

## GPS列警用車載装置の機能拡張開発



江尻 早織\*<sup>1</sup>



佐藤 誠也\*<sup>3</sup>



鈴木 雅彦\*<sup>2</sup>



金子 拓企\*<sup>4</sup>



中達 太郎\*<sup>5</sup>

### Development of GPS-type train approach warningsystem (=“GPS alarm”) in-vehicle devices

Saori EJIRI\*<sup>1</sup>, Tomoya SATO\*<sup>3</sup>, Masahiko SUZUKI\*<sup>2</sup>, Hiroki KANEKO\*<sup>4</sup>, and Taro NAKADACHI\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> Researcher, Safety Research Laboratory Research and Development Center of JR EAST Group

\*<sup>2</sup> Chief Researcher Safety Research Laboratory Research and Development Center of JR EAST Group

\*<sup>3</sup> Akita Branch Office Railway Division Equipment Unit Facility Operation Center ,East Japan Railway Co.,Ltd.

\*<sup>4</sup> JR-East Personnel Service Co.,Ltd.

\*<sup>5</sup> Union construction Co.,Ltd.

#### Abstract

JR East has various systems and rules for workers to work safely on commercial lines. One of such mechanisms is a “train approach warning device using GPS” (hereafter referred to as a GPS alarm). “GPS alarm” is a system that notifies workers of approaching trains and prompt them to evacuate. Nowadays, it had installed in 25 commercial lines of JR East area. In this development, first, in order to improve the position detection accuracy of the in-vehicle device, we improved in-vehicle device so as to acquire positioning data from satellite “Michibiki”, QZSS. As a result, we confirmed that we can reduce non-available area about 5% to 9%. Next, we fitted in-vehicle device to 4G standard before 3G service is terminated. Finally, we have reduced the volume of in-vehicle device by 55%. From 2023, this development will be installed in commercial use.

●**Keywords:** GPS, QZSS, GNSS, 3G, 4G, Work safety

\*<sup>1</sup>JR東日本研究開発センター 安全研究所 研究員 \*<sup>2</sup>JR東日本研究開発センター 安全研究所 主幹研究員

\*<sup>3</sup>秋田支社 鉄道事業部 設備ユニット 施設指令 (元 安全研究所) \*<sup>4</sup>(株)JR東日本パーソナルサービス (元 安全研究所)

\*<sup>5</sup>ユニオン建設(株) (元 安全研究所)

## 1. はじめに

鉄道設備の保守や点検は列車に対する保安体制を確立して実施しており、当社では列車が作業員に接近すると警報鳴動する「TC型列車接近警報装置」(以下、TC列警という)を開発し導入している。但し、TC列警は、列車の在線位置を軌道回路(レールに電流を流し列車走行時に電気回路が構成される仕組み)で検知するため、非電化区間などの軌道回路がない区間には導入できない。

そのような背景の中、2008年10月に軌道回路の整備されていない水郡線で待避誤りが発生したことを契機に、軌道回路が整備されていない線区でも使用可能な「GPSを活用した列車接近警報装置(以下:GPS列警という。)」が安全補助手段として開発され、現在もGPS列警は25線区で活用されている。

現行のGPS列警は、GPS未測位や測位誤差の影響から、「使用禁止区間」としている区間があるため、本件ではそれらの削減を検討し安全度の向上を図ることとした。また、GPS列警の導入から10年以上が経過したことによる、環境や技術に対応させるための改良を試みた。

## 2. GPS列警の構成と本件の開発対象

GPS列警の構成を図1、主な構成要素の主要機能を表1に示す。GPS列警は、作業員端末のGPS情報から得た作業員の位置と、運転台に設置された車載装置から得た列車位置の差分を活用した仕組みとなっている。

列車在線位置は情報の信頼性を確保するため、車載装置で得たGPS情報と中央装置から得たCTC/TID情報(各駅にある運行情報装置から得られる列車在線区間情報)を照合し整合確認を行っている。

本件では「車載装置」を開発対象とし、「列車在線位置精度の向上」「各構成要素間の通信に用いられる携帯回線帯の拡大」「車載装置の小型化」を実現した。

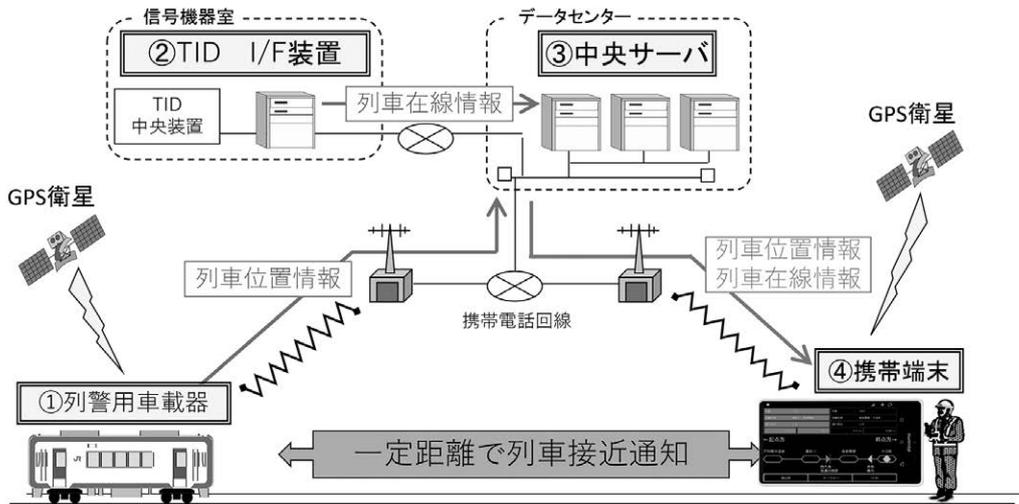


図1 GPS列警システムの全体構成

表1 主な構成要素の主要機能

名称	主要機能
車載装置	運転台に設置。GPS測位データによる列車位置を取得し、携帯電話回線と業務用無線で情報を送信する。
中央装置	車載装置からの列車位置とCTC/TID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。

### 3. GPS列警の使用禁止区間削減の検討

#### 3・1 GPS測位誤差による使用禁止区間の削減検討

線区並走区間、分岐合流区間などでは、GPS測位誤差により、隣り合う線区（又は線別）のどちらを列車が走行しているか判断できないことから、測位誤差による使用禁止区間としている。そこで、GNSSにおいてGPSの他に「人工衛星みちびき(QZSS)」からも位置情報が取得できる仕様に改良し、車載装置のGPS測位精度を向上させることとした。現行の使用禁止区間と「人工衛星みちびき(QZSS)」を活用した場合の使用禁止区間削減イメージを示す(図2)。

改良を施した車載装置を用いて現地試験を実施したところ、現行機と比較して陸羽本線で5%、仙山線で9%の使用禁止区間削減を確認することができた(表2)。

また、同日・同航路(仙山線2020年12月2日)で現行機と試作機のGPS測位精度を比較すると、図2のようになった。図3は、1航路で受信した全てのGPS測位データ(プロット)について誤差を集計し、全受信データに対するプロット数の割合を示した図である。試作機(みちびき対応仕様の車載装置)で得たプロットは、誤差1mが最も多く、線別の区別が可能な誤差4m以内には、67%のプロットが集中している。対して、現行機は測位誤差7mが最も多く、誤差4m以内には13%のプロットしか無い。よって、試作機の方が高精度だと言える。以上より、GPS列警の車載装置を人工衛星みちびき(QZSS)対応とし、位置の測位精度を向上させることで、併走区間や分岐合流区間などの使用禁止区間が削減できる可能性を示すことができた。

表2 現地試験での使用禁止区間削減率延長結果

試行線区	現行機	試作機	使用禁止区間	使用禁止区間
	使用禁止区間	使用禁止区間	減少延長	削減率
陸羽本線	4356m	4156m	200m	5%
仙山線	3587m	3270m	317m	9%

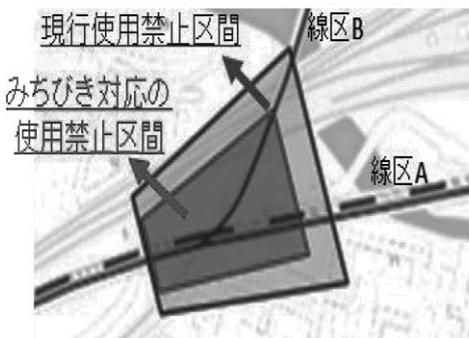


図2 測位精度向上による使用禁止区間削減イメージ

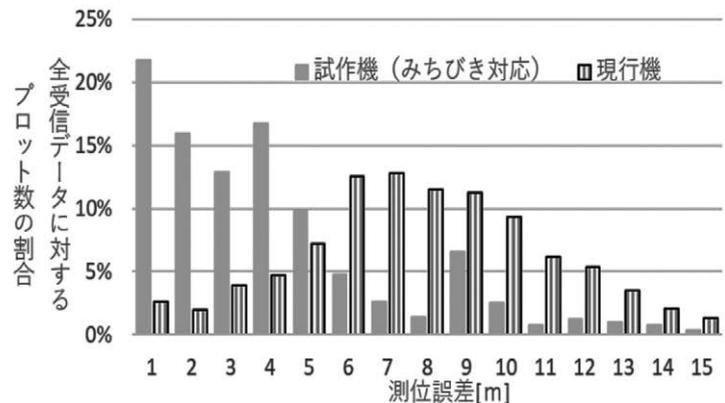


図3 試作機と現行機におけるGPS測位誤差の比較

### 3・2 GPS未測位区間による使用禁止区間の削減検討

トンネル区間とその前後付近、山間の谷間となる線形区間などでは、車載装置がGPS情報を取得することができず、未測位区間による使用禁止区間としている。そこで、未測位区間ではミリ波レーダ速度計で移動距離を算出し、最後に取得したGPS情報の位置に加算することで列車位置を求められるよう車載装置を改良した。

改良車載装置を用いて陸羽西線、仙山線で現地試験を実施したところ、現行GPS列警の使用禁止区間の約1割について、距離算出による列車位置の補完が可能であることを確認した。

しかし、現地試験でミリ波レーダの不具合が多発したことや、雨や雪をレーダが誤検知してしまって移動距離が算出できなくなるといった天候の影響を受けやすいことが判明した。

以上より、ミリ波レーダ速度計を活用することでの使用禁止区間の削減はできず、列車位置精度向上を目的としたミリ波レーダ速度計を用いた機能改良についても効果が限定的であるとの結論に至った。安全補助装置として活用するには精度が不安定と言え、車両へのミリ波レーダ本体の設置も必要となることから、実導入はされなかった。

## 4. 環境の変化・社内ニーズの対応に伴う車載装置の改良

### 4・1 車載装置の携帯回線4G対応化

現行GPS列警の車載装置で使用している通信回線3G (FOMA) は、開発当時は日本で主流の携帯通信回線であったが、その後10年以上が経過し、2026年でサービスが終了し使用できなくなることとなった。そこで、車載装置の携帯回線を3G及び4G (LTE) 回線の両方に対応可能とし、現地試験で現行車載装置と同などの通信が可能であることを確認した。

### 4・2 車載装置の小型化

車載装置は列車運転台の中に設置されるため、限られた空間を有効に活用するためにも小型化することが望ましい。

そこで、本件では現行の車載装置272×60×90mmより体積比で55%小型化することを実施し、試作車載装置の端末単体のサイズを140×47.7×100mmとした。



図4 開発した車載装置

## 5. まとめ

本開発では、GPS未測位・誤差の影響から生じる「使用禁止区間」の削減と、GPS列警を現時点の環境や技術に対応させることを試みてGPS列警の車載装置を改良した。

「使用禁止区間」の削減については、GNSSにおいて「人工衛星みちびき(QZSS)」を対応させることで位置情報精度を向上させる車載装置の改良を行った。その結果、ミリ波レーダ速度計では「使用禁止区間」を削減することはできなかったが、「人工衛星みちびき(QZSS)」を対応させたことで、測位誤差による使用禁止区間削減の可能性を示すことができた。

また、環境の変化や社内のニーズに応えるために、車載装置の携帯回線を4Gに対応させる開発と、現行装置体積比55%の小型化を実現した。

## 6. 導入計画

本開発ではGNSSでの「人工衛星みちびき(QZSS)」対応化、携帯回線の4G対応化、本体の小型化の3点についてGPS列警の車載装置を改良し、現地試験で良好な結果を得られ実用化することができた。本成果を反映させた次期GPS列警車載装置の製品版が、2023年度以降、現行GPS列警車載装置と順次取換えられる予定である。

## 7. おわりに

本稿は、初導入から約10年が経過したGPS列警の、環境変化や技術進歩に合わせた改良の取組みを紹介した。本列警の車載装置が更新されることで、引き続きGPS列警が安全補助手段として活用され、見張り員の注意力のみに依存する保安体制を解消し、作業員の触車事故及び待避誤りの発生を防止していくことが期待される。開発の実施に当たり、JR東日本コンサルタンツ(株)、関係各所の皆さまに多大なご協力をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

### 参考文献

- 1) JR EAST Technical Review-No.59-2017 特集論文4 GPSを活用した列車接近警報装置の開発