

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

出改札システムを変えた非接触ICカード

我が国では1950年代に自動券売機、1960年代に自動改札機の本格的導入がはじまりました。それから前半世紀、ICカード乗車券の導入により、今日の鉄道の出改札システムは、多数の鉄道事業者のみならず、多種多様な業界にまたがる巨大なネットワークを構成する一部となっています。ここでは、はじめに出改札機器の歴史と変遷について概観します。次に1980年頃に旧日本国有鉄道(旧国鉄)の鉄道技術研究所で検討がはじまった非接触ICカード乗車券システムについて、とくに開発初期における基礎検討の経緯を紹介します。



深澤 紀子
Noriko Fukasawa
信号・情報技術研究部
交通計画研究室
室長
【専門分野】 旅客行動分析、情報提供



中川 伸吾
Shingo Nakagawa
信号・情報技術研究部
交通計画研究室
副主任研究員
【専門分野】 旅客行動分析、出改札システム



後藤 浩一
Koichi Goto
株式会社ジェイアール
総研情報システム
代表取締役社長
【専門分野】 情報工学

はじめに

今から18年前の2001年(平成13年)11月18日、JR東日本の東京近郊区間にてSuicaのサービスが開始されました。このときデビューした非接触ICカード乗車券は、今では鉄道やバスに乗るだけでなく、ショッピングや、学生証や社員証との兼用カードとしても用いられています。もはや乗車券という枠を飛び越えて、我が国の重要な都市インフラの一部ともいえる存在です。

この非接触ICカード乗車券は、その前身ともいえる初期システムを旧国鉄の鉄道技術研究所(以下、鉄道技研)

と、その後継である鉄道総研にて開発を進めた歴史があります。ここでは、鉄道や科学技術の発展とともに移り変わってきた出改札システムの変遷をたどるとともに、非接触ICカード乗車券開発の黎明期を振り返ります。

出改札機器の変遷

自動券売機

旅客が自分で操作してきっぷを発行する装置、つまり券売機は、旧国鉄の公式な記録では、1926年(大正15年)4月25日に東京駅と上野駅に導入された入場券発売機が最初とされています¹⁾。当時の券売機はコインバー式



図1 1930年(昭和5年)に導入された券売機²⁾



図2 東京地下鉄道のターンスタイル式改札機³⁾
出典：鉄道ピクトリアル1987年12月臨時増刊(所蔵 白土貞夫氏)

という、硬貨を入れてバーを下げると券が落ちてくる方式でした(図1)。券売機の歴史は太平洋戦争でいったん途切れましたが、1952年(昭和27年)にコインバー式券売機が復活、1956年(昭和31年)には、バーを下げる手間がなくなる電動式券売機が登場しました。1965年(昭和40年)には、券売機の内部で券面を印刷する方式の試用がはじまり、いわゆる硬券ではなく現在のようなロール紙を裁断したきっぷが登場します。その後、複数種類のきっぷを販売できる機構、感熱紙を用いた印刷技術の開発により、券売機の多機能小型化が進みました。1983年(昭和58年)の埼玉新都市交通での国内初導入に伴い、プリペイド磁気カードに対応。その後、指定席券売機(正確には顧客操作型端末)が導入されます。さらに2000年代にはICカード乗車券への対応がはじまるなど、券売機で扱えるきっぷの種類も広がりました。現在の券売機は、タッチパネルの普及などによって、定期券の発売、webで予約したきっぷの受け取りなど、多様な機能を実現しています。

自動改札機

1927年(昭和2年)、日本初の地下鉄「東京地下鉄道」が上野～浅草間に開業しました(現在の東京地下鉄銀座線の一部)。これが日本の改札機のはじまりでもあります。この改札機は、硬貨を投入すると木戸を1/4回転させて通過できるターンスタイル式というものでした(図2)。これは均一運賃だからこそ導入できたものであり、区間制運賃の導入とともにわずか4年で廃止されました。

現在のような自動改札機は、高度成長期に激化した通勤ラッシュへの対応を目指して開発がはじまりました。世界初の無人改札システムが導入されたのは、1967年(昭和42年)3月1日、京阪

神急行電鉄(現阪急電鉄)北千里駅でのことでした。この改札機は定期券専用機と普通乗車券専用機に分かれており、定期券については、券面にあけた多数のパンチ穴を光学的に読み取る方式でした⁴⁾。鉄道技研でも自動改札機に関わる研究開発が行われていました。図3の鉄道技研で開発された、定期券と近距離乗車券の両方を扱うことのできる自動改札機は1972年(昭和47年)に柏駅で試験運用されました。また、1971年(昭和46年)には、磁気を用いてきっぷに情報を記録し有効性の判定を行う方式を開発しました。のちに、これを基に標準規格が制定されます。

これら技術開発により自動改札機の本格導入は進み、関西の私鉄では1980年(昭和55年)までにはほぼ全社で導入されました。さらに、データ容量が大きい高保磁力券が開発・規格化されると、複雑な経路の定期券も取り扱えるようになったことから、1990年(平成2年)以降、首都圏でも急速に自動改札機の導入が進みました。翌1991年(平成3年)にはプリペイド磁気カードに対応。そして2001年(平成13年)にICカード乗車券がJR東日本で導入されて以降、改札機はIC媒体を扱う電子機器という側面もつようになりました。

非接触ICカード乗車券の開発 基本概念の検討

話は少し時代を遡ります。1980年代初頭、鉄道のきっぷを購入するときは現金取引がまだまだ一般的という時代でした。そのような中、鉄道技研で



図3 鉄道技研で開発された自動改札機

は情報化社会、キャッシュレス社会の到来という背景のもと、自動改札機を前提とした「電子切符システム」の検討が進められていました⁵⁾。このとき考えられていたのは、価値削減型電子切符(プリペイド式)と実績記録型電子切符(ポストペイ式)の2種類の基本概念で、普通列車だけでなく指定席を含む優等列車の利用も含めて、実現に向けた課題が整理されました。そしてこれを実現する媒体として、信頼性・安全性などについてより高度な機能を実現できる可能性のあるICカードがあげられています。1984年度(昭和59年度)以降、プロトタイプシステムが作成され、その一つとして接点の付いた接触式ICカードが開発されています。

鉄道きっぷ用非接触ICカード の試作

1986年度(昭和61年度)、旧国鉄が行っていた研究開発を承継する法人として鉄道総研が設立され、JR東日本とともに、鉄道きっぷのための“非接触”ICカードの開発を本格化させます。鉄道の改札口という環境を考えた場合、カードと改札機器が非接触的な手段で情報を交換できることによる、利便性の向上や機器の簡略化などのメリットが重視されたためです⁶⁾。しかし、当時の日本では接触式のものですらIC

通信方式	中波				マイクロ波		短波	
バージョン	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
外観 (正面)								
(側面)								
開発年度	1987	1988	1989	1990	1989	1992	1994	1995
大きさ	115×80×10mm	86×54×15mm	86×54×4mm	86×54×1.4mm	86×54×1.0mm	86×54×0.76mm (ISOサイズ)		
重さ	95g	58g	25g	11g	8g	4g		
記憶容量	256Byte				512Byte		1024Byte	2048Byte
通信周波数	400kHz				2.45GHz		32MHz	13.56MHz
通信速度	9.6kbps				70kbps		250kbps	
処理時間	200~400msec				約100msec			
電池寿命	約3年				約1年		約3年	(無電源)
CPU	有				無			

図4 技術開発期の非接触ICカード

カードは実用化されておらず、きっぷとして利用可能な性能をもつ非接触ICカードを開発することが重要な課題でした。

当時の資料を紐解くと、非接触ICカードの基本的な技術の確立を目的とする研究テーマが1987年度(昭和62年度)から設定されており、カード方式の検討、カードの試作および試験、プロトタイプ改札機の試作および試験、システム提案といった実施計画の記録が残っています。開発はメーカーと共同で進められ、1987年度に試作品第1号(図4(a))が完成します。サイズは115×80×10(mm)とカードとよぶにはかなり大きく、「弁当箱」という通称でよばれていました⁷⁾。

図4は非接触ICカードの試作品の一覧です。サイズに着目すると、1988年度(昭和63年度)開発の試作品第2号(図4(b))は、真上から眺めたときには現在のICカード乗車券と同サイズですが、厚みは15mm。その後、開発が進むにつれ薄くなっていくことがわかります。また開発当初は、カードとリーダー/ライター(実用化時には改札機)間の通信に、現在のICカード乗車券とは異なる周波数帯である、中

波とマイクロ波(図参照)の2種類が用いられていました。これは、周波数の違いによってカードの作り方や機能、コストなどが異なるため、その比較検討を行うためでした⁸⁾。中波を用いるカード(図4(a)~(d))は内部にCPUをもっており、カード側で判定処理を分担するような仕組みも検討されました。一方、マイクロ波のカード(図4(e)(f))では、現在では一般的になっている、自ら電波を出さないロードスイッチングとよばれる方式を実現しました。電波を利用してデータ通信する機器は電波法の規制対象となりますが、これによりカード自体が電波法の規制を受けなくてもすむようになりました。

現地試験

先にも述べたとおり、首都圏においても1990年(平成2年)から磁気式の自動改札機の導入がはじまりました。これは次の設備交換が必要となる時期まで、新しいシステムの実用化はないということを示します。ICカード乗車券にとっては逆風が吹く中、それでも鉄道総研では何種類ものICカードおよびリーダー/ライターの試作と、実験室内や廊下に設置しての性能

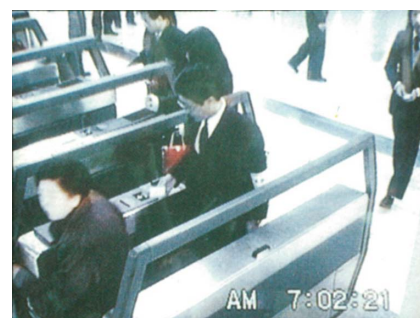


図5 上野駅での現地試験の様子

評価試験が繰り返されました。そして1991年度(平成3年度)、上野駅で現地試験を行うまでに至ります(図5)⁸⁾。このとき使用されたのは、1990年度(平成2年度)に開発された中波を用いたカード(図4(d))です。一方、自動改札機は、磁気券用の既存の自動改札機に、非接触ICカードに対応するユニットを付加する形で構成されました。駅で利用するためには、次々と通過していく旅客の歩行スピードに耐えうる処理速度を達成すると同時に、前後の旅客で混信が発生しないこと、さらには、並列して多数が並ぶ改札機どうしで混信が発生しないことなど、多くの課題をクリアすることが必要でした。この試験では、一般の旅客の間にICカード乗車券を持つ試験要員が混ざる形での通過試験を行いました。試



図6 鉄道総研パンフレット(1992年)

作段階であることから多少問題もありましたが、基本的には実用化可能であるとの感触を得ることができました。

この頃、鉄道総研で開発した非接触ICカードには *muCard* (ミューカード) という愛称がつけられていました⁸⁾ (図6)。*mu* はギリシャ語の μ の英語つづりで、マイクロエレクトロニクスのマイクロを表し、また無線のムもかけています。この図4(e)の *muCard* は、鉄道総研全職員の出退勤カードとしても試験が行われました。試験は2年ほど継続され、実用に耐えうる信頼性を確認するとともに、さらなる課題の抽出が続けられました。

実用化に至るまで

1994年度(平成6年度)には現在のICカード乗車券と同じ短波帯(☞参照)の電波を使用するカードを開発しました(図4(g))。多くの改札機の間を大勢の旅客がカードを手を持って移動する実用化時の状況を考慮してのことです。その後、1995年度(平成7年度)に開発された図4(h)のカードより、リーダー/ライターが発した交流磁界によってカードのアンテナコイルに誘導電流を発生させる仕組みが採用され、無電源化が実現しました。す

にお気づきのことと思いますが、これが現在広く普及しているものとはほぼ同等の機能をもつ、交通系ICカードの原型ともいえるカードです。

その後、JR東日本の多大な尽力によりSuicaサービスが開始されるまでには、さらに6年もの年月を要します。そこに至るまで、ここに記した以外にも、改札機を通過できない割合である通過障害率を減らすための通信性能の向上や、定期券として利用する際のカード表面に繰り返し印字をする技術開発など、数々の課題をクリアするための努力を要したの言うまでもありません。この頃のエピソードは、当時最前線で活躍されていた方々のご著書や記事をぜひご覧ください⁹⁾¹⁰⁾。

おわりに

ICカード乗車券の導入により、それ以前はスタンドアロンで稼働していた券売機や改札機は、ネットワークで接続されることになりました。駅にある何台もの改札機や券売機、精算機が各駅のサーバーにつながっています。これら各駅のネットワークが中央サーバーにつながり、さらには数多くの鉄道事業者間でもつながっているのですから、いかに巨大なネットワークが構成されているか想像に難くはない

☞ 中波

周波数 300kHz ~ 3MHz の電波のこと。電波の伝わり方が安定していて遠距離まで届きます。

☞ マイクロ波

周波数 3GHz ~ 30GHz の電波のこと。直進性が強く、伝送できる情報量が非常に大きいという特性を持っています。

☞ 短波

周波数 3 ~ 30MHz の電波のこと。長距離の通信を比較的簡単に行うことができます。

でしょう。ネットワーク化されたことで、駅にある一台一台の出改札機器からデータを収集・蓄積し、最新のカード情報を一元管理することで、さまざまなデータの管理や不正利用防止に役立てられています。

累計発行枚数がゆうに1億枚を超える交通系ICカードは、今日ではモバイルSuicaなども普及し、すでにカードである必要すらなくなりつつあります。さらに、駅を飛び出し街なかでも広く使われることにより、我が国における電子マネー普及の牽引役をも担っているといえるでしょう。人々のライフスタイルを変えるまでに羽ばたいていった、類まれな技術を確認した先輩方に、最大の賛辞を贈らずにはられません。RRR

文献

- 1) 日本国有鉄道：日本国有鉄道百年史，No.13，pp.150-152，1974
- 2) 日本国有鉄道：日本国有鉄道百年写真史，pp.256，1972
- 3) 白土貞夫：絵葉書による東京地下鉄道創業時代，鉄道ピクトリアル1987年12月号臨時増刊，Vol.37，No.12，pp.41-43，1987
- 4) 井角政雄：阪急北千里延長線開通，運輸協会誌，Vol.9，No.5，pp.10-11，1967
- 5) 後藤浩一，関米四郎，三木彬生：カードを用いた乗車券制度の考察—電子切符システムについて—，鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム論文集，pp.54-58，1984
- 6) 三木彬生，後藤浩一，興村吉美，葛西健一，永井昇，徳井一雄，筒井英市：鉄道切符のための非接触ICカードの試作，鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム論文集，pp.43-47，1988
- 7) 三木彬生：スイカの種，RRR，Vol.68，No.4，pp.40-41，2011
- 8) 後藤浩一：非接触ICカードの実用化に向けて，RRR，Vol.49，No.7，pp.17-22，1992
- 9) 椎橋章夫：ペンギンが空を飛んだ日，交通新聞社，2013
- 10) 三木彬生：Suicaの踏み台，JREA，Vol.53，No.1，pp.60-62，2010