

列車無線高度化システム

新井 隆 (あらい たかし)

永井 義久 (ながい よしひさ)

特集 1

① まえがき

鉄道分野では、列車運行を管理する指令所と列車乗務員との連絡手段として列車無線を用いてきた。近年は携帯電話などの急速な普及もあるが、専用回線で通信を行う列車無線システムは、安全安定輸送を担うための保安通信設備として、ますます重要な位置づけとなってきている。

無線システムは、電波型式によりアナログ方式とデジタル方式に大別されるが、すでにアナログ方式を敷設している線区へ容易に導入できるといったコストパフォーマンスを考え、アナログ方式での機能向上策を検討してきた。

本稿では、アナログ無線電波を使用した列車無線高度化システムの構成・機能について紹介する。

② システムの概要

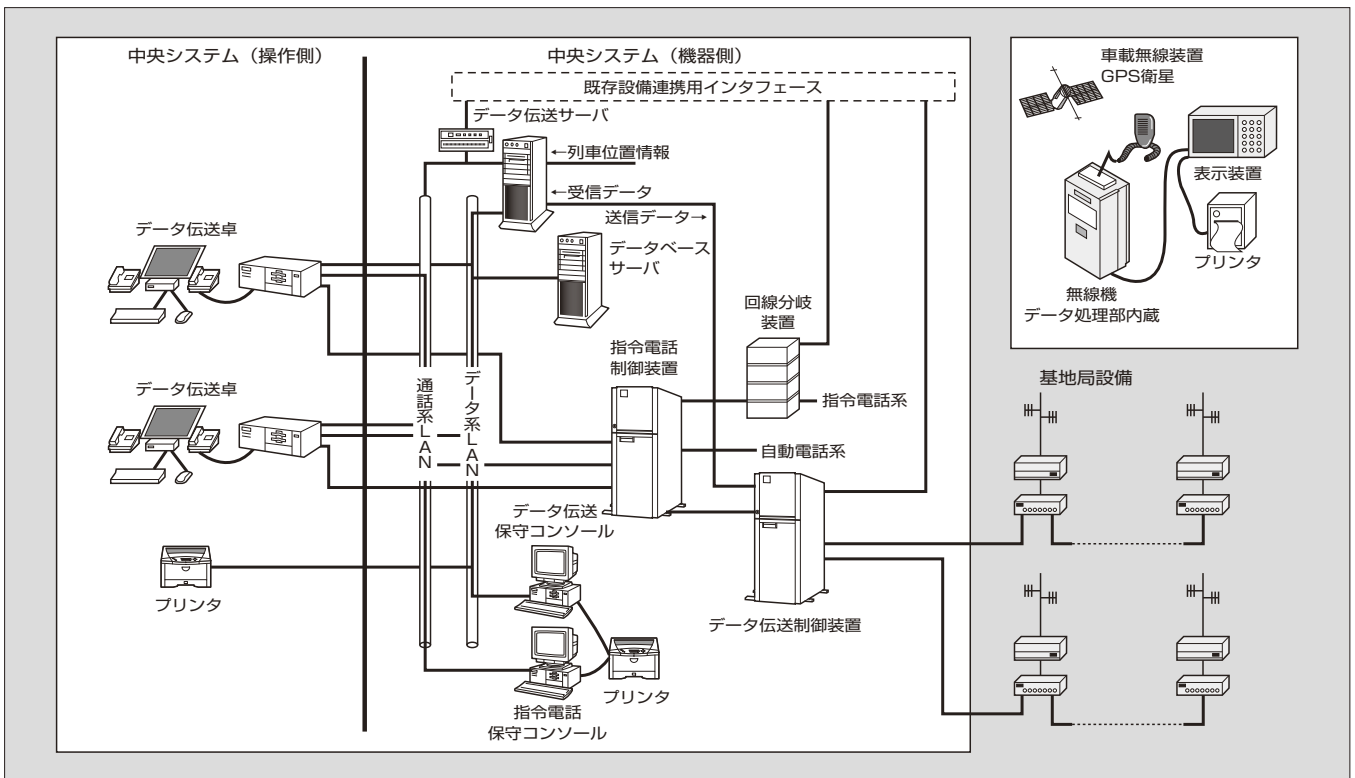
列車無線高度化システムは、指令所へ設置する中央システムと、沿線の信号通信機器室などに設置する基地局設備、および車両運転台に設置する車載無線装置により構成する。システム構成を図1に示す。

2.1 中央システム

(1) データ伝送卓

液晶ディスプレイ、キーボード、マウス、通話機などで構成し、列車への伝達情報作成や、列車無線・鉄道電話などの音声通話を行う。操作画面は、伝達情報の作成・送信状況監視・履歴画面、列車無線画面、鉄道電話画面、メン

図1 システム構成



新井 隆

電気鉄道変電設備、電気鉄道用情報処理システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社産業・交通システム本部交通・特機統括部交通技術部担当課長。



永井 義久

電気鉄道用情報システムの技術企画業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社産業・交通システム本部交通・特機統括部交通技術部。

テナンス画面があり、用途に応じた画面で操作する。伝達情報の作成を含めた主な操作は、マウス操作のみで行える。路線・区間別や、担当指令業務別に複数卓設置する。

(2) データ伝送サーバ

情報伝達に必要な各種制御・表示・履歴データの一元管理を行う装置で、制御系の伝送サーバと、データベースサーバで構成する。冗長性の確保は、予備サーバを設け、起動時の選択によりどちらのサーバとしても起動可能にして、設置スペースの削減も両立する。また、LAN インタフェースを設け、列車無線システムを部分更新する際の既存設備情報入力や、指令の関連システムと連携し、データ共有などを行うことができる。

(3) データ伝送制御装置

列車無線回線の回線制御と、車載無線装置との送受信信号を音声部、データ部へ分離・合成する装置である。音声回線に不要なデータ音のミュート処理もこの装置で行う。

主な中央システムの仕様を表1に示す。

2.2 基地局設備

無線部、線輪部、およびデータ伝送付加装置で構成し、車載無線装置と無線での信号送受信、中央システムと有線での信号送受信を行う装置である。

基地局は、ゾーンと呼ばれる最大10局単位で中央システムと芋づる式に接続する。

2.3 車載無線装置

無線機、表示装置、プリンタなどから構成され、運転台

表1 中央システムの仕様

項目		仕様
共通	収容回線	指令電話系最大128回線
		列車無線最大64回線
		データ伝送卓最大16卓 (各2者扱い)
データ伝送卓	制御装置	32ビットCPU制御
	インタフェース	列車無線回線、指令電話回線、録音装置起動
	通話機	2台、モニタボリューム付
	ディスプレイ	15型TFT液晶
	操作装置	汎用キーボード、マウス
データ伝送サーバ	構成	制御サーバ、データベースサーバ
	形状	タワー型
	メモリ	512Mバイト以上
	HDD	RAID構成
	電源	冗長化
データ伝送制御装置	形状	ロッカ型
	入出力インピーダンス	600Ω±20%以内
	周波数特性	300~3,400Hzにて±3dB以内
	ひずみ率	3%以下
	SN比	50dB以上
送受信信号	DTMF、プレス、MSKデータ	

や車掌室ごとに1セット設置する。無線機は、事故・故障時の車外持ち出し運用を考え、屋外仕様・携帯型とした。表示装置は、操作部と一体とし、表示を確認しながら、列車番号の設定や伝達情報の表示、印字操作が行える。また、伝達情報は80件まで蓄積できる。

車載無線装置の仕様を表2に示す。また、列車に搭載した車載無線装置を図2に示す。

表2 車載無線装置の仕様

項目		仕様
無線機	空中線電力	1W
	空中線インピーダンス	50Ω 不平衡
	周波数	400MHz帯3波
	電波型式	F3E, F2D
	通信方式	単信
	発振方式	水晶発振による周波数シンセサイザ方式
	受信方式	ダブルスーパーヘテロダイン方式
	電源電圧	公称電圧 7.2V
	データ送信方式	変調方式 通信速度
表示装置	LCD方式	3.8型STNカラー
	表示文字数	10文字×7行(全角)
	表示文字	英数字、仮名、漢字
	操作ボタン	15個(テンキー+機能キー)
プリンタ	印字方式	サーマルラインドット方式
	印字幅/紙幅	48mm/58mm
	最高印字速度	50mm/s max
	最大印字けた数	20けた
	データ入力形式	シリアル入力
	文字種類	漢字(JIS第1, 第2水準)

図2 列車に搭載した車載無線装置



3 機能

3.1 伝達情報データ送信機能

伝達情報（運転変更事項の連絡や乗客案内のための気象・事故情報など）を指令員が作成し、必要な列車乗務員に対し、データとして送信する機能である。車載無線装置で受信されたデータは、表示装置への表示やプリンタへの

印字が行われる。図3に送信シーケンスを示す。

音声で連絡する場合と比べ、次のメリットがある。

○情報伝達までの時間短縮

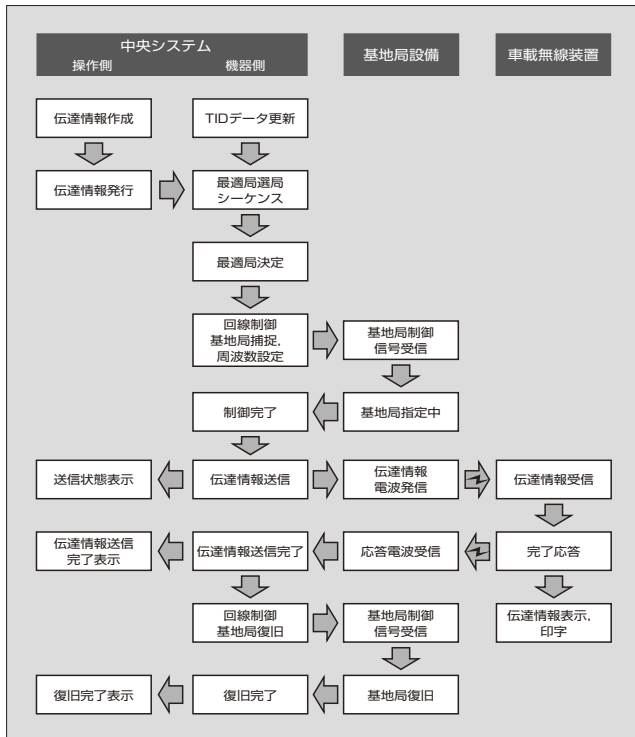
音声では必要であった復唱での内容確認や、その内容の筆記といった時間が不要となり、情報伝達までの時間が短縮される。その結果、電波の有効利用が図れる。

○事前連絡が可能

列車乗務員が無線を扱えない状態（運転操作中や、検札などで運転室不在時）でも、前もって連絡しておき、乗務員は都合に合わせた情報確認ができる。

また、重要な内容の情報では、列車乗務員が確実に受け取ったことを確認するため、乗務員へ受領確認を要求し、指令でその受領応答を確認できる、という機能も付加できる。このデータ送信では、列車（移動体）という時々刻々と変化する電波状況での通信のため、次のようなエラー修正処理やリトライ処理技術を用いている。

図3 伝達情報の送信シーケンス



(1) ビットエラー自動修正処理

一つの伝達情報は、4～6文字ごとにブロック化し、そのブロックごとに符号化を行い、車載無線装置に向け送信する。車載無線装置で受信後、復号時に6ビットのエラーまでは自動修正できる技術を用いた。これにより、パルス状ノイズや、複数の電波伝搬経路による電界強弱の発生によるエラーを修復できる。

(2) ブロックリトライ処理

数ビットのエラー修正では対応できないエラーに対しては、エラーとなったブロックを、指令に対し再送要求を出し、そのブロックのみを送信する処理を追加した。これにより、高架下や短いトンネルの通過による短時間のデータ欠落を補償することができる。

電文を送信した際のエラー修正処理の概要を図4に示す。

図4 伝達情報のエラー修正処理の概要

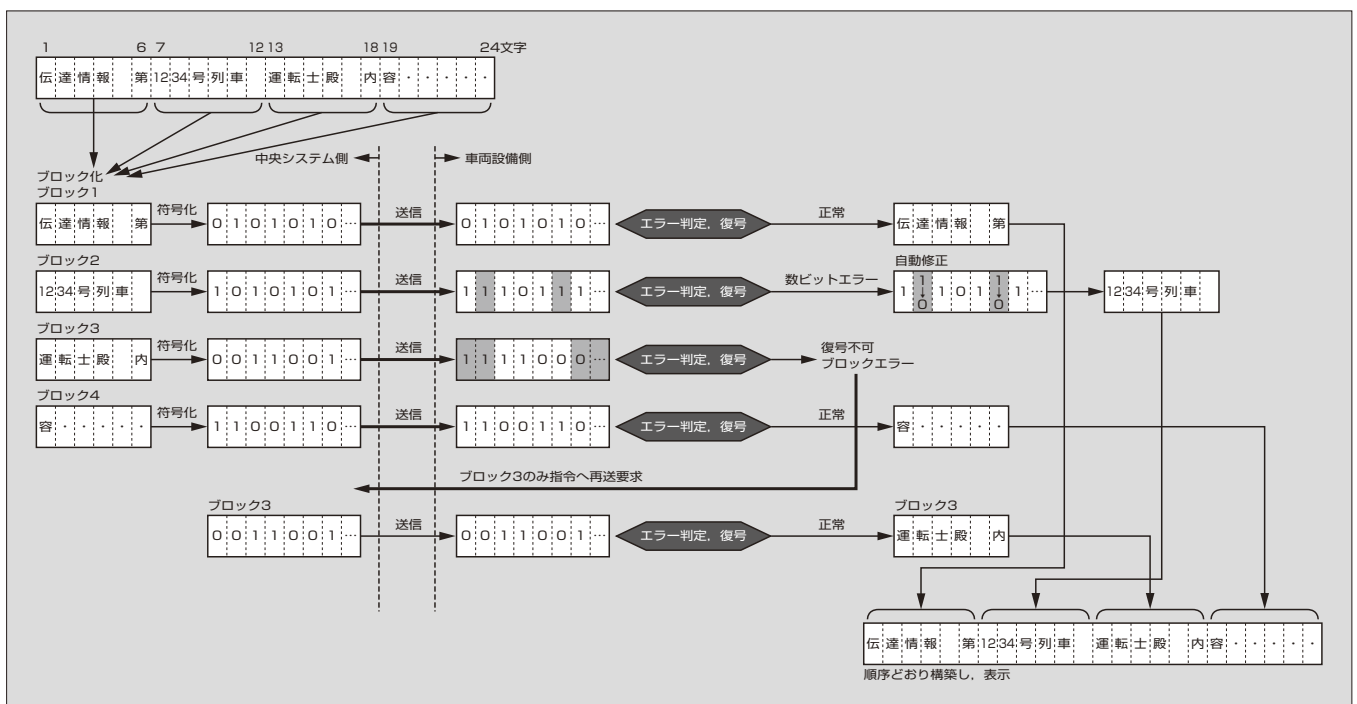
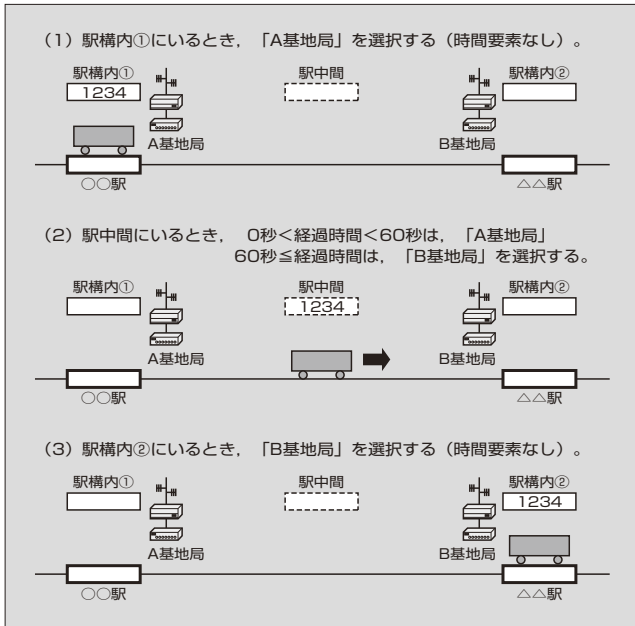


図5 最適局選局ロジックの概要



3.2 最適基地局選局機能

中央システムでの列車位置は、駅構内および駅中間の2種類というあいまいな把握しかできない路線もある。駅中間では、基地局の電波エリアが換わるため、従来は、指令員の経験に基づいて基地局を選択し、列車の捕捉（ほそく）を行っていた。そこで駅構内や駅中間の列車番号に対して、標準運転時分に基づくタイマ値を割り付け、経過時間に応じて最適な基地局を選択するロジックを作成した。伝達情報の送信や、列車番号選択による音声通話のときに利用できる。また、送信周波数設定も列車位置データをもとに自動的に切り換えるようにした。

図5に最適局選局ロジックの概要を示す。

3.3 音声通話の利便性向上機能

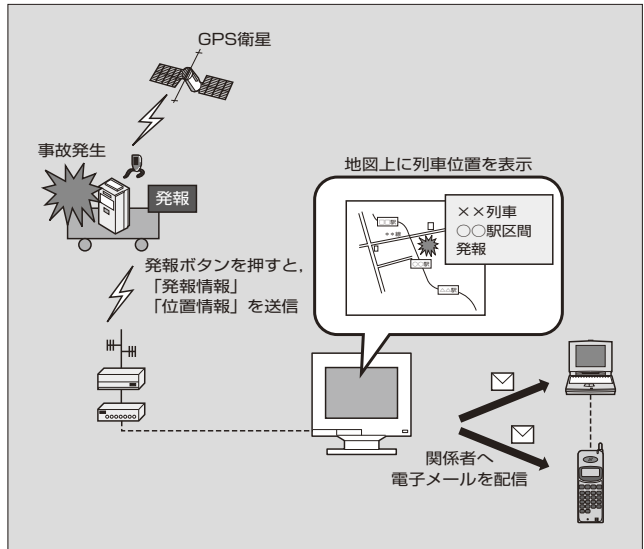
(1) 呼出し時の列車番号データ付加

従来、列車からの呼出しは、音声聞いてどの列車かを判断しており、聞き取りづらい場合には判断に時間がかかっていた。そこで列車からの呼出しには、自動的に列車番号データを付加した伝送を行い、データ伝送卓には列車番号を表示させた。これにより、どの列車からの呼出しが即座に判断でき、その列車番号を選択すれば、通話開始できるようにした。

(2) 後呼出し列車への無応答対策

1ゾーンに対しては、1列車との通話しか行えず、新たな列車から呼出しがきても、指令はその呼出しは不明、列車は指令無応答という状況になっていた。そこで、回線使用中に新たな列車呼出しがあった場合は、基地局にて列車番号をいったん記憶し、その列車に対しては話中音を発信する。記憶された列車番号は、通話の空きタイミングを利用し、中央システムに送信する。データ伝送卓の画面には、通話中のゾーンで新たな呼出しがあったことと、その列車

図6 GPS情報の活用例



番号が表示される。先の通話終了後に、その列車番号を選択し、その列車と通話を開始できる。

3.4 GPS 情報処理機能

車載無線装置は、現在位置を経度・緯度情報で指令に送信するGPS (Global Positioning System) 機能を追加することが可能で、以下の用途に利用できる。

(1) 最適基地局の選択

最適基地局選局ロジックにGPS情報を活用し、平常運行時のみならず、運行が乱れているときの選局精度向上を図り、さらなる安定した無線通信が可能となる。

(2) 防護無線と連動させた指令への情報通知

事故時などに周辺列車へ危険信号を発信する防護無線との連動により、周辺列車のみならず指令でもすぐに防護発報列車の列車番号および位置を把握でき、影響範囲の詳細な把握により、事故の早期対策・復旧に貢献できる。GPS情報活用例を図6に示す。

4 あとがき

列車無線システムの機能向上策について述べた。公共交通機関への安全・安定性のさらなる向上を求められる中で、指令員と列車乗務員間の連絡手段として、列車無線システムは重要な設備であり続けると考える。将来的には、指令員と列車乗務員間の通信以外に、列車乗務員同士や、列車乗務員と駅務員間のデータ通信へと広がりを見せるだろう。今後も各位のご指導を仰ぎながら、さらなる機能向上を図っていく所存である。

このシステムの設計・製作にあたり多大なご指導・ご協力をいただいた関係各位に深く感謝する次第である。

参考文献

(1) 濱田高史ほか. Cタイプ列車無線を利用したデータ伝送システム. 第42回鉄道サイバネ・シンポジウム, no.802, 2005.



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。