

地方線区用 通告システムの 開発



茂木 重満*



井上 健造**



相馬 眞*



辺田 文彦*

これまで運転通告の支援を目的に開発してきた通告伝達システムは、首都圏線区を前提とした、車上モニタ装置など既存システムを活用したシステムであるため、モニタ装置が搭載されていない地方線区へそのまま展開するためには、車上モニタ装置の搭載など莫大な費用がかかることとなる。

そこで、車両にモニタを搭載せず、携帯電話などの汎用インフラを使用することで携帯電話の画面に通告内容を表示し、低コストで展開可能な「地方線区版」通告伝達システムを開発した。このシステムの機能確認試験は田沢湖線盛岡～秋田間で実施した。

●キーワード：運転通告、通告伝達システム、GPS

1. はじめに

台風や大雨などの際、自然災害が発生すると列車の安全な運行に支障するため、列車の最高速度を規制したり、あるいは運行を中止することで未然に事故を防止し、安全を確保している。これらは風速、雨量などが一定のしきい値を超えた場合に発令することとなるが、現在は防災情報システム（プレダス）により情報が一元管理されており、指令室で警報表示がされるなどの支援が進んでいる。しかし、実際の最高速度の規制や運行中止などは、輸送指令員が乗務員に対して指示をする必要がある。

また人身事故や車両故障などの輸送障害によりダイヤが乱れた際には、輸送指令では列車の運休や折返し変更などの手配（運転整理）により、平常ダイヤへ早く復旧をするための手段を講ずる。これらの運転整理を計画通りに実施するには、実際の列車に乗務する運転士、車掌にダイヤの変更事項を指示する必要がある。

速度規制や運転取り止め、折返し変更のほか、列車の運行管理上必要な指示を「運転通告」と呼ぶ。

地方線区においては、通告に必要な駅社員が配置されている駅も少なく、指令員がこれらの運転通告を直接乗務員に対し列車無線で行う場合が多いため、運転整理や列車制御などの作業との競合が発生する。

一方これまで運転通告の支援を目的に開発してきた通告伝達システムは、首都圏の在来線列車無線のデジタル

化にあわせて展開することになっており、開発時のコンセプトをそのまま流用し車上モニタ装置など既存設備を活用するシステムである。このため、地方線区においては列車無線のデジタル化が未計画であることに加えて、モニタ装置が車両に搭載されていないため、これをそのまま展開するためには、莫大な費用がかかることとなる。

そこで、携帯電話などの汎用インフラにより、低コストで展開可能な「地方線区版」通告伝達システムを開発し、盛岡～秋田間において現地試験を実施したので、以下にその概要を記述する。

2. 開発の背景

2.1 現在の運転通告方法

2.1.1 駅社員を介した運転通告

一般的に図1の(a)に示すように、輸送指令の運転整理計画者によって計画されたダイヤ変更事項や速度規制事項は主要駅に対して伝えられる。駅社員はこれをもとに必要な事項を「運転通告券」に記入後、運転士あるいは車掌に直接渡し通告内容を伝達する。

2.1.2 列車無線を使用した運転通告

図1の(b)に示すように、列車無線を使用した運転通告では、輸送指令と乗務員が直接会話できるので、急遽の場合などには非常に有効な手段ではある。しかし乗務員は無線で受領した内容を「運転通告受領券」に記入し

なければならないため、手間が掛かるだけでなく、書き間違えるといったことも生じ得る。

また現在使用されている列車無線には、以下のような弱点がある。

- (1) 無線機のチャンネル数に限りがあるため一対一の通話しか行えない。
- (2) 沿線の周辺環境により無線電波の届きにくい難聴区間が存在する。
- (3) 運転士がブレーキ扱い中であったり、車掌がドア開閉扱い中であったりすれば、乗務員は無線に出ることはできない。

このように、列車無線では直接話せるというメリット以上に、タイムリーに伝達できない可能性があるというデメリットが大きいことがわかる。なお実際の運転通告時では、個々の列車に異なった情報を短時間で送る必要があることから、急遽の場合を除き (a) の駅社員を介した運転通告を行っていることが多い。

(a) 駅社員を介した運転通告

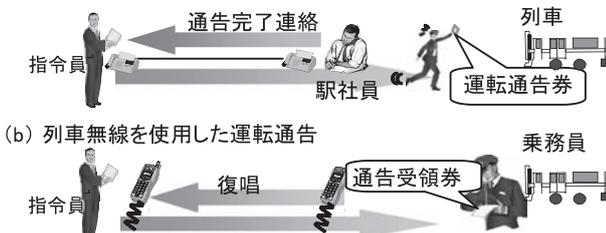


図1 現在の運転通告方法

2.1.3 運転通告の完了

上記2通りの方法による伝達行為は、指令から乗務員への一方の情報伝達ではなく、乗務員がその情報を確実に受領したということを指令員が把握することも非常に重要である。なぜならば、進路構成など最終的な列車制御は輸送指令で行っているためであり、かつ運行管理者としての責任が輸送指令にはあるためである。受領の把握については、(a) の駅社員を介した場合には、運転通告券を乗務員に手渡した後、駅社員は輸送指令にその旨を伝える。また (b) の列車無線を使用した場合には、個々の列車の運転士・車掌にそれぞれ別々に運転通告し、通告内容を復唱させる。

このように輸送指令から乗務員に対して行う運転通告は非常に手間と時間の掛かる作業となっている。

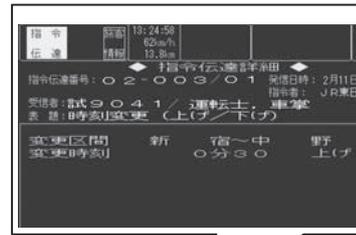


図2 首都圏の通告伝達システムイメージ

2.2 首都圏で開発したシステムの概要

東京圏輸送管理システム (ATOS) が既に導入されている中央総武緩行線をターゲットに試作した「通告伝達システム」は、人手を介さず自動的に乗務員へ運転通告を伝達するシステムである。

通告伝達システムでは、輸送指令員が入力している ATOS の運転整理データをもとに通告情報を自動生成し、対象となる列車に自動的に伝送、運転台モニターに内容表示する (図2)。また、乗務員が運転台モニターのタッチパネルで受領確認操作を行うと、そのデータが指令室に返信され、輸送指令室のモニターでは受領確認状況を確認することができる。地上～車上間の通信には、汎用公衆通信網 ((株) NTTドコモのDoPa) を用いた。

なお、通告伝達システムは首都圏在来線列車無線のデジタル化にあわせ、2009年度に山手線から実使用を開始し、順次、各線区に導入される計画である。

2.3 地方線区での開発コンセプト

首都圏の在来線については列車無線のデジタル化工事が進められているが、地方線区については未計画の状況である。また地方線区においては車両のモニター装置自体がないため、首都圏のような画面でシステム構築するには車両に後付けできる簡易モニター装置を搭載するなど、莫大なコストが必要である。

そこで、地方線区での運転通告支援のシステム開発コンセプトを以下とした。

- (1) 首都圏通告伝達システムでの思想、機能を流用する。
- (2) 携帯端末や携帯電話網などの既存技術を活用する。
- (3) 安価に展開可能なものとする。

3. 開発概要

3.1 システムの概要

開発したシステムは、指令側サーバー・端末と乗務員用携帯端末装置の2つに分かれており、指令側サーバー・端末では、主に通告の作成、送信、通信の管理を行い、乗務員用携帯端末（以下、乗務員端末）では通告受信の表示、確認操作、注意喚起などを行う。

図3により、通告システムの一連の流れを説明する。まず乗務員が乗務員端末において列番設定を行うと①、乗務員端末に割り当てられている携帯電話アドレスと列番が関連付けされた情報がサーバーに登録される②。運転整理や速度規制などの通告のもととなる情報がPRCやブレダスから取得されると③、これをもとに通告サーバーでは携帯電話網に載せるための通告データ作成を行うとともにサーバー内に登録し、既に②で登録されている携帯電話アドレス・列番データをもとに乗務員端末にデータを送信する④。乗務員端末では受信した通告データの着信表示を行う⑤とともに、データ到達確認をサーバーに自動的に返信する⑥。乗務員端末では乗務員による内容の受領確認操作が可能となっており、操作を行うことにより⑦受領データが通告サーバーに登録される⑧。

また、通告サーバーでは、通告の送信や受領状態を監視し、必要に応じて警報出力を行う「受領状況監視機能」や、乗務員端末では受信した通告情報の施行箇所付近で乗務員に注意喚起する「失念防止支援機能」なども兼ね備えている。それぞれの詳細については次節で述べる。

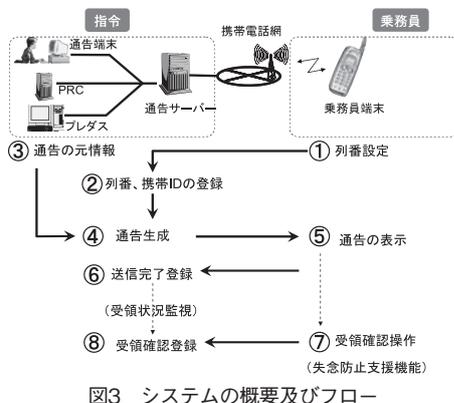


図3 システムの概要及びフロー

3.2 通告システムの主な機能

3.2.1 通告作成機能

通告システムでは通告データのもととなる情報として、

ブレダスによる速度規制情報、PRC運転整理情報、通告端末に指令員が入力する情報を利用する。

(1) ブレダス速度規制通告

ブレダスは、鉄道沿線の防災用気象観測機器測定データを通信回線により常時集約しており、データ表示だけでなくしきい値を超えたときの規制情報を指令室および保守区などの表示装置に画面表示するオンラインシステムである。表示する規制情報の内容としては、運転中止や速度規制、規制解除などの区分、風速や雨量などの規制理由、また観測機器ごとに予め決められている規制区間などである。通告サーバーではこのブレダスで表示出力される規制情報をインターフェース装置を介して取り出し、通告の編集用データとする。しかしこの状態ではまだ対象となる列番が特定されないため、次節で述べる通告対象列車特定機能で把握した列車在線情報により、その区間に進入する（あるいは進入する方向に走行している）列車を抽出し、速度規制通告を自動作成する。

(2) PRC運転整理通告

ダイヤに遅延などが発生すると、当初の計画ダイヤに早く復旧させるために列車の運休や折返変更、時刻変更などの運転整理を行っており、PRC装置には輸送指令員によりそれら運転整理の内容が入力される。基本的にこの運転整理の内容が運転通告の内容となることがほとんどであるので、通告サーバーではPRCからこの運転整理された際のダイヤデータを取得し、計画ダイヤとの比較からダイヤ変更部分の情報を抽出し、運転整理通告を自動的に編集する。

(3) 通告端末手入力通告

ブレダスやPRCから情報を取得し自動作成できる通告以外にも、踏切故障、信号機故障などによる臨時徐行の通告が存在するため、これらの通告は通告端末に指令員が入力することにより作成できるものとした。手動によるため簡単なマンマシンインターフェースが望ましいことから、テンプレートによる入力方式とした。踏切故障などの通告については、踏切名称を選ぶことにより施行箇所がセットされるが、列番の特定についてはブレダス速度規制と同様に通告対象列車特定機能により把握する列車在線により進入列車を抽出し通告を自動作成する。なおPRCやブレダスとの接続をしなくても大方の通告が網羅できるように、運転整理や速度規制についてもテンプレートを用意している。

3.2.2 通知対象列車特定機能

通知の送信対象となる列車（乗務員端末）を特定する機能であり、列車登録、列車追跡の2つがある。

(1) 列車登録

通知を作成する指令側では通知する相手を列車番号（列番）で管理しているため、通知対象列番とその列車に乗っている乗務員の端末とを関連付けする必要がある。本システムでは、乗務員が列車乗務時に乗務員端末の列番設定画面から乗務列番を選択し登録操作することとした（図4）。当初の計画以外の乗務を指定された場合には、列車番号、乗務開始駅、終了駅などの設定が必要である。操作された情報は乗務員端末の携帯電話アドレスとともに通知サーバーに送付され登録される。なおPRCと接続している場合においては、PRC上の在線列番との照合を行い、入力された列番が存在しない場合には再設定を求める。

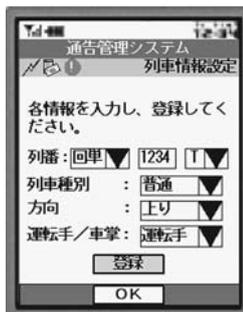


図4 乗務員端末列番設定画面の例

(2) 列車追跡

前節で述べた速度規制や踏切故障通知などの作成時において、その区間に進入する列車もしくは進入する方向に走行している列車を抽出するため、列車追跡による在線位置把握が必要である。また次節で述べる受領状態監視でもこの在線位置が必要となる。

列車追跡の方法としては、①乗務員端末で一定周期に取得するGPS緯度経度情報を線路のキロ程に補正変換する方法、②PRC位置情報をそのまま用いる方法、③ある地点からの走行距離をランカンプから予測する方法、のそれぞれを必要に応じて使い分けている。

3.2.3 受領状態監視機能

運転通知は現状でも、駅社員からの通知完了報告や乗務員からの内容復唱など、一定の伝達手順を踏むことにより、情報伝達の確実性を保っている。そこで本システムにおい

てもこの確実性を確立するため、乗務員端末にデータが到着後、到着したことを通知サーバーに自動送信する機能を設けた。また運転通知内容を乗務員端末の画面に表示するだけでなく、画面上に受領確認ボタンを設け、乗務員が受領確認ボタンを操作することにより、受領確認完了データを通知サーバーに送信する機能を持たせた（図5）。一方、通知サーバーでは受領確認監視テーブルを設け、どの通知が車上装置で受信され、どの乗務員が受領確認操作を完了しているか監視している（図6）。また前節で述べた在線情報を活用し、通知施行箇所の手前一定距離において未受領となっている通知に対して警報出力を行う。



図5 携帯端末の通知表示画面



図6 通知サーバー画面の例

3.2.4 失念防止支援機能

乗務員端末で受信した通知内容は、画面表示するだけで「紙」に残らないため、これまでのように運転台に掲出しておくことは不可能である。このため、乗務員が変更事項を失念する危険性があり、このヒューマンエラーを防止する機能が必要である。そこで通知の施行箇所より一定距離前に列車が到達すると、乗務員端末で通知音鳴動（バイブレーション）とポップアップ画面表示により注意喚起を行う機能を設けた。また過去に受信したデータは、乗務員端末内に蓄積しておくことが可能で、乗務員が内容を確認したいときには、ボタン操作によりいつでも参照できるようにした（図7）。



図7 失念防止支援機能のイメージ

3.2.5 システム導入で見込まれる効果

地方線区用通告システムは運転通告業務の支援、作業軽減を行うとともに、通告事故対策としても有効な機能を有している。現在の通告業務は2項「開発の背景」で述べたとおり、人が介在し、人の注意力に依存した作業で行われており、次のような通告事故の要因が考えられる。

- 指令員：①通告情報見誤り
②解除の判断誤り
③通告の失念
- 駅社員：④通告券への通告内容記入誤り
⑤通告券の失念
- 乗務員：⑥通告内容受信後の失念
⑦通告内容書き写し誤り
⑧思い込みによる通告内容の聞き間違い

これらの通告事故の要因に対し、地方線区用通告システムでは次の機能で対策が図れる。(表1)

表1 システムの機能と対策の図れる通告事故の要因

地方線区用通告システム機能	通告事故の要因
規制発生の都度、自動的に規制内容を人を介さず、直接、乗務員に送信する。	①, ②, ③, ④, ⑤
失念防止支援機能による乗務員への注意喚起	⑥
通告内容を文字で表示する	⑦, ⑧

4. 試験結果

4.1 試験システム機器構成

機能確認試験では、乗務員端末としてアプリケーションソフトをインストールした携帯電話を8台用意し、指令側装置としては通告サーバー、通告端末、PRCやプレダスとのインターフェース装置を指令室に設置した。PRCについては訓練装置環境で動作確認を行ったうえで実機

に接続した。プレダスについては模擬装置によりデータ取得を行うこととした(図8、図9)。

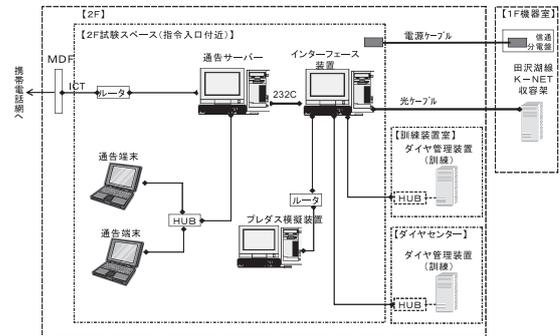


図8 指令室装置概略



図9 指令室内地上側試験装置

4.2 試験結果と考察

4.2.1 各機能確認試験

2008年6月30日～7月3日に田沢湖線、盛岡～秋田間で「地方線区用通告システム」の現地試験を実施した。試験は秋田支社指令室内に仮設した通告伝達システムから試験用通告電文を送信し、営業列車の運転室に添乗した試験員が乗務員端末に受信した通告内容の受信タイミングや伝送状態を確認した(図10、図11)。



図10 試験風景(乗務員端末)



図11 試験風景(指令室通告サーバ)

(1) 基本機能の確認試験

「列車位置追跡機能」「通告生成機能」「通告自動送信機能」「送信・受信監視機能」の各機能が正常に機能していることを確認した。「失念防止支援機能」については、GPSの測位失敗により、設定された地点から大きくズレて「失念防止」を表示する傾向が多く見られた。

(2) 伝送状態の確認試験

① 通告内容伝送時間

地上システムから通告内容が車上の乗務員端末に届くまでの伝達時間（電波弱電界区間を除く）は最短で2秒、最長でも50秒であった。測定データ全体（143件）のうち74%が20秒以内に収まっており、20秒を超える伝送ではGPSの測位失敗によるリトライが発生していた。リトライ中はデータの送受信ができないため、他に比べ異常に長く時間がかかっていた（図12）。

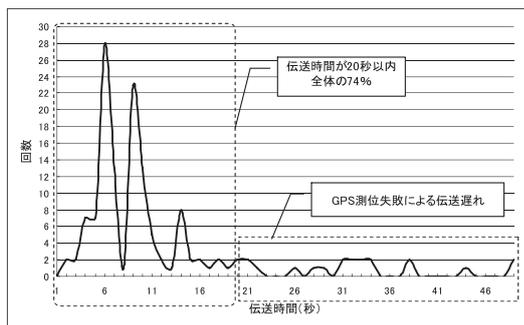


図12 通告内容伝送時間

② 乗務員乗り継ぎ時の通告受信時間

乗務員端末で列番登録を行ってから通告内容が受信可能となるまでの時間は11秒～45秒であった（図13）。①の伝送最大時間50秒を加えたとしても、乗務員端末で列番登録を行ってから通告内容を受信するまで、最大でも約1分40秒であり、乗務員の乗り継ぎ時間2分～2分30秒の範囲内に収まることが確認できた（図13）。

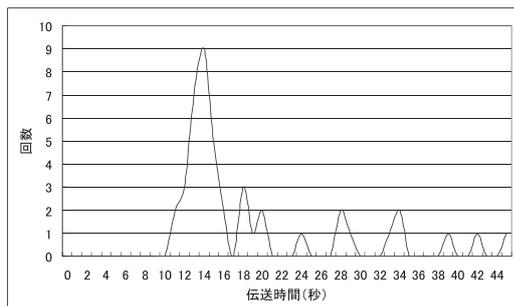


図13 乗務員乗り継ぎ時の通告受信時間

③ 電波弱電界区間走行時の受信地点

電波弱電界区間を走行している試験列車に対してランダムに通告電文を送信し、リトライを発生させ、送信した通告電文が電波弱電界区間を抜けてからどれくらいの地点で受信するかを測定した。測定結果から、電波弱電界区間を抜けてから約1.5km～2.3km以内で受信が可能であることが分かった。

失念防止機能の表示地点のズレや、通告内容の伝送に時間がかかる事象は、GPSの測位失敗によるリトライが多発したことが原因である。これには田沢湖線沿線の地形が影響をしており、山間部を走行する列車でのGPS測位が不安定であることによる。

5. おわりに

実使用環境を想定したシステムの機能確認試験を実施し、失念防止機能を除く各試験項目は良好な結果が得られた。失念防止機能については、田沢湖線内には軌道回路の長い区間も存在するため、表示タイミングの位置精度をさらに向上させる目的でGPS方式測位の機能確認試験を行ったが、十分な効果が得られなかった。しかし、表示位置のタイミングは基本的にPRC在線情報に基づき表示することで、改善が可能であると考えられる。

2009年度は既存のPRC装置、プレダス装置と地方線区用通告システムを接続し、実用化判断の最終試験として実使用環境での機能確認試験を実施し、早期実用化をめざす。

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, No5, pp.43～54, 2003
- 2) 小島、相馬、辺田 地方線区用通告システムの開発, JR EAST Technical Review, No20, pp.43～47, 2007