

## S5-1-3 衛星技術を利用した列車位置検知システム によるインフラレス信号システムの可能性

[電] ○吉永 純、山口 知宏、水間 毅 (交通安全環境研究所)

The Development of the Automatic Train Warning System using GPS

Jun Yoshinaga Member, Tomohiro Yamaguchi Member, Takeshi Mizuma Member  
(National Traffic Safety and Environment Laboratory)

ATS (Automatic Train Stop device) equipment is provided to urge the stop of the train by alarming to the train driver when the train passed signal wrongly. But it needs to remodel and wayside coils. Therefore, we designed such a system named ATW (Automatic Train Warning device) for testing which did not need to remodel and easy to install on the ground or vehicle with reasonable cost. This system uses GPS and Specified Low Power Radio. And we tested this system in Takachiho Railway. This paper describes the outline of this system, and test result.

キーワード: ATW, ATS, GPS, 特定小電力無線

Keyword: ATW, ATS, Global Positioning System, Specified Low Power Radio

### 1. まえがき

近年、GPS (Global Positioning System) はカーナビ等ITS技術として様々な所で利用されており、鉄道においても列車位置を検知するための手段としての利用が増えてきている。しかし、その精度や信頼性から保安設備への使用が難しいとされている。一方では、GPSを利用することで、地上設備を必要としない列車位置検知ができ、将来的には準天頂衛星により、その精度や信頼性の向上が期待されている。そこで、単線閉そく装置などの信号保安設備へGPSを利用することを検討した。今年度は、GPSと特定小電力無線を使用することで、運転士が停止現示を見誤って信号冒進した場合に、警報を発して列車の停止を促す「信号冒進警報システム」を開発し、現地試験を実施した。

また、これまで路面電車区間において、GPSによる列車位置検知の性能を測定してきた<sup>1)</sup>が、路面電車区間では、市街地を走行し、速度も40km/h以下であった。そこで、今年度は山間部を走行し、さらに速度の高い線区におけるGPSの列車位置検知性能を確認するため、高千穂鉄道で同様の試験を実施した。

本文では、信号冒進警報システムの概要ならびに高千穂鉄道における現車試験の結果等について報告する。

### 2. 信号冒進警報システムの概要

#### 2.1 システム設計

信号冒進警報システムは、従来のATS (Automatic Train Stop) を導入するよりも簡易で安価なシステムとして、運転保安設備ではなく、運転補助のための設備と位置付け、以下の基本機能を実現することとした。

- (1) 非常ブレーキ制御等の自動的に列車を停止させる機能は設けず、信号冒進した列車運転士に対して警報を発し、停止を促す機能とする。
- (2) 信号冒進は、警報対象となる信号機の現示情報と、自列車の位置から車上で判定する。
- (3) 警報対象となる信号機の外方に列車を停止させるのではなく、列車の信号機の内方進入を検知し、警報を発することとする。
- (4) 現用の連動装置の改良や情報伝送用ケーブル等の新設を不要とするため、駅構内の信号機の現示情報は地上側で簡易に取り込み<sup>2)</sup>、特定小電力無線を使用して列車に送信する。
- (5) 列車の位置は、GPSを利用して車上で把握する。
- (6) 信号冒進時には、他の列車にも警報出力したことを伝える。それを受信した列車は自列車への影響を判断し、危険と判断される場合には、警報を発する。

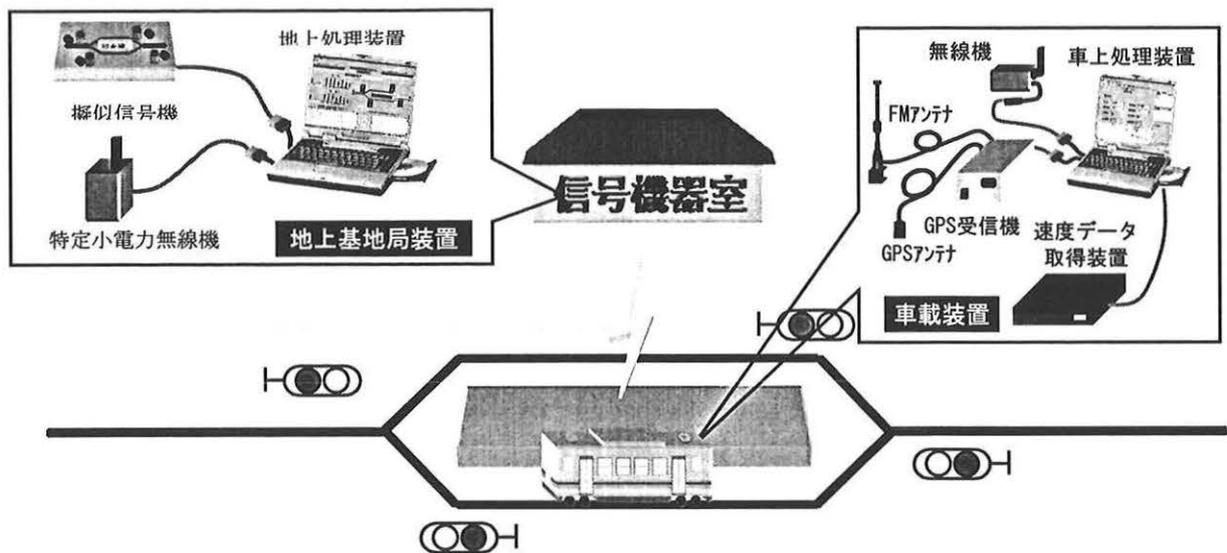


図1 システム構成

Fig.1 ATW System constructor

### 2. 3 システム構成

信号冒進警報システムの構成を図1に示す。

本システムは、列車に搭載される車載装置および、信号機器室等に設置される地上基地局装置から構成される。なお、今回のシステムでは、試験時にその状態を確認しやすいように処理装置にはパソコンを使用している。

### 2. 4 車載装置

車載装置は、車上でGPSを利用して自列車の位置を把握し、駅への接近、停車、出発等を判断して地上基地局装置に伝える。また、地上基地局装置から駅構内の信号情報を受け取り、自列車の位置と比較し、信号冒進の有無を判断する。信号冒進時は警報出力し、運転士に列車の停止を促し、地上基地局装置にも警報出力したことを知らせる。さらに、地上基地局装置から他列車が信号冒進して警報出力されていることを受け、自列車へ影響がある場合は運転士へ注意を促す。

### 2. 5 地上基地局装置

地上基地局装置は、信号機器室等に設置し、駅構内や駅近傍にいる列車と特定小電力無線により通信を行う。通信を行う列車は、センタ等からの情報により判断するが、今回はセンタからの情報の代わりに、地上処理装置で入力する。また、信号現示情報も送信されるが、今回の現地試験では実際の信号機からの入力ではなく、擬似信号機を設け、信号現示情報を入力し、車載装置へ送った。また、車載装置から警報出力されたことを受けた場合、他の列車に警報出力されたことを伝える。

## 3. 機能の実現方法

### 3. 1 冒進判断から警報出力

本システムでは、信号冒進の判断は車載装置で行う。

進行方向前方の信号機が停止現示で、自列車の位置がその信号機の内方である場合、信号冒進したと判断する。

ただし、前方の信号機が進行を指示する現示で、列車の内方進入によって停止現示に変化した場合は、信号冒進とはしない。

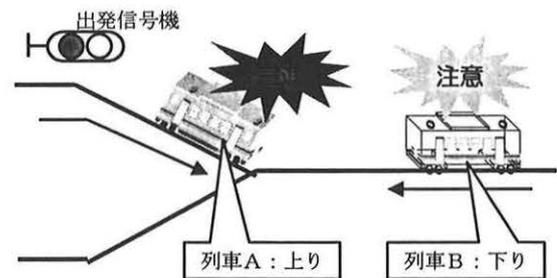


図2 信号冒進状態

Fig.2 A state which the train passed signal

車載装置が信号冒進を判断し、警報を出力する流れについて、出発信号機をオーバーランし、対向列車が接近中の場合(図2参照)には、下記ようになる。

- ① 列車が駅に接近し、通信範囲に進入した場合、車載装置は地上基地局装置に自列車の情報(列車番号)を送る。
- ② 車載装置は地上基地局装置から駅構内の信号情報を受け取る。あらかじめ、駅構内の信号機の位置は定数として記憶されているので、その情報と自列車の位置と比較し、通過した信号機を判断する。
- ③ 通過した信号機が停止現示である場合、信号冒進であると判断する。
- ④ 信号冒進であると判断した場合、運転士に警報出力する。さらに、地上基地局装置に警報出力した旨を送信

する。

- ⑤ 地上基地局装置は、車載装置から警報出力したことを受け、どこの信号機で警報出力中であるかを通信中の他列車に送信する。
- ⑥ その情報を受信した列車は、自列車の位置と警報出力されている信号機の位置とを比較し、危険と判断される場合には、運転士に注意を促す。
- ⑦ 警報の解除は列車を安全な位置に戻した後の運転士の確認扱いによる。また、他列車の注意の解除は地上基地局装置からの指示による。

### 3. 2 GPSによる列車位置検知

GPSによる列車位置検知の精度を向上させる手段として、FMによる補正情報とマップマッチング処理を使用しているが、列車が停車中、GPSは迷走して誤差が大きくなる現象がある<sup>1)</sup>。信号機手前でこの現象が起きてしまうと、列車が停車しているにもかかわらず、信号機の内方に進入したと判断し、信号冒進警報が誤って出力されてしまう恐れがある。そこで、この現象を防止するため、列車の速度情報を入力し、速度が0kmのときはGPSによる列車位置情報を現在指示している位置から動かないようにする。

### 3. 3 車上～地上間の情報伝送

車載装置～地上基地局装置間の情報伝送は、安価で、信頼性が高い特定小電力無線を使用する。ただし、特定小電力無線は、同一周波数が使用中の場合、待機しなければならないこと、一度電波を発射した後2秒以上の休止が義務づけられることなどの制約がある。そこで、伝送手順を以下のように設定した。

- (1) 伝送上の親を地上基地局装置とし、地上基地局装置が車載装置に情報を送り、その応答を受ける。
- (2) 地上基地局装置からのデータは、上下線まとめて送る。車載装置は、それぞれ混信を防ぐために設定された応答遅延時間毎に送る。
- (3) (1)、(2)を1周期とし、伝送周期を約3秒とする。

また、上記の手順において、地上基地局装置は常に車載装置を呼び出している状態で、車載装置からの応答がある場合に通信を行う。この情報伝送は、駅(地上基地局装置の置かれた場所)を中心とした設定された範囲で行われる。現地の地形や無線機の性能により、この範囲は変化するが、適切な通信範囲となるよう、通信の開始地点と終了地点をあらかじめ車載装置に記憶させておき、GPSによる車両位置情報でその地点を通過したか否かを判断し、通信を制御する。

## 4. 試験

### 4. 1 GPS列車位置検知性能確認試験

高千穂鉄道全線(延岡～高千穂間、延長約50km)において、GPSの列車位置検知性能を確認するために、営業列車に車載装置を搭載してGPSデータを取得する試験を実施した。

この線区は、大半が山間部に位置する路線であるが、試験の結果は、トンネル区間は受信不可能であったが、それ以外の区間では、市街地のときに見られたマルチパスはなく、GPSの性能通りの精度(誤差約10m)を示した。その例として川水流(かわずる)駅周辺のGPSデータを図3に示す。

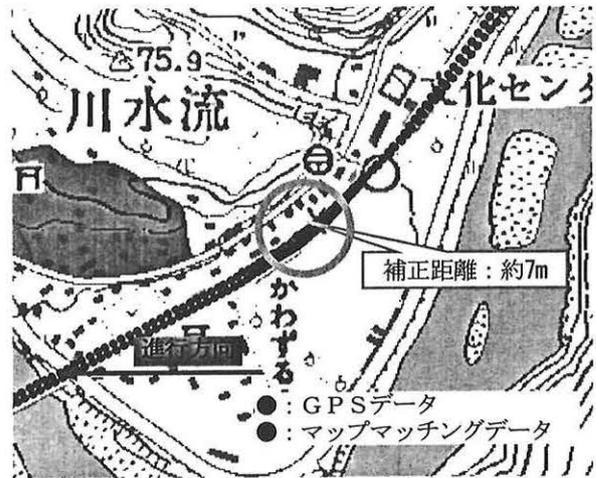


図3 列車位置検知データ 1

Fig.3 Detection of train position by GPS data 1

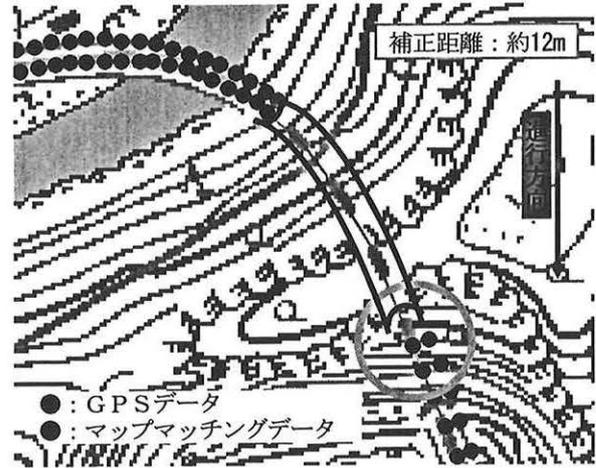


図4 列車位置検知データ 2

Fig.4 Detection of train position by GPS data 2

また、トンネルを出た直後のデータは、トンネルを出てから再度GPSデータを受信するまでの平均時間は約4秒、その精度は誤差約13mであり、大幅に悪くなることはなかった。図4に測定データ例を示す。

以上より、山間部の高速走行区間においても、これまで

と同様の精度で列車位置を検知することを確認した。

#### 4. 2 冒進警報機能現車試験

本システムにより信号冒進時に警報出力されることを確認するため、高千穂鉄道川水流駅にて現車試験を実施した。

##### 4. 2. 1 試験方法

川水流駅に地上基地局装置を設置し、営業列車に車載装置を搭載した。また、車載装置と一緒に模擬車載装置を置き、4. 1 項の試験時に取得したデータを再生し、対向列車を模擬するようにした。川水流駅を列車が通る際に試験を実施した。

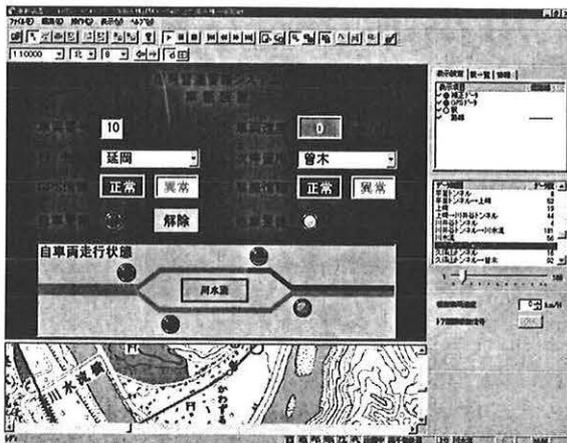


図5 警報出力時車載装置画面 (列車A)

Fig.5 Screen of the device on the train A

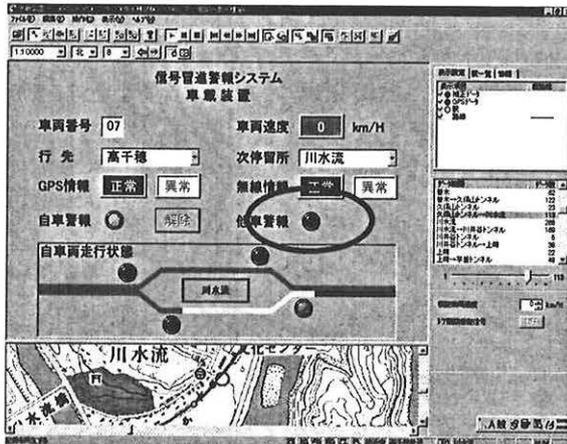


図6 注意出力時車載装置画面 (列車B)

Fig.6 Screen of the device on the train B

また、試験では営業列車をお借りしたので、実際に赤信号を冒進した状態にはできない。そこで、地上基地局装置に接続された擬似信号機を操作し、列車の走行に合わせ、赤信号を冒進した状態を作り出すこととした。

##### 4. 2. 2 試験結果

GPSを利用した列車位置情報により、通信制御および当該信号機の判断が可能であることを確認した。

また、車上で信号冒進を判断し、警報出力されることおよび、他の列車にも警報出力されることを確認した。

図2で、列車Aは車載装置を載せた実列車、列車Bは模擬車載装置による模擬列車とし、擬似信号機を操作して、列車Aが出発信号機を冒進し、対向列車Bが接近中の状態とした。このとき、列車Aの車載装置には警報出力があり、列車Bの模擬車載装置には他列車に警報出力があったという注意を促す警報が出力されることを確認した。列車Aの車載装置の画面を図5、列車Bの画面を図6に示す。

#### 5. あとがき

GPSと特定小電力無線を利用した「信号冒進警報システム」について紹介した。

山間部の高速走行区間におけるGPSの受信状況および列車位置検知性能を確認した。また、GPSを利用した車両位置検知、特定小電力無線を利用した車上～地上間の情報伝送により、赤信号を冒進した列車に警報を発するシステムが実現可能であることを確認した。

今後は、上下線を区別するための転てつ器情報の追加やトンネル区間の対策を行い、さらなる機能向上を検討していく予定である。

最後に、現車試験実施に多大なるご支援、ご協力をいただきました高千穂鉄道殿ならびに関係各位に深く感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 渡辺他, 「L R T信号システム用車載装置、地上基地局装置の開発」, 平成14年度電気学会産業応用部門大会, No. 184, pp731-734, 2002. 8
- 2) 伊藤他, 「信号冒進警報装置の開発」, 平成13年度電気学会産業応用部門大会, No. 68, pp489-494, 2001. 8