

ドア制御の課題を一新した新機軸の 無線式ホームドア連携システムの紹介

安全かつ低コストのホームドア・車両ドア同期開閉制御

笠井 貴之

近年、バリアフリーの進展もあり、ホーム安全の向上と列車との接触事故、軌道上への落下、車両ドア挟み込み事故防止としてホームドアの高い効果が認知され各鉄道事業者で導入が進んでいる。とくに東日本旅客鉄道様（以下「JR 東日本」）では、首都圏在来線の主要各駅へのホームドアの普及を急いでいる。これに呼応する形で日本信号では2018年から地上と車上で安全な連携開閉を行う無線式ホームドア連携システムを同社とJR 東日本メカトロニクス様（以下「JREM」）と共に開発し単体の駅を対象とし初期導入を行った。しかし他の線区へ拡張展開には装置構成上の課題があることから基本となるシステム自体は共通として最適化し汎用技術 RFID を用いた新方式を3社で開発し、単体の駅以外の整備駅で導入し、2022年から運用を開始し新たな安全対策を担うシステムとして大きな期待が寄せられている。

キーワード：ホームドア、連携、無線連携、ホームドア連動、ドア制御、無線制御、同期開閉、簡易ドア開閉

1. はじめに

バリアフリー及びホーム上での触車事故防止等を推進し、安全な乗降支援の拡充を目的としてホームドアの導入が急速に進んでいる。

ホームドア開閉のシステムには様々な方式が実用化されているが、より安全な同期開閉制御の導入が課題となっている。従来の同期開閉制御にはトランスポンダ方式（以下「トラポン式」）が多用されてきたが、車両改造の課題等から、導入を急ぐ事業者においては、地上側のみで独立し車上側と協調していない方式が導入される傾向があるが運用面での課題が徐々に指摘されてきている。この解決策として、汎用無線により安全で低コストかつ、既存のトラポン式と機能面で同等な同期開閉制御が可能な無線式ホームドア連携システムを JR 東日本のホームドア導入促進に適した形態とすべく JR 東日本・JREM と共同で開発し、首都圏に導入、運用が開始されたことで、各方面から注目を集めている。

2. 同期開閉制御の考え方

(1) 車両ーホームドア間の関連付け

ホームドアは、既存線区の各駅に順次部分的に導入される例がほとんどであることから、導入駅で同期開閉制御（連携制御）に移行し、未設備駅では、いまま

での車両ドア扱いのみ（分離制御）とする切替えを可能とすることがシステムの大前提となる。そこで、汎用無線と RFID を使用した車両ーホームドア間の情報伝送（図-1）によって、ホームドア設置の有無、開扉許可方向、また付帯する装置により車両編成や停止検知等を識別することで、複数番線、複数停止目標を有した駅にも対応するシステムを構築した。

さらに、駅部での車両の流れ防止として、転動防止ブレーキを出力する等の機能を有している。

(2) 戸閉め連動回路を含めた同期開閉制御

車両ドアの開閉にかかわる安全対策として、車両側には戸閉め連動回路が設備され、全車両のドアが閉扉した場合のみに力行が可能となるいわゆる出発抑止機能を有している。しかしながら、冒頭に述べた地上側

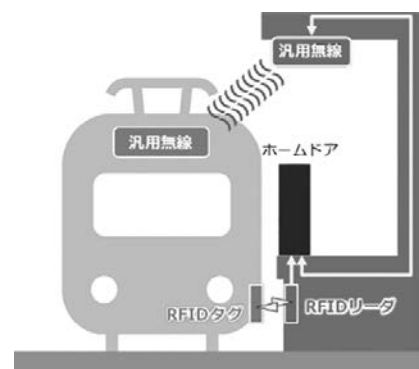


図-1 車両ーホームドア間の情報伝送

で独立したシステムではこの機能と関連付けることは困難であることが課題であり、ホームドアの開閉確認は駅部に設備した地上側の表示機器等の目視確認に頼らざるを得ない。この場合、車両-ホームドア間が同期していないため誤出発などの人為的ミスは防げない。この解決策として、ホームドア全閉情報を汎用無線にて授受し、既存の戸閉め連動回路にホームドア全閉情報を付加して地上側からも出発抑止（図-2）を有効とすることで安全な出発制御が実現できる。また、開閉制御の状態が車上-ホームドア間でリアルタイムに共有でき、課題となる乗務員の開即閉、閉即開扱いに絡む制御上の連携も可能である。

3. システム基本構成

(1) システム基本構成

システム基本構成を図-3に示す。

本システムは、地上側と車上側ともに、制御部・無線部（汎用無線を内蔵）・RFID（図-1）で構成する。

地上側の制御部は、ホームドアの開閉制御を行うホームドア総合制御部（以下「総制」）と接続し、ホームドアの開閉制御を行う。また、車上側の制御部は、車両の種々の条件線と接続し、車両ドアの開閉制御を行う。

また、ホームドアと車両ドアの位置ズレを確認する



図-2 ホームドア条件による出発抑止

ため、列車の定位置への停止検知結果を付帯する装置（図-3の定位置検知システム）から入力し、ドア開扉の許可条件とする。

(2) 地上引き渡し方式

本システム構成の特長として、車両の前後運転台間で授受が必要な条件の引き渡しは、地上装置経由によって実現する（特許第7316140号）。

これは前後運転台に設置した無線部から、対となる地上側の無線部および制御部を経由して、対向側運転台に条件線を引く通すものである。地上側の引き渡しは、本条件線とは別にホームドアの制御線をホーム両端で引く通すことから、ケーブル敷設ルートは確保されており大きな工事負担増には繋がらない。対して車両側は、トラボン式で用いる図-4に示すような車両間引き渡し線の敷設が不要となり、中間車両については未改造で済むことから、車両改造に要する工期が数カ月必要であったものが数週間と大幅な短縮が可能である。営業中車両の改造を考慮すると、予備車両の準備も最低限で済み、本システムでのホームドア導入における改造工事において、最大のメリットになっている。

(3) 無線通信

本システムは、地上と車上間の情報授受を無線通信により行う。無線通信は、トラボン式（地上子/車上子）と比較すると広範囲で通信可能であるため、地上、

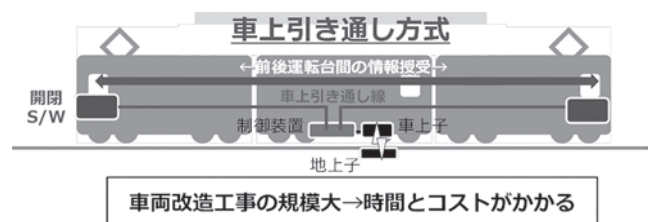


図-4 車上引き渡し方式

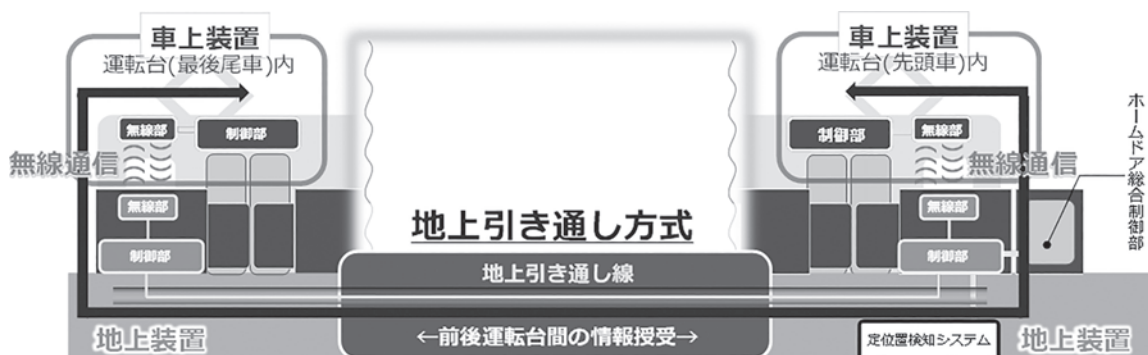


図-3 無線式ホームドア連携システム基本構成

車上共に無線部の設置場所を比較的自由に決めることができる。

(4) RFID 通信

本システムでは、異なるホームに進入した車両と誤って無線通信を行わないようにするため、地上側で進入車両を識別する。車上側に固有 ID を設定した RFID タグを設置し、地上側の RFID リーダで読み取ってホームごとに車両を特定する。

4. 他の代表的なドア開閉方式との比較

現在までにホームドアと車両ドアを関連づけた開閉扉制御には様々な方式が実用化されているが、それぞれ導入面、運用面で課題があったが、無線連携式はそれらをバランスよく対処している。実用に供されている代表例としては、トラポン式、画像処理センサ式がある。

(1) トラポン式

信号保安装置で開発されたトランスポンダシステムを転用した方式であり、もっとも安全性が高く、かつホームドアと車両ドアを連携して同期開閉扉制御を行うシステムとして広く普及しているが、主要課題として車上設備としての通信用のアンテナ（車上子）を構築する必要があり、さらに地上設備として同様の地上子を軌道上に設備する必要がある、車両の構築工事、地上の設備工事が煩雑であるという課題がある。

(2) 画像処理センサ式

センサで当該ドアの挙動をとらえてホームドアの開閉制御を行う方式であり、車上設備が不要というメリットはあるが、編成中の代表車両の代表ドアのみを抽出

制御している点と車両側ではホームドアの状況は検出していないという課題がある。

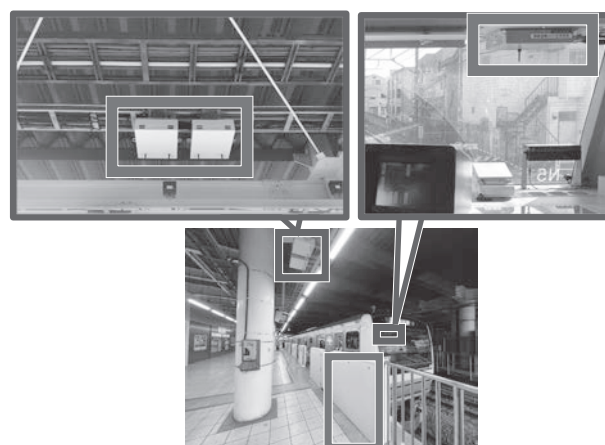
画像処理センサ式では駅部で乗降する乗客の安全面の配慮はしているものの完全とは言えない。しかし初期導入のコストが低いことから導入に前向きな鉄道事業者もあるが、長期的な運用面、安全面でトラポン式に追いつくことは困難な状況であった。

無線連携式は汎用の機器を使用しながらトラポン式とほぼ同様な制御形態を維持し前記の課題をバランスよく対処している。以上より、比較は図—5によるが QCD に特化した極めてバランスがとれたシステムであると考えている。

5. 実用システム

(1) 南武線

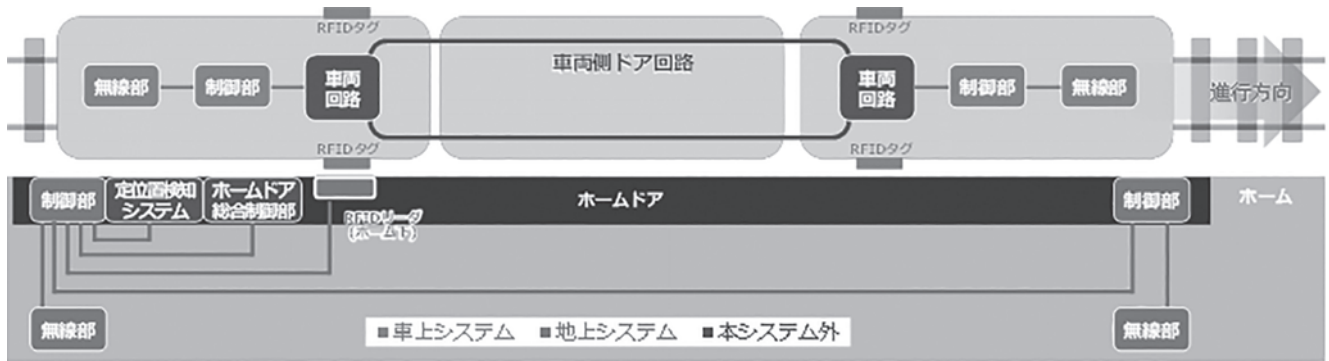
JR 東日本の南武線に導入を進めている当該システムについて紹介する。なお、最初に導入された武蔵小杉駅では、2022年3月から安定稼働をしている。当該駅の無線部と地上側制御部の設置例を写真—1に示す。



写真—1 無線部の設置例 (地上/左上, 車上/右上), 地上側制御部 (下)

課題	トラポン式	画像処理センサ式	無線連携式
安全性	誤出発防止 誤開扉抑止 車両制御条件とドア制御を連携可	地上単独制御 車両制御条件とドア制御が非連携	誤出発防止 誤開扉抑止 車両制御条件とドア制御を連携可
導入コスト	車両内の引き通し工事が必要 (改修期間:1~2ヶ月) 地上側の通信設備は1か所で済む	車両側の工事は不要 (地上側の工事は必要)	車両改造工事の大幅削減 (改修期間:1~2週間) 地上側の引き通し工事が必要
メンテナンス	機器移設等が面倒 地上側トラポンは枕木交換工事等があると地上子移設が必要	地上装置のメンテナンスのみ	作業省力化・コスト削減 軌道上の設備が不要なため
ホームドアとの接続	どのメーカーのホームドアとも接続可能	どのメーカーのホームドアとも接続可能	どのメーカーのホームドアとも接続可能

図—5 各方式比較



図一6 実用システム全体構成

(2) システム概要

(a) 機器構成

実用システムの全体構成を図一6に示す。

車上システムは、無線部による地上システムとの無線通信及び、車両回路と入出力を通して制御部に情報を取り込み、車両ドアの開閉制御を行う。

地上システムは、無線部による車上システムとの無線通信及びRFIDリーダや、ホームドア総合制御部・定位置検知システムとの入出力を通して制御部に情報を取り込み、ホームドアの開閉制御および前後運転台間の情報授受を行う。

(b) 車上システム

図一6に示した制御部、RFIDタグ、無線部にて構成し、各運転台に1組搭載する。機器構成及び機能を表一1に示す。

(c) 地上システム

図一6に示した制御部、RFIDリーダ、無線部にて構成する。標準的な駅ホーム1線の機器構成及び機能を表一2に示す。また、RFIDタグとRFIDリーダの設置例を写真一2に示す。

表一1 車上システムの機器構成

装置名称	機能
制御部	無線・車両ドア制御
RFIDタグ	車両識別用の固有ID設定
無線部	地上との無線通信

表一2 地上システムの機器構成

装置名称	機能
制御部	無線・RFID・ホームドア制御
RFIDリーダ	RFIDタグの読み取り
無線部	車上との無線通信

(3) 動作概要

(a) ホーム番線と車両を特定した通信

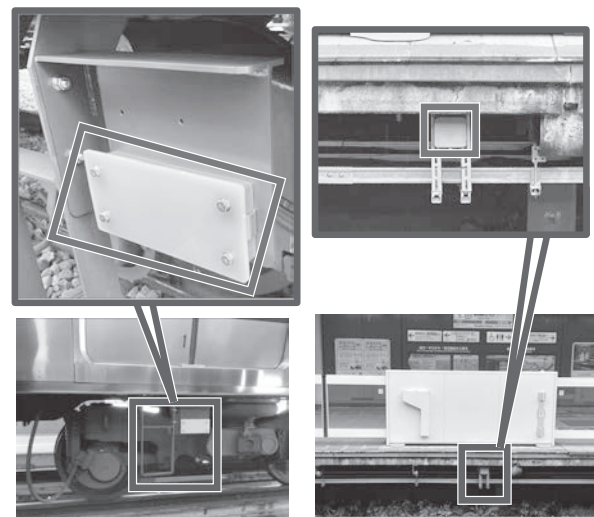
地上-車上間の無線通信を開始するまでの動作概要を以下に示す。

- ①地上システムは車両が駅に進入すると車両に取り付けられたRFIDタグより固有IDをRFIDリーダにて読み取る(図一7)。
- ②地上システムは無線チャンネル通知用の初期無線チャンネルを使用し、固有IDとセットで当該ホームにて使用する専用の無線チャンネルを車上システムへ通知する(図一8)。
- ③車上システムは常時初期無線チャンネルで受信待機をしており、当該固有IDに通知された当該箇所専用の無線チャンネルに切替え、地上システムとの無線通信を開始する(図一9)。

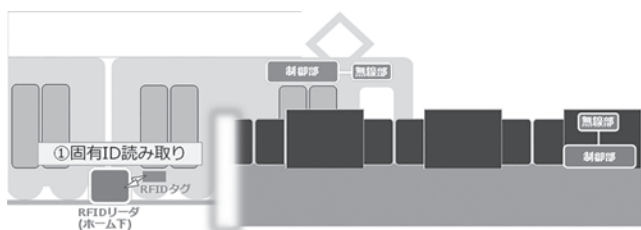
以上の方法により、特定の車上システムと地上システム間で当該箇所専用の無線チャンネルによる無線通信が可能となる。

(b) 同期開閉遷移

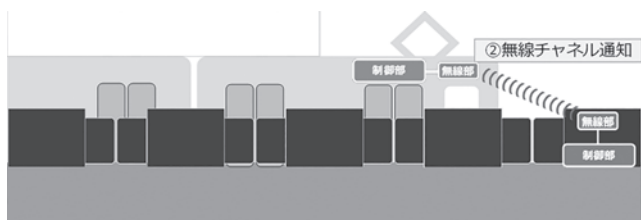
列車の駅部進入から進出までの動作遷移(各状態の



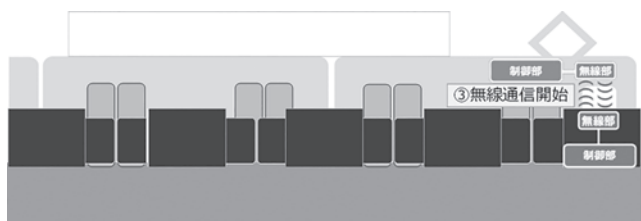
写真一2 RFIDタグ(左)とRFIDリーダ(右)の設置例



図一七 固有ID読み取り



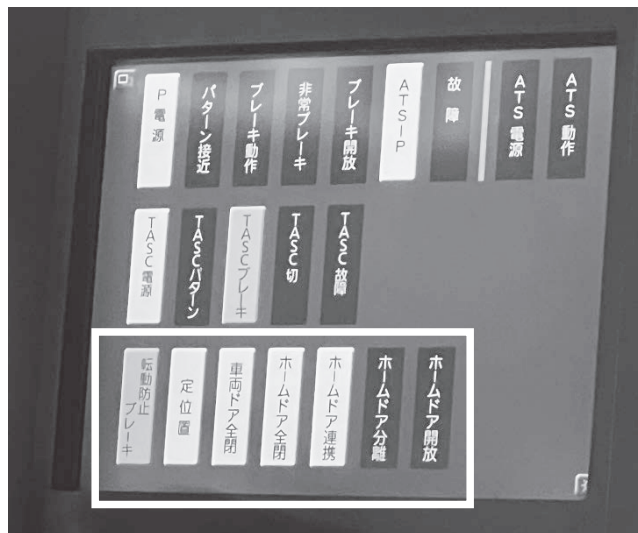
図一八 無線チャネル通知



図一九 無線通信開始

概要), および各状態での車上側運転台表示器の点灯状態を表一3に示す。

また, 実際の運転台表示器の画面を写真一3に示す。



写真一三 運転台表示器例 (E233系8000代)

表一三 動作遷移と表示器状態

項番	動作状態	動作概要	車上側運転台表示器の点灯状態
1 ↓ ↓ ↓	【ホームドア未設備駅】	分離制御 (車両ドア扱いのみ)	
2 ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 駅部進入	地上において進入列車のRFIDタグ読取によって車両を特定し, 当該車両へ当該ホームで使用する無線チャネルを通知する。車上は自分宛の通知を受けると連携制御に切替える	
3 ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 定位置停止	地上と車上間で当該箇所専用の無線チャネルによって無線通信を開始する。地上での定位置停止検知によってドア開扉を可能とする	
4 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 ドア開扉	車上でのドア開扉操作によって, 無線経由でホームドアを開扉する。また, ホームドアからの開扉許可応答によって車両ドアを開扉する。ドア開扉に伴って出発抑止及び当該表示 (車両ドア/ホームドア/パイロットランプ (PL)) を滅灯する。また, 車上においては転動防止ブレーキを出力する	
5 ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 ドア閉扉	車上でのドア閉扉操作によって, 車両ドアを閉扉するとともに, 無線経由でホームドアを閉扉する。また, 車両ドア/ホームドアともに閉扉することによってパイロットランプ (PL) 点灯, 出発抑止を解除する	
6 ↓	【ホームドア設備駅】 駅部進出	地上と車上間の無線通信を終了し, 車上は分離制御に切替える	
7 ↓	【ホームドア未設備駅】	分離制御 (車両ドア扱いのみ)	

6. 今後の複数編成・分割併合作業駅への対応

今後、整備拡大する線区には多車種・多編成車両への対応が不可欠となる。両数が同じでも開閉動作させる開口が異なる場合や、定位置検知を行う車間の位置が通勤車両と特急車両等で異なる場合など、これまで整備してきた条件とは大きな変化がある。これらに対応するためRFIDタグの情報を基に、車種や両数を判別して編成情報を生成し、その編成情報に対応した制御を行うことで、編成に適した開口のホームドア動作を実現する。

7. おわりに

JR東日本では、2031年度末頃までに首都圏主要330駅758番線へのホームドア整備を進め、さらに複数車種乗り入れ対応や分割・併合作業駅の対応などの課題解決に取り組んでおり、当社としても積極的に参画している。

なお、鉄道における自動運転への関心が最近高まりCBTC等によらずに既存の信号システムを応用した自動運転についても様々な検討がされているが、駅部におけるホームドアと車両ドアの同期開閉制御は、設備上の課題から先送りの傾向がある。本システムは既

設の運転方式を変更することなく容易に導入が可能で、運転形態をツーマンからワンマン、さらには自動運転から完全無人運転と段階的に高度化する際においても容易に適合が可能である。今後は国際的にも認知度が高まり鉄道における一つの設備形態として発展していくことを期待している。

最後に、本システムの導入にあたり初期構想から多大なるご協力をいただいたJR東日本、JREMほか関係者の皆さまに誌面を借りて御礼申し上げるとともに、引き続きご指導、ご協力をお願い申し上げます。

JCMA

《参考文献》

- ・「RFIDを活用したホームドア連携システムの開発」第59回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集 論文番号212
- ・「無線式ホームドア連携システム」(一社)信号工業協会 会報 第52号 2023年7月
- ・「RFIDを活用したホームドア連携システムの開発」日本鉄道施設協会誌 2024年3月号

【筆者紹介】

笠井 貴之 (かさい たかゆき)
日本信号(株)
インフラシステム第一技術部
課長

