

UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向け 屋内用案内システムの開発と展示会への適用

山下 晃弘^{1,a)} 佐藤 佳² 佐藤 俊太² 川口 正太郎³ 松林 勝志¹

概要：視覚障がい者にとって、訪問経験のない場所での移動は極めて困難である。一般的には、スマートフォンやタブレット端末の普及によって、ナビゲーションアプリの利用が普及しているものの、それらは目が見えることが前提で設計されているため、視覚障がい者が利用するのは難しい。そこで著者らは、UHF 帯 RFID 技術を利用した、視覚障がい者向けナビゲーションシステムの開発に取り組んできており、これまでに駅前ロータリの点字ブロック下に埋め込んだ RFID タグを利用したナビゲーションなどについて実証実験を重ねてきた。本研究では、これまで開発してきたナビゲーションシステムを、屋内展示会会場の特定のエリアに適用し、展示会会場で視覚障がい者の案内や、展示ブースの紹介に応用を試みた。本稿では、開発したシステムについて述べるとともに、実際に屋内展示会に適用した結果について報告する。

Development of a Indoor Navigation System with UHF-band RFID for the Visually Impaired People and Its Application to an Exhibition

AKIHIRO YAMASHITA^{1,a)} KEI SATO² SYUNTA SATO² SHOTARO KAWAGUCHI³
KATSUSHI MATSUBAYASHI¹

1. はじめに

平成 27 年度の厚生労働白書によれば、現在、日本の視覚障がい者の数は全国で約 31 万人であり、障がい者全体の約 8 % である [1]。視覚障がい者の人口そのものは、ここ 10 年ほどは変わっていないが、高齢化と共に、進行性の視覚障害者が増加すると予想されている。先天性の視覚障がい者に比べ、一定年齢を超えてから視覚障害になった場合、日常生活を送るハードルが一層高くなるのが現状で

ある。そうした中でも特に重要な問題として挙げられるのが、外出時の問題である。視覚障がい者は、外出する際に白杖の携帯、または盲導犬の同伴が法律で義務付けられており、自ら安全を確保しながら歩行する。しかし、訪れたことの無い場所へ一人で出かけることは、現在の環境では困難であると言わざるを得ない。その原因の一つは、白杖や盲導犬はナビゲーション機能を持たないため、道案内を受けられないことである。

スマートフォンやタブレット端末の普及で、健常者向けの歩行者ナビゲーションシステムは急速に普及した。視覚が利用できる健常者向けには、一定の誤差を含むナビゲーションであっても状況を確認しながら目的地へ到達可能である。しかし、視覚障がい者をナビゲーションする場合、著者らが実際に視覚障がい者にヒアリングした結果によれば約 1m の精度が必要であることが分かった。また、入力や案内のインタフェースも視覚に頼る部分が多く、現在提供されているナビゲーションアプリを視覚障がい者が利用することは極めて困難である。2016 年 4 月 1 日には障が

¹ 独立行政法人国立高等専門学校機構 東京工業高等専門学校 情報工学科

Department of Computer Science, National Institute of Technology, Tokyo College, Hachioji, Tokyo 1930997, Japan

² 独立行政法人国立高等専門学校機構 東京工業高等専門学校機械情報システム工学専攻

Advance Department of Information and Mechanical Systems Engineering, National Institute of Technology, Tokyo College, Hachioji, Tokyo 1930997, Japan

³ 電気通信大学大学院 情報理工学研究科

Education Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo 1828585, Japan

a) yamashita@tokyo-ct.ac.jp

い者差別解消法が施行され、公共施設内やオフィス環境など、今後はますます障がい者に配慮した環境づくりが求められる。外出時の移動は、生活の根幹にかかわる重要な問題であり、そこをサポートする意義は大きい。

そこで本研究では、視覚障がい者が土地勘のない場所でも一人で安全に外出できるシステムの開発を目的とする。本稿では、特に屋内環境において視覚障害者が目的地に到達できるナビゲーションシステムを開発する。本研究では、できるだけ安価で容易に設置できるシステムを検討した結果、UHF帯のRFIDタグを利用した位置測位とナビゲーションシステムを開発した。UHF帯RFID技術はRFID技術の中でも特に長距離の通信に向けた通信規格である。タグ側に電源を持たないパッシブ型タグであっても最長で10m程度の通信距離が確保できる。UHF帯RFIDは物流や小売りの分野で徐々に普及してきており、現在10円～数百円程度のタグもより安価になることが期待できる。

本稿では、UHF帯RFIDタグの長距離読み取りに関する基本性能調査と、位置測位アルゴリズムの検討を行った結果について報告する。また、開発したシステムについて、屋内展示会イベントに適用し、実際に来場者に対して実証実験を行った結果について報告する。

2. システム構成

従来よりRFID技術を用いた視覚障がい者向けのナビゲーションシステムが研究されている[2][3]。しかし、専用の白杖が必要であり、GPSとの連携が無いなど、普及には至っていない。そこで本研究では特に屋内向けナビゲーションシステムの実現を目的とし、UHF帯のRFID技術を応用したシステム開発を検討した。本システムの全体構成を図1に示す。本システムは、中央制御基板、RFIDリーダ、スマートフォン、操作ボタン、マイク・スピーカ、バッテリーから構成されている。中央制御基板、RFIDリーダ、バッテリーは鞆に収納し、スマートフォン、マイク・スピーカは鞆の肩紐に固定され、ユーザからの入出力をスムーズに行うことが可能になっている。また、視覚障がい者がスマートフォンの画面を操作することは困難であるため、腕に装着した凹凸のある2つの操作ボタンのみで、システム全体を操作する。実際に視覚障がい者が本システムを装着している様子を図2に示す。

3. RFIDタグ読み取りに関する予備実験

3.1 RFIDタグの読み取り可能距離の測定

システム開発の予備実験として、様々な種類のRFIDタグの読み取り可能距離に関する測定実験を行った。屋内空間では、RFIDタグを壁面や床面に設置することを想定する。また、一般的に視覚障がい者は点字ブロックが存在すればその上を歩行することが多いため、点字ブロック内部にもRFIDタグを埋め込むことを想定する。環境に埋めら



図1 開発したシステムの全体構成図



図2 開発したシステムを装着した様子

れたRFIDタグは予め場所が登録されており、その位置情報を利用して、ユーザの位置を推定する。そこで本研究では、RFIDタグを直接床面に配置した場合と、コンクリート製点字ブロック内部に埋め込んだ場合の両方について読み取り可能距離の測定実験を実施した。また、カバンの中にRFIDリーダを所持する場合、路面から80cm以上の距離で読み取りが可能でなければならない。実際に読み取り可能な条件を検証するため、先行研究[4]を参考に表1のRFIDタグに関して次の測定を実施した、また、測定したRFIDタグの外形を図3に示す。

読み取り距離は0から20刻みで読み取り不可能になるまで距離を離して測定した。また金属対応の一部のタグについては、裏に金属板を取り付けることで読み取り可能距離の変化を検証した。結果を図4, 5に示す。紙面の都合上、計測したタグのうち、H1, H1 (iron)(H1タグの下面に薄いステンレス板を設置)、H1 (aluminum)(H1タグの下面に薄

いアルミ板を設置), S1, H2-2, H3, M4QT, IQ600, IQ600 (iron)(IQ600 タグの下面に薄いステンレス板を設置) の測定結果を掲載する. この結果から H1 のタグが最も読み取り可能距離が長いことが分かり, 金属板による読み取り可能距離の大きな差は見られなかった. 以上より, 点字ブロック下へ埋設する場合は H1 のタグを採用し, コンクリート床に直接設置する場合は, タグの薄さを考慮してカードタイプの IQ600 を採用することが良いとわかった.

表 1 適した UHF 帯 RFID タグを選定するためのタグ候補

| タグ ID | メーカー | 商品名 | タグの性質 | 通信距離 |
|-------|----------|----------------|-------|------|
| H1 | CONFIDEX | SURVIVOR | 金属対応 | 長 |
| H2-1 | CONFIDEX | HALO | 金属対応 | 長 |
| H2-2 | CONFIDEX | CARRIER TOUGH | 金属対応 | 長 |
| H2-3 | CONFIDEX | CARRIER PRO | 金属対応 | 長 |
| H2-4 | CONFIDEX | IRONSIDE SLIM | 金属対応 | 長 |
| H3 | CONFIDEX | IRONSIDE | 金属対応 | 中 |
| H4 | CONFIDEX | 不明 | 金属対応 | 中 |
| H5 | CONFIDEX | IRONSIDE MICRO | 金属対応 | 短 |
| S1 | Omni-ID | Exo750 | 金属対応 | 中 |
| M4QT | SMARTRAC | M4QT | カード型 | 中 |
| IQ600 | Omni-ID | IQ600 | カード型 | 中 |
| IQ400 | Omni-ID | IQ400 | カード型 | 短 |
| X1 | UPM | Belt | 金属非対応 | 短 |
| X2 | 不明 | 不明 (リーダ付属) | 金属非対応 | 短 |



図 3 タグ候補の外形

3.2 歩行中を想定した移動状態での RFID タグの読み取り測定

歩行中に RFID タグを読み取ることが可能かを検証するため, 5m 間隔で設置した 3 つの点字ブロックの下に H1 タグを埋め, 2km/h, 5km/h, 10km/h の各速度で歩行し, 通過するまでの各タグの読み取り回数を測定した. 図 6 は, 各歩行速度で 10 回ずつ測定した時の読取回数の平均値で

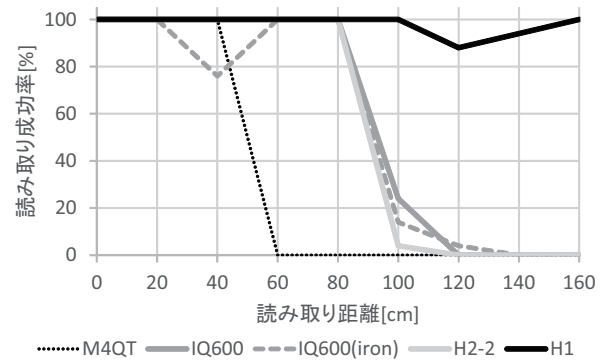


図 4 コンクリート上に特設置して RFID タグの読み取り可能距離を測定した結果

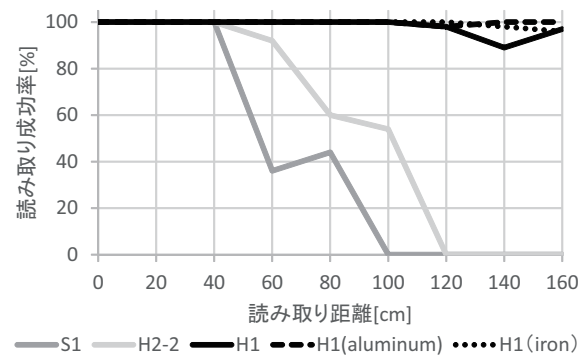


図 5 コンクリート製の点字ブロック下に RFID タグを埋め込んで読み取り可能距離を測定した結果

ある. 2km/h と 5km/h では各タグを必ず 2 回以上読み取りすることに成功した一方で, 10km/h では読み取り回数の平均値が 2 回を下回り, 10 回の測定のうち, 一度だけ一つのタグを読み飛ばしてしまう場合が存在した. しかし, 10km/h はジョギングほどの速さであり, 視覚障がい者が通常歩行する速度よりはるかに速い速度であるため, 実用の上の問題はない.

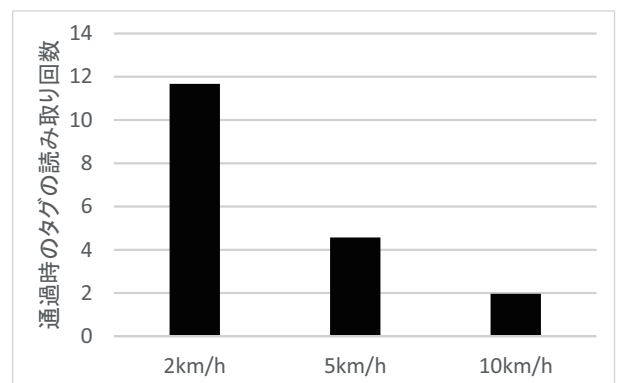


図 6 2km/h, 5km/h, 10km/h のそれぞれの速度で移動した際の RFID タグの読み取り階数の測定結果

4. RFID タグを使用した位置推定

4.1 位置推定法の検討

環境に設置された RFID タグの位置が予め正確に把握できている場合、読み取れたタグの情報をを用いて位置推定を行うことが可能である。白石らの研究 [5] によれば、50cm 間隔でタグを天井に貼り付けたとき、読み取ったタグの位置の重心を推定値とする単純重心法を用いることで、RFID リーダの位置を誤差 16cm から 80cm の精度で推定できることが報告されている。また、室内の隅では重心法を用いると精度が悪化することも報告されている。

また、らの研究 [6] によれば、タグとリーダの距離が離れると電波受信強度（以後 RSSI 値）が弱くなることを利用して RSSI 値と三辺推量法を使い読み取ったタグの RSSI 値からリーダの位置を求める手法について報告されている。本研究では、前述の単純重心法と、読み取った RFID タグの位置を RSSI 値で重みづけしてタグの重心を求める RSSI 重み付き重心法を用いて RFID リーダの位置推定実験を行った。また、位置推定によく利用される粒子フィルタ [7] を取り入れた場合の精度についても検討を行った。

4.1.1 単純重心法による位置推定

単純重心法は読み取ることができたすべてのタグの位置の重心を推定値とする手法である。今、時刻 t におけるリーダの真の位置を $P_{reader}(t)$ 、タグ $i = \{1, 2, \dots, N\}$ の位置を P_i 、時刻 t における読み取り可否の結果を $a_{i,t}$ としたとき、リーダの位置の推定値 $P'_{reader}(t)$ は、環境に配置された N 枚のすべてのタグの位置の重心によって次の式で求められる。

$$P'_{reader}(t) = \frac{1}{\sum_i a_{i,t}} \sum_i a_{i,t} * P_i$$

$$\text{where } a_{i,t} = \begin{cases} 1 & (\text{tag } i \text{ is readed}) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

4.1.2 RSSI 重み付き重心法による位置推定

受信強度 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) は通信時の電波強度であり、一般的には通信距離が長くなるほど RSSI 値は小さくなる。実際に予備実験を行ったところ、いずれのタグでも距離に応じて RSSI の減衰を確認できた。単純重心法では、読み取れた全てのタグの位置の平均値を推定値としていたが、RSSI が一般的に距離に応じて減衰することを利用し、RSSI による重み付き重心法による位置推定を定義する。時刻 t におけるタグ i の RSSI 値を $RSSI_{i,t}$ としたとき、RSSI 重み付き重心法によるリーダの位置の推定値 $P'_{reader}(t)$ は次の式で求められる。

$$P'_{reader}(t) = \frac{1}{\sum_i a_{i,t} * RSSI_{i,t}} \sum_i a_{i,t} * RSSI_{i,t} * P_i$$

4.1.3 粒子フィルタの適用

屋内環境で何らかの通信する際、電波の反射 (マルチパス) の影響を受ける。UHF 帯 RFID は比較的長距離の通信が可能であり、屋内で使用すると近くのタグが読み取れなくなることや、遠くのタグが読み取れてしまう現象が生じてしまう [8]。マルチパスの影響を予測することは困難であるが屋内空間での位置推定を試みた場合、マルチパスの影響が無視できない。そこで、粒子フィルタを適用して精度を向上させることを考える。粒子フィルタはモンテカルロシミュレーションに基づくランダム過程推定技術であり、状態推定を多数の粒子を用いて近似的に表す方法である [7]。ここでの状態推定は状態空間モデルが既知の場合に観測値に応じて事後分布を求めたものである。 N 個の粒子を使って粒子フィルタを適用する場合、 $P_p(n)$ を粒子 n の位置、 $P_w(n)$ を粒子 n の重みとする。その場合の粒子フィルタのアルゴリズムは以下ようになる。

- (1) 初期値の設定 粒子の初期の位置を設定する。ここでは全ての範囲のから乱数で初期の位置を設定する。粒子の重みは初期値を 1 とする。
- (2) 尤度関数の計算 前章までの位置推定法を使い推定した数値 (以降計測値とする) から尤度関数を計算する。本モデルでは計測値 x の誤差範囲を σ とし、計測値を中心とした標準正規分布 (式 1) を尤度関数とする。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

- (3) 尤度関数に基づく重みの更新 (2) で求めた尤度関数に基づいて粒子の重みを更新する。粒子の重みは尤度関数と現在の重みの積をとる (式)。

$$P_w(n) = f(x) * P_w(n) \quad (2)$$

- (4) 推定値の計算 全ての粒子の重みから重心を求めた結果を粒子フィルタで求めた推定値とする。時刻 t における推定値 M は式 3 のように求める。

$$M(t) = \frac{1}{\sum_n P_w(n)} \sum_n P_w(n) * P_p(n) \quad (3)$$

- (5) 子孫の生成 次の状態推定のため粒子の重みを基に新しく重みが 1 の粒子を生成する。重みが大きい粒子から多くの粒子を生成する。このとき粒子の個体数 N は変えない。親の粒子から子の粒子を生成する個数 T は $P_w(i)$ に基づいたルーレット選択によって求める。
- (6) 次の状態の予測 人の移動を想定した時に等速で移動することを想定し、次の状態は前のステップからの平均速度に基づいて求める。 t' ステップ前からの平均速度をもとめ、それぞれの粒子を移動させる。各粒子の移動後の位置は式 4 によって求め、再び (2) に戻り繰り返す。

$$P_p(n) = P_p(n) + \frac{M(t) - M(t-t')}{t'} \quad (4)$$

4.2 位置推定精度の検証実験

4.2.1 実験環境

位置推定精度を検証するため、試験的に RFID タグを設置した屋内環境を準備する。図 7 のように横 30 間隔、縦 60cm 間隔で RFID タグを貼り付けたボードを全部で 8 枚用意し、横に並べて全長 960cm となる実験環境を構築した。等間隔で貼り付けたタグの横を、RFID リーダを搭載したカートを一定速度で移動させ、その位置測定の精度を検証した。RFID リーダは、アンテナがボードと平行になるようにカートに設置した。ボードとカートの距離は実際の屋内イベント会場などでの利用を想定して 70cm とした。測定は 0 m 地点から 10 m 地点まで 11 観測地点で行い、RFID タグの読み取りを行った結果に基づいて位置推定の精度を検証した。図 8 は実際に測定を行った時の写真である。

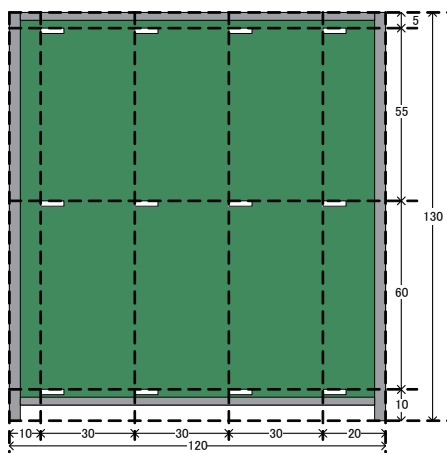


図 7 RFID タグを張り付けた実験用のボード



図 8 位置測定実験の様子 (上: 屋内, 下: 屋外)

屋内、屋外それぞれでの読取結果の一例を図 9 に示す。図 9 は左が屋内、右が屋外での測定結果を示している。図

の上部の番号は RFID タグを張り付けたボード番号を表しており、図の左の番号は測定位置を表している。この図からも読み取れる通り、屋外では、測定位置に対して近傍の RFID タグが比較的正確に読み取れているのに対し、屋内ではマルチパスの影響で、近傍のタグが読めなかったり、遠方のタグが読めたりしていることがわかる。つまり、屋外の測定結果であれば、単純重心法でも比較的高い精度の位置測位が可能であることが予測されるが、屋内の実験結果では大きな誤差が生じると予想される。次節以降では、屋内の測定結果に対して位置推定のアルゴリズムを適用した結果について述べる。

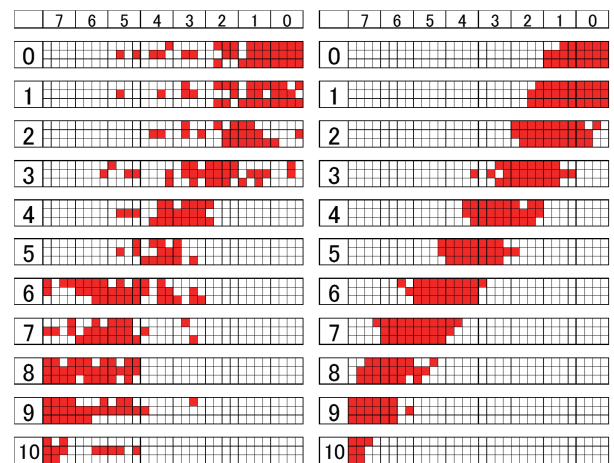


図 9 実験環境における RFID タグの読み取り結果 (左: 屋内, 右: 屋外). 図上部の番号は RFID タグを張り付けたボード番号を表し、図左部の番号は測定位置を表す。

4.2.2 単純重心法と RSSI 重み付き重心法に基づく位置推定の結果

前節で示した屋内環境での測定結果に対して、単純重心法と RSSI 重み付き重心法を利用して RFID リーダの位置推定を行ったときの誤差を図 10 に示す。図 10 は横軸が計測位置で縦軸がその計測位置における位置推定結果との誤差である。全測定位置の誤差の平均値は、単純重心法を適用した場合 41cm, RSSI 重み付き重心法を適用した場合 22cm であった。RSSI 重み付き重心法を利用することで、誤差を軽減できていることが確認できる。また図 10 を見ると、0,100,1000 地点など、実験環境の端の方で誤差が拡大している。これは実験環境の端で可読タグを読み取ったことが原因であり、重心を求めるのに必要なタグが不足していたためである。

4.2.3 粒子フィルタを適用した推定法の結果

RSSI 重み付き重心法で求めた推定値に粒子フィルタを適用した結果を図 11 に示す。RSSI 重み付き重心法による誤差の平均値は 22cm だったのに対し、粒子フィルタを適用した結果の誤差の平均値は 20cm であり、今回の実験では誤差に大きな差が表れなかった。図 11 を見ると、スター

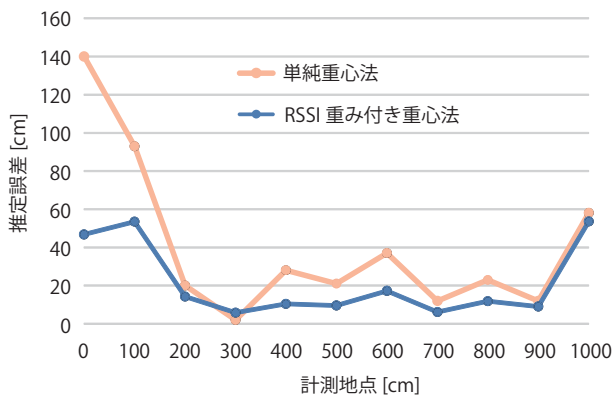


図 10 屋内環境において単純重心法と RSSI 重み付き重心法で位置推定を行った際の推定誤差

ト地点の 0cm 及び 100cm 付近では、粒子フィルタを適用しない場合も適用した場合も誤差が約 50cm と大きくなっている。一方で、ゴール地点の 1000cm では、粒子フィルタを適用した結果の方が、大幅に誤差が軽減できている。つまり、ゴール付近で RFID タグが存在しなくなっても、粒子フィルタの効果である程度正確な予測ができることが明らかとなった。一方で、600cm 地点や 700cm 地点での測定結果は逆に粒子フィルタを適用した結果の方が悪化している。これは、いくつかの原因が考えられるが、一つは屋内の実験環境においてこの付近でマルチパスが特に多く発生していた可能性である。実際に今回実験に使用した環境は金属製の扉なども多数存在するためマルチパスの影響は場所によって大きくなっていた可能性がある。もう一つは、実験環境が 10m 程度と限られていたため、粒子フィルタの効果が安定していなかった可能性が考えられる。もう少し規模を大きくした環境等で再度実験を行い、粒子フィルタの効果について検証する必要がある。

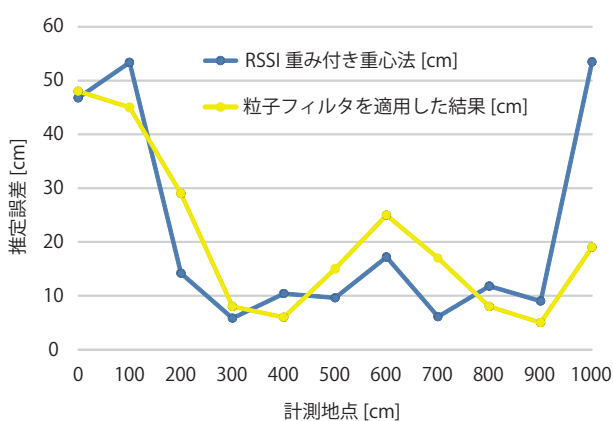


図 11 RSSI 重み付き重心法による推定誤差と粒子フィルタを適用した際の推定誤差の比較

5. RFID タグを用いた通路の設定とルート探索

実際に利用者をナビゲーションするためには、通行可能

な通路を設定する必要がある。屋外であれば、道路や歩道が通路となり、地図情報を用いて経路探索を行うことが可能である。しかしながら、屋内空間では地図情報が提供されていない可能性が高く、何らかの方法で、通行可能な通路を設定する必要がある。また、視覚障がい者が移動する際に目安となるのが点字ブロックであるが、屋内空間は点字ブロックが敷設されていない可能性が高い。これは、キャストを使った荷台などの利用が困難になってしまう他、バリアフリーの観点から、車いすの利用者や高齢者など、点字ブロックが逆に障害になってしまう場合があるためである。

そこで本研究では、敷設した RFID タグに基づいて、仮想的な通路を設定する。仮想的な通路は、RFID タグをノードとするグラフ構造で定義する。ある RFID タグから別な RFID タグの間が実際に通行可能であれば、そこにリンクを張る。RFID タグ間の距離をリンクのコストとし、出来上がったグラフ上で、ダイクストラ法による最短経路探索を実施し、利用者をナビゲーションする。

グラフによる通路の定義は、あくまでネットワーク構造としてのトポロジーの定義であり、地図とは異なり位置や方向の情報が表現できない。しかしながら、仮に位置や方向を含む地図情報が表現できたとしても、それを視覚障がい者に対して提示することは困難であり、実際に視覚障がい者をナビゲーションすることを考えれば、今その場でどちらの方向に進むべきかを提示できれば十分である。

そこで本システムでは、案内が必要なポイントに絞って、音声による案内を実施できる仕組みについて検討し実装を行った。具体的には、案内が必要なポイントのノード (RFID タグ) について、その直前のノードから直後のノードに向かう方向をテーブルとして保持しておく (図 12)。経路探索の結果得られるルートは、RFID タグを読み取る順序に相当するため、その順序に対して、この方向テーブルの各行で検索し、マッチした行の案内を実行する。こうすることで、ある方向へ向かう利用者に対して、適切な方向のナビゲーションが可能になる。なお、事前に視覚障がい者の方にヒアリングした結果、前後左右だけではなく、左斜め前など 8 方向で案内するほうが好ましいという意見を頂いたため、方向は 8 方向で設定することとした。

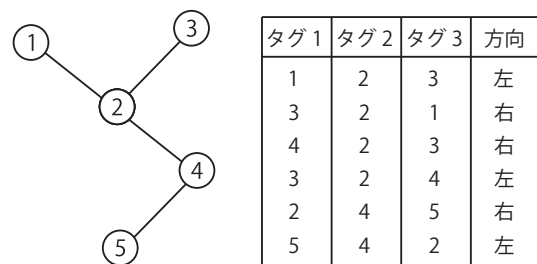


図 12 RFID タグを用いたグラフ構造の定義の例 (左) と案内のための方向テーブル (右)

また、方向テーブルとは別に、周囲の段差やトイレの案内など、あるタグを読み取った段階で予め決められたアナウンスをする仕組みも用意した。この機能は、ルート案内とは独立してそのタグを読み取った瞬間のアナウンスとして機能する。例えば、何かの展示物の前に立った際に、その展示物についての説明をするなどの利用が可能である。

6. 屋内展示会イベントへの適用

本システムの有効性を評価するため、2016年4月21日から4月23日まで大阪府のインテックス大阪で開催された「バリアフリー2016」の「目の見えない方・見えにくい方のための展示コーナー」に、RFIDタグを設置して実証実験を行った。実際に来場者に本システムを身に付けていただき、コーナー内のナビゲーションを体験して頂いた。実験を行った会場のレイアウトと、RFIDタグを設置した場所及び、経路探索のためのグラフ構造を構築する際の仮想的な通路の定義を図13に示す。RFIDタグは、各ブースの前と、通路が角になっている部分に配置した。ただし、今回は会場の制約から、RFIDタグは床面に配置した。なお、今回の実験に使用したタグは、前述の事前実験より読み取り可能距離が比較的長く、薄型で床面に設置可能なIQ600を使用した。

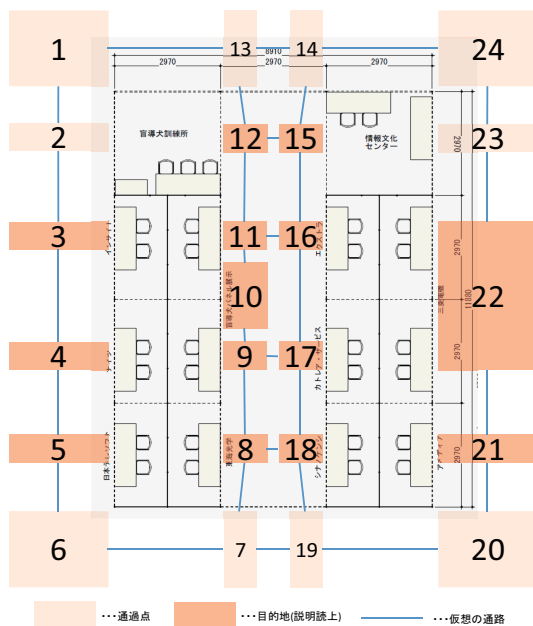


図13 バリアフリー2016「目の見えない方・見えにくい方のための展示コーナー」の配置図及びRFIDタグの設置場所と仮想通路の定義。数値はそこに設置したタグのタグID

本コーナーは、12のブースから構成されている。今回の実証実験では、スタート地点からゴール地点までの経路案内とともに、ゴール地点ではそのブースに関する説明を音声でアナウンスする実装とした。タグIDは1から24までであり、その配置は図13の通りである。なお、今回の実

験では、タグを読み飛ばしてしまう危険性を最小限に抑えるために、同じタグIDのRFIDタグをそれぞれ30cm程度離して4枚設置した。

利用者はまず、音声で目的地を入力する。音声認識や音声案内は全てスマートフォンの機能を利用して実装した。スマートフォン本体にもマイクやスピーカは備わっているが、展示会場などでは環境音が雑音として入りやすいため、指向性の強いピンマイクを口元付近に設置し、スピーカも耳元近くに設置した。その結果、音声入力も比較的スムーズに実現でき案内も聞き取りやすい形で実現できた。図14は、実証実験を実施した会場の様子であり、図15は、実験中、本システムを実際に来場者に着用して頂いて実際に案内のデモを行っている様子である。



図14 実証実験を行った会場の様子



図15 実際に本システムを着用して利用している様子

また、図16は、1回の案内中に読み取ったタグIDを時間軸上にプロットしたグラフである。この案内の例では、スタート地点が図13におけるタグID17の地点で、ゴール地点がタグID3の地点である。図16を見ると、タグID17を読み取った後、16,15,14,13,1,2,3の順序でタグを読み取っていることがわかる。図13の配置図と照らし合わせると、

問題なくナビゲーション出来ていることがわかる。また、各タグは最低でも 10 回以上は読み取っており、読み飛ばしは発生していない。また、今回の配置では、他の ID のタグを読み取ることもなかった。

今後は、より多くのタグを設置し、複数のタグを読み取ることによる位置推定を行ったナビゲーションについて実証していきたい。

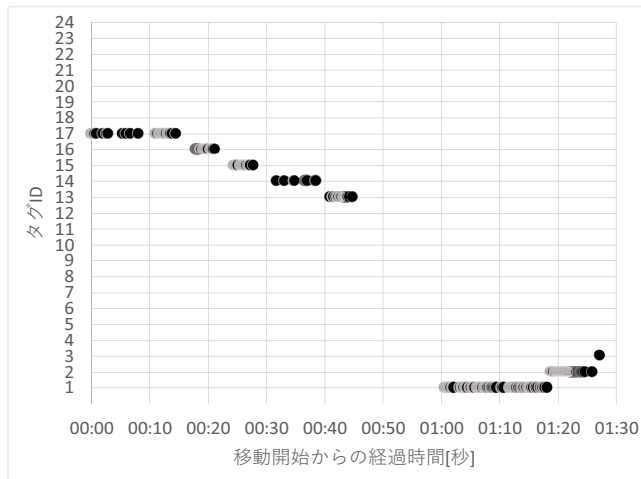


図 16 実際に本システムを着用して利用している様子

7. まとめ

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 16K12967, 及び公益財団法人立石科学技術振興財団の研究助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 厚生労働省平成 27 年版厚生労働白書
<http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/15-2/>
- [2] Willie Martin, Kory Dancer, Kevin Rock, Christopher Zeleney, Kumar Yelamarthi: The Smart Cane: An Electrical Engineering Design Project, Proc. of the 2009 ASEE North Central Section Conference (2009).
- [3] 鶴沼 宗利, RFID を用いた歩行者の経路誘導 視覚障害者向け道案内システム-, 情報処理 Vol.45, No.9, pp.918-922 (2004).
- [4] 杉本彩, オフラインデバイスネットワーク構築のための RFID タグ埋め込み条件に関する研究, 高知工科大学 (2010).
- [5] 白石剛大, 小室信喜, 上田裕巳, 河西宏之: UHF 帯パッシブ型 RFID を用いる屋内位置推定アルゴリズムの提案, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J95-B, No.10, pp.1302-1312 (2012).
- [6] 浩二, 兼田健佑, 湯浅翔太: 電磁界強度を用いた RF タグ位置推定技術の開発, 大分工業高等専門学校紀要, 第 47 号, pp.19-24 (2010).
- [7] Genshiro Kitagawa: Monte Carlo Filter and Smoother for Non-Gaussian Nonlinear State Space Models, Journal of Computational and Graphical Statistics, Vol.5, No.1, pp.1-25 (1996).
- [8] 西田伸克, 佐々木清幸, 柏原一之, 工藤敏夫, 細谷勝宣, 福井政博: 電波吸収体による UHF 帯 RFID 電磁環境制御方法の開発, 三菱電線工業時報, Vol.104, pp.11-15 (2007).