

運転整理システムの開発



茂木 重満*



相馬 眞*



辺田 文彦*

車両故障や人身事故などにより輸送障害が発生した場合、輸送指令員はダイヤを正常化するための運転整理を行うが、運転整理は列車の遅延状況や駅の混雑情報、車両・乗務員運用を確認しながら多くの輸送手配を的確かつ迅速に行わなければならない、多くの時間を要する作業である。現在のところ、この運転整理業務は指令員の知識と経験に頼って行われており、これまでに運転整理業務の一部を支援する機能のシステムは開発されているが、列車ダイヤ全体を考慮した運転整理のレベルまでには至っていない。そこで、指令員の運転整理業務の支援内容をさらに深度化するため、運行管理システムのデータから列車ダイヤを予測し、お客さまのご利用状況と列車ダイヤ全体を考慮した運転整理案を提案するシステムを開発している。

●キーワード: 運転整理、ダイヤ予測、ATOS

1. はじめに

近年、運行管理のシステム化により平常時の輸送指令員の作業（計画系業務）は軽減したが、輸送障害発生時に乱れたダイヤを正常化するための運転整理については、システム化があまり進んでいないのが現状である。これまでも、列車の追越し箇所の変更・順番変更などの部分的な運転整理を支援するシステムは開発されてきたが、列車の運休や折返し列車の変更、臨時の列車設定や車庫へのしまい込みなどを含めたトータルでの運転整理の支援システムは未開発であった。また、これまでのシステムは列車ダイヤ全体を考慮した運転整理ではないため、場合によっては列車の遅れを増大させることもあるなど、十分な効果を上げているとは言えない。

そこで、先端鉄道システム開発センターでは輸送指令員による運転整理の支援を行うことを目的とした運転整理システムの開発を行っている。このシステムは、計画された列車ダイヤとこれまでの運行状況（実績ダイヤ）から今後の列車ダイヤを予測した上で、お客さまのご利用状況を勘案した列車運休、折返変更、臨時列車設定の判断を行い、ダイヤ正常化までの一括した運転整理案の提案を可能とするシステムである。

また、輸送指令員は運転整理を行う際に、列車ダイヤの変更に伴う車両運用・乗務員運用の支障の有無を確認する必要がある。この確認作業は、現状では運用指令員を介し車

両配置区所や乗務員区所と連携しながら人手で行っているが、現在、車両・乗務員の運用整理を支援するためのシステムについてもあわせて当センターで開発中である¹⁾。

今後、これらのシステムと運転整理システムを接続すれば、車両の定期検査などの運用制約条件や変更した列車への乗務員充当の可否などを把握でき、一連の運転整理業務を統合的に一括で判断・処理することが可能となる（図1）。

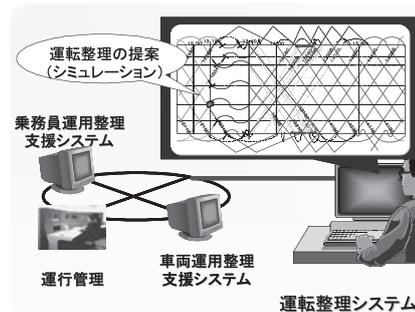


図1 運転整理システムの概念

2. これまでの開発

2.1 開発対象線区

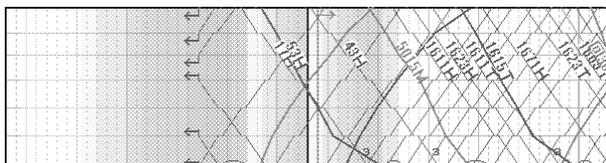
本開発では、ダイヤ予測機能などを有するATOS（東京圏輸送管理システム）の線区への導入を想定し、汎用性の高いシステムをめざすとともに、既に開発中の車両・乗務員運用整理支援システムや、通告伝達システムとの連携を視野に入れ、中央・総武緩行線（千葉～三鷹間）をモデル線区として開発を行った。

2.2 運転整理アルゴリズム

本システムのアルゴリズムの特徴として、輸送指令員が運転整理のために行っている各種の運転整理手法といったノウハウの導入のほかに、お客さまのご利用状況を勘案した運転整理提案がある。

乱れたダイヤを正常化するためには、場合によっては列車の運休を行う必要があるが、これによりお客さまのご利用状況にあわせた輸送量を確保することが難しくなる。このため、本システムでは、日々のお客さまのご利用状況データをもとに、ホーム上のお客さまの状況を判断して、ホーム上で混雑しているお客さまに列車を提供できるような運転整理を行うこととしている。

なお、お客さまのご利用状況を判断するために、駅間と時間帯ごとにダイヤをメッシュに区切り、各メッシュのお客さまのご利用データを取得する。次にこのデータを基準に列車の本数（提供する輸送量）に対し、ご利用状況（必要な輸送量）が多いか少ないかを判断する（図2）。このご利用状況は、各メッシュに対応するダイヤ図画面にホーム上の予想混雑度に応じて色をつけることで視覚的に確認することができる。



※色が濃いほどお客さまが滞留していることを表す。

図2 混雑度の視覚表示

2.3 入力条件

本システムは、入力条件として

- (1) 発生時刻
- (2) 発生場所（構内または駅間）
- (3) 支障する列車番号
- (4) 支障する線（千葉方面A線または三鷹方面B線）
- (5) 全面運転再開見込み時刻
- (6) 番線
- (7) 進入不可区間
- (8) 部分運転再開見込み時刻
- (9) 遅延回復時刻

が設定できる。なお、(1)～(5)は必須の設定項目、(6)～(9)は任意の設定項目である。図3に支障入力画面の例を示す。

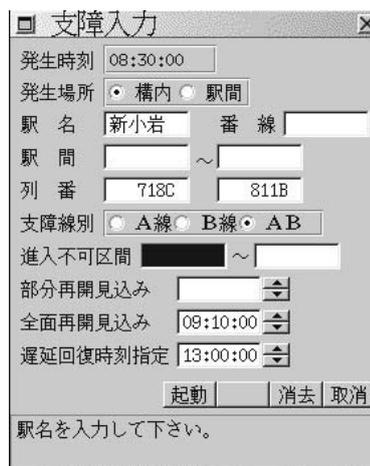


図3 支障入力画面

この画面で設定された支障内容に基づきシステムが列車の遅延を予測し、これに応じた運転整理内容の提案を行う。

3. 今回の開発

3.1 オフライン試験装置の構築

今回はこれまでに開発を行ってきた運転整理システムのプログラムを、ATOSの入力装置であるGD^{※1}機能を模擬するシミュレータに組み込むとともに、模擬の実績ダイヤを作る装置（EDP^{※2}シミュレータ）と接続した（図4）。こうして、模擬実績ダイヤをもとにさまざまな例で検証を行う試験装置を構築し、東京総合指令室ATOS訓練室内に設置した（図5）。この装置を用いて、輸送指令員が行っている異常時対応訓練と同等の輸送障害を例にとり、指令員が実施した運転整理の結果と本システムによる運転整理案との比較評価を実施した。また、過去の輸送障害の事例をもとに、本システムの運転整理案と、実際の運転整理案との比較評価も行った。

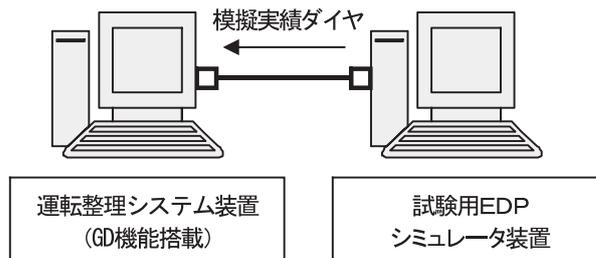


図4 オフライン試験装置の構成図



上段：EDPシミュレータ、
下段：運転整理システム装置

図5 運転整理システム装置外観

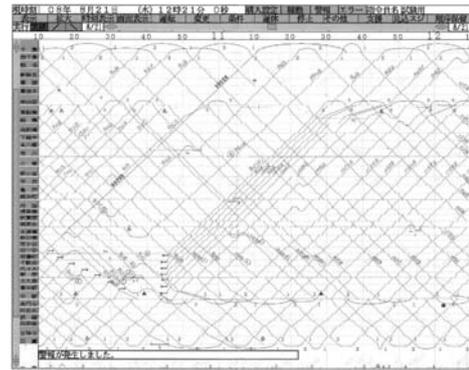


図6 指令員による運転整理の例

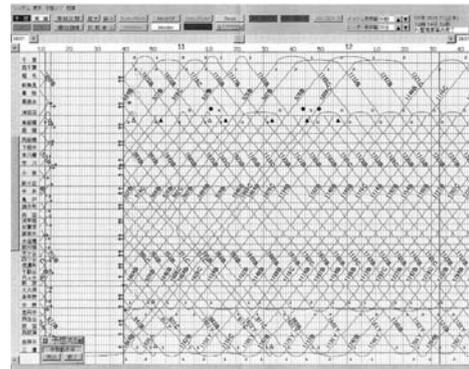


図7 システムによる運転整理の例

3.2 検証試験結果

これまでの開発²⁾では、総遅延時分、運転間隔、遅延本数、運休本数、ダイヤが正常化する時刻（平復時刻）などについて、指令員からアルゴリズムについてのある程度の妥当性の評価を受けた。そこで今回のオフライン試験ではこれら数値をより具体的に比較し、運転整理方針や運転率（平常ダイヤと比べた場合の運行本数）・定時率（平常ダイヤと比べ遅延した列車本数）についても比較を行った。次に、これらの項目についての結果を報告する。

(1) 運転整理方針

指令員は路線上の支障状況に応じて臨機応変に「列車を動かせるところについてはできるだけ動かす」「列車を止める場合は最前方の駅まで運転した後、運転再開まで待機する（前詰め抑止）」といった手法をとることにより、一箇所で支障をしても、その時点でより多くの輸送量を確保しようと努めるのに対し（図6）、システムでは運転再開後に各駅で最大の輸送量を確保することをめざし、支障発生と同時にその場で列車を待機（抑止）させる（一斉抑止）を選択する場面が多く見られた（図7）。前詰め抑止と一斉抑止の違いについて図8に示す。

(2) 総遅延時分

総遅延時分とは、各列車の遅れ時分をすべて合計したものである。指令員は路線内に支障があっても、動かせる列車については極力動かすため、それぞれの列車の遅延時分は少しずつ小さくなり、全体の総遅延時分を減らす方向に動くのに対し、システムによる運転整理提案では一斉抑止が働くことで支障時間帯を走行するの全ての列車に大きな遅延が生じ、総遅延時分が大きくなる傾向となった。

(3) 運転間隔

指令員による運転整理では前詰め抑止の影響により、運転再開直後の列車間隔のバラつきが大きく、折返駅での遅延を増大させる場面も見られた。システムによる運転整理提案では、運転再開後は運転間隔が揃い、バラつきがなかった。

(4) 遅延本数、運休本数、平復時刻

指令員、システムともに大きな差は生まれなかった。この理由としては、次のことが考えられる。第一に、今回比較対象とした支障事例が人身事故などを想定した1時間前後の比較的軽微なものであったためである。この規模の支障であれば、支障発生からおおむね2時間後まで運転整理を行えばほぼ乱れが収束することから、手配がそれほど大規模にならず、指令員とシステムの提案内容が大きく乖離しなかったためと推測できる。第二に、想定事象として人身事故を扱うことが多く、指令員が経験上、運転再開可能時刻の見込みを推測しやすかったことである。運転再開の見込み時刻がある程度分かれば、運転再開後に運休が必要な列車の予測や折返しできる列車の予測が比較的簡単にできるため、指令員もスムーズに手配を進めることができたと推測できる。

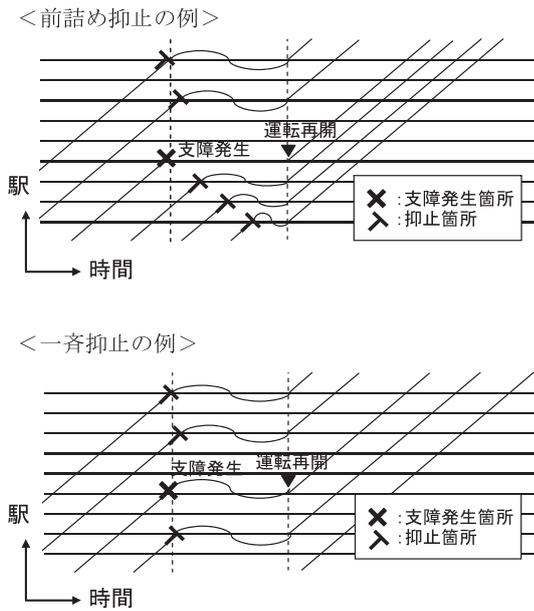


図8 前詰め抑止と一斉抑止の列車ダイヤ

(5) 運転率・定時率

指令員は支障箇所に応じて柔軟に運休列車や折返し列車を設定することで、支障箇所から離れた区間では出来るだけ平常の運転が継続できるように影響の切り分けを行う。このため、区間によっては運転率・定時率に大きな差が発生するのに対し、システムによる運転整理では影響が線区全体に平準化され、区間ごとの運転率・定時率に大きな差が生じない傾向となった。

3.3 今後の課題

今回の比較結果から、今後の本システムの課題として次の点が挙げられる。

(1) 指令員の運転整理案に近い提案への改善

これまでの開発で、指令員の実際の運転整理手法もノウハウとしてシステムに組み込んだが、本システムでは折返し列車に対して遅延が影響すると判断した場合、一斉抑止が働くようになっている。これが主な原因となり、線内の全駅で遅延時間が増大する結果となった。より現実的な運転整理提案を行うようアルゴリズムの適用順序などをさらに改善する必要があると考える。

(2) より実際に近い予測ダイヤの取得

現実の運転整理においては、支障が発生した瞬間も他の列車は運転を継続しており、各列車をどのように抑止し、あるいは運転継続させるかといった初動対応には、状況に応じた指令員の高度な判断が必要である。本シス

テムで使用している予測ダイヤは、支障発生時点での実績ダイヤをもとに推測しているため、実際の列車に近い動きをシミュレーションできなかった。

(3) 線区の特徴の反映

これまでは汎用性をもったアルゴリズムの開発を中心に検討を行ってきたが、実際の運転整理と比較するためには、各線区の特徴に応じた最適化の方法の検討をあわせて進める必要がある。

今後はこれらの点についてさらに検討を加え、より実際の運転整理に近い環境を構築した上でアルゴリズムの有効性を確認しながら改善を加えていく必要がある。

4. おわりに

これまで開発を行ってきた運転整理システムをインストールしたオフライン試験装置を構築し、輸送指令員の訓練や過去の輸送障害の事象をもとに、システムによる運転整理案と輸送指令員の運転整理内容を比較、検討した。システムによる運転整理提案の内容は指令員のもの比べ、必ずしも有効であるという結果には至らなかったが、運休や折返し変更といった個々のノウハウについての有効性は確認できたため、その適用順序や初動対応の内容を受けた予測ダイヤに基づく運転整理提案、線区ごとの最適化の検討といった課題が見えてきた。

実用化に向けての課題はまだ数多くあるが、将来的に輸送指令員と同等、あるいはそれ以上の運転整理が行えるような運転整理システムをめざしていく。

参考文献

- 1) 小島、浅見、相馬、辺田；乗務員運用整理支援システムの実運用検証試験, JR EAST Technical Review, No.20, pp.54-58, 2007
- 2) 井上、有澤、相馬、辺田；運転整理システムの開発, JR EAST Technical Review, No.20, pp.59-61, 2007
- 3) 富井；鉄道システムへのいざない, 共立出版