

汎用電子乗車券システム
—事業者間での共通化試案—

八賀 明
汎用電子乗車券技術研究組合

「非接触」・「複数枚」・「共通化」を基本コンセプトする電子乗車券の開発プロジェクトが進行中である。「非接触」については、既にフィールドテストが繰り返され、実用化のめどがたつたと報告されている。「複数枚」については、同一事業者における定期券1枚とSF(ストアドフェア)券という単純な組み合わせでは問題が少ないと考えられる。残された課題は「共通化」の実現方法である。この課題は、事業者の経営戦略とも関連があつて、利用者のニーズと事業者の戦略は必ずしも合致する訳ではない。本論文では、汎用電子乗車券のセキュリティ及び利用者のニーズを考慮した上で、事業者の様々な経営戦略に合致すると考えられる「共通化」の実現方法を提案する。

Multipurpose Electronic Ticketing
(An idea of the common use between operators)

Akira Hachiga
Technological Research Association for Multipurpose Electronic Tickets

The basic requirements for electronic ticketing in Japan are contactless, multiple tickets and common use. Contactless ticketing technology is reported to be ready in practice. Multiple tickets will also be in practice, as far as one commuter ticket and stored fare tickets are concerned. Common use is, however, affected by the business strategy of individual operators and the scheme of common use realization is the important issue to be discussed by the Japanese transport operators. In this paper, an idea of common use ticketing, which satisfies the needs of passengers as well as the business strategies of operators, is proposed.

1. はじめに

1971年に始まったわが国鉄道の自動改札は、磁気乗車券を使用している。現在では、定期券・単券だけでなく、乗車券を購入せずに直接改札機を通ることのできる磁気式ストアドフェア(以後、SF=Stored Fare)券が普及している。

一方、ICカードの登場後、これを鉄道やバスの料金支払いに応用する試みが始まった。当初のICカードは、外部との情報通信用の端子をもつ接触型であったが、処理時間の制約が厳しい鉄道乗車券には、非接触型のICカードが適しており、今日では、乗車券への応用は非接触型のICカード

が主流となっている。

非接触ICカードの乗車券は、多数の国々で検討が進められている。わが国は、乗車券の種類が多い・都市鉄道の利用客の数が膨大である・交通事業者の数が多などの特徴があり、非接触ICカードに対する要件は、諸外国以上に厳しい。

本論文では、まず、電子乗車券の現状について概要を述べ、情報システムとしての特徴を明らかにする。次に、システム構成法とセキュリティの関連について検討を加える。最後に、汎用電子乗車券の重要課題である共通化の実現方法について提案を行う。

2. 電子乗車券の現状

2.1 現行自動改札システムの課題

関西地区から始まった鉄道の自動改札は、国鉄の民営化後は関東地区にも広がり、今では完全に定着しているように見受けられる。しかし、元来人手で行っていた業務を機械化したことにより、利用客に対するサービスの低下等、いくつかの問題を抱えているのが実状である。

利用者の立場では、改札機を通るたびにパスケースから定期券を取り出さなければならないことが結構面倒である。また、高齢者や障害者にとって、自動改札機は使い難い。また、直接的には自動改札の問題ではないが、精算機の前に行列ができるなど、乗り越し精算に手間がかかる。

事業者の立場では、改札機のメンテナンスが大きな問題である。現行の改札機は、挿入する乗車券の裏表や前後は自由でよい。この結果、乗車券の位置決めには精巧なメカニズムが必要であり、故障の原因となり易い。

なお、紛失した定期券について、現在は再発行ができない。これは、不正な定期券の使用を阻止する方法がないためである。確かに紛失責任は利用者にあるが、定期券は一般に高額であり、利用者からは何らかの対策が望まれている。

2.2. 電子マネーの動向¹⁾

欧州を中心に IC カード型電子マネーの実用化が進行中である。わが国でも、電子マネーの実証試験が計画・実施されているが、喧伝されている割には、普及はしていない。

電子マネーには「たまご」と「にわとり」問題がある。すなわち、使える場所が少ないから電子マネーを持つ人が増えないのか、電子マネーを持つ人が少ないから使える場所が増えないのかという問題である。

電子乗車券との関係では、図 1 のアンケート結果が注目される。わが国では、交通料金の支払が電子マネーの希望用途の一位になっている。図 2 のように、わが国は鉄道利用客が非常に多く、しかもそのうちの 65% (約 1,400 万人) は、定期券を持っている。したがって、定期券を入れた IC

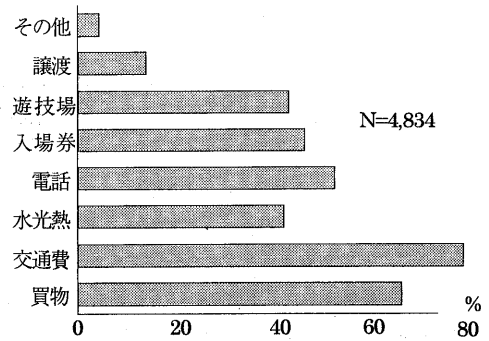


図 1 電子マネーの希望用途

交通事業者	利用客数 (百万人/日)
JR 東日本	7.8
民鉄	6.7
地下鉄	3.9
バス	2.8
その他	0.2
合計	21.4

図 2 首都圏における公共交通利用者

カードに電子マネーを付加すれば、「たまご」と「にわとり」問題は解決の可能性はある。これが金融関係者が電子乗車券に注目する所以である。

2.3 海外の動向²⁾

交通料金の支払いに IC カードを使用することは、欧米でも行われているが、大規模な実用化は東アジアで始まった。香港の公共交通乗車カードは約 400 万枚、韓国ソウル市の統一交通カードは約 200 万枚が既に発行されている。いずれも交通料金の支払に非接触型の IC カードが使用されており、将来は、駅の売店等、乗車券以外での利用も計画されている。

2.4 国内の動向

IC カードを鉄道の乗車券に利用する研究は、わが国でも、10 年ほど前から始まっている³⁾。無線周波数として、当初マイクロ波帯や中波帯が模索されたが、その後、この分野で使用する電波は、

国際的にも短波帯 (13.56MHz) が選択されるようになった。数年来フィールドテストを繰り返してきた東日本旅客鉄道 (株)⁴⁾ (以後、JR 東日本) は、最近、2001 年から非接触 IC カードを利用した乗車券を導入することを発表した。

3. 汎用電子乗車券

3.1 開発プロジェクト⁵⁾

運輸省は、96 年から 3 年計画で汎用電子乗車券の開発プロジェクトを推進している。このプロジェクトは、汎用電子乗車券のコンセプトを審議する汎用電子乗車券開発検討委員会、コンセプトに基づくパイロット・システムの開発と実証試験を担当する汎用電子乗車券技術研究組合(以後、TRAMET)、最終的には技術仕様の標準化を担当する日本鉄道サイバネティクス協議会 (以後、鉄道サイバネ) の 3 者によって進められている。

TRAMET のパイロット・システムで使用する非接触 IC カードは、JR 東日本の技術開発成果の延長線上にある。また、都営地下鉄 12 号線と都バス路線で実施する実証試験では、一般利用者から募集した約 2,000 人のモニタが、1 年間、以下の機能を持つ非接触 IC カードを使用する。

- ① 地下鉄、バスを同じカードで利用できる
- ② SF 付きの定期券として利用できる
- ③ SF は地下鉄とバス共通に利用できる
- ④ カード情報を更新すれば、同じカードを何度でも利用できる
- ⑤ 故障・紛失の場合、カードを再発行できる
- ⑥ ネガ情報を配信し、不正使用を防止できる
- ⑦ 定期券の乗り越しを改札機で精算できる

プロジェクトの最終目標は、同じ IC カードを複数の交通機関で共通に使用できるような仕組みについて成案を得ることである。

3.2 汎用電子乗車券のコンセプト

(1) 非接触 IC カード導入の目的

磁気乗車券システムの課題を解決することが必要である。「改札機保守経費の削減」, 「乗車券の変造・偽造・不正使用の防止」, 「事業者間

での共通化によるサービスの向上」, 「改札機の機能向上によるサービスの向上」, 「新サービスの導入による顧客の確保」などが目的である。

(2) カードの ID 管理

電子乗車券は、磁気乗車券よりも記憶容量が大きく、また、いずれは CPU 内蔵の方向に向かうと考えられる。セキュリティの面からは、ホストコンピュータによるカード ID 管理を行うことが望ましい。これが実現すれば、「紛失時のカードの再発行」 「カード故障時の SF 残額保証」などが可能となるほか、顧客データベースと連携した新しいサービスも提供できる。

(3) IC カードの目標性能

コスト・信頼性については、磁気式に対抗できることが必要である。無線性能については、カードとリーダライタの通信距離は 10cm 以上、通信速度は 212 k Bit / s 以上、改札処理時間は 200ms 以下を目標としている。

(4) IC カードのリサイクル

同じ IC カードを繰り返し使用できれば、磁気カードより割高なコストが低減できる。問題点のひとつは、定期券の券面印字である。磁気定期券と同様、IC カードの券面に有効区間・有効期間等のデータの印字が不可欠であれば、IC カードをリライトしなければならない。

(5) IC カードの共通化

1 枚の IC カードを多目的に使用できることが汎用電子乗車券の意義である。鉄道やバスという複数の交通モード間での共用、複数の交通事業者間での共用、さらに、交通料金の支払い以外にも使用できるものと考えている。

4. セキュリティ対策

4.1 セキュリティと分散型システム

IC カードのセキュリティとして、「カードの偽造・改竄」, 「カードの紛失・盗難」, 「カードの破損・故障」への対応を考える必要がある。

「カードの破損・故障」の問題は、SF の残額保証に関係する。現金は、故障するという事ではなく、破損は持ち主の責任である。これに対し IC

カードの場合、破損・故障の責任が不明確になることが懸念される。カードを故意に破損する可能性も否定できない。真のSF残額に関する正しい情報を入手できないと、悪意の持ち主は、多額の残額保証を要求するであろう。現行の磁気式のSF券は、使用の都度、裏面に残額を印字することによってこの問題に対応している。

ICカードの場合、

- ① カードにチャージできるSF総額に上限を設け、悪意の持ち主が故意にカードを破損する誘因を取り除く
- ② 再交付するカードのIDを管理し、悪意の持ち主による繰り返し破損を防止することができれば、カードに主体性をおく分散型のシステム構成も可能と考えられる。

「カードの紛失、盗難」は、現金と同様、持ち主の責任である。もちろん、汎用電子乗車券システムとして何か救済ができれば、利用者サービスの向上となる。これについては後述する。

「カードの偽造、改竄」対策は、セキュリティ問題の中心である。一般にICカードは、カードとリーダライタ間の相互認証によって、互いの正当性を確認している。また、情報を暗号化して、解読を防止している。汎用電子乗車券システムの場合も、基本的には、同様の対策が必要である。しかし、リーダライタ盗難の可能性を否定することは困難なので、偽造・改竄を完全に防止しようとしても、実際には不可能である。

4.2 ネガティブリストの利用

ホストコンピュータを利用すれば、偽造・改竄に対するセキュリティは飛躍的に向上する。具体的には、ホストコンピュータ上にカードのデータベースを構築し、SF残額を管理する。SF残額の増減をトレースできれば、システムの外部における偽造・改竄は、ほとんど完全に防止できる。

改札機でのICカードの処理時間は、200msと短いので、改札機が、リアルタイムでのSF残額のトレースは困難である。一方、改札機で差し引かれるSFは少額なので、次のようにして、不正カードを発見し使用を阻止することができる。

- ① SF使用金額が大きい場合、端末機からの照会があれば、ホストコンピュータはリアルタイムでSF残額をトレースし、不正の有無をチェックする
- ② SFの使用金額が小さい場合、ホストコンピュータが、1日に1回の割合でSFの使用実績をトレースし、ネガティブリストに登録すべき不正カードを探す
- ③ ホストコンピュータは、鉄道やバス等比較的少額のSFを差し引く機器宛に、毎日ネガティブリストを配信する
- ④ 駅の改札機やバスの料金箱は、カードIDとネガティブリストを照合し、不正カードの利用を阻止する

ネガティブリスト方式では、IDが登録されるまでの間、不正カードの使用は阻止できないが、法的措置と組み合わせれば、悪意の持ち主を牽制する効果が大きいと考えられる。

4.3 ICカードの再発行

ネガティブリストを利用すれば、紛失・盗難したカードを利用することも、原理的には阻止可能である。したがって、ICカードの再発行というサービスも提供できる可能性が大きい。しかし、システム規模が大きくなると、ネガティブリストも大きくなり、処理時間や記憶容量の面からの制約が出てくることが考えられる。

偽造・改竄と違い、紛失・盗難は利用者の自己責任なので、再発行する条件として、利用者にもコスト(手間)を負担させる方法でもよいと考えられる。すなわち、ICカードに有効期間を設定し、期間の更新は利用者自身に行って貰うことにする。例えば、6ヶ月の定期券を購入した場合は、カードの有効期間を1ヶ月とし、毎月一度、利用者自身が駅の端末を操作して有効期間の更新を行う方法が考えられる。有効期間はICカードに記録されるので、改札機でのチェックは容易であり、ネガティブリストに登録する必要が無い。有効期間の長さは利用者の選択に任せる。再発行を希望しない場合は、ICカードと定期券の有効期間を一致させておけばよい。

5. ICカードの共通化試案

5.1 共通化に対するニーズ

汎用電子乗車券の目標は、「いつでもどこでもこれ一枚」で、公共交通機関を利用できることである。しかし、わが国の交通事業者の多くは民営化されていて、競争原理が働いている。このためICカードの共通化にも事業者の経営戦略が反映される。この点は、現行磁気式SFカードの共通化の実態を見れば明らかである。

交通事業者のニーズは、次のように集約できると考えられる。

- ① 顧客を囲い込むため、自社独自のカードとSFを発行したい
- ② 共通化を行うと事業者間の清算が必要であるが、清算機構の設立を前提としないで、現行清算方式も踏襲できるようにしたい
- ③ 交通事業の収入は、ICカードにチャージしたSFも他の事業者から受け取るSFも日銭として決済したい

さらに、事業者によっては、特定の事業者との共通化を拒否する場合も考えられる。

5.2 共通化のスキーム

ICカード内のSF記憶領域をポケットと呼ぶ。ここで提案する汎用電子乗車券共通化の基本的な考え方は、固定的なポケットを設けず、生成・消滅をダイナミックに行うことである。

ICカードの発行及びSFの発行・清算を行う事業体をCCC (Common Card Corporation) と呼ぶ。CCCが一つの場合、ポケットもひとつとなるので共通化問題は存在しない。香港やソウルがこのケースに相当する。共通化問題とは、複数のCCCが存在する場合の共通化の仕組みであり、簡単であるほど利用者のニーズの合致する。

(1) 共通化の基本条件

- ① CCCの数は任意である
- ② ひとつのCCCに加入できる事業者数は、そのCCCで自由に決定できる
- ③ 1事業者は複数のCCCに加入できる
- ④ 1枚のカードに、 k ($k \geq 1$) 個のポケットを生成できる

⑤ SFをチャージするとき、同一CCCのポケットがあれば、そこにチャージされる

⑥ SFをチャージするとき、同一CCCのポケットが無く、ポケット総数が k 未満であれば、新たにポケットが生成され、そこにチャージされる

⑦ ポケットが生成されると、アクセス鍵 K 、事業体名CCC、残額Totalが記憶される

⑧ SFを使用した結果、残額がゼロになったポケットは消滅する

⑨ CCCは、必要なときは、使用を認められた他のCCCのSFを払い戻し、自己のSFに振り替えることができる

①によれば、どの事業者でも、自社だけを加入者とするCCCを設立し、独自のカードとSFを発行できる。③によれば、プレミアムの有るSFのポケットと無いSFのポケットを同じカードに生成することができる。⑦によれば、アクセス鍵があれば、他のCCCのSFを使用できる。⑧、⑨によれば、不要なポケットは消去できる。

(2) 共通化マトリクス

CCC_i が生成したポケットのアクセスキーを K_i で表す。事業者間のSFの共通化をマトリクス T で定義する。 T の要素 t_{ij} は、 CCC_i が CCC_j のSFを使用できる場合、 $t_{ij} = K_j$ 、使用できない場合、 $t_{ij} = \text{null}$ である。CCCがアクセス可能なポケットの鍵は、 T の行ベクトルで与えられる。

(3) ポケット管理アルゴリズム

ICカードに CCC_i のSFをチャージするとき、ICカードの状態は、次のいずれかである。

Case1: ICカードに、既に CCC_i のポケットが存在する

Case2: ICカードに、 CCC_i との共通化を認められた CCC_j のポケットが存在する

Case3: ICカードに設定されているポケット数は k 未満である

Case4: ICカードに設定されているポケット数は k である

ICカードのポケットを管理し、SFのチャージを行うアルゴリズムは、次のようになる。

Case1 のとき

- ① CCC_i のポケットにチャージする

Case2 のとき

- ① CCC_j のポケット残額 $Total_j$ とチャージ額 $Input_i$ の合計 $Total_i$ を求める
- ② CCC_j のポケットを消滅する
- ③ CCC_i のポケットを生成する
- ④ $Total_i$ を CCC_i のポケット残額とする
- ⑤ $Total_j$ を CCC_j を請求先とする CCC_i の債権とする

Case3 のとき

- ① CCC_i のポケットを生成する
- ② $Input_i$ を CCC_i のポケット残額 $Total_i$ とする

Case4 のとき

- ① カードへのチャージは断念する

5.3 共通化のシミュレーション

東京地区で3つ、関西地区で2つのCCCが設立されたと仮定し、共通化の評価を行ってみる。

(1) 共通カード発行体

$CCC_1 = \text{JR 東日本}$, $CCC_2 = \text{大手民鉄}$, $CCC_3 = \text{バス共通カード}$, $CCC_4 = \text{スルッと関西}$, $CCC_5 = \text{JR 西日本}$ とする。

(2) 共通化マトリクス

図3のような共通化が合意されたものとする。

(3) 汎用性の評価

- ① 最大ポケット数 $k=1$ の場合
 - a. CCC_1 (JR 東日本) のSFをチャージしてあれば、東京地区も関西地区もカードが1枚あれば間に合う
 - b. CCC_2 が CCC_1 に対抗するため、 CCC_5 と共通化の交渉を始める可能性がある
 - c. 関西地区は、 CCC_1 のSFをチャージする機会が無く、利用者は、 CCC_4 または CCC_5 の一方のSFしか持てないので、不満が出る
- ② 最大ポケット数 $k=2$ の場合
 - a. CCC_1 と CCC_3 のSFをチャージすれば、東京地区のバス共通カードが利用できる
 - b. 関西地区でも CCC_4 と CCC_5 の両方のSFを持てるので、汎用性が高まる

	CCC_1	CCC_2	CCC_3	CCC_4	CCC_5
CCC_1	K1	K2	null	K4	K5
CCC_2	K1	K2	null	K4	null
CCC_3	K1	K2	K3	null	null
CCC_4	K1	K2	K2	K4	null
CCC_5	K1	null	K2	null	K4

図3 共通化マトリクスの例

6. おわりに

本論文で提案した共通化案は、事業者のニーズを最大限に取り入れてあり、CCCが一つの場合も各事業者がそれぞれ独自のCCCを設立した場合も包含している。このような汎用電子乗車券は、SF残額がゼロのポケットが消滅するので、国内外のどこでもSFをチャージして使用すればよい。すなわち「いつでもどこでもこれ1枚」である。さらに、ICカードに設定できる最大ポケット数がカード毎に異なっても問題ない。ホストコンピュータの存在を前提にすれば、カードの発行を自由化できるもで、事業者にとってコスト削減のメリットが大きいと考えられる。

参考文献

- 1) 電子マネーと電子商取引に関する欧州動向調査報告書,ICカードシステム利用促進協議会,平成9年2月
- 2) 汎用電子乗車券欧州・香港調査報告書, (財) 運輸経済研究センタ,平成10年3月
- 3) 後藤,明星,松原,非接触ICカードを応用した旅客情報システム,鉄道総研報告, Vol.10, No.4, 1996.4
- 4) Miki, S., Takai, T., Tsujimaki, S.: Development of Ticketing System with Contactless Smart Card, Proc. of WCRR'97, Florence, 1997.
- 5) 汎用電子乗車券の開発検討に関する報告書, (財) 運輸経済研究センタ,平成9年3月