

## 輸送管理、信号・列車制御システムの発展 および課題について

JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター 次長

川崎 博史



JR東日本における輸送管理、信号・列車制御関係システムは、1987年の当社発足以降、首都圏および新幹線において一気にシステム化が進展し、以前には考えられなかった業務の近代化、安全性・信頼性の向上、多様なお客さまサービスの実現などを可能にしました。システム化の進展はこのような経営上の大きなメリットをもたらしたほか、システムの巨大化、複雑化に伴い、保守、拡張時における難易度、コストの増大およびシステムダウンが発生した場合、輸送に多大な影響を与えてしまうなどのリスクが発生してきています。これまでの当社におけるシステム化進展の経緯、課題、および今後これらのシステムが設備更新期を迎えるにあたっての対処の取組みなどについて紹介します。

### 1. はじめに

国鉄時代に新幹線運行管理システム（COMTRAC）、指定券自動予約システム（MARS）などにおいて始まった鉄道におけるシステム化の流れは、1987年4月の当社発足以降一気に加速し、20年余を経過した現在においては、当社の経営戦略上、欠くべからざるものとなっています。

特に輸送管理、信号保安、車両・列車制御といった、高い安全性・信頼性が求められる分野においては、長年、新幹線および在来線の一部の線区を除いてシステム化が殆どなされておらず、そのことから業務の近代化が進まず、多種多様なお客さまのニーズにこたえられないといった経営上の大きなネックになっていました。これらについて昨今急速に発展した汎用の計算機制御、情報通信などのICT技術を活用して高度な安全性・信頼性を持つ大規模システムの構築が可能となり、この分野において急速なシステム化の進展を見ることができるようになりました。当稿においては、JR東日本におけるこれらシステム化発展の経緯、現状の課題および、今後に向けた取組みなどについて述べたいと思います。

### 2. 東京圏輸送管理システム(ATOS)

当社の輸送管理、信号・列車制御の分野における最初の大規模システム開発は、これまで計算機の処理能力などの技術的な問題からシステム化が不可能といわれてきた超高密度の首都圏線区への輸送管理システムの導入でした。

#### 2.1 システム化概要

当社発足以降、急速に高まる輸送関係業務近代化、安全安定輸送、お客さまサービスなどのニーズにこたえるため、これまでの駅主体の輸送管理業務を指令に一元化し、以下

の4つのコンセプトによりシステム化を実現しました。

- ① 駅から指令中心の輸送管理へ
- ② お客さまへのサービス向上
- ③ 駅、区所における運転情報の共有化
- ④ 保守作業の効率化と安全性の向上

#### 2.2 システム構築の考え方

最新のIT技術導入によりこれまでの技術的課題を克服し、1996年の中央線より順次システムを使用開始しました。

##### ① 汎用機器の活用

急速な技術進歩を遂げた汎用コンピュータを基本にシステム構築を行ない、高性能・高機能を容易に実現するとともに、将来のシステム拡張・更新に対しても柔軟に対応できるようにしました。

##### ② 新型電子連動装置の導入

汎用のコントローラを使用した新型電子連動装置を開発導入し、フェールセーフ論理は2out of 3の多数決論理と専用の安全機構により実現しました。

##### ③ 高密度線区、大規模駅の自動進路制御を実現

列車密度の高い線区をシステム化するため、迅速な制御を実現しました。また大規模駅では本線列車の進路制御に加え、入換作業に対する進路制御も可能にしました。

##### ④ 自律分散システムを採用

広域にわたるシステムのため、指令と駅の間は100Mbpsの光LANで結び、一部の装置で異常が発生しても、システム全体には影響を及ぼさないよう、自律分散の輸送管理システムとして構築しました。

##### ⑤ 段階的にシステムを構築

多くの線区や駅をシステム化するために、システムを段階的に構築できるようにしました。各線区とも駅ごとにシステム化を行い、全駅が完了した後に、線区単位で中央を

含めた全体システムとして運用を開始します。

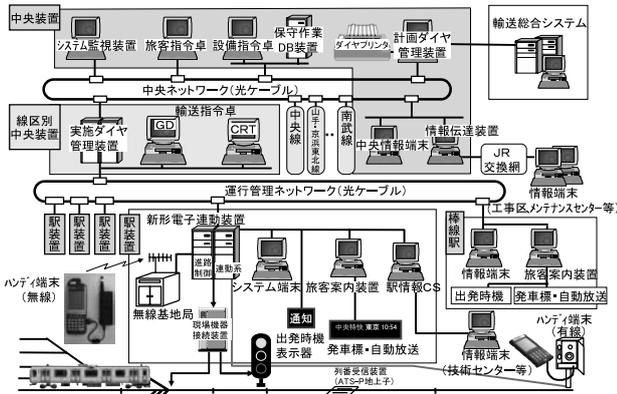


図1 東京圏輸送管理システム (ATOS) の概要

## 3. ニュー新幹線総合システム(COSMOS)

当社における2つ目の大規模輸送管理システム開発は、国鉄時代から比較的システム化の進んでいた新幹線の東北・上越新幹線運行管理システム (COMTRAC) について、北陸新幹線へ線区拡大、秋田新幹線開業など、輸送管理の多様化に円滑に対応するためのシステム更新で行いました。

### 3.1 システム化概要

システム更新にあたっては、新幹線関係業務の効率化、近代化を図りつつ21世紀の多様なニーズに対応できるニュー新幹線総合システム (COSMOS) として、以下のとおり業務の抜本的見直しを行い、1995年使用開始しました。

- ①輸送計画業務の一元化、伝達のシステム化
- ②輸送指令と乗務員のみによる列車運行、判断業務支援
- ③設備指令業務近代化、保守用車進路制御システム化
- ④車両管理システム一元化・車両基地進路制御自動化

### 3.2 システム構築の考え方

系統別の指令室を1フロア化して、情報共有化と連携の強化、業務の迅速化を実現しました。システムはこれまでの考え方にとらわれず、機能別に役割分担した合理的なシステム構成を目指し抜本的な見直しを行いました。

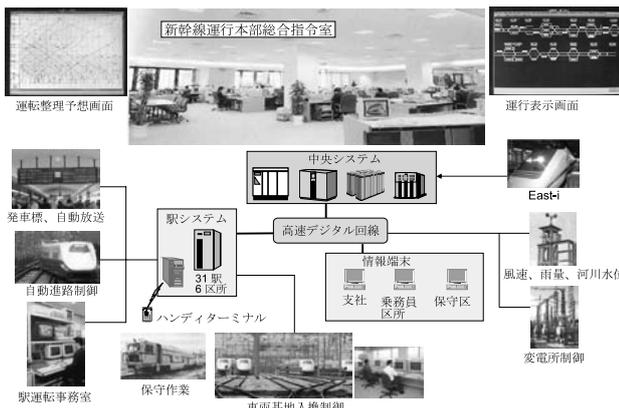


図2 ニュー新幹線総合システム (COSMOS) の概要

### ①システム間の連携、情報の共有化

指令所に高速光LANを構築し、輸送管理、電力制御、集中監視などの各システム間の情報共有化と自由な情報交換により、作時帯、定時停送、臨速制御の自動提案など、システム間の連携による高度な制御を実現しました。

### ②指令マンマシン改善、運転整理画面の予想ダイヤ表示

指令画面に最新の汎用ワークステーションを採用して、迅速な表示・操作、および高度な視認性を実現するとともに、運転整理画面に予想ダイヤを表示、列車遅れなどの状況を反映した高度な運転整理、進路制御が行える仕組みとしました。

### ③自律分散処理方式の採用

新幹線の高速、高密度運転に対応できるよう進路制御などに自律分散処理方式を採用して、高いレスポンスと信頼性の両立を図ることができました。

### ④システムの保守性・拡張性の確保

広域にわたるシステムの改修などに柔軟に対応できるようリモートメンテナンス機能、開発訓練機能の採用など、システムの保守性、拡張性向上を図りました。

## 4. デジタルATCシステム(D-ATC、DS-ATC)

ATOS、COSMOSなど、輸送管理システムの技術革新は、ATC、ATS-Pなどの列車制御、ネットワーク信号システムなど、フィールドの信号制御に対しても進展することとなりました。こうしたなか、ATC更新において技術革新が行われました。

### 4.1 システム化概要

これまでのATCは、国鉄時代の設計で、停車までに何度も強いブレーキがかかり乗り心地が悪いことや、地上設備が重厚であるなどの問題点がありました。このため、列車が停止すべき区間情報を地上から車上へデジタル信号で伝え、車両側では速度発電機の情報などから「自列車の位置と速度を常に把握してこれらの情報をもとに最適なブレーキ制御を車上主体で自律的に行う」デジタルATCを開発して以下の効果を挙げることが出来ました。

- ①列車運転間隔・運転所要時分の短縮
- ②乗り心地と運転操縦性の向上
- ③地上装置の簡素化によるコスト低減
- ④安全性の向上・障害時の早期復旧

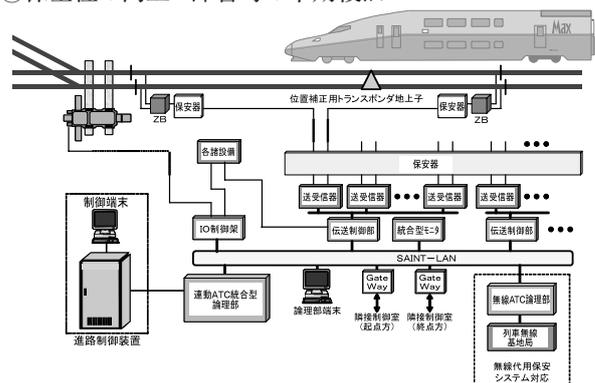


図3 デジタルATCシステム (DS-ATC) の概要

#### 4.2 システム構築の考え方

2002年12月に開業した東北新幹線盛岡～八戸間にむけて「東北上越新幹線デジタルATCシステム (DS-ATC)」、2003年12月からは「山手・京浜東北線デジタルATCシステム (D-ATC)」開発導入を以下の考え方で順次進めました。

##### ①地上設備のスリム化

D-ATCの地上装置は主要駅に設置された「論理部」と各駅に設置された「送受信部」を光ケーブルによるLANで接続した分散構成とし信号ケーブル敷設量の削減を図りました。DS-ATCではさらに連動装置とATC装置を一体化 (SAINT) してスリムな構成としました。

##### ②デジタル信号による列車検知、制御

列車検知、制御に情報量の多いデジタル信号を採用して高機能と安全性、信頼性の確保を図っています。

##### ③ブレーキ制御用速度照査パターンの事前作成

速度照査パターンは、随時演算するのではなく、車上のデータベースとしてあらかじめ曲線や勾配などを加味して作成することにより、事前にパターンの確認ができると共に、車上装置の処理負荷軽減を図ることができました。

##### ④国際規格に準拠したフェールセーフなシステム構成

RAMSなどの国際規格に準拠したフェールセーフなシステム構成を採用しており、地上装置の論理部と車上装置にフェールセーフ性を持たせることで、途中の伝送部に汎用機器を採用可能にしています。

##### ⑤アシュアランス技術の活用

アシュアランス技術の活用により、新旧ATC装置の共存を可能とし、デジタルATCへの取換時の切替、試験、また、デジタルATC区間と従来型ATC区間の直通運転に伴う自動切替などを安全・確実に行うことができます。

## 5. システム化の進展により新たに発生した課題

ATOSなどの大規模システム導入により、高度なサービスの実現、業務の近代化など、経営上の大きなメリットをもたらした一方、以下のような各種課題を生み出しました。

#### 5.1 システムの機能改良、設備改良などへの対応

高度なシステムの導入は、更なる新しいサービスや、機能改良要求などのニーズを呼び、ターミナル駅改良などの大規模プロジェクト工事に伴う信号設備改良などと合わせて、各システムには頻繁な改修が発生することとなりました。システムの拡大により改修は広範囲に及ぶこととなり、設計・施工に大きな労力、費用などが必要になってきました。

#### 5.2 システムの維持保守、システム更新などへの対応

システムの保守・改修に必要な部品の確保が、製造中止などにより難しくなっているほか、オーバーホールなどの保守費用の増大、経年による装置故障などが発生しています。今後は中央線ATOSなど初期に導入した大規模システムの

更新が始まるため、システム更新に伴う切替を列車運行に影響を与えないよう安全かつ確実にやっていく必要があります。

#### 5.3 列車影響の大きいシステム障害の発生

システムの大規模化、複雑化により、原因究明が難しく復旧に時間のかかる障害が発生するようになってきています。当社で発生した主なシステム障害を以下に示します。

##### 5.3.1 中央線 ATOS ネットワーク障害

1998年2月4日中央線東京～甲府の全駅について、各駅の電子運動の操作と線路保守作業終了が不可能となり、駅の信号制御が出来なくなりました。調査したところ中央線猿橋駅の通信制御装置の故障によりATOSネットワーク上に不正なデータが流れ込み、各駅で進路制御などが出来ない状態となっていました。(運休291本、遅延258本)

1999年8月31日藤野駅の通信制御装置故障により不正なデータがATOSネットワークに流れ込み、指令からの変更入力が出来なくなりました。(運休142本、遅延122本)

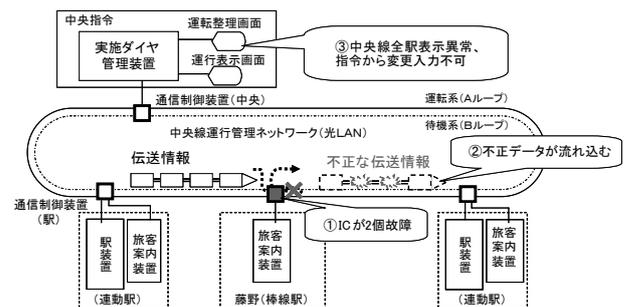


図4 中央線藤野駅ATOSネットワーク通信障害

##### 5.3.2 新幹線 COSMOS 輸送障害

1997年11月16日、上越新幹線大宮～熊谷間で3時間にわたる停電に対する運転整理を行っていた中で、出区列車の実績矛盾に起因する「COSMOS運転整理画面の予想ダイヤ表示機能中断」が発生、一旦復旧したものの直後再度発生し、終日運転整理画面に予想ダイヤが表示されない状態となりました。このなか、指令の運転整理が追いつかず、列車の遅延が拡大したため、当日の計画変更データが大量に発生し、「輸送計画系計算機の処理能力をオーバーする事象」となりました。このため、翌17日への「COSMOSの日付切替処理が不能」となり、17日も予想機能が回復しない状態となったため、前日と合せ2日間にわたり輸送混乱が続きました。(運休229本、遅延267本)

##### 5.3.3 京浜東北線蒲田～鶴見間信号トラブル

2006年5月11日朝、京浜東北線蒲田～鶴見間でD-ATC装置の故障により異常信号が装置間を流れ続けることとなり、軌道回路の落下が継続して、列車制御が不能になりました。約3時間後にATCインターフェース装置とD-ATC装置の接続 (2重系)の2系側を切り離し故障を回復させました。(運休230本、遅延30本)

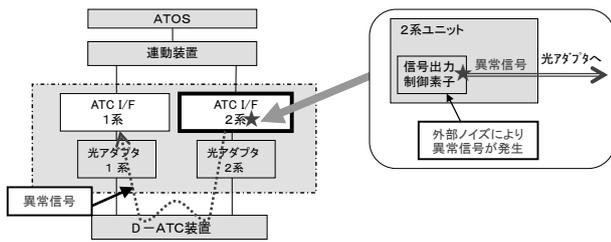


図5 京浜東北線蒲田～鶴見間信号トラブル

## 5.4 システムに関する技術・ノウハウの維持、教育

システムの改修、保守、運用などに対し高度かつ専門的なシステムの知識が必要となり、システム教育および障害対応などが難しくなっています。特に大規模システムにおいて、システムの機能管理、技術管理が難しくなっています。

## 6. 輸送管理、信号・列車制御システムの方向性

少子高齢化、地球環境負荷の低減などの社会環境の大きな変化に対応しつつ、鉄道が他の輸送機関に対し高い競争力を持ち続けるためには、高い付加価値を有するサービスを生み出す高度なシステム化がますます重要になってきます。大規模システムの導入により発生した新たな課題に対処しつつ、戦略性を持った取り組みが必要と考えます。

### 6.1 システムの信頼性向上、経費増大の抑制

常に新技術導入、改修、拡張を続けていくシステムに対し、大規模輸送障害に直結するシステムダウンなどを起こさないよう、システムの改修、障害などに対し迅速な対応ができるリモート監視・改修などのしくみ整備および、重要障害の関連見直しなど、継続的な品質向上、タフネス化の取り組みが重要です。また、システムの耐用年数において部品の互換性確保、維持費用削減などにより、安定稼働を確保しつつ維持コストの最小化を図っていく必要があります。

### 6.2 システム改修の容易なアーキテクチャの構築

アシュアランス技術を活用して今後の中央線ATOSシステム更新などの安全確実な実施が必要です。更新に合わせて不要機能、システム構成の無駄を見直しシステムの統合化、スリム化を図って（構内LC等）改修の設計施工を容易にするとともに、技術革新を反映してブロードバンド通信ネットワークへ刷新を行うなど、新規ニーズ・大規模プロジェクトへの対応が容易なアーキテクチャ構築が重要です。

### 6.3 システム間の連携、機能分担の全体最適化

それぞれ個別に発展してきた輸送管理、信号・列車制御システムについて、通告伝達システム、ATACSなど、車両も加えたシステムの連携による新たなサービスなどが実現してきています。今後はブロードバンド通信などの最新技術を活用して更なるシステム間の連携強化、機能分担の全体最適化、地上設備のスリム化などにより、高い機能、信頼性の

向上およびコストダウンなどを実現していく必要があります。

## 6.4 ニーズ主体のシステム構築および技術開発

湘南新宿ラインなど線区直通運転拡大などの輸送ニーズ、スマートフォンの普及、映像・コンテンツ配信、IPv6、ユビキタス通信などの新しい顧客ニーズ、サービス、技術などの変化に的確かつ戦略的に対応、システムの陳腐化を防ぎ、パフォーマンス・効用の最大化を図っていくようサステナブルな取り組みが必要です。このため常に新しいニーズなどに対し戦略性を持って継続的に技術開発を行って、成果を次世代ATOSなどの各システムに反映していくことが重要です。

## 6.5 システムのノウハウ、技術力の維持向上

輸送管理、信号・列車制御システムの各種新規ニーズの反映などによるさらなる高度化、および車両も含めた連携拡大を推進しつつ、万一のシステム障害などにも的確に対応していけるよう、社員の技術力・ノウハウの維持に努めていく必要があります。このためには専門性の高い各システムの技術開発、設計施工、保守運用などの業務に関して、計画的に適性のある社員の育成、メーカーとの連携も含めたノウハウ、技術力の維持向上を図っていくことが重要です。

## 7. 今後に向けた取り組み

当社では、今後更新時期を迎える首都圏の車両、輸送管理、信号・列車制御システムに対して次期システム構想が連携して進められるよう施策のステアリングの検討を行っています。当研究開発センターにおいてもこれら方向を踏まえ、戦略性を持って「ネットワーク信号システム、構内LCの実用化展開」「次世代ATOSに向けた機能開発」「首都圏ATACS導入に向けた機能開発」「次世代車両制御システムINTEROSの開発」など、次世代の鉄道システムのニーズに対応できるよう継続的な技術開発を続けてまいります。

### 参考文献

- 1) 宮島 「運行管理システムの変革」 JR East Technical Review No.5 Autumn 2003
- 2) 鈴木 「デジタルATCの開発と導入」 JR East Technical Review No.20 Summer 2007