

## GPSを活用した運転士支援システムの開発と実用化

松田 健 大塚 弘 竹林 貢 (近畿日本鉄道)

[機] 番匠谷 隆 仲尾 浩 ○梶原 隆 尾崎 尚 (近鉄車両エンジニアリング)

## Development of Driver Support System which used GPS Technology

Takeshi Matsuda, Hiromu Otsuka, Mitsugu Takebayashi (Kintetsu Corporation)

Takashi Banshotani, Hiroshi Nakao, Takashi Kajihara,  
Hisashi Ozaki (Kintetsu Railcar Engineering Co.,Ltd)

We developed "the driver support system" which used GPS technology for the purpose of preventing the accidents such as overruns caused by the mistake of the driver of the railroad.

キーワード：GPS技術、鉄道、安全、運転士、ヒューマンエラー、ナビゲーション、支援システム

Keyword：GPS technology, Railroad, Safety, Driver, Human error, navigation, Support system

## 1. はじめに

近鉄では、鉄道の最大の使命であるお客様の安全確保のため、新型ATS設置の推進や乗務員教育の充実など、ハード・ソフト両面において万全を期しているが、この度更なる安全追求策として、オーバーラン等の運転士のミスによって引き起こされる運転支障の防止を図るため、GPSを活用した「運転士支援システム」を開発し、平成20年3月17日から一部線区を除く全線で使用を開始した。

以下、システムの概要と導入後の状況について紹介する。

## 2. システムの概要

本システムの特徴は以下の通りである。

- (1) 制動などの運転操作のタイミングを逸さないよう、特に駅での停車を失念しないように、必要な場所で、音、光等の手段を使って、制動、停車などの注意喚起を行える。
- (2) 速度の監視機能を有し、制限速度に近づくと、警告を発する等ができる。
- (3) 車両、地上設備を可能な限り改造しない。
- (4) 運転士が簡易に携行できる。

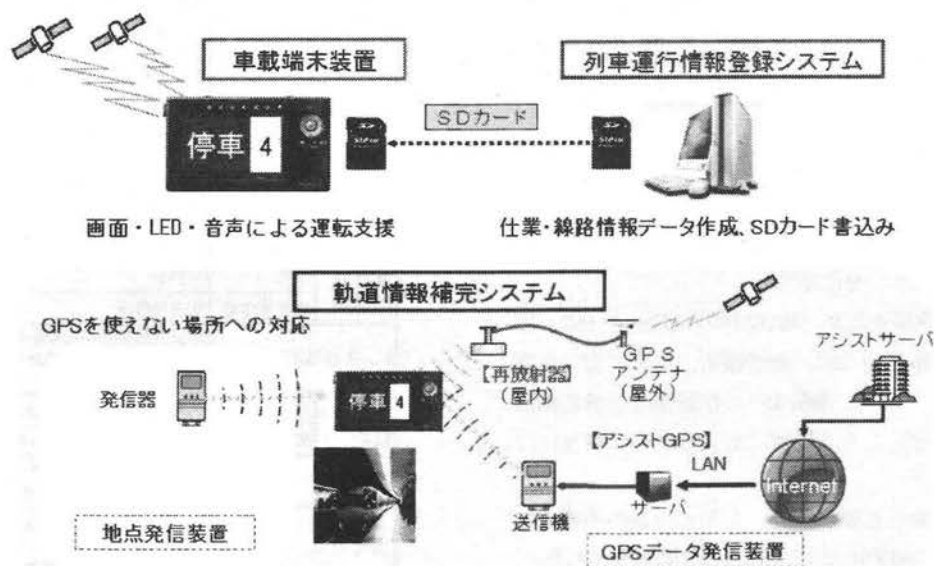


図1 システムの概要

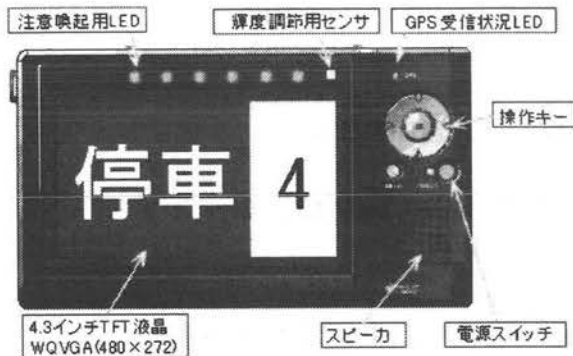


図2 車載端末の外観

また、システムを導入することで、運転士への負荷が大きくなりすぎないように配慮すると共に、可能な限り全線に亘り運転支援機能が使えるよう機能の充実に努めている。

これらの条件のうち、車両の改造を施さないという項目は、開発する者にとっては非情に厳しい条件で、車両から電源を取ったり、車輪パルスを取り込んだりすることを行わない独立したシステムを開発することを意味する。これらの制約下で車両の位置検出を行うには、GPSの測位機能を利用する他にないと考えた。そこで、GPSを主体とした運転士支援システムを構築することにした。

システム全体の概要を図1に示す。図から分かるようにシステムは、GPSの測位機能を主体として構築されている。

システムは大きく分けて、運転士が携行、乗務時に運転台にセットし、注意喚起がなされる携帯端末装置、列車運行情報登録システム、軌道情報補完システムで構成される。

列車運行情報登録システムは、車載端末に登録する仕業(乗務列車の種別、行先、乗務区間および時間を順序立てて作成した、当該乗務員の一日の全勤務を定めたもの。行路、交番とも言われるが、以降、仕業と呼ぶ)や、注意喚起を行う地点、速度の制限情報などを登録するシステムである。

軌道情報補完システムは、GPS衛星を捕捉できない場所で、屋外に取り付けたアンテナから車載端末に強制的にGPS情報を送ったり、特定の位置で位置情報を無線で送るシステムである。

### 3. 車載端末装置

#### 3.1 機器仕様

装置の外観を図2に、取り付け状況を図3に示す。

また、主な仕様を表1、2に示す。

4.3インチのTFT液晶モニター(WQVGA480×272)とLED、光センサを装備し、液晶画面には、走行場所、状況に応じた案内を表示させている。LEDは、運転士への注意喚起を液晶画面やアナウンスだけでなく、より視覚に訴えるために取り付けられている。

電源は、車両から取る必要が無く、しかも一日の乗務中に取り替える必要がない専用のリチウムイオン充電電池とした。

また、端末裏面の運転台への取り付け金具には、スイッチを取り付け、運転台へ設置された時に電源が入る仕組みとしている。

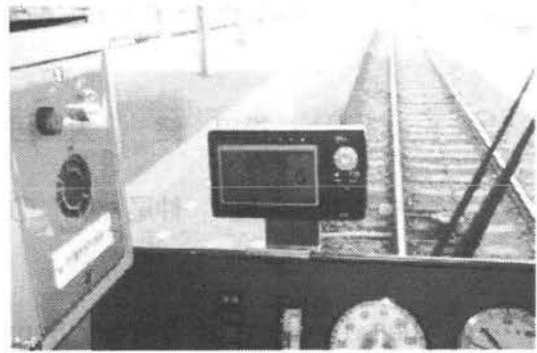


図3 車載端末の設置状況

表1 ハードウェア仕様

|             |                                                                       |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------|
| OS          | Microsoft Windows CE 5.0 日本語版                                         |
| 画面          | サイズ 4.3インチTFT液晶 WQVGA(480×272)                                        |
| 輝度          | 光センサで自動調整、ナビゲーションソフトにて調整可能                                            |
| 音声          | 出力 内蔵スピーカ                                                             |
| 音量          | ナビゲーションソフトにて調整可能 ※OFFは管理者のみ可能                                         |
| LED         | 注意喚起用 6個                                                              |
| その他         | 電源、充電表示、GPS状態表示 各1個                                                   |
| GPS         | 感度 -158 dBm                                                           |
| 精度          | 10m                                                                   |
| 測地系         | WGS-84                                                                |
| 捕捉時間        | ホットスタート時: 1秒以下<br>ウォームスタート時: 約5秒<br>コールドスタート時: 約29秒<br>アシストスタート時: 約3秒 |
| 外部との通信方式    | 特定省電力無線(地点発信器、アシスト情報等)                                                |
| 記録媒体        | SDカード                                                                 |
| 電源          | バッテリー 充電式リチウムイオンバッテリー 7.4V 2300mAh                                    |
| 充電方法        | 本体充電回路で充電                                                             |
| 外寸(高さ×幅×奥行) | 93×160×39(mm)                                                         |
| 重量          | 500g                                                                  |
| 動作温湿度範囲     | 0～40℃、10%～90%(ただし結露なきこと)                                              |

表2 機能仕様

|           |                                                                                                        |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 機能        | 運転士への運転操作支援                                                                                            |
| 動作        | 指定場所での ①音声喚起 ②画面表示 ③LED点灯、点滅<br>定型メッセージ: 5箇所まで<br>任意メッセージ: 必要箇所                                        |
| 操作        | 出動点呼時 ①仕業番号の確認、設定<br>②両数確認、設定<br>乗務時 ③列車番号、両数の確認、変更<br>・取付金具への設置で自動起動<br>・電車の移動を検知した場合、③の操作が無くても自動ナビ開始 |
| 位置検出間隔    | GPS 1秒毎<br>地点発信器 電波受信時                                                                                 |
| トンネルなどの対応 | 地点発信装置からの電波を受信し、メッセージ等を出し、その他、加速度センサ及びタイマー機能による制御                                                      |
| 速度監視      | 常時監視 列車種別毎に全ての地点での速度監視が可能<br>停車駅監視 列車種別毎に停車駅への進入速度監視が可能                                                |
| 線路情報      | ・デジタル地図の利用<br>・地点登録装置にて実車上でも登録可能                                                                       |
| 喚起地点      | ・列車運行情報登録システムでデータ修正、追加、削除可能<br>・地点登録装置で、実車上で登録変更が可能                                                    |
| データ容量     | 線路位置情報: 1km当たり約60KB<br>音声情報: 約100KB/1メッセージ<br>仕業データ: 約3.2KB/仕業                                         |

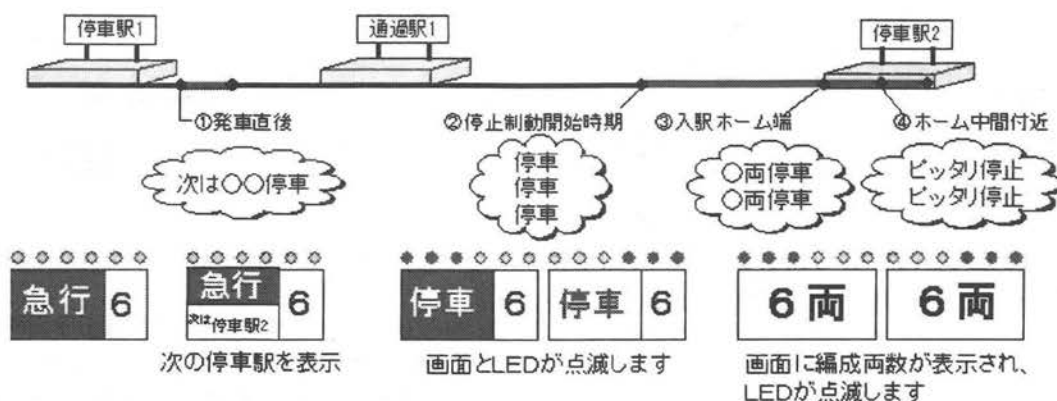


図4 アナウンス位置と喚起内容

### 3. 2 機能仕様

#### (1) 通常使用の場合

車載端末の動作について、一日の動きを通して説明する。

端末は、通常、列車区に保管されており、始業点呼時に運転士に貸与される。それまで端末は、収納庫で充電されている。

運転士は、車載端末を貸与されると、電源を投入し、画面に表示された仕業番号を確認する。誤っていたり、列車区に戻らず、翌日異なった仕業を担当する場合などは、仕業番号を入力すれば、当該の仕業が表示される。

その後、仕業の順に列車に乗務し、乗務の都度、端末を運転台にセットすると、担当列車の種別、行き先等の情報が表示される。そこで、この情報に誤りがなければ確認ボタンを押す。

この時点で車載端末の準備は整い、列車が動き出せば、位置情報等から必要な案内を運転士に向けて行う。

ただし、運転開始時に確認ボタンを押さなくても、先に述べた背面のスイッチで運転台に設置されていることを認識し、GPSの信号で列車が動き出したことが分かれば、自動的に案内を開始するようにしている。

乗務中の端末の動作については、通常、次駅停車までの間に、

- ① 出発後 : 次は、〇〇駅停車
- ② 制動開始位置 : 停車・停車・停車
- ③ 入駅付近 : □両・停車、□両・停車
- ④ 停止位置付近 : ピッタリ停止、ピッタリ停止

のアナウンスを流す。また、必要なタイミングでLEDも発光させている。

なお、画面やLEDに対する表示方法は、メッセージと連動して変更できるようにしている。

アナウンスの位置とその内容は、図4の通りである。

これらメッセージの喚起位置の登録は、次項で述べる列車運行情報登録システムを用いて登録される。

#### (2) 異例時等の対応

ダイヤが乱れている場合など、仕業通りに運行できない場合は、以下のような対応をしている。

仕業を作成する際に、当該列車区で運用される列車の時刻

データを抜いた、すなわち、列車種別、始発駅、終着駅、停車駅等を登録した仕業番号をあらかじめ作っておき、この中から担当する列車を選択する。この場合、途中の駅からでも、その列車の経路の区間に乗務区間があれば、種別を合致させることで位置を自動的に検出し、その経路に見合った案内が行われる。

また、当日、臨時停車する駅がある場合、端末から、臨時停車の登録モードに移行し、臨時停車のある乗務を選択し、停車駅を追加することができる。

### 4. 列車運行情報登録システム

本システムの大きな特徴ともいえる仕業(行路、交番)を登録するシステムである。このデータを登録することで、運転士がいちいち乗務毎に運転経路等を選択する手間が省け、運転士への負担軽減につながっている。

また、GPSからのデータを利用して運転時に注意喚起を行うためには、あらかじめ車載端末に列車の走行経路の緯度、経度を登録する必要がある。これには、実際に走行して登録する方法と、近鉄のようにデジタル化された地図情報(以降、マッピングデータと呼ぶ)を所有している場合は、このデータから抜き出す方法とがある。

本システムでは、基本的にマッピングデータを利用する手法をとることとした。こうすることで、注意喚起位置や速度制限などの情報を登録する際に、マッピング情報に記載されている構造物情報(例えば、鉄柱、駅、キロ程などの情報)を参考に、机上で検討できるというメリットがあるためである。詳細については、J-rail2007 予稿集を参照されたい。

### 5. 位置情報補完システム

地下駅が続く区間、トンネルや上屋、高層ビル、山などの影響で、GPS衛星の電波が一定時間とぎれてしまう場所で注意喚起が必要な箇所には、位置を特定するための無線の位置発信器を設置することとした。

例えば、制動を開始する位置にこの地点発信器を取り付けると、車載端末では、その位置に来ると、発信器からの情報を受け取り、「停車・停車・停車」等の必要値情報を表示する。(図5参照)

また、タイマーを利用して注意喚起する仕組みも備えており、位置発信器を取り付けられない場所、あるいは重要度が低い場所などで利用できるようにしている。

なお、GPS を捕捉できない区間から、捕捉できる場所に出た際に、短時間で GPS を機能させるため、アシスト GPS を採用している。アシスト情報は、列車区や必要な場所で車載端末に送信するようにしている。

その他、GPS アンテナを簡単に屋外に取り付けることができ、配線が短くて済むような場所では、室内に GPS 再放射装置を設置する等の工夫も行っている。

## 6. 導入後の状況

本システムを導入して半年あまりが経過した時点で、開発当初から最も期待した停止位置修正に対する効果を調査した(表3)。

近鉄では平成 17 年度から 19 年度の 3 年間で、43 件の停止位置修正が発生している。(平均: 14 件/年)

本システム導入後の平成 20 年度では、10 月までの半年間での発生件数は、わずか 3 件となっており停止位置修正の対策として十分に効果があることが確認できる。

原因別で見ると、本システム導入後に発生した 3 件のうち、制動操作誤りおよび電制失効の 2 件については、運転士の技能未熟が原因であり、本システムの機能では防止が困難である。また、雑念の 1 件については、乗務中に端末が故障し、交換する前であったという報告を受けているので、正常に動作していれば防止できた可能性は高いと考える。

また、運転士(約 400 人)を対象に本システムに対するアンケートを実施した(図6)。

その結果、15%の運転士がシステム導入に効果を感じたことがあると答えており、内訳は、停車駅失念が 12%、編成誤りが 85%、その他 3%となっており、特に編成誤りによる停止位置修正に効果を発揮していることがわかる。また、効果を感じた時間帯は、ラッシュ時 8%に対して閑散時 92%である。

最後に、今後必要か?という質問に対して、運用当初ほとんどの運転士が不必要と答えていたが、約半年使用した現在では、61%の運転士が今後必要と感じており、運転士の支援装置として重要なアイテムとなってきたことが確認できた。

今後は、停止位置修正の防止結果に満足することなく、さらにきめ細やかな運転士支援を行っていけるように改良を重

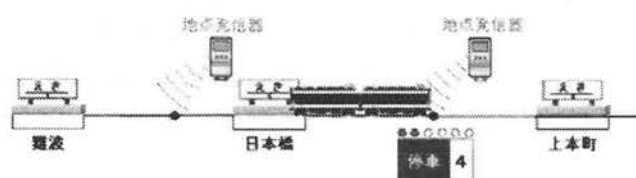


図5 位置情報補完システムの概念図

表3 停止位置修正の年度別原因調査

| 原因     | 17 年度 | 18 年度 | 19 年度 | 20 年度<br>(半年) |
|--------|-------|-------|-------|---------------|
| 制動操作誤り | 3     | 1     | 3     | 1             |
| 制動時期誤り | 1     | 0     | 0     | 0             |
| 雑念     | 8     | 6     | 9     | 1             |
| 種別誤認   | 2     | 2     | 2     | 0             |
| 滑走     | 1     | 1     | 0     | 0             |
| 速度誤認   | 1     | 0     | 0     | 0             |
| 電制失効   | 1     | 1     | 0     | 1             |
| 編成誤り   | 0     | 1     | 0     | 0             |

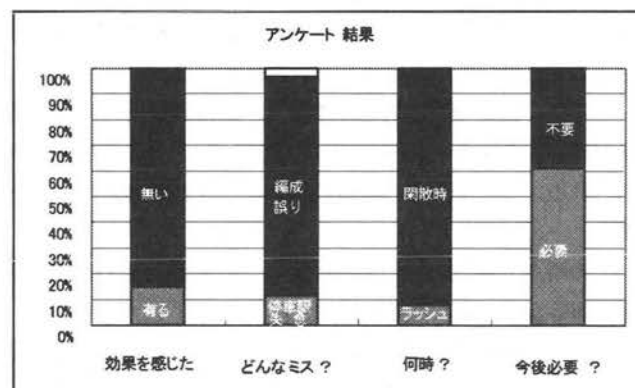


図6 装置導入後のアンケート結果

ねて行きたいと考えている。

## 7. おわりに

以上、平成 20 年 3 月からワンマン運転区間等、一部の線区を除き、全線導入した「GPS を利用した運転士支援システム」の概要と導入後の状況について述べた。

本システムを利用することで、より安全・快適な輸送をお客様に提供できるものと確信している。