

運行管理システムの変革 (安全・安定輸送の確保をめざして)

東日本旅客鉄道株式会社 運輸車両部 宮島 弘志



JR東日本では、その発足以来、安全・安定輸送の確保を目指して列車運行管理におけるCTC化・PRC化を推進してきました。1996年には従来のCTC・PRCとは全く異なるコンセプトで構築した新しい輸送管理システム(ATOS:アトス)を中央線に導入し、現在も東京圏の各線区に拡大中です。ここでもう1度CTC・PRC導入の歴史を振り返るとともに、運行管理システムの現状を紹介しながら、次世代に通用する運行管理システムの方向について考えてみたいと思います。

1 はじめに

図1はJR東日本における在来線の運行管理のシステム化の遷移を示したものです。

JRが発足した1987年当時は約7,000キロの在来線で実際に運行している列車が、今どこを走っているのか全く判らない非システム化線区が44%もありました。

また、各駅の信号機を操作する方式は、非システム化線区では駅社員による手動操作、CTC線区では輸送指令員の手動操作ですから、実に92%の線区が人の注意力と電話連絡だけで列車の運行を行っていた事になります。在来線の今後を展望した場合、この問題点の解決が必要だと考えました。

一方、当時の新幹線にはCOMTRAC:コムトラック(Computer Aided Traffic Control System)が導入され約840キロ全線がシステム化されていました。

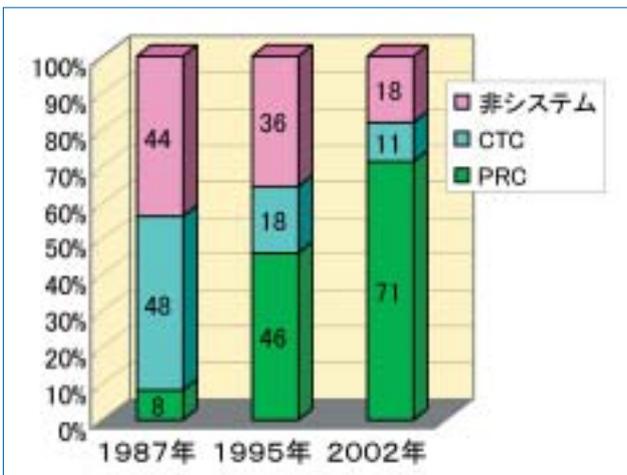


図1：在来線運行管理のシステム化の遷移

2002年の状況は、PRC線区が実に71%に増大し、CTC線区は11%で非システム化線区は18%にまで減少しています。92%あった手動操作線区は29%にまで減少しており、このうち6%は常磐線、東北・高崎線のATOS化等既にPRC化の工事が進められていますので2~3年後には23%にまで減少します。

2 従来型CTC・PRC導入の歴史

2.1 CTCの歴史

CTCは「列車集中制御」(Centralized Traffic Control)の略称で、列車運行の指示・命令権を持つ指令員が制御所で信号機の遠隔制御を行い列車の運行を一元的に管理するシステムです。1920年代にアメリカで考案され、1940年代~50年代に急速に発達し、日本に導入されたものです。日本では1954年に名古屋鉄道に初めて採用されました。当時の国鉄では1958年の伊東線が初めて1962年に横浜線に導入され、中小駅の無人化など懸案だったローカル線の赤字対策として、また指令員による列車の運行状況把握を目的として全国的に普及していきました。

以降、実現する技術の変化、外観の変化などはありましたが、目的や主な機能はそのまま踏襲されて現在に至っています。

2.2 PRCの歴史

CTCは駅社員の信号扱いを指令員に集中したものです。そこで全列車の信号機を手動で操作する指令員の精神的負担、操作の負担を軽減するために、あるいは徹底的なコストダウンを目的としてコンピュータで信号機扱いを自動制御するPRC(Programmed Route Control)が開発されました。

最初は新幹線で1972年山陽新幹線の岡山開業に合わせて導入されたCOMTRACです。このCOMTRACが現在の列車運行管理システム、特にPRCの基本になったと考えられます。

在来線では、1976年の武蔵野線が最初で、その後1984年に東北本線(白河~石越)、山陽本線(三原~下関)、1986年に埼京線に導入されました。

JRに移行した後、信号扱いの操作ミス防止の観点から急ピッチで拡大が進みましたが、CTCに集約された情報を元にコンピュータで信号機を自動制御するという点において、システムの根底は同一です。

3 従来型CTC・PRCの課題

CTCをベースとしたPRCにはいくつかの解決すべき課題がありました。以下の項番3.1～3.4に示す課題を解決しない限り東京圏のような輸送形態が複雑で超高密度な線区でのシステム化は出来なかったのです。

3.1 大規模駅の進路制御が人間系依存のまま

大規模駅を近代化しようとするると列車相互間の競合、列車と入換作業の競合、列車と保守作業の関連など同時に解決しなければならない難しい課題を抱えており、制御対象外としてきました。このため、多数の「人」中心で業務を実施しています。埼京線PRCでも新宿、池袋などの大規模駅は制御対象外で駅社員による信号取扱いが旧態のまま残っています。

また、信号機の制御も比較的閑散な線区を対象としてきたことから割り切った作りになっていて線区全体の列車を群として捉えたトラフィック制御という考え方もありません。

大規模駅用に専用型の電子連動装置を導入して進路制御の自動化は進めてきましたが、全自動化をめざした装置ではないため基本的な仕組みは人間系依存で変わっていません。

3.2 ダイヤ回復に時間がかかる

大規模駅を指令員が直接制御できないために、輸送障害が発生すると指令員と大規模駅との連携でダイヤ修復が大変な作業になります。また、PRC装置へのダイヤの修正入力、遅れた列車に対する警報や問い合わせ入力で指令員の負担が非常に大きく列車本数の多い線区で輸送障害が発生するとダイヤが終日回復しないこともあります。列車密度の高い東京圏で中途半端にシステム化すると輸送障害時に乱れたダイヤが発散して運転不能に陥る懸念がありました。

3.3 保守作業関係業務が人間系依存のまま

鉄道開業以来130年以上、保守作業の管理は駅と保守部門の人の注意力に依存する形態を続けてきました。CTC・PRCになっても、相手が駅社員から指令員に代わっただけで仕組み自体は変わっていません。

在来線では夜行列車や貨物列車が夜間にも運転されるため、ルールを設けて列車と列車の間合いで保守作業を

実施してきましたが、ミスによる事故も多く1989年には常磐線で線路を外した箇所へ貨物列車が進入して脱線する事故も発生してしまいました。

3.4 旅客案内サービスがほとんど無い

元々の出発点が信号扱いの集中化、自動化であったため、旅客案内サービスはほとんど考慮されていませんでした。

近年LED発車標が急速に普及してきましたが、駅毎のパソコンで単独で制御する方式であったため、ダイヤが乱れると情報不足、ダイヤの変更入力が間に合わないなどの理由から「調整中」となり、お客様が本当に知りたい場面で案内不能となる問題を抱えていました。

4 ATOS(アトス)の開発と導入

従来型CTC・PRCが持っていた課題を解決し、超高密度な東京圏において適用するために開発した運行管理システムが東京圏輸送管理システム：ATOS(アトス：Autonomous Decentralized Transport Operation Control System)です。

4.1 システムのコンセプト

実際のシステム化を進めるにあたっては、何十年來人間系だけで遂行してきた仕事の仕組みを変えないで、そのままシステムに置き換えるのではなく、仕事の仕組みそのものの変更を行ったうえで運転業務のあるべき姿をめざそうということにしました。

すなわち、駅中心で、かつ人間依存型であった運転業務を指令中心に業務移行し、人とシステム各々の特性を踏まえたシステム化を進めようということです。

具体的には、図2に示す4つのコンセプトを掲げています。

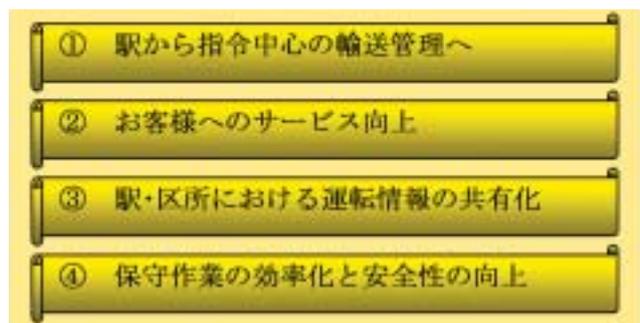


図2：システムのコンセプト

4.1.1 駅から指令中心の輸送管理へ

今までは駅でしか判らなかった列車運行状況を田端の指令室でリアルタイムに直接把握できるようにし、運行が乱れた場合のダイヤの修復（運転整理）も指令で直接行えるようにしました。また、駅社員が運転状況表を元に手動で行っていた信号機の操作は全区間・全列車においてダイヤに基づいた自動制御を可能としました。

これにより、指令員はお客様との接点となる駅及び区所と連携して運転整理に専念することができ、輸送障害復旧後の平復を早めるなど安定した信頼性の高い輸送サービスを効率的に提供可能としました。

4.1.2 お客様へのサービス向上

旅客案内を信号機制御と連動させることにより、（元は指令員の運転整理によるダイヤの変更）運休や順序変更等で駅社員の手を煩わせることなく運行が乱れても案内表示や自動放送を継続し、お客様にきめ細かなサービスを提供できるようにしました。また、異常時には駅社員に詳細な情報を自動的に提供することにより、迅速で的確な案内を可能にしました。

4.1.3 駅・区所における運転情報の共有化

田端の指令室に集約された列車運行状況を駅・運転区所・保守区で中央装置と接続されたパソコンによりリアルタイムで把握可能とし、駅や指令への問合せを不要としました。

4.1.4 保守作業の効率化と安全性の向上

保守作業の着手や保守用車の進路構成を作業員自身が無線等を利用した作業用端末で現地から直接指示することによりシステムが安全を確保したうえで自動的に制御するようにしました。

4.2 ATOSの導入範囲

東京圏の主要線区の大部分が含まれます。逆に言えば、東京圏の線区はほとんどが時代遅れの非システム化線区であったということになります。

現時点での進捗状況ですが、全体を 期と 期に区分し、2001年9月の 期工事完了時点で、導入済線区は10線区、572.2キロ、連動駅数106駅です。全体規模が19線区、1045.5キロ、連動駅数158駅ですからキロ数にして55%、連動駅数にして68%が完了したことになります。

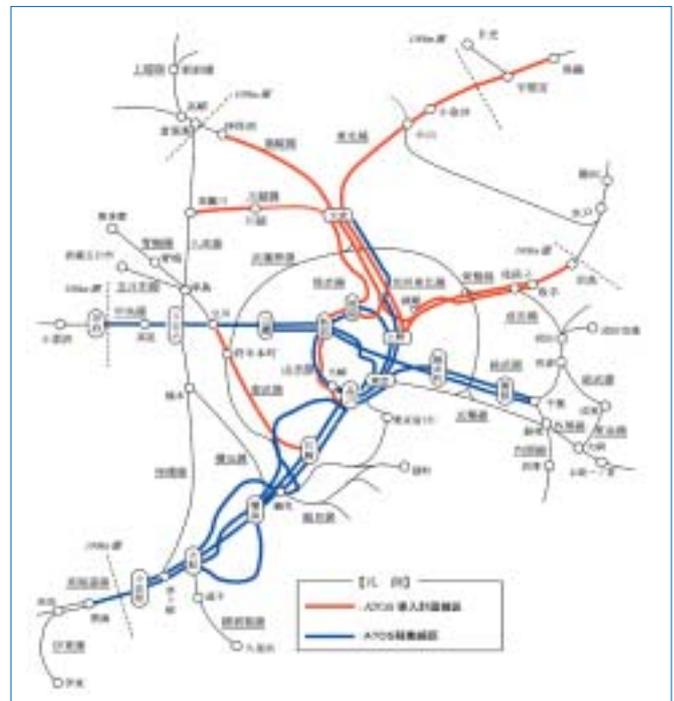


図3：ATOS導入線区略図

表1：ATOS導入線区一覧

	線区名	区間	延長(km) ^{*1}
導入済線区	中央本線	東京～甲府	134.1
	中央緩行線	三鷹～御茶ノ水	21.5
	山手線	大崎～大崎	34.5
	京浜東北線	大宮～横浜	59.1
	根岸線	横浜～大船	22.1
	総武緩行線	御茶ノ水～千葉	38.7
	総武快速線	(千葉)～東京	39.2
	横須賀線	東京～大船	49.4
導入計画線区	東海道本線	東京～(熱海)	104.6
	東海道貨物線	小田原～新鶴見	69.0
	常磐線	上野～羽鳥	88.7
	常磐緩行線	(綾瀬)～取手	29.7
	東北本線	上野～(黒磯)	159.7
	東北貨物線	池袋～大宮	28.6
	高崎線	大宮～神保原	59.7
	山手貨物線	目黒川～池袋 ^{*2}	15.8
	埼京線	池袋～大宮	23.5
	川越線	大宮～(高麗川)	30.6
南武線	川崎～立川	37.0	

*1) 延長(km)には関連する支線分を含みます。

- ・東北貨物線に常磐貨物線：1.6km
- ・山手貨物線に大崎支線：2.1km
- ・南武線に尻手支線：1.5km

*2) 山手貨物線と東北貨物線の境界はATOS上、池袋としています。

4.3 システムの構成と特徴

ATOSは図4に示すように各線区共通の中央装置、線区中央装置、各駅装置と3つの階層に大別されます。

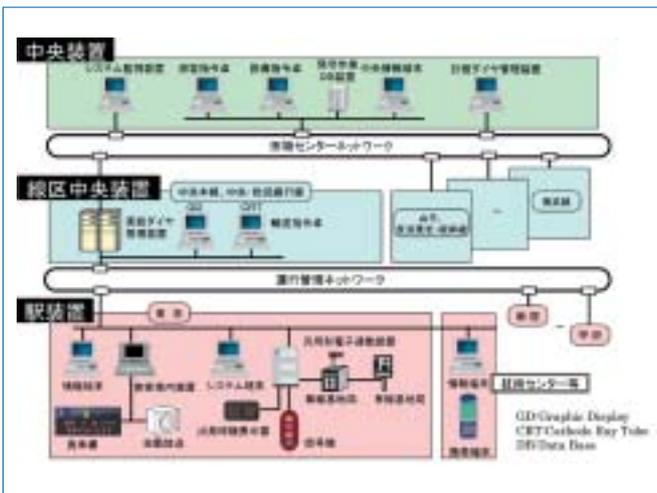


図4：ATOSシステム構成の概略

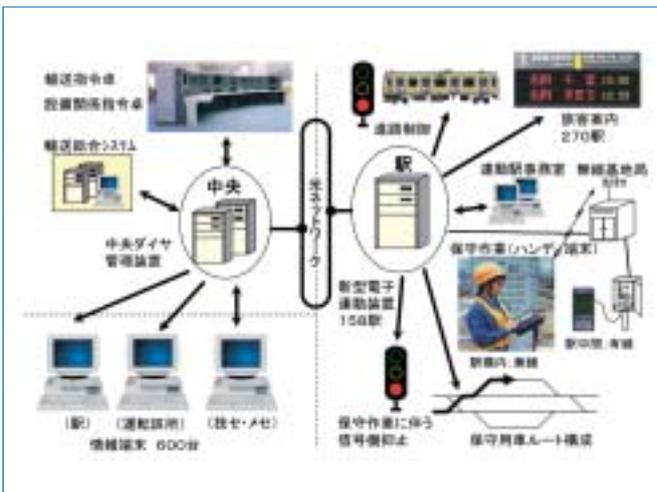


図5：ATOSシステム構成の概念

図5の左上の部分が田端指令室のシステム群です。指令員は輸送指令卓の3～4台のCRT画面で線区全体の列車の運行状況を把握します。一般的な指令室で見られるシンボリックな大型の表示パネルはありません。輸送総合システム（IROS（アイロス）：Integrated Railway Operation System）のダイヤデ

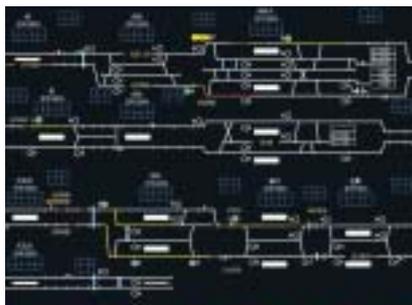


図6：輸送指令卓CRT画面

ータベースと結合して日々のダイヤを提供して貰い、ATOSで必要な情報（入換ダイヤ、旅客案内情報）を付加した上で、更に駅に提供するようになっています。輸送が乱れた場合の運転整理（列車ダイヤを変更して修復する作業）は指令員がGD（Graphic Display）上に表示された列車スジをマウスで直接クリックして行います。

中央と駅を結ぶ基幹伝送路は2重化した光ケーブルで構成されており、全体で1,100キロのネットワークになります。

図5の右半分は駅部分のシステム群になります。1駅だけの構成を示しており、期工事の完了時点では連動駅158駅、旅客案内270駅が繋がります。従って、実際のシステム構成はこの駅部分を多数並べた膨大なものになります。

駅部分のシステムはこのシステムの中核となるものであり、進路制御、旅客案内、保守作業管理は駅装置のコンピュータが対応しています。この駅装置は中央とつながらなくても毎日のダイヤを保有して駅単独でもPRCとして動作できる自律分散システムになっており、1駅ずつでも使用開始できることや、中央接続後も万一中央システムのコンピュータやネットワークが故障しても列車運行が可能となっています。

進路制御は完全自動化でターミナル駅のような大規模駅も被制御駅化していわゆる表示駅をなくしました。入換車両のダイヤは駅で変更する事になりますが、指令との間では駅扱いテコをなくし、各々の責任において作業を実施する方式としました。

駅で保守作業の相手をしなくても済むようにする保守作業の新しい仕組みは、保守区の社員が自ら無線等を利用した携帯端末を操作して線路閉鎖を設定したり、保守用車のポイント転換を行えるように対応しています。もちろんシステムが承認した保守作業中には列車に対して進行現示が出ないようにシステムが安全を保障していま



図7：GD画面



図8：携帯端末

すので、保安度は格段に向上します。指令との関りは運行が乱れて保守作業を延期あるいは中止しなければならないような場合は保守作業抑止の入力を指令が行う事で保守作業の着手が出来ないようにしました。

旅客案内は、LED式発車標と放送で行いますが、駅ホームのLED式発車標には通常の行き先等の案内表示のほかに列車接近時の注意喚起や遅れ案内も付加されています。



図9：事故状況の表示

また、輸送障害時に田端の指令室から一斉に最新の事故状況の表示を直接表示できるようになっています。

図5の左下の部分は駅、運転区所、保守区など関係する現場に設置する情報端末です。列車運行状況をモニタ

できるほか、保守作業用のデータ登録に使用します。既に400台超が設置され、期工事完了時点で600台を超える台数が設置されます。



図10：情報端末

4.4 基盤技術のモデルチェンジ

ATOS導入以前の信号技術は専用のハード依存型でした。ATOSを導入するにあたって採用した信号技術は汎用の情報技術をベースにした新しい技術分野と言えます。個々の鉄道専用ハード開発ではなく鉄道が必要とするニーズを実現するソフト化技術です。

以下に示す技術コンセプトのもとで安全で信頼性の高いATOSが実現しました。

4.4.1 汎用機器の活用

小型・安価で高性能なハードや汎用ソフト開発は情報技術の世界で日々進歩しています。ATOSでは汎用コンピュータを徹底的に活用してシステムを構築しています。このため、これらの進歩にあわせ高度化した性能・機能

を線区拡大の都度、反映してきました。また、将来のシステム拡張、更新に対しても柔軟に対応できます。

既に汎用コンピュータ、PC、WS (Work Station)、汎用POS端末など4,000台を超えるコンピュータ群が稼動しています。

4.4.2 汎用形電子連動装置の導入

汎用マイクロコンピュータで3重系同期運転を行い、フェールセーフ論理を2 Out of 3の多数決論理^{*3)}と専用の安全機構で実現した連動系と汎用コンピュータで2重系運転を行う進路制御系で構成される汎用形電子連動装置を開発し、導入しました。また、元となる連動図表をコンピュータで処理し易い形式に移行し、システムで必要とする設備データ等を自動作成して人間系のミス防止を図っています。

*3) 3台のコンピュータのうち2台が一致していれば制御を行う。

4.4.3 大規模駅での自動進路制御機能の実現

複数の線区が分岐・合流する、あるいは入換作業があるなどの大規模駅でダイヤ乱れの都度、問いかけや警報を出力して指令員が変更入力をしていたのでは大変です。そこで、これらの競合を自動判断し、必要により自動変更することで指令員の負担を軽減しています。この結果、指令員は個々の進路制御が不能となる事象に対応することなく線区全体をマクロで捉え列車群管理に専念する事が可能となりました。

4.4.4 自律分散システムの採用

非常に広範囲にわたるシステムであるため、中央と駅の間は100Mbpsの光ネットワークで結び、一部の中央装置や駅装置が故障してもシステム全体に影響を及ぼさない自律分散の輸送管理システムとして構築しました。

また、東京圏のほぼ全域にわたる多くの駅や線区を同時にシステム化することは出来ませんが、この方式により段階的に構築することを可能としたのです。

つまり、ある線区をATOS化しようとする場合、駅ごとに逐次単独でシステム化を行い、ネットワークに加入させ、線区の全駅が完了した後に中央装置を含めた全体システムとして運用を開始する方式です。線区ごとにこれを繰り返すこととなります。

5 東京圏以外の在来線のCTC化・PRC化

はじめの項で述べたように、JR東日本では東京圏以外の線区に対するCTC化、PRC化も着実に進めています。

A/TOSで開発した汎用形電子連動装置をA/TOS以外の線区への展開を図るため、小規模駅用にCTC装置との接続が可能な電子連動装置を開発しました。その後、大規模駅用として自動進路制御機能を有する電子連動装置も開発され、導入が進んでいます。

近年では2002年11月の気仙沼線のCTC取替・PRC新設、2003年3月の信越本線：黒姫～越後石山間CTC・PRC新設を行い、2003年3月末時点でCTC区間は約5,600キロ、PRC区間は4,900キロ（A/TOS区間を含みます。）に達しています。

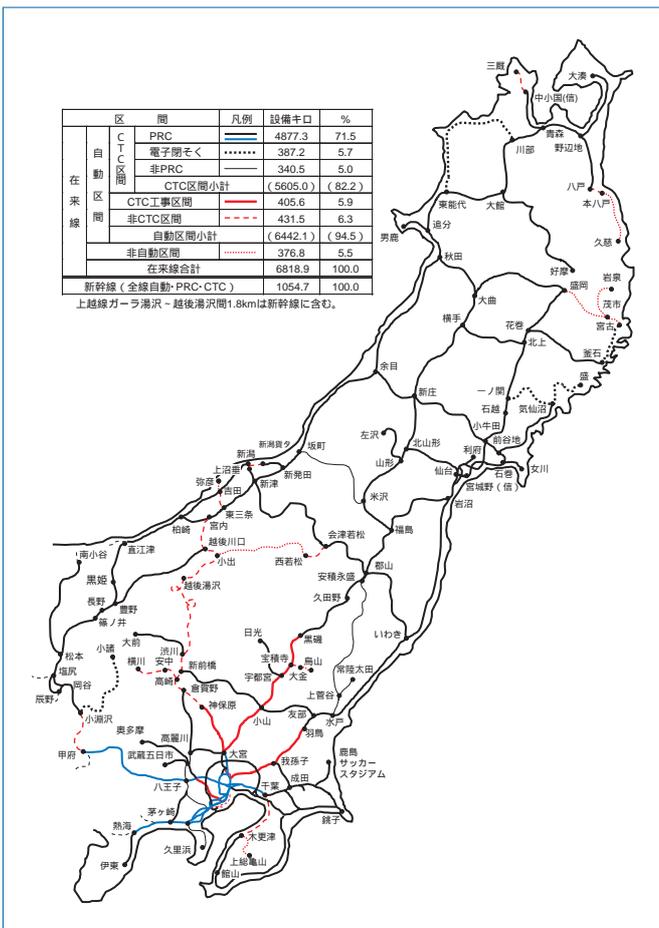


図11：在来線のCTC化・PRC化の現状

6 新幹線の運行管理システム: COSMOS(コスモス)

新幹線の運行管理システムは、前述のように国鉄時代に開発されたCOMTRAC（コムトラック）がありました。1972年山陽新幹線の岡山開業対応のフェーズ1では自動進路制御機能だけであったものが、1975年の博多開業対応のフェーズ2では運転整理機能、車両運用（割当）機能などが付加され、新幹線旅客案内情報システム：PIC（ピックPassenger Information Controller）新幹線情報管理システム：SMIS（スミスShinkansen Management Information System）などのシステム群とともに新幹線の総合システムとして構築されて以降、1982年の東北・上越新幹線対応のフェーズ3と改良が施されてきました。

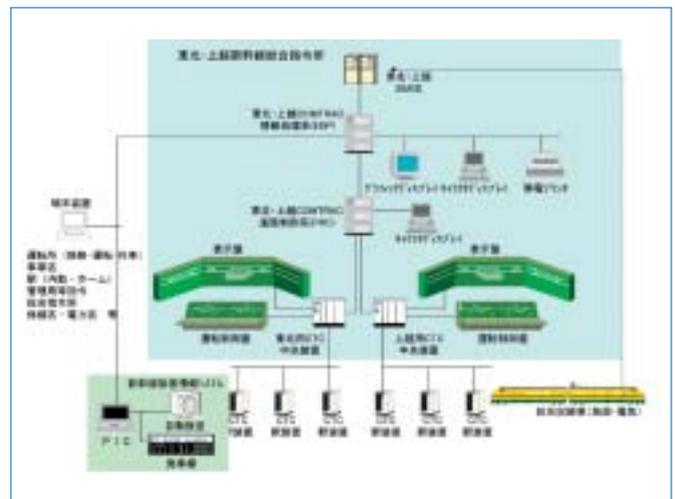


図12：COMTRACのシステム構成

6.1 システム化の背景

このように発展してきたCOMTRACですが、システムのベースが国鉄時代のCTCであったために在来線同様、以下に述べるような様々な解決すべき課題がありました。

(1) システムの拡張性

長野新幹線、新在直通路線など新たなニーズに量的・質的に対応が難しくなっていました。

(2) 駅業務の改善

駅での運転業務を実施する上で必要とする帳票類は運転報と呼ばれる膨大な量の変更指示書から自駅分を抜粋して作成していました。また、保守用車の進路構成など保守作業の相手をする仕事が残っていました。

(3) 計画作成業務の改善

ダイヤ改正、四半期ごとの計画作成は多くの人手と時

間を要しており、多様化するニーズに迅速に対応できなくなっていました。

(4) 指令業務の改善

輸送形態が多様化、複雑化してきており、輸送乱れ時にダイヤの変更、関係者間の調整など迅速に対応できなくなっていました。

(5) 保守作業管理業務の改善

新幹線の保守作業は保守作業時間帯と呼ばれる営業運転終了後に集中して行われていますが、関係箇所が多く連絡を電話に頼っているなど効率化が望まれていました。

1995年のシステムの更新に際しては、既存のシステムの考え方にとらわれず全面的なシステムの見直しを行い、新しい仕事の仕組みを取り込み、機能拡充も行って新時代に対応したニュー新幹線総合システム（COSMOS（コスモス）Computerized Safety Maintenance and Operation Systems of Shinkansen）が誕生しました。

6.2 COSMOSの管理範囲



図13：COSMOSの管理範囲

6.3 システム構成

COSMOSは新幹線に関わる業務全般をカバーすることとし、中央には100Mbpsの光LANを構築し、COSMOSを構成する8つのシステム（輸送計画、運行管理、保守作業管理、構内作業管理、車両管理、設備管理、集中情報監視、電力系統制御）を結合し情報の一元化を実現しています。

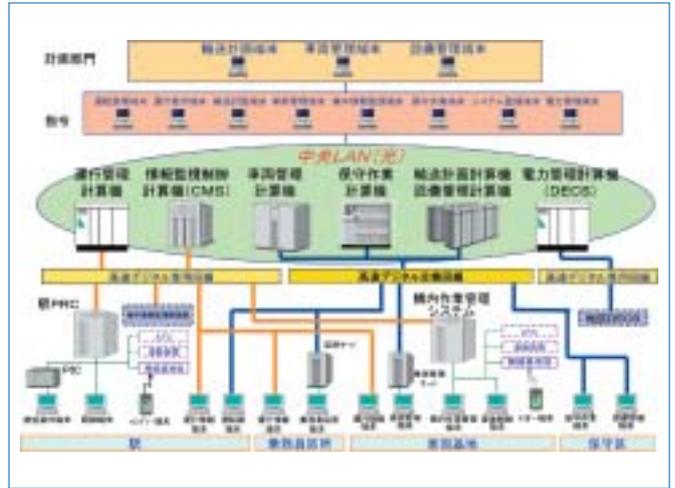


図14：COSMOSのシステム構成

運行管理システムのPRCには従来の中央集中方式からATOS同様、自律分散方式を採用し、危険分散とともにレスポンスの向上を図っています。

また、従来の指令室でのシンボルでもあった運転表示盤、運転制御盤に代わって運行状況表示画面を各指令卓のGDに表示して進路構成、臨速制御、運転時間帯の切替などの通常業務の他、駅長を介して行っていた運転取り扱い業務を指令員と乗務員のみで行えるようにしています。

6.4 COSMOSで実現した機能

運行管理システムを中心にCOMTRACを見直し増強した機能について以下に述べます。

6.4.1 輸送計画システム

ダイヤ改正、四半期毎などに列車ダイヤを画面上に表示されたスジダイヤ形式で直接作成・修正し、同時に車両運用計画、乗務員運用計画を対話形式で作成可能としました。

作成された情報は駅、乗務員区所、運転所などに伝達されて、各箇所での目的に応じて活用される事になり、膨大な量の運転報から抜粋する必要がなくなり、多くの人手と時間のかかっていた業務の大幅な改善が出来ました。（在来線では、この部分は輸送総合システム（IROS）で実現しています。）

6.4.2 運転整理の支援

列車ダイヤの計画スジに対して実績スジと今後の予想スジを表示し、ダイヤに矛盾があればその理由とともにスジ上に表示して指令員の判断業務を支援する情報をシ

システムで提供しています。

また、変更された内容は速やかに駅や関係する運転現場に指令あるいは運転情報として伝達されます。

6.4.3 臨時速度制御の改善

新幹線は、雨、風、雪など沿線の状況に合わせて臨時に速度制限をかけるために臨時速度制限機構（臨速）を持っていますが、従来は指令の指示により駅社員が「臨速てこ」を操作していました。これを駅社員を介さず、指令員が直接出来るようにしました。

6.4.4 定例業務の自動化

新幹線における保守作業の安全は営業運転終了後に保守作業時間帯を設けることで行っていますが、最終の運転が終了した駅から順次列車が走行する運転時間帯の状態を保守作業時間帯に切り替えていく必要があります。また、早朝の運転時間帯に切り替えた後、現地設備に異常のないことを確認するために指令員が手動で進路の引き直しを行っていました。

これらの定例業務を自動化（時間帯切替提案、引き直し）する事により、夜間の指令員の負担を軽減しました。

6.4.5 作業員自身による進路構成

従来駅社員が行っていた保守用車の進路構成は無線を利用した携帯端末で作業員自身が行える仕組みとしました。

また、車両基地での入換は構内運転士自らが無線を利用した携帯端末で行えるようにしました。

7 将来への展望

以上、運行管理システムの現状について述べてきましたが、運行管理システムをトータルで考えた場合にまだまだ取り組むべき課題が山積しています。

7.1 列車ダイヤデータベースの一元化

ATOSでは輸送総合システム（IROS）のダイヤデータベースと結合して列車ダイヤをベースとするトータルシステムとなりました。

近年導入された地方幹線のPRCシステムもほとんどがこの形態をとっています。今後はPRCシステムの置換えに合わせて更に導入範囲を拡大するとともに、地方線区

のPRCシステムにおいても標準化を検討してデータベースの一元化を図っていくべきだと思います。

7.2 保守作業管理のシステム化

ATOS区間では作業員自身が携帯端末を使用して作業範囲を指定し、列車の進入を防止する仕組みが出来上がっていますが、これと同様なシステムを地方の幹線にも拡大して安全を確保していく必要があります。

また、地方線区で試行している線路閉鎖手続き支援システム、列車運行状況把握システムを拡大し、駅社員を介さない保守作業管理の仕組みを作り、指令員、駅社員保守作業員などの負担を軽減していく必要があります。

7.3 運用情報との一体化

新幹線では、COMTRAC時代から車両運用、乗務員運用がシステム化され、運行管理システムと一体化した運用が行われていますが、在来線ではATOSでも行われていません。

輸送総合システム（IROS）では車両運用、乗務員運用がデータベース化されており、現在は様々なシステムへシームレスにデータ提供を可能とするための改良工事が進められています。これと連動して、運行管理システムにおいても車両の検査を考慮した運用の変更、乗務員不在による増遅延の解消などを図っていくべきだと思います。

7.4 通告伝達のシステム化

新幹線ではCOMTRAC時代から運転整理で入力された内容は関係する駅、区所に自動的に配信されており、現在、車上の乗務員に対する通告伝達も試行されています。

在来線では関係現場に対しては指令電話、Faxしかなく、車上の乗務員に対しても中央・総武緩行線で技術開発による通告伝達システムの試行が行われているものの無線通告、駅社員を介しての通告が今でも行われていません。

地上のインフラ整備、列車無線のデジタル化などの施策にあわせてシステム化を図り、「指令と乗務員のみによる運行管理」を目指さなくてはならないと思います。

7.5 運転整理機能の強化

従来から輸送乱れが発生した場合の運転整理において指令は判断し、決定する。システムはそれを支援すると

いう役割分担で進められてきました。

このため、新幹線における予想ダイヤによる警報、在来線PRCでのダイヤ形式による運転整理の入力などが採用されてきましたが、今後はよりの確な判断材料の提供、マンマシンの改良を進めて運転整理を効率的に実施していかなくてはなりません。

また、指令が最終判断という仕組みは、指令がそれだけ熟練した技術を持っていたからこそできた、いわば職人技で、そういう職人技は実際に事故に遭遇しないと身につかないことも事実です。そういう人から人へ技の継承ができにくくなっている環境を考えると、そろそろ、システムにその技を継承する形での自動化を考えていく必要があるのではないかと考えています。

参考文献

- 1) 北原文夫：線路保守作業管理機能を有する汎用型電子連動装置の研究, 1999.10.
- 2) 北原文夫：汎用型電子連動装置を自律分散構成した高密度列車運行制御方式の研究, 1999.10.
- 3) 運輸車両部ATOSプロジェクト編：東京圏輸送管理システム（ATOS）システム説明書（システム概要編）2001. 7.
- 4) 北原文夫, 岩本孝雄, 伊藤聰, 藤原和紀, 藤原道雄：超高密度鉄道の列車群を自律分散制御する東京圏輸送管理システムの開発, 1998.10. 電気学会論文誌D
- 5) 五十嵐昭夫, 関隆司, 解良和郎：21世紀を目指した新しい新幹線総合システム（COSMOS）の開発, 1996. 8. 電気学会産業応用部門全国大会