

## ミリ波を活用したタッチレスゲートの研究



會田 泰葉\*1



大滝 和司\*2

### Research on the “touchless gates” system using millimetre waves

Yasuha AIDA\*1, Kazushi OHTAKI\*2

\*1 Deputy Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR EAST Group

\*2 Senior Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR East Group (JR East Service Creation CO.)

#### Abstract

While the introducing on the IC Suica card in JRE has greatly upgraded convenience and security at ticket gates, there still regards to convenience. To that purpose, we have been working on research on the “touchless gate” system that does not require contact.

●**Keywords:** Ticket gates, Suica, Touchless, Millimeter wave, TransferJet X, Antenna

\*1 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 副主幹研究員

\*2 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 上席研究員 (現: JR東日本サービスクリエーション)

## 1. 緒言

2001年にICカードSuicaを導入したことで、改札機の利便性、セキュリティは大きく向上し、さらには鉄道以外でのビジネス展開といった点でも非常に大きな変革を与えた。しかし、荷物等により両手が塞がっている場合等、Suicaでも解決が難しい改札場面もある。これらを解決し、ストレスフリーな改札の実現を目指し、2005年よりタッチも不要で改札処理を可能とする次世代改札機「タッチレスゲート」の研究に取り組んできた。様々な通信技術について検討を重ね、2016年からはミリ波通信帯(以下、ミリ波)を活用した開発を進め、2020年にはTakanawa Gateway Festへ出展し、約1,500人の一般のお客さまにご体験いただくまでに至っている。本稿では、これまで取り組んできたタッチレスゲートの開発について紹介する。

## 2. タッチレスゲートに活用する通信技術の選定

駅の改札にタッチレスゲートを導入するにあたっては、改札処理速度、セキュリティ性能が現行改札機同等以上であること、またお客さまがストレスなく改札を通過できるよう通信エラーが少ない等、安定して稼働することが求められる。これらの条件を満たす通信技術として、2005年からRFID(Radio Frequency Identifier)、2009年からは人間の体を通信経路とする人体通信を利用した基礎研究を実施したが、電波が利用する改札通路外に広がり、隣接通路を誤検出する等、改札機に求められる条件を満たすことが困難であった。これらの課題解決のため、通信方式にミリ波を選定し2016年より開発を開始した。

ミリ波は指向性が高いことから電波の広がりを改札通路内に限定することが可能となるため、当該通路外での誤検出を防ぎ、対象の端末のみ検出し通信することができる。また大容量通信が可能であることから、新たなサービス展開へつなげ、更なる利便性向上も期待できる。さらに今回採用したミリ波は、1対1通信が可能なIEEE802.15.3e規格に準拠したTransferJet X(以下、TJX)としたことで、端末の捕捉から接続までの通信時間が2msec以下となり、現行改札機と同等程度の改札処理を可能とした。ただし、ミリ波は指向性の高さから人体や物体に遮蔽されやすい特徴もあり、お客さまが改札機を通過する際、端末の持ち方等で制約を与える可能性があるため、本研究開発においてはこれらの課題について検討した。また、実導入の際には同じ改札機にタッチレスと既存のタッチでのSuica認証どちらも搭載することを想定し、相互に影響を及ぼさないことも確認した。

### 3. ミリ波を活用したタッチレスゲートの開発

ミリ波を活用したタッチレスゲートの試作機を開発し、改札機に求める条件を満たし適用できるか検証を行い、各構成品の改良を重ねてきた結果、改札機に求める条件を概ね満たすことが確認できた。そこで次のステップとして現行改札機と同等にタッチレスでもSuica認証が可能なタッチレスゲートの試作機(図1)を開発し、実用化に向け評価試験を実施した。試作機は改札用ミリ波アンテナ(以下、改札アンテナ)、ミリ波端末(以下、端末)、改札筐体(以下、改札機)から構成される。

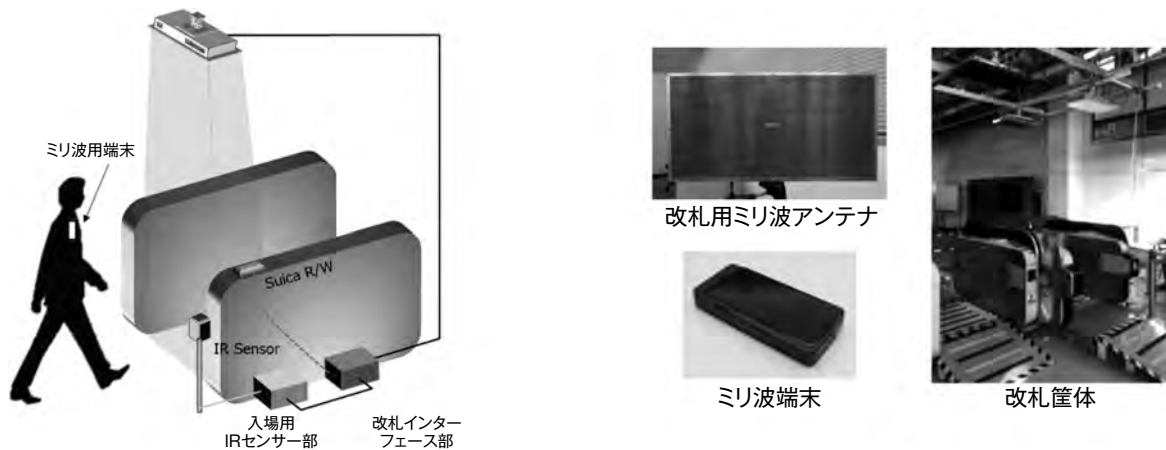


図1 Suica認証可能なタッチレスゲート試作機の構成

Suica認証が可能なタッチレスゲートの改札処理の流れは次の通りとなる。

- (1) 端末を携行した被験者が、改札機に進入したことを入場用IRセンサー部で検出。
  - (2) 改札アンテナがミリ波通信エリアを形成。当該通信エリア内に端末が入った段階でミリ波通信を確立。
  - (3) 端末内のNFCチップと改札機間で改札アンテナ部を通じ、Suica認証、情報の書き込みを実施。
  - (4) Suica認証の不整合や端末を携行せず進入した場合は、現行改札機と同様に入場制限、案内を実施。
- (参考) 端末がミリ波通信エリアに入らず、端末を直接Suica R/W部にタッチした場合は、既存のSuicaと同等の認証を行う。

#### 3・1 改札用ミリ波アンテナの開発と性能評価

利用する改札機の通路通過時以外で端末との誤通信を防ぐため、改札機の通路幅に合わせた改札アンテナから直進性を持って当該通路内にミリ波を放射させることで、通信エリアをボックス状に形成する仕様とした(図2)。

また、ミリ波の特徴のひとつである「人体や物体による電波の遮蔽」に起因した通信エラーの発生を抑制し、反射波等の外的要因に大きく影響されることなく改札アンテナと端末間で安定した通信を継続させるため、受信電力レベルの変動に強い変調方式を採用した。結果、端末が持つ受信電力レベルよりも弱い値でも通信が可能となることを示すマージン量(受信限界余裕度)が増加し、反射波などの干渉、人体や物体による遮蔽の影響を軽減させることにより通信の安定性が向上した(図3)。



図2 改札通路内通信エリア

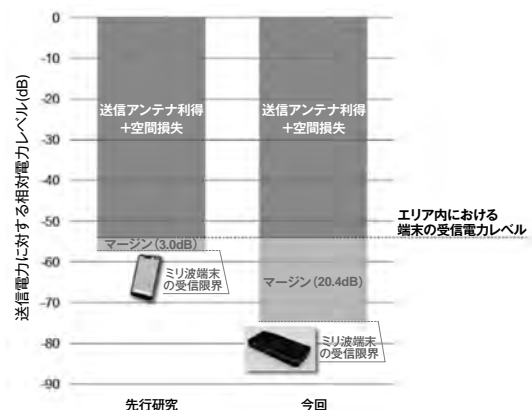


図3 受信限界のマージン量

### 3・2 ミリ波端末の開発と性能評価

改札通過時において、端末の持ち方(図4)に影響されることなく端末と改札アンテナ間の安定した通信を可能とするには、端末側のアンテナ(以下、端末アンテナ)の受信エリアが端末アンテナを中心に球状に形成されることが理想である。端末アンテナは端末に1つ搭載しており、開発当初の受信角度は端末表示画面上部XY面において56°、YZ面において39°と限定的であったが、端末アンテナの形状や変調方式を変更することでXY面では140°、YZ面では計305°まで受信角度の広角化に成功し、半球状の受信エリアを形成させることが可能となった(図5)。端末のデータ受信率も一定の条件を除いてほぼ100%となり大幅に向上したが、改良後も端末の持ち方による端末アンテナの向きや人体による遮蔽の影響により、通信ができない状況も発生した(図6)。なお、改札通過時に一旦停止することを許容した場合は、端末の持ち方等の影響を受けることなく、受信率が100%となったことから、通信のリトライ可能な時間を長く確保することで通信率が上がることが分かった。

改札通過時の行動を制限しないためには、改札アンテナ設置方法の再検討や端末アンテナの受信エリアを限りなく球状に近づける改良等の技術面での改善だけでなく、Suicaの「タッチ・アンド・ゴー」のようにタッチレスゲートでも端末の持ち方等、運用面での対応も検討していく必要がある。



図4 端末持ち方一例



図5 ミリ波端末の受信角度(受信エリア)

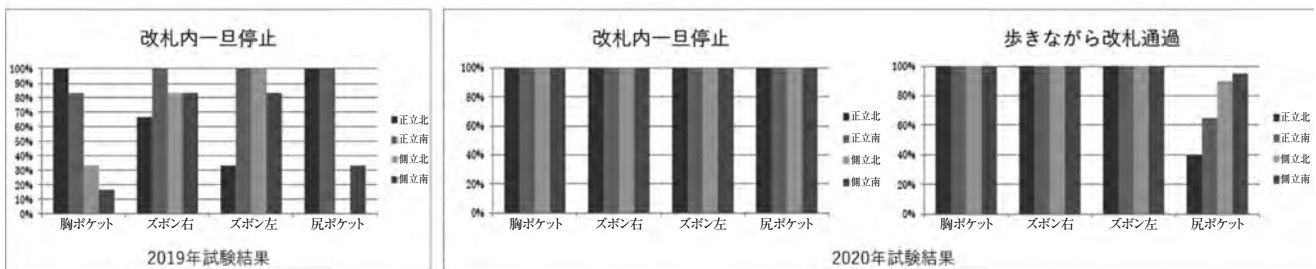


図6 ミリ波端末のデータ受信率試験結果

### 3・3 実運用評価試験

開発した試作機を用いて、実運用を想定した評価試験下図に示す全10項目の内「No.7緊急時常時開放モード」を除くを実施し、改札機の挙動を確認した。端末を持ち、歩いて改札を通過する「No.1単純通過」等、被験者の挙動が比較的単純な5項目では実運用と同等の基準をクリアすることが確認できた(図7)。

基準をクリアできなかったのは4項目(No.4,5,6,9)であり、被験者が端末未所持で通過不可の判定を受けた後すぐに通信エリア内に再び入り再度判定を受ける「No.4 振り返り処理」のように、いずれも短時間で通信のやり直しを必要とする評価項目であった。

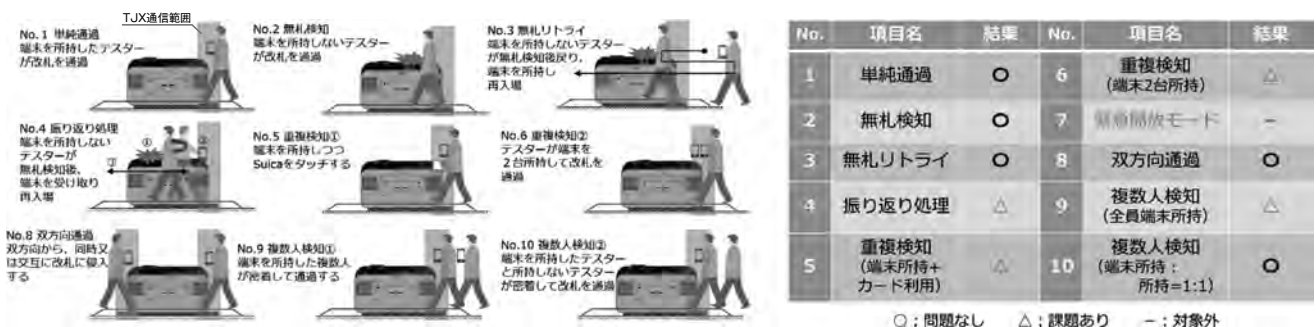


図7 実運用試験項目と評価結果

上記4項目のエラーの原因は主に2つであった。試験では端末の誤検出を防ぐためにIRセンサーで被験者を検知後、改札内にミリ波の通信エリアを形成するよう設定し、ミリ波の通信可能時間を制限している。通信可能時間を制限したことでエラー判定後すぐに再入場すると、改札内に通信エリアが形成されておらず、通信の再開、完了ができない結果となった。また、TJXは1対1で通信を行う特徴を持つため、複数台所持する場合はそれ自体を判定することが困難であることも原因のひとつである。これらの対策として、IRセンサーを改札機側の人感センサーに置き換えることや、IRセンサーによる通信可能時間の最適値を確認するなど、その他の誤検出防止対策と合わせて再度検討する必要がある。

## 4. ユーザー評価試験

これまでの検証結果から前述した改札機に求める技術的な条件は概ね目標を達成していると判断できた。そこで新たなサービスの可能性や利便性向上の評価、検証を行うことを目的に、2020年、高輪ゲートウェイ駅で開催したTakanawa Gateway Festに出展し、被験者としてご協力いただいた一般のお客さま、約800人を対象とした必要性評価、使い勝手等（以下、UI/UX）に関する評価を行った。

タッチレスゲート、予約・受付、タッチレス決済、高速ダウンロードの4つのサービスを体験いただいた結果、いずれも実現希望は高く、特に利用シーンをイメージしやすいタッチレスゲートが最も高かった。お客さまの声からも、普段は許容していた改札通過時に感じるストレスを解消するひとつのツールとしてタッチレスゲートが期待されていると考えられる。

UI/UXの調査においては、タッチレスゲート自体は「使いやすい」とのご意見が98%と大変高い評価であったが、「実現した際の不安」も76%と高く、利便性を感じる一方で、改札通過時の判定のタイミングや判定対象が誰か分かりづらいことに対して不安を感じたとの意見も多くいただいた（図8）。今後はUI/UXについてもユーザーの意見を踏まえた開発が重要である。



タッチレスゲート

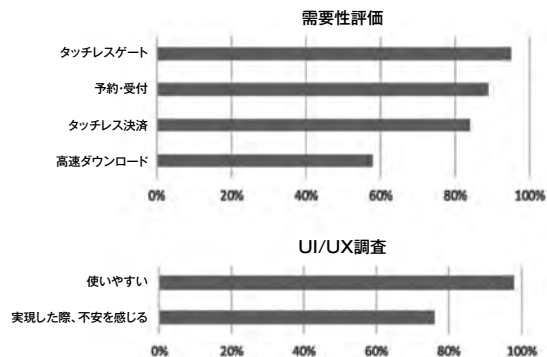


図8 イベント用タッチレスゲートとユーザー評価試験結果

## 5. おわりに

本稿では、ミリ波を活用したタッチレスゲートを開発し、技術評価、ユーザー評価について報告した。技術面では、ある一定レベルまで到達でき、2020年に出展したTakanawa Gateway Festでのユーザー評価ではタッチレスゲートについて導入を期待する声を多くいただいた。

今後は、今日までに明らかになった課題等を、技術面で解決すべき課題と運用面で解決すべき課題に分類し、よりお客さまのニーズに応えるサービスとしてタッチレスゲートの開発に取り組む。また、開発した技術を活用し「事前予約によるタッチレス入場」、「タッチレス決済による購入」等を合わせて実現することで、家を出てから目的地までストレスのないシームレスな移動を可能とし、お客さまの利便性、サービス向上へと貢献していく。

### 参考文献

- 1) 酒井康裕、石田拓司、ミリ波を活用したタッチレスゲートの研究開発、会誌サイバネティクス、7月号 (2020)
- 2) 會田泰葉他、ミリ波を活用したタッチレスゲートの改良開発、会誌サイバネティクス、7月号 (2021)