

運用協調型運転整理システムの開発



井上 健造* 辺田 文彦* 渡邊 貴志*

車両故障や人身事故等により輸送障害が発生した際、輸送指令が行う運転整理業務は、短時間に多数の判断と手配を行う必要がある。このことは、的確かつスピーディに行わないとダイヤ平復が遅れてしまうことに起因している。しかし、運転整理業務は指令員の経験と勘に頼って行われているのが実状である。また、これまでに運転整理を支援するシステムの開発が行われてきたが、部分的な運転整理であったため、全体的な整理とは言えず結果として遅延を増大させることもあり、決して十分な結果は得られていなかった。

そこで既存の運行管理システムから刻々と送られてくる実績ダイヤから列車ダイヤを予測し、それを基にお客さまのご利用状況を勘案して、大局的で一括した運転整理を可能とするシステムを開発することとした。本開発ではその基本アルゴリズムとシミュレーターを開発した。また、ダイヤを評価するマンマシンインターフェースの開発も行った。

●キーワード：運転整理、ダイヤ予測、自動提案

1 はじめに

近年、運行管理のシステム化の進展により、平常時の輸送指令員の作業は軽減されてきている。しかしながら、輸送障害発生時、乱れたダイヤを正常に戻すための運転整理の計画業務に対しては、システムによる支援はあまり進んでいない。これまで、運転整理中の矛盾（退避変更・順序変更等）を解決する運転整理支援システムを開発してきたが、運休、折返変更、特発、臨時入区など、運転整理の核となる部分については、いまだシステム化が進んでいない。その上、部分的な運転整理であったため、全体的な整理とは言えず結果として遅延を増大させることもあり、決して十分な結果を得られるとは限らなかった。

また、乗務員区所や車両区所では、指令との連携により乗務員や車両の運用チェックを手作業で行われていた。この運用を支援するシステム（乗務員運用整理支援システム・車両運用整理支援システム）を開発してきたが、指令の運転整理が部分的であることから「さみだれ」式な情報伝達になるため、十分な効果を得られていなかった。

そこで、乗務員や車両の運用を含めた運転整理計画を行い乱れたダイヤの正常化を早める運用協調型運転整理システムの開発を行うこととした。このシステムは、計画ダイヤ、列車運転実績、計画変更等の情報を取り込み、その情報を基に列車運行状況を予測表示し、輸送障害時にはお客さまのご利用状況

を勘案した、大局的で一括した運転整理を可能とするものである（図1）。本開発では、その実現の核となる基本アルゴリズムとシミュレーターの開発を行った。また、ダイヤを評価するためのマンマシンインターフェースの開発も行った。

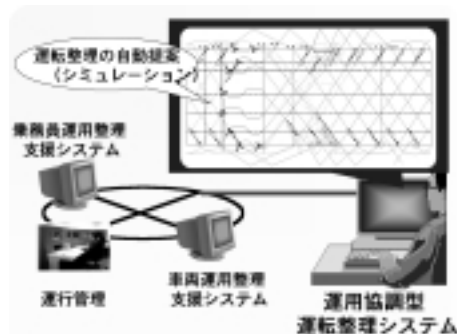


図1 運用協調型運転整理システム

2 開発概要

2.1 モデル線区の選定

本システムでは、ダイヤ予測機能を持つ又は持つ計画のあるATOS（東京圏輸送管理システム）線区を対象として開発している。どの線区でも使用可能な汎用的なものを目指し、難易度が比較的高い中央快速線（東京～高尾間）を対象としている。

2.2 運転整理アルゴリズム

本開発では、適正なお客さまのご利用数を算出すると共に、

それに応じた運転整理案を導出するアルゴリズムを開発した。適正なお客さまのご利用数を算出するために、時間帯と駅間で規定された「エリア」単位に、運転再開までに駅でお待ちになるお客さまや、列車が混み合い乗車できなかったお客さまのご利用数を算出する。また、予測ダイヤ上で当該エリアにおける列車の本数(お客さまのご利用可能な輸送力を表す)を求める。これらにより、輸送力が不足すると予想されるエリアを判定し、このエリアの輸送力を増加させるための運転整理案を作成する。これにより、大規模な輸送障害発生時など、ある一定時間列車が止まることによって、その時間分のお客さまが駅などにお待になる場合でも、それらのお客さまのご利用頂くために必要となる適正な輸送力を確保した運転整理が可能になる。また、遅延している列車を間引いて、遅延の回復を図る。このことで、輸送力を確保しつつ、遅延の回復が可能な運転整理案が可能になる。

2.2.1 ダイヤの評価論理

普通列車全線交通量調査のデータをもとに、ダイヤを定量的に評価する評価論理を以下の様にした。

- ① ラッシュなどの時間帯輸送力の変化から5つの時間帯に分割(図2)。

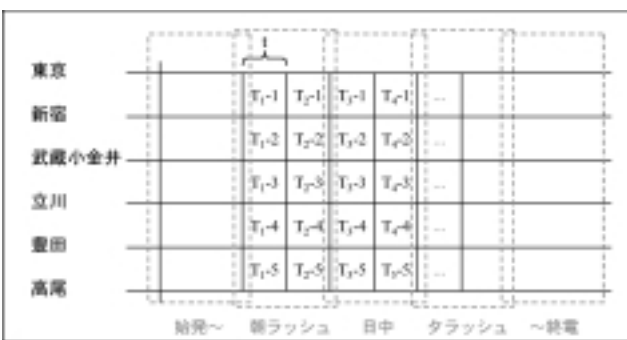


図2 エリア分割

- ② ①で分割した各時間帯を更に30分単位に分割。
- ③ お客さまのご利用状況の違いから駅間に分割。
- ④ 時間帯と駅間による「エリア」が解析評価の単位。
- ⑤ 各エリアの運転本数を評価するため、列車が混み合い乗車できなかったお客さま数に基づく過不足列車本数を算出(図3)。
- ⑥ 各エリアの運転間隔を評価するため、当該エリアにおける実施ダイヤと予想ダイヤの運転間隔の差を算出。
- ⑦ 各エリアの列車遅延を評価するため、当該エリアにおける最大列車遅延と当該エリア全列車の総遅延時間を算出。

- ⑧ エリア毎に算出される、上記の値(過不足列車本数、運転間隔増延時間、遅延等)から評価。

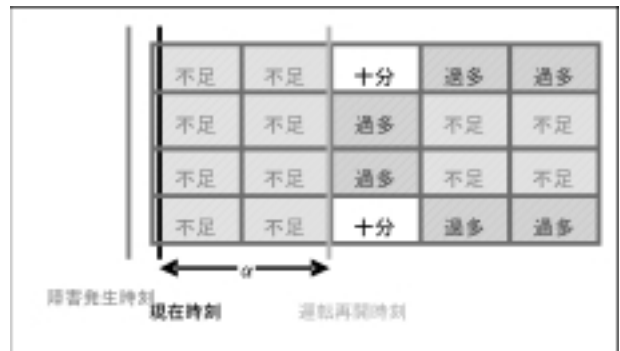
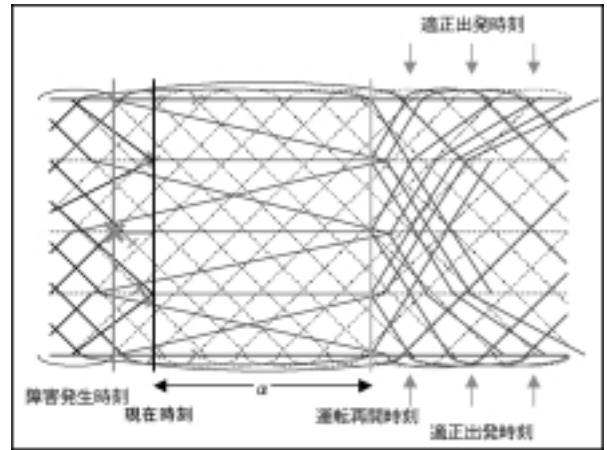


図3 乱れたダイヤ(上)とそのエリア評価(下)

2.2.2 最適化アルゴリズム手法

運転整理案の導出にあたり、組み合わせの数の膨大さ、問題の複雑さから、山登り法で開発を行うこととした。本開発の山登り法では、局所最適解で収束するのを避けるため、多地点から全体最適解を見つけるようとするアプローチとしている。

2.2.3 基本アルゴリズム

ダイヤ予想・ダイヤ評価等から最適運転整理(折返変更・運休等)を行い、運転整理案を提案する。これを平復もしくは予想の範囲の間、実施する。このアルゴリズムを図4に示す。

2.3 マンマシンインターフェイス

運転整理機能でシミュレーションした運転整理計画案について「色彩表示機能」と「レーダーチャート表示機能」により判断できる方法をとっている。「色彩表示機能」は、お客様のご利用状況、つまり列車の混み具合や列車に乗れずにホームでお待ちになるお客さまの有無などを、色彩により表示し、お客様のご利用状況が容易に分かる機能である。「レーダーチャート表示機能」は、各評価指標から全体的に又は部分的にダイヤ評

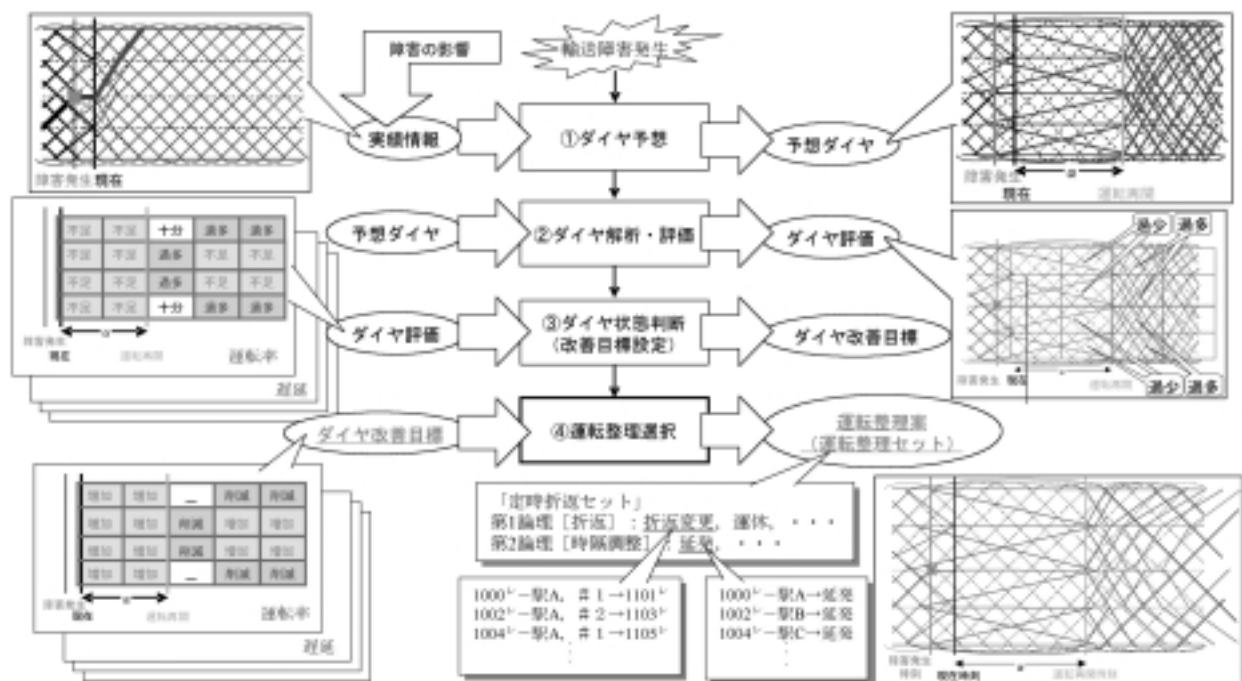


図4 運転整理の基本アルゴリズム

値を行い、レーダーチャートに表示することで、評価が容易に分かる機能である。

2.3.1 色彩表示

ダイヤを表示する画面で、時間・駅幅で区切られた区域を、お待ちになるお客さま数に応じ、表1に示す表示色で表示することとした。乗車率200%を越えご利用が難しい場合には、警告の意味も含めて赤系で描画した。その濃さによってご利用の難しさ度合いを認識できる様にしている(図5)。

また、時間・駅幅で区切られた区域は、画面上のボタンをクリックすることで容易に変更できる様にした。上下線別の表示も、同様にクリックすることで、上線・下線・上下線毎の表示を可能にした。

表1 表示色

お待ちになるお客さま数	表示色 (RGB係数)	色
0人～計画乗車人数未満	255:255:255	
計画乗車人数～3000人未満	255:255: 51	
3000人～3750人未満	255:204:255	
3750人～4500人未満	255:153:255	
4500人～5250人未満	255:102:255	
5250人～6000人未満	255: 51:255	
6000人～6750人未満	255: 0:255	
6750人～7500人未満	255: 0:102	
7500人～8250人未満	255: 0: 51	
8250人～9000人未満	255: 0: 0	
9000人以上	204: 0: 0	

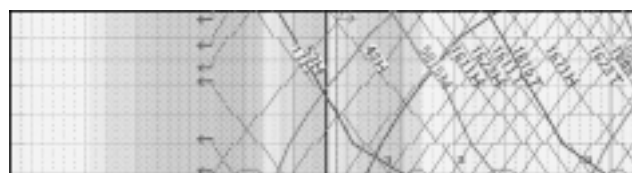


図5 色彩表示 (時間幅90秒)

2.3.2 レーダーチャート表示

鉄道サービスの基本要素である安全性、確実性、快適性、定時性からダイヤ評価項目を決定した。このうち、安全性は信号保安を含めて評価するべきものであるため、今回の評価項目の対象としては、確実性、快適性、定時性を対象とした。確実性とは、お客さまにとって十分な輸送力が確保されていることであり、運転本数で評価することができると思われる。快適性とは、駅でのお客さまの待ち時間や列車内でのお客さまの乗車時間が適切な範囲内にあることであり、定時性とは、列車内でのお客さまの出発待ち時間や到着待ち時間が適切な範囲内にあることである。これらは、運転間隔、駅停車時間、駅間走行時間で評価することができる。本開発では、下記の4項目をダイヤ評価項目とし、レーダーチャートにより表示(レーダー表示対象域は容易に変更可能)できるようにした(図6)。

(1) 運転本数

評価基準: 列車に乗車できないお客さまを発生させない必要列車本数

評価目的: 輸送力を把握

(2) 運転間隔

評価基準: 計画ダイヤ上の運転間隔

評価目的: お客さまの待ち時間を把握

(3) 駅停車時間

評価基準: 計画ダイヤ上の駅停車時間

評価目的: 列車内のお客さまの乗り心地を把握

(4) 駅間走行時間

評価基準: 計画ダイヤ上の駅間走行時間

評価目的: 列車内のお客さまの乗り心地を把握

2.4 運転整理シミュレーター

前述した2.2運転整理アルゴリズムと2.3マンマシンインターフェイスの機能を運転整理シミュレーター(図6)に組み込んで、シミュレーションを可能とした。モデルケースに対してのシミュレーションを行い、有効性について検証した。

2.5 検証試験

以下の5つの支障情報を入力し検証試験を行なった。

- ① 上下支障発生時刻:12時35分00秒
- ② 上り抑止先頭列車:1162H 上り抑止先頭駅:国分寺# 上り運転再開見込み時刻:13時30分00秒
- ③ 下り抑止先頭列車:1275H 下り抑止先頭駅:三鷹
- ④ 下り運転再開見込み時刻:13時30分00秒

支障の入力から運転整理案の導出、ダイヤの正常化、運転整理実施後の評価まで、一連の流れを動作させ、その動きをダイヤ画面上で確認することができた。この例では、初動にて出発抑止や延発など387個の運転整理が実施された。その後、遅延回復のため、計20本の列車が運休になり、それに伴う折り返し変更が実施された。折り返し変更及び運休を含め、計30

9個の運転整理を実施した。

この運転整理実施後のダイヤ状態について、必要列車本数に対する予想列車本数を評価した結果、ホームでお待ちになるお客さまにご利用頂ける為に必要な輸送力を確保できた。また、総遅延時分についても運転整理前の142時間2分に対して、運転整理後は54時間29分となった。よって、これらのことから実ダイヤにおけるアルゴリズムの適用可否とその効果を確認することができた。

3 開発結果

- ① お客さまの流れを核とした大局的で一括した運転整理案を自動作成するアルゴリズムを開発できた。
- ② お客さまの状態を判断できるマンマシンインターフェイス(色彩表示機能・レーダーチャート表示機能)を開発できた。
- ③ ①②の機能をシミュレーターに実装して検証試験を行ない、輸送混乱時のダイヤ早期平復や旅客満足向上の一定の効果を確認することができた。

4 おわりに

今回、基本的なアルゴリズムとマンマシンインターフェイス及びシミュレーターを開発した。2005年度は、車両運用整理支援システムと乗務員運用整理支援システムとの間のインターフェイスを開発することにより、運用整理までトータル的に考えた運転整理案を導出するシステムの開発を進めている。また更に精度の高いアルゴリズムの開発も合わせて進めている。

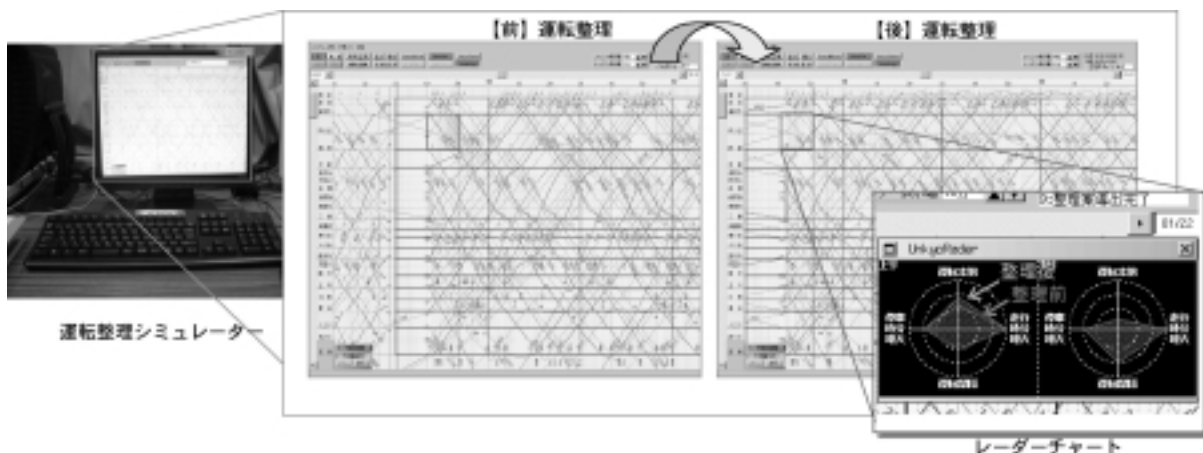


図6 ATACS無線システム概要