

乗務員運用整理支援 システムの 実運用検証試験



小島 央士*



浅見 雅之*



相馬 眞*



辺田 文彦*

列車ダイヤが乱れた際に行う乗務員の勤務スケジュール（運用）整理の作業は、経験と的確な判断を必要とする。また、各乗務員の現在位置の把握、連絡指示に時間を取られることも多い。

そこで、乗務員運用整理を支援するため、運用変更の提案と乗務員の携帯情報端末（PDA）への変更指示配信を可能とする「乗務員運用整理支援システム」を開発している。本稿では、これまでに開発した各種機能および現場フィールド試験の経過について報告する。

●キーワード：乗務員運用整理、アルゴリズム、携帯情報端末、位置把握、無線LAN、PHS

1. はじめに

列車ダイヤが乱れた場合、乗務員の勤務スケジュール（運用）も乱れるため、輸送指令で行うダイヤの整理（運転整理）にあわせ、乗務員区所では乗務員運用のリアルタイムな変更（運用整理）を行う。

その際、位置把握、運用整理、連絡指示の各過程で混乱、ミスが発生した場合、ダイヤに悪影響を及ぼす。実際、一部乗務員の位置把握、連絡指示に時間を要して、発車時刻までに乗務員の手配が間に合わない等のケースも過去に発生している。

背後要因として、乗務員基地と各乗務員との連絡手段が列車無線、電話等に限られること、運用整理案を手作業により担当者の注意力・判断のみに依存し作成していることなどが挙げられる。

そこで、乗務員運用整理を支援するためのシステムを開発し、現場でのフィールド試験を行っている。

する詰所・区所には無線LANアクセスポイント、運用整理用端末、位置表示・情報伝達用の端末を設置する。

③各乗務員はPDAを所持し、出退勤時、位置情報送信時などにサーバとの通信を行う。

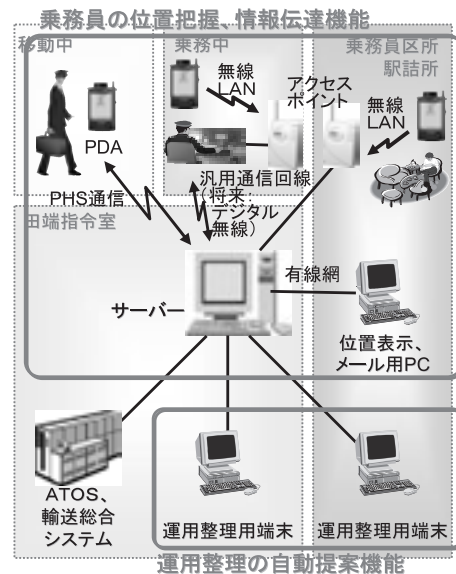


図1 ネットワーク構成

2. システムの構成と機能

システム構成と情報の流れを以下に示す（図1）。

2.1 ネットワーク構成

- ①東京総合指令室には、システム全体を統括するサーバを設置し、東京圏輸送管理システム（ATOS）、輸送総合システムと接続する。
- ②車両乗務員室には汎用の通信アンテナ、乗務員が待機

2.2 情報の流れ

情報の流れを以下にまとめる（図2）。

- ①乗務員運用整理システムサーバは、輸送総合システムから毎日深夜3時にその日に予定されたダイヤ、乗務員運用のデータを受信する。
- ②ATOSからは、列車の遅れ、輸送指令での運転整理内容を随時受信する。
- ③アクセスポイントからは、乗務員の行路番号、位置情報等を一定周期で受信する。

- ④運用整理用の端末は、列車の遅れや運休等を加味してダイヤ予測に基づき、運用整理案を自動提案し、当直助役の承認操作により、各PDAに乗務変更指示と時刻表データを送信する。
- ⑤位置表示用の端末は、集約した乗務員の位置情報を一覧表示し、一定周期で更新する。
- ⑥乗務員は指定の列車に乗車、PDAが受信した時刻表データを運転台モニタにアップロードする。

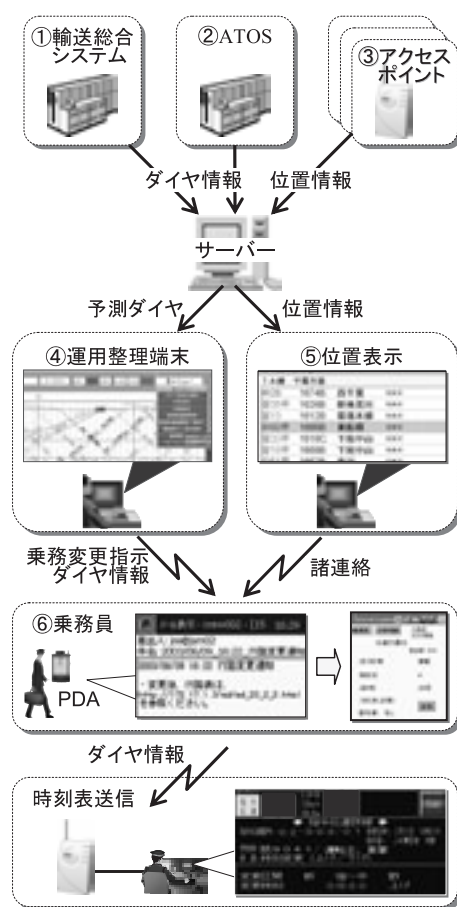


図2 情報の流れ

2.3 各機能の詳細

2.3.1 乗務員の位置把握

乗務員位置把握の機能として複数の方式を開発した。検証試験では、それらを組合せて位置検知を行っている。その詳細について以下に述べる。

(1) 無線LANを利用した位置検知

乗務員のPDAには無線LAN通信機能を搭載している。このため、無線LANアクセスポイントを設置した乗務員区所、駅詰所、車両乗務員室（将来設置予定）に乗務員が接近すると、PDAのMACアドレス（無線LAN通信機器に固有のID番号）をアクセスポイント内のメモリ（ARP

テーブル）に登録する。そのテーブルのデータをサーバ側から一定周期で読み取り、位置把握を行う（図3）。



図3 無線LANによる位置検知

各乗務員区所の端末は、サーバ上から乗務員の位置情報を一定周期で取得し、画面上に一覧表示する。具体的には、乗務中の乗務員を上下線別・現在駅順に詰所、区所毎に在室する乗務員を一覧表示し、乗務員を検索することが可能である（図4）。

図4 乗務員現在位置の一覧表示画面

なお、当初は無線LANを常時入としてPDAを使用していたため、バッテリーの連続稼働時間が実質8時間程度であり、業務終了までバッテリーが持たないケースがあった。そこで、PDA上で無線LANを一定周期でON/OFFし、消費電力を抑える仕組みを導入した結果、バッテリー持続時間が10時間半以上に向上した。

(2) 運転士用ICカードによる位置検知

現在は車両運転台に無線LANアクセスポイントが設置していないため、運転士用ICカードを利用した位置検知を行っている。具体的な手順を以下に示す（図5）。

- ・運転士が乗務開始時に車両乗務員室の運転台モニタにICカードを挿す。
- ・乗務中、運転台モニタは運転士の行路番号等ID情報と現在位置の情報を結びつけて一定周期でサーバに送信し、位置把握を行う。

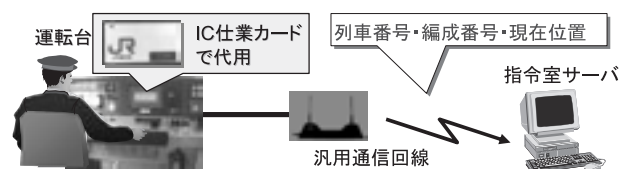


図5 運転士用ICカードによる位置検知

(3) PDA上での乗降車入力検知

他社車両は上記(1)～(2)いずれの仕組みも搭載していないため、他社車両乗車時の位置検知ができない。そこで、PDA上で他社車両乗車時の乗降車入力機能を搭載した。乗務員が乗降車情報を入力し、サーバに送信する。サーバ側でATOSの列車在線情報と組合せることにより、他社車両の時間連続的な位置検知が可能となる(図6)。

(4) PHSによる位置検知

また、簡易的に位置把握を実現できるPHSを応用した乗務員の位置把握システムを開発した(図7)。

2.3.2 未充当等の警告、運用整理案提案

列車に遅れや運休が発生し、ATOS上で運転整理を行った場合、列車ダイヤの予測を行う。予測後、乗務員未充当、乗務継続時間の上限などをチェックし、問題発生時には警告を表示する(図8)。

問題を解消するため、システムにより運用整理案を作成するが、状況に応じていかに述べる2つのアルゴリズムを使い分ける。

(1) 逐次的提案のアルゴリズム

逐次的提案アルゴリズムは、指令員が運転整理をして

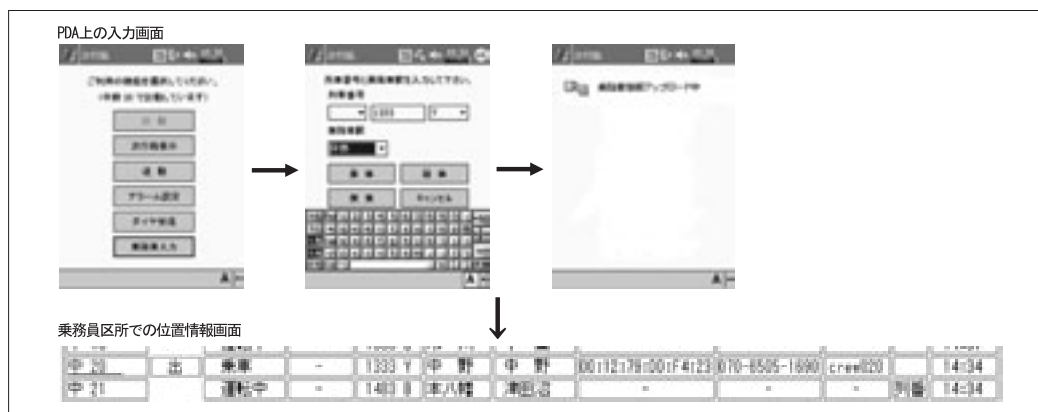


図6 乗降車入力機能の使用例

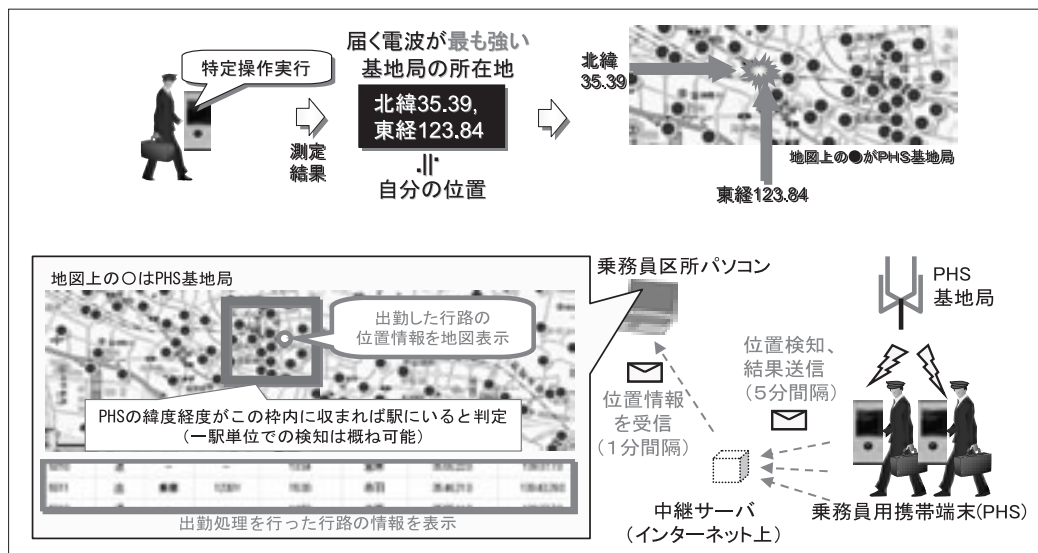


図7 PHSを応用した簡易的な位置把握
(乗務員用携帯情報端末の画像の出典：株式会社ウィルコム Web Site)

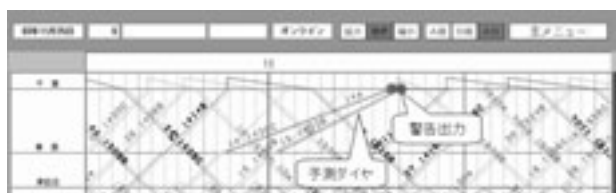


図8 ダイヤ予測と警告表示

いる時に主に用いる。休憩中の乗務員、予備乗務員に代務させるなどして、逐次的、時系列的に乗務員運用整理を行う（図9）。

待機・休憩中の乗務員に代務させる場合のイメージ

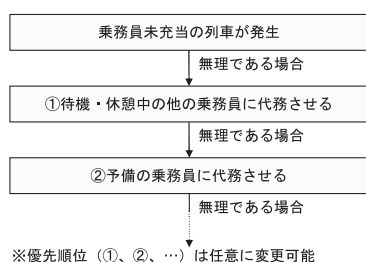
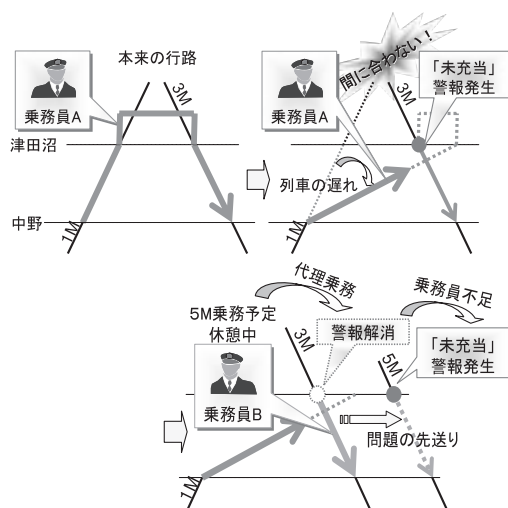


図9 逐次的提案のアルゴリズム

ここで、乗務員確保の条件としては、

- ・乗務員指導担当者に乗務させること
- ・交代する前の乗務員に続けて乗務させること
- ・勤務終了した乗務員に追加で乗務させること

なども考慮している。

(2) 運用戻し提案のアルゴリズム

指令員による運転整理が終了後、運用戻し提案アルゴリズムを用いて、乗務員を元の行路に戻す作業となる。現在時刻以降の全乗務員の行路を白紙に戻して組み替え、乗務員運用全体を元の運用に戻す（図10）。

また、各行路の乗務員への割り当て方法は逐次提案と同様に割り当てルールの優先順位に従って割り当ててゆく。優先順位の変更も任意に可能である。

なお、以下の理由からアルゴリズムを使い分けている。

- ・逐次的提案のみを用いる場合、いつまでも警告を解消できなくなることがある。
- ・運用戻し提案のみの場合、白紙組み替え直後に運休等

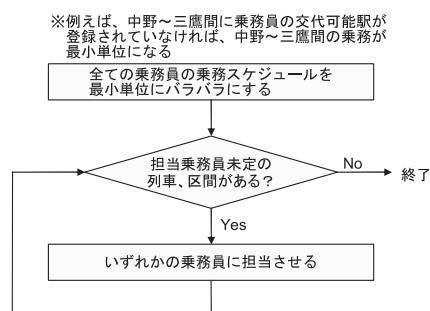
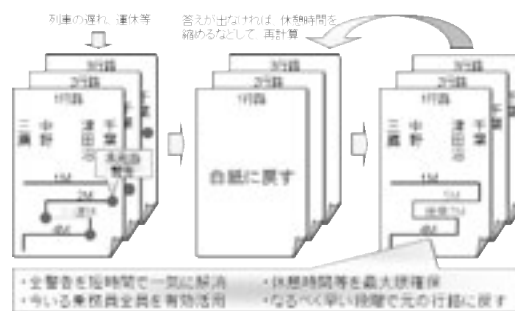


図10 運用戻し提案のアルゴリズム

が発生すると、再度白紙組み換えが必要となり、関係乗務員に再度変更指示を出さねばならず、場合によっては現場の混乱につながる。

いずれの提案も、乗務担当可能区間など制約条件を考慮しながら、元通りの乗務スケジュールに戻すことを最優先としている。

2.3.3 乗務員への情報伝達

以下の場合に、関係する乗務員のPDAに乗務変更の指示等を電子メールで一斉送信する。

- ・既述のアルゴリズムで整理案を作成後、現場の操作担当者が承認操作を行った場合
- ・位置表示用端末の画面で個別に業務連絡を作成し、送信操作を行った場合

なお、情報を受け取った乗務員は受領確認を行い、受領確認の有無はサーバ側に返信され、位置表示端末画面上で送信者が確認できる（図11）。

3. 現場フィールド試験

3.1 位置把握、情報伝達機能

中央総武緩行線の全運転士がPDAを所持して、位置把握、情報伝達の機能性検証試験を実施した（図12）。

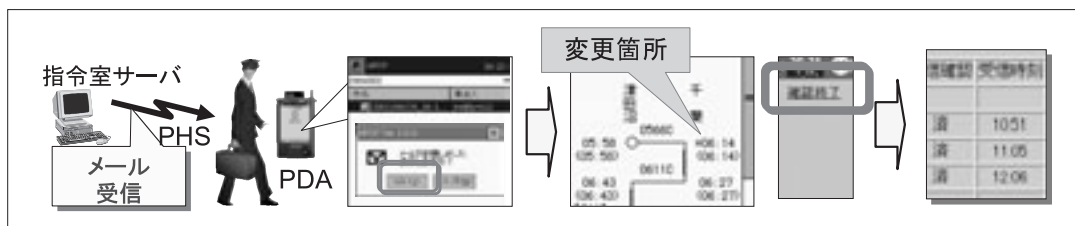


図11 乗務員への情報伝達



図12 位置把握、情報伝達試験の様子



図14 提案アルゴリズムの妥当性評価試験

この検証試験を通じ、上記の位置検知方式のうち、

- ・2.3.1 (1) 無線LANを利用した位置検知方式
- ・2.3.1 (2) 運転士用ICカードによる位置検知方式
- ・2.3.1 (3) PDAでの乗降車入力検知方式

および情報伝達機能については、有効性を確認できた。特に、位置把握については、地震によるダイヤ混乱時に活用され、現場からの好評を得た。

- ・2.3.1 (4) PHSによる位置検知方式

については、沿線のPHS電波状況と位置検知精度の調査を行った結果、駅単位での位置検知は概ね実現可能であることが分かった（図13）。この方式は、特にATOS線区外において活用が期待できる。

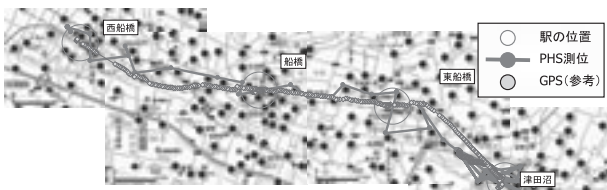


図13 PHS位置検知の精度測定結果

3.2 運用整理案提案機能

提案アルゴリズムの検証を行うためには、様々なダイヤ乱れのパターンにおいて検証を繰り返し行う必要がある。実際に発生したダイヤ乱れの事例について逐次的提案のアルゴリズムを現場担当者と検証した（図14）。

結果として、上記の事例では概ねダイヤ乱れ～収束までの間ほぼ連続的に運用整理を行うことはできた。

今回の検証結果から以下の課題が抽出された。

(1) 直前発生警報への対処

ATOSからの情報受信タイミング等に起因し、未充当警報が突然発生することがある。この場合、実際の操作者のシステム操作が追いつかず、列車の発車時刻までに乗務員の手配が間に合わなくなる可能性がある。

(2) システム考慮対象外事項への対処

乗務員の男女識別がないため、終電間際のダイヤ乱れにおいて乗務員の宿泊地を変更する場合、女性乗務員用寢室数が不足する可能性がある。

また、中央総武緩行線列車以外のダイヤを考慮していないため、例えば並行する快速線列車に便乗させるなど、一部場面で実態に合った提案ができていない。

この他にも、システムの操作性改善といった要望があり、実用化のため引き続き検証試験を行っていく。

4. おわりに

今後の実用化に向けては、検証事例の絶対数、懸案事項などの観点から、提案機能の検証試験は途上であると言える。よって、さらなるモニタ試験は必須と考える。これを解決して一刻も早い実用化を目指したい。

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) 富井；鉄道システムへのいざない，共立出版