

軌道回路のない区間の列車接近警報装置の開発

Development of the train approach alarm for the line without track circuit



齋藤 輝明*



大塚 勝**



佐々木 敦*

The TC type train approach alarm detecting a train by track circuit is widely used as a device announced train approach in us. However, it is not introduced into lines without track circuit such as semi- automatic block system. Therefore we developed the new train approach alarm that estimated train and worker positions by GPS, transmitted train positions by a mobile telephone and licensed mobile radio and, alarmed by approach distance from trains. I will work on the introduction to the target line in future.

●キーワード：列車接近警報装置、GPS、速度発電機、携帯電話、業務用無線

1. はじめに

鉄道工事など、営業線及びこれに近接して施工する作業では、列車との衝撃などの事故を回避するため、通常は、信号を赤にすることで列車の進入を防護する線路閉鎖の手続きを取り実施している。しかし、調査等の簡易的な作業では、線路閉鎖を取らず、作業員は列車の接近時に、あらかじめ配置された列車見張員の合図で待避することで作業を実施しており、作業員の安全は列車見張員の注意力に依存しているのが実態である。

そこで東日本旅客鉄道株式会社では、列車見張り業務を補完するため、警報音を鳴動させることで、列車接近情報を作業員に伝える装置として、TC型列車接近警報装置（以下「TC型列警」）を開発し、安全性を高めてきた。

TC型列警は、列車の在線を軌道回路情報で検知し警報を出力している。軌道回路とは、左右のレール間を車両の車軸によって短絡したことを電氣的に検知することで、列車の在線を把握するものである。よって、TC型列警は、軌道回路のない区間には、導入ができなかった。

しかし、2008年に軌道回路のない水郡線にて待避誤りが発生し、これを受け軌道回路のない区間でも導入可能な列車接近警報装置（以下「列警」）の開発に着手した。

2. 装置の概要

2.1 構成機器

本装置は、図1に示す各機器により構成される。また、各機器の主要機能を表1に示す。

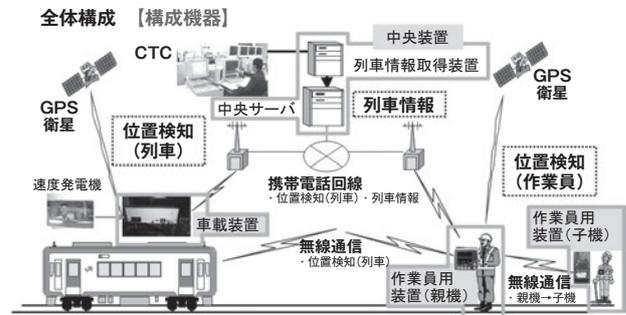


図1 構成機器

表1 構成機器の主要機能

名称	主要機能
車載装置	GPS測位、車両の速度発電機データにより列車位置を取得し、携帯電話回線、業務用無線で外部へ出力する。
中央装置	車載装置からの列車位置とCTC/TID ^{※1} 情報を、携帯電話回線を通じて作業員用装置(親機)へ送信する。
作業員用装置(親機)	GPS測位と鉄道GIS ^{※2} により求めた線路キロ程と、携帯電話回線、業務用無線で受信した列車位置により、接近距離を算出し、警報を鳴動する。
作業員用装置(子機)	親子関係で設定(グループ化)された作業員用装置(親機)から、業務用無線を通じて制御され、警報を鳴動する。

※1: CTC(Centralized Traffic Control)列車運行を集中管理、制御するシステム、TID(Traffic Information Display)列車在線情報等を提供する装置

※2: 経緯座標を線路キロ程に変換したデータベース

本列警のデータ伝送方法は以下のとおりである。

(1) 位置検知

列車と作業員の位置把握については、車載装置と作業員用装置（親機）にGPS受信機を装備し、常に測位させる。測位された位置情報は携帯電話回線で中央装置へ送信される。

また、車載装置については、速度発電機のデータを取り込み、列車の走行距離を演算する機能により、一時的にGPSによる測位が不能となっても、列車位置を把握することができる。

(2) 列車情報の取得

中央装置は、CTC/TIDから列車番号、遅れ時分、在線区間の情報を取得する列車情報取得装置と中央サーバで構成されている。

中央サーバでは車載装置から取得した列車位置情報を線路キロ程に変換し、さらに列車情報取得装置で得た情報と照合し、列車位置を含んだ列車情報を作成する。

(3) 作業員用装置への情報提供

中央装置で照合された列車情報は、携帯電話回線で作業員用装置（親機）へ送信し、作業員用装置（親機）では受信された列車情報から警報の鳴動判定を行う。

また携帯電話回線の他に、列車位置の情報を車載装置から業務用無線で作業員用装置（親機）へ直接送信しており、この2つの通信手段により、列車位置の情報伝送の信頼性を確保している。

2.2 作業員用装置（親機）の表示画面

作業員用装置（親機）には、作業位置に最も近い位置にいる上下線列車の列車番号、在線区間、遅れ時分、接近距離、列車速度が表示され、この接近距離により警報の鳴動が行われる。（図2参照）

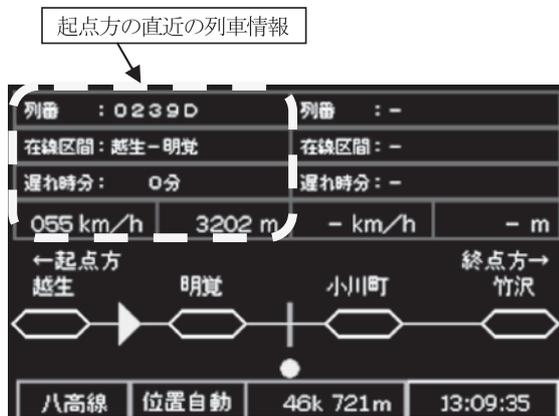


図2 作業員用装置（親機）の画面表示例

2.3 作業員用装置（親機）の警報動作

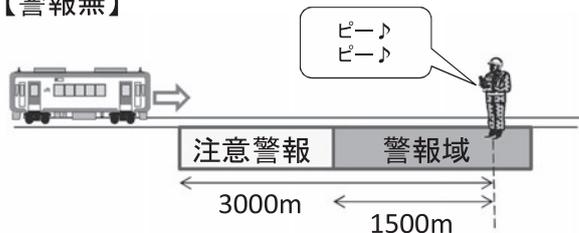
標準的な警報鳴動について図3に示す。

作業員用装置（親機）は、GPS測位から鉄道GISデータにより求めた装置の作業位置と、携帯電話回線および業務用無線で受信される列車位置により、現地から列車までの線路に沿った接近距離を常時算出している。

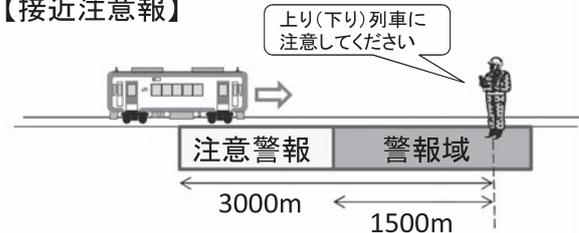
作業位置の上下線3000m以内に列車がない場合、正常に動作していることを確認するため装置から正常音が発している。しかし、列車との接近距離が3000m以下となると接近注意報となり注意警報が鳴動し、装置の画面背景が黄色

になる。さらに1500m以下で接近警報となり接近警報が鳴動し、装置の画面背景が赤色になる。そして、列車が現地を通過し、さらに100m走行したと判断されると警報を停止する。このように、列車の接近を作業員へ音声鳴動と画面表示で伝える。

【警報無】



【接近注意報】



【接近警報】

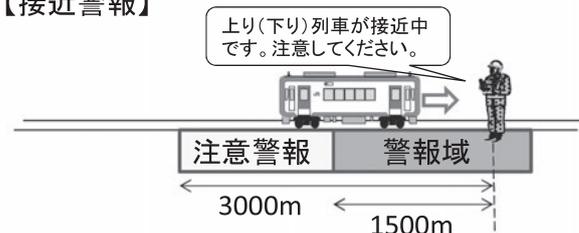


図3 作業員用装置（親機）の警報動作

3. 現地試験

3.1 試作機による現地試験

開発の着手から基礎試験を経て、試作した車載装置、中央装置及び作業員用装置等の組合せ試験を、2011年5月より、八高線をモデル線区として実施した。

試験は、GPSの測位状況や携帯電話回線や業務用無線の通信状況を把握するため、車載装置を試験員が気動車へ持ち込み、図4に示すよう作業員用装置を携行した試験員が踏切付近に立ち、警報鳴動の動作を確認することで実施した。

結果、正常音から接近注意報、接近警報さらに100mが列車通過した後の警報の停止まで正常に動作することを確認した。

また、作業員用装置（子機）が作業員用装置（親機）から、警報の鳴動と停止動作が制御されていることも確認した。



図4 現地試験の状況

3.2 車載装置の設置工事

気動車へ車載装置を持ち込んでの現地試験で、良好な結果が得られたので、2012年3月に車載装置を八高線で使用している全車両へ設置する工事を実施した。気動車に設置した車載装置とアンテナの状況を図5に示す。

また、2012年6月～8月に、車両の速度発電機からの配線を車載装置へ接続している。

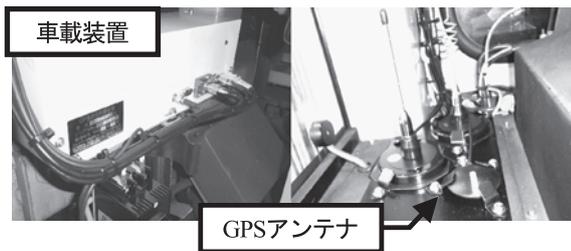


図5 車両への車載装置とアンテナの設置状況

3.3 八高線での総合機能検証試験

八高線用気動車全編成へ車載装置の設置が完了したことにより、試行導入環境でのGPS測位状況、携帯電話や業務用無線の通信状況の確認と警報鳴動動作の確認を行うための総合機能検証試験を実施した。

試験では、一般的な列車の接近と通過に対する警報鳴動動作の機能検証だけでなく、1日に数回しかない車両接近のケースや、各装置等に異常が発生した際の機能についても検証をした。

主な項目を以下に示す。結果として、全て仕様どおり動作することを確認している。

- (1) 接近する列車が直近の駅構内に出発信号機「赤」で在線する時の動作
- (2) 中間駅で折返し、終着、始発する列車に対する動作
- (3) 上下両方から列車が接近する場合の動作
- (4) 携帯電話不通時の動作
- (5) 業務用無線機の故障時の動作
- (6) 作業員用装置(親機)でGPS測位不能が連続した時の動作
- (7) CTC/TIDからのデータが取得できない場合の動作

3.4 車載装置未搭載車両による警報鳴動

車載装置を搭載していない車両に対しての対応として、CTC/TIDからの列車情報で現地より2区間手前から在線がある場合に警報鳴動を開始し、自位置の区間を通過したら警報鳴動を停止する機能を備えた。(図6参照)

機能検証を行うため、八高線で臨時列車が走行する日に動作試験を実施した。その結果、警報鳴動時、作業員用装置(親機)の画面には、速度、接近距離は未表示であるが、正常に警報鳴動し、列車情報も表示され、仕様どおりの動作であった。

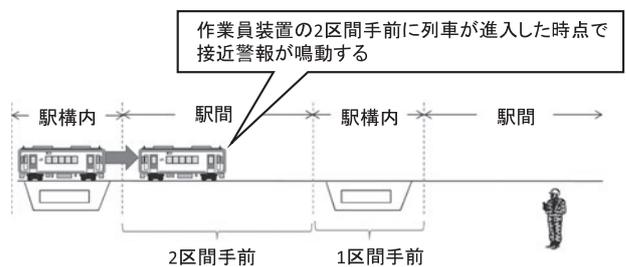


図6 車載装置未搭載車両接近時の警報鳴動

3.5 樹木繁茂がGPS測位へ与える影響

夏季の使用に際しては、線路脇で待避する時に、作業員の背丈よりも高く繁茂した樹木により、作業員用装置のGPS測位が遮られる事が懸念された。そこで、繁茂が顕著な区間を選び、線路脇を歩行して、



図7 GPS測位状況

GPS測位へ与える影響を確認した(図7参照)。試験の結果、作業員用装置(親機)での測位不能の発生率は2.1%(359/16980データ)となった。

しかし測位不能は、樹木やこ線橋付近で、一時的に発生するが、いずれも直ぐ回復し、連続して測位していることから使用に際して制限となるようなことは無いことを確認した。

以上の結果を経て、2012年11月より、一部設備現業区所での試験運用を開始し、現在継続中である。

4. 作業員用装置(親機)の小型化

試験運用を実施している現業区所より、試作した作業員用装置(親機)は、寸法177×142×52mm重量1.3kgと、線路内を移動する巡視等作業で携帯するには、大きくて重いと

の意見があったため、作業員装置の小型化に取り組むこととした。

検討を重ねた結果、作業員用装置（親機）については、制御、表示の機能を汎用の端末で動作させることとし、業務用無線機については、新たに汎用端末とBluetooth接続で連携する小型無線機を製作した。（図8参照）

汎用端末については、市販されている各メーカーのタブレット、スマートフォンの中から、動作時間（電池の持続）、GPS測位性能、画面の見易さ（日光による反射の少なさ）等から選定し、軽くて持ち運びしやすいサイズ（寸法140×72×12mm、140g）を実現した（以下スマホ型作業員用装置とする。）。

また、試験運用での意見を取り入れ、従来品からスマホ型作業員用装置では、正常確認音の間隔を2秒から4秒へ、警報鳴動音の間隔を連続鳴動から3秒とし、耳に煩わしく聞こえる度合いを低減するなど、一部で機能変更を実施した。

従来の作業員用装置（親機）



図8 作業員用装置（親機）の小型軽量化

5. トンネル区間への対応

5.1 トンネル区間介在線区での電波状況確認

トンネル等の構造物により線路上部が連続して覆われる区間では、GPS測位や携帯電話回線の通信が遮られるため、使用できないことが予想された。

導入予定線区の多くはトンネルを有する線区であり、そのためトンネル区間でも明かり区間と変わらず使用可能とすることが課題であった。そこで、飯山線をモデル線区として、トンネル区間への対応機能の開発に着手することとなった。

2012年2月の冬季と9月の夏季に飯山線で列車へ車載装置を持ち込み、さらに地上でも作業員用装置を携帯した試験員を配置し、GPS測位、携帯電話回線、業務用無線の接続、

警報鳴動状況を確認した。

結果、トンネル区間においては、GPS測位や携帯電話回線が途切れるが、トンネル通過後は速やかに回復することが確認された。また、2mを超える壁のような線路脇の積雪や夏の繁茂した樹木が存在しても、GPS、携帯電話回線、業務用無線の妨げとならないことを確認した。

5.2 トンネル区間対応機能の検討

本装置を他線区へ水平展開するためには、GPS測位や携帯電話回線の通信が遮られるトンネル区間でも使用できるものにする必要があり、そのため、トンネル区間を含む飯山線では対応機能を現在検討している。

飯山線で電波状況の確認試験を実施した結果、車載装置が車両の片側しかない場合（八高線の仕様）、トンネル内に列車が進入した時、車載装置を搭載した側に作業員用装置（親機）がある場合は、業務用無線の接続は良好であったが、反対側にある場合では、列車の車体が電波の障壁となり、接続状況は不良であった。そこで、飯山線では車両の前後に車載装置を搭載することにした。

また、業務用無線が届かない長大トンネルについては、トンネル内に無線LANを設置し、電波が受信できる箇所まで、有線で列車位置等を送受信させる機能の確認に向けた現地検証試験の準備を進めている。（図9参照）

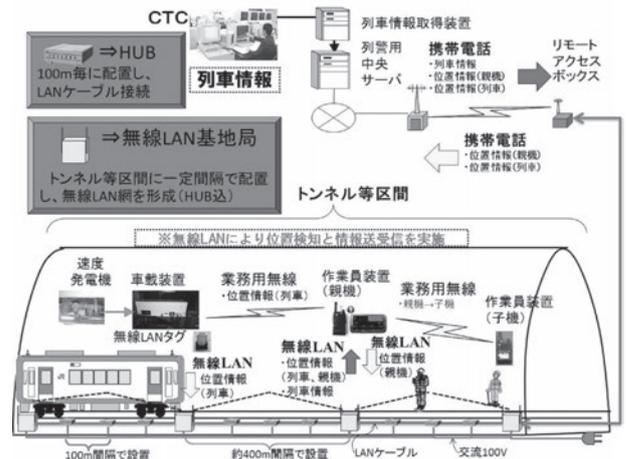


図9 無線LANによるトンネル区間対応

6. 今後について

今後は、飯山線におけるトンネル区間対応機能の仮設試験の結果と現業区所における試験運用状況を踏まえた上で、より安全性の高い列車接近警報装置の最終的な仕様を主管部と共に定めて、他線区への水平展開を目指していく。