

# 新幹線保守用車運転支援装置の開発

## Development of Shinkansen Maintenance work Safety support system

五十嵐 裕 明      辻 本 和 巳      佐 藤 久 嗣  
Hiroaki Igarashi      Kazumi Tsujimoto      Hisashi Sato

### 要 旨

当社は、山陽新幹線保守用車に搭載して、保守作業員および保守用車との接触事故を回避するなど、運転者の安全確保を支援する運転支援装置を開発した。

本装置は、無線機のデジタル化による通信速度の向上によってデータ通信の情報量と冗長性の向上を図り、より信頼性の高いシステムを実現した。また、従来搭載されていた複数の支援装置の機能を統合して多機能化・高機能化を図り、さらにユーザインタフェースの改善により優れた操作性も実現した。

### Abstract

JRC has developed a system for supporting the safety of maintenance vehicles and maintenance workers, in the maintenance operations for the Sanyo-Shinkansen (so-called Bullet Train) of the West Japan Railway Company.

This system provides high reliabilities and convenient operations for safety supporting of the maintenance operations, because of the long information and high redundancy based on the Digital Radio, and including the functions of conventional models with useful human interface.

## 1. まえがき

西日本旅客鉄道(株) (以下JR西日本) の新幹線保守用車には、既知の事故等の対策として、いくつかの運転支援装置が搭載されているが、この度保守作業員及び保守用車との接触事故を回避する新しい支援装置を開発し、同装置に従来の支援装置の機能を統合することによってユーザインタフェースを統一化し、煩雑だった操作性の簡素化も図ったので、その概要を報告する。

## 2. システム概要

接触事故を回避するシステムは、以下の3つの装置から構成され、保守用車や線路閉鎖区間への接近及び居眠り・

逸走・転動などの危険が発生した場合、警報出力やブレーキ制御を行うことで総合的な安全支援動作を行う。システム構成を図1に示す。

- 車上装置  
保守用車に搭載して自車位置の発信と車両情報の受信を行う。
- 線路閉鎖用装置  
線路閉鎖区間に設置して線路閉鎖区間の発信と接近車両情報の受信を行う。
- 携帯用受信機  
保守作業員が携帯して車両接近時に警報を発する。

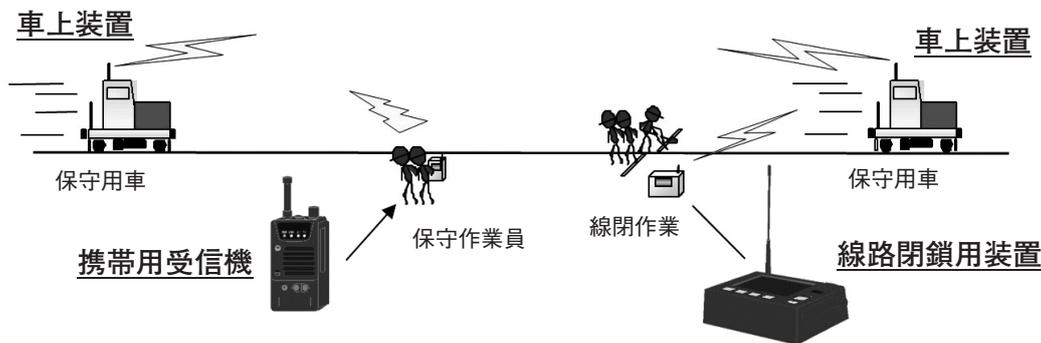


図1 システム構成図  
Fig.1 System configuration

図2に従来装置の設置例，図3に新型支援装置（表示部）の設置例を示す。新型支援装置の操作部はタッチパネル付きLCDに集約された。



図2 従来装置の設置例  
Fig.2 Setup of conventional model



図3 新型支援装置（表示部）の設置例  
Fig.3 Setup of developed model

図4に車上装置の構成図，表1にその仕様を示す。新型支援装置と従来装置とは「切替器」によって容易に運用の切り替えが可能である。

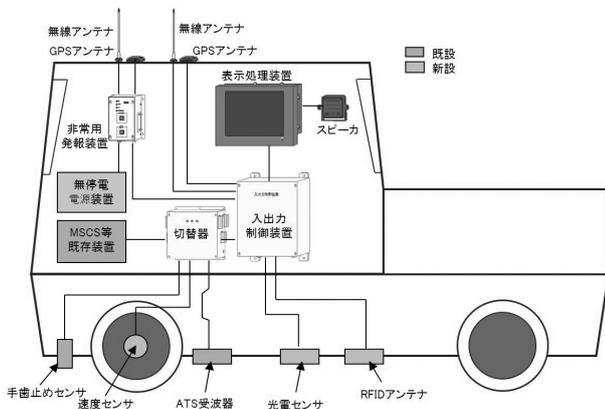


図4 車上装置構成図（1運転台）  
Fig.4 Device configuration

表1 車上装置仕様

Table 1 Specification

送信周波数	400MHz帯
送信電力	1W
変調方式	4値FSK
対応速度	最高110km/h
対象装置数	14（車両＋線路閉鎖）
無線伝送速度	4800bps
通信サイクル	1秒
表示	10.4インチ液晶 配線図，キロ程，接近距離， 線別，対象種別等
電源電圧	DC+18～+32V
動作温度	-10～+50℃

### 3. 開発内容

本システムによる運転支援機能は，以下の様な技術要素によって提供される。

- 位置検知  
速度センサ，光センサ，RFIDにより正確な車両位置を自動で検知・認識する。
- データ通信  
車両および線路閉鎖装置が，お互いの位置や状態情報を無線によるデータ通信で共有・管理する。
- 警報報知  
データ通信にて得られた情報により，対象物に対する危険を予測し，使用者に警報を報知する。
- ユーザインタフェース  
警報報知において使用者が認識しやすい表示や操作を実現する。
- 駅構内における接近警報  
データベースおよびRFIDを用いた分岐判定を使用して複雑な駅構内での位置を把握し，同一線別上の対象物が接近したとき警報を報知する。

#### 3.1 位置検知

車上装置においては，位置は起点（山陽新幹線の場合は東京）を0k000mとし，延べ距離をキロ程として表す。

その位置の決定については，速度センサからのパルス信号により走行距離を求め相対的な位置を計算する。

絶対位置については，本線上1km毎に敷設されている反射板を光電センサにて検知することにより位置補正を行う。進行方向（正転／逆転）は，図5に示すように2相で出力される速度パルスの位相差により決定する。

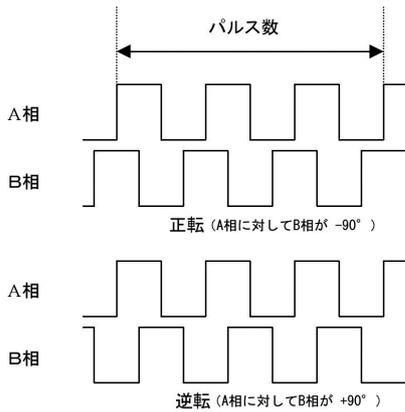


図5 速度パルス  
Fig.5 Speed Pulse

また基地や構内の分岐点にはRFIDを設置し、線別判定を行っている。

### 3.2 データ通信

装置間のデータ通信は、上下線で周波数を使い分けた400MHz帯の業務用無線機により行っている。

通信速度は4800bpsで、1秒毎に14台分のデータが通信可能となっている。

データ通信は時分割多重通信方式を採用し、そのスロット獲得方式を図6に示す。

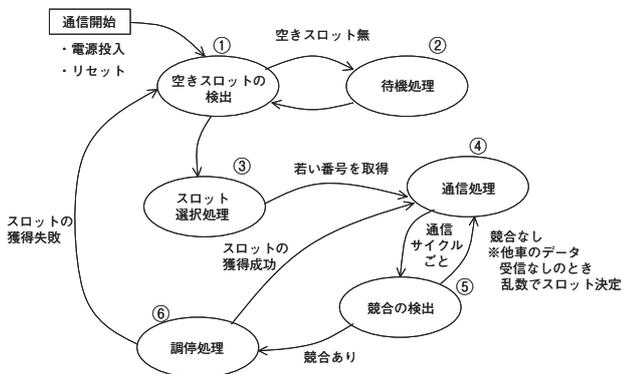


図6 スロット獲得方式  
Fig.6 Slot acquisition method

また、無線通信データのスロット構造とデータフォーマット概要を図7に示す。

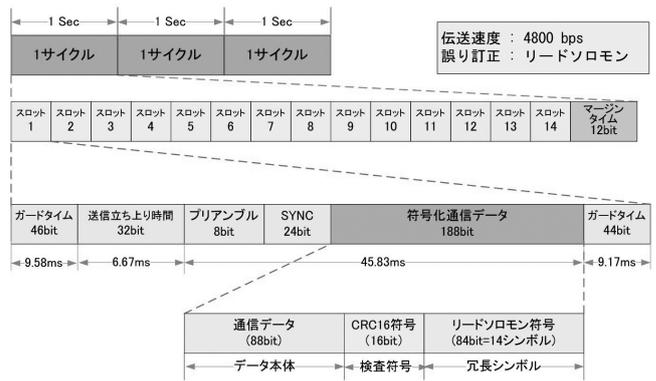


図7 スロット構造とデータフォーマット概要  
Fig.7 Slot configuration and Data format

符号方式はCRC符号とリードソロモン符号を併用し、装置間の通信はGPSのPPS信号により同期をとっている。

### 3.3 警報報知

警報報知は、危険が近づいたときのアラーム音および音声によるものと、警報信号出力によるものがある。

これらの出力判定は、自車および対象物との距離、相対速度により予めデータベースとして持っているテーブル値を参照して行っている。

警報・注意には下記のものがある。

- (警報) 逃走・転動, 居眠り, 速度超過, 車両接近, 線路区間冒進
- (注意) 駅構内冒進, 接近ルール違反, 制限速度変化, 在線位置変化

自車に対象物に接近し、装置が警報状態を検知するとアラーム音による報知を行う。その後も警報状態が回避されないままさらに接近し、危険距離を検出すると、警報信号を出力する。これによって非常ブレーキが作動して緊急停止が行われる。

### 3.4 ユーザインタフェース

情報と操作はタッチパネル付きLCDに集約され、状態監視・初期設定・故障情報・メンテナンスの各メニューから所定の情報が提供される。画面表示は図8に示す様に分類毎に情報表示エリアが設定されており、図9の様に状態監視画面には、構内配線図、自車マーク、他車マーク、速度、線別、位置(キロ程)、接近対象および接近距離等が表示される。本システムが出力する警報の音量・音質や画面表示の大きさや色は、JR西日本安全研究所殿・鉄道総合研究所殿の研究成果を踏まえて人間工学的な有効性を追求した。

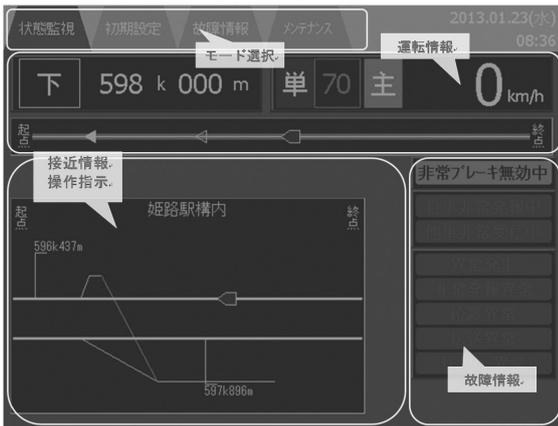


図8 画面表示の設計  
Fig.8 Screen layout



図9 状態監視 画面イメージ  
Fig.9 Image of monitor screen

### 3.5 駅構内における接近警報

従来システムでは、駅構内において上下線別の認識はできるが1番線、2番線などの線別認識ができず、正確な接近判定ができなかった。本システムでは図9に示す配線図をデータベースとして持ち、RFIDを用いた分岐判定により自車位置の線別を判定することができるようになった。

この線別判定により同一線別上の対象物に対し警報を発生することができるようになった。

また、駅構内での移動可能範囲を判別し範囲を超えた場合に警報の報知と非常ブレーキを作動させる機能も追加し、安全性を向上させた。

## 4. 評価試験

以下の評価試験を通して、システムの信頼性と操作性が良好に運用条件を満足することを確認した。

- ハードウェアの信頼性：環境試験（温湿度、振動衝撃、電磁波特性、電源変動、耐サージ、防水、ほか）
- ソフトウェアの信頼性：網羅性試験・カバレッジ
- 運用評価：試作機による基地内および本線試行（のべ約100時間）  
量産機による基地内試験（1日）

## 5. あとがき

今回開発した運転支援装置の量産機は、現在保守用車への設置工事を実施中で、地区毎の設置・運用試験を経て、2014年度末頃から全線運用される見通しである。

また、2015年春に開業予定の北陸新幹線では、システムの異なるJR東日本殿・JR西日本殿の相互乗り入れ区間が存在するため、現在、相互乗り入れに対応した運転支援装置を開発中である。

\*本システムはJR西日本殿から開発委託を受け、JR西日本安全研究所殿・鉄道総合研究所殿の研究成果を踏まえて開発したものである。

### 参考文献

- 田中 豊, 佐々木 敦, 岡部 栄治, 黒澤 良史, 山田 哲志, 佐藤 久嗣, 内山 弘一, 立林 清彦, “鉄道用時分割多重信号方式及びその送受信装置”, 特許公開2001-352310, 2001.12.21
- 石上寛, 高須洋他: 新幹線保守用車の操作性向上に関するヒューマン・インタフェースの研究, JREA, 51巻10号, 2008.10
- 伊藤大介, 石上寛他: 新幹線保守用車の安全装置の音量設定に関する研究, JREA, 53巻11号, 2010.11

### 用語一覧

- CRC: Cyclic Redundancy Check (巡回冗長検査)
- GPS: Global Positioning System (全地球測位システム)
- LCD: Liquid Crystal Display (液晶表示器)
- JR: Japan Railway
- PPS: Pulse Per Second (1秒毎パルス信号)
- RFID: Radio Frequency Identification (無線を用いた非接触識別子検知技術)
- 逸走: 構内作業中に、車両が停止すべき位置を通り過ぎて本線に出てしまうこと
- 転動: 停止中の車両が、ブレーキの掛けかたが悪かったりしたために勝手に動きだすこと
- 冒進: 安全の確保されていない状態のまま、車両が次の区間に進むこと