けられるが、システムでは実施計画作成の支援を行う。新幹線の運転実施計画は、列車計画と車両の運用、割当の各計画を中央で作成し、乗務員関係の一部は数個所の乗務員基地にお



いて分散作成されている。これらの基本計画に対する修正事項は実施日の数カ月前から発生するが、コンピュータ側では修正計画の検討をシミュレーションなどにより支援するとともに決定された事項をファイル化しておく。そして運転実施日の一週間程度前から適宜、各計画を結合編集し、列車ダイヤ図形のプロット、車両割当計画、乗務員仕業表などを必要箇所へ出力する。

広域運転整理では、全線の列車運行の予測と特定区間を対象とした運転修正計画作成を行う。列車運行の予測は周期的に数時間先までを行い、結果をグラフィックディスプレイにダイヤ図形として表示し、車両走行キロなど車両運用関係のチェックを含む各種警報をキャラクタディスプレイその他に出力する。特定区間を対象とした運転修正計画作成は、東北・上越新幹線システムのために新たに開発された機能であり、両線が共通に使用する上野一大宮間の線路上野駅ホームの使用順序、車両の折返し計画を両線の列車遅延状況をもとに作成し、これに合せて途中駅の待避順序まで決定するものである。

5.2 福岡市地下鉄総合運転管理システム

列車運行管理を1つのサブシステムとし、自動運転、車両検修その他機能を合せ持つ総合運転管理システムの例として福岡市地下鉄のシステムを紹介する。同様のシステムとしては札幌市地下鉄、ワシントン地

下鉄などがある。いずれも新設線であることが特徴であり、従来の組織や設備の大きな変革を伴うこのようなシステム化は、内外を問わず既設鉄道では容易でないように見受けられる。

全体システムは図-6のような6つのサブシステムからなっており、情報伝送システムは運行管理と事務管理の両システムとコンピュータ間結合を行っている。指令室内には各駅のホームその他の状況を切換表示するテレビ受像機群を備えており、運転指令員が旅客の安全確認と駅混雑状況の把握を行える。運行管理システムの主な特徴としては、対列車データ伝送機能を持ち、車内自動案内放送の基本データを送出すること、自動運転装置に対し遅延回復の指令が行える点である。

5.3 海外のシステム

海外におけるコンピュータ利用の運行管理システムは、アメリカのサンフランシスコ湾岸鉄道と西ドイツ国鉄において、我が国同様1972年頃から登場し始めた。その後、各国で実用化が広がっているが、新設線が少ないせいとそのテンポは我が国ほど急速でないように見受けられる。これらシステムの構成と機能実現方法は、運行管理体制、信号設備方式の伝統が各鉄道で異なるため、それぞれに独自のものが多い。コンピュータの主要処理についてみれば次のような傾向にある。

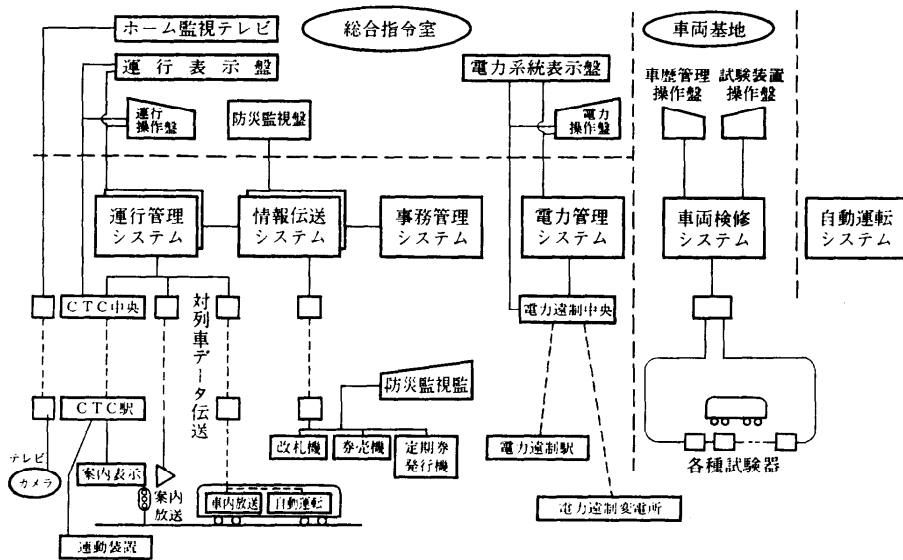


図-6 福岡市交通局総合運転管理システム

### (1) 進路制御

地下鉄など都市内の旅客専用路線のシステムではコンピュータ制御されているが、多種類の列車が複雑な路線を走行するシステムでは進路を遠隔制御装置などにより人手で設定する場合が多くみられる。後者のシステムで進路をコンピュータ制御する例としては、西ドイツ国鉄のミュンヘン中心部（路線延長約 400 km）、ザールブリュッケン地区（同約 80 km）、およびスエーデン国鉄のストックホルム地区（同約 400 km）がある。

### (2) 列車運行監視と運転整理

進路制御を(1)で述べたような手動方式とし、列車運行監視と局所運転整理をコンピュータ化しているシステムがかなりみられる。(西ドイツ国鉄シュットガルト地区、イタリア国鉄ジェノバ地区、フランス国鉄パリ北駅)。広域運転整理については、フランス国鉄、イギリス国鉄で提案、実験された経緯はあるが実用化には至っていない。最近では西ドイツ国鉄で列車運行予測とその結果のグラフィックディスプレイ表示の試みがある。

### (3) マンマシン機器とコンピュータ

運転指令員とのマンマシン機器は我が国同様 CRT ディスプレイが主流である。ディスプレイを多数用いて列車運行表示盤をこれで置きかえたシステムがみられるのが特徴といえる。使用コンピュータは制御用の中小型機が多く、進路制御をコンピュータ化している場合は待機予備方式の 2 重系構成となっている。機種としては DEC 社製ほかジューメンス、エリクソンなど各国メーカのものを使用されている。

## 6. 今後の課題と展望

以上みてきたように多くの鉄道にコンピュータ化運行管理システムの導入がみられるが、その適用範囲は大都市圏の旅客輸送線区が中心であり鉄道全体からみれば適用率はまだ低い現状にある。鉄道輸送により効率化が求められるであろう背景と、情報処理関連技術の発展動向を考えたとき、今後の方向としてはまず第 1 に適用範囲の拡大をあげることができる。

これまでの適用対象が大都市圏旅客輸送線区に多いことの理由としては、高密度大量輸送からくるシステ

ム化の必要性のほかに、都市間輸送線区に比べて運転形態の単純性による適用の容易性があったといえる。このため、国鉄在来線のような運転形態の複雑な都市間輸送線区への適用をはかるには、処理の多様性、複雑性という問題を分散処理方式などの採用で吸収解決する必要がある。また、輸送量の低い地方線区に対しては、マイクロコンピュータなどを活用した低コストシステムの実現が要求されよう。

第 2 の方向は機能の高度化とシステムの統合化である。旅客情報案内に関しては、車内における乗換え案内、駅における目的駅への所要時間、経路案内などを正常運行時のみならず運行乱れ時にも行えることが望まれる。さらに、ニューメディアを活用した市中からも問合せ容易な総合情報案内システムへの発展も考えられる。広域運転整理ではコンピュータの支援を拡大し代替輸送経路を含めた処置の実現などが望まれるであろう。一方、いくつかのシステムで一部実現されている、営業、保守その他関連部門を包含したシステムの統合化は、鉄道システム全体の効率化にとって重要な役割を持つだけでなく、機能の高度化をはかるうえでも必要な条件である。そして、これらの実現にあたっては、運転計画などの大量多様情報の管理のためのデータベース技術の活用、広域にまたがる駅、車両基地などのシステム相互間の効果的協調分散処理方法の研究、およびそれらシステム間を低コストで有機的に結合するネットワークの構築などコンピュータ関連技術の総合的利用をはかることが必要と考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 山本：列車運行管理，計測と制御，Vol. 11，No. 10，pp. 845-854 (1972)。
- 2) 板倉，川村：鉄道運転管理システム，電子通信学会誌，Vol. 57，No. 4，pp. 391-399(1974)。
- 3) 川村：新幹線の運行制御と安全，計測と制御，Vol. 16，No. 1，pp. 76-82 (1977)。
- 4) 池田：情報システム，JREA，東北・上越新幹線特集号，Vol. 25，No. 6，pp. 38-41(1982)。
- 5) 角，松丸，佐藤他：福岡市交通局高速鉄道トータルシステム制御・情報管理システム，日立評論，Vol. 65，No. 11，pp. 55-60 (1981)。

(昭和 58 年 10 月 25 日受付)