



新幹線運行管理システムの進展と今後

……COSMOS（ニュー新幹線総合システム）の 開発経緯、現状と将来展望

JR 東日本 運輸車両部（COSMOS プロジェクト）
田 辺 均

はじめに

新幹線は 1964（昭和 39）年の東海道新幹線の開業に始まり、現在、全ての JR を合計すると約 2,700 km（山形新幹線 148.6 km、秋田新幹線 127.3 km を含む）のネットワークに成長した。この間、国民経済の発展、生活の向上や鉄道技術の進歩に大きな役割を果たしてきたといえよう。

新幹線は開業当初、200 km/h を超える最高速度など当時としては画期的な移動手段を提供したが、これを支える列車制御や運行管理面では、車内信号式 ATC（Automatic Train Control：自動列車制御装置：列車のブレーキなどを自動的に制御するシステム）、CTC（Centralized Traffic Control：列車中央制御方式：駅で進路制御を行わずに、中央指令所の指令員が直接制御を行う方式）など新しい技術が導入された。

1972（昭和 47）年岡山開業の時点で、列車本数が開業当初の 60 本程度から 200 本を超えることとなり、停車駅パターンの複雑化などで指令員の進路扱業務が増大することなどに対応するために「新幹線運転管理システム COMTRAC（COMputer-aided TRAffic Control system）」が開発され、これまでの指令員の人間系による列車制御・運行管理方式からコンピュータによる運行管理システムに移行した。

新幹線ネットワークの拡充については、1970（昭和 45）年 5 月「全国新幹線鉄道整備法」が成立し、公的助成で東海・山陽以後の新幹線建設が行われることになり、1971（昭和 46）年 11 月、東北新幹線、

上越新幹線が同時に着工された。また、1973（昭和 48）年 11 月に当時の運輸大臣決定により「これから建設すべき新幹線の路線」として北海道新幹線、東北新幹線（盛岡～青森）、北陸新幹線、九州新幹線（鹿児島ルート・長崎ルート）、いわゆる「整備新幹線 5 線」が挙げられている。

物価高騰、トンネル出水事故などによる幾たびの困難を経て 1982（昭和 57）年 6 月ようやく開業した東北新幹線、11 月に開業した上越新幹線においては、当時の東海道・山陽新幹線の経験を踏まえて改良された COMTRAC が導入された。

その後、国鉄の分割民営化により発足した JR 東日本では、段階的に新幹線ネットワークを拡充し、最高速度 275 km/h による高速運転、車両の分割併合、在来線への直通（ミニ新幹線）といった、お客さまのニーズに対応した多様な運転を実現した。これらの安全正確な運行を可能とするため、1995 年に COMTRAC は統合的システムとしてのニュー新幹線総合システム「COSMOS」に刷新された。

現在、COSMOS は次世代のシステムを開発中であり、新幹線も更なるネットワークの拡充に向け建設や計画が進められている。本稿では COSMOS の主要機能である輸送計画システム、運行管理システムを中心に、その概要を紹介するとともに、将来の展望について述べる。

1. COSMOS 導入の経緯

東北・上越新幹線では、1982 年の開業時から COMTRAC を導入していたが、その後、新幹線ネッ

トワークの拡充(図-1) [延伸、新線開業、いわゆるミニ新幹線への直通]、列車本数の大幅な増加と多種多様な車両編成の増備、分割・併合運転、新駅設置等、輸送体系の多様化・複雑化が進んだ。

このためコンピュータシステムの更新に合わせ、業務運営の抜本的な改革、省力化の推進、高速化や輸送計画の多様化への対応、お客さまへの情報サービスの充実を基本コンセプトに掲げ、新幹線に関わる業務を総合的にシステム化した「ニュー新幹線総合システム」を開発し、1995年11月から使用開始し

た。本システムは、COmputerized Safety Maintenance and Operation systems of Shinkansen の頭文字をとるとともに、無限の広さと可能性を秘めた宇宙をイメージするものとして COSMOS と名付けた。

COSMOS の導入により指令業務の機能性の向上が図られ、駅業務の軽減(駅による夜間作業時間帯の運転取扱廃止・中央集中化等)、中央指令計画部門のシステム化、計画伝達業務のシステム化、その他の指令定例業務のシステム化が実現した。

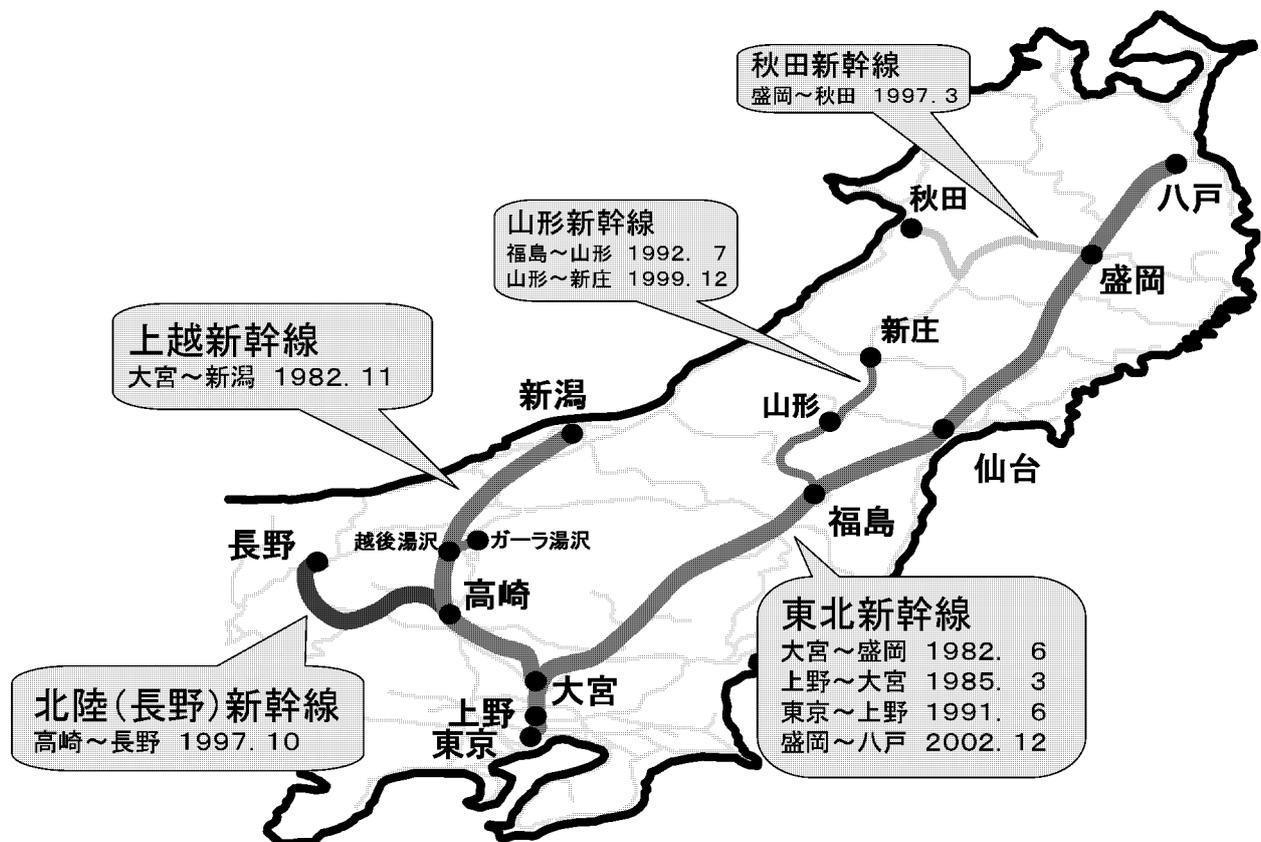


図-1 JR 東日本エリアの新幹線ネットワーク

2. システム構成

COSMOS は、次の8つのサブシステムを統合することにより構成し、新幹線に関わる全ての業務を総合的に支援している。

- ①輸送計画システム (列車計画・運用計画・車両割当・計画伝達・営業情報・統計)
- ②運行管理システム (運行管理・ダイヤ管理・駅進路制御・旅客案内)
- ③車両管理システム (故障管理・検査管理・履歴

管理)

- ④設備管理システム (検測車データ管理)
- ⑤保守作業管理システム (保守作業計画・作業着手終了管理)
- ⑥電力系統制御システム (COSMOS-SCADA) (変電所制御・設備監視)
- ⑦集中情報監視システム (防災情報・設備監視)
- ⑧構内作業管理システム (車両基地作業計画・基地進路制御)

COSMOSの全体構成図を図-2に示す。

以下、COSMOSの8つのサブシステムのうち、中核となる①輸送計画システムと②運行管理システムについて、概要と今後の展望を示す。

3. 輸送計画システム

輸送計画システムは、輸送計画、いわゆる車両・乗務員の運用含めたダイヤの作成及び管理を行うシステムである。このシステムで作成された列車運行計画は、日々の「実施ダイヤ」として運行管理システム等へ伝送し、列車の進路制御、旅客案内機能等で使用されている。

輸送計画システムの構成は図-3の通りである。

本システムは、基本計画、波動計画、臨時計画(ダイヤは毎日一定でなく季節・曜日・臨時などによってきめ細かな対応が必要である)における列車設定、それに対応した車両運用ごとに編成を充当する車両割当計画、乗務員運用の作成の各機能を支援するものである。従来は紙に記入しながら計画していた列車ダイヤを、輸送計画端末のモニタ画面上にスジダイヤ形式で直接作成できるような仕組みとし、車両・乗務員の運用計画と合わせてシステムとの対話形式で作成する方式とした。

作成された輸送計画情報は、駅・乗務員区所等の現場端末に、必要な情報が伝達される。駅で使用する運転状況表、乗務員区所で使用する点呼簿や行路票等の帳票は、自動的に選択出力されるため、従来の人間系による情報の伝達・抜粋・転記・確認等の作業が解消され、ミスのない正確な業務遂行が可能になった。また、車両整備会社や車内販売会社にも端末を設置し、輸送計画情報を活用できるようにしている。

4. 運行管理システム

運行管理システムは、列車がどこを走っているかの在線表示、輸送計画システムから伝送された列車計画データに基づく列車の進路制御や駅の発車案内表示器などお客さまへの情報提供を行うとともに、指令員による運転整理(ダイヤが乱れた場合に回復のためにとる手配)を行うシステムである。

従来のCOMTRACでは、運行管理機能が中央装置のみに設置され、各駅の制御は列車集中制御装置(CTC)を介して行っていた。これに対してCOSMOSは、各駅にPRC(Programmed Route control:列車進路制御システム)を配置し、中央の運行管理装置と専用回線で結ぶ形の「自律分散システム」を採用し、制御応答性を向上させている。また、各駅の進路制御システムには、予め2日分(当日と翌日)のダイヤデータを送信してあるため、万が一、中央設備や通信回線に障害が起きても、進路制御が継続できる等、アベイラビリティの向上等が図られている。

中央部では、運行管理計算機(2重系)を配置し、列車運行状況を表示する運行表示端末GD(Graphic Display)と、ダイヤ変更入力を行う運転整理GDを接続している。各装置の間は高速の光LAN(100Mbps)で結んでいる。

駅、及び車両基地部では、駅PRC装置ダイヤ管理系(RCS)と、駅PRC装置制御系(FX)を配置し、それぞれ並列2重系と、多数決3重系構成とすることで稼働率を向上させている。また、駅には旅客案内装置の制御用コンピュータ(PIC: Passenger Information Control system)を配置している。

中央システムと駅および車両基地のシステムとは、通信制御ホスト(FTC: Fault Tolerant Computer)を介して、専用的高速デジタル回線で結ぶとともに、バックアップ回線も確保し、回線異常時には自動切替を行う。

また、駅・車掌区・運転所等には中央運行管理計算機と専用回線で接続された、運行情報端末を設置し、指令情報や列車の運行状態を表示している。

運行管理システム構成図を図-4に示す。

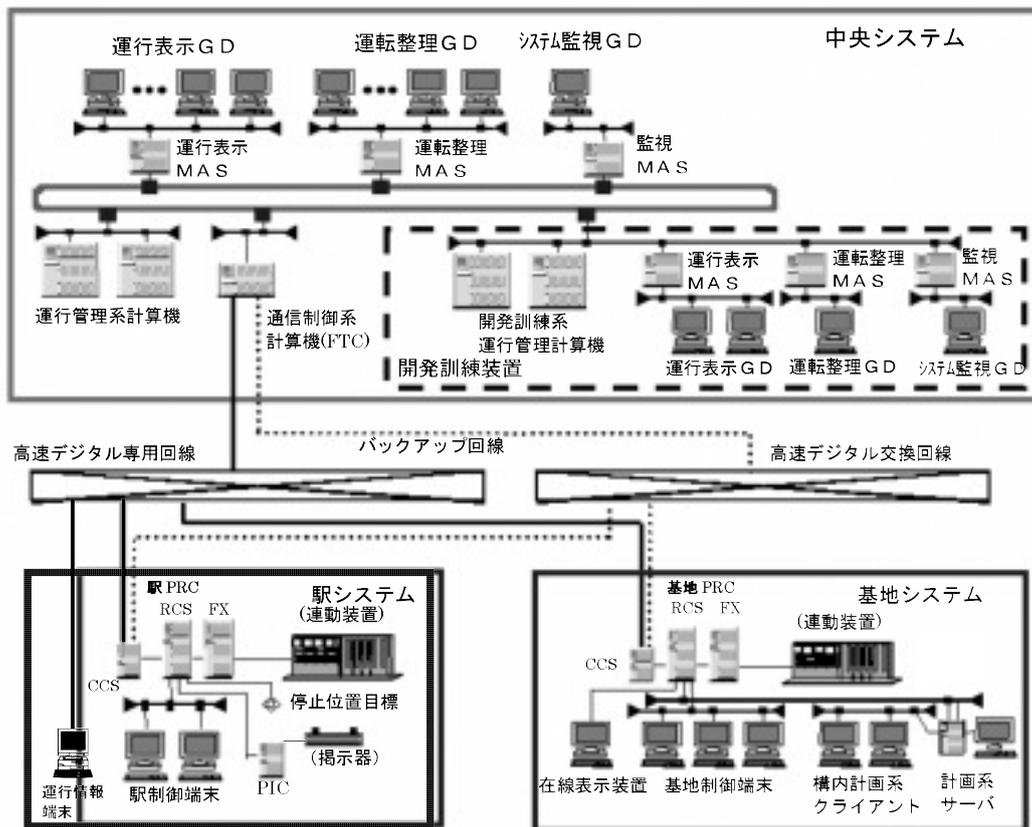


図-4 運行管理システム構成図

運行管理システムの主な機能は以下の通りである。

(1) 運転整理機能

運転整理機能は、輸送障害などによりダイヤが乱れた際に、指令員の業務を支援する機能である。本機能には、走行実績時刻を基に今後の運行状況をシミュレーションする予想機能があるが、これはCOSMOSで実現した特長的な機能のひとつである。

従来の運転整理手法は、指令員が紙のダイヤ図に定規と色鉛筆を用いて運行状況を記入し、お客さまや車両・乗務員などの状況等を判断した上で変更計画をたて、さらにシステムに変更入力を行い、関係各所への必要な伝達を行わなければならなかった。そのため、刻々と変わる運行状況を把握しながら、適切な運転整理を実施するためには、まさにベテラン指令員の職人的技術を必要とした。

COSMOSの予想機能では、通常1分周期で未来の列車の運行を予想し、ダイヤ図形式で運転整理

GDの端末画面上に表示する。列車スジは、遅れ状況に応じて色別等に表示され、ホームの着発線競合などダイヤ構成上の矛盾点等があった場合には、色・マーク等で警報表示される。また、指令員が考えたダイヤ変更案を適用した場合、今後具体的にどのような運行状況になるのかということ、予め画面上でシミュレーションして検証することが可能であり、指令員は迅速・確実な判断ができるようになった。

さらに、列車の順序変更・着発線変更といった運転変更入力は、運転整理GD画面に表示されているダイヤを、対話形式やマウス操作で行うことが出来るようにした。

これらの機能により、指令員の運転整理能力が飛躍的に向上した。

予想機能を利用した運転整理の流れを図-5に、運転整理GDの予想ダイヤ画面例を図-6に示す。

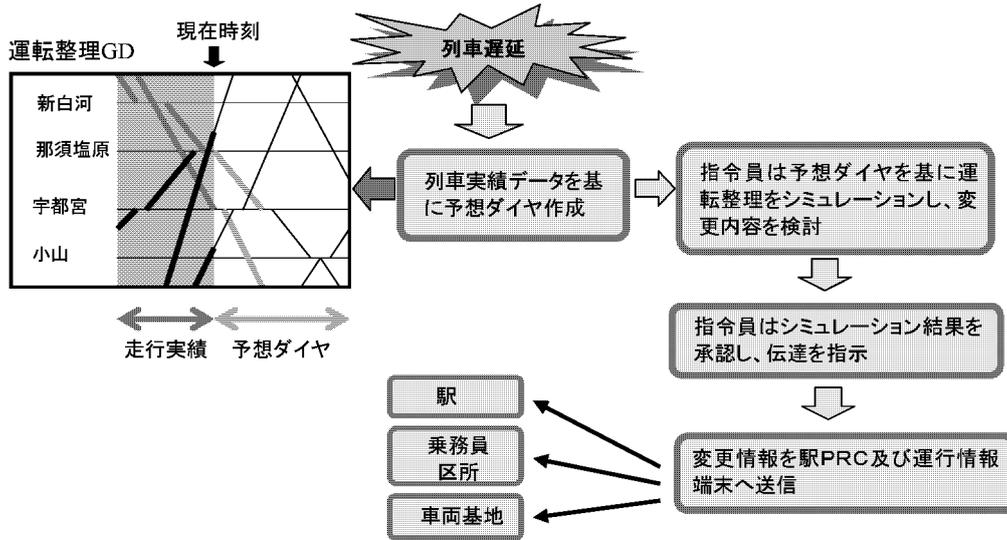


図-5 運転整理の流れ

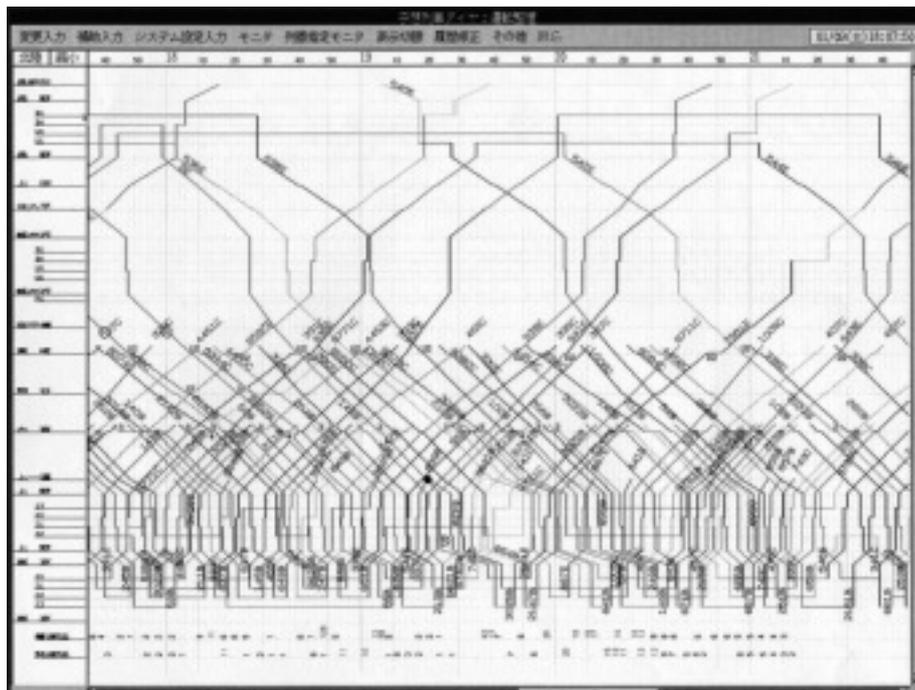


図-6 運転整理GD画面
(実績遅れが赤線スジ、予想遅れが青線スジ、といったように色別に表示される)

なお、この予想ダイヤデータは、各駅へ再度フィードバックされ、駅における進路制御や旅客案内にも反映される。これによって、中央指令の指示通りの列車制御を実現している。

(2) 運行表示機能

従来は壁一面に広がった大型の運行表示盤で行っていた列車の運行状況表示、及び沿線防災関係の状態表示を、全て運行表示 GD 上で実現した。これにより、新規路線や新駅開業といった路線の変化にソフトウェアの変更で柔軟に対応できるほか、それまで分散配置されていた運行系・設備系（線路設備、電力、信号通信）などの各指令室をワンフロアに集中配置することができ、指令室のコンパクト化と指令業務の効率化、連携の強化を図った。

運行表示 GD では、全線列車の在線位置や、沿線防災情報が表示されるほか、手動進路制御、臨時速度制御を行うことができる。臨時速度制御は、COSMOS のもうひとつの特長的機能であり、雨量、風速、積雪、レール温度が規定値を超えた場合に、システムが速度制限の提案を行い、指令員がその提案を承認することによって、ATC による速度制限が設定される機能である。これによって従来は駅で行っていた操作を、駅社員を介さずに指令からダイレクトに行えるようになった。

運行表示 GD 画面例を図-7 に示す。

一方、駅、運転区所等に設置した運行情報端末には、列車の在線位置や遅延情報等が表示される他、指令からの必要な情報が伝達される。特に、ヒューマン・ミスを防止し、変更手配等に関わる指令伝達については、受領応答確認機能を持たせることにより、確実な情報伝達を可能とした。

(3) 進路制御機能

進路制御機能は、列車の在線位置を追跡し、あらかじめ決められたタイミングでダイヤ通りの進路を自動で制御する機能である。

列車が駅を出発する進路を制御する場合は、列車の在線位置と進路制御データから時刻・順序・他進路との競合や設備状態等のチェックを行い、進路構成を行う。

列車制御の流れを図-8 に示す。

(4) 旅客案内機能

旅客案内装置は、各駅の PRC 装置に接続され、旅客案内用ダイヤと列車在線位置、発車ベル等の設備からの情報により発車標、及び到着標を自動制御する。LED 掲示器には、中央指令、及び駅社員が入力した事故情報、イベント情報等を表示することもできる。

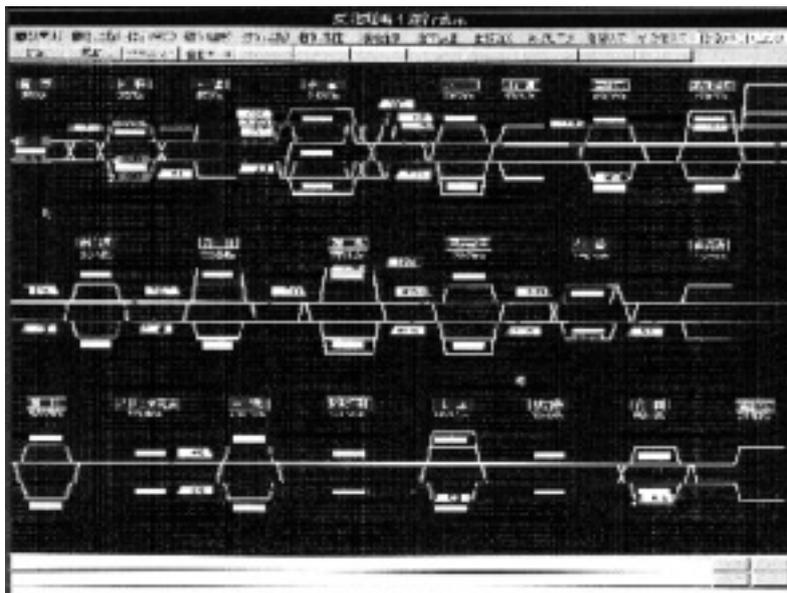


図-7 運行表示 GD の画面例（概略画面）

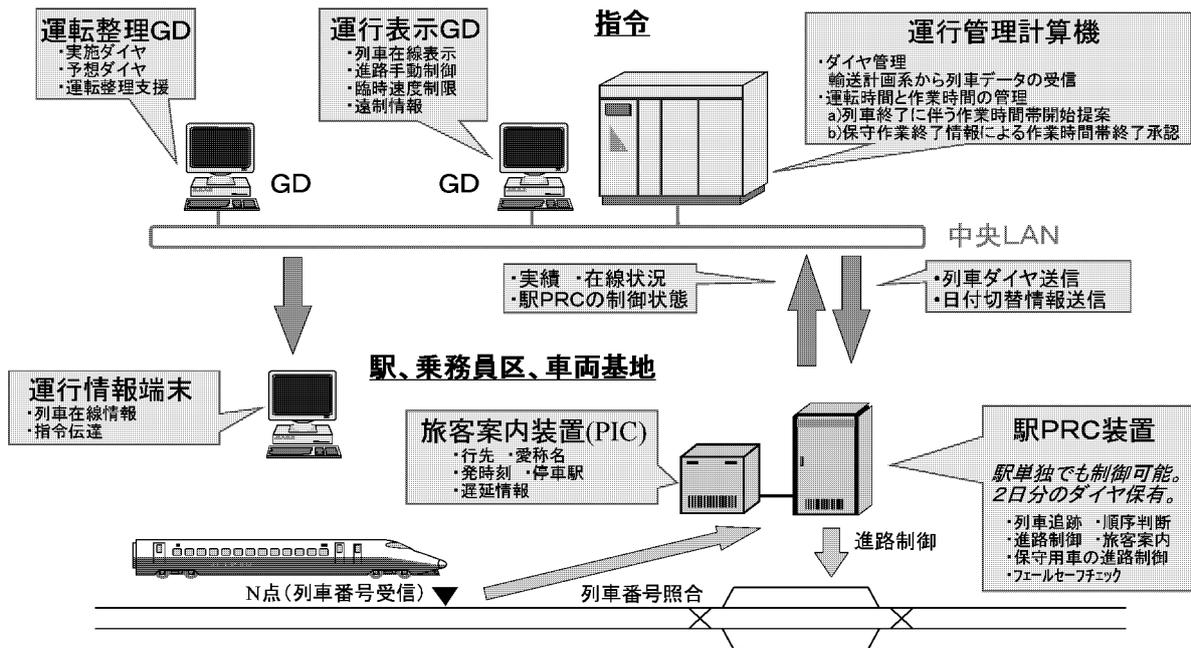


図-8 列車制御の流れ



5. COSMOS と新幹線の今後

COSMOS は、これまで JR 東日本の新幹線の安全安定輸送を堅実にささえてきたが、新幹線ネットワークの拡充に対応し、使用開始後も幾度の改修・改良を重ねている。これらの過程においては、今後のシステム開発に影響を与えるノウハウが数多く蓄

積されてきた。特に、輸送混乱時における、お客さまへの的確な情報発信と、最適な運行管理の追求に関しては、今後も重要な課題である。

次期 COSMOS は、これまで実現してきた有益な機能を継承するとともに、近年の進化したコンピュータや IT をフルに活かした、高度で最新の技

術の導入を予定している。特に提案機能、運転整理機能などについては、従来の支援機能に留まらず、その時点の様々な条件下で最適なダイヤや運用を計算機側から提案することなども視野に入れている。また、JRにおいても、ベテラン社員の退職による技術継承の問題も深刻な問題となっており、コンピュータ化による自動化の進展は、反面異常時における人間の対応能力を妨げる要因となりうる。このため、過去の輸送障害の再現や、シュミレーションによる指令手配の検証など、指令員の学習・訓練にも十分に配慮した機能を盛り込み、コンピュータを使いこなせる新しい時代の指令員を育成することも目指している。

今後、新青森開業(2010年度予定)など新幹線ネットワークの更なる拡張、開発中の新車両FAS-TECH 360による360 km/h運転の実現、現在一部区間で導入されているデジタルATC工事の完遂による乗り心地向上、到達時間の短縮など、現在進行中の課題・プロジェクトも多い。引き続き、お客様の視点にたって今後の拡張性、新たな需要、サービスに対応できるフレキシブルなシステムにするとともに、単なるダイヤ管理や列車制御にとどまらず、お客さまに上質なサービスを提供するための情報を多角的に取り入れ、融合させることによって、COSMOSをさらに進化させていきたいと考えている。