

LRT 向け車載自動改札機の開発

○松原 広 [電] 明星 秀一 杉山 陽一 (鉄道総合技術研究所)

池田 明 薮田 晶慶 (日本信号)

Development of On-board Automatic Ticket Gate Title for Light Rail Transit

○Hiroshi Matsubara, Shuichi Myojo, Yoichi Sugiyama (Railway Technical Research Institute)

Akira Ikeda, Masayoshi Yabuta (The Nippon Signal Co., Ltd)

In Japan, long unit tram operation requires not only a driver but also one or more conductors for checking passengers' tickets and collecting fares. It is desirable to assign conductors to each door but this is not often the case due to the high personnel expenses. Therefore, the time for boarding and alighting increases and sometimes delays may be caused in tram operation. In order to reduce the boarding and alighting time without increasing the number of conductors on board, we have developed a prototype of on-vehicle ticket gate which can be mounted on most of low-floor trams operated in Japan. We carried out a test of this prototype on a low-floor vehicle. The test result has shown that in most of the cases, introduction of on-vehicle automatic ticket gate can make the boarding and alighting time shorter compared to current human-operated fare collection systems.

キーワード : LRT, セルフサービス, 運賃収受, 信用乗車, 改札機

Key Words : LRT, self-service, fare collection, proof-of-payment, ticket gate

1. はじめに

近年、環境保護や市街地の活性化の手段として、LRT(Light Rail Transit)を導入する事例が、欧米の都市を中心に増えている。日本においても、1997年に熊本市交通局が低床式のLRV(Light Rail Vehicle)を導入して以来、LRTに注目が集まっている。2006年4月には富山ライトレールが日本初のLRTとして開業し、現在富山市以外の都市でもLRT導入を検討する地方自治体が増えている。

欧米式の信用乗車方式を導入していない日本の路面電車では、乗車時または降車時に係員の目の前で運賃を支払う方式が定着しており、長い編成のLRTを導入する場合には、運転士以外にも扉に運賃収受を行う係員を配置している。しかし、このような状況は、省力化が進まないだけでなく、旅客の乗降に時間を要してしまうという課題がある。このような問題を解決する一つの手段として車両の乗降口に搭載する自動改札機が考えられる。車載式の自動改札機により長編成の路面電車でもワンマン運転を実現することができるだけでなく、地方都市の鉄道においても車上での運賃収受を実現することが可能になり地上設備のコスト削減が期待できる。

筆者らは、既実験装置を用いた流動実験を行い、その概要を報告している¹⁾。本稿では、その結果を踏まえて検討したLRT用の車載自動改札機の仕様について述べた後、実際の低床式路面電車に搭載した実験について報告する。

2. 車載自動改札機の基礎的検討

2.1 改札機筐体のサイズ

(1) 幅広通路への対応

現在、鉄道および軌道の車両には、「移動等円滑化のために必要な旅客施設又は車両等の構造及び設備に関する基準を定める省令」(以下、省令という)により以下の基準を満たすことが求められている。

- ・ 旅客用乗降口のうち一列車ごとに一以上は、幅が八十センチメートル以上であること
- ・ 基準に適合する車いすスペースを一列車ごとに一以上設けること
- ・ 上記の旅客用乗降口と上記車いすスペースとの間の通路のうち一以上の幅は、八十センチメートル以上であること

図1に法令で定められた基準を、図2に車載改札機の配

置するときのイメージを示す。図1に示す条件より、車両扉に改札機を設置する場合、設置可能な自動改札機は、図2のように設置する必要がある。なお、様々な鉄軌道車両の車内の幅および座席の位置を考慮すると、多くの車両に設置可能な改札機筐体の長さは575mm以下に抑えることが望ましい。

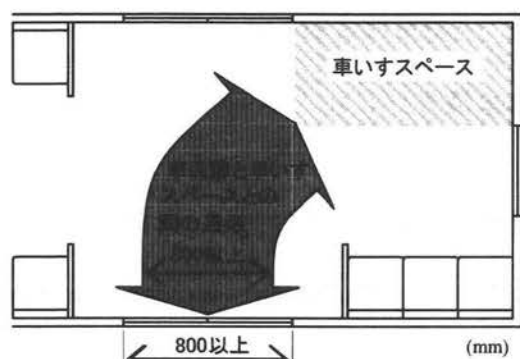


図1 省令に定められた基準

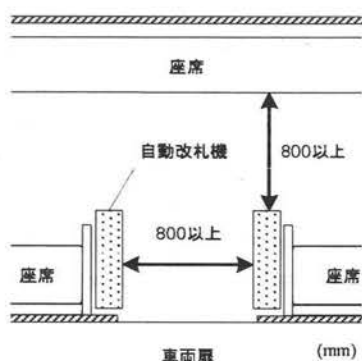


図2 車載改札機の配置イメージ

(2) 2通路型通路への対応

前記のように、少なくとも1箇所の通路において、車両扉に設置する自動改札機の通路幅は800mm以上でなければならない。一方、車両の扉には一度に2名の旅客が乗降できるように1200mm以上の幅を持つものがある。このような乗降扉に自動改札機を設置する場合は、図3に示すような2通路型の自動改札機の設置することが求められる。なお、このような条件に設置できる改札機の筐体幅は200mm以下にする必要がある。

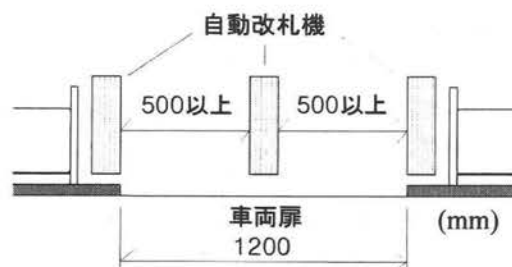


図3 1箇所の扉に2通路分の改札機を設置する例

以上のことから、車載用の自動改札機も既存の自動改札機と同様、①800mm以上の通路幅の幅広型と②500～600mmの通常幅の2種類が必要といえる。

2.2 ドアの開閉動作

日本の鉄道駅で広く使用されている自動改札機のドアは図4に示すように、水平面上に扇形の軌跡を描いてドアが回転する。しかし、車載改札機に水平ドアを採用した場合、ドアの動作範囲が広くなり、車内空間の圧迫や旅客との接触の恐れがある。この問題を解決する方法として、本車載改札機のドアを垂直面に軌跡を描いて動作させる方式を採用した。

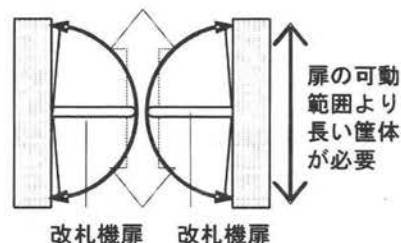


図4 観音開き型の扉の可動範囲（上から見た図）

2.3 ドアの開閉タイミング

日本の鉄道に導入されている自動改札機は、①通常はドアが開いており、不正な乗車券を処理したときや旅客が乗車券の処理をしないで通過したときにドアが閉まるノーマルオープン方式と、②通常はドアが閉まっており、正常な乗車券を処理したときにドアが開くノーマルクローズ方式がある。鉄道駅に設置している自動改札機では、ノーマルクローズ方式でも、旅客の通過後一定時間はドアが閉まらず、閉扉前に次の旅客が正常な乗車券を処理した場合はその旅客が通過するまで扉は開いたままであるが、次の旅客の乗車券が正常でないときは、直ちに扉が閉まる方式をとっている。このような動作をすることで、既存の自動改札機は最大で1台あたり70人/分²⁾の旅客の改札処理能力を確保している。

しかし、LRT向けの車載自動改札機では筐体の長さが制限されるため、図5に示すように、ドアが開いている状態の車載改札機に有効な切符を持たない旅客が侵入した場合、旅客がドアを通過する前に安全にドアを閉めることは困難である。そこで、車載改札機では、有効な乗車券を認識したときのみドアを開き、旅客が通過した直後にドアを閉じる方式を採用した。ドアがこのような動作をすることで、旅客はドアが開かない限り通行しないことが期待でき、この結果旅客がドアに衝突することなく利用できる。



図5 判定NGの場合のドアの動作

3. 実験装置による流動実験

3.1 流動実験の目的

車載改札機は前章に述べたようにドアを動作させることが望ましいが、一方で、旅客一人が通過するたびにドアを閉じるため、旅客流動を阻害する可能性がある。そこで、本方式の車載改札機が、どの程度旅客の流動を阻害するかを検証するために、流動実験装置を開発して流動実験を行った。

3.2 流動実験装置の概要

本実験装置は、入場用と出場用のICカードリーダーを各1台、旅客の通過を検知するセンサ、垂直面に奇跡を描いて動く扇形のドアで構成されている。ICカードをかざすとドアが開き、旅客の通過完了後に直ちに閉じるように制御されている。実験装置のドア部分と動作の様子を図6に示す。

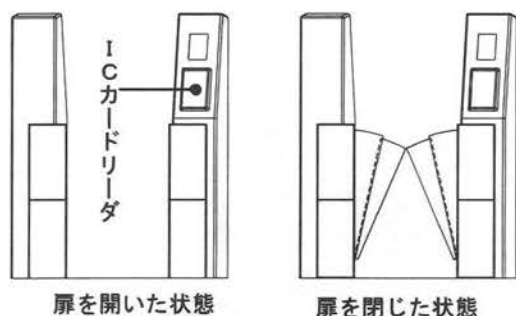


図6 実験装置の形状とドアの開閉動作

3.3 流動実験の概要

流動試験は、電車の車体を模擬した建物(以下、模擬車両という)の扉の内側に実験装置を設置し、ICカードを持った被験者を通過させた。試験においては、①開始時の模擬車内の人数、②降車人数、③乗車人数を0から25人まで5人刻みで変化させ、このときの通過時間を測定した。

3.4 実験結果

試験の結果、被験者の乗降時間は1人あたり2.3秒であり、通過性能の面では実現可能性があることが判明した。一方、流動試験の最中、ドアが開く前から通過を開始したものの、期待通りにドアが開かないためにドアに衝突する被験者が観察された。これにより、ドアが開くまで旅客は通行を開始しないということが必ずしも言えないことがわかった。旅客の思い込みなどによって、ドアに衝突する可能性があることを前提とした車載改札機が求められる。

4. 実車に搭載可能な自動改札機の検討

上記流動実験に用いた実験装置で採用した扇形のドアを車載自動改札機に用いるには以下の課題があった。

- (1) 幅広の改札機では扇形のドアの幅を広くする必要があり、ドアを格納する筐体の横幅が広がる。
- (2) 旅客の衝突時の衝撃を緩和することが、構造上困難である。

これらの課題を解決するため、次に述べるような仕組みの腕木型の自動改札機を考案した。

- (1) 腕木型のドアを採用し、筐体の下部からドアが回転して開閉するシンプルな構造とした。

- (2) 旅客の進行方向に対して柔軟性のあるドアを採用し、ドアに旅客が接触したときの安全性を確保した。

腕木型の車載自動改札機の試作機を図7に示す。この試作機は、無札や無効な券を検知すると、筐体下方に納まったドアが下から回転して通路の旅客を妨げるようになっていく。なお、ドアの太さを抑えることで、筐体の幅を狭くすることが可能であり、試作機では120mmと非常に薄い。

また、ドアの長さを変更することで、様々な通路幅の自動改札機を実現することができる。図8に幅900mmの乗降口に1通路設置した場合と、1300mmの乗降口に2通路設置したイメージを示す。

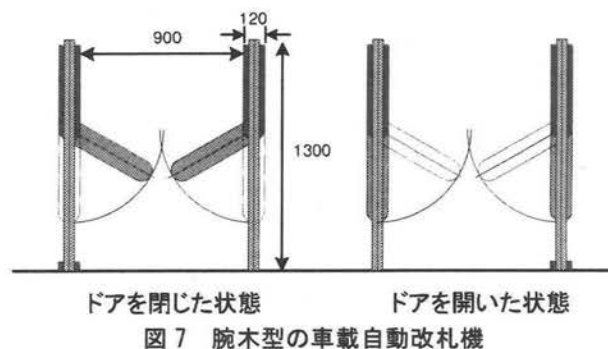


図7 腕木型の車載自動改札機

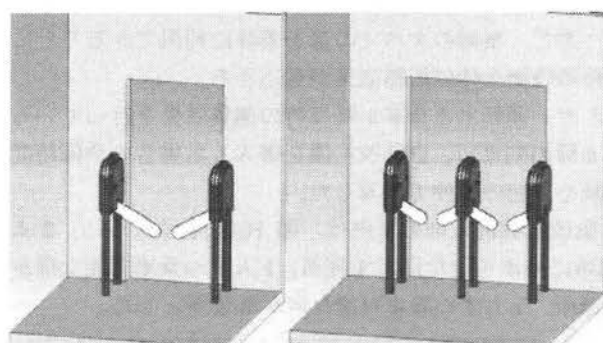


図8 1箇所1通路設置の例(左)と2通路設置の例(右)

5. 実車での実験

5.1 流動実験の概要

試作した車載改札機を実際の低床式LRVに搭載し、旅客流動実験を実施した。実験は、広島電鉄株式会社殿の協力に得て同社の千田車庫内で5100形低床式電車を使用した。実験の内容は3.3節で述べた実験装置での流動実験と同様である。実験の様子を図9に示す。



図9 実車での流動実験の様子

5.2 実験結果

実験の結果、1人あたりの乗降時間の平均は2.3秒、乗車時間のみの平均は2.2秒、降車時間のみの平均が2.4秒であった。扇形のドアを備えた通路幅550mmの実験装置と、腕木形のドアを備えた通路幅900mmの試作機では、1人あたりの通過時間に大きな差はなかった。

6. システム導入への検討

6.1 路面電車における乗降時間

路面電車における乗降時間については、2000年に実施された調査がある³⁾。この調査における1人あたりの乗車時間および降車時間の平均値を表1に示す。この調査では、車両のほとんどがステップ付の路面電車のため、ノンステップが前提となる車載用の自動改札機の実験結果と単純比較はできないが、自動改札機を導入すると1人あたり0.5～0.6秒の通過時間が必要になることがわかる。

表1 路面電車における乗降時間の調査結果

	朝	夕
降車	1.87秒	2.76秒
乗車	1.94秒	1.78秒

6.2 車載自動改札機による乗降時間全体の増減

乗務員による運賃収受を実施しているLRTへ車載用自動改札機を導入すると、旅客1人あたりの乗降時間を増大する一方で、車両のすべての扉を乗降に利用することによる乗降時間全体の短縮効果が見込める。

ここで、運転士と車掌が降車時の運賃収受を行っている片側4扉の列車に、自動改札機を導入した場合の乗降時間の増減を下記の条件で試算した。

- ・自動改札機導入前の車両は、図10に示すように、2人同時に乗車可能な扉が1箇所、1人ずつ乗車可能な扉が1箇所、1人ずつ降車可能な扉が2箇所とした。

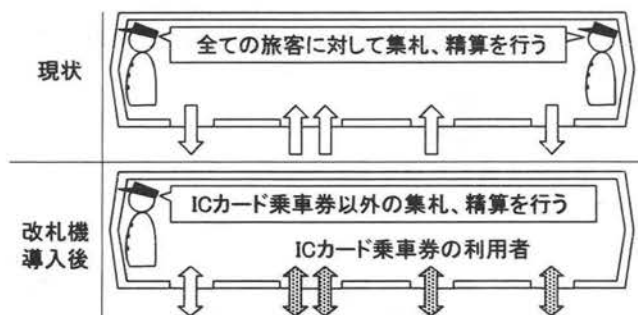


図10 試算のための運賃収受形態

- ・改札機導入後の車両は、ICカード乗車券の利用者(以下IC利用者という)が1人ずつ乗降可能な扉が2箇所、IC利用者が2人同時に乗降可能な扉が1箇所、現金利用者が1人ずつ乗降可能な扉が1箇所とした。
- ・改札機は運転士の最寄りの扉を除く3箇所の扉に設置することとした。
- ・全利用者のうち75%がIC利用者、25%が現金利用者とした。

- ・改札機のない場合、乗車する旅客、降車する旅客は、それぞれ乗車口と降車口を均等に利用するものとした。
- ・乗降時間は6.1節の調査結果と5.2節の実験結果をもとに、表2の乗降時間とした。

表2 各条件での1人あたりの乗降時間

	改札機なし		改札機あり	
	乗車	降車	乗車	降車
ICカード乗車券の旅客	1.8秒	1.8秒	2.4秒	
現金の旅客		2.8秒	1.8秒	2.8秒

上記の条件での試算結果を図11に示す。このグラフは、改札機を導入することで乗降時間が長くなる場合を正に、短縮する場合を負として表しており、負の値となる領域には網掛けをしている。この図から車載自動改札機を導入した場合、乗車人数と降車人数の組合せにより乗降時間全体が増大する場合と減少する場合があることがわかる。

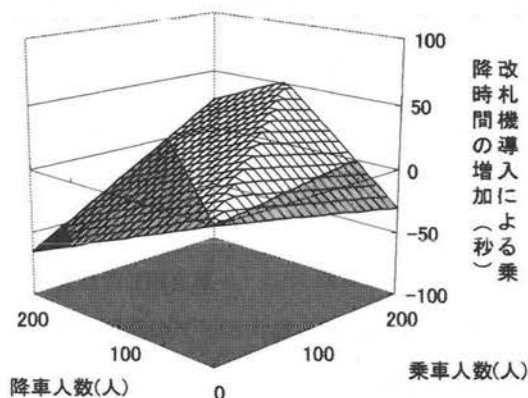


図11 車載自動改札機導入による乗降時間全体の増減

7. おわりに

実際の低床式路面電車に搭載可能な幅広型の自動改札機の試作機を製作し、実車を用いて流動実験を実施した。流動実験の結果、車載自動改札機による乗降時間の増加は、乗客1人あたり0.5～0.6秒に留まることを明らかにした。乗務員による改札機を実施している路面電車に適用した場合の乗降時間の増減の試算では、乗降人数などの条件によっては、現状よりも乗降時間を短縮できる可能性を示した。今後の実用化には、より実使用に近い環境での実験を行い、実用化に向けた問題点の抽出とその解決が必要であると考える。

なお、車載自動改札機の実験に当たり、広島電鉄株式会社殿に多大なご協力を頂いた。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 明星秀一、松原広、池田明、薮田晶慶：車載式自動改札機の研究、J-Rail2007講演論文集、pp.161-164、2007
- 2) 椎橋章夫：自動改札のひみつ、p.43、成山堂書店、2003
- 3) 山本昌和、青木俊幸、大戸広道、河合邦治、薄田勝典、佐藤隆：路面電車乗降場の旅客流動に関する実態調査、日本建築学会学術講演梗概集、pp.781-782、2001