

## タッチレスゲートへの応用に向けた 人体近傍通信技術の 基礎調査研究



篠谷 洋一郎\*



三田 哲也\*

フロンティアサービス研究所では、快適な駅空間を形づくる改札システムを目指し“利便性が高い”“誰でも使いやすい”“バリアフリー”をコンセプトとしたタッチレスゲートシステムを検討している。本研究では触るだけで情報通信ができる人体近傍通信技術を用いて、タッチレスゲートの実現に向けたユーザービリティに関する課題抽出と必要な通信処理性能の検証を行った。

●キーワード：タッチレスゲート、人体近傍通信技術

### 1. はじめに

本研究ではタッチレスゲートを実現するため、人体近傍通信技術を用いた。この技術は人体の表面に微弱な電界を誘起し、送信機または受信機内の高感度電界センサーにより、電界の変化を検知することで通信を行う仕組みである。人体内に直接電流を流さないため、心臓ペースメーカーの方でも安心・安全に使い、人体の状態（衣服、靴などの上から）に依存することなく、通信が出来、双方向通信が可能である。この人体近傍通信技術を用い、デモ用タッチレスゲートを作製し、アンケートおよび使用者観察から、使用者が使用する際に課題となる問題点の抽出と人体近傍通信のデータ通信時間および歩行速度に関する測定を行った。（図1）

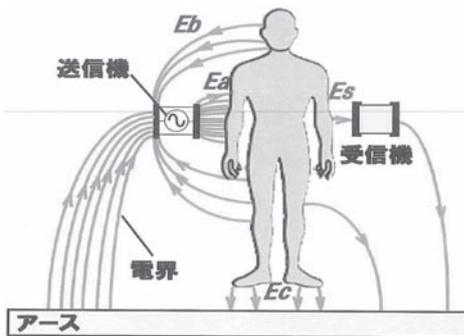


図1 人体近傍通信の仕組み

データ量（336byte）を有し、このカードを持った使用者が電極を踏むことにより、「入場」および「出場」の表示を入出端末（PC端末）に行う。（図2、図3）

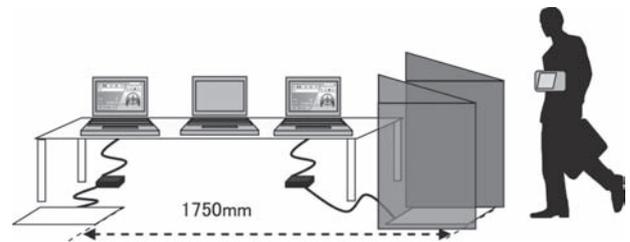


図2 デモ用タッチレスゲート全体システム構成図

### 2. 開発概要

#### 2.1 システム概要

本研究のシステム構成は、【電極（365mm×365mm）⇒床側送受信機⇒入出場用端末】を1組とし、デモ機では2組を用いた。電極間の距離は現行自動改札機（EG2）の通路長（1750mm）とした。

カード型送受信機（90×55×5mm）はSuicaとほぼ同等の

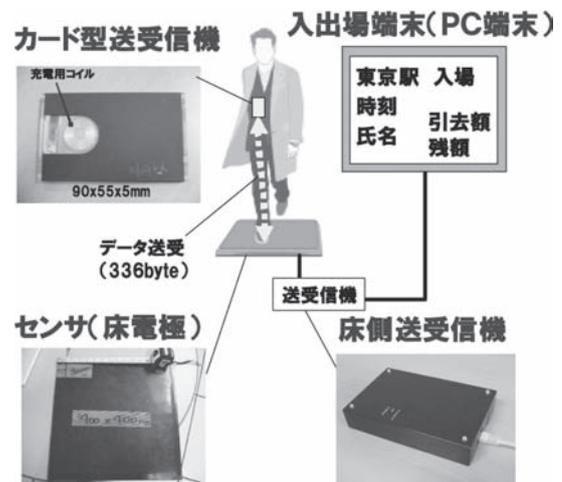


図3 システム構成図

## 2.2 システムシーケンス

床側送受信機はカード型送受信機に対して絶えずポーリング（接続要求）を行っている。接続確立が行われると、「接続確認（連続3回）」、「認証」、「利用データ読み出し（2回）」、「利用データ書き込み（2回）」の順となるシーケンス（処理）になっている。（図4）

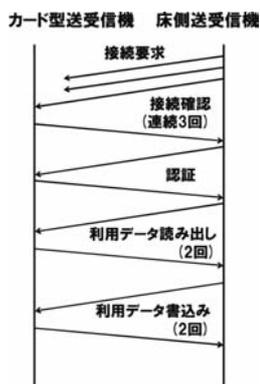


図4 シーケンス図

## 3. 性能評価

### 3.1 ユーザービリティ評価

デモ使用者に対して、アンケートを行い、ユーザービリティ調査を行った。アンケート回収件数は345件であった。

#### ■アンケート項目

① 現行の改札機に比べ、改札処理性能はどのように感じましたか？（結果を図5に示し、縦軸は件数）

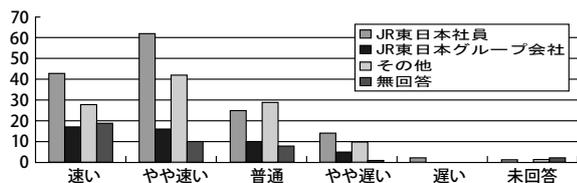


図5 デモ用改札機処理性能結果

現行改札機に比べて処理速度が「普通」もしくは「速い」と感じており、これはユーザーが改札処理を意識せずに通過できる可能性を示している。

② 現行の改札機を通過する際のタッチ動作についてどう感じていますか？（結果を図6に示し、縦軸は件数）

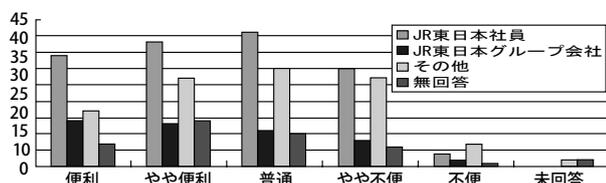


図6 現行Suica改札機体感速度結果

現行のSuicaタッチ動作については、「やや不便」、「不便」と感じているモニターも存在した。特に女性はSuicaやモバイルSuicaをカバンに入れているケースが多く、これらをカバンから取り出す動作に「不便」と感じる声が聞かれた。

③ 「人体通信」にどのようなイメージを持ちましたか？（結果を図7に示し、縦軸は件数）

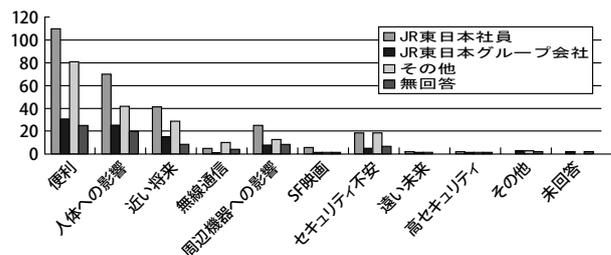


図7 人体通信に関するイメージ結果

『人体通信』に対するイメージは、「人体への影響」や「セキュリティ不安」といったネガティブイメージを持つモニターが存在した。人体近傍通信の安全性については電波法の微弱無線の基準を満たしており、またペースメーカーの代表的な機種において影響のないことを確認済みである。

④ その他、ご意見・ご感想がございましたらお聞かせください。

#### 【結果】

99件の回答があり、項目分けして評価した。肯定的意見29件、否定的意見4件、問題提起22件、利用シーン提案8件、改善提案その他31件

肯定的意見は「便利」と「実現を期待」という意見が大多数であり、タッチレスゲートに対するユーザーニーズの高さが伺える。一方で、否定的意見は改札通過の確実性に対する不安の声が聞かれた。問題提起では、無賃乗車への対応や、人体近傍通信カードを複数枚保持時の対応、混雑時の対応などに関する課題が挙げられた。

利用シーン提案では、他鉄道事業者との連携や他ポイントカードとの連携を望む声や、携帯電話機能としての搭載を期待する声が聞かれた。

改善提案・その他ではカード型送受信機の小型軽量化、特に薄膜化を望む声が多く聞かれた。

### 3.2 使用者観察

デモ使用者の観察を行うとともに、デモ用タッチレスゲートシステムに関するユーザービリティ調査を行った。観察件数は739件であった。

### 3.2.1 デモ用タッチレスゲート認識成功率

#### ①結果

認識成功率結果は成功96%、失敗4%であった。

#### ②考察

タッチレスゲートの認識成功率は96%で、入場・退場別に見ると入場側の成功率は97%、出場側の成功率は94%であった。出場側はデモ用ゲートを設置していなかったため、電極の端を踏んだことにより、エラーが発生したと考えられる。

### 3.2.2 カード保持方法別認識成功件数

表1 カード保持方法別認識成功結果

	成功	失敗	成功割合
上着のポケット	38	4	90%
カバン	31	1	97%
ズボンのポケット	153	5	97%
胸のポケット	225	19	92%
手持ち	259	3	99%

「上着ポケット」および「胸ポケット」に保持した場合の認証成功率がほかのポケットに比べて低いことがわかる。これはカード型送受信機の重みにより体表面との接触率が低くなり、通信エラーが生じたためと想定される。カード側送受信機の小型軽量化や形状および携帯電話への搭載を検討する過程において、体表面への密着率を高める工夫を行うことにより改善できると考えられる。

### 3.2.3 性別別認識成功件数

表2 性別別認識成功結果

	成功	失敗	成功割合
男性	628	36	95%
女性	78	0	100%

女性は100%の認証成功率であり、失敗のすべてが男性によるものであった。しかし、女性で「上着のポケット」および「胸ポケット」に保持したモニターは存在していないことから、性別が認識成功率に影響を与えているのではなく、上述のカード保持方法に起因していると考えられる。

### 3.2.4 身長・体重別認識成功率

表3 身長別認識成功結果

	成功	失敗	成功割合
150~159cm	100	0	100%
160~169cm	277	10	97%
170~179cm	348	18	95%
180cm~	60	5	92%

表4 体重別認識成功結果

	成功	失敗	成功割合
40~59kg	116	4	97%
60~79kg	534	27	95%
80~99kg	56	2	97%

表5 身長・保持方法別認識失敗回数

	上着のポケット	カバン	ズボンポケット	胸ポケット	手持ち	合計
150cm~	0	0	0	0	0	0
160cm~	1	0	0	9	0	10
170cm~	1	1	4	9	3	18
180cm~	1	0	1	2	1	5
合計	3	1	5	20	4	33

体重による認識成功回数にばらつきは見られないが、身長が高いほど認識成功回数が低くなる傾向が見られた。これは高身長なモニターは男性であり、保持方法に起因している可能性が高いと考えられる。電極側の設置箇所や電極枚数などにより通信品質を上げて、カード保持方法によるバラつき軽減をする必要がある。

### 3.3 人体近傍通信処理性能評価

体型別の通信処理性能と各保持方法による通信処理性能評価を実施した。通信処理性能は通信ログ（開始時刻～終了時刻）の差分から算出しまとめた。実施対象者（モニターリスト）を表6に示す。

表6 モニターリスト

モニター	性別	年齢	身長	体重
A	男	10代以下	149cm以下	39kg以下
B	男	30代	170cm~179cm	60kg~79kg
C	男	40代	170cm~179cm	60kg~79kg
D	女	20代	160cm~169cm	40kg~59kg
E	女	30代	160cm~169cm	40kg~59kg
F	男	40代	160cm~169cm	60kg~79kg
G	男	20代	160cm~169cm	60kg~79kg
H	女	40代	160cm~169cm	40kg~59kg
I	男	30代	160cm~169cm	40kg~59kg
J	男	40代	170cm~179cm	80kg~99kg

#### 3.3.1 モニター別通信処理時間

表7 モニター別通信処理時間結果

モニター/通信処理時間	239msec	241msec	243msec	245msec
A	0	7	10	4
B	0	2	2	4
C	0	5	9	4
D	0	21	14	14
E	0	5	3	0
F	0	5	3	5
G	0	11	19	6
H	0	4	4	0
I	0	7	12	6
J	1	4	8	6

モニターが複数回通信処理性能試験を行い、通信処理時間ごとに回数をまとめた表である。結果から通信に掛かる時間は241~243msecが大半を占めた。

### 3.3.2 保持方法別通信処理時間

表8 保持方法別通信処理結果

保持方法/通信処理時間	239msec	241msec	243msec	245msec
カバン	0	10	15	7
ストラップ	0	14	9	6
ズボン後	0	12	6	3
ズボン前	0	6	10	9
手のひら	0	25	35	19
胸	1	4	9	5

データ送受信におけるデータ送信開始から送信完了までの通信処理時間は239msec～245msecの範囲となった。性別や年齢、個別体型による差は見られないと考えられる。また、保持方法による通信処理性能差も無いことが確認できた。

通信処理時間のバラつき発生したのは、PC端末の時刻データを利用したことが原因であると考えられる。

### 3.4 歩行速度処理性能

2組の電極間の通信開始・終了時間の差分から歩行速度をまとめた。評価件数は739件であった。

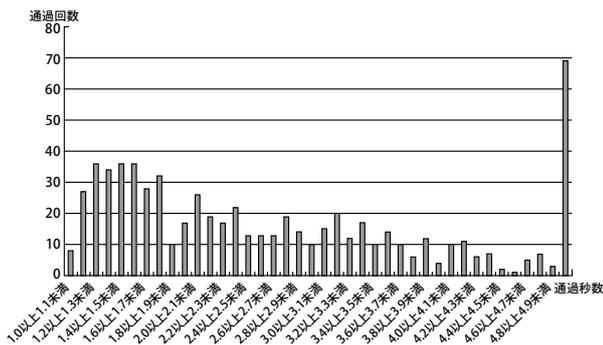


図8 歩行速度処理性能結果

デモ利用ということもあって相当のばらつきがみられた。処理時間が長いものは説明しながらのデモであったためだと考えられる。

## 4. 実現化にむけた課題

本章では実用化に向けた課題について記載する。

#### ①電極

電極を踏むことで通信を行っていたが、踏み外しや踏むために歩幅をあわせるストレスがあることが分かった。また実導入時の施工などを考えた場合電極設置位置や電極サイズ、形状を検討する必要がある。

今回使用した人体近傍通信は電極から20cmぐらいの距離でも通信ができることがわかっているの、側面に設置した際に通信できるエリアの検証を行う必要がある。

#### ②保持方法

「衣服のポケット」や「カバンに入れる」という意見が大多数であったため、保持方法ごとで通信品質にバラつきが発生しないようにハード面、ソフト面から通信性能の最適化を行う必要がある。

#### ③シーケンス

今回のシーケンスは8往復の通信処理を行っており、1往復でカード処理に20msec加算されている。課金決済処理は4往復で処理されているため、同等のシーケンスにすれば、4往復分（80msec）の短縮が可能であると考えられる。

#### ④カード媒体

カード媒体はバッテリーを搭載しているため媒体厚さが5mm、重さが40gであった。人体近傍通信はカード媒体にバッテリーが必要なため、携帯電話などのバッテリーを搭載した機器との連携する方法を考え、モバイルSuica会員向けのインセンティブサービスへの展開などが考えられる。

#### ⑤Suicaとの連携

実導入を考えた際にSuicaチップとの連携を考える必要がある。例えば、媒体側にSuicaチップと人体近傍通信チップの両方を搭載し、SuicaR/W（Suica読み取り装置）ではタッチして処理が出来、人体近傍通信の電極があった場合は、電極に触ることで通信が可能な仕組みが必要であると考えられる。

通信シーケンスはあくまでもSuicaのシーケンスを用い、人体近傍通信は土管の役割として使う。電極は現行のSuicaR/Wに容易に接続できる方式を考える必要がある。

## 5. おわりに

本文中には結果を示さなかったが、タッチレスゲートに関するニーズ調査に関するアンケートも行っている。タッチレスゲートのニーズの高さを改めて実感した。また人体通信に関する通信速度や歩行速度に関して多くのことが確認できた。今後は導入に向けて課題を克服し、お客さまサービスの向上を実現していきたい。