

在来線新運転整理 支援システムの開発



佐藤 伊佐美* 畔蒜 弘行** 辺田 文彦*

輸送障害からのダイヤ回復のために輸送指令が行う運転整理業務は、短時間に多数の手配を行う必要があるが、未だ大半の作業が指令員の知識と経験に頼って行われている。

そこで列車走行実績から未来の列車ダイヤを予測し、予測を基に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して指令の運転整理を支援するシステムを開発した。システムはユーザーである指令員に一定の評価を得ることができ、モデルとした線区の運行管理装置の老朽取替えに伴って、開発した機能の実用化が進められている。

キーワード：運転整理、ダイヤ予測、警報表示、自動提案

1 はじめに

JR東日本では安定した輸送サービスを提供するため、ダイヤ乱れの早期復旧を目標のひとつとして研究開発を行っている。

列車の運行管理はPRC（Programmed Route Control：自動進路制御装置）等により自動化が進んできているが、現在導入されている運行管理装置は、平常時の作業支援を主として構築されており、輸送障害時の運転整理計画支援機能を備えたものは、新幹線を除けばほとんど見られず、運転整理業務は全て指令員による手作業となっている。

特に東京圏の線区では列車密度が高いため、状況把握、運転整理方法の判断、整理実行に使用できる時間が少なく、僅かな時間に膨大な作業量进行处理しなければならない。

新幹線には、列車運行状況の予測を表示して指令員の作業を支援するシステムが導入されているが、線区がクローズされている等、東京圏の列車運行形態にそのまま適用するのは難しい。

そこで東京圏稠密線区を対象として、指令員の運転整理を補助する運転整理支援システムの開発を行った。このシステムは、運行管理システムとオンラインで接続して計画ダイヤ、列車運転実績、計画変更等の情報を取込み、取り込んだ情報を基に列車運行状況を予測表示し、輸送障害時には混乱を拡大する要因を抽出して警報表示することで指令員の業務を支援するものである。また、運行管理システムから切り離して輸送混乱状況や運転整

理を設定して検証予測する機能も有し、この機能を活用して運転整理パターンの構築、過去の事例の検証や指令員の訓練にも使用できるシステムとした。

2 開発概要

2.1 モデル線区の選定

本システムは東京圏稠密線区へ適用すべく、モデル線区を選定した結果、運転整理の難しさ、必要データを取得できること等の条件から、京葉線（東京～蘇我）を対象として、開発を行うこととした。京葉線の特徴としては、比較的短い線区延長（43km）、多数の追越設備（6待避駅）、列車種別の多数混在、列車待避回数が多い、他線区乗入れ列車が多い、風規制が多い（6河川橋梁）、運転取扱駅員配置が少なく（3運転要員配置駅）ほぼ全て無線通告などが上げられる。

2.2 ハードウェア構成

既設の運行管理システムと接続して、リアルタイムに実行ダイヤ、実績ダイヤ等を受信し、ダイヤ予測及び警報・提案を表示する構成とした。

今回開発したシステムは、既設の運行管理システムの業務に影響を与えないようEDP（Electric Data Processor：実施ダイヤ管理装置）系に固定的に接続し、系が待機系のときのみ実行ダイヤ、変更ダイヤ、実績ダイヤのデータを本システムに送信するようにした。

データは、既設のRS232Cのポートにシリアルケーブルを接続し、シリアル/イーサネットコンバータを通じて

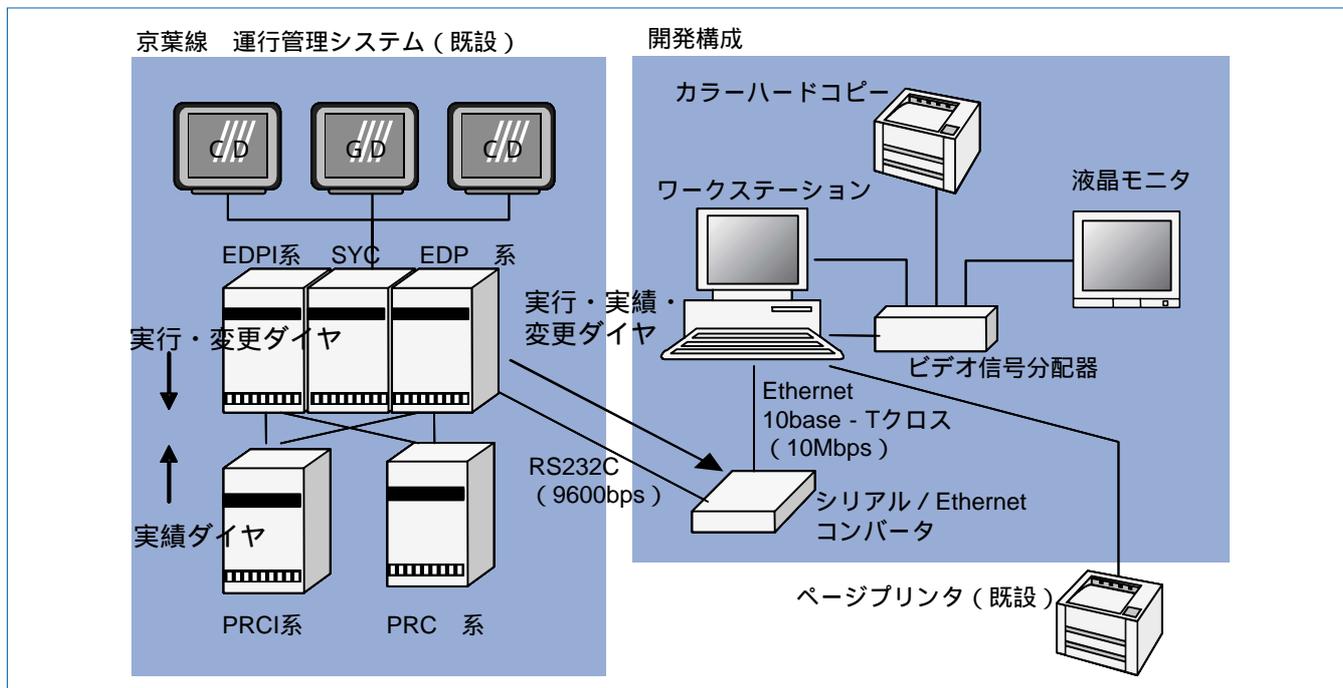


図1：ハードウェア構成

ワークステーション本体に取り込むようにした。

図1に本システムのハードウェア構成を示す。

2.3 機能概要

表1に本システムの機能一覧を示す。

また、本システムで開発した特徴的な機能について以下に示す。

表1：機能一覧

| 機能名称機 | 機能概要 |
|---------|---|
| EDPとの接続 | EDPからダイヤを受信する。 |
| ダイヤ図表示 | 列車ダイヤを運行図表形式で表示する。 |
| ダイヤ情報表示 | ダイヤ情報を文字形式で表示する。 |
| 条件設定 | 遅延設定、風速規制設定、全区間運転中止等の設定を行う。 |
| ダイヤ予測 | リアルタイムに数時間先までの列車ダイヤを予測し警報事象の検出を行う定周期予測と、運転整理案作成のための検証予測を行う。 |
| 警報表示 | ダイヤ予測で検出された6項目の警報事象を表示する。 |
| 運転整理 | 10項目の運転整理入力を行う。 |
| 自動提案 | 待避発生・取消及び車両運用変更の自動提案を行う。 |
| ダイヤ管理 | 実行・実績ダイヤを保存し、オフラインモードにて読み出す。 |
| 走行実績設定 | オフラインで、指定した時間までの列車ダイヤを実績ダイヤとする。 |

2.3.1 予測精度向上のための機能

よりよい運転整理を行うためには正確なダイヤ予測が不可欠であり、正確なダイヤ予測のためには予測に必要なデータが揃っていることはもとより、得られたデータが正確であることは必須であるが、在来線では予測に必要なデータ条件が満足されていない場合がある。

そこで、必要なデータが揃っていなかったり、取得したデータの誤差が大きかったりした場合に、ダイヤ予測の精度を向上させるために工夫した機能を以下に記す。

(1) 通知運転の予測

京葉線PRCの運転時分の管理は制御駅単位となっており実績ダイヤも制御駅単位でしか取得できない。システムはダイヤ関連のデータをPRCから取得しているため、ダイヤ予測機能も制御駅単位でしか働かない。ところが、通知運転は非制御駅をも対象としているため、通知運転区間が非制御駅を含む場合、運転時分を基にしたダイヤ予測はできないこととなる。

これを解決するために、非制御駅を含む区間の通知運転を受けた列車の制御駅の予測着時刻は、着制御駅の先行列車の着時刻に一定の時間を加えて求めることとした。この時間は、非制御駅を含む制御駅間で最も長い表定時分（運転時分+停車時分）を用いた。

通知運転の予測方法を図2に示す。

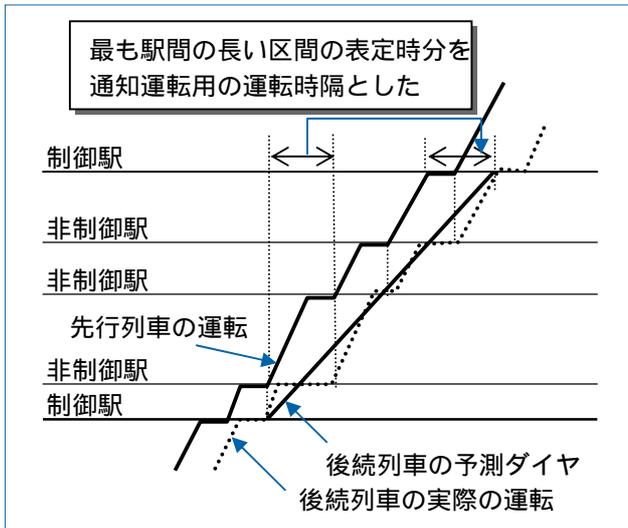


図2：通知運転区間の予測

(2) 実績ダイヤの補正

京葉線PRCでは、軌道回路の扛上落下時刻から実際の着発時刻を求めめるための採時補正時分T秒を1進路に対して停車用データ1つしか用意してないため、通過列車の場合、実際の通過時刻と運行管理システム上の通過時刻の間に誤差が生じることになり、調査したところ5秒刻みで最大20秒の誤差が生じている駅があった。

PRCの実績ダイヤをそのまま予測に使用すると精度が悪くなるため、予測に使用するとき、一旦軌道回路の扛上落下時刻に戻し、これに、進路、停車/通過毎に用意した見直し採時補正時分を使って再度実績ダイヤを作成するようにし、予測の精度を向上させた。

図3に京葉線の実績ダイヤの誤差を示す。

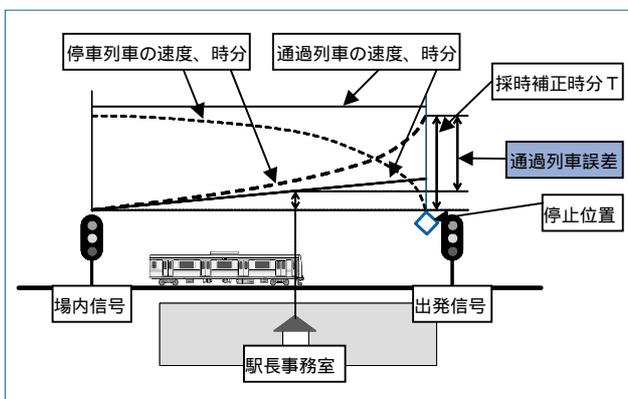


図3：京葉線の実績ダイヤの誤差

2.3.2 運転整理案作成支援のための機能

運転整理案作成支援のために、8項目の警報・自動提案機能を開発した。その中で特に東京圏稠密線区を考慮した、等時隔監視、待避発生・取消自動提案、運用変更

自動提案機能を以下に記す。

(1) 等間隔監視警報

稠密線区では、列車と列車の間隔があいた場合、間隔があいた後の列車に乗客が集中するため、さらに遅延が増大する可能性がある。

本システムでは、停車列車前後3列車を捕らえ、ダイヤ予測結果としてダイヤ上の列車間隔が崩れた場合、等間隔監視の警報を表示するようにした。

図4に等間隔監視警報を発するケースを示す。

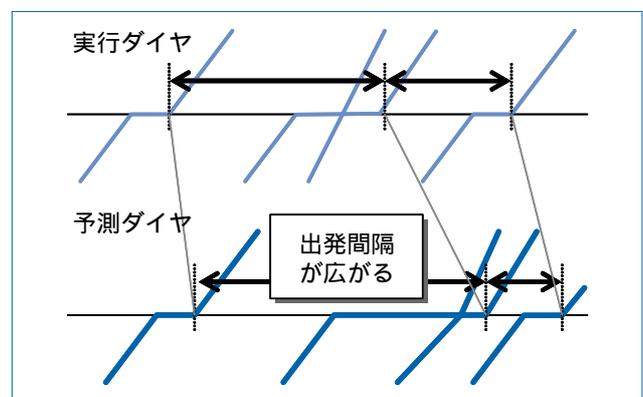


図4：等間隔監視警報を発するケース

(2) 待避の発生・取消自動提案

ダイヤが乱れた場合、実行ダイヤで設定された待避関係を守るとダイヤ乱れが大きくなることもある。このため、ダイヤ予測結果からその待避関係の設定・取消を自動提案できるようにした。

図5に待避の発生と取消を提案するケースを示す。

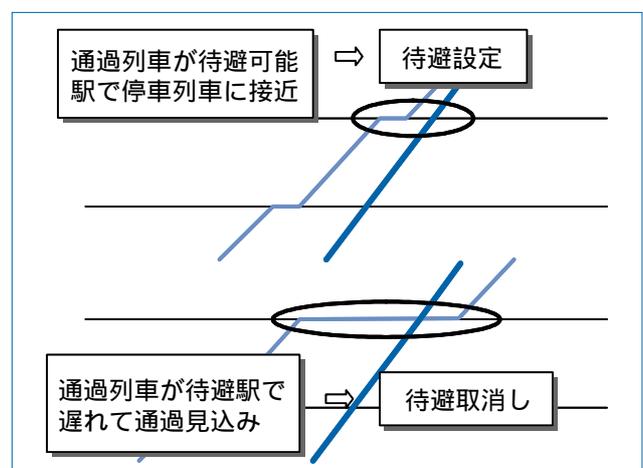


図5：待避の発生と取消を提案するケース

(3) 運用変更自動提案

ダイヤが乱れ、運休や列車設定が発生し、車両の運用変更を行った場合、過渡的に発生する前運用未定及

び後運用未定同士の列車の運用変更を提案できるようにした。

図6に運用変更を自動提案するケースを示す。

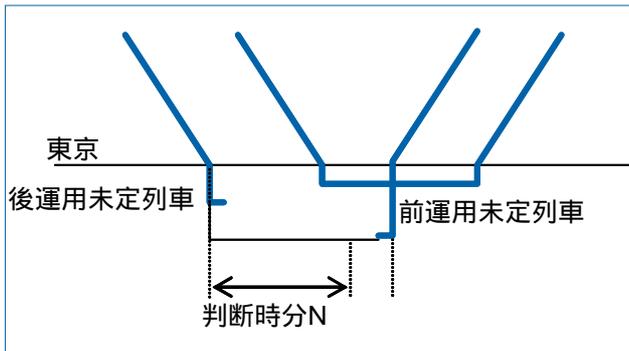


図6：運用変更を自動提案するケース

2.3.3 シミュレーションのための機能

平常時には、輸送指令員の運転整理技術の向上を図ることや災害等の対策ダイヤを作成することが可能となるように開発した機能を以下に記す。

(1) ダイヤ管理機能

システムは、既設の運行管理システムから取得した実行・実績ダイヤを6面ある保存領域をサイクリックに使って10分毎に自動的に保存している。

ダイヤが乱れたときなど、指令員の操作により、操作された時点で保存されている6面のダイヤが1セットとして、別のディスクエリアに名前を付けて保存される。この保存領域は10セット分とした。

保存されたダイヤは随時呼出が可能で、訓練や検証などを行うことができる。

(2) 走行実績設定機能

運転整理作業訓練のために、任意の時刻まで列車が走行したものの（実績ダイヤ）と見なし、その時刻以降に条件設定やダイヤ予測の機能が動作するようにした。

指定した時刻に実績ダイヤがある場合は、実績ダイヤ、実績ダイヤがない場合は、実施ダイヤを検証用の実績ダイヤとして設定する。

2.4 評価試験

開発したシステムをモデル線区とした京葉線輸送指令に設置し、ユーザーである輸送指令員が自由に操作して意見・要望を出すことにより、本システムを評価した。

システムに対する指令員の評価をまとめると以下通りとなる。

(1) 指令経験の多少に関わらず、遅延状況の予測を見る

ことができるので、ダイヤ予測表示機能は有効である。また、指令員の経験から判断して、予測精度も問題ない。

(2) オフライン機能（災害時シミュレーション、指令員訓練）は非常に有効である。

(3) 緊急時に操作するシステムであるため、視認性や操作性には改善の余地がある。

3 まとめと今後の課題

本開発の成果である予測ダイヤ表示と混乱拡大要因箇所の警報表示により、運転整理の結果や手配漏れを確認した上で、次の運転整理を手配する事ができ、より確実に迅速な運転整理が可能となる。

現在、処理能力が限界に近づいている京葉線の運行管理システムの置換えが行われており、今回開発した機能を組み込んだシステムが構築されている。

今後の課題としては、主に以下の2点があげられる。

(1) 車両運用や乗務員運用を考慮した運転整理案の提案

本開発でも車両運用変更の自動提案を行っているが、検査計画等の車両編成の管理に係わるところまでの考慮はなされていない。

また、乗務員運用に関してはまったく考慮されていない。

実際の運転整理においては、運用に係わる事柄も考慮されなければならない場面があるため、手戻りのない運転整理案を提案するためには、必要最小限でも運用にかかわる条件を考慮に入れる必要がある。

(2) 列車休活を含めた運転整理手段の一括提案

本開発における自動提案の運転整理手段には、運転休止や臨時列車運転といったような列車の休活に係わるものが入っていない。

これは、列車を運休したり臨時列車を設定したりする論理が非常に難しいためであるが、稠密線区における実際の運転整理では、これらの運転整理手段が大きなウエイトを占めており、自動運転整理システムの開発のためには必ずクリアしなければならない課題である。

これらの課題を克服し、よりよい運転整理を行うシステムを構築するために、今後も開発を継続していく計画である。