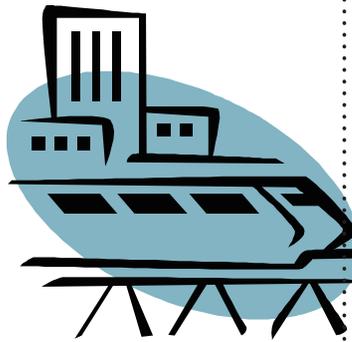


解説

# 安全・安定に寄与する 鉄道情報処理技術 後編

## 運行系システム

片岡 健司 三菱電機(株)先端技術総合研究所  
 明日香 昌 三菱電機(株)先端技術総合研究所  
 駒谷 喜代俊 三菱電機(株)伊丹製作所



鉄道における情報処理技術は、運行管理システムに代表される地上からの集中管理システムを中心に発展してきたが、近年の技術発展に伴い、鉄道車両内のIT化も急速に進展しつつあり、一層の安全確保および利用者の利便性向上に寄与している。本稿では、鉄道分野で用いられている情報処理技術について、制御系システムと運行系システムに分けて解説する。後編では複数の列車群を対象に最適制御を行う運行系システムについて解説する。

### 安定した鉄道輸送のために

前編では、主に安全輸送を確保するための制御系システムについて解説した。事業者にとって安全確保は大前提であり、その上でさらに安定した鉄道輸送を保つ、すなわち、ダイヤ通りの列車運行を保つ努力を行っている。そのために、路線を走行中の各列車の挙動を列車群として、ダイヤ通りの定時運転を確保するように全体最適制御を図るのが、運行系システムである。図-1に制御系システムと運行系システムの関係を示す。後編では、運行系システムの内容について解説する。

### 制御系システムと運行系システムの連携

列車の運行においては、あらかじめ定められたダイヤに従って1次元のレールの上を走行することが、他の移動体と異なる大きな特徴となっている。1次元であることから、同一方向を走行する先行列車、および対向列車の挙動に大きく影響を受ける。追突あるいは衝突が起きないように2列車の間隔を保つのが制御系システムの役割であるが、それだけではすべての列車がスムーズに動く保証はない。そのため、1つの路線全体を見渡し、列車群としての動きを監視・制御する必要がある。これを司る業務を運行管理と呼ぶが、運行管理業務を支援す

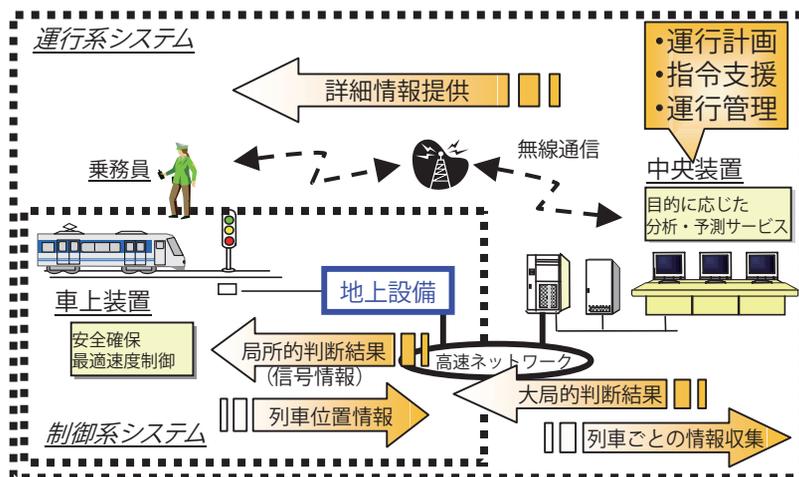


図-1 制御系システムと運行系システム

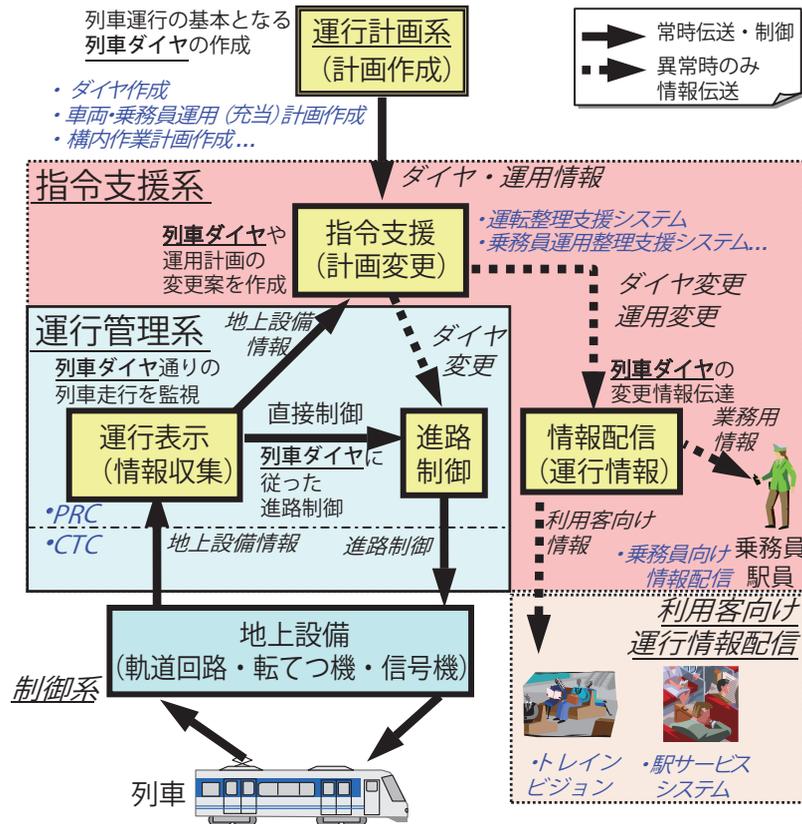


図-2 運行系システム

るために、さまざまな運行系システムが構築されている。

運行系システムは、図-2に示すように事前に各種計画を準備する運行計画系と、当日に列車の運行を管理・制御する運行管理系、さらに運行乱れに対する指令員の指令業務を支援する指令支援系に大別できる。以下、それぞれについて解説する。

### 運行計画系システム

列車の運行に関連する計画には、利用者に対する商品である列車ダイヤ、限られた資産である車両を効率的に運用するための車両運用計画、列車を運行するために必要な乗務員の運用計画、車両の安全性・快適性を維持するために必要な点検・保守・清掃作業計画などの種類がある<sup>1)</sup>。列車ダイヤの品質は利用者の利便性に直結し、公共交通機関である鉄道会社の企業価値に直接かわる。このため、列車ダイヤの作成は会社経営の根幹としてダイヤ改正日の数カ月前から慎重に検討が進められる。一方、車両・乗務員運用計画は、作成した列車ダイヤの実現、すなわち商品であるダイヤを生産するための設備運用に相当するため、その効率と異常時に対応するための余裕度のバランスが重要となる。また点検・保守・清掃作業は、安全性・快適性の劣化に大きな影響を及ぼ

すため、必要十分なタイミングで作業を行う必要がある。

図-3に運行計画作成の種類と流れを示す。一般に列車ダイヤはさらに、年間を通じた基本的な計画である基本計画、季節ごとの乗客需要増減に対応した波動計画、運行数日前の細かな調整に対応した実施計画という順序で、運行計画としての微調整を進めていく。以下、基本計画を例に計画作成の手順を説明する。

### ■列車ダイヤの作成

綿密な列車ダイヤを作成するためには、さまざまなパラメータを考慮する必要がある。近年では列車ダイヤ作成支援システムが普及しており、後述する各フェーズでは、作成者が設定した条件に基づいた自動計算が可能となっている。しかしながら、設定すべき条件の選択肢が膨大であり、また選択基準は乗客需要や利便性、鉄道事業者の経営方針に基づく収益性に大きく影響を与えるため、完全自動化には至っておらず、以下の各フェーズの支援システムを活用しながら、図-4に示すようなスパイラルな設計プロセスでパラメータを決定し、列車ダイヤを作成することが多い。

#### (1) 運転曲線および駅間走行時分の作成

まず、列車が他の列車に影響されずに2駅間を走行する時間(駅間走行時分)を決定するために、列車の位置

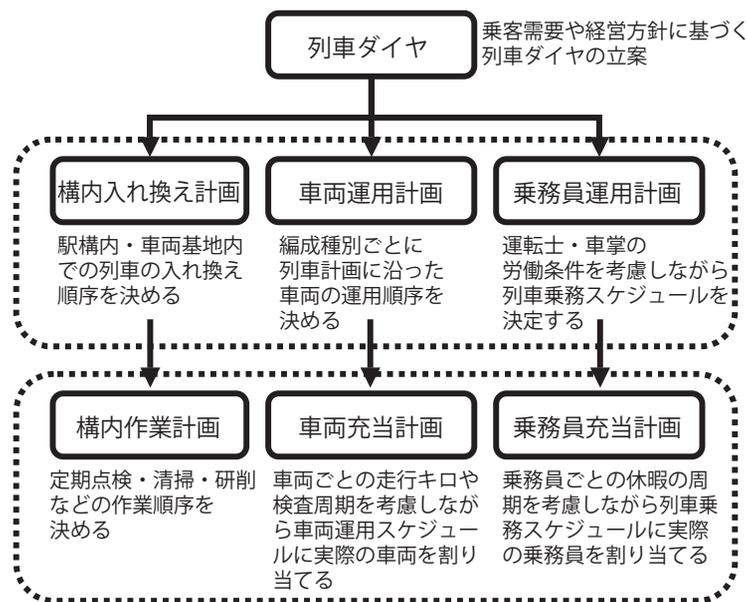


図-3 運行計画作成の種類と流れ

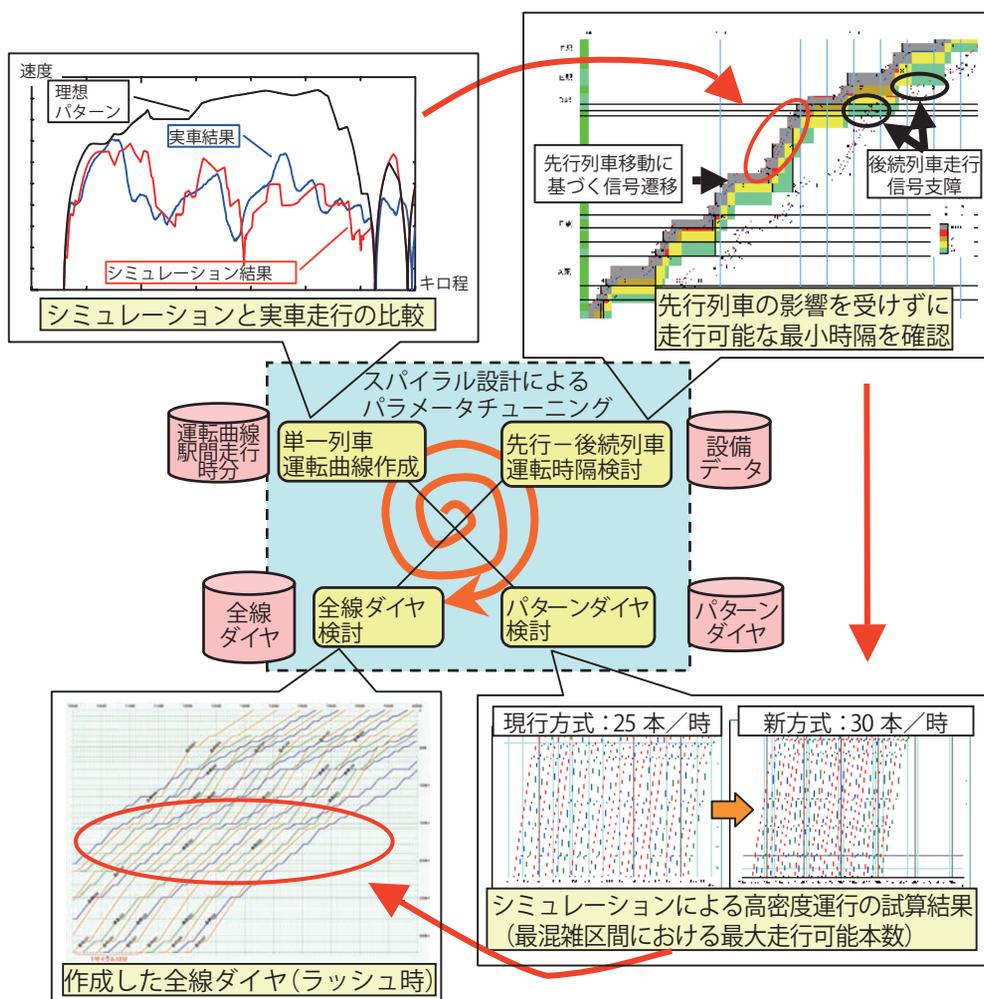


図-4 列車ダイヤ作成の流れ

一速度曲線である運転曲線を作成する。線路設備の形状(勾配、曲線など)で制限速度が決まってくるほか、駅のどの番線を使用するかで、分岐形状による速度制限が発生するため、それらを守りつつ駅間を最も速く走行し

た場合の運転曲線を、列車の諸条件(加減速性能、重量、編成長など)に基づいて計算する。前駅および次駅の通過・停車によって、通過-通過、通過-停車、停車-通過、停車-停車の4通りを作成する。

## (2) 運転時隔の設定

列車を走行させる際、先行列車に追いついたり、進路開通が遅れた影響による減速が発生すると、前述の運転曲線通りに走行できない場合があるため、列車は走行間隔を十分空ける必要がある。そのため、先行列車と後続列車の到着、出発あるいは通過の間隔(運転時隔)を、到着ー到着、到着ー通過、通過ー通過、通過ー出発、出発ー出発の5通りに対し、それぞれ後続列車が影響を受けないように設定する。どの程度まで間隔を空けて走行できるかは、地上設備(信号機や軌道回路の設置位置)や列車性能、信号システムの制御方式に依存するため、運転時隔が目標値を達成できない場合、設備や制御方式を変更する場合がある。

## (3) パターンダイヤ・全日ダイヤの設定

多くの路線では、列車は特急や普通など、停車駅の異なる複数の列車種別が設定されている。ダイヤ作成には列車種別ごとの停車駅を決め、さらにどの列車をどの駅で待避させるか決めていく必要がある。利用客の利便性を考慮すると、列車はできるだけ同じ周期で出発するほうが時刻表を覚えやすいが、朝ラッシュ時・タラッシュ時・オフラッシュ時などでは輸送需要を満足するために列車本数を増やさなければならない。

このため、それぞれの時間帯ごとに一定の周期(20分、30分、1時間単位など)になるようにパターンダイヤを設定することが多い。その際に、前述の駅間走行時分および運転時隔を参照する。

パターンダイヤが完成すると、それぞれの時間帯ごとのつなぎ目を調整して1日分のダイヤ(全日ダイヤ)とする。

## ■ 車両運用計画の作成

実際に利用者へ列車ダイヤを提供するためには、それぞれのダイヤに対し、どの車両を用いて運行するかを決める車両運用計画の作成が必要となる。

単純な路線では、設定したダイヤに対し折り返し駅の上りと下りを接続し、さらに車両基地からの入出庫を考慮して回送列車を設定することで、1日分の車両運用(行路あるいは仕業)を決定する。

## ■ 構内作業計画の作成

列車が終着駅のある番線に到着した後、その折り返し列車の出発番線が異なる場合にはいったん駅の引き上げ線などを経由した車両の入れ換えが必要になる。また、車両基地に戻ってきた列車は、次に車両基地を出発するまでの間に、検査や清掃などの作業を行う必要がある(車両基地の入庫・出庫時刻自体は車両運用計画で決められている)。構内作業計画作成とは、構内配線における他列車との支障や作業員の労働条件などを考慮しな

	1日目	2日目	3日目	・・・	M日目
車両1	行路1	行路2	清掃		行路9
車両2	行路2	検査	行路3		行路6
・・・					
車両N	行路9	行路8	行路1		清掃

表-1 車両交番表の例

がら、こうした駅や車両基地における作業スケジュールを作成するものである。

## ■ 乗務員運用計画の作成

運転士や車掌といった乗務員に対しても、車両運用と同様に運用計画を作成する必要がある。これを乗務員運用計画と呼ぶ。乗務員運用計画の場合も、設定したダイヤにもれなく乗務員が割り当てられるように、1日分の運用計画(行路あるいは仕業)を作成する。車両運用と大きく異なるのは、1日の運行計画では食事時間を含む適切な休憩を随時取っていく必要があること、数日おきに休暇が必要なこと、泊まり勤務の場合は適切な設備のある駅で適切な睡眠時間が確保できること、といった制約がある。また、数値では表しにくい心理的な制約も考慮することが望ましい。

## ■ 車両・乗務員充当計画の作成

車両運用・乗務員運用計画は、1日分のダイヤを車両や乗務員の仮想的なスケジュールである各行路に制約を満足するように分割したものである。これに対し、実際に列車を運行するためには、それぞれの行路を特定の車両や乗務員に割り当てる必要がある。これを車両・乗務員充当計画と呼び、交番表と呼ぶ割り当てローテーションとして、車両検査周期や乗務員休日周期などを考慮しながら、ばらつきの少ない勤務(使用)スケジュールを作成する。

表-1に車両交番表の例を示す。車両に対する一定周期ごとまたは一定走行距離ごとの定期的な検査が法定上定められていること、また定期的に清掃作業が必要なことから、実際の車両に対し、車両基地内での検査・清掃作業と行路を周期的に組み合わせることで、車両交番表が完成する。

## ■ 運行計画の変更

各種基本運行計画を作成した後も、乗客需要の季節変動やイベントによる臨時列車などによる列車の増減、あるいは工事計画に基づく各種作業の変更など、基本計画を修正して日々のダイヤを作成していくことになる。さらに、運行当日に事故や気象状況などによってダイヤが



種別	計画立案	計画変更
ダイヤ	乗客需要や経営方針に基づき時間をかけて立案 ダイヤ作成後に車両・乗務員運用を作成	ダイヤ乱れを早期に回復するように短時間で変更 車両・乗務員運用への影響も若干考慮
車両 乗務員 構内作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>走行距離，労働時間，エネルギーの最小化など多様な評価条件</li> <li>制約条件を必ず充足</li> <li>立案が困難な場合，作成したダイヤの修正も可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画からの変更量が小さいものを短時間に生成</li> <li>制約条件の緩和も許容</li> <li>変更済みダイヤに合わせてこれらの計画変更を実施</li> </ul>

表-2 計画立案時と計画変更時の考え方の違い

件充足や効率を重視してじっくり計画を立案することが可能であり、場合によっては車両や乗務員運用を立案しやすくするために、すでに作成したダイヤを修正する場合もある。一方、計画変更時には、運行に支障が出ないことを優先し、短い時間での制約充足解を求めることが重視される。そのため、指令支援系システムでは迅速なレスポンスが要求される。特に乗務員運用に関しては、休憩や食事時間、連続運転時間などの制約条件を一部緩和(例外的に考慮しない)してでも、全列車に対する割り当てを優先する場合がある。

さらに、運転整理・運用整理の変更案自体もシステムに自動提案させるアプローチも試みられている。本稿では一例として、乗務員運用整理における自動提案アプローチを紹介する。

## ■運転整理支援システム

ダイヤ乱れ時にどのように運転整理を実施するかは、指令員の判断に委ねられているが、列車の高密度化、運行の複雑化に伴い、運転整理判断業務の負担も増加してきた。そのため、判断を支援するための運転整理支援システムも高度化してきている。

CTC が導入されている場合、列車現在位置が予定より遅れていることは運行表示画面で把握できるが、どの程度の遅れで、それがダイヤにどのように影響するかは、これまで指令員が頭の中で考えたり、あるいは紙にダイヤを書いたりしてきた。これを、列車の走行予測という形で支援している。

図-6 に示すように、運転整理支援システムには大別して、ダイヤの乱れを早期に把握するための監視モードと、乱れに対する運転整理案を検討するための検証モードがある。

監視モードでは、CTC や PRC からの情報により路線全体の列車走行実績を取り込み、列車の現在位置や進路の状態を運行表示画面で確認することができる。また、ダイヤ表示画面では実績ダイヤに加え、全線区の数時間先までのダイヤ乱れを予測し(予測ダイヤ)、表示することができる。これにより、現在の乱れ状況および、今後

のダイヤへの影響を一目で把握することができるようになっていく。

一方、検証モードでは、ある時間断面で監視モードから移行し、その時間断面に対してさまざまな運転整理案を入力すると、整理案に対応した予測ダイヤが表示される。検証モードで作業している限り、どのようにダイヤを変更しても実際のダイヤには反映されないため、さまざまな案を検討することが可能である。どの運転整理案を実施するか決定すれば、承認操作を行うことで、案は確定し、PRC などに変更情報が送信される。

なお、検証モードで作業中にも実績は更新されていくため、整理案を決定した段階でそれらの案が最新実績に対しても矛盾がないことを確認する必要がある。

## ■列車運行の予測シミュレーション

前節から明らかなように、指令支援系システムではダイヤ乱れ時の列車運行予測が必須である。事前にダイヤ乱れの影響を予測し、あらかじめ運転整理案を作成するためには、列車運行予測を短周期で繰り返し実施する必要がある。さらに、予測結果の精度は運転整理案の品質に大きく影響する。

以上より、列車運行予測は、短時間で高精度な予測結果を出力することが要求される。ただし、短時間での予測結果出力とその精度の高さは、通常は相反する要求であり、実用化の際にはこれらのトレードオフへの対策が必要となる<sup>3)</sup>。

このため、計算機の処理能力が低い 80 年代には、マクロモデルに基づくシミュレーションが適用されてきた。マクロモデルとは、列車が、基本的にはダイヤに基づいて、駅間を 1 次元で走行することを利用したモデルである。マクロモデルの概念を図-7 に示す。マクロモデルでは、列車の動きを駅での到着および出発という 2 種類のイベントで離散的に表現する。そして、時間の進行に従ってイベントを順次処理することにより、シミュレーションを実施する。

このとき、駅間走行時間や駅への到着時隔は、運行計画系システムで定めたパラメータをデータベース化して

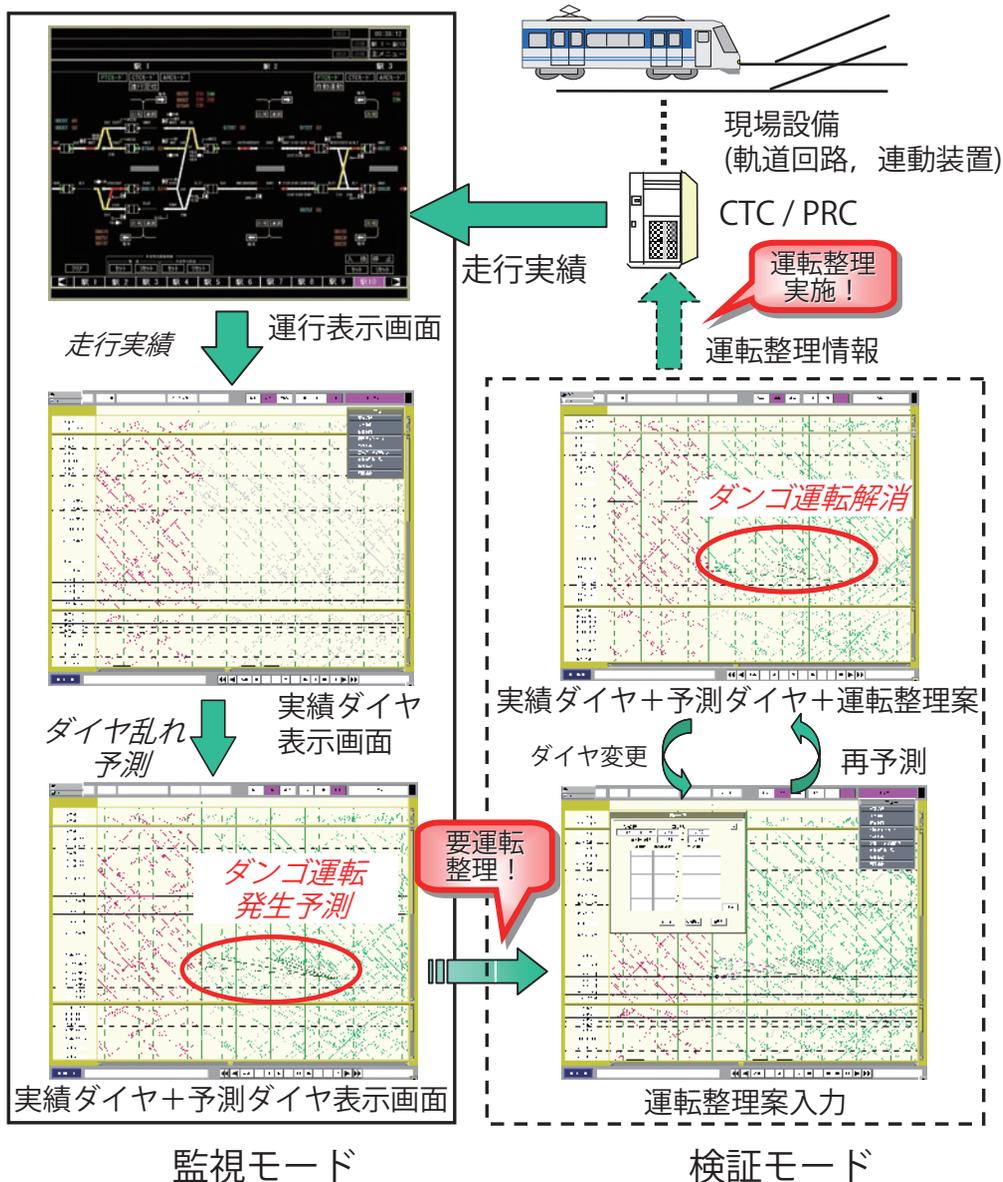


図-6 運転整理支援における監視と検証

おき、これらの時間を加算することにより、駅での着発時刻を短時間で計算することができる。

しかしながら近年は、計算機の処理能力が向上し、短時間の演算でより高精度な列車運行予測が実現できるようになった。また、新幹線に代表される都市間高速道路路線では、駅間距離が長いので、列車が駅間で停車したり臨時速度制限を設定されたりした場合の列車運行への影響が大きい。このため、到着・出発を基本単位としたシミュレーションでは、十分な精度が出ないという問題がある。このような背景で、列車の駅間での詳細な走行状態も予測するシミュレーション技術が望まれるようになった。

さて、列車の詳細な走行状態を予測するためには、マイクロモデルに基づく列車走行シミュレーションが用いられる。マイクロモデルは運転曲線の作成時に適用されているものであり、車両の加減速性能・空気抵抗や線路の勾配、曲率などに基づく運動方程式により列車の走行を力学的に表現する。このマイクロモデルによると、駅間での列車走行状態を詳細に予測できる。しかし、多数の列車を対象とした列車運行予測では、運転整理支援のように迅速なレスポンスが要求される場合、現在の計算機を用いても、要求される時間内で処理を完了することが困難である。この解決策として、一連の列車運行予測において、マクロモデルとマイクロモデルを併用する方式がある。計画作成系システムの節で述べたように、列車の駅間での走行は速度制限やダイヤ等により規定されている。このため、先行列車や駅での進路開通待ちによる速度制限を受けない場合には、マクロモデルにより列車の着発時刻を十分正確に予測することができる。したがって、マイクロモデルはこれ以外の場合のみに適用すればよい。この方式に加えて、最速の列車走行曲線をあらかじめデー

配、曲率などに基づく運動方程式により列車の走行を力学的に表現する。このマイクロモデルによると、駅間での列車走行状態を詳細に予測できる。しかし、多数の列車を対象とした列車運行予測では、運転整理支援のように迅速なレスポンスが要求される場合、現在の計算機を用いても、要求される時間内で処理を完了することが困難である。この解決策として、一連の列車運行予測において、マクロモデルとマイクロモデルを併用する方式がある。計画作成系システムの節で述べたように、列車の駅間での走行は速度制限やダイヤ等により規定されている。このため、先行列車や駅での進路開通待ちによる速度制限を受けない場合には、マクロモデルにより列車の着発時刻を十分正確に予測することができる。したがって、マイクロモデルはこれ以外の場合のみに適用すればよい。この方式に加えて、最速の列車走行曲線をあらかじめデー

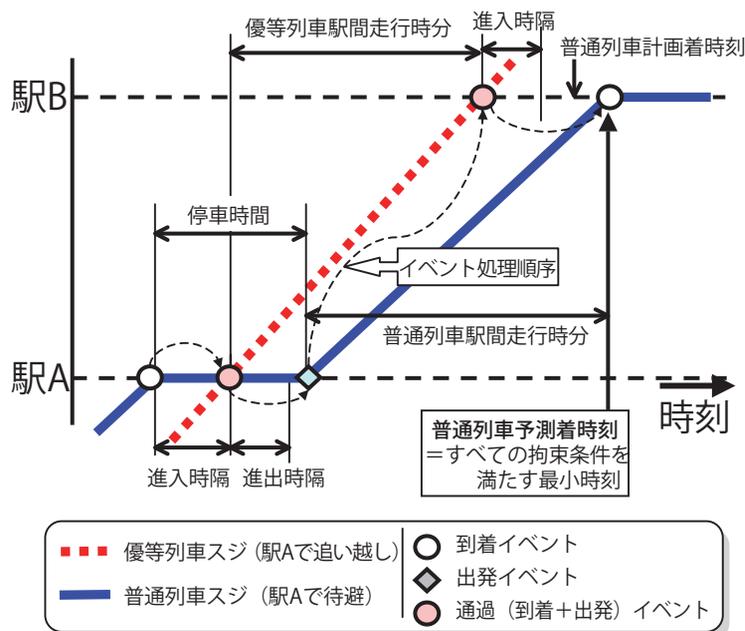


図-7 マクロモデルの概念

データベース化しておき、マイクロモデルでの予測に利用する方式がある。これは、先行列車の影響を受ける区間のみをリアルタイムで計算し、データベースの走行曲線とつなぎあわせることにより、処理時間を短縮する方式である。

なお、ここでは停車時間は一定であるとしたが、実際には停車時間の変動を予測することも重要である。乗降者数と停車時間には相関関係があるが、ドアの挟み込みや駆け込み乗車など、出発時間が遅れる原因には利用者のマナーに関係することも多く、停車時間の変動予測は駅間走行より困難である。

以上で概観した列車運行予測は、CTCからの地上設備状態の情報に基づいて実施される。CTCからの情報は、詳細度が増し、更新周期も短縮される傾向にある。これらの情報を的確に利用し、より高精度の列車運行予測を実現するためには、計算機の処理能力は、十分でない。引き続き、処理時間の短縮と高精度化を両立させるための、さまざまな技術開発が必要であると考えられる。

## ■乗務員運用整理支援システム

ダイヤ乱れの発生や運転整理に伴い、車両および乗務員の運用計画も変更が必要になるが、この業務を支援するシステムの開発も進んでいる。以下、乗務員運用整理支援システムを例に説明する。

システムの代表的な全体構成を図-8に示す。指令所には乗務員運用整理支援装置、乗務員運用情報管理サーバおよび指令端末が設置されている。

乗務員運用情報管理サーバでは、乗務員運用計画システムが管理している乗務員運用情報、乗務区所（乗務

員が所属する区所）などから送信される乗務員の出退勤情報および現在位置情報を管理する。乗務員位置情報を収集する方式は、地上無線設備によるエリア検知方式や、乗務員が保有する端末でのGPSなどによる位置検知結果送信方式などがある。また、運用変更が生じた場合には、区所端末および乗務員の持つ携帯情報端末に変更情報を送信する。

乗務員運用整理支援装置では、運行管理システムからくる列車の実績・予測ダイヤならびに運転整理案に基づき、周期的または乗務員運用情報管理サーバからの要求時に乗務員運用予測を行い、乗務員が次の乗務列車に間に合わない、乗務員未割り当ての列車があるといった警告出力を行うとともに、警告を回避するための整理案作成を行う。

指令端末や区所端末では、予測ダイヤや乗務員の現在位置、運転中や区所待機中といった勤務状態などを確認することができる。また、次に説明する自動提案を実行したり、運用変更案などの情報を入力することができる。変更案が承認されれば乗務員の持つ携帯情報端末へ直接変更情報を送信することができるようになっている。

## ■乗務員運用整理の自動提案

乗務員運用整理は、さまざまな制約条件の下で、列車ダイヤ上のすべての列車に対して乗務員の割り当てを行う組合せ問題としてモデル化できる。しかし、乗務員運用整理においては、現在時刻までの実績(列車在線状態)が問題を解く上での条件となるほか、短時間のうちにすべての乗務員割り当てを実現した整理案を出力しなければならない。そこで、実行可能解を短時間で求めるための自動提案アルゴリズムが開発されつつあり、実路線で検証段階にある<sup>4)</sup>。

図-9に自動提案アルゴリズムの概要を示す。ダイヤ乱れによって乗務員運用の制約違反が発生すると、発生時刻以降の行路を分解して白紙に戻した後、充足が困難な一部の制約条件を除き、優先度の高い制約条件を満足する初期解を作成する(初期解生成段階)。続いて、初期解の修正を繰り返してすべての制約条件を満たす解の探索を行う(暫定解修正段階)。比較的単純な路線では、専門家による案と同程度の品質の解を1分以内に提案できるようになってきている。

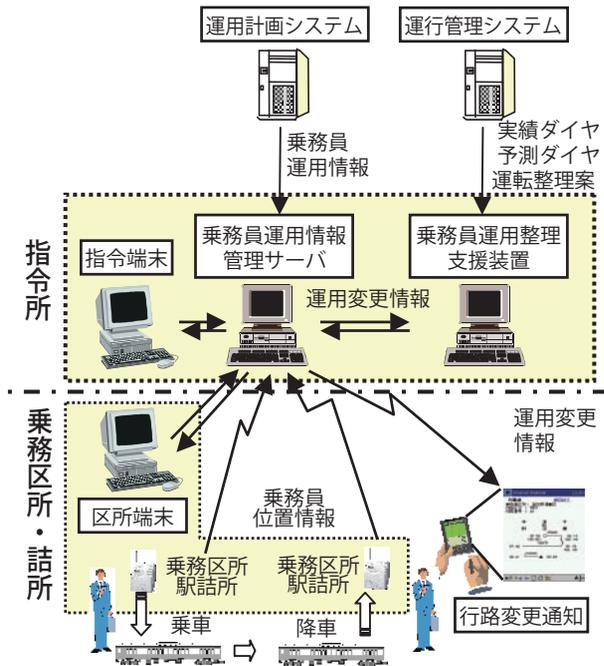


図-8 乗務員運用整理支援システム

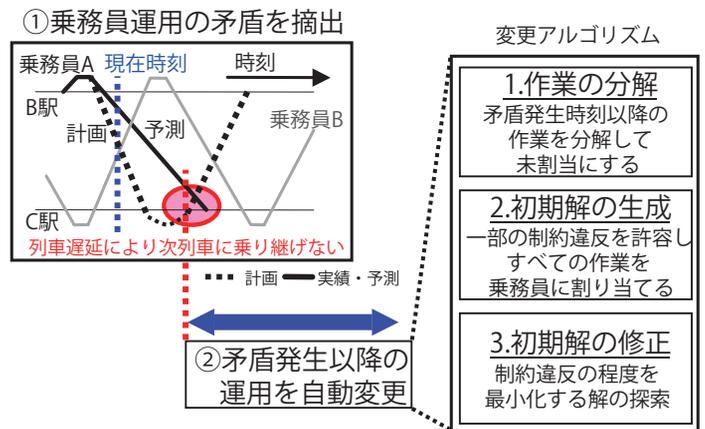


図-9 自動提案アルゴリズム

## 指令支援系システム(情報配信)

ダイヤの変更を中心とした変更情報は、迅速に地上設備や乗務員、駅員、さらには利用者に提供する必要がある。地上設備への伝送・制御に関してはCTCやPRCによりシステム化されている。しかしながら、列車や乗務員、あるいは駅員に対する情報配信は進んでおらず、これまでは列車無線や携帯電話などによる音声伝達、または紙(通告券)による伝達が主流であったが、運行管理業務のシステム化および移動体通信技術の進展に伴い、列車や駅に対する運行情報配信も充実してきている。運行情報のインターネットおよび車内での提供、車内電子広告など、乗務員向け情報配信や利用客向けサービスに適用されている情報処理技術を紹介する。

### 乗務員向け情報配信

一部の列車では、運転台に設置されている表示器に列車ダイヤや速度制限区間などの運転支援情報を表示することができるようになってきている。現時点では事前に準備したデータをICカード経由で表示器に表示させているが、今後は乗務員運用整理支援システムと連携し、無線経由でダイヤ乱れに関する情報や運転整理後のダイヤを直接受信し、表示できるようになっていく。また、移動中・待機中の乗務員に対しては、前述の乗務員運用整理支援システムから携帯情報端末に対してメールやWebなどで情報を提供できるようになっていく。さらに、ATO

搭載列車ではダイヤ乱れに応じて最適化された運転パターンを地上から直接指示することも可能となる。

一方では、受信情報を加工してトレインビジョンにも表示することで、今後はよりきめ細かな運行情報を利用客にも提供可能となる。

### 駅サービスシステム

駅はこれまでの単なる利用客の乗降または乗り換え場所としての存在から、鉄道の顔として利用客への多種多様な情報サービスや安全確保を目指した情報提供空間としての位置づけが重要視されてきている。このため、情報表示機能が複雑化かつ多様化の方向にあり、発車標、大型表示装置を始めとする各種映像表示装置、インタラクティブな情報端末等を用途に応じて使い分け、利用者のニーズに対応した付加価値の高い情報を提供することが求められている。

これまでは時刻表データに基づいて表示するシステムが多く、ダイヤが乱れると「調整中」となってしまう、利用客が本当に知りたい情報が得られなかった。最近では運行管理システムと連携し、運行管理システムが持つ遅延情報を各駅に表示するシステムが導入されている。また、表示形態もテキストベースから図形や動画を駆使したものが増加しつつあり、複雑な乗り換えに不慣れた利用客にも分かりやすいものとなってきている。

### 利用客向け車内情報配信

運行情報案内や動画広告などを車両内の液晶画面に表



図-10 トレインビジョンによる表示例

示するシステムとして、**図-10**に示すトレインビジョンがある。トレインビジョンは、車両統合管理システム（前編参照）から地点通過情報やドア開閉指令を受け取り、先行駅までの予想所要時間や、他路線への乗り換え案内など、利用客の次の行動に便利な情報を静止画や動画、テキストを用いてビジュアルに提供する。また、無線パケット通信などの広域リアルタイム伝送を使用して運行情報を受信し、異常時の列車運行状態を示すサービスも行っている。

## 今後の方向性

### ■ 移動体通信技術の進歩

鉄道向け情報処理技術の今後の進展には、移動体である列車がどこにいても大量の情報提供を実現する無線通信技術の進歩が鍵となるが、2次元的に広がる路線をカバーする地上ネットワークも重要である。これまでのアナログ列車無線や、トランスポンダ等の点伝送装置から、列車無線のデジタル化・データ伝送化や、汎用伝送技術（無線LAN・携帯電話回線）の利用が進んできている。すでにデジタル列車無線や無線LANを活用した列車内インターネットが実現されており、今後、無線利用もさらに高度化する。その結果として、より安全なシステム、より柔軟なサービスが提供されることは間違いない。

### ■ システムの統合化

安全の確保と運行効率の追求は、事業者にとってバランスよく両立させることが難しい根本的な課題である。これまで述べてきたように、基本的には制御系システム（特に信号システム）の地上装置と車上装置、あるいは制御系システムと情報系システムは、従来信頼性の問題や情報伝達の困難性などから、比較的独立したシステムとして設計されてきた。しかし、情報技術の発展・通信システムの進歩に伴い、システムの統合化が徐々に進められていく方向にある。統合化により、制御の最適化・運

行の最適化がより進み、安全のより一層の確保と、運行効率の追求を両立させることが可能であると考えている。さらに、他社線も含めた利用客サービスシステムとも統合していくことで、統合的な乗り換え案内や、究極的にはオンデマンド運行（需要に応じてダイヤを動的に変更し、運行させる）までも可能となっていくであろう。

少子化による利用者の減少、団塊世代の退職による技術・技能の断絶など、鉄道を取り巻く社会環境には厳しい現実がある。しかし、安全・安定そして安心・快適な鉄道輸送を維持・発展させるために、新たな情報処理技術の適用が拡大されることを期待する。

#### 参考文献

- 1) 富井規雄編：鉄道システムへのいざない、共立出版（2001）。
- 2) 沖 雅雄，玄田和行，中桐慶之：異常時における交通情報システムの新しいサービス，三菱電機技報，Vol.80, No.12, pp.59-62（2006）。
- 3) 後藤幸夫，明日香昌，片岡健司，伊川雅彦：道路交通・鉄道分野へのシミュレーション適用事例，計測と制御，Vol.45, No.1, pp.55-60（2006）。
- 4) 高橋 理，片岡健司，辺田文彦，浅見雅之，原 啓太：乗務員運用整理案の自動作成，第12回鉄道技術連合シンポジウム（J-Rail2005），pp.487-490（2006）。
- 5) 特集：鉄道における情報処理技術の現状と今後，電気学会誌，Vol.124, No.5（2004）。

（平成19年7月26日受付）

片岡 健司 Kataoka.Kenji@dh.MitsubishiElectric.co.jp

システム最適化技術部交通システム制御グループマネージャ。1989年大阪大学工学研究科通信工学専攻修士課程修了。同年三菱電機（株）に入社。博士（工学）。運行管理、信号保安などのシステム研究開発に従事。電気学会会員。

明日香 昌 Asuka.Masashi@ay.MitsubishiElectric.co.jp

システム最適化技術部交通システム制御グループ主任研究員。1990年京都大学工学研究科数理工学専攻修士課程修了。同年三菱電機（株）に入社。予測技術を利用した列車運行管理、および鉄道信号保安システムの研究・開発に従事。電気学会会員。

駒谷 喜代俊（正会員） Komaya.Kiyotoshi@ce.MitsubishiElectric.co.jp

交通システム部主管技師長。1979年京都大学大学院工学研究科（電気工学専攻）修士課程修了。同年三菱電機（株）に入社。システム工学、知識工学の交通システムへの応用に関する研究に従事。工学博士。電気学会、計測自動制御学会、IEEE 各会員。