

列車定位置停止確認システム

山崎 節*

Train Fixed-position Stop Check System

Takashi Yamasaki

要 旨

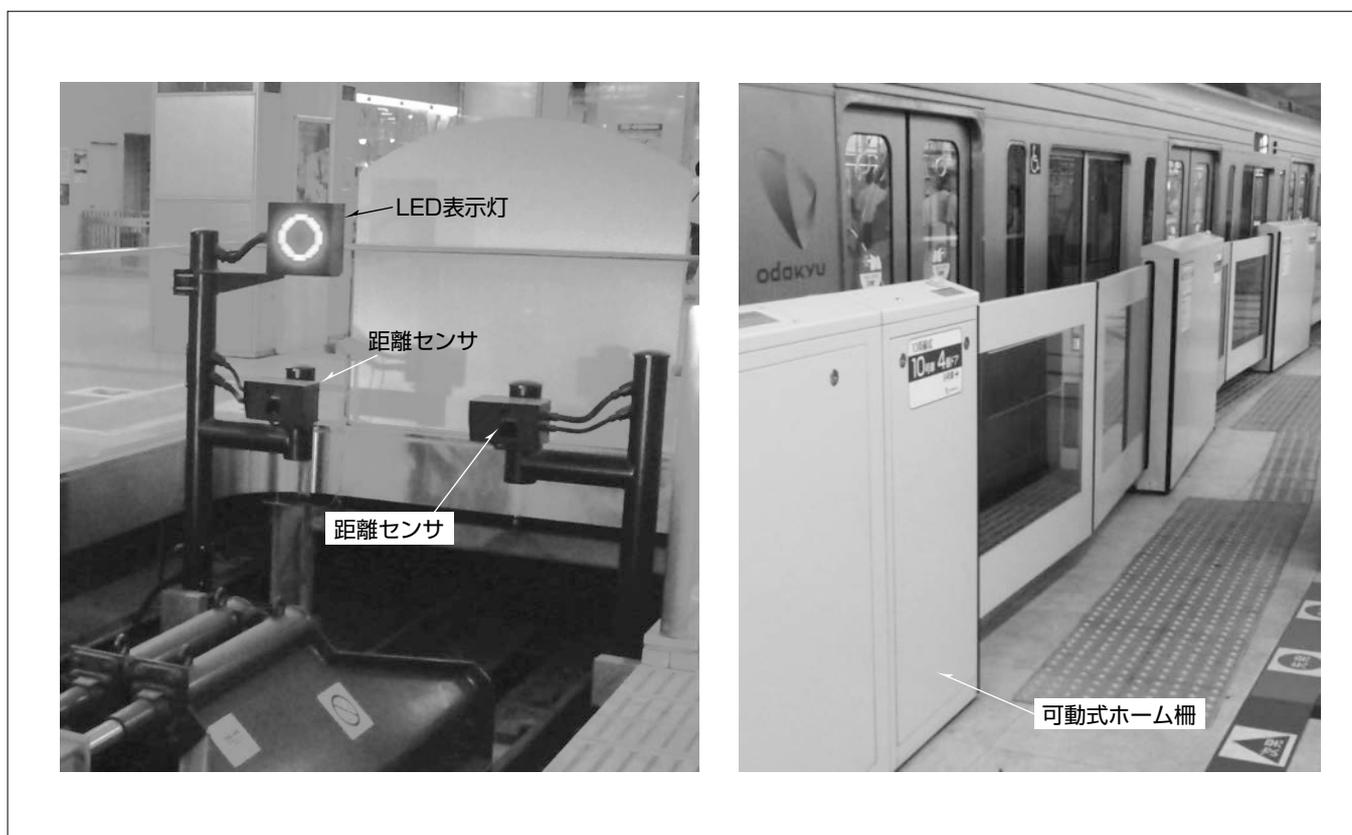
在来線・新幹線への可動式ホーム柵導入に伴い、乗客の乗降スペースが制限されることになるため、列車停止位置のずれが乗客の安全な乗り降りを阻害することになる。そのため、列車の停止時に車両の扉位置とホーム柵の扉位置を精度良く合わせる(列車を定位置停止させる)必要がある。

三菱電機の可動式ホーム柵は、2003年3月の上飯田連絡線(株)の上飯田線(2駅)への納入を初め、2013年4月現在までに、計128駅266ホームへの納入実績がある。

当社は、小田急電鉄(株)新宿駅4番・5番ホームに、可動式ホーム柵を納入するとともに、列車定位置停止確認システムを開発して納入した。このシステムによって、運転士が列車を定位置停止させたことの確認を可能とした。

このシステムは、距離センサによる列車との距離測定、及びRFID(Radio Frequency Identification)タグ・タグリーダー・タグアンテナを用いた車種識別機能を基に、データ処理パソコンで演算を行い、列車入線時の残走距離通知機能^(注1)、及び列車が定位置停止したことを通知する定位置停止判定機能を実現している。また、運転士・車掌への列車定位置停止状態の通知はLED(Light Emitting Diode)表示灯で行い、列車入線から列車定位置停止までの運転業務を支援している。

(注1) 小田急電鉄(株)新宿駅では、列車先頭位置が20m以内を検知するとLED表示灯に“×”表示し、運転士に残走距離20m以内であることを通知する。



列車定位置停止確認システム(小田急電鉄(株))

列車の定位置停止確認を目的とし、可動式ホーム柵システムとともに設置される。可動式ホーム柵の安全運用には、列車をホームの定位置(停止目標)に停止させることが必要不可欠である。

1. ま え が き

可動式ホーム柵の設置は、現在地下鉄を中心に導入が進んでおり、JR・私鉄でも導入されている。

在来線・新幹線への可動式ホーム柵導入に伴い、乗客の乗降スペースが制限されることになるため、列車停止位置のずれが乗客の安全な乗り降りを阻害することになる。そのため、列車の停止時に車両の扉位置とホーム柵の扉位置を精度良く合わせる(列車を定位置停止させる)必要がある。

当社の可動式ホーム柵は、2003年3月に上飯田連絡線(株)の上飯田線(2駅)への納入を初めとし、2013年4月現在までに、計128駅266ホームへの納入実績がある。

当社は運転士の列車停止作業の確認を行い、列車の定位置停止を可能とする“列車定位置停止確認システム”の開発を行った。このシステムは、始終着駅である小田急電鉄(株)新宿駅4番・5番ホーム(以下“小田急新宿駅”という。)のホーム柵システムの一部として納入している。

本稿では、当社の“列車定位置停止確認システム”について述べる。

2. 列車定位置停止確認システム

2.1 目 的

このシステムの役割・課題・機能を次に示す。

(1) 役割

運転士が列車を定位置停止させたことの確認

(2) 機能

運転士への残走距離通知、及び定位置停止判定通知

(3) 課題

正確な距離計測、及び列車停止判定

2.2 システム構成

列車定位置停止確認システムのシステム構成を図1に、小田急新宿駅における列車入線時の動作イメージを図2に、

また小田急新宿駅の仕様を表1に示す。

次に列車定位置停止確認システムの構成機器を挙げる。

(1) データ処理パソコン

このシステムの制御装置で、各機器を制御して列車定位置停止確認を行う。

(2) 距離センサ

列車の定位置停止位置までの距離を、赤外線レーザーで測定する。

(3) RFIDタグ・RFIDアンテナ・RFIDリーダー

車両取付けのRFIDタグが持っている車種情報を、ホーム下に設置しているRFIDアンテナが検出後、柵内に設置しているRFIDリーダーが送信し、データ処理パソコンで車種識別を行う。車種ごとに定位置停止位置が異なるため、停車位置を補正する。小田急新宿駅は4車種が対象である。

(4) LED表示灯

列車の入線状態や定位置停止状態を、運転士・車掌に通知する。

また、列車定位置停止確認システムは、残走距離通知機能、及び定位置停止判定機能を搭載している。

2.3 距離センサ

このシステムでは、距離センサから車両前面に赤外線レーザーを照射し、その反射光を受光して先頭車両とセンサ間の距離を測定する。距離センサの単体仕様を表2に示す。なお、赤外線レーザーによる距離計測は、小田急新宿駅では列車が定位置停止位置から20m以内に入線したことを検知する必要があるため、長距離の計測が可能なタイムオブフライト方式を用いて行う(図3)。

小田急新宿駅に発着する4車種全てに共通した“反射光が安定する”赤外線レーザー照射点数を検討した結果、この案件は9点分の距離値を利用することとした(図4)。

距離センサの距離値の変化をもとにデータ処理パソコンで列車の入線中、停止中(一定位置から動かない状態)、出

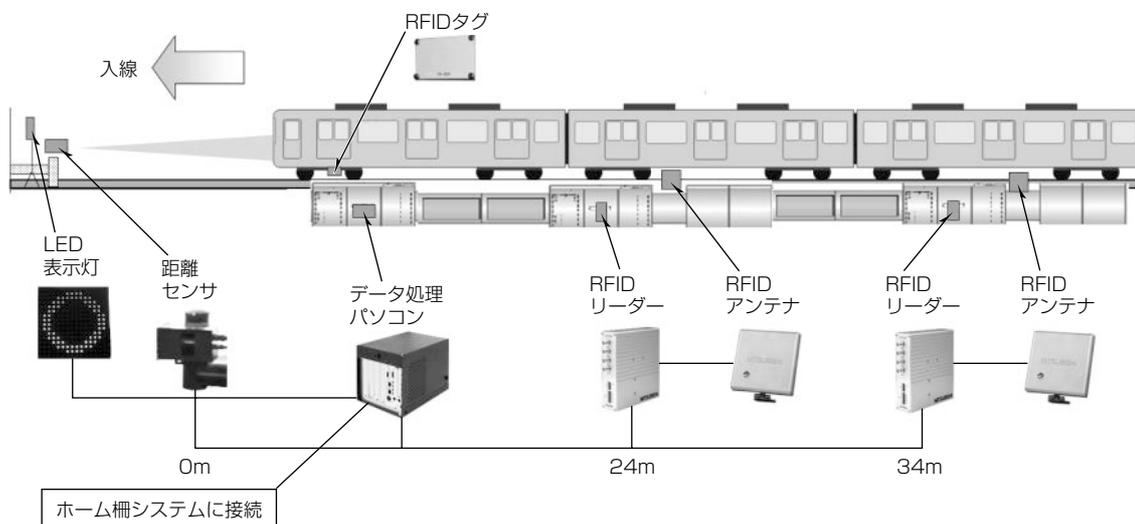


図1. 列車定位置停止確認システムのシステム構成

線中を識別する。

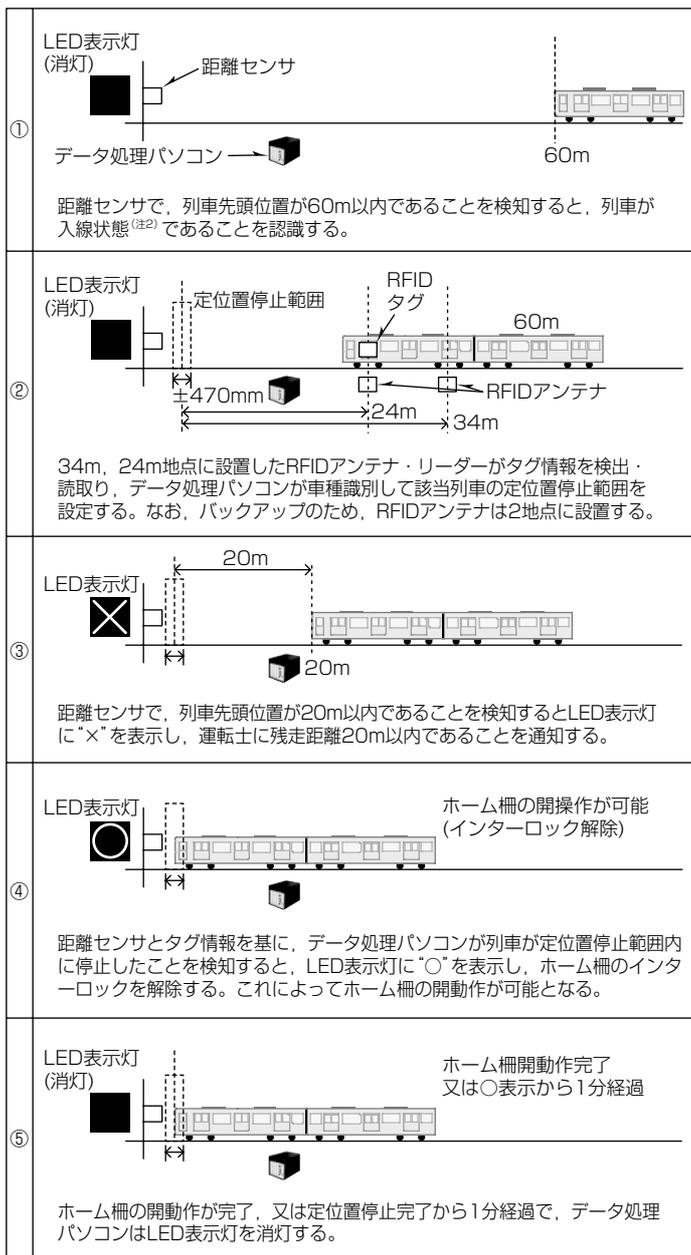
このシステムでは、距離値演算方法として最短モードと平均化モードの2種類を用意している。小田急新宿駅は最短モードを採用している。

(1) 最短モード(図5(a))

9点中最も短い距離値を採用する。

(2) 平均化モード(図5(b))

9点分の距離を統合して距離を演算することによって距



(注2) 列車がホームに入ること。なお、列車がホームから出ることを出線という。

図2. 列車入線時の動作イメージ

表1. 小田急新宿駅4番5番ホームの仕様

定位置停止範囲	定位置停止位置±470mm以内に停止したことを検知すること。
車種判別	4車種(1000形, 3000形, 4000形, 8000形)を判別すること。

離測定 of the precision to improve the method. For distance values, the central value is taken, and values that differ by a certain amount from the central value are excluded.

表2. 距離センサの単体仕様

光源	赤外線レーザーλ=905nm レーザー安全クラス1(人体に対し安全)
検出距離	検出保証値 60m 最大検出距離 100m(出力限界値)
走査角度	190°
角度分解能	約0.25°(360°/1,440分割)
走査時間	50ms

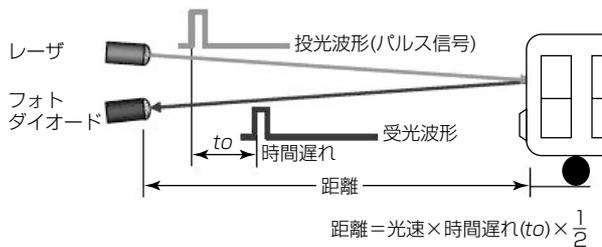
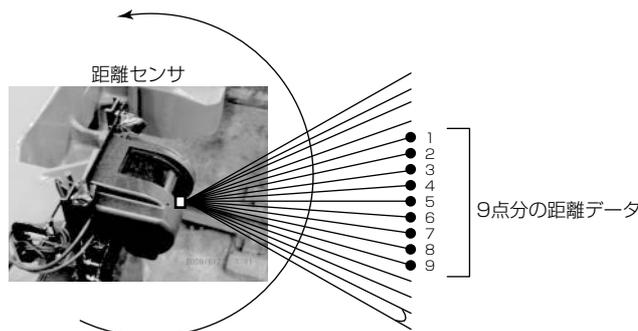
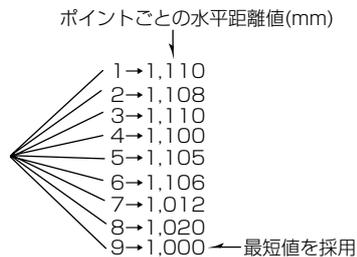


図3. タイムオブライツ方式

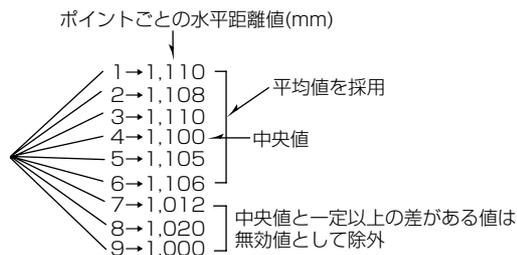


1スキャン(760点) / 50ms
0.25°/1点

図4. 距離センサの照射点数



(a) 最短モード



(b) 平均化モード

図5. 距離値演算法

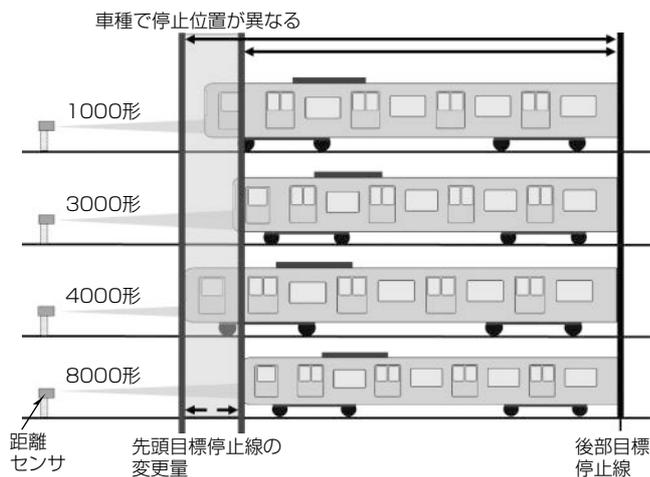


図6. 車種による定位置停止位置の違い

無効とし、有効値だけを平均値とする平均化処理を行う。距離値の振れを抑えることで1走査ごとの距離精度の向上を図る。

2.4 定位置停止判定

列車の定位置停止状態を判定する上で必要な処理として、次の2つが挙げられる。

(1) 車種識別による、列車先頭位置補正

小田急新宿駅の定位置(停止目標)の考え方として、連結部を除いた車両後部の目標停止線が基準となる(図6)。

小田急新宿駅には、4種類の車種が停車する。4車種ともに10両4ドアの列車であるが、車種ごとに先頭車の車両長が異なるため、車種ごとに停車位置が異なる。

このシステムでは、車種識別は車種情報が記録されたRFIDタグから車種情報を読み取ることで実現する。RFIDタグは列車下部に設置しており、RFIDアンテナ・RFIDリーダーでタグ情報を読み取り、得られた車種情報をもとに先頭目標停止線の変更量(オフセット値)を特定し、定位置停止範囲を設定する。

(2) 距離センサの距離値の変移による停止判定

走査ごとに振れが生じ、距離値のバラつきを抑制するため、過去9点の距離値(距離測定値演算の値)を基に平滑化処理を行っている(図7)。

距離値の変移による車両状態の判別法について、平滑化処理後も距離センサの距離値に一定の振れが存在することを考慮する必要がある。そのため、列車の停止を判別する際、ある一定時間で、距離センサの距離値が一定範囲内であれば停止と判定とする(図8)。判定基準は、距離センサの性能試験、及び現地試験で決定する。小田急新宿駅では、列車の進む距離が2秒間に±15mm以内の場合、列車が停止状態であると判定している。

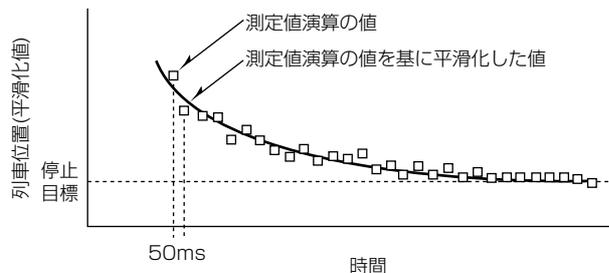


図7. 平滑化処理(2次・3次多項式適合法)のイメージ

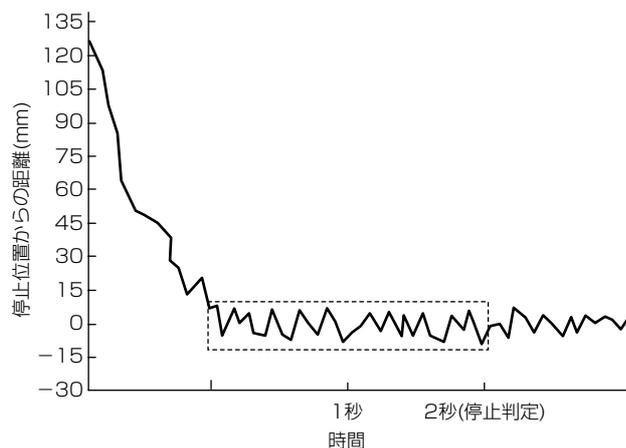


図8. 停止判定

なお、入線中・出線中の判別判定は、距離センサの距離値の増加・減少で判断する。

また、小田急新宿駅へのこのシステム納入にあたり、所内試験環境、メーカー試験環境、現地調整時(夜間車両がない状態)での調整に加え、実環境、実運用でのデータを解析した。解析結果を反映することによって、目標停止線への列車停止検知精度、及び停止判定性能の目標信頼性を確保した。

3. む す び

小田急新宿駅に対して可動式ホーム柵を納入するとともに、列車定位置停止確認システムを開発して納入した。このシステムの納入によって、運転士が列車を定位置停止させたことの確認を可能とした。小田急新宿駅に納入したこのシステムの列車定位置停止検知精度は±470mm以内、停止判定条件は“列車の進む距離が2秒間に±15mm以内”を実現している。

今後は、列車定位置停止確認システムの更なる用途拡大を目標に、列車距離の検出方法や車種判別方法の改善を進めるとともに、始終着駅以外への適用も視野に入れ、顧客への安心・安全につながるシステムを提供し、より満足いただけるように貢献していく。