

### S7-1-3

## GPS携帯電話を活用した列車接近警報装置の開発

○〔土〕 川添 雅弘 (西日本旅客鉄道株式会社)      〔土〕 井手 寅三郎 (西日本旅客鉄道株式会社)

Developing of the train approach alarm device by the GPS installed mobile phone  
 Masahiro Kawazoe, Member (West Japan Railway Company)  
 Torasaburo Ide, Member (West Japan Railway Company)

To keep the safety of the railway track workers, it is the rule that a train finding person finds an approach train and informs them of it. If the train finding person overlooks the approach train, the railway track workers fall into very dangerous state. Then, to improve the safety of the railway track workers, we develop the train approach alarm device by the mobile phone with Global Positioning System and the train information of Centralized Traffic Control.

キーワード: 列車接近警報装置、GPS 携帯電話、CTC

Keyword: The train approach alarm device, The mobile phone with Global Positioning System, Centralized Traffic Control

#### 1. はじめに

鉄道線路内で作業や調査を行う場合に配置される列車見張員は、列車接近を目視で検知し、作業員に列車接近を通知することで、作業員の安全を確保しているため、列車見張員が列車の接近を見落とした場合は、作業員は大変危険な状態に陥ることになる。

そこで、列車見張員のヒューマンエラー対策として、「列車接近検知機能」および「接近情報通知機能」をシステム化することで保守作業時の保安度を向上させることを目的として、GPS 携帯電話を活用した列車接近警報システムの開発を進めている。

本稿では、当社管内の JR 奈良線(木津駅～京都駅間)において試作機を開発し、モニタリング試験を実施したので、その概要について報告する。

#### 2. システムの概要

本システムは図 1 に示すとおり、作業員位置を作業責任者が持つ GPS 携帯電話を用いて GPS 測位により取得し、列車在線位置を CTC 中央装置から取得している。

そして、作業員位置および列車在線位置をそれぞれ今回開発した制御サーバに伝達し、制御サーバ内で列車接近および列車通過の判定を行い、作業員位置に列車が接近した場合には、公衆無線回線を通じて列車見張員が持つ警報用携帯電話に列車接近情報を通知し、警報音およびバイブレーションが出力される仕組みとなっている。

以下、各機能について詳細に説明する。

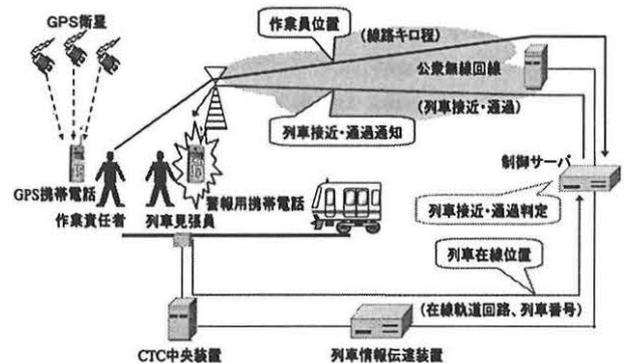


図 1 システム構成

#### 2.1 作業員位置の取得機能

作業責任者が、線路入り前に GPS 携帯電話の電源を投入すると、GPS 衛星から現在地の緯度・経度を自動で取得する。そして、取得した緯度・経度情報は制御サーバに送信され、制御サーバ内で線路キロ程に換算される。さらに、線路キロ程を元にして、100m 単位に区分された作業エリアも算出され、作業員位置が認識される仕組みとした。

一方、写真 1 に示すように、線路キロ程情報は GPS 携帯電話に返信され、作業責任者は現在の作業位置を GPS 携帯電話の画面で認識することもできる。

また、線路巡回検査などの移動作業にも対応できるように、45 秒周期で自動的に GPS 測位が行われ、常に最新の作業員位置が認識される仕組みとした。

なお、GPS 携帯電話の測位誤差は数十 m 程度見込まれるため、作業員位置の上下線の区別は行っていない。



写真1 GPS携帯電話

## 2.2 列車在線位置の取得機能

列車在線情報として、在線軌道回路および列車番号をCTC中央装置から制御サーバに伝達するために、本システムに付属して列車情報伝達装置を開発し、制御サーバへ列車在線情報を伝達し、制御サーバ内で列車在線位置が認識される仕組みとした。

なお、CTC中央装置のセキュリティ対策として、情報の伝達はCTC中央装置から制御サーバ方向への一方通行のみとした。

## 2.3 列車接近・通過の判定機能

列車の接近判定については、図2に示すように、100m単位に区分された作業エリアからシステム列車見通し距離(システム列車見通し距離については2.4節で説明)を確保できる軌道回路を接近軌道回路として、接近軌道回路に列車が進入し軌道回路が落下状態となれば列車接近と判定する仕組みとした。

一方、列車の通過判定については、列車の去り側方向で作業エリアに最も近い軌道回路を通過軌道回路として、通過軌道回路に列車が進入し軌道回路が落下状態となれば列車通過と判定する仕組みとした。

また、折返し列車のように現場を通過しない列車については、作業エリアに接近してくる場合は安全のため接近と認識させて一旦警報を出力させるが、折返し時のCTC中央装置内で発生する列車番号の変化をトリガーとして警報を停止する仕組みとし、警報の鳴りっ放しを防止した。



図2 列車接近・通過判定

## 2.4 システム列車見通し距離の考え方

列車見張員が持つ警報用携帯電話が列車接近の警報を発した時点で、列車と作業員間の距離は、現行定められている列車見通し距離以上を確保する必要がある。しかし、本システムでは、測位結果に数十m程度の誤差を持つGPS測位結果を利用していることや、各情報の伝達に公衆無線回線を利用していること、また作業員が移動することなどを考慮して、安全を担保するために現行の列車見通し距離に対して図3に示すように、下記の項目を追加したシステム列車見通し距離を設定している。

### (1) GPSの測位誤差

GPS携帯電話の測位誤差は一般に数十m程度とされているが、本システムではGPS測位の最大誤差を線路キロ程換算で100mと仮定し、最大誤差が発生した場合の安全担保として、現行の列車見通し距離に100mを追加することとした。一方、GPS測位の性能上、100m以上の大きな誤差は発生しないとは言いきれない。そこで、万が一100m以上の大きな誤差が発生した場合でも作業員の安全が担保できるように、最新の測位結果と前回の測位結果と比較し、その差が線路キロ程換算で100m以上離れていれば異常値と判断させ、後述(2.6節で説明)するとおりエラー警報を出力させることで作業員の安全を担保させることとした。

### (2) 情報伝送時間

列車が接近軌道回路に進入してから警報用携帯電話が警報を開始するまでに、CTC中央装置から列車在線情報を制御サーバに取込み、制御サーバで接近・通過の判定を行い、さらに公衆無線回線で警報用携帯電話に接近・通過情報を伝えるなど、最大26秒を要する仕組みとなっている。つまり、列車が接近軌道回路に進入してから接近警報が開始するまでに最大806m(26秒×31m/s(JR奈良線における最高速度より算出))列車が接近する可能性があるため、安全担保として列車見通し距離に806mを追加することとした。

### (3) 作業員の移動

先に述べたように、GPSによる作業員の位置測定は45秒周期で行っているため、次回の測位結果が出力されるまでに作業員が列車に対向して移動すると、見通し距離が確保できない状態となる。そこで、作業員の線路内での一般的な移動速度から、45秒で概ね50m程度列車に対向して移動する可能性があるとして仮定し、安全担保として列車見通し距離に作業員の移動距離50mを追加することとした。



図3 システム列車見通し距離

## 2.5 警報用携帯電話の鳴動機能

制御サーバで列車接近と判定されると、公衆無線回線を通じて警報用携帯電話へ接近情報が伝達される。接近情報を受信した警報用携帯電話は、警報音を発するとともに、バイブレーション機能により、列車見張員に接近を通知する。また、写真 2 に示すように、警報端末画面には接近列車の列車番号および線別(上り、下り)が表示され、接近列車番号の確認も可能とした。

なお、列車が遅延している場合や臨時列車が運行された場合であっても、CTC 中央装置からリアルタイムな列車在線情報を取得し、接近判定を行っているため、接近列車を見落とすことなく確実に接近通知を行うことができるシステムである。

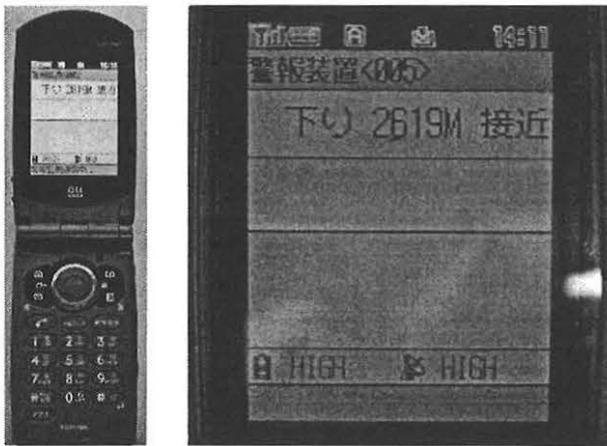


写真 2 警報用携帯電話

## 2.6 システムの生存監視機能

公衆無線通信や GPS 測位ができなくなった場合、大きな測位誤差が発生し異常値と判断された場合、また携帯電話や制御サーバが故障した場合には、適正な列車接近警報を行うことができず作業員が危険な状態に陥る。

そこで、通信状態や測位状態、また各装置の故障状態を常に監視し、何らかの不具合が発生した場合には、携帯電話がエラー警報を出力することで、作業員の安全を担保する仕組みとした。

## 3. 機能確認試験の概要

JR 奈良線(木津駅～京都駅間 約 35km)に本システムを試験導入し、平成 17 年 4 月～7 月にかけて、線路環境下における機能確認試験を実施した。

### 3.1 列車接近警報の確認

本システムの根幹となる列車接近警報について、列車接近時に確実にかつ適正に警報が開始され、また通過後に警報が停止しているか確認した結果、遅延列車や臨時列車も含め、接近警報が確実に開始していること、また、通過後およ

び折返し後は接近警報が確実に停止することが確認できた。

しかし、本システムで設定しているシステム列車見通し距離が、作業員の安全担保のために、通信伝送時間等を考慮して長めに設定しているため、現行の見張り体制と比較して、早めに列車接近警報が開始されていた。

### 3.2 GPS 測位精度の確認

線路環境下での GPS 測位精度を確認した結果、GPS 携帯電話の測位誤差は平均 10m～15m 程度、測位時間は平均 15 秒程度であり、使用上問題ないことが確認できた。

一方、写真 3 および写真 4 に示すような、GPS 測位が不可能なトンネル内や橋上駅舎下については、確実にエラー警報が出力することも確認できた。

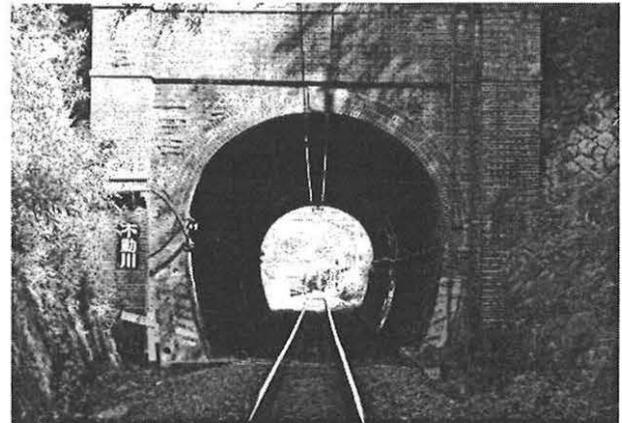


写真 3 GPS 測位不能箇所(トンネル内)



写真 4 GPS 測位不能箇所(橋上駅舎下)

## 4. 現場区モニタリング試験の概要

先述した機能確認試験より、列車接近警報およびエラー警報の出力については概ね良好な結果が得られたため、平成 17 年 8 月から京都支社施設課ならびに京都保線区の協力を得て、線路内実作業時におけるシステム性能を検証するため、モニタリング試験を開始した。

#### 4.1 モニタリング実施方法

モニタリング方法としては、実際に線路内で本システムを使用した後、図4に示すモニタリング記録表に記入してもらい、システムの基本性能である列車接近警報の状況およびエラー発生内容の状況、そしてシステムに対する要望について意見を集約した。

また、モニタリングの結果については週単位で取りまとめ、現場の要望に対して簡易に対応できる内容とシステム改修が必要な内容に区分けた。簡易に対応できる内容については、直ちに対策を実施し、モニタリングを継続することとした。一方、システム改修が必要な内容については、一定期間モニタリングを行った後、モニタリングを一時中断した上で改修を行っていく計画である。

GPS式列車接近警報装置 モニタリング記録表			
実施日	平成 年 月 日	時間	: ~ :
検査・作業内容		使用駅間	~
端末所持者	測位端末( ) 警報端末( )	端末ペア番号	No.
(1)列車接近警報			
質問内容	回答欄		
接近警報について	①確実に接近警報した ②接近警報しない場合があった ※②の場合については、時間及び場所を記入して下さい。 ( 時 分頃)( K M付近 又は 駅付近) ( 時 分頃)( K M付近 又は 駅付近)		
接近警報時間について	①適正と感じた ②長いと感じた ③短いと感じた		
(2)エラー発生内容			
質問内容	回答欄		
エラー発生について	①発生しなかった ②発生した ※②の場合については、場所及びエラー内容を記入して下さい。 ( K M付近 又は 駅付近)(エラー番号 ) ( K M付近 又は 駅付近)(エラー番号 )		
エラー発生頻度について	①普通と感じた ②多いと感じた ③少ないと感じた		
(3)システムに対する要望			
質問内容	回答欄		
接近警報音について	①音声案内がよい ②警報音がよい ③どちらでもよい		
バッテリーについて	①無い方がよい ②もっと小型がよい ③現状でよい		
本装置の導入について	①導入希望 ②導入不要 ③どちらでもよい		
その他 ご自由に記入して下さい(何でも結構です)			

図4 モニタリング記録表

#### 4.2 モニタリング結果

約3ヶ月間実施してきたモニタリングの結果とシステムに対する実務者の要望は、下記の通りである。

##### (1) 列車接近警報について

本システムの基本機能である列車接近時の警報出力および通過後の警報停止については、これまでのところ確実に動作している。

##### (2) エラー発生内容について

これまでに発生したエラー内容は、公衆無線回線の電波強度が低下したことによる通信不良や、衛星を完全に捕捉できなかったことによる測位不能の場合のみであり、制御サ

ーバやGPS携帯端末などのハードウェアに関する故障は見られていない。

##### (3) システムに対する要望について

本システムに対する使用者の要望は主に2点であった。

##### ①音声案内警報

列車接近やエラー発生については、現在電子アラーム音を使用しているため音声案内による警報を希望する意見が多かった。

本要望に対しては、17年度中に「上り接近」、「下り接近」、「エラー発生」等の音声による案内警報に変更する計画となっている。

##### ②補助バッテリーの使用

本システム使用時は、ポケット通信による各種情報の伝達、警報音の鳴動、バイブレーションの出力、列車番号や作業キロ程の表示など、ほぼ連続通話状態に等しい稼働状態である。そのため、バッテリーの消耗が激しく、携帯電話単独では90分程度しか使用できない。そこで、現在は電源を外部から供給するために、携帯電話よりやや小型の補助バッテリー(写真5)を接続し、使用時間を延長しているが、所持品が増加するため、補助バッテリーを無くして欲しいとの意見が多かった。



写真5 補助バッテリー

本要望に対しては、長時間使用できる携帯電話として現在開発が行われている燃料電池搭載の携帯電話の適用を検討しており、将来的には補助バッテリーの接続を無くし、携帯電話のみの所持を目指していきたいと考えている。

#### 5. おわりに

現在、JR奈良線のみでモニタリングを行っているが、全社エリアでの実用化に向けて、奈良線では検証できない悪天候条件(主に降雪環境)での端末操作性や、奈良線とは異なる閉そく方式でのシステム稼働状況について検証しておく必要があることから、新たにモニタリング線区を増やしていく予定である。

今後も、現場区モニタリング試験を継続し、端末所持方法、降雪時および降雨時での端末操作性、画面の視認性、警報音の認識性など、実務者の意見を多数集約し、それら意見を反映させた使い勝手の良いシステムの構築を進め、保守作業時の保安度向上に向けて本システムの導入を目指していきたいと考えている。