

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 —

(株) 日立製作所 日立研究所

鵜沼 宗利

unuma@hrl.hitachi.co.jp

● 障害者の円滑な移動を支援 ●

身体障害者の人数は、2001年現在で約325万人であり、このうち45.7%が70歳以上の高齢者である。高齢化社会が急速に進み、2015年には約4人に1人が高齢者になると予測され、それとともに障害者もさらに増加すると予測される。そこで、障害者・高齢者の自立と社会参加が重要な課題となっている。それを受けて、2000年11月には交通バリアフリー法が施行され、2010年までのバリアフリー化が義務付けられるなどバリアフリー社会の構築が開始された。高齢者・障害者をはじめとする移動制約者のために、公共交通機関や公共施設などにおいて段差の解消など、物理的なバリアの除去が進められている。今後はさらに適用エリアを広げるために通信・情報処理の技術を活用して円滑に移動できる手段やサービスの提供が求められている。

そのような要求に答えるかたちで、歩行空間のバリアフリー化を目的に「歩行者ITS(Intelligent Transport System)」の開発が進められている。歩行者ITSは、国土交通省国土技術政策総合研究所と民間企業グループが開発を進めてきたものである。具体的には歩行者の位置を高精度に測定する技術、詳細なデジタル地図、通信機能を持った携帯端末等を用いて、経路案内・注意喚起・周辺情報提供などのサービスを総合的に提供するシステムを目指している。

このシステムを実現するためには位置検知技術が非常に重要となる。位置の検出手段として、カーナビゲーションなどで広く用いられているGPS(Global Positioning System)を用いることも考えられる。しかし、通常のGPS受信機を人間の移動する歩行空間で利用する場合、(1)地下街などGPS衛星を捉えることができない場所が多い。

(2)屋外においても、車に比べ道路の端を移動するために、建物の影となりGPS衛星を捉えにくい場合がある。

など歩行空間のすべての領域において確実に位置を検知できるとはいいがたい。

そこで、いかなる環境においても確実に位置を検知する手段として視覚障害者が移動するときに道標として利用する点字ブロックにRFID(Radio Frequency Identification)を埋め込み、そのID情報から位置を検知する方式を採用した。RFIDはユビキタス社会を実現するために必要な要素技術の1つとして注目されておりRFIDを取り付けた物とRFIDのID情報を結び付けてトレーサビリティシステムなどへの応用が検討されている。これと同じようにRFIDを埋め込んだ点字ブロックのID情報と敷設した場所の位置や周辺情報を結び付けることにより屋内外を問わず確実に位置や情報を検知することが可能である。そこで、視覚障害者の持つ白杖にRFIDのアンテナを内蔵し点字ブロックに埋め込んだRFIDの情報を取得することにより経路案内や注意喚起等を提供できるシステムを開発した。

● RFID を用いた道案内システム ●

● 歩行者ITS端末の構成

図-1に歩行者ITS端末の構成を、図-2に端末の装着イメージを示す。RFID内蔵の点字ブロック、このRFIDに記憶された情報を読み出すためのRFIDリーダー、被験者の進行方向を検出するための磁気方位センサ、被験者が入力を行うテンキーボード、音声ガイダンスを聞くための骨伝導スピーカ、RFIDリーダーの制御や読み込んだID情報をもとに経路探索や注意喚起の処理を行うPDA(Personal Digital Assistant)で構成される。使用

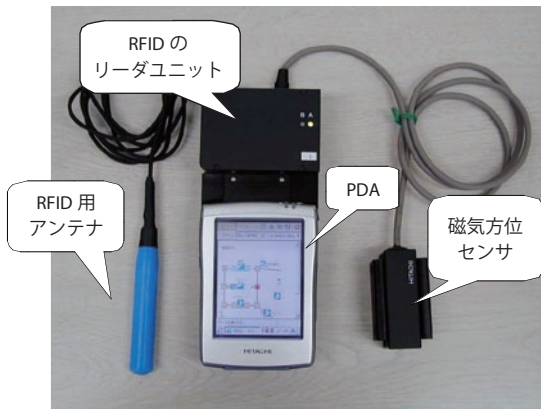


図-1 歩行者 ITS 端末



図-2 実験システムの装着イメージ

者は図-2に示すように、PDAをポシェットなどに入れ、腰に付ける形態となっている。なお、車椅子利用者の場合にはRFIDリーダのアンテナ部分を車椅子の下に取り付け点字ブロック上を通過することによりID情報を読み取る。

図-3は小型化を狙い、携帯電話利用した端末である。携帯電話の後ろに取り付けたRFIDリーダの情報を携帯電話のシリアル通信コネクタを経由して読み取るようになっている。経路探索など負荷の重い処理はサーバ側で行い、携帯電話側ではID情報に対応する地図や音声案内を行うアプリケーションが動くようになっている。

● RFID 内蔵点字ブロック

図-4(a)にRFIDの外観を示す。あらかじめ書き込まれたID情報の他にデータの読み書きが可能なメモリとコントローラが一体になったICチップ、RFIDリーダからの電力供給および通信を行うためのコイルで構成される。このRFIDは電力をRFIDリーダ側から供給し

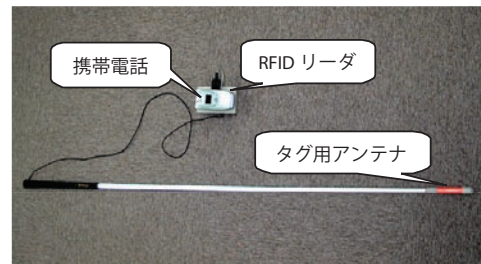
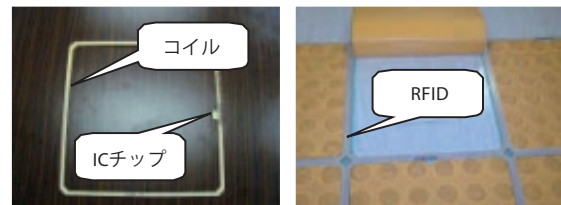


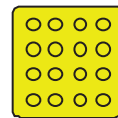
図-3 携帯電話を利用した端末



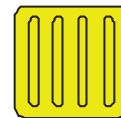
(a) RFIDの外観

(b) 敷設の様子

図-4 RFIDの外観と敷設の様子



(a) 警告ブロック



(b) 誘導ブロック

図-5 点字ブロックの種類

てICチップを動作させるためRFID本体にはバッテリーは不要である。また、点字ブロックが水溜りなどのために水没した場合を考慮して、水による減衰の影響が少ない125kHz帯のRFIDを用いている。

図-4(b)は、RFIDを点字ブロックに埋め込んだ例である。点字ブロックには図-5に示すように警告ブロックと誘導ブロックの2種類がある。警告ブロックは分岐点や注意喚起を行う位置に敷設されており、誘導ブロックは警告ブロック間を結ぶ誘導路に敷設されている。RFIDは注意喚起や経路誘導に重要な役割を果たす警告ブロックに主に埋め込んでいる。埋め込んだRFIDのID情報と敷設した位置情報を対応付けておくことにより、ID情報から位置情報を取得できるようになる。図-6はRFIDの通信エリアである。点字ブロックの内側30cm四方、上方に最大15cm程度である。RFIDリーダのアンテナがこのエリア内を通過するとRFIDに書き込まれたID情報を読み取ることができる。

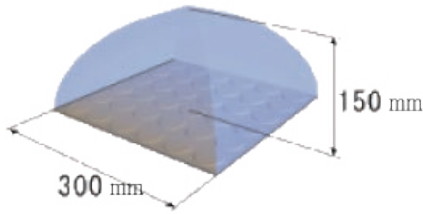


図-6 RFIDの通信エリア



図-7 ITS フェスティバルの様子

● 音声案内

被験者への情報提供および操作のガイダンスは TTS (Text to Speech) を用いた音声案内を用いている。音声出力は、骨伝導スピーカと呼ばれる特殊なヘッドセットを使用し、被験者の両耳を塞ぐことなしに、頭蓋骨を介して直接的に音を伝えるようになっている。これは、視覚障害者が周囲の音から障害物や危険を検知することを考慮したためである。

● 経路案内

経路探索は RFID の埋め込まれた点字ブロックの位置を分岐点 (ノード) として、カーナビゲーション等で用いられている Dijkstra 法¹⁾ を用いて、現在地と目的地間の最短経路を算出している。この際、利用者の身体的特性を考慮した最適な経路計算を行うこともできるようになっている。経路計算で算出された経路はノード列の情報として PDA 内に記憶される。経路上を被験者が進むに従って、RFID リードより検出されたノード ID に応じて、次のノードへの方向と距離が音声ガイダンスにより案内される。進行方向の案内は腰に装着した磁気方位センサを利用している。たとえば「20m 直進」「右に

2m 直進」「2m 先右」「右に 5m 先左」というように案内することができる。なお、経路計算により求めた経路上に存在する RFID の ID とは別の ID を検出した場合、経路から逸脱したと判断し、再度経路計算を行うリルート機能も有している。

● 注意喚起

前記経路誘導中に、段差や階段、自動ドアなど、転落・衝突の危険性がある場所に接近すると音声ガイダンスを用いて注意を促す。たとえば下り階段に向かって進んでいる場合、5m 手前の地点でタグを検出すると「5m 先、下り階段です」と注意喚起を促す。

● 周辺情報検索

自分の位置を基準に、近くの交通機関、トイレ、飲食店、売店などを検索する。検索項目の指定は、音声ガイダンスを利用したメニューより選択する。検索した施設の詳細情報を表示することも可能であり、たとえば、トイレ内の設備の配置や飲食店のメニューなどを読み上げて案内する。

● 事例紹介 ●

視覚障害者および車椅子利用者を対象に、2001 年 11 月には国土技術政策総合研究所敷地内で (つくば市)、2002 年 2 月には大阪梅田地下街 (大阪市) で本システムの検証を行うための社会実験。2003 年 10 月には ITS フェスティバル (名古屋) で実演を行った。図-7 にその時の様子を示す。実験後の被験者からのアンケートで、(1) 注意喚起、(2) 経路案内、(3) 周辺情報提供のいずれのサービスについても、「有効である」、「使用したい」といった好意的な意見が聞かれた。

(1) 注意喚起については、音声ガイダンスのタイミングや、頻度についてのアンケートも行った。その結果、階段や支柱など歩行に危険なものの周囲で注意喚起をすることについて、有効であるとの意見をもらうことができた。

(2) 経路案内については、音声ガイダンスのタイミングがやや遅めで、曲がるタイミングを逃してしまったといった意見も聞かれた。しかし全体的に見ればおおむね「便利である」「使用したい」といった意見が多く、経路案内についても有効性が確認できた。

(3) 周辺情報提供についても、「便利である」「面白い」といった意見が多かった。

また、総合的な評価の中で、「何十年ぶりに 1 人で知らない道を歩くことができた」や「本当に楽しかった」



などの意見も聞かれ、開発したシステムが障害者にとって想像以上に価値のあるものであることが分かった。

しかし一方で、「装置が重い」「音声ガイダンスが聞き取りにくい」という意見もあり、また実験中に案内のメッセージが理解できずに誤ったコースに進んでしまった例があったなど、改良すべき点も多々見受けられた。

また、車椅子利用者からは「点字ブロックの上は車椅子では通行しにくい、別の位置検知手段はないか」などの意見が寄せられ、さらなる屋内での位置検知手段の必要性が感じられた。

● 点字ブロックが途切れた部分の検討 ●

紹介したシステムは RFID 内蔵の点字ブロックがあることを前提に経路誘導を行っている。したがって、点字ブロックが途切れた場所では誘導することができない。点字ブロックが途切れる代表例として横断歩道がある。横断歩道には誘導の手助けとなる突起物などを敷設することが難しく、視覚障害者にとっては気を遣う場所である。RFID のみを横断歩道内に埋め込むことも考えられるが、車の通行に伴う RFID の破損などのため実現が難しいと予測される。また、GPS の併用なども考えられるが、現状の GPS では条件の良い空が開けた屋外でも位置精度が数 m 程度と大きい。また市街地では建物の陰となり GPS 衛星を捕捉することができず位置検知ができなくなったりマルチパスのために誤差が非常に大きくなったりする場合もある。したがって、GPS を視覚障害者の誘導に利用することは難しい。

そこで、このような区間においては人の歩行動作認識技術を応用した自律的位置検出手法²⁾を利用することを検討中である。人の歩行動作認識技術を応用した自律的位置検出手法は次のようにして位置を検出する。

- (1) 人の歩行に伴う上下振動を加速度センサで検出し振動波形の特徴量から歩行動作の種類および歩調を判別する。
- (2) 歩行動作の種類から歩幅を推定する。この歩幅と歩調より歩行速度を算出する。
- (3) 磁気方位センサと組み合わせ、出発点から積分をすることにより移動軌跡（現在位置）を算出する。

この手法は、固定された歩幅を用いて移動距離を算出する従来の万歩計に比べ、移動中の歩行状態の変化（歩幅の変化）を考慮することができるため移動距離を精度よく求めることができる。図-8は、本手法で推定した歩行速度とレーザ距離計を用いて求めた歩行速度の比較である。さまざまな歩行状態や歩行速度で移動しているが両者がかなり一致しているのが分かる。図-9は屋外

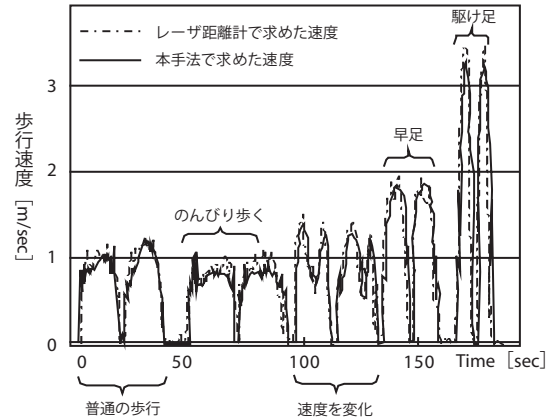


図-8 本手法とレーザ計測の比較

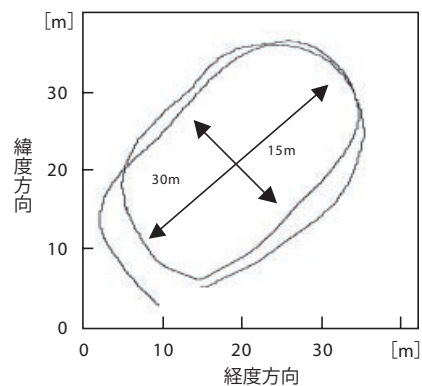


図-9 移動軌跡の例

において磁気方位センサと組み合わせ、出発点を基準に移動軌跡を算出した例である。この例では、長辺 30m、短辺 15m の領域を 2 周回っている。このように、出発点の位置が正確に分かっていれば数十メートル程度の距離であればかなり正確に移動軌跡を求めることができる。横断歩道は長くても 15m 程度である。横断歩道の両端に出発点の位置を示す RFID を配置し、その間を自律的位置検出手法で位置検知することにより横断経路を誘導できる可能性がある。

図-10に本位置検出手法を利用した横断歩道の誘導方法の例を示す。横断歩道の両端には横断歩道の始まりを示す警告用の点字ブロックを配置する。この点字ブロックを境界に横断歩道側を自立的な位置検知手法を適用する区間、歩道側を RFID 内蔵点字ブロックによる誘導区間とする。警告用点字ブロックにはすべて RFID が埋め込まれており横断歩道に進入する位置を点字ブロック単位で検知することができる。視覚障害者は誘導点字ブロックにより誘導され横断歩道の境界を示す警告用点字

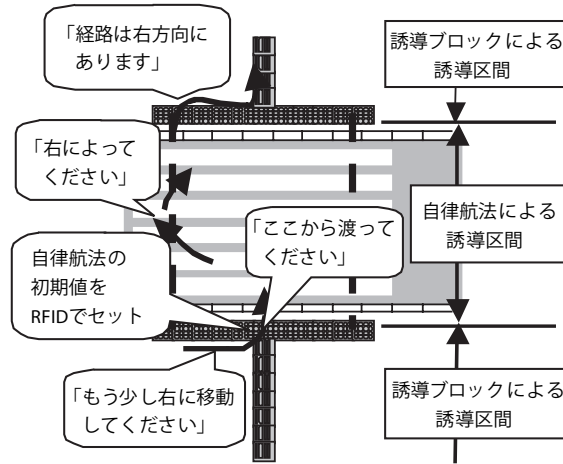


図-10 横断歩道の誘導方法

ブロックに到達する。横断歩道を渡る場合、自立的な位置検知手法の誤差などを考慮して、横断歩道の中央付近から横断歩道に進入することが望ましい。そこで、警告用点字ブロックへ到達した位置をRFIDのID情報をもとに検知し、図-10の例では「少し右に移動してください」のように発話し横断歩道の中央付近へ移動するように促す。横断歩道の中央付近に到達すると、「ここから渡ってください」と発話し以後自立的な位置検知手法が開始される。なお、自立的な位置検知手法で用いる初期位置は最後に読み取った点字ブロックの位置を初期位置とし移動軌跡の計算を行う。横断歩道内では図-10の点線で示すように経路変更を促す境界線が設定されている。もしも、視覚障害者がこの境界線を越境するような移動軌跡を示す場合には、「右によってください」などのように発話し、横断歩道の中央よりを通過するように促す。最後に横断歩道を渡りきり横断歩道の終了を示す警告用点字ブロックを検知すると以後、RFIDによる誘導に移行する。横断歩道の中央をまっすぐに通過し、誘導用点字ブロックに直接到達することは難しいので、到達した警告用点字ブロックの位置情報を元に「経路は右方向にあります」のように発話し誘導用点字ブロックへ誘導する。なお、本手法は進行方向を磁気方位センサを用いて求めている。したがって、横断歩道上で停車した車などにより磁場が乱れて正確な方位を示さなくなる可能性がある。そこで、現在ジャイロセンサ等を組み合わせ磁場の乱れを補正する手法を検討中である。

● 今後の展開 ●

RFIDを用いた歩行者誘導システムの紹介をした。本システムは、点字ブロックを基準にピンポイントで位置検知できるため、屋内・屋外を問わず外乱に強く高精度に位置検知・誘導が可能である。しかし、RFIDの埋め込まれた点字ブロックに沿って移動することを前提にしており視覚障害者にかなり特化したシステムになっている。今後ユビキタス社会が実現していくと至る所にRFIDが埋め込まれる可能性がある。これらのID情報を併用することにより点字ブロックがない場所でも自分の位置が分かってくるかもしれない。また、最初の章で現状のGPSの問題点を述べたが、高精度GPS³⁾、高感度GPS・ハイブリッド測位⁴⁾、擬似衛星を用いた測位技術が開発されつつある。空が開けていれば精度数センチ以下、窓際程度であればGPSで測位が可能、擬似衛星を配置すれば屋内でも測位可能になる技術である。今後は、このような測位技術も併用することにより視覚障害者ばかりでなく車椅子利用者やその他の障害を持った方々、さらには高齢者・健常者に対しても経路案内や位置に基づく情報提供を行えるシステムの開発を行う必要があると思われる。

参考文献

- 1) 伊理正夫(監修): 計算幾何学と地理情報処理, p.151, 共立出版(1986).
- 2) 鶴沼 他: 人の歩行動作認識技術を応用した自律的位置検出手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-A No.1, pp.78-86 (Jan. 2004).
- 3) 柳原, 初本: RTK-GPS, 情報処理学会誌, Vol.43, No.8, pp.831-835 (Aug. 2002).
- 4) 玉地, 根本: サーバ支援型位置情報システム, 情報処理学会誌, Vol.43, No.8, pp.845-852 (Aug. 2002).

(平成16年7月13日受付)