

情報通信時代の列車輸送管理システム

Train Operation Management System in Information Technology Era

小川 真一郎
OGAWA Shinichiro

森 稔
MORI Minoru

安本 高典
YASUMOTO Takanori

鉄道企業では、その商品である列車の運行を利用客のニーズを反映して計画し、もっとも重要である安全を確保しつつ安定的に運行する、この一連の列車輸送にかかわる業務を効率よく実現するために各種のシステムを導入してきた。

当社は、これらを支援するため鉄道企業が持つ高度な知識と経験を基に、コンピュータシステムとの調和を重視しつつ、汎用技術を積極的に応用してコストパフォーマンスの高いシステムを提供している。情報通信技術の発展は、歴史と実績を重視する信号保安システムにも影響を及ぼし、また、社内の業務情報伝達の迅速化や、インターネットによる列車に関する情報の発信・ニーズの受信など、利用客とのかかわり方をも変えてきている。列車輸送管理システムには、新たな変革の波が押し寄せつつある。

Most railway companies are continuously improving the efficiency and reliability of their business processes in train operation management, in order to provide better passenger services. Toshiba has been developing solutions based on the synergy between human expertise and knowledge on the one hand, and supporting computer performance on the other. The recent rapid progress in information technology is leading to innovations not only in the field of communication and control systems but also safety systems.

1 まえがき

列車輸送管理システムは、鉄道企業における商品生産計画・管理を担うものである。すなわち、列車ダイヤを作成し、軌道、地上電気設備、信号保安設備、車両、乗務員などの経

営資源を効率良く活用して、計画どおりの列車を運行して利用客へ提供することを目的としている。列車輸送管理システムは、図1に示すように、列車ダイヤ作成とそれを実現するための資源である車両と乗務員の運用を計画する輸送計画システム、列車ダイヤに従って日々の列車運行を監視制御

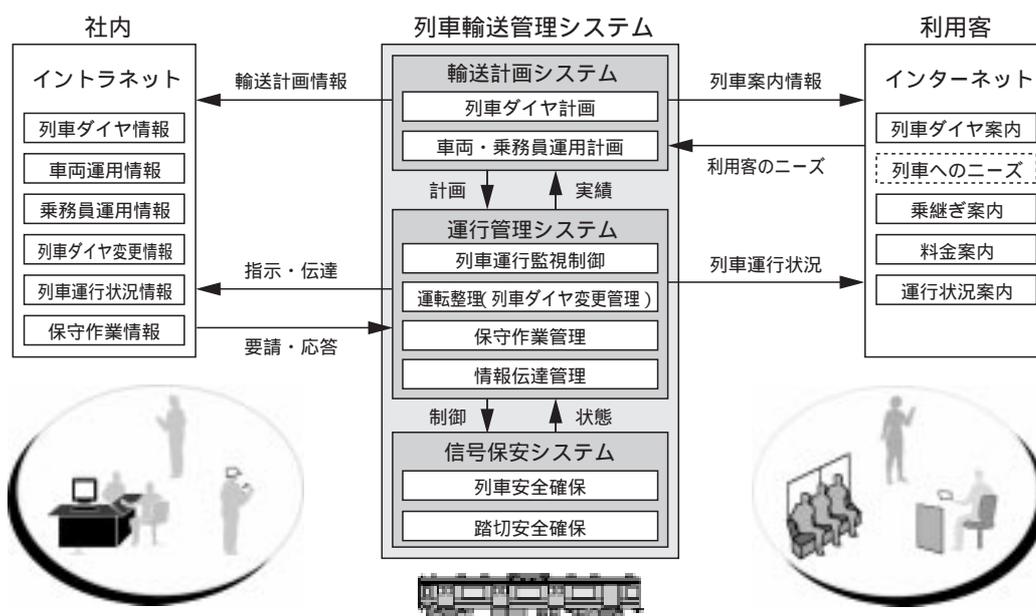


図1. 列車輸送管理システムの機能構成 社内外との情報授受により、よりいっそうの業務効率改善とサービス向上が期待される。
Functional diagram of train operation management system

する運行管理システム，列車の安全を確保する信号保安システムの階層から成る。更に，最近では，軌道や地上電気設備の保守作業管理、業務情報伝達管理、利用客への情報提供など、より広範な業務をシステム化して列車輸送業務の効率向上とサービス向上を図っている。

2 輸送計画システム

2.1 輸送計画の概要

輸送計画は，列車輸送管理のもっとも基本となる列車ダイヤを企画・作成し，それを実現するために必要となる資源である車両と乗務員の運用を決めることが主な業務である。これに携わる主なシステムとして，ダイヤ作成システム，車両及び乗務員運用システムがある。

2.2 ダイヤ作成システム

列車ダイヤは，車両性能や路線条件などの基礎データから基本列車運転時間を設定し，利用客のニーズに合わせて1日の運行を計画することで作成される。

当社では，鉄道企業の経験に基づく人間の知識によっていたこれらの業務をシステム化するために，ユーザー各社と研究・開発を進めてきた。現在では，これらの業務を各鉄道会社で共通する部分と，特有な部分に切り分け，経済的にシステムを構築することができるようになってきている。また，列車ダイヤは，時間方向に横長の情報表示が望まれ，当社では，ワイドディスプレイによるグラフィカルユーザーインターフェースを開発し，好評を得ている(図2)。

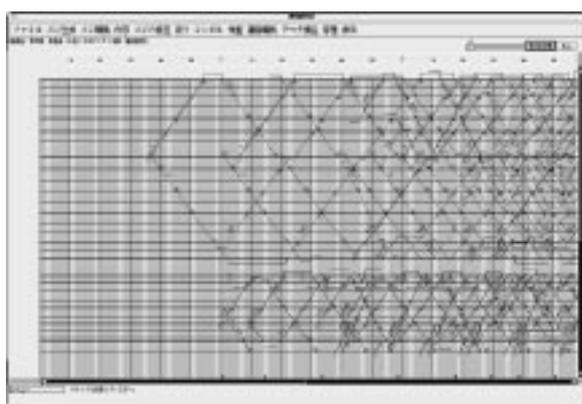


図2. 24型ディスプレイによるダイヤ作成画面例 ワイドディスプレイにより，横長の時間方向情報が見やすい。
24-inch wide train diagram display

2.3 車両及び乗務員運用システム

ダイヤが作成されると，車両及び乗務員の運用を決める。乗務員は，勤務時間，休憩時間が厳密に決められており，それに合うような運用を計画しなければならない難しさが

ある。このため，乗務員運用のシステム化は遅れていたが，当社では，熟練者からのヒアリングによりその知識を抽出し，プログラムに組み込んで，乗務員運用を支援するシステムを開発した。

2.4 輸送計画と情報通信

列車ダイヤは，時刻表の作成や，指定席券発売の元となる情報であり，駅における業務もすべて列車ダイヤに基づいて遂行されている。したがって，列車ダイヤを作成，決定した後は，迅速かつ正確な情報伝達が必要である。

また，乗務員や車両の運用は，複数の区所及び指令所が連携して計画・実行することになるため，列車ダイヤと同様に情報の伝達が重要である。

これまでは，電話やファクシミリ(FAX)などを媒体としていた伝達手段が，最近の情報通信技術の発展による無線携帯端末の出現により，各個人への機動的な伝達が可能となってきた。このように，輸送計画情報が即時に関係者へ徹底されるようになれば，業務の効率と信頼性が更に向上することになる。

3 運行管理システム

運行管理システムは，列車ダイヤに従って日々の列車運行を正確かつ効率的に遂行することを目的としたコンピュータシステムであり，既に30年の歴史を持っている。

システムの基本的な仕組みは，線路に沿って設備されている信号保安システムからの情報を収集して列車の在線を検知し，列車ダイヤに基づいて該当列車の進路を制御するものであり，これらについては技術的にほぼ固まっている。

3.1 汎用システム技術の適用

当社は，運行管理システムの開発と構築にあたり，汎用の情報通信技術を積極的に活用することを基本思想としてきた。これは，初期投資を抑えながら高い性能を実現することと，長年使用するシステムの維持と拡張を容易とすることによる，ライフサイクルコストの低減を目的としたものである。

その成果として，エンジニアリングワークステーション(EWS)を応用した列車ダイヤのグラフィカル表示と，マウスによる操作を可能とした指令員用端末(図3)を導入した。また，UNIX^(注1)コンピュータやEthernet^(注2)などの汎用ネットワークを同時に導入して高い処理能力と信頼性を実現する分散処理構成を実現してきた。

3.2 情報通信基盤の整備と運行管理業務

運行管理システムは，これまで指令所における業務を中心に取り組んできているが，実際の運行管理業務は指令所だけではなく，現場との情報連絡と指令内容の伝達が必要となる。現在これらの情報は，電話やFAXなどの手段で取

(注1) UNIXは，The Open Groupの米国及びその他の国における登録商標。

(注2) Ethernetは，富士ゼロックス(株)の商標。



図3 . コンパクトな指令卓 グラフィカルユーザーインターフェイス技術を駆使して、マウスだけですべての操作を可能とした。
Smart train dispatcher's workstation

り交わされることが一般的であるが、運行管理システムの端末を現場に配置できれば、よりいっそうの業務改善が可能となる。

これを実現するためには、情報通信の基盤整備が必須で

ある。鉄道企業は、路線沿線に光ファイバを敷設して基幹伝送システムの構築を積極的に進めている。これを基盤として事業用 PHS や BluetoothTM(注3)などの無線システムが設備されれば、企業内の業務用モバイル環境が実現できることになる。

業務用モバイル環境の実現は、指令所あるいは運行管理システムからの情報を末端まで迅速に伝達し、常に移動している乗務員や保守作業員などとの連絡を可能とし、運行管理業務を更に効率化する基盤としての期待が大きい。

3.3 インターネットへの情報発信

運行管理システムが持つ列車の情報には、列車ダイヤ、列車運行状況など利用客に有用なものがある。これらの情報を利用客が取り出しやすい形にして、インターネット経由で提供すればサービス効果は大きい。セキュリティを確保しつつ、保有する情報を広く提供していくことは、運行管理システムのこれからの一つの重要な役割となると考えられる(図4)。

(注3) Bluetoothは、当社がフィンランドのノキア社、スウェーデンのエリクソン社、米国のインテル社、IBM社などとともに規格の推進を図っている新しい近距離無線データ通信技術。
Bluetoothは、その商標権者が所有しており、当社はライセンスに基づき使用している。

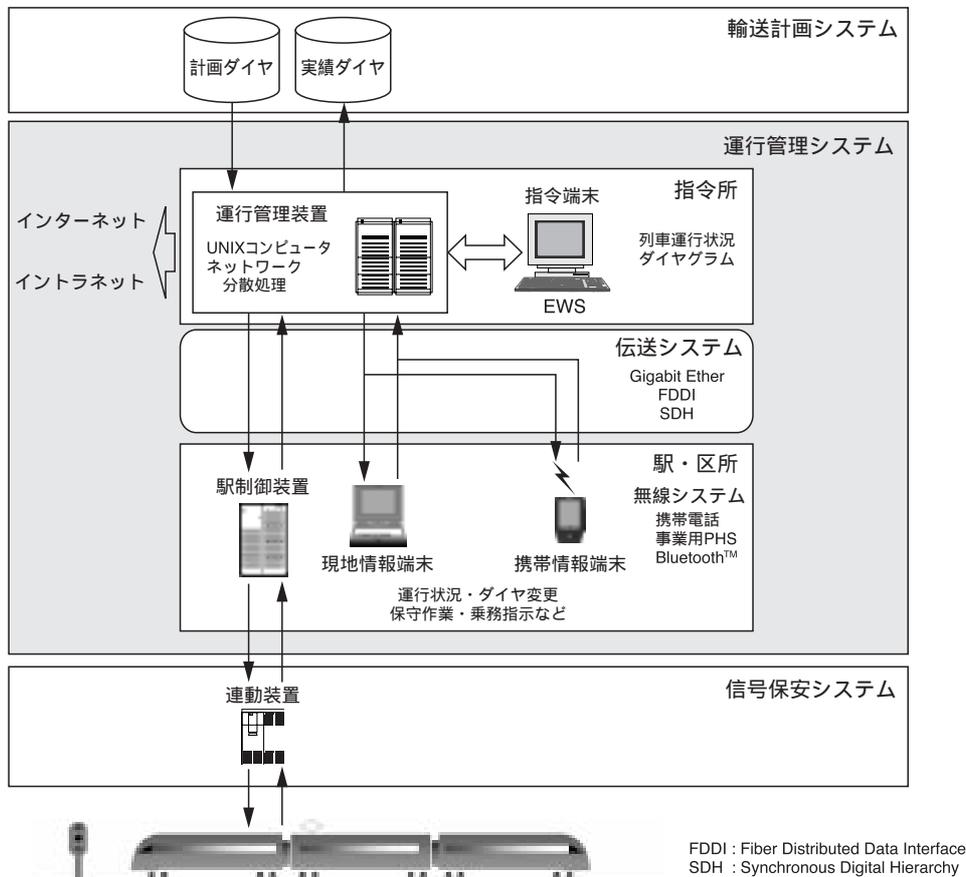


図4 . 運行管理システムの構成例 汎用の情報通信技術の活用が進む。
Example of train traffic control system configuration

4 信号保安システム

4.1 信号保安装置

信号保安装置は、列車の運行における安全を確保することを目的とする装置全般を指しており、長い鉄道運営の歴史に裏づけされている。

列車の安全を確保するためには、列車の位置や速度、転てつ器の開通方向などの正確な情報が必要であり、更にはそれらを検出し制御する信号保安装置の健全性(正常に動作しているか)が重要な要素となる。

4.1.1 フェールセーフ(Fail-safe)技術 この技術は、現場に設置される様々な機器や、制御装置自体の故障を確実に検出し、結果として必ず安全側に制御する思想に基づいている。安全側制御とは、信号機には“赤”制御、踏切には“警報”制御といった、事故防止の観点から見て安全側に被制御機器の状態を固定することである。

従来は、リレーなどのハードウェアによりフェールセーフを実現していたが、最近ではコンピュータの応用がこの分野でも進んでおり、ハードウェアだけでなく、ソフトウェアとの相互監視による手法がとり入れられている。

具体的な例としては、1台の制御装置に二つの演算処理部を準備し、これらがまったく同じ処理を実行し、その結果を相互に比較照合する方式がある。この比較照合結果に不一致が発生した場合には、フェールセーフの原則により装置故障として必ず安全側制御に移行する。

4.1.2 信頼性技術 上述のように、信号保安装置が故障した場合には、列車を停止させる制御をすることにより安全を保っているが、これは同時に列車の運行を妨げることにもなる。したがって、信号保安装置は、できる限り故障を回避しなければならないため、装置の多重化(冗長構成)により信頼性を向上している。その一つが“2 out of 3”による構成方式である。これは、三重系構成を基本として、その内のある1系が故障した場合においても、残る2重系で正常に継続稼働を保証している。

4.1.3 汎用情報技術 信号保安装置は、長年の歴史が築き上げた運用経験に基づく固有の技術により構築されてきた。

一方、列車輸送に対する多様なニーズは、個々の装置によりいっそうの付加価値を求め、それに対応するために汎用の情報技術の応用へと変遷する過渡期を迎えている。

当社では、このような社会背景を踏まえて汎用情報技術を応用した最新の信号装置の開発を進めており、高性能・高信頼の実現はもとより、低廉化・小型化に向けて新たな技術革新に積極的にチャレンジしている。

4.2 電子連動装置

電子連動装置とは、センターからの指令や駅における取扱いに基づいて、駅構内の信号機や転てつ器を制御し、列

車を安全に運行させるためのかなめとなる保安装置である。

当社では、1997年から小駅用の電子連動装置を開発している。そのなかで実現した安全性技術としては、次のものが挙げられる。

- (1) 演算処理部の“2 out of 3”による多数決論理構成
- (2) 入力回路のオフチェック機能
- (3) 出力回路の“2 out of 3”照合回路
- (4) 出力のフィードバックチェック機能
- (5) 励振出力

また、処理性能向上のためにRISC(Reduced Instruction Set Computer)チップを採用し、系間の照合処理はDPM(Dual Port Memory)を介して行うことにより高速処理を実現した。

新たな試みとして、保守時の停止時間削減のため、次の三つを併せて実現した。

- (1) 活線挿抜機能 装置を稼働させたままCPUモジュール、入出力モジュールの交換が可能
- (2) 演算処理部の後参入機能 CPU基板の交換時、制御を中断することなく、二重系から三重系構成に自動的に移行
- (3) 現行改正機能 プログラムエリアを二つのエリアで構成し、動作するプログラム面を切り換えることが可能

この装置は、構内踏切の制御機能を内蔵したもとして開発中であり、2000年中に実稼働する予定である。小駅用の電子連動装置を図5に示す。

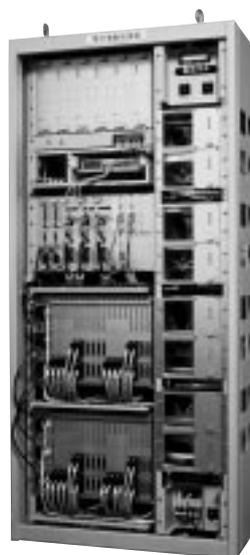


図5．小駅用電子連動装置 RISCプロセッサを用いて処理能力を向上している。サイズは800 mm(幅)×1,750 mm(高さ)×450 mm(奥行き)、質量は約220 kgである。

Electronic interlocking unit

4.3 ネットワーク型信号機器コントローラ

当社では、前述のフェールセーフ技術を生かして、機器室の電子連動装置と現場の信号機器を、これまでのケーブル接続する方式(機器室集中)から、駅構内の数箇所(数箇所に)に制御装置を分散配置し、ネットワーク接続する方式(拠点分散)へと変更する、フィールドコントロールシステム(FCS: Field Control System)を実用化へ向けて開発している。このFCSは電子連動装置からの制御情報を信号機や転てつ器などの現場設備へ、光ネットワークを介して直接出力するシステムである。

4.4 電子踏切制御装置

この製品は、踏切を安全・適正に警報制御する装置で、既に2年の量産実績を持つ⁽¹⁾(図6)。



図6 . 電子踏切制御装置(リレーI/F型) 汎用シーケンサを応用した小型・軽量の制御装置で、サイズは280 mm(幅)×180 mm(高さ)×220 mm(奥行き)、質量は約6 kgである。
Railway crossing controller

安全性技術は、前述の二重系比較照合方式で実現した。装置の主な特長は、次のとおりである。

- (1) 演算処理部に当社製汎用シーケンサを適用

- (2) 当社回路技術により小型化を実現

- (3) 標準外部インタフェースを準備

このように、汎用の情報技術を効果的に適用した結果、多数の踏切で運用いただいている。

5 あとがき

列車輸送管理システムは、安全正確な列車の運行を経済的に実現し、利用客へのサービスを向上して鉄道輸送への社会的期待にこたえるため、よりいっそうの発展を遂げることが望まれている。当社では、これまでの技術開発の基本的な考え方を推し進め、情報通信技術の普及と発展を見越しながら、それらを応用したコストパフォーマンスの高いシステムを提供していく所在である。

文 献

- (1) 菊地常信, ほか. 新形電子踏切制御装置 . 鉄道と電気技術. 10, 11, 1999, p.37 - 41.



小川 真一郎 OGAWA Shinichiro

情報・社会システム社 交通システム事業部 交通情報システム部参事。列車輸送管理システムを中心とする情報・制御システムのエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。Transportation Systems Div.



森 稔 MORI Minoru

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 交通システム部主査。鉄道信号保安装置の開発と設計業務に従事。

Fuchu Operations - Information and Industrial Systems & Services



安本 高典 YASUMOTO Takanori

情報・社会システム社 交通システム事業部 交通情報システム部。鉄道信号保安装置の開発とエンジニアリング業務に従事。

Transportation Systems Div.