# 2403 車上列車位置把握システムの実用化に向けた開発

正［機］○村山　健　（東日本旅客鉄道株式会社）　黒崎　倫之（東日本旅客鉄道株式会社）
石瀬　裕之（東日本旅客鉄道株式会社）　石毛　哲雄（東日本旅客鉄道株式会社）

## Development of on board Position detecting System

Ken MURAYAMA, EAST JAPAN RAILWAY. 2-479 Nisshinn cho, Kita ward, Oomiya City, Saitama Prefecture
Noriyuki KUROSAKI, EAST JAPAN RAILWAY. 2-479 Nisshinn cho, Kita ward, Oomiya City, Saitama Prefecture
Hiroyuki ISHISE, EAST JAPAN RAILWAY. 2-479 Nisshinn cho, Kita ward, Oomiya City, Saitama Prefecture
Tetsuo ISHIGE, EAST JAPAN RAILWAY. 2-479 Nisshinn cho, Kita ward, Oomiya City, Saitama Prefecture

Despite needs to detect train position onboard, at present, there is no standard system. We have developed a new position self-detection system, which has an enough safety and reliability to use as a safety equipment. This paper shows the result of field test to verify that the system effectively worked. Then this system could be used for various purposes, and would be a valuable railway infrastructure.

*Keywords:* Tachometer generator, Transponder, Train control, Position detection system, Error correction, Field test.

### 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おり，現段階では共通して使用可能なシステムは存在していない．そこで，各種保安装置に使用可能な安全性・信頼性を持ち，加えて，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ている．

本稿では，システム概要と構成，および実用化に向けた現車走行試験について述べる．

### 2．システムの概要

本システムは，区間を指定した臨時速度制限に対する速度超過防止機能などの運転保安レベルから，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（Fig.1）．

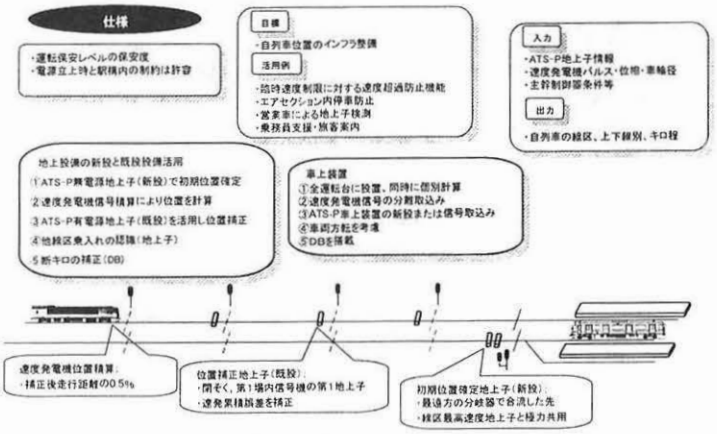


Fig.1 列車位置把握システムの概要

システムの構成要素としては，地上設備である新設の「初期位置確定用地上子」と既設の「位置補正用地上子」と車載装置である「列車位置把握装置」からなる．「列車位置把握装置」は，地上子情報を受信するトランスポンダ情報処理部と速度発電機からの入力情報をもとに自列車の位置を自律的に把握する位置把握演算部から構成されている．

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（初期位置確定用地上子）と車載のデータベース（DB）により初期位置を確定し，速度発電機の信号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(位置補正用地上子)の位置を登録し，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，独立して動作するものとする．

### 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（Fig.2）．列車位置把握システムの車載装置は，継電器盤および位置把握演算部，トランスポンダ情報処理部，記録機能部を含む列車位置把握装置から構成される．

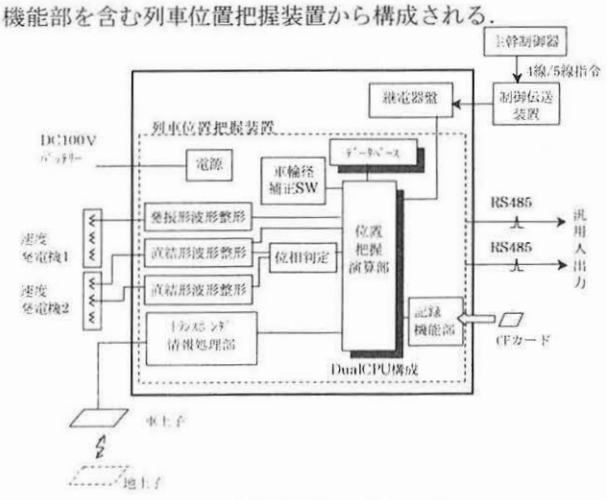


Fig.2 列車位置把握システムのブロック図

位置把握演算部は，トランスポンダ情報処理部を介して受信した地上子からの電文情報、速度発電機からの速度パルス，継電器盤のリレーを介して入力された主幹制御器からの4線/5線指令情報に基づいて，線区・上下線の識別，キロ程の加減算を行い，その結果を汎用入出力I/Fおよび記録機能部へ出力する．

## 4．システムの構成

### 4.1 システムの基本動作

本システムの基本動作を以下に示す（Fig.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．

（注※　位置不定:上下線別，キロ程が定まらない状態）

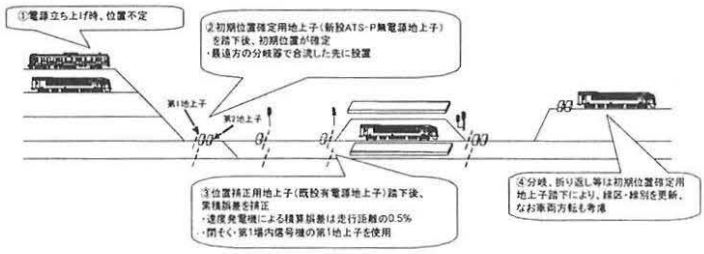


Fig.3 列車位置把握装置の基本動作

### 4.2 車上データベース

初期位置確定用地上子，位置補正用地上子より受信した電文情報から，実キロ程や設備キロ程等を照会するために必要な車載データベース（以下DB）は，下記の内容の構成としている．

(1) 初期位置確定用地上子DB

初期位置確定用地上子第1，第2 地上子から受信する電文情報(ATS-P 線区コード，ATS-P 駅コード，上下線別)より，設備キロ程、実キロ程を参照し、初期位置を確定または更新するために用いる．

(2) 位置補正用地上子DB

位置補正用地上子から受信する電文情報(信号機種別)と，最新の初期位置確定用地上子からの電文情報との組合せにより，受信した地上子を検索し，設備キロ程、実キロ程の値を補正するために用いる．

### 4.3 初期位置確定

初期位置の確定については，設置する地上子の数を最小限にするため，本線上に合流した最内方分岐の先に初期位置確定用地上子（ATS-P無電源地上子）を5mの間隔で，第1地上子および第2 地上子の順に設置する．電文は、第1 地上子→第2 地上子の順に10m未満の間隔で受信した時のみ有効とする．受信が有効となった場合は，第1地上子からの「線区コード」，第2地上子からの「駅コード」「上下線別」情報を「初期位置確定用地上子DB」に参照して，対応する実キロ程，設備キロ程の値を確認することで初期位置を確定する．

さらに，後述の上下線判定処理を行い，確定した初期位置からのキロ程演算（加減算）を開始する．車上DB上に該当するコード番号（ATS-P線区コード，駅コード，上下線別）が見つからなかった場合は現状を保持（位置不定状態の場合は，位置不定状態を継続する．初期位置確定後の場合は，速度パルスに応じたキロ程演算を継続）する．

第1 または第2 地上子の片方を空振りした場合は，上記の初期位置確定処理は行われず，現状を保持する．

### 4.4 上下線およびキロ程加減算論理

上下線別を判定する論理としては，位置把握演算部が初期位置確定用地上子を第１地上子，第２地上子の順に10m以内の間隔で受信した場合，電文情報が上りであれば上りと判定し，速度発電機からの速度パルスに応じてキロ程を減算する．電文情報が下りならば下りと判定し、速度パルスに応じてキロ程を加算する．

初期位置確定用地上子は，上り線・下り線それぞれに設置する．単線を走行する場合は逆方向の初期位置確定用地上子を第２地上子，第１地上子の順に検知することになるが，この場合，情報を無視するようにした．

また，本システムにおいて４線/５線指令の信号は，運転台に対する前進/後進の情報を与えるだけではなく，初期位置確定用地上子検知時の進行方向の判定に用いている．つまり，最後に４線/５線のどちらの指令を検知したかを記憶しておくことで、加減算の切換えが判断されている．具体的には，４線指令検知後に下りの初期位置確定用地上子を検知するとキロ程を加算していくが，５線指令を検知すると以降のキロ程演算は減算していく状態に切換る．

### 4.5 位置補正

位置補正用地上子から電文を受信した時は，「位置補正用地上子DB」に参照して以下のように現在位置(実キロ程，設備キロ程)の補正を行う．なお，位置補正地上子は，閉そく信号機および第1場内信号機の既設の第1地上子を利用することで、実用化時の設置費用と保守費用の削減を見込んだ．

「位置補正用地上子」電文情報については同一内容のものが複数存在するため，最後に受信した「初期位置確定用地上子」のATS-P 線区コード，ATS-P 駅コード，上下線別を記憶しておき，その線区・駅および上下線別情報と，「位置補正用地上子」から受信した「信号機種別」情報との組合せによって，「位置補正用地上子DB」に登録されているどの地上子から受信したかを特定する．この時，最後に検知した「初期位置確定用地上子」からの走行距離積算値が、「位置補正用地上子DB」に登録の「初期位置確定用地上子電文受信からの走行距離」の値に対し，一定値の範囲内であればキロ程補正可と判定する．一定値の範囲外であれば，他の地上子である可能性があるためキロ程補正は行わず現状を保持する．走行試験では一定値の距離を仮に500mと設定している．

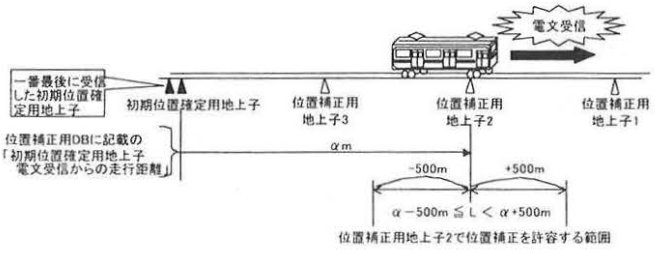


Fig.4 位置補正方法

## 5．現車走行試験

これまで述べてきたシステム仕様に基づいて設計した列車位置把握システムの機能確認を行うために，209 系試験電車（MUE-Train）に列車位置把握システムを搭載し，走行試験を行った．

### 5.1 209 系試験車両への艤装

走行試験を実施するにあたり，列車位置把握装置は、専用の車載用アダプタに組み込み，209 系試験車両（MUE-Train）7 号車のラック内に 1 台設置した．また，電文情報を受信するため，列車位置把握システム用車上子を 7 号車床下に取付けた．さらに，速度発電機から速度パルスを受信するため，7 号車の 3 軸と 4 軸の 2 箇所に列車位置把握システム用 AG48 形速度発電機を取付けた．これらの入力情報は，車載用アダプタ正面下部に設けたコネクタを経由して列車位置把握装置に入力される構成とした（Fig.5, Fig.6）．

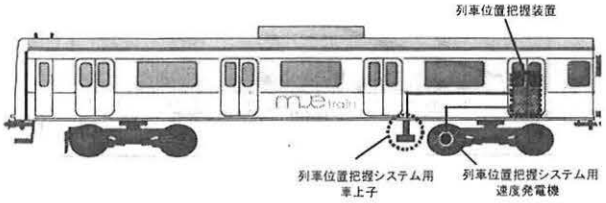


Fig.5 209 系試験車両への艤装

Fig.6 列車位置把握装置と継電器盤

### 5.2 初期位置確定用地上子の設置

前述した初期位置確定のため，初期位置確定用地上子（ATS-P 無電源地上子）を本線上に合流した最内方分岐の先に 5mの間隔で，東北本線 6 箇所，川越線 8 箇所，武蔵野線 9 箇所の合計 23 箇所に対して第 1 地上子および第 2 地上子の順に 46 個設置した（Fig.7）．

Fig.7 初期位置確定用地上子設置状況

### 5.3 試験方法

試験方法としては，主幹制御機からの 4 線と 5 線，および速度発電機のパルスの入力，ATS-P 無電源地上子と ATS-P 有電源地上子の電文入力を現車走行中にパソコン上でモニタリングしながら動作を確認するとともに，走行試験後，記録データを読み出して詳細を解析した．

今回，確認した主な試験項目は以下の通りである．

(1)位置補正・出力情報確認試験

初期位置確定用地上子による位置確定および位置補正地上子による位置補正の動作確認を行った．

(2)車両方向判定処理試験

主幹制御器、速度発電機の位相，電文情報から上下線の判定確認を行った．

(3)異常検知試験

列車位置把握装置特有の車上データベース不一致，キロ程演算不定等を検知することの確認を行った．

また，試験実施線区の主な確認事項は，上記の試験項目を踏まえ，以下の通りとした．

(ⅰ)東北本線（大宮～宇都宮間）：複線における動作確認

・折返し時の上下線判定、加減算判定が行えること．

(ⅱ)川越線（南古谷[川越車両センター]～大宮間）

：単線における動作確認

・上下逆方向の地上子電文で誤った位置補正しないこと．

(ⅲ)武蔵野線（東所沢～大宮操～東浦和）

：三角線における方向転換動作確認

・列車編成が方向転換しても，位置把握できること．

### 5.4 試験結果

走行試験を行った結果，初期位置確定用および位置補正用地上子の電文から車上データベースを参照し，適正に位置演算を行う基本動作を確認する事ができた．

具体的に、線区別に試験結果を以下に述べる．

(ⅰ)東北本線（大宮～宇都宮間）

Fig.8 は，東北線における初期位置確定用地上子の配置図である．

複線の東北本線走行において，上り⇔下り折返し後，初期位置確定用地上子の電文受信によって上下線別・キロ程の加減算が正しく行うことを確認できた．

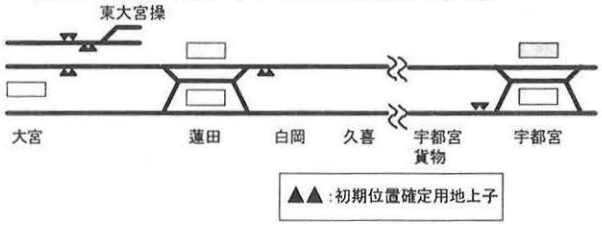


Fig.8 東北線における走行試験

(ⅱ)川越線（南古谷[川越車両センター]～大宮間）

Fig.9 は，川越線における初期位置確定用地上子の配置図である．川越車両センターで電源立上げ時は，位置不定状態となるが，初期位置確定用地上子電文受信で位置確定となった後，故障・位置不定の発生は無く，入出区時の動作は正常であった．また，単線の川越線走行において，上下逆方向の地上子電文を受けたとき、誤って位置補正することはなかった．

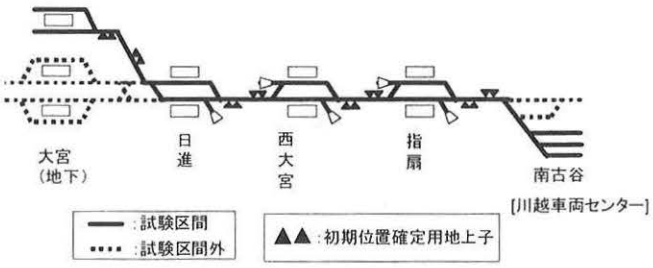


Fig.9 川越線における走行試験

(iii)武蔵野線（東所沢～大宮操～東浦和）

Fig.10 は，方向転換を行った三角線における初期位置確定用地上子の配置図である．初期位置確定用地上子は，本線ａから支線ｂ，ｃが分岐した先と，各線が合流した先に設置してある．図中に示す別所(信)駅→西浦和駅→武蔵浦和駅→別所(信)駅のルートで走行し，別所(信)駅に戻った場合，車両の方向は逆になるが，本システムは支線ｃ→支線ｂ合流後の初期位置確定用地上子「支線ｂ下り2」の電文を受信することにより，支線ｂの下り線を走行中であることと，そのキロ程を把握することができた．さらに，その後の速度パルスによるキロ程積算に関して，出発時とは前進・後進指令に対するキロ程加減算の関係が逆転しているが，正しく演算を行うことができた．

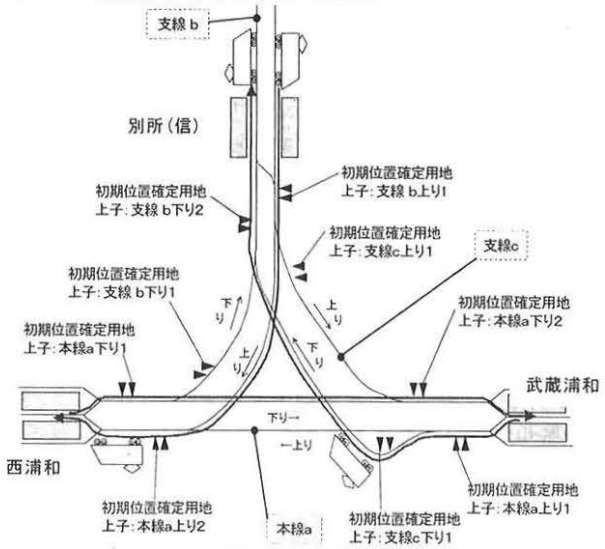


Fig.10 武蔵野線における走行試験

## 5.5 考察

列車位置把握システムの位置検知精度を評価するために、地上子検知時の「列車位置把握システムの装置算出位置」と「実際の位置」との差を記録することで、地上子間の離隔距離に応じた位置補正量の変化を求めた．

東北線，川越線における評価結果を Fig.11，Fig.12 に示す．東北線における位置補正量は、走行距離に対して平均 0.29%であった．また，川越線における位置補正量は，走行距離に対して平均 0.37%であった．

線区の違いにより，位置補正量が異なった要因は，地上側の問題として，線形の影響（渡り線を走行等）あるいは地上子設置位置が車上データベースと異なった可能性が推定される．

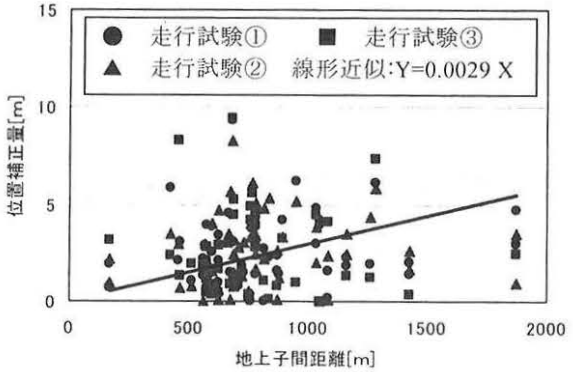


Fig.11 東北線における地上子間距離と位置補正量

東北線と川越線の全走行試験の位置検知精度は，平均 0.29%となった．馬場[1]によれば，弊社で開発している列車制御システム ATACS(Advanced Train Administration and Communications System)のプロトタイプ試験における位置精度は，誤差の最大値が 0.26%（平均 0.18%）であり，目標値の 0.3%をクリアする結果を得たと報告している．当システムの走行試験では、目標値を 0.5%と設定し，結果として ATACS の目標値以内となることを確認できた．

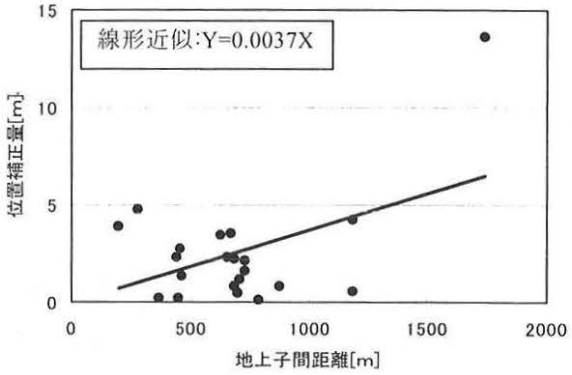


Fig.12 川越線における地上子間距離と位置補正量

## 6．まとめ

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，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実用化の検討として現車走行試験を行った．

その結果，列車位置把握システムの基本動作が正しく行われていることを確認するとともに，今回の走行試験における当システムの位置検知精度は平均 0.29%であることが分かった．

今後は実用化に向けて，いかに各種の運行管理や旅客サービス等に適用していくかが課題である．現在想定している主な活用例を以下に述べる．

①臨時速度制限

・臨時速度制限情報に基づき，当該区間における速度制御を行う．

②エアセクション内停止対策

・設備DB を活用し，低速でエアセクションに接近した際に警報を出力する．

③無電源地上子検査

・設備DB に基づき，無電源地上子の検査を行う．

④乗務員支援・旅客案内

・線区，線別，キロ程情報を列車位置把握システムからTIMS（列車情報管理システム：Train Information Management System）に出力することにより，列車の通過・停車情報等のきめ細かい旅客案内を行う．

また，現在ソフトウエア組込みになっている車載データベース を容易にバージョン更新するための方法の検討や，走行試験結果を参考にしてのシステム仕様の見直し，初期位置確定用地上子の設置指針等をまとめることが必要であると考えている．

### 参考文献


1) 馬場ら:無線による列車制御システム（ATACS），JR EAST Technical Review, No.5, pp.31 -38, 2003.

2) 村山ら:車上列車位置把握システムの開発，第 15 回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RAIL2008)講演論文集，pp.187-190，2008.