

## 新方式の ホーム検知装置の開発



和田 智樹\*



村木 克行\*



松本 重夫\*\*

首都圏線区へ導入している超音波センサを用いたホーム検知装置では、車両に搭載したセンサの高さとホーム笠石の高さの差などによりホームを正しく認識できないことがある。そのため本研究では、列車がホーム内にいることを判定する方法について再検討を行い、ホームの高さなどの制約を受けない、より信頼性の高いホーム検知装置を開発することとした。検討の結果、レーザセンサで直接ホームを認識する方法と、地上側にICタグを設置する方法を選定し、それらについて基礎的な評価試験を行い、いずれもホーム検知装置に応用可能なことを確認した。

●キーワード：ホーム検知装置、レーザセンサ、RFID、超音波センサ

### 1. はじめに

列車がホームから外れて停車した際のドア開扉や、ホームと反対側ドアの誤開扉を行った場合、お客さまの怪我につながる可能性がある。このようなヒューマンエラーによる事故を防止するには、列車が正しい位置に停止しているか否かを判定する装置を設置し、乗務員の誤扱いをバックアップすることが有効である。

そこで、安全研究所では超音波センサを用いたホーム検知装置を開発し、最初に首都圏の通勤線区に導入した。

これは、列車の最前部と最後部の左右両側に超音波センサを装備し（図1）、ホーム笠石側面に超音波を照射してその反射波の有無でホームを認識する装置であり、地上側に新たな設備を追加することなく、列車がホームの正しい位置に停止しているか否かを判定することが可能である。



図1 超音波センサの車両設置位置

しかし、超音波の特性により、①センサとホームの高さが合致しない、②ホーム笠石が薄い、③笠石表面に凹凸があるなど、条件によっては、センサがホームを認識できないことがある。このため、首都圏通勤線区以外では、

極端にホームが低い駅や、笠石が薄い駅、笠石表面に欠損がある駅などが存在していることから、導入には制約がある。また、地方線区では列車の組成単位が小さく、列車の両端のセンサによりホームを認識する現行の方式では装置の搭載車両が多くなり、非効率である。

### 2. 判定方法の再検討

超音波方式ではホームをセンサで直接認識するという方法を用いているが、列車が正しい位置に停止しているか否かを判断するには、ほかにもいくつかの方法が考えられる。検討した3つの方式について、それぞれのa.長所、b.短所、c.利用可能なデバイスの例を以下に示す。

(1) センサで直接ホームを認識する方法（図2）

- a. 地上側に標識<sup>\*1</sup>などの新しい設備の追加が不要である
- b. ホームを正しく認識できるか否かはセンサの性能に依存する
- c. 超音波やレーザ、画像処理など

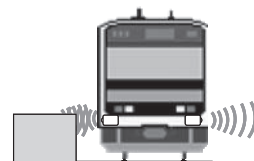


図2 センサで直接ホームを認識する

(2) 地上に設置した標識を車上で認識することにより、列車がホームの正しい位置に停止しているか否かを判定する方法（図3）

\* JR東日本研究開発センター 安全研究所  
\*\* 東日本トランスポートエック(株) (元 安全研究所)

※1 車上から地上の情報を認識するために設置する地上子のこと

- a. 標識を直接認識することで、確実な判定が行える
- b. 地上側に標識など新しい設備の追加を必要とする
- c. RFIDやトランスポンダ<sup>※2</sup>など

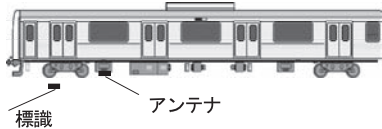


図3 標識により列車がホームの正しい位置で停止していることを判定する

(3) 列車の現在位置を逐次認識して、データベースと照合し、列車がホームの正しい位置に停止しているか否かを判定する方法 (図4)

- a. 列車の現在位置の把握は、サービス向上なども含めてさまざまなニーズがあると考えられることから、ほかのシステムへも応用が可能
- b. 地上側の情報 (ホームの設置位置、停止位置のキロ程など) を常に車上側で把握している必要があり、線形や設置位置の変更が発生した際にデータベースの更新を間違えると、正しい判定が出来なくなるなど、データの維持管理に課題がある
- c. GPS、速度発電機 (車輪の回転数から走行距離を積算する) など

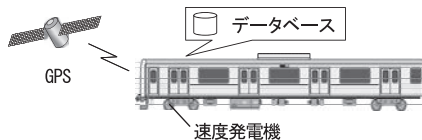


図4 列車位置とデータベースを照合して列車がホームの正しい位置にいることを判定する

(3) の方式は (1) (2) に比べて課題があるため、本研究では採用しないこととした。また、(1) (2) の方式は、いずれも利点があることから、それぞれについて具体的にデバイスを選定して、基礎評価試験を行うこととした。

### 3. デバイスの選定

新たな原理で、列車がホームの正しい位置に停止しているか否かを判定するために有望な下記の2つのデバイスを選定した。a. 選定理由とb. 課題をそれぞれに記す。

(1) レーザセンサ (ホームを直接認識する方法)

- a. 超音波センサに比べ、対象物の凹凸や入射角の変化の影響を受けにくい優れた特性を有する
  - b. 雨や雪の影響を受けやすい
- (2) RFID (地上に標識を設置する方法)

- a. トランスポンダなどに比べ安価である
- b. 金属の影響を受けやすい

### 4. レーザセンサを用いた方式

#### 4.1 ホームを認識するアルゴリズムの検討

本方式で用いるレーザセンサは、レーザ光を対象物に照射し反射光を受光するまでの時間から対象物までの距離を計測するもので、照射方向を平面内 (2次元) で連続的に変化させることにより、対象物の形状の認識も可能となる。

この原理を用いて、車両からホームの有無を判定するアルゴリズムを検討した。図5で、照射角  $\theta$  のときの対象物までの距離  $l$  を基に座標変換により車両と反射点 P との相対変位を計算する。 $\theta$  を一定範囲で変化させながら P の軌跡を計算し、それがホーム上面としての特徴を有しているか否かを判定すればよい。具体的には以下の手順でホームを判定することとした (図6)。

- ① 1回の走査 ( $\theta$  の変化) サイクルで得られた反射点 P の Z 座標 (レール面からの高さ) について、100mm 間隔のヒストグラムを生成する
- ② 測定点数が最も多い Z の値を見つける
- ③ ②の測定点数が一定割合以上あり、かつ Z の値があらかじめ定めた範囲内にある時に、ホームであると判定する

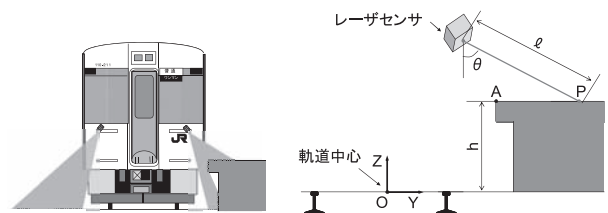


図5 レーザセンサによるホームの測定

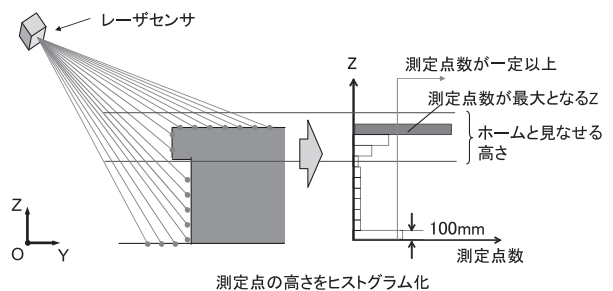


図6 ホーム判定の条件

#### 4.2 アルゴリズムの検証試験

前述のアルゴリズムを検証するため、市販のレーザセンサを使用し、試験を実施した。

※2 鉄道信号の分野において地上と車上間でさまざまな情報を伝送するのに使用されている装置

#### 4.2.1 模擬ホームによる評価

レーザセンサとホームの相対高さや離れを一定の範囲で変化させながら測定を行った。測定は太陽光、降雪などの外乱の影響も確認するため屋外で実施した。標準的な高さ、離れのホームを検知するように、ホームの高さが850mm~1100mm、軌道中心からホーム笠石の縁までの離れが1450mm~1750mmの範囲をカバーするように、センサの取付位置と照射角度を検討し、レール面からの高さ2020mm（標準的なホームの上面から920mm）、軌道中心からの離れ1250mmの位置にセンサを取付けることを決定した。また、照射角度は鉛直方向に対して27.5度傾いた方向を中心に±22.5度とした(図7)。その後、上記の条件(高さ、離れ)のホームを検知するように判定アルゴリズムの各パラメータの値を検討し、決定した。

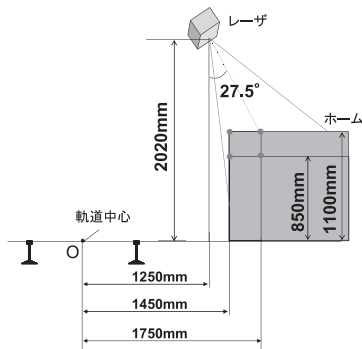


図7 センサとホームの位置関係

試験の結果、決定したパラメータのもと、想定した条件(高さ、離れ)のホームをいずれも正しく検知できることを確認した。また、レーザ光の照射強度が強すぎると車両に近い側で反射波が乱れ正確な測距が出来ない場合があったが(図8)、強度の調整により解決可能なことが分かった。天候による影響は今回の試験条件下(晴天、降雪)においては見られなかった。

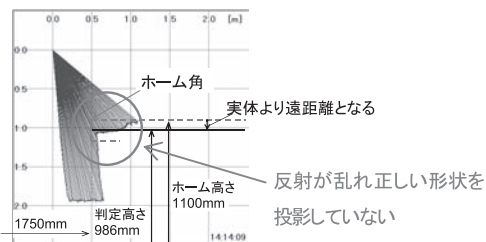


図8 照射強度が強すぎて反射が乱れた測定事例

#### 4.2.2 走行試験による評価

実際のホームに対してもホーム判定アルゴリズムが有効であることを検証するため、実車両にセンサを搭載し

てホームの計測を行った。

センサの取付位置および、ホーム判定アルゴリズムのパラメータの値は、模擬ホームによる試験と同一とした(図9)。

走行試験の結果、延べ76の停車駅において、すべてのホームを正しく認識することを確認した。

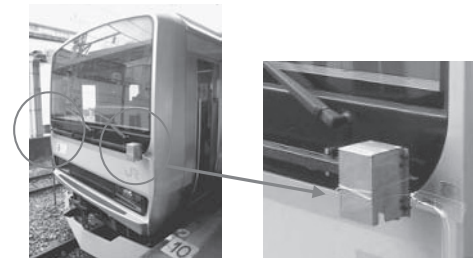


図9 実車にレーザセンサを搭載した様子

#### 4.3 まとめ

今回作成したホーム判定アルゴリズムにより、実際のホームを正しく認識できたことから、レーザセンサはホーム検知装置に応用できる可能性がある。

しかし、一部でホーム以外の構造物(昇降台)をホームと誤って認識してしまったことから、ホームとホーム以外の構造物を正しく識別できるよう、判定アルゴリズムの一部見直しが必要なが分かった。また、天候による影響は今回の試験(晴天、降雪)では見られなかったが、引き続き豪雨・豪雪などの影響を評価する必要がある。

## 5. RFIDを用いた方式

### 5.1 標識の設置方式の比較検討

地上に標識(ICタグ)を設置するにあたり、どの地点にどのような意味を持たせた標識を設置すべきかがポイントとなる。ここでは、下記の2つの方式を比較検討した。

方式①: 所定停止位置にタグを設置し、列車が正しい位置に停止しているか否かを、タグにより判定する(図10)

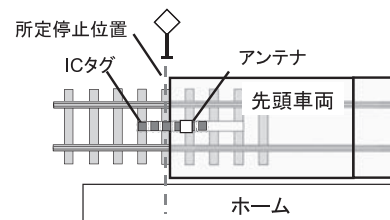


図10 停止位置に標識を設置

方式②: ホームの始末端にタグを設置して、列車がホームに進入・進出したことを認識する(図11)



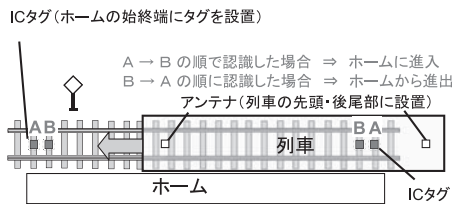


図11 ホーム始末端に標識を設置

方式①は判定が確実な反面、列車が所定停止位置以外の場所に停止した時は、ホーム内であってもドアの開操作が出来なくなるという制約がある。また、いくつかの編成両数が混在して運行される線区では、それぞれの停止位置目標に編成両数の情報を記録したタグを設置する必要があり、車両側においても編成両数の設定などが必要となる。

一方、方式②は所定停止位置以外の場所においても、列車がホーム内にいることを判定できる反面、直前に認識（通過）したタグをもとに列車がホーム内にあるか否かを間接的に判定するため、信頼性が低い。さらに、単線区間のように列車の進行方向が双方向となる条件下や、停止位置を行き過ぎてホームからはみ出した後で所定停止位置まで後退をするような場合を考慮すると、進行方向を判別するために、A、Bの2種類のタグをペアで設置することが必要であり原理的に難がある。また、RFIDの特性によりホームの進入（進出）速度が速いとタグを読み取れない可能性もある。

## 5.2 ホーム検知に適した RFID の選定

RFIDに使用されている周波数帯はさまざまであるが、電波法の制約、ICタグとアンテナとの通信距離などを考慮して表1に示す2つを評価対象として選定した。

表1 評価対象のRFIDの特性の比較

	パッシブ方式	アクティブ方式
周波数帯	13.56MHz	300MHz
電池の有無	電池なし ◎	電池あり △
通信距離	～40cm程度 △	～2m程度 ○
金属の影響	大きい △	小さい ○

## 5.3 検証試験

市販のRFIDを用いて、実際の線路と車両を使用した試験を行い、以下の項目について検証した（図12）。

- ① 金属（レールや車体）の通信への悪影響の有無
- ② 静止（停車）状態でタグを認識する範囲
- ③ タグを認識することが可能な列車速度
- ④ 複数のタグを正しい順番に認識するために必要なタグの設置間隔と列車速度

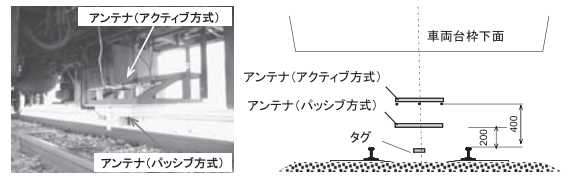


図12 アンテナとタグの設置位置

## 5.4 まとめ

今回の試験を通じて、以下の知見が得られた。

- (1) 線路上でも設置条件が適切であれば金属の影響は実用上問題ないレベルに留めることが可能である。特に、アンテナと車両への取付のための金属フレームが近接した条件下では通信距離が極端に小さくなるため、艱装方法には留意が必要である。
- (2) 列車が停止した状態におけるタグの認識範囲は、今回の試験条件下においては、タグ中心の前後300mm程度であった。
- (3) パッシブ、アクティブの各方式でアンテナとタグの通信速度は異なり、安定してタグを認識することができる列車速度は、前者が概ね60km/h程度、後者が概ね10km/h程度であった。特に後者は列車速度が高いと認識率が著しく低下することが分かった。
- (4) 正しい順序で認識させるためには、隣接する2枚のタグを約700mm程度は離す必要がある。

これらのことを総合すると、RFIDはホーム検知装置に応用できる可能性がある。

## 6. おわりに

超音波方式の課題を克服する新たなホーム検知装置を開発するため、レーザセンサ、RFIDを用いた方式について検討し、基礎的な評価試験を行った。今後は車載用レーザセンサの開発と、営業線におけるRFIDによるシステムの実証試験を行う計画である。

### 参考文献

- 1) 畑 弘敏；超音波センサを用いたホーム検知装置の開発、R&M、日本鉄道車両機械技術協会、2004.1
- 2) 和田 智樹、石井 圭介；ホーム検知装置の開発、JR EAST Technical Review No.21-AUTUMN.2007、pp21-26 (2007秋) Technical Review、東日本旅客鉄道株式会社編、2007.秋号
- 3) Tomoki Wada, Keisuke Ishii, Katsuyuki Muraki and Shigeo Matsumoto；DEVELOPMENT OF A PLATFORM DETECTION SYSTEM USING ULTRASONIC SENSOR, The International Symposium on Speed-up, Safety and Service Technology for Railway and Maglev Systems, June 2009