

非接触 IC カードによる出退勤管理システムの作成

佐々木健一 松原広 篠原専二 高沢美佐子
鉄道総合技術研究所

当研究所では、現在鉄道分野で広く導入されている磁気式自動改札機の欠点を解決すべく、非接触 IC カードを用いた新しい出改札システムを開発している。すでに試作機を作成し、様々な実験を通して十分実用に耐え得ることが分かったので、システムの長期試験を兼ね当研究所の出退勤管理システムに導入することとなった。非接触 IC カードを出退勤管理システムに応用するに当たって、そのシステムを容易に構築するために、ゲート機器の操作に必要な機能をライブラリにまとめた。そして出退勤の現状を分析し、非接触 IC カード導入の効果について考察した。

ATTENDANCE MANAGEMENT SYSTEM USING IC CONTACTLESS CARD

Kenichi SASAKI Hiroshi MATUBARA Senji SINOHARA Misako TAKAZAWA
Railway Technical Research Institute
2-8-38, Hikari-cho, Kokubunji-si, Tokyo 185, Japan

In our institute, we have been developed the new platform gate systems using IC contactless card which can make up for defects of magnetic type platform gates. We have already made experimental machines and found they can put to practical use sufficiently through various experiments. So we introduce this system as the attendance management system of our institute for the long time experiment. We constructed the system, and made the library which includes gate application functions. And we analyzed the present condition of attendance, considered the effect of this system.

1 はじめに

約20年近く以前に開発された磁気式自動改札機は、主として関西の大手民鉄や地方公営交通機関に導入されてきたが、近年ようやく首都圏においてもその活躍ぶりを見るようになった。しかし、磁気式改札機には、改札能力が人手によるそれと比較して劣ること、顧客へ改札機へ定期を挿入する動作を強制すること、と云った短所があり、改良が求められていた。

当研究室にて研究してきた非接触ICカードを用いた自動出改札システムは、上記の短所を解決すべく開発されたもので、電磁波により非接触でデータをやりとりできる点に特徴がある。実際の出改札システムに導入する前に、このシステムを長期試験を兼ね当研究所の出退勤管理システムに導入し、その結果をシステム開発にフィードバックさせるべく、次年度(平成4年4月1日)より稼働させることとなった。

本研究では、非接触ICカードを用いた出退勤管理システムと、それを構築するライブラリについて述べる。

2 非接触ゲートとICカード

2.1 開発の沿革

我が国の鉄道における改札の自動化は昭和38年頃[1, 2]から研究され始め、昭和41年には近鉄阿倍野橋駅で試行されている。現在の自動改札の主流となっている磁気方式の研究は昭和43年頃から国鉄、近鉄、阪急等を中心として進められ、当初は関西の大手民鉄や地方公営交通機関に、そして近年JR東日本や関東大手民鉄に導入されるに至っている。

しかし磁気式自動改札機の導入は、鉄道会社から見た場合は改札人員の削減などと云った合理化のメリットがあるものの、利用者である顧客側から見た場合、何のメリットもないのが実情であり、むしろ顧客に改札機へ定期を挿入する動作を強制するなどといったデメリットすら発生している。

そこで、切符が顧客にとってどういう役割を担っているかを考えると、

1. 定められた地点間の運輸契約証書
2. 上記契約内容の案内

の2機能が考えられる。鉄道会社側は上記の2機能を最低限に満たすような形で、明治時代の新橋～横浜間開業以来の“切符システム”を採用してきており、その基本的な考えは現在に至るまで変わっていない。それに対し現在顧客は、

- ・あらかじめ、目的地やコースを決めておかないと切符が買えない。
- ・切符の種類が多すぎて、どの切符を買えば顧客の目的に適合するのかわからない。

と云った不満を抱いている。

これらの点を考慮し、しかも現行のシステムに比較し顧客に不便を感じさせないような新しい出改札システムを考えると、その基本概念として、

1. 現在の定期券のような感覚で改札を通過できる。
2. 多機能化・自動化に備え改札通過時点において、正当性の正否のみならず通過記録を保持する。
3. 定期券、あるいはクレジットカード程度の大きさとし、持ち運びに不便を感じない。

の3条件を挙げることができよう。こうして、従来通り「切符」として鉄道等の交通機関を利用でき、しかも非接触で改札機器との間でデータのやりとりができるカードがあれば、今後の鉄道等の営業システ

ムに大きな影響を与えると考え、非接触 IC カードシステムを開発した。

2.2 ハードウェア概要

2.2.1 非接触 IC カード

非接触 IC カード開発時に、その目標として表 1 [3] の仕様を考えた。

表 1 非接触 IC カード目標仕様

項目	目標	備考
大きさ	ISOサイバネサイズ	量産時。試作品については緩やかで良い。
メモリ容量	数百バイト	暫定的。
読み書き	可能	書き込みは必要部分のみで良い。
通信保証距離	30 cm 程度	ケースに入れたままでよい。
通信禁止距離	1 m 以上	隣接装置とのクロストークがないこと。
通信時間	200 ms 以内	改札口で流れを阻害しないこと。
読み書きの方向性	ない(理想)	1 平面内の向きが自由であれば良い。
改札エラー率	10 ⁻⁵ 程度以下	駅環境で上の諸条件を満たすとき。
環境物理条件	ISO 規格準拠	暫定的。

前節においてのべた 3 条件を満たす伝送方式として様々な方式が考えられたが、当面は電磁波による方式の可能性が高いことが想定されたので、中波帯とマイクロ波帯の非接触 IC カードを検討し、中波方式については昭和 62 年 [6] より、マイクロ波方式については平成元年度 [8] より試作を開始した。なお、出退勤管理システムへの導入に当たっては、現時点で実用化レベルに達した中波方式のシステムを採用した。今回出退勤管理システムで用いる IC カードと、その仕様を図 1 及び表 2 [4] に示す。

表 2 中波方式非接触 IC カード仕様

カード寸法	約 54 mm × 85.5 mm × 1.4 mm
カード質量	約 10 g
通信方式	誘導式通信による半二重通信
使用周波数	送信:409.6 kHz 受信:175.5 kHz
データ伝送速度	12.8 kbps
動作範囲	対向 30 cm 以内
応答処理時間	約 0.2 s
電池寿命	1.5 年(保存期間含む)

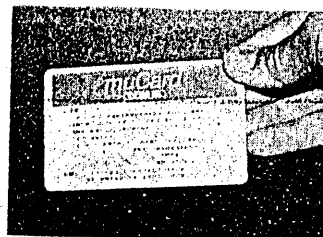


図 1 中波方式非接触 IC カード外観

2.2.2 非接触ゲート

今回出退勤管理システムに用いる非接触ゲートを図 2 へ示す。このゲートは従来の磁気式自動改札機に取り付け、磁気式と非接触式の両方式を併用するために [5] 開発されたもので、その仕様は表 3 のようになっている。

表3 中波方式非接触ゲート仕様

項目	仕様
交信範囲	30cm 程度
外形寸法	176 mm × 542 mm × 56 mm
電源電圧	5V or 24V

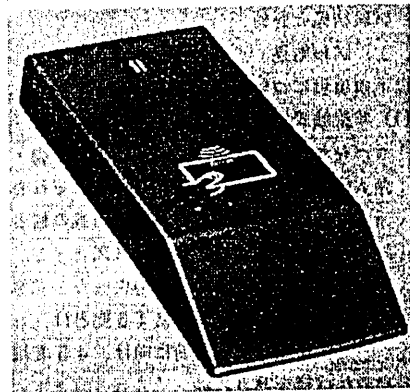


図2 中波方式非接触ゲート外観

ゲートには、ゲートモードと発行機モードの2モードがある。基本的に、ゲートモードでは、ゲートはカードからデータを受信してそれを処理する機能を実現し、発行機モードでは、ゲートはカードへデータを書込む機能を実現する。

各モードはさらにそれぞれ3つの下位モードを取り、そのモードにより実現できる機能が異なる。各下位モード間の状態遷移は、ソフトウェアにより指示できる。各モードの取る下位モードと、その時実現できる機能を表4へ示す。

表4 ゲートのモード種別

モード	下位モード	実現できる機能
ゲートモード	初期モード	電源投入時はこの状態にある。
	待機モード	改札機能は停止しているが、モードの変更が可能である。
	改札モード	改札機能によりカードよりデータを受信する。
発行機モード	待機モード	電源投入時はこの状態にある。
	読込モード	カードの全データを読み込む。
	書込モード	カードにデータを書き込む。

2.3 出退勤システムへの適応

中波方式、マイクロ波方式の両方式ともすでに専用連続試験機による試験、研究所内廊下に設置しての試験、駅構内における現地試験、及び電波雑音測定試験などを実施した [7] が、顧客に不便を感じさせない十分実用に耐え得るシステムにするためには、日常環境における長期間にわたる試験も不可欠である。

そこで、当研究室では非接触 IC カードシステムを実際の出改札に導入する前に、プロトタイプとして当研究所の出退勤管理システムに導入し、併せて長期試験も行うことにした。

出退勤管理システムには、

1. 会社への入場と、会社からの出場の2回の動作によって勤務時間が確定される。
2. 特に朝の出勤者が集中する時間帯などでは、チェックの待ち時間が許されない。

と云った鉄道出改札に通じる特徴があり、それゆえ今回の結果を非接触式自動出改札システムの実用化へ十分にフィードバックすることができる。

3 出退勤管理システム用非接触ゲートライブラリ

3.1 出退勤管理システム構成

非接触ゲートの制御を中心とした出退勤管理システムの概要図を図3へ示す。

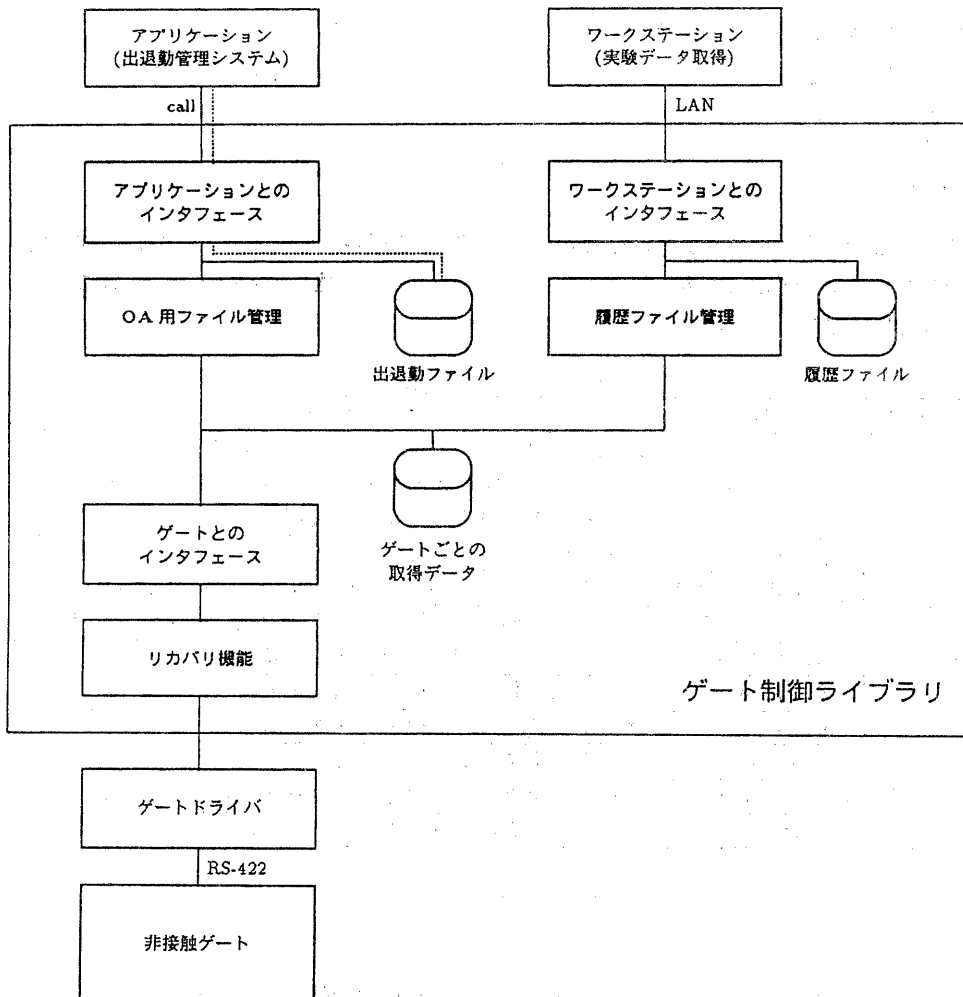


図3 出退勤管理システムライブラリ構成

3.2 非接触ゲートライブラリ構成

非接触ゲートライブラリはゲートドライバと、ゲート制御ライブラリに大別される。ゲートドライバはゲート制御ライブラリの下位ライブラリで、ゲート制御ライブラリは、アプリケーションからの指令を受けゲートを運営し、保守の必要があるときはこれを保守するためのライブラリである。このうち、当方で作成を担当したのはゲート制御ライブラリである。

両ライブラリとも、以下の3条件のもとに開発された。

1. 開発には、Microsoft Compiler Version 4.00 を用いる。

2. メモリモデルは原則として再コンパイルにより全モデルに対応とするものとする。
(出退勤管理システム稼働時には Large scale size でコンパイルしたものをを用いる。)
3. アプリケーションプログラム開発に支障のない程度のサイズに押える。

また、ライブラリ開発の基本思想として、

- ・できるだけメモリを圧迫しない。
- ・可能な限り素早いレスポンスを実現する。
- ・ヒープエリアは使用しない。

ことを念頭においてある。

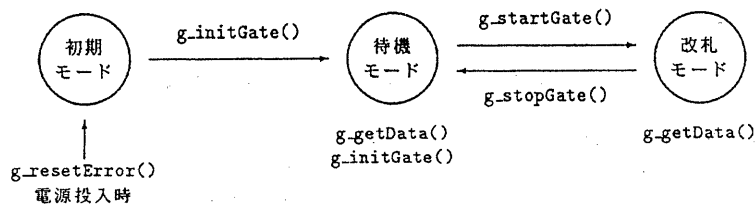
3.2.1 ゲートドライバ

ゲートドライバは、下位モードの切替えを低レベルで制御する関数群と、動作するのに必要な情報を得るための関数を加えた10機能を関数として持つ。それらの名称と機能を表4へ示し、関数を発行した場合のモードの遷移状態を図4へ示す。

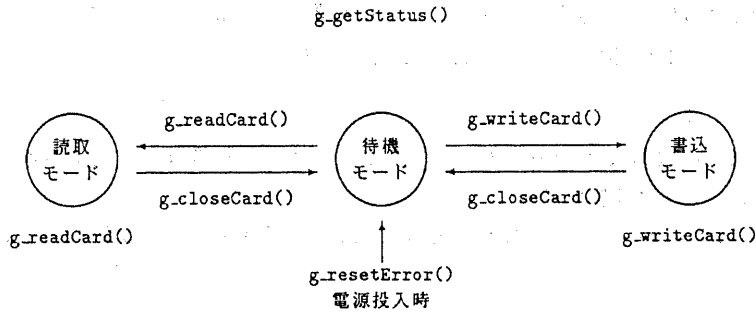
表5 ゲートドライバ関数群

使用するモード	関数名	機能
両モード共通	g_presetWRer()	RS-232C ドライバのセット、ゲートのモードチェック、番号セット、通信タイムアウト時間などの設定を行い、各ライブラリ群の動作定数の設定を行う。
	g_getStatus()	ゲートのステータスを得る。
	g_resetError()	ゲートをエラー状態から復帰し電源投入時の状態とする。
ゲートモード	g_initGate()	ゲートに時刻と、入場用もしくは出場用の設定を行う。
	g_startGate()	ゲートに改札処理の開始を指示する。
	g_endGate()	ゲートに改札処理の停止を指示する。
	g_getData()	ゲートに蓄積された改札データを取得する。
発行機モード	g_readCard()	カードの全データを読み込む。
	g_writeCard()	カードに全データを書込み、カードの発行を行う。
	g_closeCard()	カードデータの読み込みまたは書込みを終了する。

g_getStatus()



(a) ゲートの場合



(b) 発行機の場合

図4 ゲートドライバ関数と下位モード遷移関係図

3.2.2 ゲート制御ライブラリ

ゲート制御ライブラリは、当研究所の統合OAシステムの開発セクション(以下、OAとする)へ提供され、非接触ICカードを用いた出退勤管理システムのアプリケーションの開発に使用される。

これは図3で示した大きなボックスに相当し、OAが開発したアプリケーションと、ゲートドライバとの中間に位置し、アプリケーションへの利用しやすいインターフェイスの提供と、ゲートドライバのコントロール、および試験としてのカードの処理データを収集する機能(図3にてボックスで示した)を実現する。

OAより提示されたゲート制御ライブラリに要求される機能と、各機能に対する条件を以下に示す。

- アプリケーションとのインターフェイス

《機能》ゲート用インターフェイスと発行機用インターフェイスの2機能がある。

1. ゲート用インターフェイス

〈運用機能〉基本的にアプリケーションからデータ格納用ファイル名が指定され、ライブラリはカードデータをそのファイルに格納する(図3点線部)。

この他に時刻の設定、モードの設定とゲートの運用と一時停止を行う。

〈保守機能〉ゲート異常時のエラーリセット機能と、ゲートからの時刻やモードの取得を行う。

2. 発行機用インターフェイス

基本的に、カードデータの書込みおよび読み込み機能を実現する。

《条件》アプリケーションをダウンしてOSレベルに落しても、次回アプリケーションを起動すると自動的に周辺環境が整備され、ゲートの制御を続行できる。

- OA用ファイル管理

《機能》ゲートから取得したデータを、OAより指定されたフォーマットへ変換し、アプリケーションから指定された名前を持つファイルにテキスト形式で格納する。

《条件》その際カードデータについては可能な限り保証し、データ抜けのないようにする。

- ワークステーションとのインターフェイス

《機能》カードデータを処理する際に、試験データとしてカード処理状態のデータはイーサネット経由で当研究室のワークステーションに送信される。転送されたデータは、カードの信頼性試験のデータとして分析される。

《条件》この処理は、アプリケーションには一切影響を与えない方式で実現し、この処理でエラーが発生しても、一切外部アクションは起こさないものとする。

- 履歴ファイル管理

《機能》ゲートから取得したデータをそのままテキスト形式に変換し、取得の際に発生したエラー値とともにファイルに格納する。

《条件》この場合もカードデータについては可能な限り保証し、データ抜けのないようにする。

- リカバリ機能

《機能》エラーなどの発生は極力アプリケーションに通知せず、可能な限りリカバリを行うものとする。

- ゲートとのインターフェイス

《機能》アプリケーションからの不正要求に対しては、前もって正当性をチェックし、できる限りゲートドライバに負担をかけないようにし、不用意な障害を未然に防ぐ。

《条件》ゲートの制御にはゲートドライバのみを使用し、直接 RS-232C を操作することは一切行わない。

上述の機能や条件をそれぞれ検討し、以下の方針に従いライブラリを構築した。

1. ライブラリを構築するコマンドは、基本的にアプリケーションとのインターフェイスを実現する各機能に対して一つを設定する。また OA より提示された条件は、各コマンドの冒頭にフラグを立て、その値を参照することによりゲートドライバ関数 `g_presetWRer()` を発行させることにより満たす。
2. 各コマンドは、ゲートに対して使用する運用コマンドと保守コマンド、発行機に対して使用する発行機コマンドの三種類に分類する。
 - 運用コマンドは通常の運用のため使用され、基本的に全ゲートに対して操作する。以下の 5 コマンドがある。
 - (a) データ取得コマンド
 - (b) 運行停止コマンド
 - (c) 運行開始コマンド
 - (d) 時刻設定コマンド
 - (e) モード設定コマンド
 - 保守用コマンドは、発行機を含めたゲートに異常があったときの対応のため使用され、各ゲート又は発行機に対して操作する。以下の 3 コマンドがある。
 - (a) リセットコマンド
 - (b) モード取得コマンド
 - (c) 時刻設定コマンド
 - 発行機コマンドはカード発行のために使用され、発行機に対し操作する。以下の 2 コマンドがある。

(a) データ読込コマンド

(b) データ書込コマンド

- リカバリ機能とゲートとのインターフェイスは、各コマンド内部で実現される。リカバリは基本的にリトライにより解決するものとし、指定した回数だけゲートドライバ関数をリトライさせるようにした。なお、リトライ回数については立ち上げ時に動作定数ファイルより読み込ませることにした。
- OA ファイル管理、ワークステーションとのインターフェイス、及び履歴ファイル管理は運用コマンドのデータ取得コマンドに内包される。ワークステーションとのインターフェイスと履歴ファイル管理については、出退勤データファイル作成時に、同時に履歴ファイルを作成し、データ収集終了後にそれをソケット方式を用いてワークステーションへ転送させるようにした。

こうして、表5に示した各関数をコマンドとしてライブラリに登録した。

表5 ゲート制御ライブラリ関数群

コマンド	関数名	主な機能
運用コマンド	g_storeData()	ゲートにあるデータを吸い上げ、ファイルに落とす。
	g_closeGate()	ゲートの改札を一時的に停止する。
	g_openGate()	ゲートの改札を開始する。
	g_setTime()	ゲートへ時刻を設定する。
	g_setMode()	ゲートのモードを設定し、必要なら時刻も設定する。
保守用コマンド	g_resetTerm()	エラーの出たゲートや発行機をリセットする。
	g_getMode()	ゲートや発行機の現在のモードを得る。
	g_getTime()	ゲート内部のタイマ値を得る。
発行機コマンド	g_writeData()	カードにデータを書込み、カードの発行を行う。
	g_readData()	カード内の全データを読み込む。

4 出退勤の現状と将来の考察

4.1 出退勤現状分析

現在、鉄道総研においては磁気式カードによる出退勤の管理を行っている。その現状を分析して [9]、以下の結果が得られた。

- ・出勤は、8:46～9:00に全体の36%が集中しており、15分間に最高147名がチェックしている。よって出勤は集中型と言える。
- ・退勤は出勤ほど顕著な集中が見られず、15分間に最高でも37名しかチェックしてない。よって退勤は分散型と言える。
- ・出退勤の分布は年間を通して平準化されており、月毎の変化は見られない。
- ・チェックにかかる行動パターンを分析すると、以下の7パターンが得られる。出勤者はこのパターンの幾つかを選択してゲートを通過しているが、選択パターンの違いによる実質的なゲートの通過時間（カードを通す時間）の相違は見られない。
 1. 荷物をおく
 2. 定期入れを出す
 3. カードを出す

4. カードを通す
5. カードをしまう
6. 定期入れをしまう
7. 荷物を取る

・上記のパターン分析から、一人当たりのチェックにかかる時間(ゲート占有時間)は平均1.65秒である。

4.2 非接触ゲート導入の効果についての考察

非接触ICカード導入後は、上記のパターンから「カードを出す」「カードをしまう」パターンが消滅し、結果として約7.25秒の時間が削減されることになる。現在、カードをチェックするゲートは総研本館内に4台、門を入った守衛室に1台の計5台がおいてある。非接触ICカードシステム導入時にはゲート数は1台減らされ、総研本館内に2台、守衛室に2台の総計4台で運営される予定であるが、上記の結果よりゲート通過にかかる時間が短くなるので、各部のゲートが1台故障しても、人の滞留などの問題は特にない[9]と考えられる。

また、出通勤者に及ぼす心理的効果についても、「めんどくなく通過できる」と云う意識が働くことにより、その影響は大きいものと思われるが、導入後に改めて調査する必要がある。

5 結言

非接触ICカードを用いた出改札システムを開発するに至った経緯について言及し、それを長期試験を兼ね、当研究所の出通勤管理システムに適応するに当たって留意した点とそのシステムを構築するために作成した、システム運行に必要な機能を包含したソフトウェアライブラリについて述べた。最後に出通勤の現状を分析し、非接触ICカード導入の効果について考察した。

参考文献

- [1] 村戸健一「出改札機(1)—自動出改札とそのシステム」, 車両と機械, Vol.3, No.1, p29-34(1989.1)
- [2] 村戸健一「出改札機(2)」, *ibid.*, Vol.3, No.5, p24-28(1989.5)
- [3] 三木彬生「非接触ICカードによる乗車券システムの基本構想」, 鉄道総研報告, Vol4, No.12, p53-60(1990.12)
- [4] 三木彬生・大倉忠廣他「非接触ICカードを用いた乗車券システム」, 三菱電機技報, Vol65, No.7, p53-57(1991.11)
- [5] 青柳秀幸・大倉忠廣他「非接触カード式定期券の自動改札機での併用」, 第28回鉄道におけるサイバネティックス利用国内シンポジウム論文集 210, p68-72(1991.11)
- [6] 三木彬生他「鉄道切符のための非接触ICカードの試作」, 第25回鉄道におけるサイバネティックス利用国内シンポジウム論文集 109, p83-87(1988.11)
- [7] 三木彬生他「鉄道切符のための非接触ICカードの試作(その2)」, 第26回鉄道におけるサイバネティックス利用国内シンポジウム論文集 216, p43-47(1990.2)
- [8] 後藤浩一他「マイクロ波による鉄道切符用非接触ICカードの試作」, *ibid.* 217, p88-92(1990.2)
- [9] 高澤美佐子「出通勤カードシステム開発におけるシステム分析」, 鉄道総研総務部総務課部内資料