

新幹線保守作業安全システムの

新型線路作業用装置・携帯用装置の開発

○新田 核也 (東日本旅客鉄道株式会社)

[土] 加藤 武 (東日本旅客鉄道株式会社)

[土] 佐々木 敦 (東日本旅客鉄道株式会社)

Development of New Safety System for Track Maintenance of Shinkansen

○Kakuya Nitta, (East Japan Railway Company) Takesi Kato, (East Japan Railway Company)

Atushi Sasaki, (East Japan Railway Company)

The Track Maintenance Safety System of Shinkansen has a function of "Collision Prevention Function" and "Trailing-Poin Movement Prevention Function", and this system is distributed for safety of track maintenance work of Shinkansen. For further safety we developed "New Track Work Protected and Alarm Device, and Portable Alarm Device" had the function for area protection of the work section and the alarm at time of track maintenance vehicle adjacent line running. As a result of inspection examination this system was confirmed to safety a necessary function.

キーワード：新幹線，無線通信，ブレーキ制御，保守作業員防護

Key Words：Shinkansen, Wireless, Braking distance, Protection of track maintenance worker

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、保守用車と作業員との触車の可能性がある。新幹線の保守用車には、国鉄時代から接近警報装置が装備されており、受信する電波が一定のレベルを超えると警報を発するため3km程度離れていても警報が鳴動するなど信頼性が低く、実際に保守用車同士の衝突事故が発生している。

JR東日本ではこれら衝突事故の発生を受けて、保守用車同士の衝突防止と保守作業区間（以下、「線路作業区間」）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」の開発をおこない、2003年度までにJR東日本管内の全ての新幹線に導入した。その後、大きな輸送障害に繋がる保守用車による分岐器ポイント部の破損（以下、「分岐器割出し」）と、保守用車使用時に計画された保守用車の走行進路からの逸脱を未然に防止する「分岐器割出し防止機能」を開発し、2007年度までにJR東日本管内の全ての新幹線保守用車に導入した。さらに、保守作業員の安全性向上のために、線路作業区間の隣接線を走

行する保守用車も接近対象とし、1台で上下線の線路作業や駅構内の番線設定が可能な新型線路作業用装置を開発して導入している。この装置の開発について述べる。

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図-1に示すとおり、保守用車に搭載する車載用装置、地上の作業区間に設置する線路閉鎖装置、作業員が所持する携帯用装置から構成され、保守用車に設置した速度センサから自車の位置を算出し、他の保守用車や線路閉鎖装置と無線通信を行い相互の接近距離を認識し、必

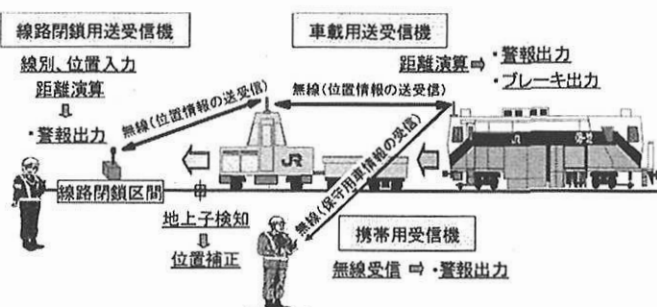


図-1 新幹線保守作業安全システムの概要

要に応じて警報を発する。仮に他の保守用車と衝突の危険性には自動的にブレーキがかかる仕組みになっている。携帯用装置は、保守用車からの電波を受信して警報を鳴動させることにより、保守用車の接近を作業員に報知する。以下にこれまでに導入されている機能について述べる。

(1) 衝突防止機能

保守用車の衝突や線路作業区間への進入を防ぐ機能であり、保守用車に設置した非接触式センサにより走行方向、速度を認識し、パルス信号の積算で走行距離を算出し、1kmごとに敷設されている既設の地上子で距離を補正して走行位置を決定する。この走行位置、進行方向及び速度情報を他の保守用車や地上の線路作業装置との間で無線により相互にやり取りして、衝突や線路作業区間への進入の危険性がある場合は警報が鳴動し、さらに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。

(2) 分岐器割出し防止機能

駅構内における保守用車の入換え作業時における分岐器の割出しによるポイントの破損防止のために開発した機能であり、保守用車の進路構成を行う、「保守作業管理システム」(COSMOSのサブシステム)の進路情報を受信するハンディターミナルと車載用装置を接続し、保守用車の進路情報を取得することによって、駅構内での保守用車の開通進路を認識できるようにしたものである。図-2に示すとおり、保守用車の移動が可能な進路を駅構内配線図上に緑色のラインで表示する。万一この範囲を保守用車が逸脱する危険性がある場合は警報が鳴動し、逸脱する手前で停止するようにブレーキが動作する。これにより分岐器割出しや承認された進路の区間外への進出を防止できる。

(3) 警報とブレーキ動作のタイミングについて

保守用車の衝突防止や分岐器割出し防止を実現するために

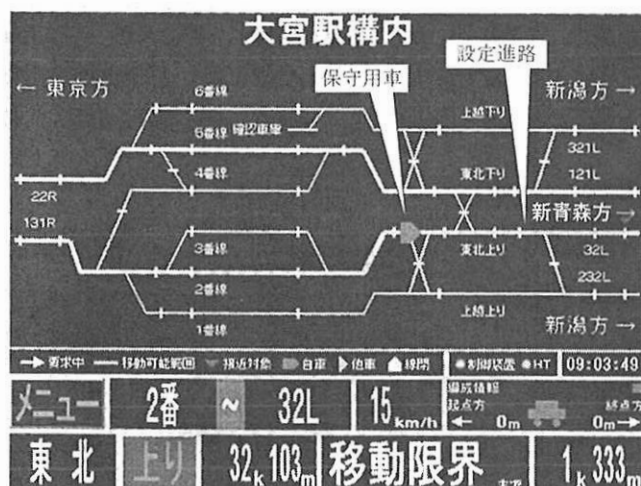


図-2 分岐器割出し防止機能

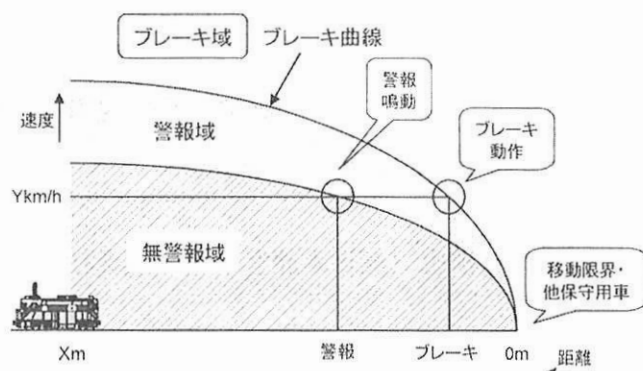


図-3 警報発生とブレーキ動作の関係

は、接近対象となる保守用車や分岐器の手前の位置に確実に停車させる仕組みが必要となる。このブレーキ距離については、新幹線の本線で特別な試験環境を設定して走行速度100km/hからの制動試験を実施して、停止までの距離を実測した。この測定結果を用いて、適切なタイミングで接近警報を鳴動させて、一定時分以内（5秒間）にブレーキが操作されないで、速度が低下しない場合は自動的に非常ブレーキを動作させている。警報発生からブレーキ動作までのタイミングは図-3に示すとおりである。

3. 新型線路作業装置の開発

(1) 現行装置の課題

前項で述べた衝突防止機能や分岐器割出し防止機能により、新幹線の保守作業時において一定の安全性は確保されている。一方、在来線の営業列車と同等な速度で走行する場合がある新幹線用保守用車から作業員を防護するという観点からは、地上の作業区間で使用する線路閉鎖用装置の機能では、以下に示す課題がある。

① 線路閉鎖用装置は、作業区間の「上り線」と「下り線」を別の周波数で送信しており、保守用車は隣接線の作業区間の電波を受信しない。よって双方が互いの存在を認識しないので、接近警報を発することができない（図-4）。

② 駅構内で作業をおこなう場合、「上り」「下り」以外の番線の設定ができない。

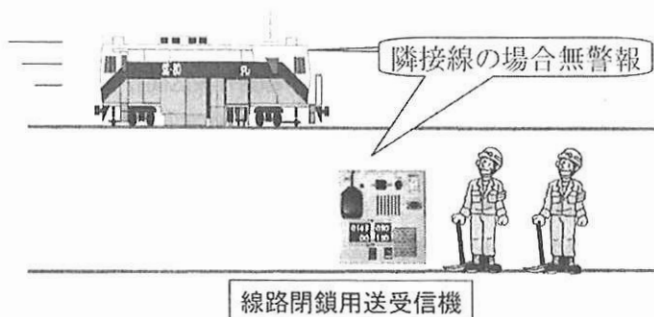


図-4 現行装置の隣接線通過時の動作

(2) 新型線路作業用装置の開発

抽出された課題を解決するために、次に示す開発項目を明確にして新型線路作業用装置を開発することとした。

① 新たな通信制御方法の構築

- ア) 上下線 2 周波自動切替
- イ) 駅構内の番線指定を可能
- ウ) 作業位置の区間による防護
(点による防護からエリアによる防護)

② ヒューマンマシンインターフェースの改良

- エ) 線路図上に作業位置、保守用車位置をタッチパネルに表示

③ 線路作業用装置の小型化、軽量化

- オ) 調査等移動作業にも容易に使用できるように小型化、軽量化を図る。

(3) 新たな通信制御方法の構築

前項の開発項目を実現するためには、駅構内の番線を含む線別データやエリア防護を行うための線路キロ程データ等の無線で送受信する情報量の増加に対応する必要がある。そこで、限られた通信資源を有効に活用することをめざした「新たな通信制御方法の構築」について取組むこととした。

本システムの各装置間のデータ送受信は、時分割多重方式により行われているが、線路作業区間のエリア防護を行うためには、1 箇所の作業位置のキロ程から作業区間の始末端の作業位置という 2 箇所のキロ程を入力して無線で送受信することになり、無線通信データが増加することになる。この通信データの増加に対応可能な無線フォーマットや上下線別の周波数を自動で切替える仕組みについて検討し、試作装置による基礎試験を実施した結果、新たな通信制御方法の構築が可能であることが確認できたので、次のステップである新型線路作業用装置の試作に着手した。

(4) 新型線路作業用装置の試作

基礎試験の成果である新しい通信フォーマットや送信データの圧縮手法を組込んだ、新型の線路作業用装置を試作した。試作機の主な機能は以下のとおりである。

① 作業区間の入力

現行装置は上りまたは下り線のみ設定可能であったが、新型装置では上下線同時設定のほか、駅構内でも番線の設定が可能となった。また作業区間も〇〇km〇〇〇m~△△km△△△mのように、区間としての設定が可能となった。

② ヒューマンマシンインターフェースの改良

新型装置の表示部には入力のしやすさと作業区間や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。表示については図-5 および図-6 に示すように、現行装置の数字による位置情報等の表示から、新型装置は線路配線図を表示して、その上に自装置で設置した

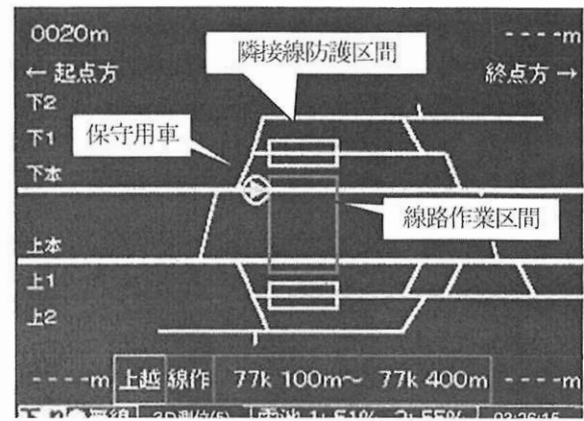


図-5 新型線路作業用装置の表示画面

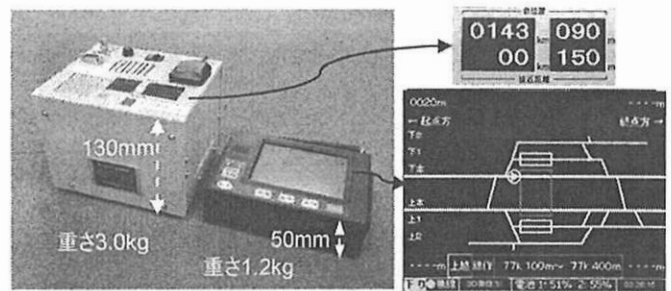


図-6 現行装置と新型装置の比較

線路作業区間および接近する保守用車が視覚的に表示されるようになっている。また線路作業区間に隣接線防護区間が存在する場合は、作業責任者が隣接線防護区間を設定することなく自動的に設定する仕組みとした。

③ 装置の小型化、軽量化

開発した新型装置の大きさ、重量は、移動を伴う作業にも使用することを考慮し、大きさ、重量ともに現行装置の 1/3 程度と小型・軽量化した (図-6)。

4. 現地総合試験

試作した線路作業用装置の機能確認のため、過去の安全システムの試験結果を参考に電波の到達状況が悪いと考えられる区間で、試作した線路作業用装置と保守用車および携帯用装置間の通信到達距離や各装置の機能検証について確認試験を行った (写真-1)。

(1) 試験概要

- ① 実施期間：2010 年 1 月～2010 年 2 月
- ② 実施箇所：北陸新幹線 高崎～安中榛名間
上越新幹線 高崎～上毛高原間
- ③ 試験方法：トンネル内にて、地上に設置した線路作業用装置と保守用車を接近・離隔させ、保守用車に搭載した車載用装置との通信距離の検証、および各装置の警報鳴動等の機能確認を行った。

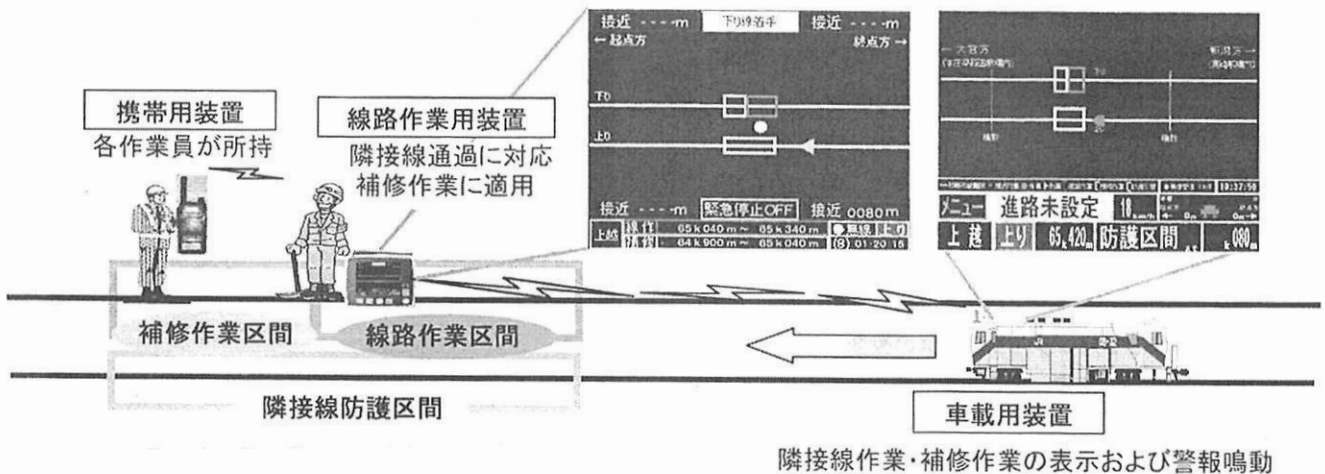


図-7 線路作業用装置の機能概要 (補修作業を対象とした場合)

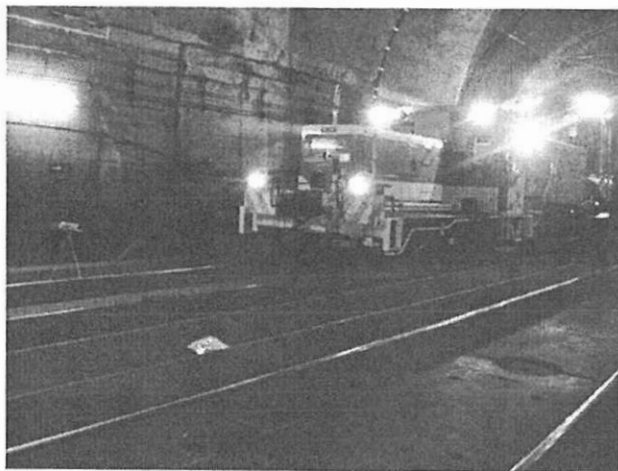


写真-1 現地総合試験

(2) 試験結果

① 線路作業用装置と保守用車との通信距離

線路作業用装置が保守用車からの送信データを100%受信している状態での距離を測定した。その結果、測定日および測定箇所ではばらつきがあるものの、距離では一部の箇所で800m程度の場合があるが、おおむね1,000mまで受信はされており、制動試験で実施した保守用車の走行速度100km/hからの制動距離(約700m)は確保されていた。なお実際の通信制御では、相手方からのデータを受信した後に一時的な通信途絶を考慮して、直前に受信したデータを保持する仕組みであり、データが連続して3回受信できない時に、相手が離れていったという認識をするので、試験結果より遠方から通信制御がおこなわれている。また、現行の線路閉鎖用装置と新型線路作業用装置を同位置に設置して比較をおこなった結果、現行装置と同等以上の通信距離が確保されていることを確認した。

② 警報鳴動及びブレーキタイミング

線路作業用装置の警報鳴動、および車載用装置の警報鳴動とブレーキタイミングについて、適切に動作していることを確認した。

5. おわりに

開発した新型線路作業用装置を2011年から導入し、上下線の線路作業区間が1台の装置で設定可能となり、線路作業区間の隣接線を保守用車が通過する場合でも双方の装置の画面上に相手が表示され警報が鳴動するようになった。

今回導入した線路作業用装置は、保守用車の進入を原則許可しない線路作業を対象としているが、今後さらなる安全性向上のために、一時待避すれば、保守用車の走行が許されている作業区間(補修作業区間)に対しても、接近表示や警報鳴動が可能のように機能改良をすすめていく。補修作業区間も接近対象とした場合の新幹線保守作業安全システムの機能概要は図-7に示すとおりとなり、新幹線の保守作業のさらなる安全性向上を図ることができる。

【参考文献】

- 1) 佐々木敦、田淵潤、北村太郎：「新幹線保守作業安全システム(分岐器割出し防止機能付車載装置)の導入」、JREA、Vol. 51、No. 6、2008. 6
- 2) 加藤武、佐々木敦：「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」、鉄道工学シンポジウム論文集第15号、2011. 7
- 3) 加藤武、佐々木敦、小林伸一郎：「新幹線保守作業安全システムの新型線路作業用装置の開発と導入」、JREA、Vol. 54、No. 12、2011. 12