

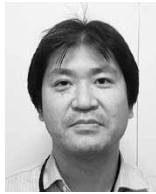
(技術資料)

「どこでも柵TM」の開発

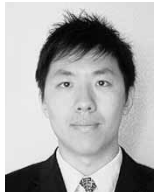
Development of DOKODEMOSAKUTM (Free Access Platform Gate)



岡松史明*¹
Fumiaki OKAMATSU



津田雅史*¹
Masashi TSUDA



楊 鵬*¹
Ho YO

DOKODEMOSAKUTM is a platform door system that allows the door positions to be adjusted for different numbers of doors and stop positions of trains. Kobe Steel has developed DOKODEMOSAKUTM to promote the dissemination of platform doors by railway companies. Prototype models and preproduction models were evaluated for commercialization, while various improvements and modifications were made. This paper gives an outline of DOKODEMOSAKUTM and describes the results of testing prototype models, preproduction models and field examination.

ま え が き = 近年、プラットホームでの接触事故や転落事故が増加傾向にあり、プラットホーム上の人と車両を分離するホームドアの必要性が日に日に高まりつつある。しかしながら、ホームドアの普及は現状では思うようには進んでいない。この原因には、①既設の路線では車両長や一編成あたりの車両数、ドア数やドア位置の違いなど多種多様な車両が混在運用されていること、②乗降可能な位置で列車を停止させるためには、停止位置のずれを最小限にするための定位置停止設備を地上および車上の両方に設置する必要があること、③乗入路線では他社との仕様統一など、ホームドアを設置するための工期や設備投資が多くなること、などの要因が考えられている(図1)。

当社は、1981年に開業した神戸ポートアイランド線以降、新交通システムに多く見られるフルスクリーンタイ

プのホームドアや腰高式のホーム柵を数多く手がけてきた。この技術を生かして多種多様な車両や停止位置に対応可能な「どこでも柵TM」を開発した。

本稿では「どこでも柵」の概要と主要設備の特徴、フィールド試験での成果について述べる。

1. 「どこでも柵」

1.1 概要

「どこでも柵」は車種情報装置、停止検知装置、柵本体、および制御盤で構成され、多種多様な車両や停止位置に対応するために乗降位置を自由自在に変更できる(図2)ことを特長として開発された。車両のドア数、編成車両数などの車両情報は列車がプラットホームに入線してくる前に車種情報装置で読み取る。このとき、車両の識別に基づいて柵を配置するのに要する時間が列車の駅停止時間に影響を与えてはならない。このため、列車がプラットホームに停止するまでに柵の配置(以下、事前配列という)を完了させるタイミングで車両情報を読み取る必要がある(図3)。なお、車両情報の取得には編成単位で固有の識別タグを列車に備え付ける方法のほか、ダイヤが乱れても正確な情報が入手できる既存の設備があればその情報を受信する方法など、既存設備を活用しつつシステムを構築することができる。

停止検知装置はプラットホームに入線した列車の停止状態と停止位置を測定する装置である。列車の停止位置が基準停止位置とずれていた場合は柵全体をずれ分のみ再度調整(以下、再配列という)して、開口位置を一致させることができる。

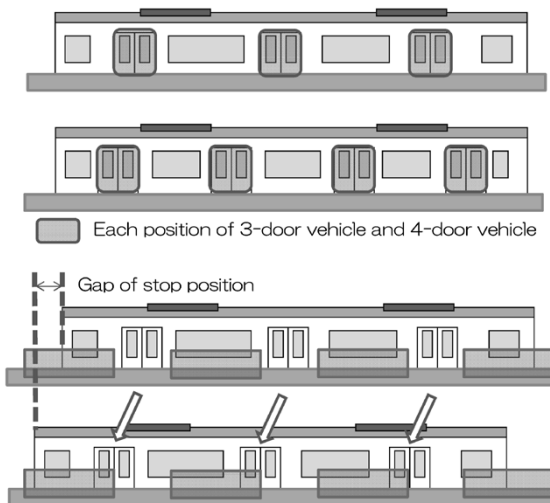


図1 ホームドア導入の課題

Fig. 1 Introductory problem of platform door

脚注)「どこでも柵」および「DOKODEMOSAKU」は当社の登録商標(第5443454号)である。

*¹ エンジニアリング事業部門 都市システム部

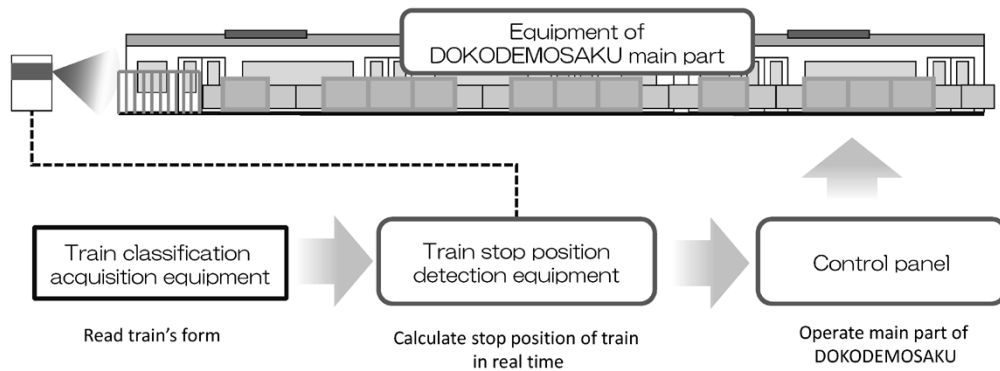


図2 システム構成
Fig. 2 System configuration

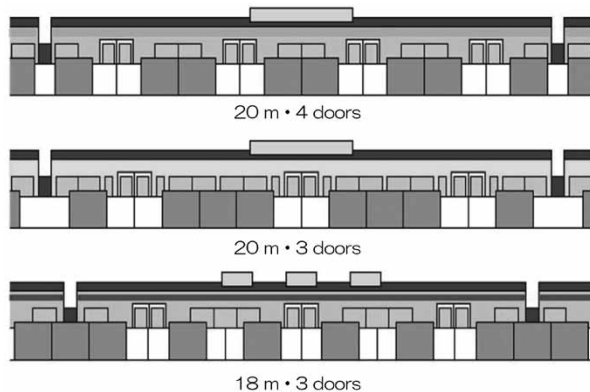


図3 「どこでも柵」の事前配列
Fig. 3 Beforehand arrangement operation of DOKODEMOSAKU

このように、「どこでも柵」は全く新しいコンセプトで考案されたシステムであるが、乗務員の視認性を損なわないような既存のホーム柵に近い形状であることに加えて、従来と変わらない信頼性のある機械・機構部品を使用するなど、事業者や乗降客に受け入れられやすいようなシステムを目指して開発した。

1.2 「どこでも柵」本体の機構

「どこでも柵」は、戸袋の両側に入れ子になった各一枚の扉が入り出す戸袋ユニット、および床下走行ユニットで構成される（図4）。この戸袋ユニットと床下走行ユニットをプラットフォームに沿って複数並べることでホーム全体を軌道から隔離する。

床下走行ユニットは主に、戸袋の駆動機構であるモータとベルトおよび2本の走行レールからなり、この床下走行ユニット内に幹線ケーブル類も収納する。従来のホーム柵では、プラットフォームの床下に新たにケーブルラックを敷設し、ホーム床下まで貫通させた穴を通してケーブル類を立ち上げなければならなかった。しかしながら「どこでも柵」では、駆動機構と幹線ケーブルを床下走行ユニットに一体化することによって、ホーム柵ケーブル敷設施工時の手間を従来のホーム柵より軽減している。

一つの戸袋ユニットは、ベルトの長さによって定まる可動範囲内においてプラットフォームに沿って自在に配置変更することができる。この機構によって、ドア数やドア位置が異なる多様な車両に応じて開口位置を合わせることができる。また、ベルトを介して駆動モータの動力を伝達する仕組みとすることで、レールと案内ローラ間ですべりが発生しても戸袋や扉の位置を正確に制御する

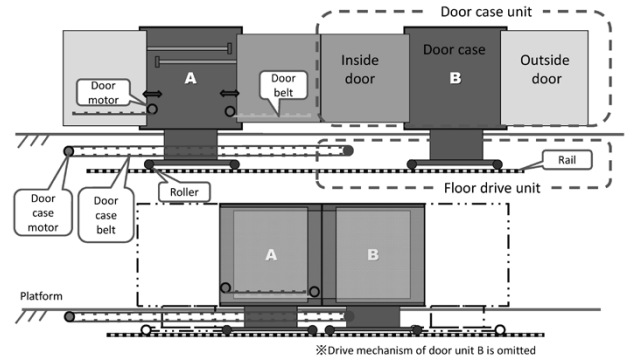


図4 「どこでも柵」機構図
Fig. 4 Mechanism of DOKODEMOSAKU

ことができる。

しかしながら、従来のホーム柵のように戸袋ユニットをプラットフォームに固定できないため、風荷重や群衆荷重のような横方向からの力に対して不利となる。そこで、裾拡がりの三角形に近い断面とし、扉の駆動機構や戸袋内の制御ユニットを戸袋下部に配置することで重心を下げ、転倒モーメントへの抵抗力を補うことで2本の走行レール上での安定した移動を得られるようにした（図4）。

隣り合わせの扉同士は機械式ロックにより施錠されており、事前配列や再配列時、あるいは扉が意図しないときに開くことを防止している。ただし、機械式ロックは非常時には軌道側に設けた手動レバーあるいは非常ボタンを操作することでロック機構を解錠でき、万一の場合は戸袋や扉を手で移動することで乗客の避難経路を確保できる。

1.2.1 試作機での改善

「どこでも柵」の基本動作や耐久性など、主要構成機器が当初のコンセプトに基づいて動作することを検証するため、要素試作機（図5）を2011年度に製作した。本試作機は、動作が見えるように外板の透過性を確保し、直線と曲線の床下走行ユニット上で動作させた。

しかしながら、本試作機は戸袋ユニットをフレーム構造としたため、重量過多やメンテナンスが困難などの問題があった。また、既存駅を調査した結果、プラットフォームの先端タイルとモルタル仕上げ厚は60～80mm程度であったことから、床下走行ユニットの厚さが100mmでは既存駅への設置が困難であることが分かった。

そこで、2012年度に製作した実証試作機では、要素試



図5 要素試作機
Fig. 5 Prototype model



図6 実証試作機
Fig. 6 Preproduction model

作機の問題点であった軽量化やメンテナンス性を考慮することでプラットホームの一般的な耐荷重条件である500kg/m²以内に収め、かつ、戸袋内の制御ユニットへのアクセスが容易になる構造を実現した(図6)。

扉は端部板のみ戸袋と形状をそろえ、扉の先端から根元までの中間部は一枚板とした。外板は薄板で覆う代わりにガラスを用いることで視認性と解放感を要素試作機より改善した。

また、床下走行ユニットの厚さはプラットホームのタイルとモルタル仕上げ厚さと同程度に薄型化し、既存のプラットホームにも設置が容易な構造を実現した。

1.3 停止検知装置

停止検知装置はプラットホームに入線した列車の停止状態と停止位置を測定する。これにより、列車の停止位置のずれに伴って車両扉の位置が基準位置より前後した場合でも、そのずれ量を判別して乗降位置を合わせる制御動作を行うことができる。

本装置はセンサ部と制御部を持ち、列車の正面あるいは後方正面を水平面内で輪切りにするように1次元走査し、その断面形状結果から当該列車車体先頭位置を測定する(図7)。

センサ部は、鉄道事業での運用を考慮したロバスト性を条件として優れた耐環境性を持つ市販センサを採用すると同時に、降雨、降雪、濃霧環境における試験検証を行った。また制御部は、車体先頭を走査した結果から直交座標系に変換し、ある一定の範囲から測定群を抽出することで列車の先頭位置を算出する(図8)。その算出位置に基づき、ある一定の時間内の移動量が一定範囲に収まっている場合に列車が停止状態であると判断する。試験段階では、自動車や鉄道事業者の操車場を利用してこのアルゴリズムが正しく機能するかを繰り返し検証し、信頼性を向上させた。

1.4 制御方法

戸袋ユニットは、車種情報装置や停止検知装置からの情報に基づく制御盤からの指令で動作する。例えば、プラットホームに入線してくるXX系の車両情報を車種情報装置が読み込んだ場合を考える。あらかじめ制御盤内にデータとして保持されているXX系の編成情報や扉位置情報から車両編成数や1両あたりの扉枚数、車体先頭からの扉位置情報が把握される。仮に、プラットホーム上の停止基準位置に停止すると考えれば、そのデータか

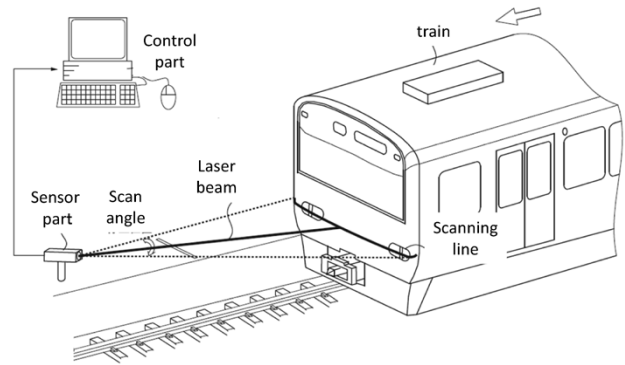


図7 停止検知装置
Fig. 7 Device for detecting train stop

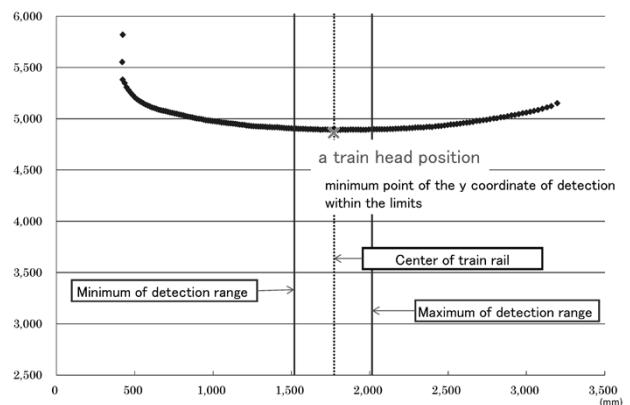


図8 先頭位置検出
Fig. 8 Detection of train head position

らプラットホーム座標上の基準位置からの全ての車両の扉位置が分かる。この位置情報に基づき戸袋ユニットに位置指令を送信して、事前配列を行う(図3)。

また、実列車の停止位置は停止検知装置でリアルタイムに計測しているため、列車停止位置と停止基準とのずれ量は制御盤が瞬時に算出する。制御盤は、そのずれ量が戸袋ユニットの再配列を要する量であると判断すると、戸袋ユニットをずれ量だけ移動させて車両扉と合致させる動作を行う。

「どこでも柵」の扉開閉は原則、車掌による開閉操作ボタンの押下で行う。停止検知装置が列車の停止状態を判断すると操作ボタンを有効とする仕組みにしており、扉の開閉が可能な状態になったことを表示灯によって車掌に知らせる。車掌は表示灯を確認することによって扉の開閉操作を行う(図9)。

なお、車掌は前方監視などの目的でプラットホームに



図9 車掌による扉開閉操作

Fig. 9 Door opening and shutting operation by conductor

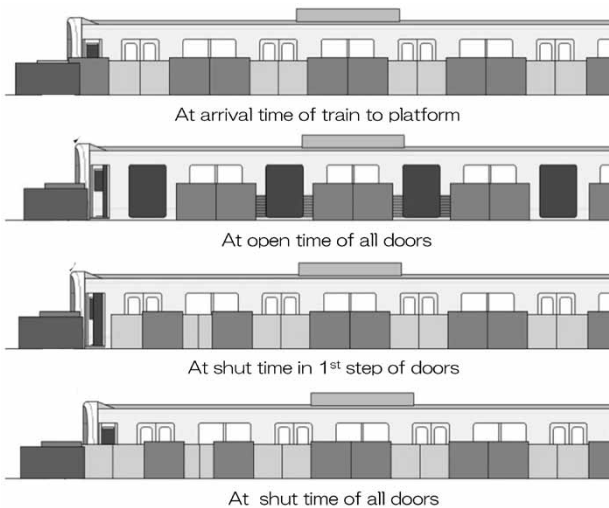


図10 車掌扉の開閉動作

Fig.10 Door operation around conductor door

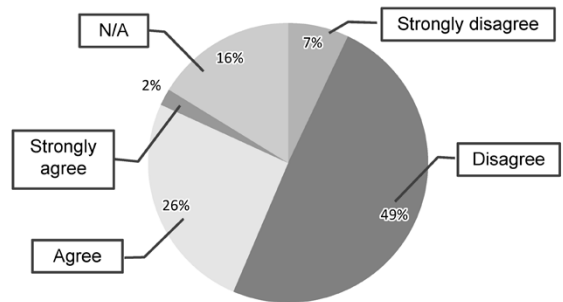
降り立つため、車掌乗降部付近のプラットフォームにそのためのスペースを確保する必要がある。従来のホーム柵の場合、プラットフォーム上に設置する角度を調整してホーム側に折ることでスペースを確保するが、これは反面、乗降客が利用するプラットフォームの有効幅員を狭めることにもなる。レール上を自在に移動可能な「どこでも柵」では、最後尾の扉のみを車掌扉分広く開扉することができるため、プラットフォームの有効幅員をより広く確保しつつ、運用に合わせて柔軟な対応ができる利点がある(図10)。

2. フィールド試験

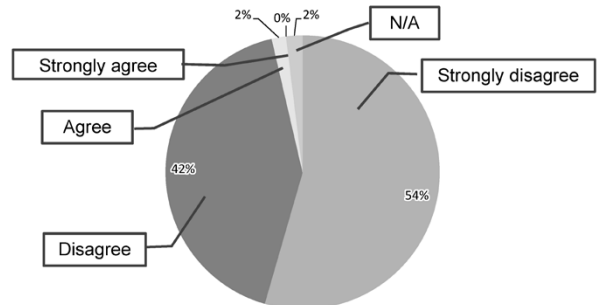
西武鉄道新宿線新所沢駅において、2013年8月から約半年間をかけてフィールド試験を実施した。1番線ホームの最後端部で車両一両分の「どこでも柵」設置して、安全性や実用性に加えて実際のプラットフォームへの施工性、保守性、屋外環境下での耐環境性、運用面での操作性など様々な評価を行った。

試験期間中には3扉車、4扉車合わせて約6,000本の列車が入線したが、配列動作や再配列動作、開閉動作など「どこでも柵」の機能が正確に動作し、安全に乗降できる動作を行うこと、また、停止検知装置が想定した精度内で確実に検出できることなどを確認した。

耐環境性では、夏場には外気温で40度近くになること、また、冬場には数十年に一度の大雪が降り、数十cmの積雪も観測される環境の中、「どこでも柵」は性能



Did you feel the difficulty of operation ?



Did you feel the risk of passenger's falling ?

図11 乗務員へのアンケート結果

Fig.11 Results of questionnaire to crews

を保ちながら運用を続けることができた。

実際に運用に携わった方々からのご意見では、約6割の方が操作性に難しさは感じられなかったとする一方で、約3割の方々が操作性にやや難しさを感じたとしており、操作ボタンの位置や大きさに今後の改善の余地があると考えている。また、プラットフォーム上での転落の危険についてはほとんどないと感じており、プラットフォームのホームドアとしての安全性については、従来のホーム柵と同等の評価をいただいたといえる(図11)。

むすび=「どこでも柵」は、多様な車両への対応をはじめとするホームドア導入の足かせとなっている課題を解決することによって導入促進の一翼を担うことが期待され、社会的にも注目されつつある。2020年には東京でオリンピックも開催され、導入機運がさらに高まることが予測されるが、フィールド試験での課題や成果をフィードバックし、今後も信頼性・競争力のある「どこでも柵」を商品化することに取り組んでいきたい。

なお、本開発の一部は国土交通省鉄道局技術開発補助金を得て実施した。また、東京大学生産技術研究所には「どこでも柵」の製作にあたってご指導や助言を頂戴したほか、フィールド試験では西武鉄道株式会社にフィールドのご提供や試験にあたっての様々なご意見を頂戴した。関係者の皆様にはこの場を借りて深く感謝を表す。

参考文献

- 1) 古賀誉章ほか. 新方式可動式ホーム柵の提案とその評価, 可能性. 鉄道車両と技術. 2009-12, No.160, p.2-6.
- 2) 古賀誉章ほか. 乗降位置可変型ホーム柵の開発. 鉄道車両と技術. 2012-3, No.187, p.2-6.
- 3) 古賀誉章ほか. どこでも柵(乗降位置可変型ホーム柵)フィールド試験機の概要. 鉄道車両と技術. 2013-9, No.204, p.2-6.
- 4) 圖子洋隆ほか. 戸袋移動型ホーム柵. 運転協会誌. 2014-3, No.657, p.10-13.