

鉄道の出改札システムに磁気式乗車券が利用されるようになってから25年以上が経過し、今日では自動改札機に磁気式カード(ストアードフェア(SF)カード)を直接投入することによって改札を通過できる自動出改札システムの普及が進んでいる。また、新たな要求として窓口業務の効率化、駅空間の有効活用から、これまで専用機で対応していた乗車券の発売機能の統合や、複数枚の乗車券の投入を受け付け、乗車券の連続性の確認と自動精算機能を持った改札システムの実現が期待されている。更に、出改札口の混雑、料金精算の複雑さ・煩雑さ、共通利用範囲の拡大など、磁気式乗車券に要望されている課題を解決する手段として、無線カードの乗車券利用も期待されている。

当社は、これらのニーズにこたえた自動マルチ発行処理機と複数枚対応自動改札機を開発した。

As a new demand arising from the need for greater efficiency of railway station sales counter operations and the effective use of station space, expectations are being placed on the realization of an automatic gate system with functions such as integration with ticket sales, which have been performed by special machines up to now, as well as the reception of plural inserted tickets, confirmation of ticket continuity, and automatic fare adjustment. Moreover, the utilization of contactless IC card tickets is expected to relieve congestion of ticket gates and complexity of fare adjustment, and to expand areas of common ticket use.

1 まえがき

出改札システムに対する新たな要求にこたえるため、多種サイズの乗車券が発行できる自動マルチ処理機と、SFカードを含む複数枚乗車券を一括投入し、乗車券の連続性の確認と精算処理が可能な自動改札機を開発した。

ここでは、その特長・概要と次世代乗車券として有望視されている無線カードシステムの対応について述べる。



図1. 自動マルチ発行処理機 複数券種の発行機能を備えたマルチ対応券売機である。

Automatic multi-issue processing machine

2 自動マルチ発行処理機

2.1 概要

自動マルチ発行処理機は、従来の券売機、カード発行機、特殊券発行機、自動定期券発行機といった各機器の機能を1台に統合した多機能な発行処理機である。また、外観形状については、従来の券売機との置き換えを考慮して同一の設置スペースを実現し、開発した券売機との入れ替えだけで対応が可能としている(図1,表1)。

表1. 自動マルチ発行処理機の諸元
Specifications of automatic multi-issue processing machine

項目		仕様
外形	寸法(mm)	1,600(高さ)×500(幅)×800(奥行き)
接客操作部	表示画面	タッチパネル付きカラーLCD
	ファンクションボタン	12個(最大)、テンキー
取扱い券	券種	エドモンソン券, 大型券(85mm), SFカード, 定期券
	印字方式	感熱直接印刷(黒赤2色可)
	その他	取忘れ回収可
紙幣	取扱い紙幣	3金種
	一括投入枚数	最大20枚
	その他	取忘れ回収可
硬貨	一括投入枚数	5枚
カード支払い	取扱いカード	クレジットカード, デビットカード

2.2 特長

(1) 多券種の発行 発行券種が多岐にわたるため、直接2色発色定期券媒体の採用と、横切りロール紙とを統合した発券機構部になっている。また、クレジット・デビットカード利用時での、ご利用控えもこの機構部より発行し、一括放出するよう考慮している(表2,図2)。

表2.発行券種一覧
List of ticket types issued

券種	サイズ	媒体
定期券	85 mm x 57.5 mm	プレカット券
大型券	85 mm x 57.5 mm	ロール紙
エドモンソン券	57.5 mm x 30 mm	



図2.自動マルチ発行処理機による発行券面サンプル 赤黒直接2色発色定期券とエドモンソン券を同一ユニットから発行する。
Samples of tickets issued by automatic multi-issue processing machine

(2) 操作性の向上 カラー液晶ディスプレイ(LCD)の採用により、利用者の操作を画面に集中させ、ビジブルな案内・操作を可能にするとともに、極力画面操作が少なくなるように煩雑さを軽減した、マンマシンインタフェースを実現している。従来券売機で発行している券種については、従来機と同等の操作を踏襲するため、

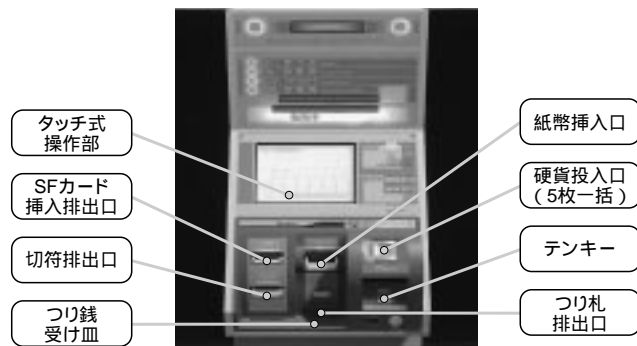


図3.自動マルチ発行処理機の接客部 カラー液晶採用によるビジブルな接客部となっている。
Receiving unit of automatic multi-issue processing machine

貨幣・SFカードの投入によって発売する方法で購入できるようにしている。また、定期券発行については、必要最低限の情報だけを利用者が入力操作するようにし、最終確認時に支払い手段を選択する方式を採用している。貨幣については、紙幣一括投入(20枚)及び硬貨一括投入(5枚)を採用し、利用者の操作回数の増加を抑えた機構としている(図3)。

- (3) 交通弱者対応 交通弱者のための対応としては、機体下部けり込みを設けたり、接客部にテンキーを設け、テンキー操作時には音声案内による発行手順案内を行うなど、円滑に発行操作できるよう配慮している。
- (4) 決済方法 支払い手段は、貨幣、クレジット・デビットカードの決済方法を可能としている。システム構成は、この自動マルチ発行処理機と定期券サーバで構成されたシンプルな構成で、定期券サーバとはイーサネット接続され高速伝送を可能としている。クレジットカードやデビットカードの与信照合は、定期券サーバ、CAFIS(Credit And Finance Information System)経由で各クレジット会社、銀行と行われる。決済データに

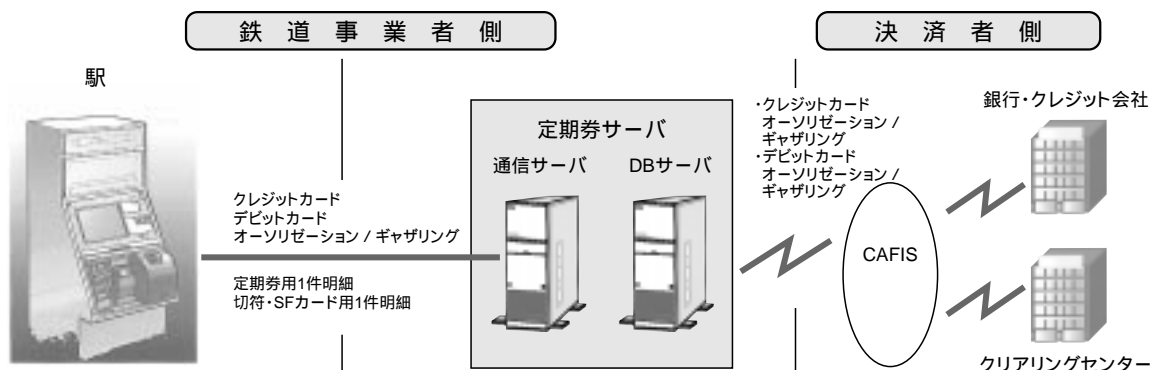


図4.自動定期発行システムの構成 自動マルチ発行処理機と定期券サーバで構成されている。また、クレジット、デビットカードはCAFIS経由で銀行、クレジット会社で決済でき、決済データも受信する。
Configuration of automatic commuter pass issuing system

については、クレジット会社、クリアリングセンター(デビットカード)からカウンタ精査データを収受する。集計データは、1取引ごと集計され、一定取引終了ごとに定期券サーバに送信されて定期券サーバと二重化が図られ、データの安全性が向上している(図4)。

- (5) その他 係員設定により、定期券優先・普通券優先のモードを設け、定期券繁忙時期、時間帯別、設置台数の違いなど、状況の変化に適切な対応がとれるよう考慮している。また、デビットカードの取扱いについては、デビットカード協議会端末機器基準をクリアしている。更に、状態変移データなどを定期券サーバへ送信することで、取引状況確認などの保守での活用が期待できる。

2.3 将来の無線カード機能追加

新たな媒体として無線カードが出てくることにより、カードユニットに無線カードへの読み書きを行うリーダ/ライタ(後述の微弱タイプ)と、定期券券面のリライト印刷をするための印刷機構などを追加するためには、従来のSFカードメカユニットを交換することで、無線ICカード処理を可能としている(図5)。

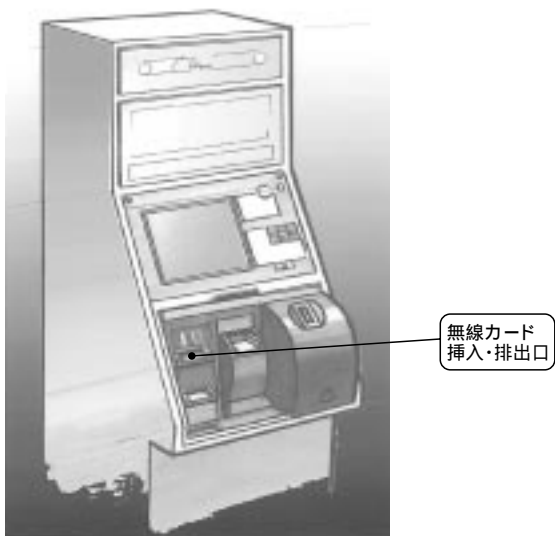


図5. 自動マルチ発行処理機の無線カード対応 今後の新媒体である無線カード対応時のイメージを示す。

Automatic multi-issue processing machine for contactless card

3 複数枚対応自動改札機

3.1 自動改札機の役割

この自動改札機は、開放感のある改札口実現のための外觀、高齢者をはじめとした交通弱者に対するマンマシンインタフェースの向上、精算処理の煩わしさ解消のための複数枚乗車券による自動精算、共通SFカード利用範囲拡大のた

めの処理に対応した改札機である。また、将来の無線カードシステムへの移行がスムーズに行えるように、拡張性についても配慮している。

3.2 開放的な外觀

改札機での旅客の通過を監視する人間検知バーの高さを従来の1,250mmから1,005mmと大幅に低くすること、及び筐体(きょうたい)幅を200mmから180mmに縮小し、通路幅を550mmから590mmに拡大することにより、開放感のある改札口を実現している(図6)。



図6. 複数枚対応自動改札機 人間検知バーを低くし、開放感をもたせた改札口を実現している。

Automatic gate for plural tickets

3.3 マンマシンインタフェースの向上

改札機取出口に装備している案内表示部は、従来プラズマディスプレイを採用し、文字だけで案内していたが、カラー液晶ディスプレイによるグラフィック表示を採用することで、ピクトグラム、図などによる案内を可能とし、視認性の向上を図った(図7)。



図7. 案内表示 ピクトグラムにより視認性を向上させた。

Guidance display

3.4 複数枚の乗車券による自動精算

従来、乗越し時は改札機で切符や定期券などの処理ができないため、自動精算機でいったん乗越し処理を行い、その後、改札機に精算券を投入することで通行する必要があった。このような乗越しに対しても、切符や定期券などの乗車券とSFカードの両方を投入することでSFカードによる自動精算を行い、精算処理の煩わしさを解消している。

- (1) 複数枚一括投入機構 従来の改札機では、乗車券及びカードの投入は1枚であったが、複数枚対応改札機では最大3枚までの乗車券を一括投入、また、取出口への乗車券放出についても一括放出が可能な機構を実現している。
- (2) 切符で入場し、乗り越した場合の精算例 切符で入場し乗り越した場合は、切符と精算用のSFカードの2枚をこの自動改札機に一括投入する。その際、投入された切符及びSFカードに対する入場券種の特典(降車駅で無効な乗車券を入場券種とする)の後、自動精算処理を行い精算金額を決定する。図8にその例を示す。

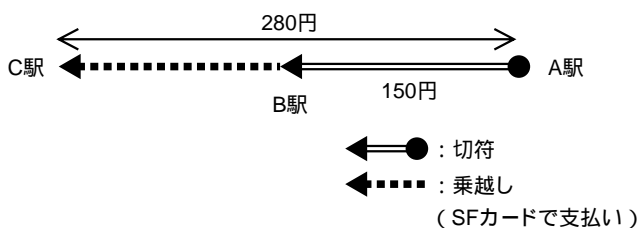


図8 .自動精算例1 切符で入場し、乗り越した場合の精算例を示す。
Example of automatic fare adjustment (1)

A駅を切符で入場し、C駅に乗り越した場合は、A駅からC駅までの運賃(280円)を算出し、そこから入場した切符の運賃(150円)を差し引きすることで不足額(280円 - 150円 = 130円)を算出する。この運賃をSFカードから引き去る。

- (3) SFカードで入場し、定期券出場の場合の精算例 SFカードで入場し定期券で出場する場合、入場したSFカードと出場用の定期券をこの自動改札機に一括投入する。その際、投入された券に対する出場券種の特典(降車駅で有効な乗車券を出場券種とする)及び最短経路の特典を行い、その後自動精算処理により精算金額を決定する。図9にその例を示す。

A駅をSFカードで入場し、C駅を入場したSFカードと所持している定期券(C-E)で出場した場合は、定期券の有効区間(C-E)とA駅との最短経路を検索する。A駅を起点とした定期券有効区間(C-E)との交差駅としてB駅、D駅を検索する。次に、A-B間運賃

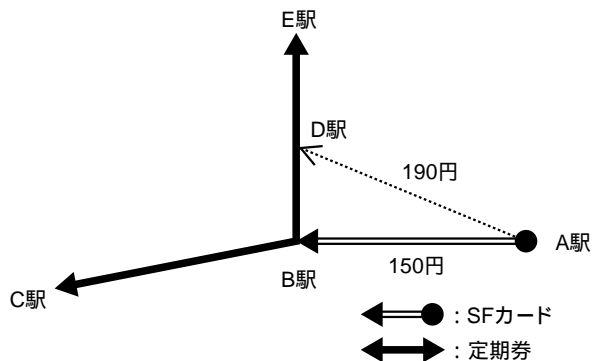


図9 .自動精算例2 SFカードで入場し、降車駅で有効な定期券を併用して出場する例を示す。
Example of automatic fare adjustment (2)

(150円)、A-D間運賃(190円)を比較し、安い方を入場したSFカードから引き去る。なお、SFカードでの入場時、初乗り運賃引去り済みの場合は、初乗り運賃を控除した金額とする。

3.5 広範囲な処理

従来の改札機では、投入された券が降車駅で使用可能か否かを判断するだけであったため、改札機で所持する判定データは図10(a)のように自駅から各駅までの運賃データとなっており、そのため改札機の設置駅ごとに判定データを変える必要があった。この自動改札機では、図10(b)のように他の鉄道を含む全駅相互の組み合わせ判定データ(複数枚対応判定データ)を所持することで、自駅が関連しない他駅どうしの区間など、広範囲な処理を可能としている。

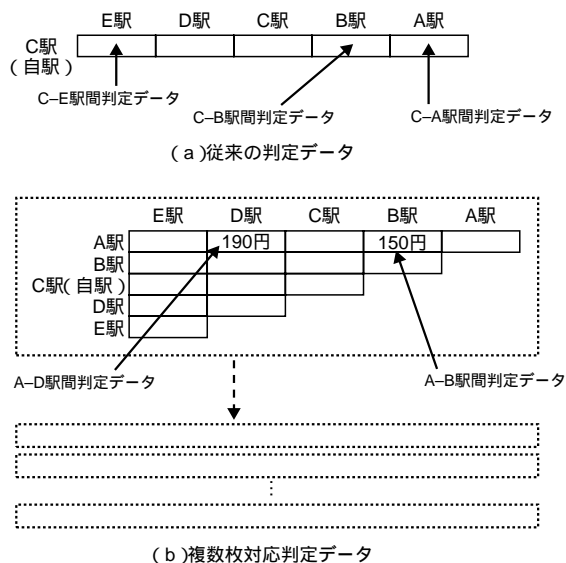


図10 .判定データの構造イメージ 従来の判定データ(a)と複数枚対応判定データ(b)との比較を示す。(b)は自駅が関連しない場合でも、広範囲な処理が可能である。
Image of judgment data structure

3.6 無線カード機能の追加

将来の無線カード対応に際しては、改札機の変更を極力小さくするため、無線カードリーダー/ライタの取付け、及び投入グリルの交換を行うことにより、実現できるよう配慮している(図11)。



(a)無線カードリーダー/ライタ取付け前



(b)無線カードリーダー/ライタ取付け後

図11.無線カードリーダー/ライタの取付け 無線カード対応は、改札機の小変更で可能である。

Installation of contactless IC card reader/writer

4 無線カードシステム構築のためのコア技術

出改札システムで無線カードを利用するためには、無線カードを読み書きするリーダー/ライタを駅務機器に組み込む必要がある。当社は、これらの用途に適した1Wタイプ(図12)と微弱タイプ(図13)のリーダー/ライタを開発した。

4.1 リーダ/ライタの特長

リーダー/ライタの概略仕様を表3に示す。1Wタイプは、使用者が無線カードを手を持ちかざして利用する改札機などの機器に用いられる。10cm程度の通信距離と通信エリアが必要となり、アンテナ寸法は、無線カードより大きめとなっている。そのために、空中線電力は1W必要で、構内無線局又は簡易無線局の免許を取得して運用する必要がある。微弱タイプは、無線カードを装置内に組み込み、固定位置で処理する券売機や精算機などの機器に用いられる。搬送部に組み込む必要のため、アンテナは小さくしている。また、1cm程度の短い通信距離でよいので、空中線電力はそれほど必要ではないため、無免許で運用できる。



図12.1Wタイプリーダー/ライタ カードを10cm離れてかざし、利用できる。

1 watt class contactless IC card reader/writer



図13.微弱タイプリーダー/ライタ カード搬送機器に組み込み、無免許で利用できる。

Weak electric field class contactless IC card reader/writer

表3.リーダー/ライタの仕様

Specifications of contactless IC card reader/writer

仕様項目	タイプ	1Wタイプ	微弱タイプ
	外形寸法 (mm)	アンテナ部 無線制御部	104×67×7 104×67×11
通信距離 (cm)		約10	約1
組込み対象機器		自動改札機	カード搬送機器
外部供給電源・電流		DC + 12V, 300mA	DC + 12V, 200mA
通信インタフェース		RS232C, RS485A	RS232C, RS485A
通信速度(通信インタフェースで異なる)		7.2k ~ 1.2288 Mbps	7.2k ~ 1.2288 Mbps
対応無線ICカード		日本鉄道サイバネックス規格カード対応	日本鉄道サイバネックス規格カード対応
無線局免許		免許申請を要す	無免許で利用可能

4.2 リーダ/ライタの構成要素

リーダー/ライタは、アンテナと無線制御の2枚の基板とそ

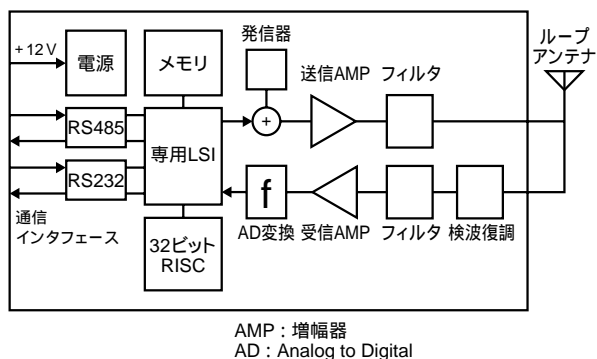


図14 .リーダ/ライタの構成 アンテナと無線制御の2枚の基板及びケーブルで構成されている。
Configuration of contactless IC card reader/writer

の間を接続するケーブルで構成され、小型化が図られている。リーダ/ライタの構成を図14に示す。

- (1) 無線送受信部 無線送受信部は、送信系と受信系の高周波回路から成り、技術基準などは、電波関連法令によって定められており、適合することが求められている。
- (2) 制御部 出札システムでの運用には、高速処理能力が必須である。そのため、制御部は32ビット縮小命令セットコンピュータ(RISC)、大容量メモリ、専用に開発したLSIなどから構成し実現した。
- (3) 電源部 +12V直流(DC)電源を外部供給し、内部で必要な電源を作りだしている。
- (4) アンテナ 無線カードへ電力伝送を行うことと、法令の定めによりループアンテナを採用している。

4.3 コア技術

リーダ/ライタのコア技術について以下に述べる。

- (1) 電波法 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る。自動改札機では、通信距離を10cm程度必要とするため、アンテナから輻射する電界強度は、微弱無線局の規制値を超える。そのため、電波法で規定する技術基準に適合していることが求められる。小さな回路で占有周波数帯幅(中心周波数13.56MHz)、空中線電力、スプリアスなどの規制値をクリアさせている。
- (2) 電力伝送と通信 無線カードは、バッテリーレスであり、リーダ/ライタは、送信部でループアンテナを駆動し、安定した磁界を発生させ通信を相互で行う必要がある。そのために送信アンプは、低バイアスで温度ドリフトが小さい回路構成とし、厳しい温度環境に対して安定動作を確保している。また、位相を利用した並行駆動方式を採用して偶数高調波を抑制し、フィルタで帯域制限を図っている。送信アンプは1Wであるため、その発熱を基板パターンに放散させるように配置し、小型化を図っている。更に、受信回路は、検波復調した

信号を並行したフィルタと増幅回路を経て二値化する回路構成とし、十分なダイナミックマージンを確保し、安定した受信を行うことができる。

- (3) 通信距離 通信距離は、主に電力伝送に依存する。法規制対象の無線局では、通信により派生する不要輻射の限界まで通信距離を確保できるので、10cm程度の距離が可能となる。しかし、微弱無線局の場合は、リーダ/ライタから3mの距離における電界強度の実測値が、法規制値を超えることができない。その電界強度の値は、アンテナ構造とその駆動回路により異なり、結果として通信距離の差となって現れる。リーダ/ライタは、2種類とも、法規制値に対応した構成としており、業界最高レベルを実現している。
- (4) セキュリティ 無線カードの偽造、通信データの改ざんなどは、社会システムとしての影響が大きいことから、通信プロトコルに相互認証、暗号化及びアクセスコントロール技術を採用し、これを専用LSI化することで脅威への対策を実施している。
- (5) 処理時間 自動改札機とリーダ/ライタ間の通信速度を1.2Mbps、リーダ/ライタと無線カード間の通信速度を212kbpsとし、かつ内部処理を高速化することで、無線カードの認証からメモリ書き込み完了まで、自動改札機での判定処理時間を除いて、無線カードメモリ8ブロックの読み書きで約100ms以下を実現している。また、複数枚の無線カードを同時にかざされたときも、1枚ごとに識別(アンチコリジョン)及び処理ができる機能を持っている。

5 あとがき

今回の開発により、新たな出札システムの展開が可能となり、駅運営・業務が更に効率的に大きく変わっていくと考えられる。今後も新たなニーズに積極的に取り組み、より良い製品開発に努力を続けていく所存である。



橋本 哲郎 HASHIMOTO Tetsuo

情報・社会システム社 システムコンポーネツ事業部 機器技術部参事。交通自動機器のシステムの企画・開発に従事。

System Components Div.



藤本 浩章 FUJIMOTO Hiroaki

情報・社会システム社 システムコンポーネツ事業部 機器技術部主務。交通自動機器のシステムの企画・開発に従事。

System Components Div.



九嶋 英清 KUSHIMA Hidekiyo

情報・社会システム社 柳町情報・社会システム工場 ハードウェア部主幹。無線乗車券システムの企画・開発に従事。

Yanagicho Operations - Information and Industrial Systems & Services