

駅構内における屋内測位に関する基礎研究

The basic research on indoor positioning in the station yard



近藤 竜之介* 三田 哲也*

In a complex station, customers often get lost, because the route from the current position to the destination is difficult to understand. Outside, it is possible to navigate the customer using the smart phone. However, it's impossible to do same thing in station yards because GPS is not available inside a building.

We inquired about required equipment at the station, in order to provide accurate navigation to our customers.

As a result of this study, we found the best possible choice for the indoor positioning system in the station. Additionally we distinguished the accuracy of the positioning system. We have extracted the key issues for installation into a station.

●キーワード：屋内測位、ナビゲーション、Wi-Fi、Bluetooth、スマートフォン

1. はじめに

複雑な階層構造を持つ東京駅、新宿駅、渋谷駅などのターミナル駅では、現在位置から目的地までのルートがわかりにくく迷うお客さまも多い。この課題の対応として、スマートフォンなどのモバイル端末を用いたお客さまのナビゲーションが考えられるが、GPSが利用できない屋内環境において、正確に自己位置を把握できる仕組みはいまだ確立されていない。

本件では、駅構内を利用するお客さまの測位を模擬した実験を通して、将来、駅側で整備すべきインフラについて研究する。具体的には、JR東日本研究開発センター内のSmartStation実験棟を対象とした屋内測位環境の整理、およびその評価を行う。

2. 検証する測位技術の選定

2.1 屋内測位技術の事前調査

スマートフォンなどのモバイル端末を用いた測位技術は、図1に示すように広範囲な位置から狭い範囲の位置まで目的に応じて様々である。この中でGPS (Global Positioning System) による測位技術は、単独測位で10m程度、電波の位相情報も利用する干渉測位で精度数mまでの特定が可能であり、近年、電離層や対流圏での屈折の影響を減らせる準天頂衛星を用いた数10cm精度を目指した開発が進められている。しかしながら、本研究目的である屋内での測位が困難であることから本研究の対象からは除外した。

屋内測位技術では、既に通信事業者の基地局情報により位置を特定する手法が実用化されているが、最大で数km前後の誤差があるため詳細な位置特定を必要とするサービスには適していない。一方、屋内での位置情報サービスの需要は高く、構内図などと組み合わせたナビゲーションや改札

や店舗単位でのチェックインなど、様々なサービスへの利用が期待されている。これらの実現に向けて検討されている要素技術には、主に以下のようなものがある。

- (1) Wi-Fi
- (2) 2次元コード (タグ)
- (3) Bluetooth
- (4) 可視光通信
- (5) IMES (Indoor Messaging System)
- (6) スマートフォンの各種センサを用いた歩行者自律航法 (PDR)

先に示した要素技術の中で、スマートフォン端末のセンサを用いた歩行者自立航法 (PDR) 以外の手法で屋内位置情報システムを実現するには、そのインフラ構築コストを事業者が負担する必要がある。また要素技術によっては、特定のスマートフォン機種にしか適用できないものもある。このことから、広くお客さまに利用していただくためには、この要素技術選定が大きく影響する。以降、屋内測位技術についてその特徴を整理する。

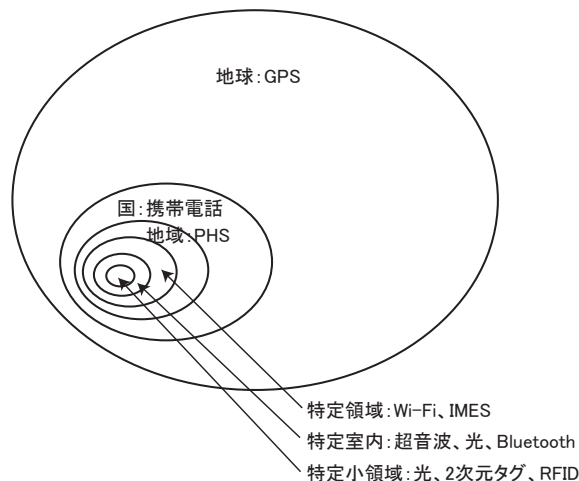


図1 測位技術の守備範囲イメージ

2.2 比較検討

屋内測位技術は、これまでの調査で需要が高くさまざまな技術が検討されているものの、どの技術もそれぞれに課題を抱えている状態であり、屋外におけるGPS測位のようにデファクトスタンダードとなる技術は確立されていないことが分かった。

本研究では、SmartStation実験棟での基礎評価を進めていくに際し、調査した6つの要素技術を対象として、SmartStation実験棟での適用可能性を検討した。検討項目は、表1の縦軸に示す8項目から総合的に評価した。その結果、屋内測位が可能であり、機器コストも比較的安価なWi-Fi測位技術とBluetooth測位技術を選定した。

表1 SmartStation実験棟での適用可能性検討結果

比較項目	屋内位置測位技術					
	Wi-Fi	2次元コード(タグ)	Bluetooth	可視光通信	IMES	自立航法(PDR)
移動状態下での測位が可能か	◎	△	◎	◎	◎	×
静止状態での測位が可能か	◎	○	◎	◎	◎	(※1)
国内法規に抵触しないか	◎	◎	◎	◎	△	◎
駅天井部への設置が可能か	可	可(※2)	可	可	可	設置不要
電源の必要性	必要	不要	必要	必要	必要	不要
機器コスト	◎	◎	◎	△	△	不要
設置コスト	高い	安い	高い	高い	高い	不要
端末依存性	有	有	有	有	有	有
評価結果	◎	△	◎	○	○	△

※1 PDRは、相対的な位置の変化を基に位置を推定するものであり、絶対位置は分からない
 ※2 2次元コード(タグ)は、読取端末と正対させる必要があるため、天井部への設置には向かない

3. 屋内測位環境の構築

先に事前調査を行った屋内測位技術の中から「Bluetooth電波測位手法」と「Wi-Fi電波測位手法」を対象として、JR東日本研究開発センター・SmartStation実験棟内において屋内測位が出来る環境を整備した。整備の目的は、広範囲を網羅的に測位できる測位方法(メッシュ型測位方法)と局所的に高精度な測位方法(スポット型測位方法)の2種類の測位方法を評価するものとした。

3.1 メッシュ型測位方法

メッシュ型測位方法は、図2に示すSmartStation実験棟(3階・コンコース階)の点線内全体をカバーするように、複数のビーコンを用いて設置をした。設置方法は、駅における旅客の流動障害にならない、高さ4mの天井部分もしくは壁部分に限定をした。

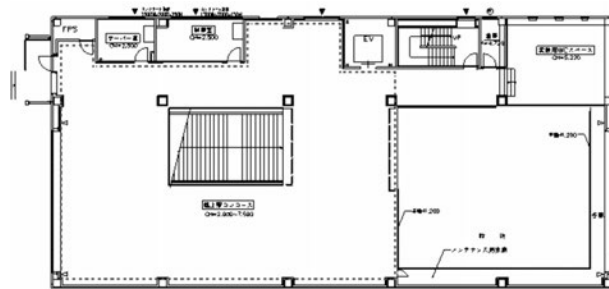


図2 メッシュ型測位方法の対象エリア(点線枠内)

3.2 スポット型測位方法

スポット型測位方法は、特定の駅施設への進入及び接近などを高精度に測位することを目的として、複数のビーコンを設置した。ビーコンの設置にあたり、方法・場所は限定しないこととした。以下、設定した6項目の測位目的(図3、図4参照)を示す。

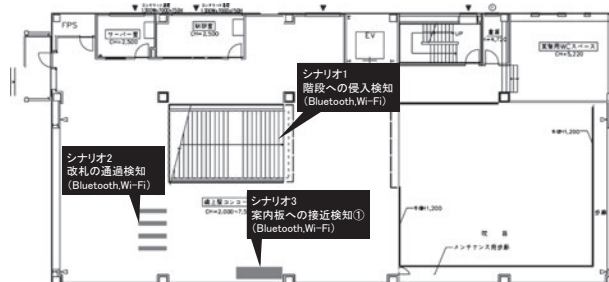


図3 スポット型測位方法の実施内容1

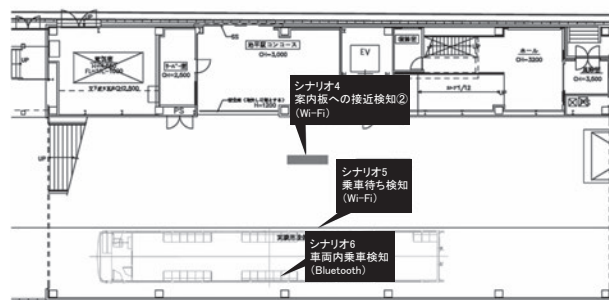


図4 スポット型測位方法の実施内容2

(1) シナリオ1: 階段への進入検知

階段への進入検知は、旅客が階段部分(図3)のエリアに入っているか否かを検知することを目的とする。なお、階段のエリア内についても細分化した検知の可能性についても検証した。

(2) シナリオ2: 改札の通過検知

改札の通過検知は、旅客が改札(図3)を通過したか否かを検知することを目的とした。なお、改札の複数列の見分けについては、本測位手法のみでは判別が困難なため目的としない。

(3) シナリオ3: 案内板への接近検知①

案内板への接近検知①は、SmartStation実験棟3階・コ

ンコース階に設置されている案内板(図3)を対象として接近を検知することを目的とした。

(4) シナリオ4:案内板への接近検知②

案内板への設置検知②は、図4に示すSmartStation実験棟1階・ホーム階に設置されている案内板を対象として接近を検知することを目的とした。なお、本検証シナリオはWi-Fiのみ実施した。

(5) シナリオ5:乗車待ち検知

乗車待ち検知は、図4のホーム柵前に整列しているか否かを検知することを目的とした。なお、本検証シナリオについては、Wi-Fiのみ実施した。

(6) シナリオ6:車両内乗車検知

乗車位置検知は、図4の試験車両内に乗車していることを検知することを目的とした。なお、本検証シナリオについては、Bluetoothのみ実施した。

4. 測位結果表示用アプリケーションの開発

前項で整備した屋内測位環境下で、測位結果を表示するためのアプリケーションを整備した。整備したアプリケーションの概要を表2に示す。

表2 表示用アプリケーション一覧

表示アプリケーション名称	対応機種	測位技術	表示内容
表示アプリA	android	Wi-Fi	自位置
表示アプリB			他位置
表示アプリC	iOS	Bluetooth	自位置
表示アプリD			他位置

4.1 自位置表示アプリ(表示アプリA)

表示アプリAは、Wi-Fi測位環境下での自位置表示用として開発した。このアプリケーションは、前項で整備したWi-Fiビーコンの電波強度から自位置を測定する。この自位置の測定は、タブレット端末側で実施する。

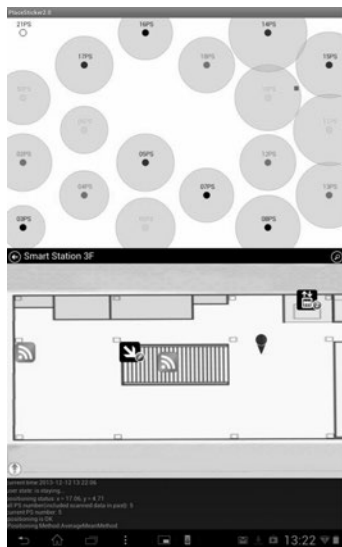


図5 表示アプリA

4.2 他位置表示アプリ(表示アプリB)

表示アプリBは、Wi-Fi測位環境下での他位置表示用として開発した。このアプリケーションは、前項で整備したWi-Fiビーコンの電波

強度から自位置を測定し、あらかじめ設定した環境下にあるタブレット端末と自位置情報を共有する。各タブレット端末からサーバーに自位置、並びに他位置情報を送り、地図上に表示する。



図6 表示アプリB

4.3 自位置表示アプリ(表示アプリC)

表示アプリCは、Bluetooth測位環境下での自位置表示用として開発した。このアプリケーションは、前項で整備したBluetoothビーコンのIDを受信すると、IDと紐付けられた緯度・経度に置換し、SmartStation実験棟の構内地図に自位置のマーク(PIN)を表示する。なお、このアプリケーションは、BluetoothビーコンのSDK(ソフトウェア開発キット)がiOS版のみのためiOS機種のみ動作する。(図7)

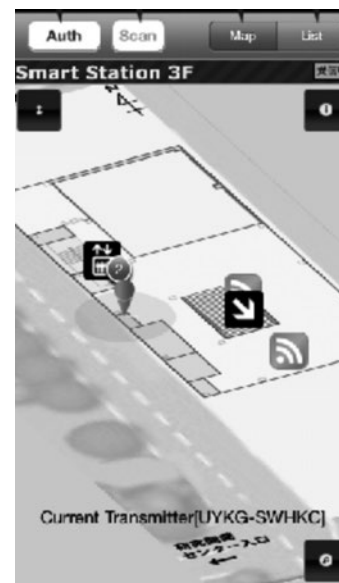


図7 表示アプリC

4.4 他位置表示アプリ (表示アプリD)

表示アプリDは、これまでの3つのアプリと違いBluetooth測位環境が構築されていない環境下において対象者側にビーコンを所持させて動作する。このアプリケーションは、複数の対象者が所持するそれぞれのBluetoothビーコンのIDを受信すると、その中で閾値以上の電波強度であるIDを画面上に表示する。



図8 表示アプリD

5. 検証結果

本研究では、駅構内を利用するお客さまの位置測位を実現することを目的として、その基礎となるデータを模擬環境下で取得した。以下に本研究の成果を整理する。

5.1 メッシュ型測位手法

5.1.1 静止状態

静止状態における測位では、Bluetoothビーコン、Wi-Fiビーコン共に同じような傾向を示していた。このうちBluetoothビーコンについては、測定箇所との距離と電波強度の関係性を詳細に分析し、距離が長くなるほど電波強度が下がる傾向が見られた。また、設置箇所が壁面部の場合、壁面部以外(稼動天井部)に取付けた場合と比較して、約-5dB程度電波強度が低下する傾向が見られた。電波強度の揺らぎについては、かなり大きく、距離や設置箇所との関連性は見られなかった。

なお、Wi-Fiビーコン試験で適用した位置補正アルゴリズムにより、誤差を約6m以内にできることも分かった。

5.1.2 歩行状態

歩行状態での測位では、Bluetoothビーコンでは、歩行経路を大きく離れていたが、Wi-Fiビーコンでは概ね歩行経路に沿って検出することができた。なお、Bluetoothビーコンにおいても、コンコースを周回している様子は検出することが可能であった。

5.2 スポット型測位手法

5.2.1 階段の進入検知

階段の進入検知では、Bluetoothビーコン、Wi-Fiビーコン共に検出が可能であった。なお、階段中間部(踊り場付近)の検出については、Wi-Fiビーコンのみ検出可能であった。

5.2.2 改札の通過検知

改札の通過検知では、Bluetoothビーコン、Wi-Fiビーコン共に検出可能であった。なお、改札内の検知はWi-Fiビーコンのみ可能であった。

5.2.3 案内板の隣接検知

案内板の隣接検知では、Bluetoothビーコンでは約1m精度、Wi-Fiビーコンでは50cm精度での検出が可能であった。

5.2.4 車両内乗車検知、乗車待ち検知

Bluetoothビーコンで実施した車両内乗車検知では、車両内外との区別を電波強度のみで検知することが困難であった。なお、車両内にかざれば、Bluetoothビーコン設置位置からの距離が大きくなるほど電波強度が下がっていく傾向が見られた。Wi-Fiビーコンで実施した乗車待ち検知では、先頭に並ぶお客さまのみ平均電波強度で検出することが可能であった。2番目以降については、電波強度の低下が一定でないため、区別ができなかった。

6. おわりに

お客さまへのサービス向上を目的として駅構内における測位技術について、最適な測位技術の候補を選定することができた。また、Wi-Fi、Bluetoothの2つの測位技術について、様々な状況下における精度を明確化する事ができた。しかしながら、両技術の得失については本研究で明確化するには至らなかった。今後の課題について、主に駅への導入時における課題とその対策案について抽出することができた。

今後は本結果を利用したサービスについて研究を進めわかりやすい駅の実現をめざす。