

鉄道を支える

# 技術最前線

第3回

# 自動改札機

鉄道事業者は、安全性や利便性はもとより、施設の快適な環境づくりを重要課題として、インフラ機器の整備に日々取り組んでいる。中でも近年急速に普及した自動改札機は、乗客にとって最も身近な機器のひとつだ。今回はさまざまな技術的な課題を乗り越えながら、さらに進化を続ける自動改札機の開発の歴史を辿り、将来像を探ってみた。



近畿日本鉄道・大阪阿部野橋駅。ICカード乗車券の普及で自動改札の流れはますますスピーディになっている。

取材協力●オムロン株式会社  
写真協力●近畿日本鉄道株式会社・阪急電鉄株式会社  
文●永田一周 撮影●織本知之

オムロン株式会社  
執行役員 公共ソリューション事業部長  
**近藤喜一郎**  
Kiichiro KONDO



オムロン株式会社  
公共ソリューション事業部 開発部開発3課担当課長  
**保坂晃彦**  
Akihiko HOSAKA



## 混雑緩和に貢献する自動改札機

毎日多くの乗客が利用する自動改札機。正確で公平な運賃回収システムを担うと同時に、改札口の混雑をやわらげる役割も果たしており、現在では、なくてはならない社会ツールになっている。

鉄道事業者からみても、出改札業務を担当する係員の労力を大幅に軽減できることで、その分の労力や人件費を他のサービスにあてられるという大きなメ

リットがある。

しかし、諸外国の鉄道と比べて複雑な路線網や運賃体系をもち、朝夕のラッシュ時を中心に圧倒的な乗降客が集中する日本の鉄道事情の中で、自動改札機の開発には、クリアしなければならぬさまざまな課題が山積していた。

そのため1960年代初めまでは、鉄道事業者のみならず、メーカーにも研究、開発に対して尻込みする雰囲気があった。実用に耐え得る性能が確立で

きるかはもちろん、開発コストや生産規模も含めた収支が投資に見合うかといった見通しも不明確な段階で、事業に携わることには、リスク覚悟の決断が必要だったからだ。

## 「マイルストーン」賞を受賞

実際に、開発には計り知れない苦勞があったものの、現在ではその取り組みが高い評価を受けている。

2007年11月、近畿日本鉄道、阪急電鉄の鉄道2社と、大阪大学、オムロンの4者は、鉄道向け自動改札システムの開発・実用化が評価され、電気・電子・情報・通信分野における世界最大の学会である、電気・電子学会（IEEE）から「IEEEマイルストーン」賞を授与された。

この賞は、電気・電子・情報・通信分野において達成された技術革新の中で、開発から少なくとも25年が経過し、

地域社会や産業の発展に多大に貢献したものと認定される歴史的な業績を顕彰するものだ。

これまでに、日本国内で同賞を受賞したテーマ(受賞対象者)は、八木・宇田アンテナ(八木秀次氏、宇田新太郎氏)、富士山頂リーダー(気象庁、三菱電機)、東海道新幹線(対象者の明記なし)、電子式水晶腕時計(セイコー)、電卓の先駆的開発(シャープ)、家庭用ビデオVHS(日本ビクター)の6テーマ。自動改札システムの開発は国内で7件目、鉄道分野では東海道新幹線以来2件目の受賞となった。

これは、自動改札機の基本機能となる定期券を高速で処理する判定理論の研究から、現在でも利用されている磁気式の定期券・乗車券併用自動改札機の実用化に至る、1965〜1971年の間の4者の革新的な取り組みが評価されたものだ。

### 駅務システムの端末機器

一口に自動改札機と言っても、改札口で見る機器は1台1台が独立して動作しているのではない。一連の駅務をシステム化した中の1つの端末機器として位置づけられる。そのため、自動改札機の歴史はシステム全体の開発と深く関係している。

「自動改札機を含む自動運賃收受システムはAFC(Automatic Fare

Collection)と呼ばれ、運賃を自動的に計算し、発券から集札までを取り扱う装置の総称です。これらの処理をする機器は相互に接続され、ホストコンピュータの管制のもとで、それぞれ駅に設置されています」

自動改札機の役割を説明してくれたのは、オムロンでAFC部門を担当する公共ソリューション事業部の近藤喜一郎事業部長。

「本格的に自動改札システムの開発が始まったのは、1964年からです。朝夕ラッシュ時に発生する改札口での混雑の緩和、そして、ラッチと呼ばれる船形の改札口に立って業務を担当する駅係員の負担を軽減し、省力化することが目的でした」

1960年代初頭は、高度経済成長の真っ只中。ターミナル駅を中心に、ラッシュ時の改札口は混雑を極めており、抜本的な対策が求められていた。そこで、1964年2月、近畿日本鉄道が自動改札機開発のための研究会を立ち上げ、大阪大学との共同研究を開始。同年9月からは、機器メーカーとしてオムロンが共同開発に参加した。

1分間に60〜80人が通過

「見通しが立たない状況



鉄道自動改札システム開発に対してマイルストーン賞を受賞、記念プレートを贈呈された近畿日本鉄道、阪急電鉄の鉄道2社と、大阪大学、オムロン。

### 自動改札機と乗車券システムのあゆみ

- 1966(昭和41)年3月  
近畿日本鉄道 大阪阿部野橋駅で日本で初めて自動改札機の実用実験
- 1967(昭和42)年3月  
阪急電鉄 北千里駅に自動改札機10台設置
- 1989(平成1)年10月  
大阪市交通局が自動改札で日本で初のストアードライド方式を導入
- 1990(平成2)年4月  
JR 東日本が山手線に自動改札機を導入開始
- 1991(平成3)年3月  
JR 東日本が日本で初めてストアードバリュー方式を導入
- 1996(平成8)年3月  
関西公民鉄にて共通ストアードフェアシステム「スルッとKANSAI」運用開始
- 2000(平成12)年10月  
関東公民鉄にて共通ストアードフェアシステム「バスネット」運用開始  
関東公民鉄にて自動改札システムの複数券同時投入対応化開始
- 2001(平成13)年11月  
JR 東日本にて非接触型ICカードシステム「Suica」を東京近郊区内で運用開始
- 2004(平成16)年8月  
関西公民鉄にて非接触型ICカードシステム「PiTaPa」運用開始
- 2006(平成18)年1月  
モバイル「Suica」運用開始
- 2006(平成18)年10月  
改札機オートチャージサービス開始
- 2007(平成19)年3月  
関東公民鉄にて非接触型ICカードシステム「PASMO」運用開始  
PASMO・Suica 相互利用サービス開始

で、大手メーカーは参加に躊躇していたのだと思います。当社(当時は立石電機)は事業的にはまだ小さな規模の会社でしたが、人を介してやっていったことを機械でやってみようという社風と、チャレンジ精神が後押ししたのでしょ」と近藤事業部長はいう。

すでに、日本の地下鉄や欧米の鉄道では、ターンスタイル(回転棒)式ゲートの自動改札機は導入事例があった。しかし、これはあくまでも均一運賃に対応したものであった。

技術部門の専門家である公共ソリューション事業部開発部開発3課の保坂晃彦課長は、「乗車駅と降車駅の距離などにより、無数の運賃パターンが存在する鉄道路線では、均一運賃に対応した改札機は使えません。またラッシュ時に通勤・通学客の多くが使用してい

る定期券への対応も難しい問題です」と話す。

定期券は、「乗車経路上にあれば、どの駅でも使用できる」「有効期間中であれば、何度でも使用できる」というルールのもとに発券されている。そのため定期券の判定は複雑化するが、これを自動改札機で正確・迅速に処理できなければ、混雑を解消することはできない。

問題を解決するために、当時、大阪大学助教であった嵩忠雄氏が考案した理論に基づいて、「乗車経路をできるだけ少ない情報(ビット数)で符号化し、乗降する駅が乗車経路上にあるかどうかの判定をできるだけ簡単に行う」という計算方式が構築された。

理論が構築されたことで、課題は機械化へと移った。一番の壁は、処理のスピードだ。朝夕ラッシュ時の改札口の

通過人数は、1分間当たり60〜80人にも達する。定期券を持った乗客が多く、誰もが立ち止まらず、連続して通過して行くという特徴がある。機械化しても駅係員による処理スピードより遅くなれば、混雑が余計に増し、開発することの意味がなくなってしまう。

オムロンと近畿日本鉄道の開発メンバーは、「お客さまに、いかに連続的に効率よく通過していただくか」を最大のテーマとして、現場観察と実験を重ねた。そしてその結果、根本的な発想の転換に行き着いた。

### 発想の転換「ノーマルオープン」

それまでに欧米などで稼動していた自動改札機は、「ノーマルクローズ」というスタイルだった。ふだんはゲートを閉めておき、改札で乗客をいったん止めて乗車券を確認し、正しい場合には通過できるようにするもので、このシステムだと1分間にせいぜい10〜20人の乗客を通すのが限界だった。

それに対して、逆の発想をしたのが「ノーマルオープン」。ふだんはゲートを開けておき、通過する乗客の乗車券が正しければそのまま通過してもらい、乗車券を持たずに改札に入ったり、間違った乗車券や精算を済ませずに改札を出ようとした乗客のみ、ゲートを閉じて通過を止めるシステムだ。

「ノーマルクローズ」の自動改札機は、

不正乗車を許さないということに重点が置かれていました。もともと通れないのですから、いわば性悪説の発想です。対してノーマルオープンはもともと通れるので、性善説に基づいたシステムといえます。どちらが受け入れられるかは、国民性も関係してくるでしょう」と近藤事業部長はいう。

### 乗車券に記録する規格を統一

ノーマルオープンの発想により、乗客の通過スピードは飛躍的に向上し、室内実験では目標とする性能とスピードをほぼクリア。1966年3月には、近畿日本鉄道・大阪阿部野橋駅で関係会社の社員ら900人を集めて実証実験を行い、ほぼ期待通りの性能が確認できた。こうして、世界で初めてラッシュ時の混雑にも対応できるノーマルオープン型自動改札機の実用化に目処がたった。

この改札機に対応する定期券はパンチカード式と呼ばれるもので、データを定期券に穿孔し、それを光で読み取って判定するものだった。

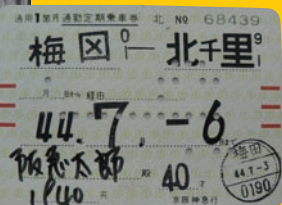
一方、同様にオムロンと自動改札機の共同研究を進めていた阪急電鉄では、1967年3月、北千里駅に定期券専用のパンチカード式ノーマルオープン自動改札機8台に加え、普通乗車券用のバーコード式ノーマルクローズ(回転棒式)自動改札機2台を設置。自動改札システムでの営業運用を開始した。

### 1960年代後半



↑1966(昭和41)年3月、近畿日本鉄道・大阪阿部野橋駅で行われた実証実験と使用されたパンチカード式通行証。

↓1967(昭和42)年3月、自動改札機システムでの営業運用が開始された阪急電鉄・北千里駅。当時の穿孔式定期券。



### 2001年〜現在



現在の非接触型ICカード自動改札機(近畿日本鉄道・大阪阿部野橋駅にて)。

実用化が始まると、次は本格的な普及に向けて、乗車券に記録する符号の仕様など、さまざまな規格を統一する必

要が生じた。そこで、1970年、当時の国鉄をはじめ、鉄道会社、機器メーカーで「日本鉄道サイバネティクス協議

### 非接触型ICカード乗車券の操作方法と判定結果



会」を発足させ、乗車券や機器の統一化を図った。

「パンチカード式は情報量や耐久性に、バーコード式は偽造防止などの観点から、いずれも問題があることから最終的に乗車券の裏に磁気材料をコーティングした磁気塗膜式で統一されることになりました」と保坂課長は説明する。

こうして、関西地方では自動改札システムが一気に広まり、1975年までに関西のほぼすべての民鉄と地下鉄でシステムが導入された。その後は判定の精度・スピードの向上、消磁（乗車券の磁気情報の弱まり）対策として、磁気を強化した「高保持力券」の開発、券の投入方向（表裏や向き）への対応など、さまざまな改良が重ねられ、現行機の基本となる技術がほぼ確立された。

## 導入が大幅に遅れた関東の鉄道

ところが、関東の鉄道では、自動改札システムの導入が大幅に遅れた。保坂課長によれば、

「関東の鉄道は関西に比べて相互直通運転などが多く、鉄道網が複雑なため、複数の鉄道事業者を乗り継ぐための乗車券の共通化に課題がありました。当初の磁気券では、連絡している2社線の情報しか記録する容量がありませんでした。乗り継ぎが多い関東では、3社線以上の連絡情報を共通化して記録する必要があるのでです」

この問題は長年のネックになっていたが、磁気乗車券の記憶容量を飛躍的に増大させる技術革新によって解決され、関東の鉄道でも1990年以降、ようやく自動改札システムが広がっていった。

その後、1991年にJR東日本が改札機に直接投入できるストアードバリュー方式の磁気カード「イオカード」を日本で初めて導入、1996年に関西で「スルッとKANSAI」、2000年に関東で「パスネット」の運用が開始されるなど、自動改札機に対応する形で、さまざまなサービスが提供されるようになった。また、1997年からは、複数券の同時投入に対応する自動改札機も開発された。

## 非接触型ICカード機の登場

しかし、多様化するサービスに対応させるには、記憶容量や多機能性といった面で、磁気乗車券には限界があった。乗客も定期券などをパスケースからいったん取り出す手間が必要だった。

非接触型ICカードにすればこれらの問題は解消されることから、構想や研究は進んでいたが、実現させるにはいくつかの課題があった。

例えば、処理スピードの問題。従来型は乗客が乗車券を投入口に入れてから、放出されるまでに約0.7秒の時間があり、この決まった時間内に判定すればよかった。一方、ICカードの場合

# 自動改札機

鉄道を変える

技術最前線

にはカードが通信領域内にある時間内に判定する必要があるが、乗客によってICカードのかざし方が違うため、処理可能な時間が乗客次第で異なることになり、誤作動することがあった。

実験をくり返してこれらの問題を解消、2001年には、無線通信を利用した非接触型のICカード対応の自動改札機の運用がJR東日本の東京近郊区間内で開始された。非接触型にしたことにより、切符や定期券を機械内に通すことで、券の詰まりなどの故障が発生しやすい従来型に比べ、メンテナンス費用も大幅に削減できるようになった。

## 用途に合わせたタイプが稼動中

試行錯誤はあったものの、現在はICカードへの対応を前提として、いくつかのタイプの自動改札機が稼動している。

「一般型」は、乗降客が多い駅に設置され、近距離券や定期券を扱い、入場、出場時に乗車券を投入して通過する最も多いタイプ。

「ワンラッチ型」は、2つの鉄道会社の境界に設置し、1つの改札機で出場と入場を同時に処理する。

「有人通路型」は、車椅子の乗客が通過できるように通路幅を広くしており、自動改札機に対応していない券を持った乗客のために、駅係員によるゲート開閉ができる。

「簡易型」は、乗降客が少ない駅に設置され、機能を限定して、より安価に

なるようにした。

「IC専用型」は、磁気券を処理する機能がなく、ICカード処理に特化した。

「簡易型IC専用」は、無人駅への設置を考慮したもので、ICカード処理に特化し、セキュリティを強化した。

「新幹線型」は、在来線と新幹線の境界に設置され、特急券と乗車券など複数枚の処理をする。

これらのタイプに加え、同じ鉄道事業者でも乗り換えの際に改札内部を共有していない場合には、乗り換え制限時間などのプログラムが組み込まれた「乗り換え専用改札」などもある。

## 多様化するICカード型の活用法

自動改札機はICカードと組み合わせることにより、本来の改札業務以外の分野へも、活躍の場を広げている。

定期券で自動改札機を通過すると、あらかじめ登録してあるメールアドレスに最寄りの店舗情報が送られたり、子どもが通過すると、保護者にメールが送られるサービスなどが、すでに始まっている。

「実用化するかどうかはわかりませんが、人の顔を認識するシステムを導入した自動改札機の研究にも、すでに着手しています」と近藤事業部長。

鉄道事業から飛躍し、ライフスタイルに応じた情報の受発信基地として、自動改札機はさらに生活に密着した社会ツールになるために、進化を続けている。