

GPSを活用した列車接近警報装置の開発



坂本 憲靖*¹



牛腸 徹*¹



佐々木 敦*²

Development of the train approach alarm system using GPS

Toshinobu SAKAMOTO*¹, Tooru GOCYOU*¹ and Atushi SASAKI*²

*¹ Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*² Principal Chief Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

We developed a train approach alarm system as a device to inform the maintenance staff working in the track of the approach of the train. This train approach alarm system is a device which can be used even in a section without a track circuit in which we can not use the TC type train approach alarm system used so far so as to grasp the position of the train and the position of the maintenance staff using the GPS.

●**Key words:** GPS, Train approach alarm System, Track circuit, Traffic Information Display

1. はじめに

線路内でおこなう総合巡視や検査・調査などの際は、作業員の安全を確保する補助的な手段としてTC型無線式列車接近警報装置(以下TC列警)を使用している。しかし、TC列警は軌道回路によって列車在線を検知し、警報を出力する仕組みであるため、軌道回路のない線区へは導入されていない。

2008年に軌道回路がなく、TC列警が導入されていない水郡線において待避誤りが発生した。この事象の対策として、軌道回路のない区間でも使用可能な列車接近警報装置(GPSを活用した列車接近警報装置)の開発に着手し、2016年度から本導入となった。

本稿では、本システムの概要と実用化に向けて行った開発内容について概説する。

2. GPSを活用した列車接近警報装置の概要

軌道回路のない区間の列車接近警報装置はTC列警とは違い軌道回路情報で警報鳴動させることができないため、衛星から得られる位置情報(GPSで測位した位置情報)を活用して警報を鳴動させる。軌道回路のない区間の列車接近警報装置は図1に示す機器から構成され、各機器の主な機能は以下となる。

(1) 列警用車載装置

GPSにより車両の位置(緯度経度情報)を取得し、携帯電話回線でデータセンター内のフロントサーバへ送信する。

(2) TID/I/F装置

TID(列車運転状況表示装置)などから受信する列車在線情報をフロントサーバへ送信する。

(3) フロントサーバ

車載装置からの列車位置情報とTID I/F装置からの列車在線情報を受信し、中央サーバへ送信する。

(4) 中央サーバ

フロントサーバから受信した列車位置情報と列車在線情報を照合し、線路キロ程に変換する。その後、携帯電話回線で携帯端末へ送信する。

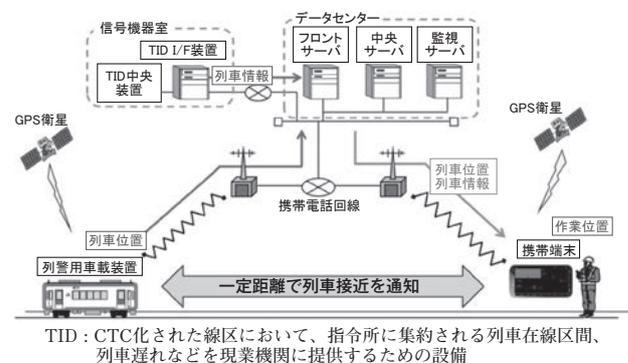


図1 システム構成

(5) 携帯端末

GPSにより自位置(作業位置)を取得し、線路キロ程に変換する。中央サーバから受信した列車位置情報から作業位置と列車位置を演算し、一定距離に列車が接近した場合に列車接近警報を鳴動する。

(6) 監視サーバ

各サーバなどの動作状況を監視する。

3. 列車接近警報の仕組み

3・1 作業員位置検知

作業位置は、携帯端末(スマートフォン)に内蔵されるGPSで取得する。1秒ごとに位置座標を測位し、鉄道GIS(緯度経度情報を線路キロ程に変換するための地理情報)によって線路キロ程に変換することで作業位置としている。

3・2 列車位置検知

列車位置は、車載装置のGPSで取得する列車位置情報とTIDなどから受信する列車在線情報の組み合わせで検知している。図2で示す車載装置は、GPSにより1秒周期で緯度経度情報を取得し、取得した最新の位置情報を2秒周期でフロントサーバに送信している。また、TIDなどから取得する列車在線情報はTID I/F装置を介し、3秒周期でフロントサーバに通知される。GPSで取得した列車位置とTIDなどが示す在線区間の整合性を確認して携帯端末へ送信する。GPSとTIDなどを組み合わせることで位置品質の向上を図っている。



図2 車載装置

3・3 列車接近警報距離の演算

携帯端末は、作業員に対して列車が一定距離に接近した場合に列車接近警報を鳴動する。また、列車が作業位置を通過した場合、適切な距離において列車接近警報を停止する。作業員に対して列車が一定距離に接近していない場合は正常音を鳴動する。列車が作業位置に接近した場合の警報動作は次のとおりである。

(1) 列車接近注意報

列車が携帯端末に対して接近する方向で移動し、距離3000m以内に接近した場合に注意報を鳴動する。

(2) 列車接近警報

列車が携帯端末に対して接近する方向で移動し、距離1500m以内に接近した場合に警報を鳴動する。通過後100m離れると警報は停止する。

(3) 正常音

列車接近注意報、列車接近警報の対象外でシステムが正常に動作している場合に鳴動する。警報の対象は作業位置に対して、上り・下り方向それぞれで最も近い列車である。警報動作の概要を図3に示す。

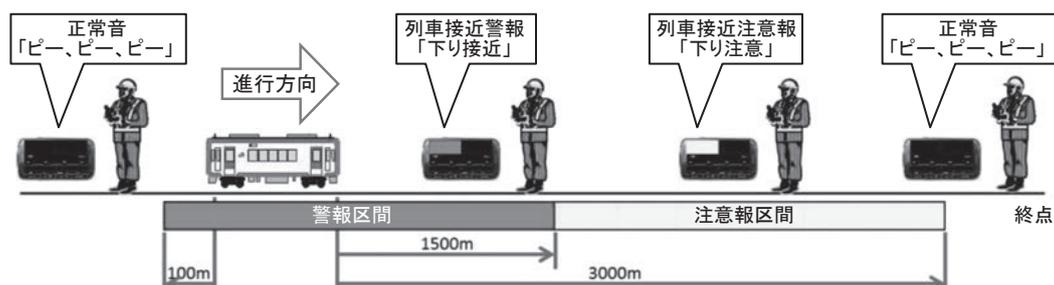


図3 警報動作

3・4 画面表示

携帯端末は画面表示を行い、作業員に対して列車情報などを通知する。表示内容は図4のとおりであり、以下の情報を表示する。

- (1) 警報端末状態情報 (A表示)
電池残量、3G/LTE通信状態、GPS測位状態、列警稼働状態
- (2) 車両情報 [上り/下り] (B表示)
列車番号、在線区間、遅れ時分、列車速度、接近距離
- (3) グラフィック表示 [拡大表示/広域表示] (C表示)
車両シンボル、作業員シンボル
- (4) 自位置情報 (D表示)
線区名、作業位置キロ程、現在時刻

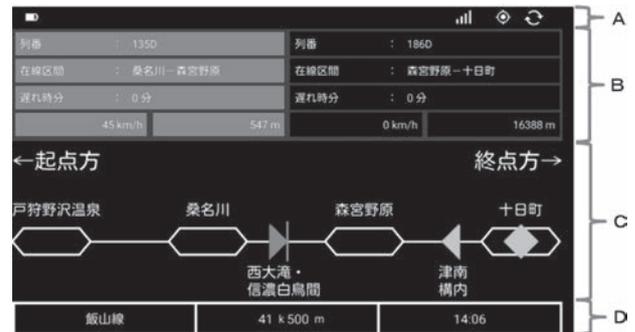


図4 画面表示例

線区名、作業位置キロ程、現在時刻

特に、列車が列車接近警報の対象距離に接近した場合、車両情報表示欄の列車接近警報対象を赤塗り(列車接近注意報の場合は黄塗り)で表示させる。図4は、下り列車が列車接近警報範囲内に接近した場合の表示例である。

4. 実用化に向けた開発概要

「トンネル区間」「入換車両」「長期留置車両」は列車位置情報と列車在線情報の整合が取れないため、通常の処理ではシステムとして故障判定を行ってしまう。この場合、携帯端末は故障音を鳴動するとともに故障内容を通知するため、安全側に動作する機能を実現しているが、ユーザ側としては使用性が低下するという問題がある。そこで、これらの事象が定例的に発生する区間を特情区間と定義し、システム上、特情的な処理を施すことで故障としない手法の検討を行った。

4・1 トンネル区間などの検討

トンネルなどGPSが受信できない区間では予めこの区間をデータベースとして中央サーバ及び携帯端末に設定しておき特情処理を行う。列車接近警報動作のイメージは図5のとおりである。

あらかじめ設定したトンネル区間などに列車が接近してきた場合(トンネル等の外側に列車が移動する場合)は通常の動作を行う(図5上段)。設定した区間に列車が進入した場合、区間の出口側に列車が在線するものとし、この位置を起点に警報範囲内に作業員がいる場合は列車接近警報を動作する。実際の列車は出口側の列車位置よりも後方にあるため、安全側の警報動作を実現することが可能となる、実際の列車がトンネルなどから出て、GPSによる再測位が行われ、列車位置情報と列車在線情報がマッチした時点で通常動作を回復する。設定した区間は通常の列車接近警報の動作と処理内容が異なり、GPS測位不能あるいは携帯電話回線不通で列車位置情報を取得できないため「使用禁止区間」とすることを前提とする。

サーバ上の処理では、トンネルなどGPSが正常に測位できない区間は前後にGPSが正常に測位できる区間(図6の判定区間A、B)を設定し、一括りの使用禁止区間としてデータベース登録を行う。判定区間Aに列車が進入した場合、実際の列車位置から使用禁止区間の最外方Po2に列車位置を移動させ、Po1からPo2の区間である判定区間BでGPSにより列車位置が検知できた場合に実際の列車位置を回復する。

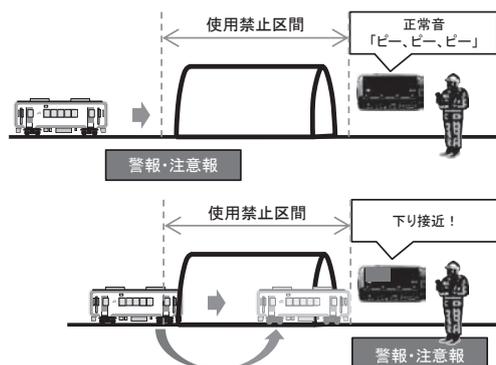


図5 トンネル等での動作

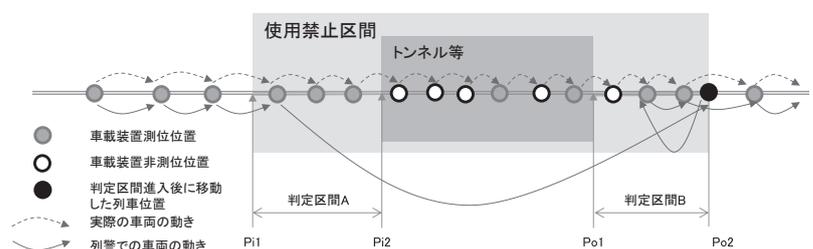


図6 トンネル区間などでの車両位置

4・2 入換え車両の検討

車両の連結や切離しを行うため、車両入換を実施する駅がある。車両入換に対しては、列車在線情報が配信されないため、列車位置情報と列車在線情報の整合がとれない。この場合、システム上の故障を防ぐため特情処理を実施する必要がある。トンネル区間などの対応と同様に、駅構内を使用禁止区間として設定することを前提とし、定義した区間で列車在線情報が消去されGPSのみの列車位置情報が有る場合に処理が動作し、使用禁止の音声案内と列車接近警報が鳴動する。入換車両の場合、進行方向が不定であるため車両の両側が警報の対象となる。車両入換を実施する駅での動作は図7のとおりである。

4・3 エンジンを停止した長期留置車両の検討

基本運用でエンジンを停止して車両を長期に留置する場合、列車在線情報を残したまま実施する場合がある。車載装置電源は車両電源と連動しているため車両のエンジンが停止した時点で車載装置の電源が切れるため、車両位置が取得できなくなる。この場合も列車位置情報と列車在線情報の整合が取れなくなり、システム上、故障となってしまう。このため特情処理を施す必要がある。

エンジンを停止した長期留置車両における特情処理においても、トンネル区間などや車両入換と同様、予め駅構内を使用禁止区間として設定することを前提とし、GPSによる列車位置情報と列車在線情報のアンマッチが生じた時点で予め設定した列車番号であれば使用禁止の音声案内と列車接近警報が動作する。対象の車両は運用表から列車番号と在線する区間を設定することで特定している。携帯端末の動作は図8のとおりである。

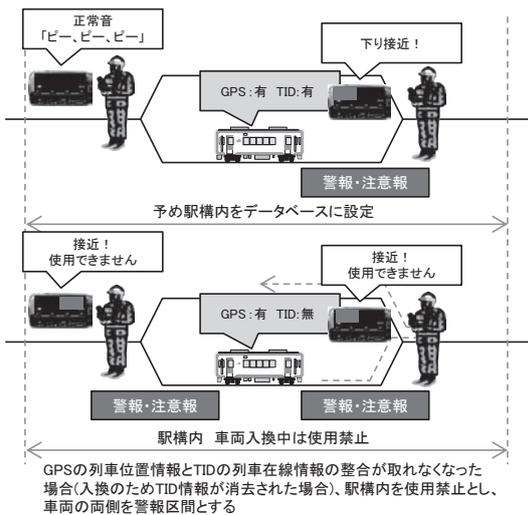


図7 車両入換駅での動作

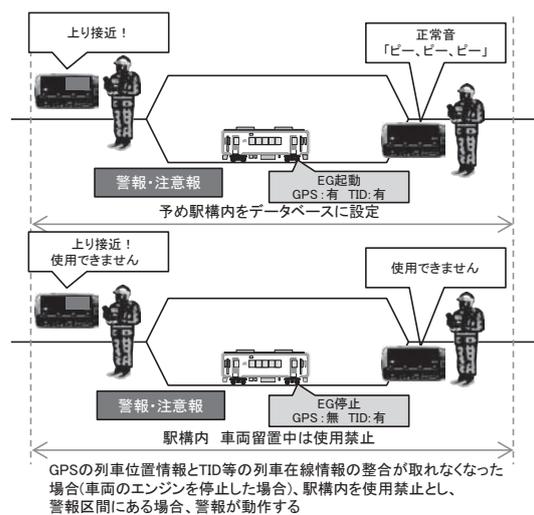


図8 長期留置駅での動作

5. 導入計画

本装置は2016年4月より八高線、飯山線にて運用が開始され、2017年8月時点で8線区に導入されている。今後は軌道回路がない線区かつ列車在線情報が取得可能な図9に示す対象線区に導入予定である。

6. おわりに

本稿は、軌道回路のない区間の列車接近警報装置について、本列警の概要と本導入に向けた開発内容を紹介した。本列警の導入により列車見張員の注意力のみに頼る保安体制が解消され、作業員の触車事故および退避誤りの発生を防ぐことが期待される。今後は線区ごとの特情に配慮した仕様の修正などの課題はあげられるが、計画どおりの導入に向けて邁進し、作業員の安全性向上に努めていきたい。

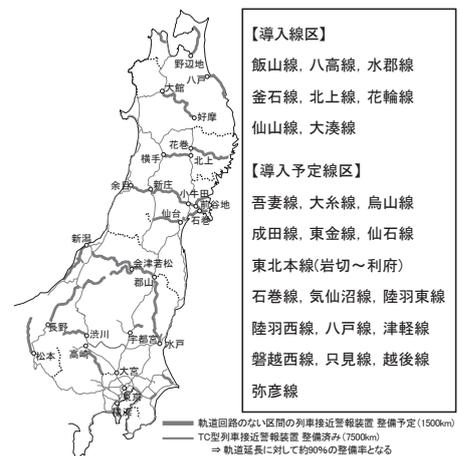


図9 導入予定線区