

車上列車位置把握システムの開発

村山 健 奥村 陽介 黒崎 倫之 石瀬 裕之 石毛 哲雄 (JR 東日本)

Development of Position Self-detection System

Ken MURAYAMA, Yosuke OKUMURA, Noriyuki KUROSAKI,
Hiroyuki ISHISE, Tetsuo ISHIGE (East Japan Railway Company)

Despite needs to detect train position onboard, at present, there is no standard system. The authors develop a new position self-detection system, which has an enough safety and reliability to use as a safety equipment. This system could be used for various purposes, and would be a valuable railway infrastructure.

キーワード：速度発電機、地上子、列車制御、位置検知

Keywords：Tachometer generator, Track transponder, Train control, Position detection system.

1. はじめに

現在、車上における列車の在線位置の把握については、用途に応じて様々な方法が採用されているが、現段階において共通で使用可能なシステムは存在していない。本研究では、各種保安装置に使用可能な安全性・信頼性を持ち、その他、多目的に使用を想定した新たなインフラとしての車上列車位置把握システムの開発を行った。

2. システムの概要

本システムは、各種保安装置に使用可能なレベルから、乗務員支援・旅客案内等の支援レベルまでのインフラとして使用可能な自列車の位置情報を取得することを目的として開発を行っている (図1)。

システムの入力は、ATS-Pの地上子情報と速度発電機のパルス・位相等の情報を併用することを考えており、その情報を基に線区、上下の線別、キロ程等を出力し、自列車位置を自律的に把握する。

なお、本システムの仕様を検討するにあたり、GPS や RFID の情報利用も検討した。しかしながら、GPS 単体では、平均 10m の測位誤差が生じることや、膨大な地図データベースの構築が必要となる。また、RFID に関しても、高速走行時の応答性が低いなどの課題がある。これらの課題を解決するには、精度向上に伴う開発コストや更なる開発期間が必要となるため、本システムでは採用しないこととしたが、将来的には、技術の進展により精度向上が期待されることから、GPS、RFID 等の情報入力に対応可能なインターフェースも装備することにした。

システムの具体的な概要としては、新設の ATS-P 無電源地上子電文と車載のデータベース (DB) により初期位置を確定し、速度発電機のパルスを積算して自列車の位置を計算する。なお車載の DB には既存の閉そく信号機と第1場内信号機の ATS-P 有電源第1地上子の位置を記憶させ、これらの地上子電文を位置補正に用いる。また車載装置は各運転台に設置し、個別に動作するものとする。

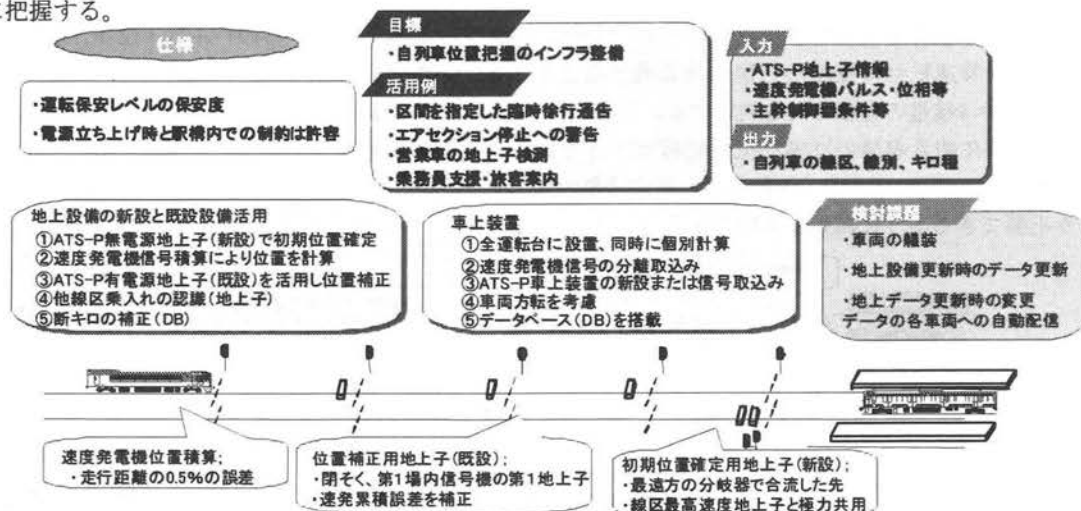


図1 システムの概要

3. システムの構成

列車位置把握システムのブロック図を以下に示す(図2)。車載装置は、位置把握演算部、トランスポンダ情報処理部、モニタ部のユニットで構成される。位置把握演算部と伝送で接続される機器が多いが、集約型 ATS-P 相当のハードウェアを使用する予定である。

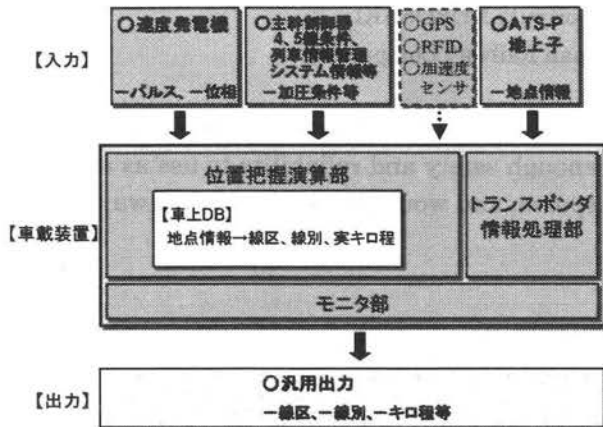


図2 列車位置把握システムブロック図

4. システムの有効範囲および基本動作

システムの有効範囲としては、当社管内の在来線において、初期位置確定用地上子および位置補正用地上子が設置されている線区であり、位置不定（キロ程が定まらない状態であり、本システムを立ち上げてから初期位置が確定するまでの間と、一旦初期位置が確定したものの位置認識ができずに不定になった場合がある）でなければ、列車位置把握システムを使用することが可能である。

本システムの基本動作を以下に示す(図3)。

- (1) 車両センター等での電源立上げ時は位置不定となる。
- (2) 初期位置確定用地上子を通過し、速度発電機信号を積算しながら、初期位置を確定する。
- (3) 位置補正用地上子を通過し、速度発電機信号の積算等で発生する誤差を補正する。
- (4) 分岐や折り返しは初期位置確定用地上子を通過することで、線区、上下線等を更新する。
- (5) 主幹制御器等運転台の機器から情報を取得することで、前進あるいは後進の運転方向を判定する。
- (6) 駅構内では在来線番線等の詳細な位置把握はできないが、将来的には、GPS、RFID、連動装置からの情報の活用により把握できるように拡張性を持たせる。

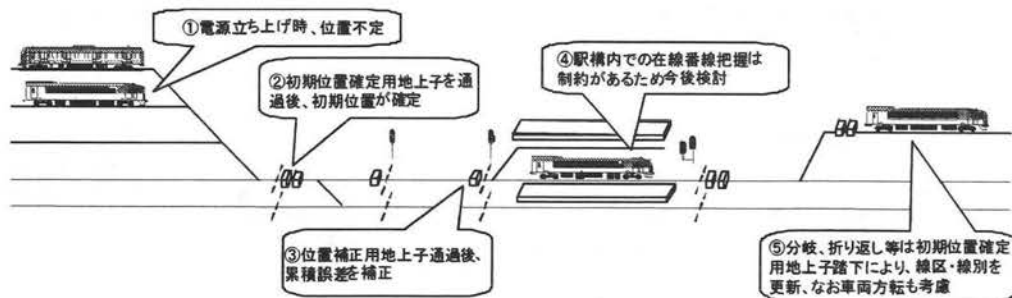


図3 列車位置把握システム基本動作

5. 初期位置の確定および位置補正

初期位置の確定については、出発信号機内方で駅から最も遠方にある分岐器の内方等に地上子を設置することで位置確定することを考えていたが、今後設置が予定されている線区最高速度制限地上子も、ほぼ同箇所を設置予定であるため、線区最高速度制限地上子の電文情報に列車位置把握システム用の情報を追加することを検討することにした。そこで、共通電文フレームを共用することにより、設置工期および工費、また保守費用を大幅に削減できることが見込まれる。

現在の案として、初期位置確定用の電文は線区最高速度制限地上子フレーム中の各社毎の情報の6bitを使用し(図4の網掛け⑧部分)、「ATS-P 無電源第1地上子の6ビット」と「ATS-P 無電源第2地上子の6ビット」の計12ビットから、「線区/駅」で11ビット、「上下線」で1ビットの計12ビットとなる。なお、第1地上子、第2地上子いずれかの地上子電文を認識できなかった場合は位置不定とする。

また、走行に伴い発生する誤差を補正するための位置補正用地上子については、閉そく信号機および第1場内信号機の既存のATS-P第1地上子の電文情報により、実キロ程および設備キロ程を補正する。



<地点情報>

- ① 情報種別(6)
- ② 運転方向(2)
- ③ 地上子番号(4): 無電源第2地上子は「1111」、第1地上子は「0000」
- ④ 会社コード(3)
- ⑤ 線区最高速度(5)
- ⑥ 変化点までの距離(10)
- ⑦ 車種選別(12)
- ⑧ 各社毎の情報(位置検知照査(6))

図4 初期位置確定用地上子の電文情報

6. 移動距離の積算

速度発電機からのパルス・位相、および主幹制御器4線（前進指令）・5線（後進指令）の加圧（列車情報管理システム(TIMS)による前後進指令信号を含む）により、キロ程の加減算（上下線）を判定する。

〈6-1〉キロ程の加減算判定論理

(1) 演算論理

①初期位置確定用地上子を無電源第 1 地上子、無電源第 2 地上子の順に検知した場合、電文情報が下り（上り）であれば、その時の進行方向においてキロ程を加算（減算）する。

②複線での後進時および単線は、初期位置確定用地上子を無電源第 2 地上子、無電源第 1 地上子の順に検知するため、電文情報が下り（上り）であれば、その時の進行方向においてキロ程を減算（加算）する。

③前進時にキロ程を加算（減算）することとし、後進時にキロ程を減算（加算）する。そのために、主幹制御器 4 線、5 線を使用する。

(2) 伝送不良(空振り)時の取扱い

同一線区および異線区進入時の初期位置確定用地上子の空振りについては、位置不定とする。

〈6-2〉上下線の判定論理

初期位置確定用地上子を無電源第 1 地上子、無電源第 2 地上子の順に検知した場合、電文情報が下り（上り）であれば、下り（上り）と判定する。

〈6-3〉判定例

通常走行、異線区乗入れ、および折返し時の線区、線別、キロ程の判定例を以下に示す（図 5、図 6、図 7）。図中の三角形は初期位置確定用地上子、矢印は 4 線・5 線指令時に列車が進む方向、線区・線別・4 線・5 線の各項は列車位置把握装置の内部状態、点線は内部状態判定地点である。なお、地上子情報に従うものを「更新」、地上子情報に従わないもの、または状態が継続するものを「保持」と記載する。

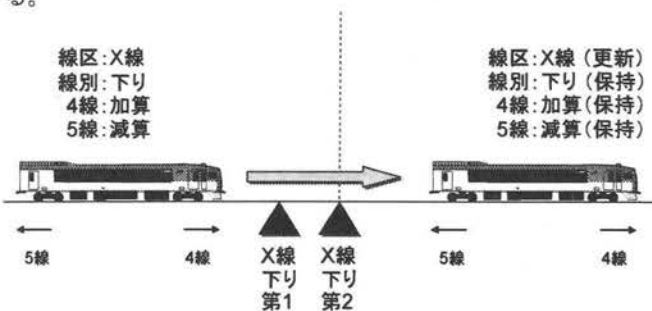


図 5 通常走行

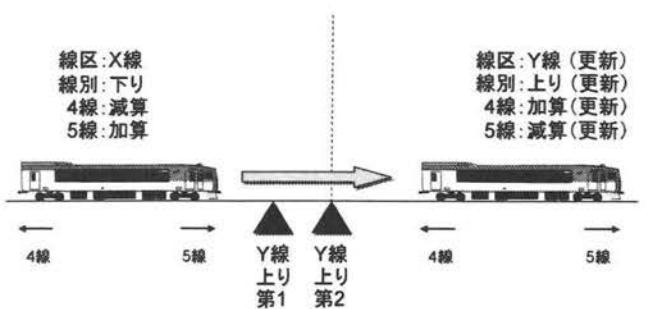


図 6 異線区乗入れ

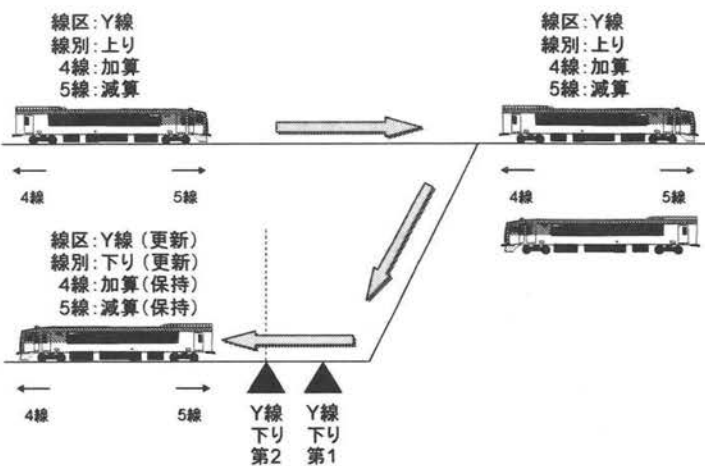


図 7 折り返し

7. システムの自己診断機能

本システムは、自己診断機能を持つことで安全性を確保する。なお、以下の条件で異常と判定し、位置不定とする。

〈7-1〉現行の保安装置相当の異常判定

①断線検知

速度発電機が走行時発信している信号を検知できない状態が一定時間継続した場合、速度発電機巻線の断線と判定する。

②CPU 間データ不一致

搭載する Dual-CPU の演算結果が大きく異なる場合、CPU 間データ不一致と判定する。

③CPU 間データ伝送タイムアウト

Dual-CPU 間において伝送エラーが継続した場合、CPU 間データ伝送タイムアウトと判定する。

④カウンタ不良

カウンタから取り込んだ速度発電機の出力パルス数が異常な場合、カウンタ不良と判定する。

⑤車輪径補正スイッチ (SW) 異常

車輪径補正 SW とのインターフェースが異常な場合、車輪径補正 SW 異常と判定する。

〈7-2〉列車位置把握システム特有の異常判定

①許容誤差超過

電文情報によりキロ程を補正してからある一定距離を走行するまでにキロ程を再補正できなかった場合または空転/滑走が継続した場合、許容誤差超過と判定する。

②車上 DB 不一致

Dual-CPU の各系で使用中の車上 DB が異なる場合、車上 DB 不一致と判定する。

③前後進入力異常

前進指令と後進指令を同時に検知した場合、または 2 km/h/s 以上で加速中に前進指令と後進指令をとともに検知できない場合、または TIMS 情報伝送不良の場合、前後進入力異常と判定する。

④位相異常

前進/後進指令と位相判定可能な速度 (7~20km/h) における位相判定結果が矛盾する場合、位相異常と判定する。

⑤キロ程演算不定

キロ程の加減算判定論理によりキロ程の加減算が定まらない場合、または異線区の初期位置確定用地上子を空振りの場合、キロ程演算不定と判定する。

⑥異線区後進進入

異線区に後進で進入した場合、異線区後進進入と判定する。なお、線区更新のDBを活用する。

8. 車上DB(データベース)

列車位置把握システムに、線区・地上子等のDBを搭載し、演算により求められた距離情報を基に、輸送総合システムの線区コード、断キロの補正をしたキロ程(設備キロ程)等を求め、出力を可能とする(図8)。なお線形変更等に対応させるため、DBの更新および車両への配信を、無線等で自動的に行うことを検討している。

9. システムの課題と改善策

(9-1)演算誤差要因

演算誤差要因については、距離演算処理や電文受信処理等の処理時間によるものと、速度発電機のパルス取り込み周期や車輪径の設定、地上子の位置等の処理時間によらないものが考えられる。例として、130km/h 走行時において、1,000m 毎に設置されている地上子を2個連続で空振りした場合を想定し、位置補正なしで2,500m 走行したとすると、最大誤差は約32mが見込まれ、また処理時間の誤差要因がなくなる停車時においては、約18mの誤差が見込まれる。このようなことから、用途に応じて判断し、許容誤差を決めていく必要がある。

(9-2)改善策

見込まれる誤差を改善するため、①距離演算周期を200msから100msに変更、②地上子を踏下後、トランスポンダ情報処理部が位置把握演算部に伝送するまでの時間を固定値として持ち、補正に使用する等の方法により、距離演算誤差を抑制する。

10. 今後のシステム活用例

本システムでは、信頼性の高い列車位置情報が出力可能となる。そこで、線区、線別、キロ程情報を列車位置把握システムからTIMSに出力することにより、列車の通過停車情報などの運転支援や旅客案内に利用できる。また、首都圏で試行されている通告伝達システムによる災害時の臨時速度制限情報と列車位置把握装置から出力される走行位置情報により、一定距離手前の位置でタイミング良く警報を発することができると考えられる。今後、車上制御装置の改良を行うことで、臨時速度制限の速度照査パターンを自動的に発生させる機能の追加についても検討の余地があると考えられる。

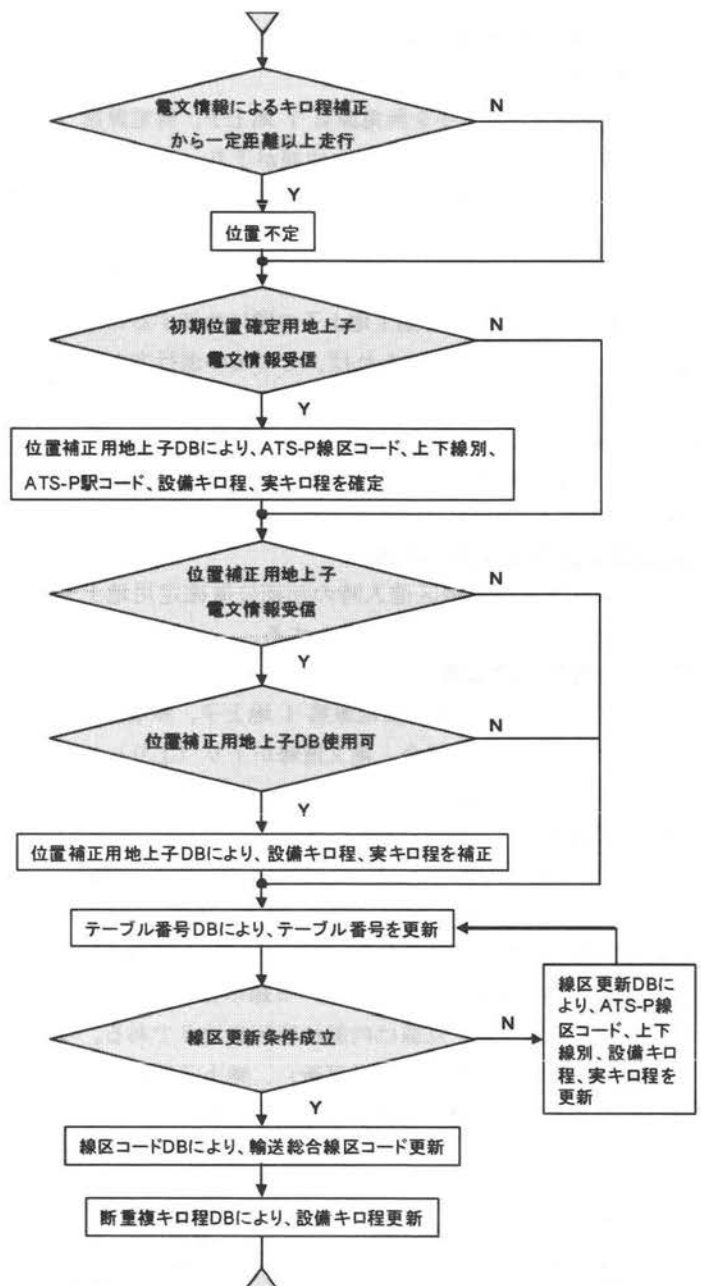


図8 概略処理フロー

11. まとめと今後の進め方

本研究では、各種保安装置に使用可能な安全性・信頼性を持ち、その他、多目的に使用を想定した新たなインフラとしての車上列車位置把握システムの開発を行った。

今後は、列車位置把握システムの装置試作および工場内機能確認試験を行う。その後、実験車によるフィールド試験を実施すると共に、実用化に向け、車種毎に異なる床下機器の配置や設置スペースといった機装面、および車上DBのバージョン更新方法についての検討を行う。