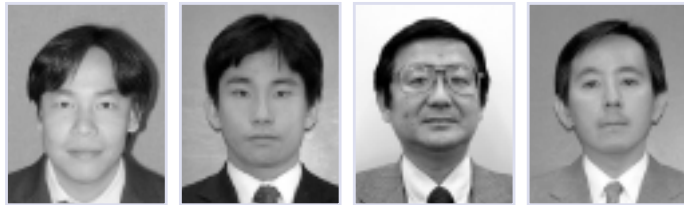


乗務員運用整理支援システムの検証試験



原 啓太* 浅見 雅之** 辺田 文彦** 渡邊 貴志**

列車ダイヤが乱れた場合、運転整理により乗務員の運用も計画とは大幅に変更されることが多い。この乗務員運用の整理作業は、やり方によってはかえって輸送混乱を拡大させてしまうため、相当な経験と瞬時的確な判断が要求される。また、各行路の乗務員が今現在どこにいるのか、どの列車に乗務しているのかといった位置把握も困難になるため、乗務員への連絡、指示に時間を取られるケースが発生する。

そこで、異常時的的確、迅速な整理作業、連絡指示を支援するため、中央総武緩行線の運転士運用を対象に、乗務員未充当の予測、およびそれを解決するための乗務員運用整理案提示機能を有する「乗務員運用整理支援システム」および指令や乗務員区所の当直から乗務員への迅速、的確な連絡指示を可能とする「乗務員用携帯情報端末」の開発を合わせて行っている。

●キーワード：乗務員運用、運用整理案、自動作成、アルゴリズム、乗務員追跡、携帯情報端末（PDA）、無線LAN、車両モニター装置（TIMS）

1 はじめに

列車ダイヤ乱れ時には、運転整理によって乗務員の担当する列車が変わるなどの変更が生じたり、列車の遅延等により次乗務列車に間に合わない場合が発生するが、運用指令や乗務員区所の当直は、予備の乗務員や運休になった列車の乗務員を充当するなどして、極力元の行路に戻す整理を行っている。しかし手配漏れ等が発生してしまうと輸送混乱を拡大させてしまうことになる。

また、列車から降りた乗務員への連絡手段は、駅社員、乗務員区所当直等を介した電話連絡になるが、乗務員と連絡がとれない等、情報の伝達に時間をとられるケースが発生している。

そこで、異常時的的確、迅速な整理作業、連絡指示体制を支援するため、中央総武緩行線の運転士運用を対象に、乗務員の追跡と指令や乗務員区所の当直から乗務員への迅速、的確な連絡指示を可能とする「乗務員用携帯情報端末（以降 PDA）」、また追跡に基づいた乗務員未充当の予測及びこれを解決するための乗務員運用整理案の提示機能を有する「乗務員運用整理支援システム（以降 EWS）」の開発を合わせて行っている。

これまでに、それぞれプロトタイプの開発を行った。現在、PDAについては、現場第一線にて実運用試験を行っている。EWSについては、実際に過去に発生したダイヤ乱れ時の運転整理状況を再現し、出力される運用整理案の妥当性について検証試験を行っている。また、検証試験の結果を踏まえ、それぞれハード、ソフト両面の改良を行っている。

2 システムの構成と機能

本システムでは、乗務員の出勤操作から始まる乗務員の追跡、乗務員の追跡情報の基づいたダイヤ乱れ時における乗務員運用の警告出力と整理提案、提案された乗務員運用変更情報の乗務員への伝達という流れで各機能が働く。以下にネットワーク構成と各機能の概要を述べる。

2.1 ネットワーク構成

東京総合指令室内に乗務員運用整理支援システム、乗務員情報管理サーバー（以降 支援システム、サーバー）の設置、および通告伝達システムと接続を行い、中央総武緩行線の中野電車区と習志野運輸区に区所用端末、無

線LANアクセスポイント（以降 AP）を、中野駅と津田沼駅の運転士詰所には無線LANのAPを設置する。また携帯情報端末（PDA）は携帯電話もしくはPHSによる通信と、無線LANの2種類の通信手段によりデータ送受信を行う（図1）。

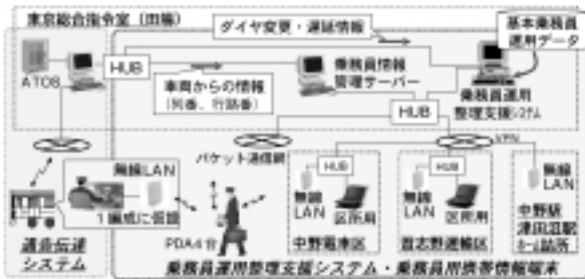


図1 ネットワーク構成

2.2 乗務員追跡機能

乗務員の追跡については、出退勤操作状態、ネットワーク上APへの接続状態および、車両モニター装置への行路データ伝送状態をサーバーで管理し、ステータスを「移動中」「駅詰所」「待機」「運転中」などと表示することが可能である（図2、3）。



図2 乗務員の追跡イメージとPDA画面

2.3 乗務員運用の警告出力・整理提案

輸送障害などで列車に遅延が発生すると、支援システムでは、駅の番線や折返し時分などを考慮してダイヤの予測を行う。この予測により次乗務列車に間に合わない乗務員を検出し警告出力する（図3）。また運転整理が入力され乗務員運用の矛盾を検出した場合にも警告出力する。警報はこの他に、運用整理などにより未充当列車が存在する場合、列車の最終行先地が計画と異なる場合などにも出力される。

これらの警告を解決するために、サーバーから取得し

た乗務員の位置情報などを基にして、運用整理の提案を自動的に出力する。さらに提案した内容を反映して次の警告に対する提案処理へと続き、この処理を繰り返し最終的な整理提案を出力する。

また提案では、折返し駅における交代方法や乗務可能区間といった線区の特長条件を考慮しながら、元の計画行路へ戻していく方法をとっている。



図3 サーバー（左）と支援システム（右）画面

2.4 運用変更情報の通知

支援システムで提案された乗務員の運用変更を確定すると、その変更情報がサーバーへ送信され、関係するデータが更新される。またデータ更新された行路を担当している乗務員のPDAでは、サーバーからメールを受信し、アラーム音鳴動と共に通知メッセージ、変更後の最新のダイヤを表示する。変更内容を確認後、最新の行路データをダウンロードする（図4）。

なおサーバーでは、メールの送信状況と乗務員の受領確認状況も管理しており、区所用端末でもブラウザにより確認することができる。



図4 運用変更情報の通知

3 PDA検証試験

構築したシステムで機能確認試験を実施した。試験で

は、乗務員運用整理支援システムと併せて、乗務員の追跡機能や運用変更情報通知機能といった基本的な動作の確認、実際の運転士にPDAを所持してもらうことによる操作性や機能について確認を行った。また、車両に無線LANのアクセスポイントを仮設し、PDAから車両のモニター装置に仕業データを伝送する試験も実施した。

3.1 動作確認試験

乗務員の追跡機能について、現在使用している仕業カードによる乗務中の乗務員の追跡は、ほぼ確実に行うことが確認でき、この情報を乗務員運用整理支援システムにおいても活用できている。出勤操作や無線LANによる位置検知機能については、概ね良好な結果が得られているが、無線LANを常時使用することによるPDAの電力消費や、無線LANとバケット通信の自動切換などの課題も残っている。

運用変更情報の通知機能については、乗務員運用整理支援システムで確定した運用変更情報を関係するPDAに送信する一連の機能の連続性について確認できた。プッシュ型メールは、電波状況の悪い箇所ではPDAを起動できない場合があったが、トリガメッセージのリトライ回数を増やすなどの改良を行った。これにより、走行中の列車内や移動中の屋外においてもシームレスに配信できることを確認している。ただし、送信時間については、運用変更の確定からPDAの起動、メールの受信までの一連の流れに1～2分を要することがあった。

3.2 運転士による機能確認試験

2003年度には、習志野運輸区、中野電車区の特定の運転士各2名に試験用PDAを4週間貸与し、運転整理や乗務員運用整理支援システムの自動提案機能による行路の変更情報は送信せず、機能を限定して各機能や操作性について確認した(図5)。



図5 運転士による試験風景

運転士の取扱いは以下の通りである。

- ① 出場点呼の前にPDAの電源を入れ、当日担当する行路番号を入力し、データをダウンロードする。
- ② PDAの電源を常時入れた状態でPDA及びACアダプターを携帯する。(必要に応じて詰所等で充電を行う。)
- ③ 行路表や運転時刻表等の情報(現行の携帯時刻表と同等の情報)を活用すると共に、列車の遅延情報等を参照する。
- ④ 当直からメールが送信された場合、内容を確認する。

また、運用指令や各区所の当直では、情報管理サーバーや区所用ノートPCにてPDA及びICカードによる乗務員の追跡状況の確認(図6)を行った他、出勤操作が行われているPDAに対して、メールを送信し確認状況等の確認を行った。

2005年6月からは、習志野運輸区的全運転士を対象に前回2003年度と同様の試験を行っている。さらに、今秋からは中野電車区的全運転士を対象とした試験も開始し、年度内の長期に渡り実運用試験を行っていく。

今回は、2003年度の試験結果を踏まえ、PDAはハード、ソフト両面の改良または変更を行ったものを貸与している。ACアダプターの携帯は止め、予備のバッテリーを携帯し、待機、仮眠中に充電する(関係区所、詰所に充電器を設置)という方式とした。

これらの試験から、出勤操作、データのダウンロード、PDAにおける行路表や時刻表の表示、乗務員の追跡、PDAへのメール配信といった機能について確認でき、概ね良好な結果が得られている。

PDAの操作性や機能については多くの意見を得ることができたが、消費電力についての意見が大半を占めた。PDAの電源、および無線LAN通信を常時「入」とすることにより、バッテリーが著しく消耗し、出勤(または明け開始)時から退勤(または夜間仮眠)時まで継続して使用できないことが判明し、現段階での最大の課題となっている。

この他の意見として、PDA本体の大きさ、画面の大きさや明るさといったハードウェアに対する意見、出場前のアラーム鳴動タイミングやメールクライアントの使

い勝手といったソフトウェアに対する意見なども挙げられた。



図6 区所PCでの乗務員追跡

3.3 PDA～車両モニター装置間の通信

PDAから車両モニター装置(TIMS)へ仕業データを伝送するためのインターフェイスを開発し、E231系2編成に無線LANのアクセスポイントを設置して情報の伝送試験を実施した。試験は、通告伝達システムの車上装置(情報送受信装置)に無線LANのアクセスポイントを接続し、PDAに予め格納しておいた仕業データを車上に伝送すると共に、その情報をモニターに表示することを確認した(図7)。

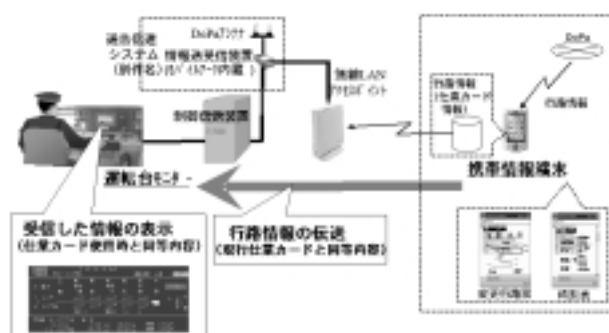


図7 車両モニターへのデータ伝送

伝送時間(5回の平均)は、PDAから情報送受信装置までが386秒、情報送受信装置からTIMSまでが8.71秒という結果であり、PDAの伝送開始からモニター表示まで12.57秒であった(注:行路単位の場合、現在は列車単位に変更している)。また、通信可能距離は車内で40m、車外(障害物なし)で15m程度であった。

以上のようにデータの伝送と伝送した情報の表示につ

いては確認することができたが、複数編成が隣接することによる電波の干渉、複数PDAの検知及び乗降車検知などさらなる開発が必要である。

4 EWS検証試験

これまでに対話的な整理案作成アルゴリズムを開発しているが、これは局所的問題解決を行うものであり、必ずしも最適な整理計画を提案するものではなかった。そこで今回、全ての労働条件を勘案した乗務員運用整理案の自動作成を目的として、乗務員運用整理問題を列車に対して乗務員の割当を行う組合せ問題としてモデル化し、この制約充足解を高速に求めるアルゴリズムを開発した。

中央総武緩行線において過去に実際に発生したダイヤ乱れ時の状況を参考に、乗務員運用の矛盾を発生させた2つの試験ケース(運休2本と折返変更2本の運転整理を実施)に対して整理案の作成と評価を行った。整理案作成を行った実行環境と試験ケースの概要を以下に示す。

表1 試験環境

機種名	ME/R B2000
CPU	PA8500 400MHz
Memory	768MB
OS	HP-UX 10.20

試験ケース1

- ・時刻06:19:00に2本の列車の津田沼駅発車時刻に遅延が発生
- ・千葉ー津田沼間で2本の列車運休と2本の折返変更を実施(図8)

試験ケース2

- ・時刻10:11:50に三鷹駅で乗務員の急病により未充当列車が発生
- ・三鷹ー中野間で2本の列車運休と2本の折返変更を実施(図8)

整理案作成の結果を表2に示す。いずれのケースにおいても60秒程度ですべての制約条件を充足する整理案を作成することができた。また、試験ケース2において作成した整理案を図8に示す。図中の細線が行路を示し、太線が行路に割り当てられた行程を示す。

また、表2において、行路数は行程の割当対象となった行路の数、割当行程数は行路への割当が必要となった行程の数である。また、未割当行程数は割当に失敗した行程の数であり、今回の試験ケースではすべての行程を行路に割り当てることができた。また、計画比率は元の計画通りに再度割り当てられた行程の比率を示しており、本試験ケースではおよそ95%の行程が当初計画されていた行路に割り当てられている。

表2 整理案作成結果

ケース	行路数	割当行程数	未割当行程	計画比率
1	163	1218	0	95%
2	132	860	0	96%

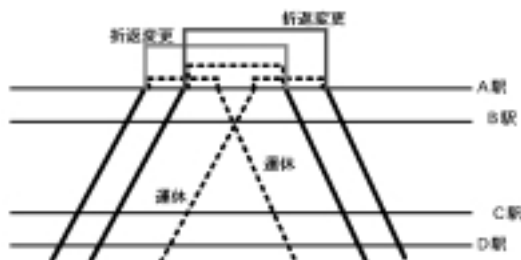


図8 試験ケース1、2における運転整理の概要
(ケース1：A駅=千葉、ケース2：A駅=三鷹)

れダイヤデータを用いたアルゴリズムの検証を行い、さまざまな状況で実用的な解が得られるように改良を加え、実運用を目指す所存である。

参考文献

- 1) 原、小島、辺田、渡邊；運用トータル管理システムの開発，JR EAST Technical Review NO.5 pp.43-54, 2003
- 2) 高橋、片岡、駒谷、原、辺田；乗務員運用整理案の自動作成アルゴリズム ～中央総武緩行線の運転士運用を対象として～，第41回鉄道サイバネシンポジウム論文集，2004
- 3) 富井；鉄道システムへのいざない，共立出版

5 おわりに

PDAや無線、通信等の汎用技術の動向を考慮しながら、乗務員へのシームレスな情報伝達、乗務員のリアルタイムな位置把握を行うことができるシステムを構築した。実際の運転士による試験を行ったことでPDAへの理解と深度化を図ることができた。今後は、消費電力の問題を解決するためのシステムの一部見直し、別件名(Crew Management Support System)の開発と協調して輸送総合システム等とのI/F関係の開発等を進める予定である。

EWSについては、列車運行乱れ時における乗務員運用整理案を高速に作成するアルゴリズムを開発した。本アルゴリズムは、一部の制約条件を緩和した初期解を求めた後、初期解の修正によってすべての制約違反解消を目指すものであり、中央総武緩行線に適用した結果、制約違反のない実行可能解を短時間のうちに得られることが分かった。今後は、中央総武緩行線における実際の乱