

# 地下鉄駅におけるナビゲーションシステムの 現在位置の検知方法

後藤 順久

## 要 旨

GPS電波がない地下鉄駅で、地図情報を障害者等のスマートフォンに提供することを目的に、ナビゲーションシステムのプロトタイプを構築をした。3つの現在位置の検知方式の中から、予備実験の結果により、赤外線IDタグによる位置検知の方法を採用した。ナビゲーションシステムの更なる機能向上を図るために、地下鉄空間内で実証実験を行った。

名古屋市営地下鉄の久屋大通駅（南改札口）を出発地とし、目的地の八事駅（改札外）までの実験シナリオとなる。そのルートは、久屋大通（名城線） - 上前津（名城線 鶴舞線） - 八事（鶴舞線）となり、上前津駅で3回のエレベーター乗車が発生する。

実証実験は概ね成功裏に推移したが、赤外線IDタグによる方式にとどまらず、どの方式にしても地下空間全体でナビゲーションを行おうとすると相当額の投資額が必要となり、費用対効果の検証が必要となる。

キーワード：ナビゲーション、車イス、バリアフリー、公共交通機関、スマートフォン

## 1. はじめに

GPS電波の届かない地下鉄駅で、バリアフリー地図情報を障害者等に提供することを目的に、携帯電話に提供する駅バリアフリー地図情報システムの構築をし、公開運用をした（後藤2012年3月）。前回のこのシステムでは、GPS電波を利用した地上のナビゲーションのように現在位置が分からないため、利用者自らが常に現在位置を把握し、携帯電話の地図上で見つけ出すことが必要であり、次の移動先の地図を表示するためにも、利用者が自ら判断して、ページめくりをする必要があった。また、携帯電話の地図の表示方向が自分の向いている方向と一致していないため、地図が分かり難いことも課題として挙げられていた。

本研究では、これらの課題をクリアするため、開発済のバリアフリー地図情報システムをベースに、3つの現在位置の検知方式の中から、赤外線 ID タグによる位置検知の方法を採用し、スマートフォンの地磁気センサー（電子コンパス）による方角検知を融合する方法を付加した。ナビゲーションシステムの更なる機能向上を図るために、地下鉄空間内で実証実験を行った。

こうした情報環境の整備により、障害者等が公共交通機関を利用して、安全で快適に移動できる、自立した社会を促進する効果が期待できる。

## 2. 位置検知のための3つの方式

### 2.1 旧システムの課題の整理

今回、車いす利用者に限定して、以前に開発したシステムを利用していただき、問題点を整理し、改善できる部分を特定し、新たに開発するシステムの仕様で反映させることとした。

インタビューに快く協力をいただいた車椅子利用者は11名である。年齢は20歳代～40歳代で、日頃よく名古屋市地下鉄などの公共交通機関を利用される方々である。

インタビュー調査の結果、携帯電話の狭いディスプレイとインターフェースの制約の中でも、操作性や実用性は概ね満足していただいた。システム上の大きな問題は、自分の位置情報と向いている方向をシステム側で表示されないことである。これはカーナビゲーションのようにGPS電波を地下空間で利用できないため、現在位置の座標を見いだせない。地下空間でのエレベーターなどのバリアフリー情報と出発駅から目的駅のルートを提供するからには、自位置が正確なルート上にあることを知らせる必要がある。この点が本研究に取り入れる課題であると認識した。

### 2.2 位置検知のための情報システムの方式について

システム開発にあたり、下記の3つの方式について可能性の検討を実施し、最適なシステム構成を事前テストにより選択する。

#### (1) カラーテープの色認識による位置検知

地下鉄利用者が通行する床面にカラーテープを貼付し、スマートフォンのカメラで検出する。正しく色認識する検出精度を確認する。

表1 検討する3つの方式と説明

No.	方 式	説 明
1	カラーテープの色認識による位置検知	床面に貼られたカラーテープの色の組み合わせにより地図表示エリアを識別する方法
2	赤外線 ID タグによる位置検知	各エリアに設置した ID タグを検知して、地図表示エリアを識別する方法
3	ZigBee による位置検知	無線エリアによる地図表示エリアを識別する方法

テープ色、テープ幅、裏面処理（灰色）、表面処理（メンディング）、カメラの高さ、カメラの移動速度の各種条件による検出精度の変化を把握し、位置確認システムの適正を判断する材料とする。

交通事業者に了解を得て、地下鉄駅構内にて実施した事前テストを実施した。



写真1 駅構内にカラーテープを貼って、スマートフォンで色認識の確認

## (2) 赤外線 ID タグによる位置検知

地下鉄駅の柱や壁面にタグを貼付し、以下の項目でタグの感度を検証することとした。

タグ リーダ間の距離を変えて、検出距離を確認

リーダの移動速度を変えて検出可否を確認

リーダとタグの角度を変えて、検出範囲を確認

機器構成について図1に示す。

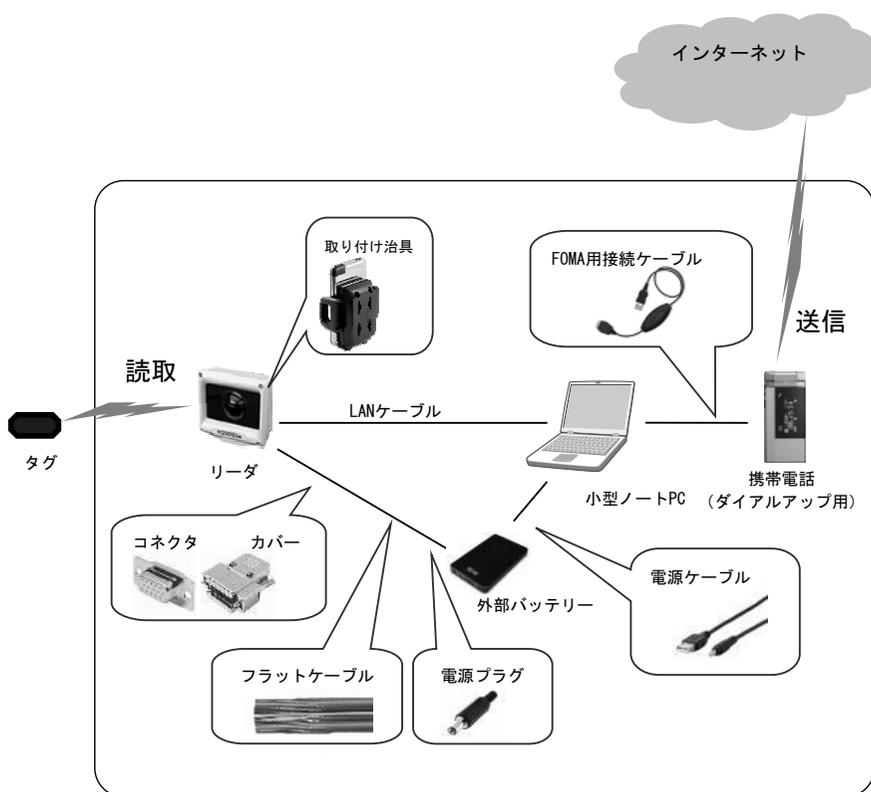


図1 赤外線 ID タグの機器構成

### (3) ZigBeeによる位置検知

地下鉄駅構内の柱あるいは壁面に ZigBee ルータを貼付し、各ルータから電波を混信なく、検出できるかを以下の項目で確認する。

伝送距離を変えて、検出距離を確認

移動速度を変えて検出可否を確認

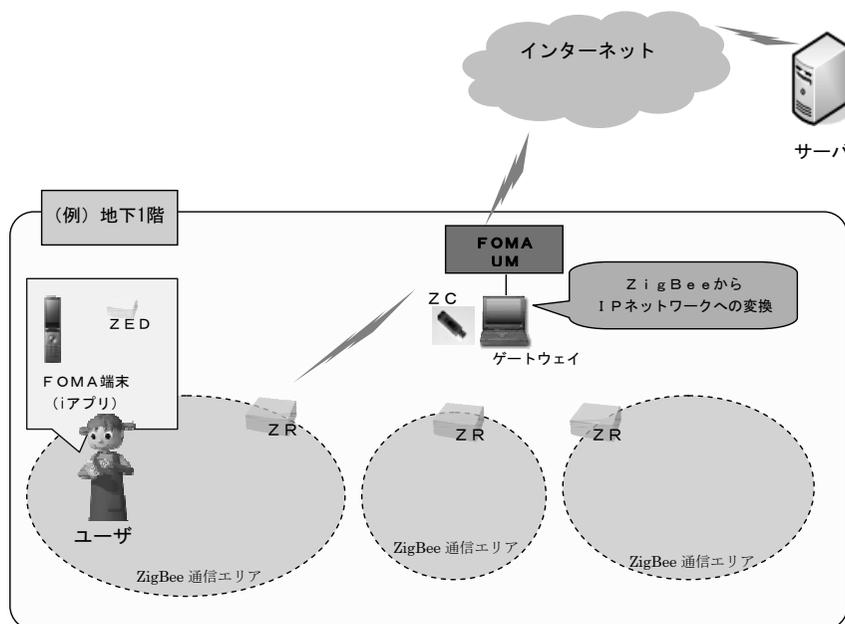


図2 ZigBeeの機器構成

- ZC : ZigBee コーディネータ
- ZR : ZigBee ルータ
- ZED : ZigBee エンドデバイス
- FOMA UM: FOMA コピキタスモジュール

### 2.3 3方式の評価

3方式を事前テストした結果、各方式の項目別の情報を取りまとめると、表2のとおりである。

「カラーテープ」は利用者側にスマートフォン以外に特殊装置が不要で利便性が高い。テープ自体のコストは安いですが、テープの貼付にコストが掛かる。スマートフォン内蔵のカメラでは検出精度が低く、スピードが上がれば検出できない。テープ自体が点字ブロック視認上の妨害となる可能性がある。

「赤外線 ID タグ」は検出精度が高い。設置しても目立ちにくく、一般利用者の通行の支障になりにくい。利用者に特殊装置が必要で高価である。また、リーダ動作に別途電池が必要となる。

「ZigBee」も、検出精度が高い。設置しても目立ちにくく、一般利用者の通行の支障になりにくい。利用者に特殊装置が必要である。各エリアに設置する機材の電源供給の設備が必要となる。

また、電波の反射などから無線電波エリアの設定が難しいという問題もある。

表 2 各方式の事前テスト結果のまとめ

大項目	小項目	方式 1 カラーテープ	方式 2 赤外線 ID タグ	方式 3 ZigBee
検出可否	-			
移動速度	約 8km/h (高速移動車椅子を想定)	NG	OK	OK
	約 4km/h (通常移動車椅子を想定)	NG	OK	OK
	約 2km/h (低速移動車椅子を想定)	OK	OK	OK
検出精度	-	赤：0～80% 緑：20～70% 青：40～100% 橙電球，蛍光灯直下で 検出率低下 床色によって検出に影響あり	90%～100% リーダとタグの角度が 垂直になっていればほ ぼ 90% 以上の検出精 度が得られる	90%～100%
検出距離	-	貼付面からの高さ 約 30cm	水平方向で最大 190cm～250cm (バッテリーが消耗し てくると範囲が狭まる)	Zigbee ルー タ よ り約 300cm 内
電源系統	-	問題なし	バッテリー消費時間は 10 時間 タグには電源は不要	Zigbee ルー タ の 電源供給が課題

### 3. 開発した情報システム

#### 3.1 システムの構成

3つの方式は、それぞれに利点・欠点があるが、検出精度・環境設備・費用面からの総合的に判断した結果、「赤外線 ID タグ」による方式を採用することとした。

車椅子に設置している位置検知アプリが、赤外線リーダを経由して、各駅に設置されている赤外線 ID タグを検知すると、各赤外線 ID タグが持っている場所 ID をセンタサーバへ送信する。受信した場所 ID をセンタサーバは、対応表を元に地図 ID に変換して地図表示アプリに送信する。地図表示アプリは、地図 ID を元に画面に地図を表示する仕組みである。

#### 3.2 実験環境

赤外線リーダ・赤外線 ID タグの取付け位置については、下記の仕様で取付けをした。

- ・赤外線リーダ取付け位置：地面より 300mm の高さ（取付け誤差 ± 10mm）

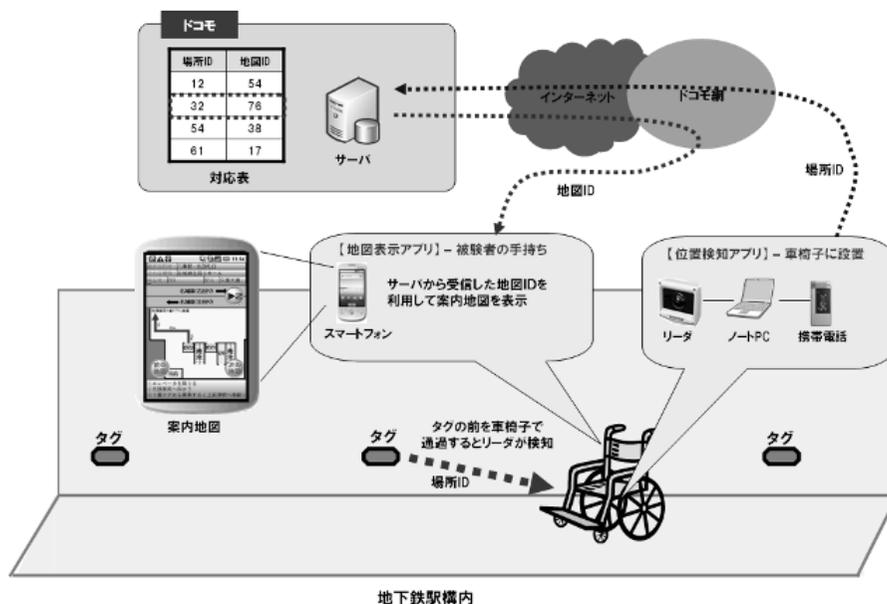


図3 システムの構成図

・赤外線 ID タグ取付け位置：地面より 300mm の高さ（取付け誤差 ± 10mm）

(1) 車イスへの機器取付け

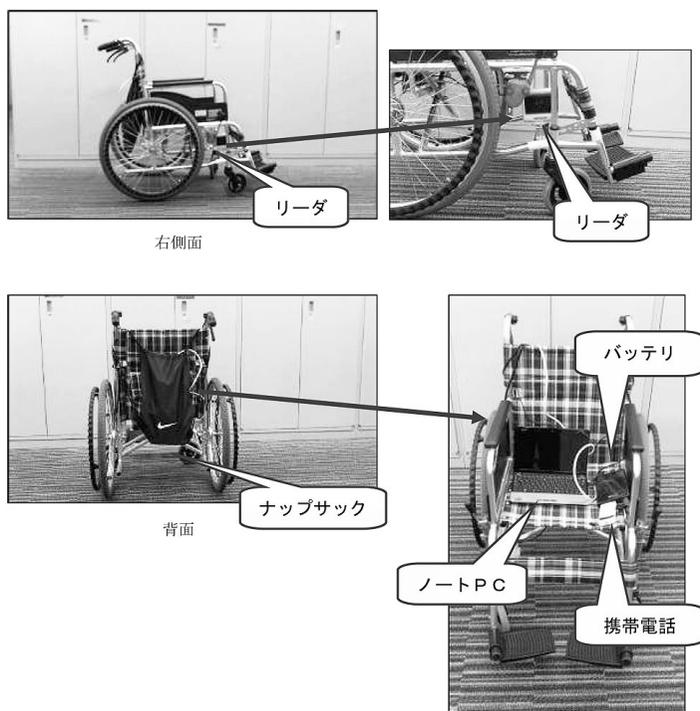


写真2 車イスへの機器の取り付け

(2) 駅の壁面へのタグ設置

各駅へのタグ取付け位置の事例は表3のとおりである。

表3 久屋大通駅構内へのタグの取り付け事例

地 図	写 真

3.3 地図アプリの改善

前回のシステム運用上の課題を改善し、利便性・機能向上を行った箇所について、下記に説明する。

(1) タグ検知による自動的な地図めくり

地下空間では、自分の位置情報を取得することが難しい。このことにより、赤外線リーダ・赤外線 ID タグを採用し、利用者の位置情報の取得を行った。

赤外線リーダ・赤外線 ID タグにより、利用者の位置情報が把握でき、より詳細な地図情報を利用者に提供することができる。また、移動に伴う地図の自動更新を実現する。

(2) 電子コンパスと連動した地図表示

スマートフォン（多機能携帯電話）の機能の一つである地磁気センサーを採用することにより、表示されている地図が方角によって回転する。これにより、利用者は、現在地の把握・進行方向の確認が容易に行うことを目的とした。

(3) タッチパネルによるアプリ操作

タッチパネルによる項目の選択方式は、利用者が直感的に操作することができ、またシームレスな操作性を実現する。

#### (4) 地図とテキスト情報による案内

地図のみでは表すことができない情報を、テキスト情報で表示することにより、現在地点の付帯情報を提供するとともに、文字による案内で、進行経路をよりわかりやすく表示させる。

#### (5) 矢印に距離を明記

地図に進行経路の矢印を表示することで、進行方向をわかりやすくしている。また、携帯電話の画面サイズが小さく、平面図を画面に表示させるには地図をある程度、簡素化して表示しなくてはならない。そのため、目的地までの距離が、地図のみではわかりづらい。よって、進行経路の矢印に距離を明記することにより、目的地までの距離を把握しやすくしている。

案内画面の構成は図4のとおりである。

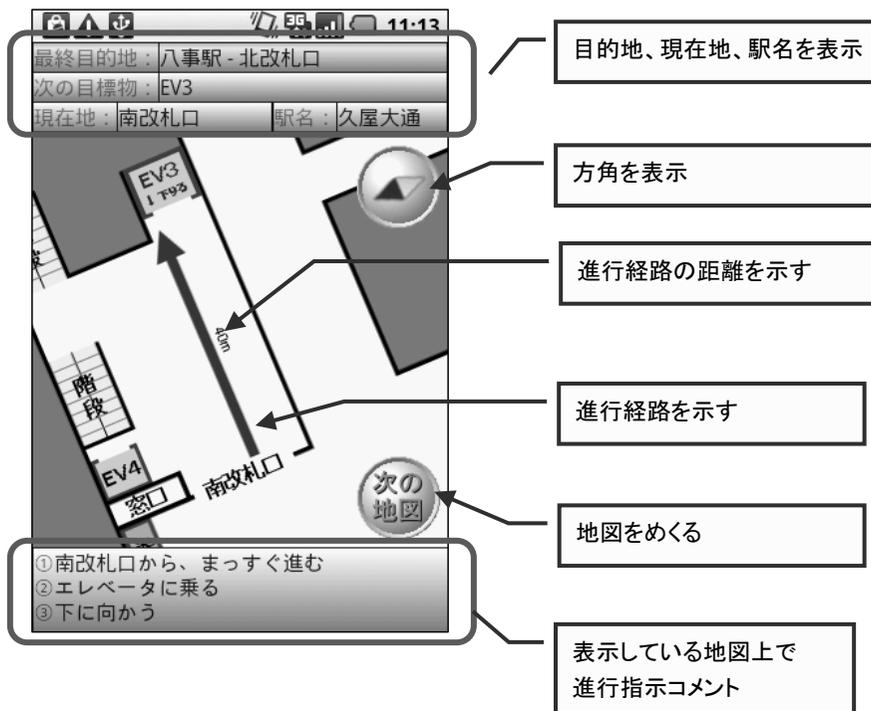


図4 案内画面の構成

## 4. 駅バリア情報システムによる実証実験

### 4.1 実証実験の目的

新たに開発した「駅バリアフリー地図システム」を障害者等が利用する実験を行い、成果を把握し、システムにフィードバックすることで、実利用できるレベルにまで精度を上げる。実証実験の対象とする鉄道事業者を名古屋市営地下鉄とする。被験者としての対象は、車椅子利用者と

ベビーカー利用者とする。

## 4.2 参加者とシナリオの設定

### (1) 参加者一覧

日本福祉大学 (車椅子利用者, ベビーカー利用者)

表4 実験参加者のグループ分け

グループ1	車椅子利用者1 車椅子利用者3 ベビーカー利用者
グループ2	車椅子利用者2 車椅子利用者4

NTT ドコモ 東海支社 (システム運用支援)

名古屋市交通局 (オブザーバー)



写真3 実証実験の様子

### (2) 実験シナリオ

名古屋市営地下鉄の久屋大通駅(南改札口)を出発地とし、目的地の八事駅(改札外)までの実験シナリオとなる。そのルートは、

久屋大通(名城線) - 上前津(名城線 鶴舞線) - 八事(鶴舞線)

となり、上前津駅で乗換えとなる。

グループ1には、地下鉄ルートマップと乗換駅の上前津駅の平面図を事前に渡し、ルートのイメージを事前につかんでいる。八事駅で車椅子対応トイレを利用する。

グループ2には出発駅名、乗換駅名、目的地駅名の情報しか渡さないものとする。上前津駅でコンビニを利用する。

車椅子利用者3と4は開発したシステムを利用しないで、独力で出発地から目的地まで到達することによって、システムの有効性を明確にする。

表5 実験のシナリオ

所要時間	イベント	被験者の行動	備考
00:00	実験開始	出発地点と目標地点を設定し、ルートを検索	【出発地点】 久屋大通駅南改札口 【目標地点】 八事駅 アネックスEV
↑	久屋大通 南改札口 名城線左回りホーム	案内図に従い名城線左回りホームへ	
00:22	久屋大通 乗車	名城線左回りに乗車	
00:27	上前津 到着	上前津にて下車 上前津の案内を表示	グループ2はコンビニを利用
↑	乗り換え 名城線ホーム 鶴舞線赤池方面ホーム	案内図に従い、名城線左回りホームから鶴舞線赤池方面ホームへ移動	
00:39	上前津 乗車	赤池行きに乗車	
00:51	八事 下車	八事にて下車 八事の案内図を表示	グループ1は車椅子対応トイレ利用
↑	鶴舞線ホーム 地上	案内に従い、鶴舞線ホームから地上へ移動	
01:15	地上到着	アネックス出口付近に到着	
01:30	実験終了		

#### 4.3 システムの有効性

「駅バリアフリー地図システム」の設計および開発が適切に行われたことを検証するため、実証実験によって、システムの評価（5段階）を実施する。

まず、19年度における実証実験の結果と比較したものが、表6である。多くの指標で改善が見られる。唯一、評価指標が悪くなったのは、(7)だけである。今回の実験で初めて触るスマートフォンで、戸惑いがあったかもしれない。

システムの性能について、ルートの検索も正確であった。またデータ検索、案内図の表示に関するレスポンスもストレスを感じることなく実用的なレベルであった。利用者からも「検索が遅い」、「案内図の表示が遅い」等のレスポンスに関する不満の声は少なかった。

目的地までの確実な誘導の点で効果があったと考えられる。エレベーターを複数乗り継ぐような乗換の複雑な駅では大きな効果を発揮する。今回乗換を行った上前津駅では3回もエレベーターの乗り継ぎが発生し、非常に複雑な乗換経路であった。現地での検索や目的地が変更になった際の対応が容易であるため、利便性は相当高いはずである。

ルートの案内だけでなく、車椅子対応トイレ、コンビニ等の設備情報も検索でき、現地で確認

表 6 19年度と今回の実験結果の相違

	19年度平均得点 (小さいほど良い)	今回の平均得点 (小さいほど良い)
(1) システムの操作性はよかったか？	2.3	2.3
(2) 最適なルートが検索されたか？	2.5	1.6
(3) ルート案内図は見やすかったか？	2.8	2.6
(4) ルート案内図を見て目的地まで辿り着けたか？	2.3	2.3
(5) 紙媒体より、今回のルート案内図の方が良いか？	3.3	2.3
(6) 電波が途切れることは無かったか？	2.5	1.0
(7) 地図イメージの認識に楽しさや新鮮さという価値を見出せたか？	2.5	3.0
(8) ストレスを感じないシステムとなっているか？	3.5	3.0
(9) ルート案内図に自分の位置を見出せたか？	3.8	3.3
(10) 地図は自動で更新されたか？	なし	2.6
(11) 総合的な評価はいかがですか？	2.3	2.0

が可能である。

今回実験を実施した駅構内では問題なく携帯電話の通信が使用できた。携帯電話で情報が取得できるため、外出の際に紙媒体を持ち歩く必要がなくなる。常に携帯している最も身近な情報端末である携帯電話の大きなメリットの一つである。

## 5. おわりに

今回の実証実験を通じて、以下の4つの課題が確認できた。

- (1) 赤外線 ID タグの読取距離は 3m 以内のため、幅の広い通路では通路の端を通過してしまうと検知できないケースがあった。また車椅子の進入角度によってはリーダーとタグが並行にならず検知できないケースもあった。検知精度向上に向け駅構内のタグの設置箇所、車椅子のリーダーの取り付け箇所にはさらなる工夫が必要である。
- (2) 赤外線 ID タグには電源は不要だが、リーダーには電源が必要となる。今回の実験では車椅子にバッテリーを取り付け、駅構内にタグを設置した。本来であれば車椅子にタグを取り付けたほうが利用者の利便性は高い。ただし、その場合は駅構内にリーダーと電源の設置が必要となり、設備面の課題が残される。
- (3) 利用者のさらなる利便性向上を図るには、今回の実験のような駅構内のナビゲーションだけでなく、屋外（GPS 利用）でのナビゲーションとのシームレスなシステム連携が不可欠となってくる。

- (4) 実証実験は概ね成功裏に推移したが、赤外線 ID タグによる方式にとどまらず、どの方式にしても地下空間全体でナビゲーションを行おうとすると相当額の投資額が必要となり、費用対効果の検証が必要となる。

最後に本調査研究は、名古屋市交通局、株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモの支援があってはじめて実施できたものである。また、システムの検証のための実験で、実に多くの方にお世話になった。この場を借りて感謝の意を表したい。

#### 参考文献

- 1) 後藤順久；「駅バリアフリー地図情報の提供システム構築」，日本福祉大学社会福祉論集第126号，2012年3月
- 2) 樋口宜男（KDDI株式会社）；「高齢者・障害者用鉄道最適経路案内システム」，リハビリテーション工学カンファレンス，2002年8月
- 3) マイクロソフト株式会社；「中部国際空港における新しい旅客ナビゲーションシステムの試験導入について」，2007年6月