

新幹線保守作業安全 システムの新型線路作業用・ 携帯用装置の開発



佐々木 敦*



加藤 武*



田淵 潤**

新幹線保守作業安全システムは、2001年度に保守用車の衝突防止機能や線路閉鎖区間の防護機能、2007年度に分岐器割出し防止機能と進路未設定区間への進出防止機能を開発し、新幹線の保守作業の安全に貢献している。しかしながら、作業の大部分を占める簡易な保守作業や、作業区間の隣接線を保守用車が通過する場合は、保守用車から電波を受信すれば距離に関係なく警報が鳴動する携帯用装置と見張員の注意力により安全を確保している。そこで新幹線保守作業の更なる安全性向上のため、簡易な保守作業や保守用車の隣接線通過にも対応可能な新しい線路作業用装置、車載用装置および携帯用装置を開発した。各種装置の機能検証試験を本線で実施した結果は良好であったため、使用開始に向けた準備を行っている。

●キーワード：新幹線、時分割多重通信、作業区間防護、ユーザインタフェース

1. はじめに

新幹線の保守作業は、列車運転時間帯と完全に分離された「作業時間帯」の中で施工されているため、列車と保守用車との衝突の危険性はないが、作業時間帯の中では保守用車同士の衝突や作業員との触車の危険がある。2001年度より保守用車同士の衝突防止と線路閉鎖区間（現在は「線路作業区間」と称する。）への保守用車の進入防止を目的として「新幹線保守作業安全システム」が導入された（図1）。その後大きな輸送障害に繋がる保守用車による分岐器割出しと進路未設定区間への進出を未然に防止する「分岐器割出し防止装置」を開発し、2007年度までに全ての新幹線保守用車に導入された。本稿では、線路上の保守作業時のさらなる安全性向上のために、新型線路作業用装置を開発したので、開発内容と導入に向けた取組みについて述べる。

2. 新幹線保守作業安全システムの概要

新幹線保守作業安全システムは、保守用車に搭載されている車載用装置、線路作業区間に設置する線路作業用装置、作業員が所持する携帯用装置で構成され、保守用車が他の保守用車および線路作業区間に接近することで各装置の接近警報が鳴動し、必要により保守用車を停車させる機能を有している。

2.1 衝突防止機能

導入当初の新幹線保守作業安全システムは、保守用車に設置した速度センサから自車の位置情報を取得するとともに、他の保守用車および地上作業の位置を無線通信により相互に把握する。仮に衝突の危険性がある場合は警報が鳴動し、さらに保守用車が接近を続けた場合には自動的にブレーキがかかる仕組みになっている（図1）。

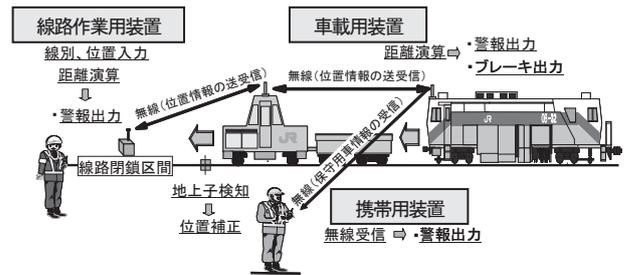


図1 衝突防止機能のシステム概要

2.2 分岐器割出し防止機能

上記安全システムの導入により、駅中間における保守用車同士の衝突防止が実現したが、駅構内走行時の分岐器の開通方向の確認、保守用車進路未設定区間への進出防止については、依然として人間の注意力に依存しており、分岐器の割出しやポイント破損、保守用車の脱線等の事故に至る危険性があった。また、駅構内では保守用車の在線している番線がシステムで把握できないため、駅構内での保守用車同士の衝突の危険性が残されていた。

上記課題の解決を目的として、分岐器割出し防止機能付の車載用装置を開発した。これはCOSMOSのサブシステムである保守作業管理システムのハンディターミナルと車載用装置を接続することにより、保守用車の進路情報を取得することによって、駅構内の保守用車の在線位置、番線と開通進路を認識できるようにしたものである。これにより分岐器割出しや進路未設定区間への進出、保守用車同士の衝突の危険性を検知した場合に、駅構内での保守用車を自動的に停車させることができるようになった。

また、保守用車の運転室内にタッチモニタを設けて、線路図、在線位置、進路情報をリアルタイムに表示する機能を果たせて、ユーザインタフェースの機能向上も図っている。

図2に、分岐器割出し防止機能付きの車載用装置のシステム構成を、図3に車載用装置のモニタ画面の表示例を示す。

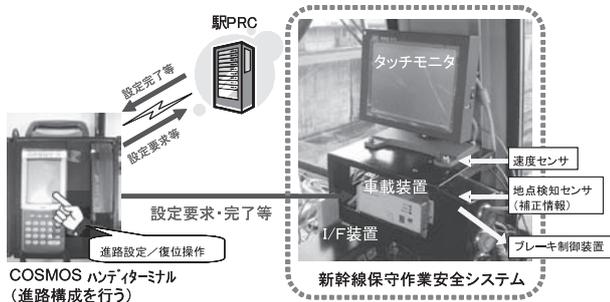


図2 車載用装置のシステム構成

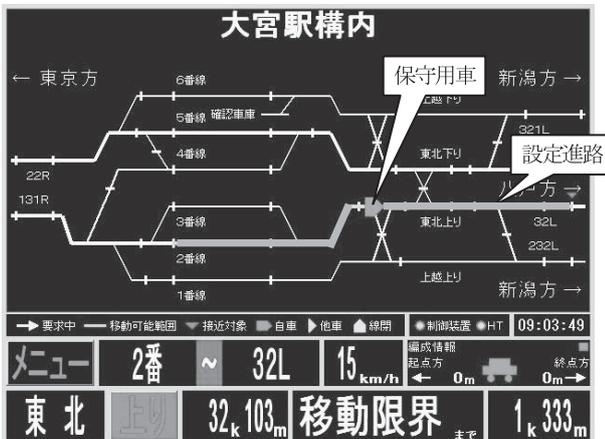


図3 タッチモニタ 画面表示例

2.3 現行の安全システムの課題

これまで述べてきた上記衝突防止や分岐器割出し防止機能は、保守用車の車載用装置が持つ機能である。一方、地上の作業区間で使用する線路作業用装置および携帯用装置の機能は開発当初のままである。現在の機能では、走行する保守用車から作業員を防護するという観点からは以下に示す課題がある。

- ①線路作業用装置は上りまたは下り線のみを設定が可能であり、設定した作業区間の隣接線を保守用車が通過するときは上下線で周波数が異なるため、保守用車と線路作業用装置双方が互いの接近・存在を認識できない。
- ②作業位置を一点のキロ程で設定するため、作業区間をエリア(〇〇k〇〇m~△△k△△m)で防護できない。
- ③駅構内で作業を行う場合、番線の設定ができない。(上下線別のみ設定可能)
- ④携帯用装置は保守用車からの電波を受信すれば警報が鳴動するので、場合により不要な警報が鳴動する。
- ⑤簡易な保守作業(以下「補修作業」という。)は、携帯用装置のみ対応しているため、適確な警報鳴動がされていない。

3. 新型線路作業用装置の開発

地上作業員の安全性向上に向けて、前項に示した課題を解決するために、新型線路作業用装置を開発することとした。課題解決のために必要な項目を以下に示す。

(1) 新たな通信制御方法の構築

- ・上下線2周波サーチ(自動切替)
- ・作業区間のエリア設定(〇〇k〇〇m~△△k△△m)
- ・通信可能台数の増加(対象作業の増加に対応)
- ・作業種別設定(線路作業と補修作業の区分)
- ・作業位置、保守用車位置のモニタ表示

(2) 線路作業用装置と携帯用装置の親機、子機化

- ・親機(線路作業用装置)と子機(携帯用装置)のグループ化
- ・親機からの命令による子機の警報鳴動処理

(3) 線路作業用装置の小型化、軽量化

まず、上記の新たな機能を実現する上で要となる技術である「新たな通信制御方法の構築」について取組むこととした。

3.1 新たな通信制御方法の基礎試験

現行の線路作業用装置は、無線の周波数が上下線別になっているので、上り線と下り線の作業がある場合は2台の装置が必要となっている。そのため1台で上下線に対応させることが望まれる。また補修作業にも対応可能とすると、対象となる作業件数が増加する。さらに、作業位置を一点の入力(〇〇k〇〇m)からエリア(〇〇k〇〇m~△△k△△m)による入力にするためには、設定するキロ程のデータが増加する。このため限られた無線通信データを有効活用することにより、増加する通信データを処理する必要がある。

これらの課題に対し、通信資源の有効な活用方法についてこれまでの通信フォーマットを変更することによって通信データの増加に対応し、かつ無線機の通信制御が実用化に耐えられるかどうかを確認する基礎試験を実施した。図4に基礎試験の概要を示す。



図4 基礎試験概要

基礎試験を行った結果、以下に示す機能を満たしていることが確認された。

- (1) 2周波サーチによる上下線対応
 - ・隣接線保守用車の接近に伴う警報鳴動、表示機能
- (2) 1台あたり同時に30作業分の無線通信機能
 - ・対象作業の増加に対応
- (3) 線路作業用装置と携帯用装置のグループ化
 - ・携帯用装置の保守用車接近距離に応じた警報鳴動
- (4) 新たな作業種別の設定
 - ・線路作業の他、補修作業の設定が可能
 - ・保守用車への適切なブレーキ制御が可能
(線路作業に対してはブレーキ制御、補修作業に対しては接近警報のみ)
- (5) 作業区間のエリア入力
 - ・ $\text{○○k○○m} \sim \text{△△k△△m}$ で作業エリアの設定
- (6) 駅構内での作業区間の番線の設定
 - ・「上り」または「下り」のみの設定から、「上1番線」「上本線」など1線ごとに指定可能

3.2 新型線路作業用装置の試作、試験

通信制御方法の基礎試験の結果を受けて、上記機能を組込んだ新しい線路作業用装置を試作して、試作機が正常に動作するか検証試験を実施した。

新型線路作業用装置の試作試験の結果を以下に示す。

3.2.1 入力機能

新型線路作業用装置の表示部には入力のしやすさと作業区間・保守用車の位置の見やすさを考慮して、タッチパネル式5インチカラーディスプレイを採用した。入力の具体例は図5に示すとおりで、以下の項目をリストまたはテンキー入力により行う。入力手順は以下のとおりとなる。

- (1) 作業種別入力

作業入力時に「線路作業のみ」、「補修作業のみ」、「線路作業と補修作業」の中から選択する。
- (2) 路線入力

作業を行う路線名（東北、上越、北陸、ガーラ）を選択する。
- (3) 作業区間のエリア設定

テンキーにより、起点方、終点方の順で作業範囲のキロ程を入力する。
- (4) 作業区間の番線設定

1台の装置で、隣接する2線（上本線と下本線、上1番線と上2番線など）まで同時設定が可能である。



図5 駅構内の番線入力時の画面例

なお入力した作業区間に対し、その隣接線を自動的に識別し、隣接線防護区間として設定する。

3.2.2 表示機能

入力した作業区間、作業種別が、ディスプレイに表示される。図6に表示例を示す。

- (1) 作業種別ごとの表示

入力した作業区間（線路作業、補修作業）、隣接線防護区間が色分けされて表示される。
- (2) 作業区間のエリア表示

入力した作業のエリア（ $\text{○○k○○m} \sim \text{△△k△△m}$ ）、番線が分かるように表示される。

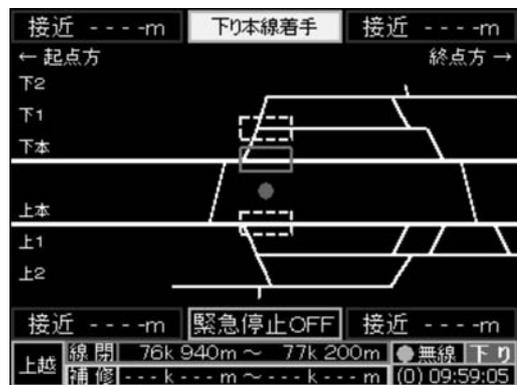


図6 作業区間の表示例

3.2.3 保守用車とのデータ送受信の試験結果

新型の線路作業用装置と保守用車搭載の車載用装置との間で通信を行うことにより、線路作業用装置には保守用車の在線位置、車載用装置には地上作業の区間、番線、種別が表示される。それとともに双方に適切なタイミングで必要な警報および保守用車のブレーキ制御が行われる。試験の確認項目は以下のとおりである。

- (1) 作業種別ごとの制御
 - ①車載用装置で受信した新型線路作業用装置からの無線データにより、地上での作業区間の作業種別（線路作業、補修作業）が分かるように表示された。また、作業区間に基づいた隣接線防護区間が表示された。
 - ②車載用装置が各区間（線路作業、補修作業、隣接線防護区間）接近時に、接近警報鳴動が行われた。また線路作業区間に対しては必要なブレーキ制御が行われた。
- (2) 作業区間のエリア制御
 - ①作業区間のエリア（ $\text{○○k○○m} \sim \text{△△k△△m}$ ）、作業区間の番線が分かるように表示された。
 - ②補修作業区間、隣接線防護区間を保守用車が通過中に、車載用装置の警報が鳴動することを確認した。なお保守用車が作業区間を通過中のときには、他の保守用車の接近警報と混同しないように、線路作業用装置の警報を鳴動させない仕様とした。
- (3) 駅構内での制御

作業区間の番線が分かることが確認できた。また、必要

な番線に対してのみ車載用装置の接近警報が鳴動することを確認した。

(4) 緊急停止機能

新型線路作業用装置に実装した「緊急停止」ボタンにより、緊急停止ボタンのON/OFF情報が車載用装置側で識別でき、緊急停止機能が機能することを確認した。

3.2.4 小型、軽量化

開発した新型線路作業用装置の大きさ、重量は、移動を伴う作業が多い補修作業にも使用することを考慮し、大きさ、重量ともに現行の1/3程度と小型・軽量化した。現行装置との比較を図7に示す。

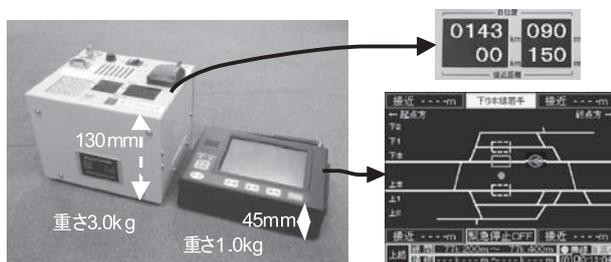


図7 現行装置と新型装置の比較

4. 新型携帯用装置の開発

現行の携帯用装置は、保守用車の車載装置からの電波を受信すれば、接近距離や保守用車の在線箇所（本線、保守基地内）に関係なく警報が鳴動する仕様である。そこで、新型線路作業用装置からの警報命令により、保守用車の接近距離に応じた警報が鳴動する仕組みとした。また、導入時のコスト面を考慮して、携帯用装置のハードウェアは現行と同一なものを使用することとして、警報を制御するソフトウェアのみを開発した。

4.1 携帯用装置の新たな機能

携帯用装置の新たな機能は以下のとおりである。

(1) 親機・子機のグループ設定動作

- ①線路作業用装置（親機）と、携帯用装置（子機）の間でグループ化を行う。
- ②一旦グループ化を行えば、他の線路作業用装置からグループ化を行う無線を受信しても、すでに設定されたグループ化が維持される。

(2) 保守用車接近時の警報鳴動

- ①保守用車接近時に、グループ化された特定の線路作業用装置からの制御データを受信して、保守用車の接近距離に従い警報が鳴動する。
- ②線路作業用装置とグループ化されていない場合は、従来の機能どおりに、保守用車からの無線を受信したときに接近警報が鳴動する。

4.2 線路作業用装置の改良

上記機能を携帯用装置に行わせるためのグループ化機能を線路作業用装置に追加した。

線路作業用装置の改良内容は以下のとおりである。

- 携帯用装置のグループ化処理は、線路作業用装置のメイン画面で機能ボタンを操作することにより行う。
- グループ化処理の試験の結果、改良したグループ化設定の機能が正常に動作することを確認した。

5. 現地総合試験

2010年1月から2月にかけて、上越新幹線と長野新幹線が分岐する区間を含む本線上で、開発した線路作業用装置、携帯用装置および車載用装置を組み合わせた総合機能検証試験を実施した。

試験は保守用車を本線上で走行させ、通信距離、警報、ブレーキタイミングについて検証し、必要な機能を満足していることを確認した。

6. まとめ

新しい新幹線保守作業安全システムの機能は図8に示すとおりであり、保守用車側では地上の作業が、地上側では保守用車が表示される。また相互に接近警報鳴動が行われ、保守用車では必要なブレーキ制御が行われる。携帯用装置は保守用車との距離や進行方向を考慮した警報が鳴動する。これにより新幹線保守作業時の更なる安全性向上を図ることができる。

2010年度末から、開発した機能のうち一部の機能を使用した新型線路作業用装置の実運用開始に向けて、最終的な機能の確認、取扱説明会の準備に取り組んでいる。

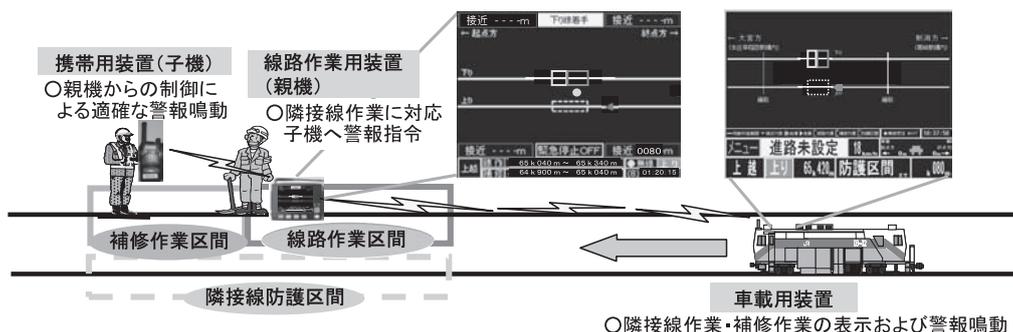


図8 新しい新幹線保守作業安全システムの機能