

地方交通線向け列車制御システム 車上装置の開発

○ 内田 敏博 (日本信号) 石川 哲也 安西 理 村山 健

八木 遵 横山 啓之 池永 真英 (東日本旅客鉄道)

Develop of on-board equipment for radio train control system for regional lines

○Toshihiro Uchida (The Nippon Signal Co.,Ltd), Tetsuya Ishikawa, Osamu Anzai,
Ken Murayama, Jun Yagi, Hiroyuki Yokoyama, Shinei Ikenaga (East Japan Railway Company)

The radio train control system for regional lines is aiming for cost cutting and enhancing safety. The main function is block control for single track, prevention of signal passed at danger and the excessive speed, and crossing control. This system uses radio transmission between the wayside equipment which is installed in stations and crossing, and on-board equipment. This on-board equipment detects the location of the own train and makes a brake profile with the information for stop sign which is transmitted by the wayside equipment. As a result, this system will realizes train stop control in case of red signal and obstruction warning for crossing, and prevention of excessive speed.

We produced the prototype and performed a filed test with it in JR Koumi line in 2011.

キーワード: コストダウン, 安全性向上, 無線, 列車制御, パターン, データベース, 車上装置

Key Words :Cost cutting , Enhancing safety , Radio , Train control , Pattern , Database , On-board

1. システムコンセプト

本システムの開発コンセプトは次の3点である。

(1) コストダウン

地上装置と車上装置との間の伝送に無線を利用して、地上に敷設する制御ケーブル類を大幅に削減する。閉そく機能・信号機や列車検知の機能・踏切制御機能などを同じ無線を用いて制御し、本システム内に機能を集約することで導入およびメンテナンスのコストダウンを図る。

(2) 安全性の向上

地上から無線伝送された停止すべき位置の情報と、列車が自ら認識した在線位置情報により速度照査パターンを発生させ、停止信号・踏切支障時等の停止制御や速度超過防止を実現する。

(3) 柔軟性・拡張性の高いシステム構成

本システムでは、線区に応じて使用する機能を選択でき、機能追加ができる設計とする。各機能をソフトウェアにより実現し、運転条件などはデータの追加、変更により新しい機能に対応できる柔軟性・拡張性の高いシステムとする。

2. システム概要

本システムの構成概要を図1に示す。システムを構成する装置は、車上装置、地上装置（閉そく管理装置、無線 I/F 装置、踏切制御装置）、デジタル無線機（基地局と車上用無線機）である。



図1. システムの構成概要

3. 車上装置の要求仕様

車上装置を試作するにあたり、本システム全体の機能を実現するために必要な車上装置の機能を検討し、次に示す機能を要求仕様としてまとめた。

(1) 無線インターフェース機能

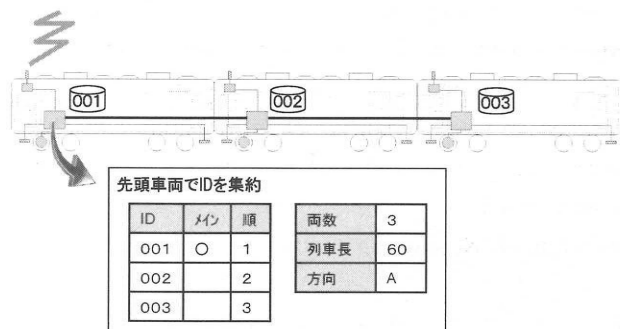
車上のデジタル無線機と接続し、無線機の送信制御や送受信した情報の各種制御、無線機へ供給する電源の制御を行う。

(2) 車上データベース機能

列車走行に伴い、速度照査パターンの発生に必要な各種データと、列車位置の獲得に必要な各種データを蓄積する。

(3) 車両間情報伝送・情報管理・送信機能

複数分割・併合時の列車位置情報の継承と編成情報の生成を行うため、列車 ID と位置情報を他車の車上装置に伝送し、列車 ID 情報の集約・編集、位置情報、編成情報、速度等の情報の管理を行い地上装置に送信する。図 2 にそのイメージを示す。



ID 情報、位置情報(位置と運転方向)、編成情報等を管理・編集し、地上へ送信

図 2. 車両間情報伝送・管理・送信機能

(4) 位置認識機能

地上に設置した位置補正用地上子(無電源)の通過と速度発電機から得られる距離情報により自列車の位置を補正した上で確定するほか、車両活殺の際、駅構内の定められたエリアでは地上装置から送信された位置情報によっても位置を確定する。

(5) 速度照査パターンによる速度制御・列車防護

速度照査パターンによる速度制御を行い、信号冒進防止や速度制限区間での速度超過防止、また踏切支障時に踏切手前までに列車を停止させる。図 3 に概要を示す。

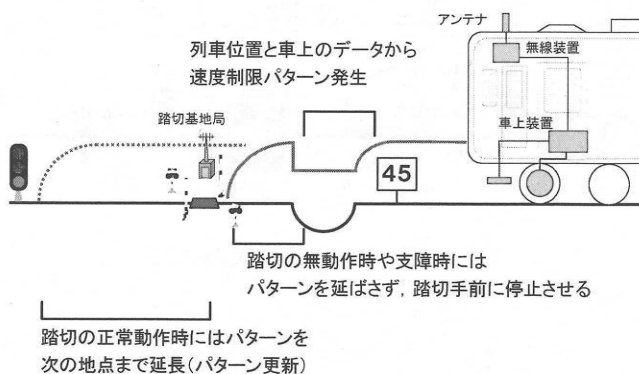


図 3. 速度照査パターンによる列車防護

(6) 電文作成・送信機能

速度照査パターンに必要な電文を作成し、制御に必要な装置に送信する。

(7) 情報表示機能

位置認識状態や速度照査パターン制御に関する情報、機器故障情報等を外部に表示する。

4. 試作品の装置構成と機能分担の検討

車上装置のシステム構成を図 4 に示す。

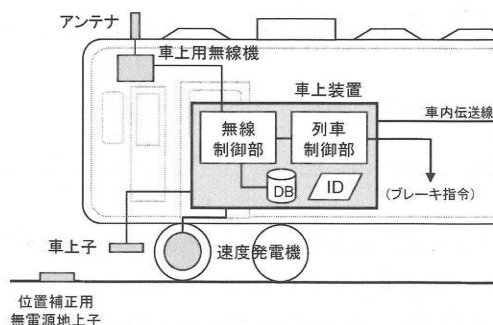
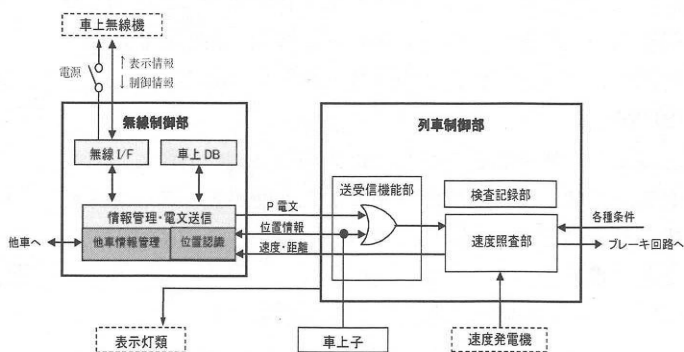


図 4. 車上装置の構成

システムコンセプトとして掲げたコストダウンを実現するため、車上装置の開発コストを抑えることも重要な要件である。速度照査パターンを利用した列車防護を行うことから、実績のある ATS-P 車上装置(送受信器・制御器等)のハードウェアを活用することにより開発コスト低減と開発期間の短縮を狙った。

装置は情報の受信とパターン発生・ブレーキ指令出力などを司る部分(列車制御部)と、無線制御やデータベース機能等を司る部分(無線制御部)の 2 つの制御部からなる構成とし、このうち列車制御部は ATS-P 車上装置をベースとした。装置構成を図 5 に示す。

次に、機能の要求仕様をもとに、各制御部が受け持つ機能分担を以下のように定めた。



列車制御部は ATS-P 車上装置のハードウェアを活用

図 5. 車上装置試作品の装置構成

【列車制御部】

- ・速度照査機能
- ・地上子電文受信機能
- ・位置認識機能 (距離情報算出)
- ・情報表示機能 (速度照査パターン制御に関する情報)

【無線制御部】

- ・無線インターフェース機能
- ・車上データベース機能
- ・位置認識機能 (位置補正・確定)
- ・情報管理・送信機能
- ・電文作成・送信機能
- ・車両間情報伝送機能
- ・情報表示機能 (機器故障情報等)

5. 要求仕様の実現

試作品の製作において、機能の要求仕様の実現のために留意した点、工夫した点を述べる。

(1) 無線インターフェース機能

少ない無線周波数帯を有効に使うため、本システムでは、情報を時分割伝送し、2つの周波数帯で、最大2駅2踏切4列車との通信を可能としている。

そのため、駅中間や車庫内等の無線通信を行う必要のない箇所においては、自車位置から無線通信範囲を判断し、無線送信を停止するようにした。また、必要な箇所においても、相手の駅または踏切のID番号と自車位置から、無線通信を行う相手を判断し、オーバーリーチによる隣接駅との通信を実施しないような制御も行った。

(2) 車上データベース機能

最近では、車上データベース機能を使用した保安装置が開発、使用開始されている。これらの車上データベースには、線路データ等が格納され、その時の位置や状況からリアルタイムに制御可能となっている。

しかし、本システムにおいては、コストダウン及び開発期間短縮、既存の保安システムとの親和性等を検討した結果、既存の保安システムの機能や考え方をできるだけ取り入れることとした。今回の試作においては、ATS-P 車上装置をベースとしたこともあり、車上データベースでの保安情報の内容は、現行のATS-Pに準拠した電文とした。また、保安情報の発生地点については、リアルタイムではなく、地上子が仮想的に配置してあるかのような位置にデータ設定し (仮想地上子)、電文を発生するようにした (図6参照)。

この結果、保安情報を発生させるためのプログラム開発や試験区間全線に渡る線路データの調査等が不要となり、コストダウンと開発期間の短縮が可能となった。

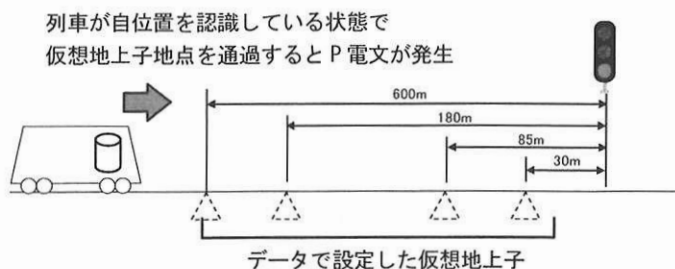


図6. 仮想地上子による電文発生

(3) 車両間情報伝送・管理・送信機能

車上IDは車両毎に設定されており、また位置情報は先頭車両が認識している。これらの情報の編集内容は、車両の位置(先頭/中間/後尾)により、各種データの編集内容や伝送内容が異なる。例えば、先頭車においては、位置情報を隣接車両へ向かって送ることになるが、位置情報は車両長を補正(車両長を加減算)したものを送っており、また中間車は、その位置情報を受信し、更に自車の車両長を補正し、後尾車両に送っている。また車両ID情報は、後尾車両から送り、中間車のID情報を加算した後、先頭車両へと送っている。

このように、車両位置によりデータの編集内容等をどうするかを認識させるため、運転台に設置されている運転台選択スイッチの条件(前位置/中位置/後位置)を各車両の無線制御部に取り込み、車両毎に、先頭/中間/後尾を認識することで、データの集約・編集内容を変えることで対応している。

更に先頭車両については、車両IDや各車両長を編集し、位置情報及び速度情報と合わせて、編成情報として地上装置へ送信することで、閉そくの解除や踏切警報開始・停止等の制御に使用している。

(4) 位置認識機能

地上子と速度発電機から得られる距離情報により、自列車の位置を確定する技術は、すでに同様の機能を持っている装置が多数あり、新しい技術ではない。

しかし、これらの装置は、駅滞泊時等、車両電源が落ちた状態においては、自車位置を忘れてしまう。本システムでは、無線を使用し駅到着時に地上側に列車の位置情報を送信し、それを地上側で記憶しておく。再度車両側の電源が投入されたときに、記憶していた位置情報を車両側に送信することにより再度位置認識ができる機能とした。

これにより、地上側に特別な設備を設置することなく、また列車が走行する前から、自車位置が確定できるようになった。

また、位置認識の状態として、自車位置が確定している状態=位置確定状態と、自車位置が不定の状態=位置不定状態がある。しかし、車庫内や本システム外、手信号での走行時等において、位置のズレや在線する場所により、システムに支障が出たり、運転阻害や安全性が損なわれたり

する可能性がある。

そこで、位置確定状態、位置不定状態の他、これらを合わせて合計で 5 種類の位置認識状態を設定し、それぞれ電文の発生内容や無線通信制御を変えることで、システムの安定性や安全性を向上させている。

なお、今回の試作にあたっては、現車試験における車両側の改造工事を最小限にするため、速度発電機からの情報は、一旦列車制御部に入力・演算し、距離情報として、無線制御部へ伝送する方式を取ることにした。

(5) 速度照査パターンによる速度制御・列車防護

本機能については、十分な実績のある ATS-P システムに準拠することにより、高い安全性の確保と設計期間の短縮を図った。

(6) 電文作成・送信機能

電文作成は、線区データ(信号機位置、曲線や勾配等の情報)を設定し、リアルタイムで演算する方法もあるが、本システムでは、電文送信する箇所が少ない(場内、出発信号機に対する防護及び曲線等の速度制限区間等に限られる)ため、設定するデータ量や電文生成するための CPU 演算負荷等を考慮した結果、既存のノウハウやツールがそのまま生かせることから、発生場所に合わせて予め演算された電文をそのまま設定することとした。

設定された電文は、仮想地上子の位置に列車が来た時に、車上データベースに格納した電文が送信されるように設定した。この方法では電文生成のリアルタイム性は無いが、機構をよりシンプルにできる大きな利点がある。

また、電文を選択する条件として、位置情報の他、地上から送信されてくる停止点(地上から与えられた進路の末端地点)の情報から、各進路に合わせた電文が選択されるようになっている。

(7) 情報表示機能

今回の開発の中で、機器の動作状態や正常/異常表示も簡易的に行っている。

速度制御・列車防護の機能については、現行 ATS-P と同様の動作をすることから、試作品の表示灯については、現行の表示灯をそのまま採用した。

その他の新規機能の部分として、本システムでの動作中表示、位置確定状態の表示、無線通信の正常/異常等の表示を行うようにした。

6. 試作品

試作した車上装置の外観を図 7 に示す。試作品には前述の要求仕様を盛り込むとともに、今後現車試験にて実際に速度照査パターンによるブレーキ制御を行うことから、ブレーキ出力及び車上子の前後切替を行う継電器部、検査記録部、各種模擬スイッチ類、車両への仮設ラックを合わせて製作した。

7. 現地試験

JR 小海線(長野県)において、2011 年 4 月から 10 月まで 19 回の現地試験を行った。現地の気動車 3 両に試作品を搭載し、2 連動駅、1 踏切において基本機能を確認した。

機能についてはほぼ要求仕様を満たす結果は得られたが、機器を模擬的に故障させた場合や異常時の運転を想定した試験においては、今後実用化に向け検討すべき事項もいくつか確認することができた。

なお、本現地試験の費用の一部は国土交通省の平成 23 年度鉄道技術開発費補助金によるものである。

8. 今後について

今後量産化するにあたっては、先の現地試験で得られた検討課題を解決すべく改良を重ね、2012 年度から、実用化へ向けた車上装置の本格的な設計・製作に入る予定である。

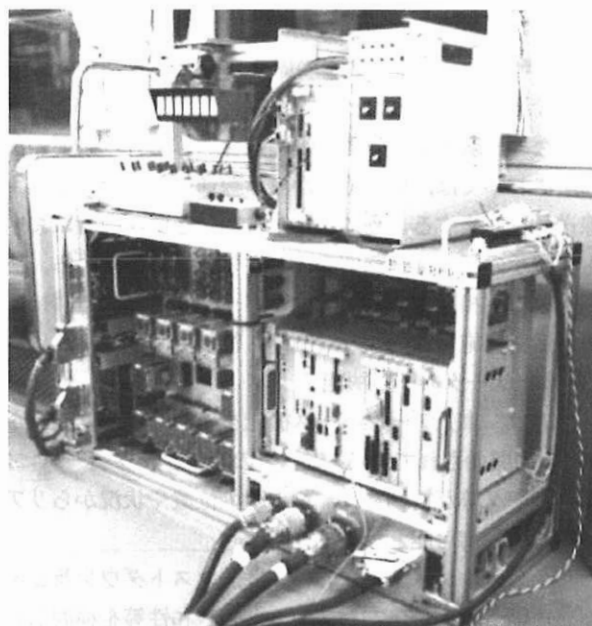


図 7. 試作品外観

参 考 文 献

- 1) 石瀬,石川,八木; 地方交通線向け列車制御システムの開発, JREA, Vol.53, No.8, pp.24, 2010
- 2) 石川,石瀬,八木,安西,佐々木; 地方交通線向け列車制御システムの開発, 第 47 回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, IV-2, No.403, pp.1~5, 2010
- 3) 安西,八木,石川,石瀬,黒崎,村山,佐々木; 地方交通線向け列車制御システムの開発, 第 17 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp.61~64, 2010