

輸送業務支援システムの開発概要



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 課長
辺田 文彦

「輸送の安定性向上」は、グループ経営ビジョン2020-挑む-で「お客さま満足を向上する」ため、部門や系統を超えて挑戦していく重要なテーマです。

JR東日本研究開発センターでは、「輸送の安定性向上」をめざし、ダイヤ乱れ時に早期復旧を支援するシステムを開発してきました。これまで、列車ダイヤの変更計画を支援する運転整理システムや車両・乗務員の運用変更を支援する運用整理支援システム、また、その変更情報を伝える通告伝達システムなどを統合的に開発してきました。

本稿では、これらのシステムの概要と特徴、各システム間のつながりを紹介します。

1. はじめに

JR東日本の輸送関係のシステムは、「輸送計画」を作成・伝達・管理する「輸送総合システム (IROS)」、首都圏の「輸送管理」を担う「東京圏輸送管理システム (ATOS)」、その他の在来線は、線区ごとに「進路制御システム (PRC)」が開発され、実用化されています。また、新幹線についても、輸送計画と輸送管理の両方の機能を持つ「新幹線総合システム (COSMOS)」が実用化されています。これらのシステムをダイヤ改正時や毎日の列車運行に使用し、輸送業務の仕組みの改善に大きな成果をあげてきました。

しかし、事故などで列車の運行が乱れた場合、より早く平常ダイヤに復旧するように支援することも、システムの大きな機能の一つですが、現状では残念ながらシステム化が十分になされていません。

そこで列車の運行が乱れた場合に、お客さまへの影響を最小限にするとともに、列車ダイヤをできるだけ早く平常ダイヤに復旧するためのシステムを開発してきました。

開発したシステムには、列車ダイヤに係わる「運転整理システム」、車両運用 (車両の割りあて) に係わる「車両運用整理支援システム」、運転士・車掌などの乗務員運用 (乗務の担当) に係わる「乗務員運用整理支援システム」、変更情報を伝える「通告伝達システム」などがあります。

一部のシステムはすでに実用化が始まり、残りのシステムも基本となる部分の開発は最終段階を迎えています。

本稿では、「輸送計画」と「輸送管理」を解説するとともに、JR東日本での輸送業務を支援するシステムの概要を紹介します。

2. 輸送計画と輸送管理

2.1 輸送計画

輸送計画は、その中心となる列車計画 (列車ダイヤ) のほか、車両運用計画、乗務員運用計画、構内作業計画などがあり、これらを総称して輸送計画と呼びます (図1)。

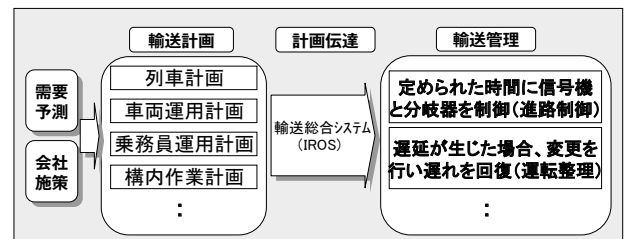


図1 輸送計画と輸送管理

特に列車ダイヤは鉄道事業の商品にあたり、ダイヤの良し悪しがお客さまのご利用を大きく左右します。この列車ダイヤを作成するには、「輸送総合システム (IROS)」の「計画作成システム」を使用します。支社の計画担当者が画面上で対話形式により列車ダイヤだけでなく車両・乗務員運用も作成します。システム化によりJR東日本全線区の列車データや車両運用、乗務員運用がデータベース化され一元管理できるようになりました。

作成した輸送計画を乗務員区所、駅、保守区所などに配信するサブシステムが「計画伝達システム」です。以前は「運転報」と呼ばれる印刷物によって、関係区所に輸送計画を伝えていましたが、システム化によりデータの「抜粋」作業ばかりでなく、手作業で作成していた各種帳票がシステムから出力できるようになりました。

2.2 輸送管理（平常時）

IROISで作成された輸送計画は、輸送管理システムのATOSやPRCに、毎日の列車ダイヤと車両運用データを渡します（図1）。

輸送管理システムでは、列車ダイヤと車両運用データを基に駅などの入出区に必要なデータを追加し、毎日の進路制御データを作成します。

こうして平常時では、支社で作成した輸送計画に基づいて、車両や担当乗務員が手配され、駅では輸送管理システムにつながった装置が進路を制御し、列車が運行されます。

3. ダイヤ乱れ時の輸送管理

3.1 運転整理

平常時はダイヤどおりに進路が制御され、列車が運転されていますが、事故や故障などが発生すると、列車が停止し、ダイヤが乱れることになります。

指令室では、その状況に合わせて列車を途中駅で折返しにしたり、運休させるなど輸送計画を変更して、その時点での輸送力を確保します。そして運転再開後は、できるかぎり早く平常ダイヤに戻すための変更計画を作成します。この作業を「運転整理」と呼びます。

現状の運転整理作業は、指令員が、事故の大きさ、お客さまの混雑状況、現場の状況などの情報を収集し、経験や知識に基づいて短時間でダイヤの変更案を作成します。そしてこの作業と平行して、今後の車両や乗務員の運用計画を各指令や関係区所などと調整し、決定した変更を輸送管理システムに入力します。この変更入力により、列車ダイヤはリアルタイムで変更になり、それに基づいて駅の進路制御や案内表示も自動的に変更となります。

但し、駅や乗務員区については、ダイヤ変更データは自動的に配信されず、指令室から指令員がFaxなどを用いて伝達しています。

このように運転整理は指令員の知識と経験に基づいて行われており、現状ではシステムによる支援や変更提案はありません（図2）。

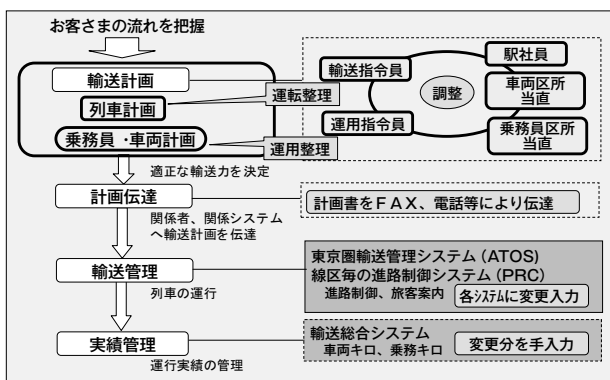


図2 ダイヤ乱れ時の輸送計画と輸送管理

3.2 運転通告

運転整理により、走行中の列車に番線変更や折返しなどの変更が生じた場合、運転通告として変更情報を運転士や車掌に伝えなければなりません。これを「運転通告」といいます。指示を受けた駅では指令室からのFaxなどの変更情報より「運転通告券」を作成し、関係列車の乗務員に手渡します。また、社員がいない線区では、列車無線を使った「無線による運転通告」を行います。どちらの方法を用いても、確認のために復唱や「通告受領券」への記入など、運転通告は時間と手間がかかる作業になっています。

3.3 運用整理

また、運転整理により列車ダイヤが変更されると、これに伴って車両運用や乗務員運用も当初の計画から大きく変わってきます。これをできるだけ早く元の計画に戻すことを「運用整理」と呼んでいます。

乗務員区所では、指令室からFaxなどで送られてきた変更情報を基に乗務行路の持ち替え案を作成し、担当乗務員に電話などを使って変更内容を伝えと同時に、列車区間では、新たに乗務する列車の運転時刻表をFaxで待機箇所へ送ります。この作業を乗務員の場合は乗務員運用整理、車両の場合も同様に、車両運用整理と呼んでいます。現状では指令員と区所担当社員により連携や調整を取りながら作業を行っており、システムによる支援や提案はありません。

4. 平常ダイヤへの早期復旧のためのシステム支援

以上述べてきたように現状の輸送業務は、輸送計画から日々の輸送管理まで、平常時はシステムを使用して行っています。しかし、ダイヤ乱れが発生した場合、元のダイヤに復旧させるための「システムによる支援」は、どの鉄道会社でもほとんど無く、指令員が変更案を作成し、輸送管理装置に入力し、変更を関係箇所へ伝えるというのが現状です。

そこでダイヤ乱れを早期に復旧するには、

- ①現場の状況を正確に把握する。
- ②状況に対応する列車ダイヤ変更案を作成する。
- ③列車ダイヤに合わせて車両と乗務員を確認する。
- ④変更案を輸送管理装置に入力する。
- ⑤変更情報を関係者や関係箇所に速やかに伝える。

の5点を迅速、的確に実行することが必要です。

これらを解決するために、「平常時ダイヤへの早期復旧」をシステムで支援する開発を進めてきました。

指令員の運転整理を支援する「運転整理システム」、ダイヤ変更を基に車両や乗務員運用整理を支援する「車両運用整理支援システム」「乗務員運用整理支援システム」、ダイヤ変更や運転規制などの運転通告業務を支援する「通告伝達システム」の各システムを開発してきました。以下、

各システムの概要と特徴を紹介します（図3）。

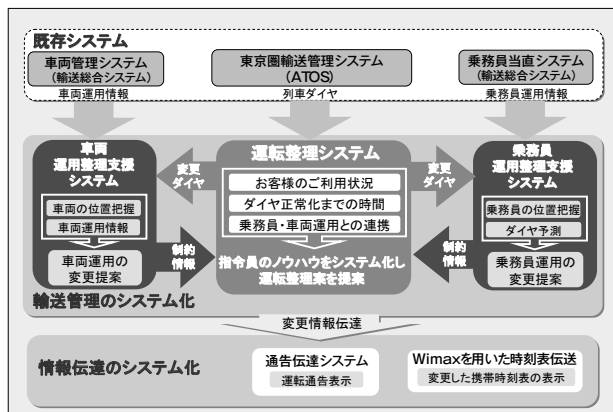


図3 平常時ダイヤへの早期復旧のためのシステム支援

4.1 運転整理システム

車両故障や人身事故などにより列車ダイヤの乱れが発生した場合、指令員は短時間に多数の運転整理手配を行う必要があります。これは、首都圏のように多くの列車が運転されている場合、運転整理を的確かつスピーディに行わないとダイヤの復旧がどんどん遅れてしまうからです。

このため、ダイヤを復旧させるためには、列車を運休したり、途中駅で折返し変更などを行い、遅れを吸収する方法が多く使われます。

しかし、多くの列車を運休したり、折返し変更をすればその分、早くダイヤは元に戻りますが、駅では多くのお客さまがお待ちになったり、列車が非常に混雑したりして、お客さまの不満が増すばかりでなく、逆に駅では乗り降りに時間がかかり、運転整理をしたためにかえって遅れが増すことにもなりかねません。

このように、どこの駅で、どの列車を運休したり折返し変更の運転整理をするかは、経験豊かなベテラン指令員の知識や腕に頼って行っているのが実情です。

これまで、既存の輸送管理システム（PRC）からの実績ダイヤの列車遅れ時分を基に数時間先の列車ダイヤを予測し、この予測により列車増延の原因になりそうな箇所に警報を表示するなど、指令員の運転整理を支援するシステムを開発してきました。

しかし、このような部分的に警報を表示する支援システムは、ある時間のある場所での増延は解消できますが、逆に、この処置により他の場所では遅れの原因となり、それによって全体として遅延を増大させることもありました。これはある一部分の合理性しか見ていない判断によるもので、ダイヤ全体を見渡して早期復旧する判断ができなかったことに起因しています。

また、列車ダイヤは使用できる車両と、それを運転する乗務員がいて初めて列車として運転できます。この車両と乗務員の運用をまったく考慮しないで運転整理案を作成しても、

運転整理としてなりたらず、結局作り直しとなってしまいうこともあり、この作り直しに掛かった時間により遅延が増大することもありました。

そこで、以上のような状況を改善し、ダイヤ乱れ時にシステムで運転整理案の作成を支援するとともに、車両・乗務員運用整理支援システムとも連携をとるシステムの開発を進めてきました。

このシステムの大きな特徴は、

- ①お客さまのご利用状況を加味した運転整理
 - ・各列車の乗車人員を基にした時間帯の輸送量を考慮
 - ②指令員の方針を反映した運転整理
 - ・ダイヤの復旧時間を指定できる
 - ③車両と乗務員の運用を加味した運転整理
 - ・車両の検査、乗務員の運転可否線区のチェック
 - ④運転再開時からダイヤ復旧までの運転整理案作成
 - ・部分提案ではなく一括した運転整理案作成
- を考慮したシステムです。これにより、全体最適を考慮した運転整理の提案が可能となります（図4）。

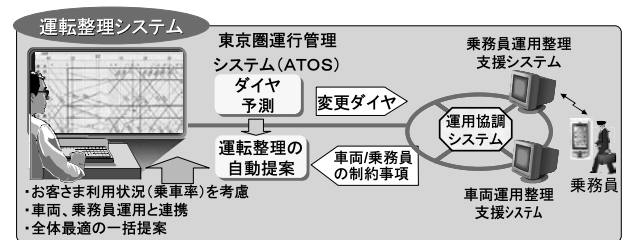


図4 運転整理システム

4.2 通告伝達システム

通告伝達システムは、運転整理のためにATOSに入力した変更情報を基に、通告に必要な情報を自動作成し、人手を介さずに該当する列車の運転台モニタに表示するシステムです。送り出した情報が確実に列車に届いているか、乗務員がその情報を閲覧したかを監視し、必要場合は警報を発生して情報の送受信、閲覧の確実性を図っているのが大きな特徴です。また、運転通告の重要性に鑑み、通告施行箇所の一定地点前に、失念防止機能によって乗務員に対し運転台モニタに再度注意を促す機能も開発しました。

通告伝達システムは、在来線デジタル列車無線化に合わせて首都圏に順次導入され、その際、防災情報システム（PreDAS）の雨や風など、運転規制情報も通告できるように機能アップが図られました。

4.3 運用整理支援システム

4.3.1 車両運用整理支援システム

ダイヤ乱れ時には、車両運用も計画とは大幅に変更となります。「運用整理（当日の使用計画に戻す）」の仕方によっては、ダイヤ復旧時間が遅れたり、翌日以降の「運用戻し（月

間使用計画に戻す)」に手間取るといった事象が発生します。そこで、車両運用業務に必要な情報を指令員および、区所の担当者へ提供するとともに、運用整理などの提案を行うことにより、ダイヤ乱れ時の整理作業を支援するシステムを開発しました。

支援システムでは、列車番号とそれに対応する編成番号（基本編成+付属編成）が常時モニタできます。ダイヤ乱れ時には、車両形式上の制限や検査などの制約条件から、当日の運用上の警報出力（線区制限、検査回帰などの各種チェック）、その回避提案を行う「運用整理機能」と、翌日以降の月間検査計画に戻すための提案を行う「運用戻し機能」の二つの機能を持たせています。中央・総武緩行線でシステム開発を行い、そのうちの一部機能を、在来線デジタル無線導入に伴い中央急行線に導入されました。

4.3.2 乗務員運用整理支援システム

列車には、運転士、車掌の乗務員を割当てることが必要です。列車ダイヤ乱れ時には、乗務員も担当乗務列車が変わるなど変更が生じます。運用業務を担当する指令員や乗務員区所の運転当直は、列車の遅れにより乗務員が次の担当列車に間に合わない場合、別の乗務員を手配したり、担当する列車を持ち替えるなどの指示をします。また、ダイヤ復旧後は変更した行路を元の行路に戻す整理を行います。もし、手配遅れや漏れなどが発生すると、さらに輸送混乱を拡大させてしまいます。そこで乗務員の手配漏れが発生しないようにチェックを行い、警報出力や乗務変更提案を行うシステムが乗務員運用整理支援システムです（図5）。



図5 乗務員運用整理支援システム

支援システムは以下の機能により構成されています。

1つ目は、乗務員の位置把握機能です。詰所に待機中、列車に乗務中などの乗務員の位置がわかります。RFIDタグやGPSの技術を使用しています。

2つ目は、運用警報機能です。列車の遅延や運休、途中折返し変更などによって乗務員が割当てられない（未充当）状態が発生したときなど、警報表示を行い手配などの注意を

促します。

3つ目は、変更提案機能です。乗務員が割当てられない（未充当など）状態が発生したとき、位置情報を基に乗務変更を提案します。

4つ目は、時刻表を運転台モニタに伝送する機能です。JR東日本の乗務員は、携帯時刻表とICカード（仕業カード）を使用して運転していますが、ダイヤ乱れ時に乗務変更を指示された場合、変更列車の時刻表を持っていません。このため、現状では乗務員が待機している詰所や駅にFaxで携帯時刻表を送り、これを乗務員に渡しています。支援システムはWiMAXを利用して、車上のモニタから要求した時刻表を伝送・表示することができます。（図6）。

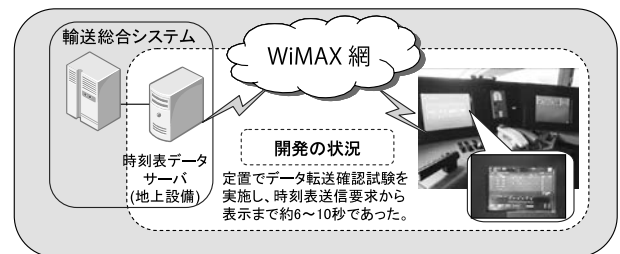


図6 WiMAXを利用した時刻表伝送

5. 今後の開発

JR東日本研究開発センターでは更なる輸送業務の革新をめざし「次世代の首都圏鉄道システム」の開発を進めています。将来の首都圏輸送では、平常時においてもダイヤ乱れ時においても、お客さまのご利用状況に合わせた弾力的な輸送の提供と適時適切な情報をお客さまに提供することが求められます。今後は開発した要素技術を基に、「次世代の輸送管理・運行管理システム」にいままでの成果を活かし、お客さまに信頼される輸送をめざしていきます。

参考文献

- 1) 富井、福村、坂口、平井：鉄道のスケジューリングアルゴリズム エヌ・ティー・エス 2005