

電子タグを用いた単独歩行視覚障害者の誘導 Navigating for Visually Handicapped to Walk Alone with RFID

浅野 正義[†]
Masayoshi Asano

梶原 祐輔[‡]
Yusuke Kajiwara

島川 博光[‡]
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

人間は周囲から取得する情報の8割以上を視覚から得ていると言われている。視覚障害者は視覚が欠損又は消失しており、視覚を有する晴眼者と比較して日常生活をおくる上で多くの制限を強いられている。特に外出は困難を極める。視覚障害者は点字ブロックの凹凸を目印にして歩行している。点字ブロックの凹凸は、白杖または足の感覚で認識している。また白杖は前方の障害物を回避するために用いられることも多い。しかし、点字ブロックはあらかじめ決められた道にしか敷設されていないため、視覚障害者は決められた道のみしか歩行することができない。したがって、視覚障害者は単独で歩行できた場合でも商店街、ショッピングモール、駅前広場では、晴眼者のように自分で経路を変更しながら歩き回ることが困難である。視覚障害者が希望する場所で自由に行動できるように、支援する必要がある。経路選択は、視覚障害者が持っているメンタルマップと聴覚、触覚、嗅覚などの視覚以外の感覚から得られた音、路面の変化、周囲の匂いなどの環境情報を紐付けることで行われる [1]。メンタルマップとは視覚障害者が長年の経験や触地図を利用することで記憶している経路情報のことである。初めて訪れる場所では視覚障害者は経験が使えない。そのため、視覚障害者は触地図を記録し、それに従って歩行するか家族やヘルパーなどの晴眼者に歩行をサポートしてもらうことになる。視覚障害者が触知図を用いて経路を選択する場合、繰り返し学習を重ねる必要があり、視覚障害者の負担となる。家族や友達に歩行のサポートをしてもらった場合、その補助者の負担となる。そのため、視覚障害者やその補助者に対して負担の少ない方法で視覚障害者を誘導することが必要である。この問題を解決するために、本論文ではRFID技術を応用し、視覚障害者に進むべき方向をクロックポジションで誘導する手法を提案する。本手法は足につけたリーダで床や道路に埋められた電子タグを認識するので、正確な位置と進行方向の測定ができ、視覚障害者にリアルタイムで進行方向を提示できるという特徴を持つ。本手法を実験により評価したところ、被験者は平均81%の成功率で目的地に到達することができた。

以下、本論文では2章でICTを用いた視覚障害者の支援について述べる。3章では視覚障害者誘導のモデルと現在位置、進行方向取得の方法を説明する。4章では提案システムを用いた誘導実験の概要とその結果を述べる。5章では誘導実験の解析と得られた知見を述べる。

2. ICTを用いた視覚障害者誘導に関する研究

1章で述べた問題点を解決するために、視覚障害者の単独歩行をICTで支援する手法が提案されてきた。自

由な経路選択を実現するためには、視覚障害者の正確な位置を実時間で同定し、その進行方向を認識する必要がある。そのうえで、取得した位置情報をもとに目的地の方向を伝える必要がある。すなわち誘導には、視覚障害者の絶対位置の同定と進行方向の推定が必要である。

絶対位置を同定するシステムとして、晴眼者と視覚障害者を問わず利用されているシステムとしてGPSを利用するシステムが存在する。視覚障害者向けのGPSを用いた誘導システムが文献 [2] で研究されている。この研究ではGPSを用いることで最高で平均0.5mから1mの精度で視覚障害者の現在位置を取得している。この精度を利用することで視覚障害者の自由な経路選択を実現することが考えられる。しかし、この研究では高層ビルの間などのGPSからの電波が入りにくい場所が考慮されていない。GPSの電波は条件によって反射し、遮蔽物には弱いという特徴がある。そのため、測位の環境によっては十分な精度が出せない可能性が高い。また、このようなGPSを利用したシステムは屋内での利用が不可能であるという問題もある。

杖型のデバイスに赤外線センサやカメラを取り付け、屋内で視覚障害者を誘導するシステムが文献 [3] で研究されている。この研究では杖型のデバイスに装着した赤外線センサを用いて、障害物との距離を測定し、同じくデバイスに装着したカメラで壁に貼り付けたQRコードを読み込むことで現在位置を取得している。この手法は屋内での運用が可能であるという特徴を持つ。しかし、QRコードを用いた位置情報の取得はカメラとQRコードの間に遮蔽物があると取得することができない。そのため、人通りが多い場所では人が遮蔽物となるため位置情報が取得できない。また、近くに壁がない広場のような空間ではカメラが認識できる範囲にQRコードを貼ることは難しい。このため、QRコードが読み取れる範囲にない場合、現在位置を取得することができない。現在位置が取得できなければ視覚障害者を誘導することはできない。したがってこのシステムは現状では視覚障害者の誘導システムとしての導入は難しいと考えられる。

電子タグとリーダを用いて正確な位置情報を取得し、周囲の状況を視覚障害者に伝える手法が文献 [4] で研究されている。この研究では視覚障害者が外出時に利用する白杖の先端にリーダを取り付け、点字ブロックの下に埋め込まれた電子タグの情報を読み取ることで正確な位置情報を取得する。このシステムを使用する場合は、視覚障害者はあらかじめ、音声などで目的地を指定する。そして取得した正確な位置情報と視覚障害者が入力した目的地情報をもとに目的地までの道のりを視覚障害者に指示する。以上の手順を踏むことで、視覚障害者の単独での歩行を可能にしている。しかし、リーダを白杖に設置して位置情報を取得する手法には多くの課題が存在する。一点目は白杖にリーダを設置することで白杖の重量が増加し、視覚障害者に負担がかかることである。二点

[†]立命館大学情報理工学研究所

[‡]立命館大学情報理工学部

目は、事故を起こしやすい状況に陥るといふ点である。白杖は、前方の障害物感知にも用いられるため、視覚障害者は点字ブロックと障害物の 2 つの対象を同時に探索しなければならない。そのため、意識して点字ブロックを白杖に認識させながら、障害物を探るので、周囲の状況に対して、注意散漫になり事故の原因となる可能性がある。三点目は位置同定と進行方向の推定が難しいことである。視覚障害者が、いつでも自由に経路選択できるようにするためには、その絶対位置を任意の時点で同定しなければならない。そのため、電子タグを広い範囲で敷き詰める必要がある。白杖の先端にリーダを設置すると、視覚障害者が周囲の状況を探るために白杖を振り動かすので、複数の電子タグが不規則に認識される。そのため、利用者の正確な絶対位置と進行方向が取得できない。

次に超広帯域無線を用いて利用者の位置を正確に取得し、目的の方向を伝える誘導を可能にする手法が文献 [6] で研究されている。この研究では室内の天井や柱の上部に送信機を取り付け、利用者が装備するリーダで送信機からの信号を受け取ることで位置情報を正確に取得している。この手法では超広帯域無線の信号が届く範囲であれば位置情報を正確に取得できるため、広い空間でも利用者に目的の方向を直接指示することができる。しかしこの手法には法規制による課題が存在する。超広帯域無線は取り扱いについて日本国内では電波法に基づく無線設備規則によって制約が設けられている [7]。無線設備規則第 49 条の 27 の三には、超広域無線を利用するシステムが適合しなければならない条件として“筐体の見やすい箇所に、屋内においてのみ電波の発射が可能である旨が表示されていること。”と明記されている。このため、超広帯域無線を利用したシステムは現状の日本の法律では屋内での利用に限られ、屋外の広場や商店街には適応できない。また、超広帯域無線を他の無線位置測位に置き換えることで視覚障害者の誘導を行うことが考えられる。超広帯域無線に代わる無線測位技術として、Bluetooth Low Energy(以下 BLE) を用いることが考えられる [5]。BLE は Apple 社が i-beacon という名称で自社の端末に搭載したことで近年位置測位の手法として注目を集めている。しかし、現在の BLE の測位精度では 10m ~ 20m の精度でしか位置を特定できておらず、視覚障害者の誘導を行うには精度が不十分である。

3. 電子ブロックを用いた視覚障害者誘導

3.1 Landmark Spot と Navigation Area による誘導

本研究では靴にリーダをつけた電子タグが埋め込まれた床や道路の上を視覚障害者が歩行するというモデルを考える。視覚障害者が移動するすべての場所に電子タグを敷き詰めることはコストがかかりすぎるため実現できない。よって、電子タグを敷設する場所として、その役割と広さの観点で Landmark Spot と Navigation Area の 2 つを用意する。本研究では状況に応じて Landmark Spot と Navigation Area を使い分け視覚障害者を誘導する。二種類の敷設方法を図 1 に示す。Landmark Spot は、視覚障害者が目的地までの移動時に途中の目印として利用する場所で、その広さは、1m 四方の正方形を基本とする。Landmark Spot は街の随所にある交差点や公共物など

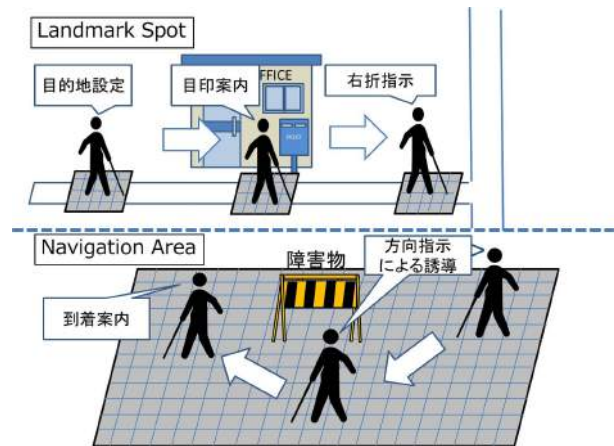


図 1: 二種類の敷設方法

の目印となる地点を示すために設ける。Landmark Spot では視覚障害者の現在位置と目的地の方向を取得することで、視覚障害者に次の目印となる地点への方向と距離を音声で指示する。街の随所に設けた Landmark Spot を渡り歩くことにより、視覚障害者は目的地に到達することができる。Landmark Spot をある程度の距離を空けて設置することで視覚障害者を目的地へコストを抑えながら誘導できるが、細かい粒度で方位を提示するような複雑な誘導はできない。このため、Landmark Spot は視覚障害者が直線的に移動する歩道などで自らの位置を把握するのに有効な誘導方法である。一方、Navigation Area は広場やイベント会場など、視覚障害者が自由に移動経路を選びたい場所で、その広い面全体に電子タグを敷き詰めることで作成される。Navigation Area の役割は視覚障害者の位置や進行方向を取得することでリアルタイムに視覚障害者を誘導することである。Navigation Area では利用者の位置と進行方向から、リアルタイムに算出した目的地の方向を、携帯端末からの音声によって提示し、面全体での誘導を可能にする。これにより、視覚障害者は障害物の回避や短経路での目的地への到達が可能になる。Navigation Area はショッピングモールや駅コンコースなどの歩行経路が変わりやすい場所や、車いす利用者の利便性や美観維持のために点字ブロックを全面に敷設できない広場に適した誘導方法である。本稿ではこの Navigation Area での誘導方法について議論する。

3.2 誘導手法の概要

本研究では電子タグとリーダを用いて Navigation Area での誘導を実現する。視覚障害者の誘導を行うためには利用者の絶対位置を高精度で取得する必要がある。そこで、本研究では電子タグを内蔵したブロックと両足の靴に装着したリーダを用いて位置情報と進行方向を取得する。両足にリーダを装着することで、視覚障害者の位置が正確に取得できる。リーダを足に装着させることで、白杖は前方の障害物回避のためだけに用いることができる。関連研究 [4] よりも安全でかつ、視覚障害者に対して負担の少ないシステムが実現できると考えられる。本稿で提案する誘導方法の概要図を図 2 に示す。本研究で

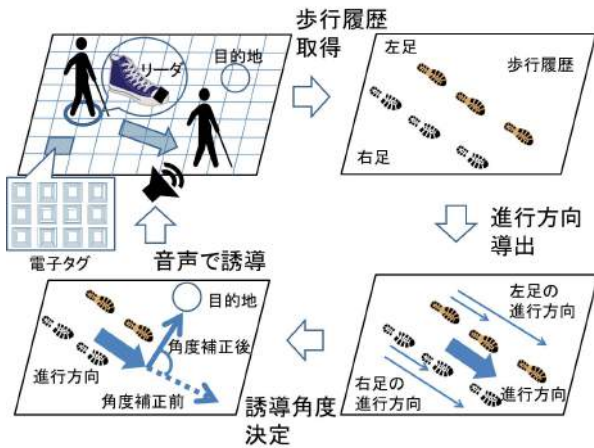


図 2: 誘導手法の概要図

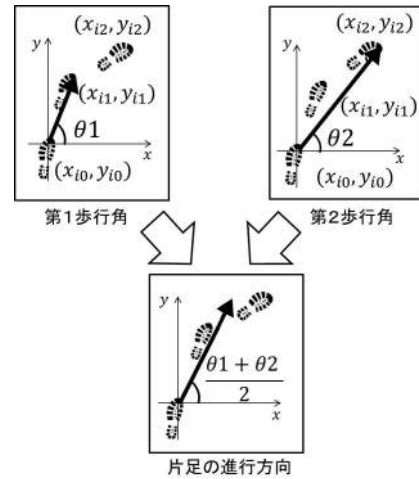


図 3: 歩行角の導出法

は地面に触れやすい位置である靴のつま先部分にリーダを装着する。本研究で利用するブロックは内部に電子タグが等間隔で並べられ、それぞれの電子タグには固有の番号がふられている。内部に方形の電子タグがチェス盤のように等間隔に並べられたブロックのことを本研究ではタグ・ブロックと呼ぶ。タグ・ブロック内のタグの固有番号を2次元の位置情報 (x, y) と紐付けしておき、両足のつま先に装備したリーダで読み取った固有番号をもとに利用者の位置を取得する。左右の足に装着したリーダが取得した位置情報を本研究では左足の位置、右足の位置と呼ぶ。取得した両足の位置の履歴から左右それぞれの足の一步ごとに起点からの進行方向を示す角度を導出し、左右の進行角の平均をとることで利用者の現在の進行方向を求める。そして現在の進行方向から見た目的地の方向を誘導方向とする。こうして導出した誘導方向を利用者にわかりやすく提示するために利用者の進行方向を12時方向とし、クロックポジションに変換する。そして、変換された方向を音声によって指示することで視覚障害者を誘導する。これにより、視覚障害者に対して、初めて訪れる場所でも低負荷で自由度の高い誘導を提供することができる。

3.3 進行方向と誘導方向の導出

Navigation Area で視覚障害者を誘導するためには、正確な現在の絶対位置と進行方向を取得する必要がある。本研究では電子タグを密に敷き詰め、電子タグの情報を頻繁にリーダで読み取ることで粒度の細かい位置情報を連続取得する。取得した位置情報は一步ごとに切り分けてから歩行角導出に利用する。歩行中の視覚障害者の一方向の足のある時点 i の位置を $P(x_{in}, y_{in})$ とする。この位置から n 歩前の足の位置を (x_{i0}, y_{i0}) で表現し、 n 歩の間の (x_{i0}, y_{i0}) から j 歩目 $(1 \leq j \leq n)$ の歩みの位置を (x_{ij}, y_{ij}) とする。1式を用いて (x_{ij}, y_{ij}) での片足の進行方向 θ_i を導出する。

$$\theta_i = \frac{\sum_{j=1}^n \tan^{-1} \left(\frac{x_{ij} - x_{i0}}{y_{ij} - y_{i0}} \right)}{n} \quad (1)$$

また、 n の値を2とした場合には片足の歩行角導出は図3のようになる。 θ_i の計算式は以下のように説明される。現在の足の位置における n 歩前の足の位置を (x_{i0}, y_{i0}) とし、角度導出の起点とする。また、 (x_{ij}, y_{ij}) を原点とする平面を (x_{ij}, y_{ij}) 座標平面と定義する。起点を $P_0 : (x_{i0}, y_{i0})$ とし、 j 歩目の位置 $P_j : (x_{ij}, y_{ij})$ を考えたとき、 $\overline{P_0 P_j}$ が (x_{i0}, y_{i0}) 座標平面における x 軸の正方向となす角を求め、歩行角と定義する。歩行角は n 歩分導出されるため、それぞれの歩行角を第1歩行角 θ_1 から第 n 歩行角 θ_n と呼ぶ。 n 歩分の歩行角 θ_1 から θ_n までを求め、 θ_1 から θ_n までの平均をとることで片足の進行方向角とする。同様の手法でもう片方の足の足でも進行方向角を導出し、両足の進行方向角の平均を取ることで現在の進行方向角 θ_d を導出する。視覚障害者が歩行するたびに逐次的に θ_d を更新する。一方で、電子タグを密に敷き詰めると、リーダが隣接するタグ同士の境界付近に近づいた場合、隣接タグを交互に読み取る場合がある。リーダが隣接タグの固有番号を交互に読み取った情報を用いて歩行角を導出すると、視覚障害者が実際には動いていないにもかかわらず、システム上では頻繁に歩行角が更新されることになる。この例として進行方向に対して垂直に隣接した二枚のタグから交互に読み取った情報を歩行角導出に利用すると、直進していても右折または左折したときと同じ大きさの歩行角が導出される。このような事態を避けるため本手法では隣接したタグを読み取った場合、同じ一步とみなし、歩行角は更新しない。また目的地を $D : (x_g, y_g)$ とする。ある時点 i の足の位置を $P : (x_{in}, y_{in})$ を始点とするベクトル \overline{PD} が (x_{in}, y_{in}) 座標平面の x 軸の正方向となす角 θ_{ig} は2式を用いて求められる。

$$\theta_{ig} = \tan^{-1} \left(\frac{x_g - x_{in}}{y_g - y_{in}} \right) \quad (2)$$

θ_{ig} は現時点の足の位置における目的地の方向角度であり、現在の進行方向角 θ_d との差を取ることで誘導角度 θ_{lead} を導出できる。 θ_{lead} を逐次的に導出することで視覚障害者に指示する方向を逐次的に導出できる。

3.4 クロックポジションによる誘導

視覚障害者を音声で誘導する場合、誘導方向の提示方法が重要となる。視覚障害者に対する指示として“右”などという抽象的な指示を与えた場合、利用者はどの程度進行方向を変えればよいかわからない。このため誘導方向の指示はクロックポジションや8方位など、具体的な角度を視覚障害者が認識できる形で与える必要がある。なかでもクロックポジションは視覚障害者の介護・介助でも多くの施設で利用されており、視覚障害者にとっては親しみやすいと考えられる。本手法では自由度の高い誘導を目標とするため、8方位より細かい粒度で指示が出せるクロックポジションを用いて視覚障害者に方向を指示する。本手法がクロックポジションで視覚障害者を誘導するためには3.3節で導出した誘導角度をクロックポジションに変換する必要がある。誘導角度 θ_d は目的方向角と現在の進行方向角の差を取ることで導出されるため、現在の進行方向角が目的方向角と同じ場合 0° となる。そこで 0° をクロックポジションでの12時方向として、これを中心として角度を 30° ごとに区切る。そして、誘導角度を現在の進行方向のまま進む向きが12時となるクロックポジションに変換する。クロックポジション(c 時方向)は式(3),(4),(5)を用いて、整数 c を求めることで決定できる。ただし式中の x は整数とする。

$$c = \arg \min_{1 \leq x \leq 12} f(x) \quad (3)$$

$$f(x) = |\theta_l - \theta_x| \quad (4)$$

$$\theta_x = \begin{cases} 30x & \text{if } (1 \leq x \leq 6), \\ -30(12 - x) & \text{if } (6 \leq x \leq 12). \end{cases} \quad (5)$$

誘導角度をクロックポジションに変換することによりシステムでクロックポジションを用いた誘導ができる

4. 誘導実験

4.1 実験概要

本研究では提案手法で述べたシステムを用いて視覚情報のない人間を誘導する。これにより、視覚情報がない状態でも音声だけで人間を音声による指示だけで目的地に誘導できるのかを検証する。被験者は20代の晴眼者男性13名と女性2名で行った。実験の開始時、被験者は目隠しをした状態で始点に中継点1を向いて立つ。ここで実験者が手に持ったPC端末でシステムを起動し、あらかじめ決められた始点から終点を結ぶ経路を選択する。この時、被験者に経路を予想されないよう経路はランダムで選択する。各経路の位置関係について図4に示す。本実験では始点と終点の間に中継点を設け、中継点を変化させることで複数の経路を設計する。設計した経路は次の3パターンである。

- 経路1 始点から中継点を通らずに直接終点に向かう経路
- 経路2 始点から直進し中継点1で右折して終点に向かう経路
- 経路3 始点からすぐに右折して中継点2で左折して終点に向かう経路

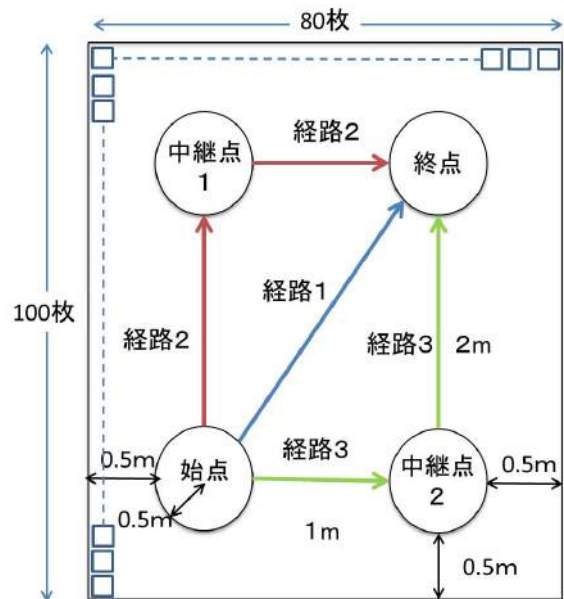


図4: 歩行経路の位置関係

中継点および終点に到達したことの判定は中継点および終点の座標から半径50cm以内のタグを踏むことで、通過および到着と判断する。始点から終点までの誘導を各経路15回ずつ行い、始点から終点まで実験者の手を借りずに、システムの音声のみで到達できれば誘導成功。誘導の途中で電子タグが敷設されていない範囲にはみ出し、実験者が誘導を中断した場合は誘導失敗とする。本研究では式6のように各経路の成功数を試行回数の15回で割ることにより成功率を求め、評価の対象とした。

$$\text{誘導成功率} = \frac{\text{誘導成功回数}}{15} \quad (6)$$

設計した経路に敷設されるタグは5cmの四方のものを用い、中心間の距離が5cmとなるように横80枚、縦100枚の合計8000枚を貼り付け上面をカーペットで保護した。タグの固有番号はART Finex製のリーダーASI4000(以下リーダー)を両足のつま先から5cmの部分に装着して取得した。本実験のために3.3節で述べたアルゴリズムで3点前までの位置を履歴として角度導出に使用する誘導システムを構築した。今回利用した音声は合成音声ソフト“softalk”を用いて作成した。システムは3秒に一回周期的に音声を出し誘導する。

5. 実験結果

経路ごとの誘導成功回数を図5に示す。グラフでは横軸が被験者番号、縦軸が成功数を示している。全体の成功率の平均は経路1では95%経路2では80%、経路3では68%となった。全体の最大成功回数は経路1では15回、経路2では15回、経路3では15回であった。全体の最小成功回数は経路1では9回、経路2では4回、経路3では3回であった。経路1では被験者にもよるが、十分な精度で目的地に到達できている。経路2と経路3については高確率で目的地に到達できているが、安全に

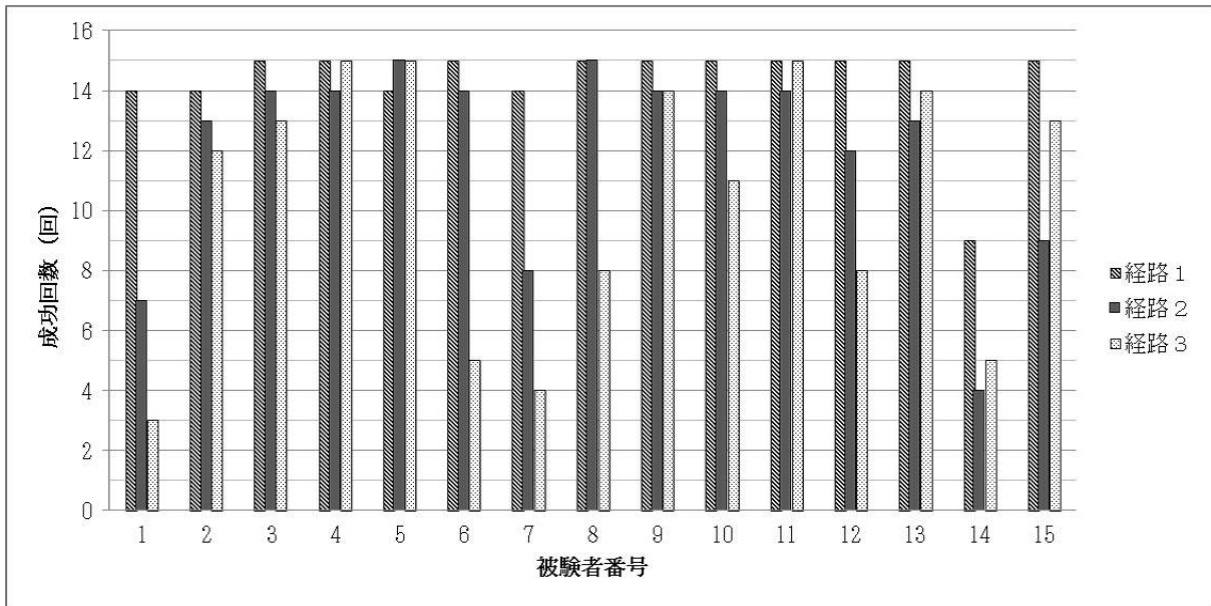


図 5: 経路ごとの誘導成功回数

視覚障害者を誘導するためには十分な精度ではない。今回の実験では成功率が高い被験者と成功率が低い被験者がわかる結果となった。

6. 考察

6.1 誘導失敗原因

本実験での誘導失敗の原因として主に三点の原因が確認された。一点目は被験者の誤りによるものである。この失敗原因は全経路で確認された。今回の被験者は晴眼者であったためクロックポジションに不慣れであった。このためクロックポジションと方向を対応させられないことがあり、誘導された方向とは異なる方向に誤って進行し誘導が失敗することがあった。二点目はシステムが導出した誘導角度によるものである。この失敗原因は経路2と経路3で数回確認され、経路3では主な失敗原因であった。今回の実験で構築したシステムでは3歩前までの位置情報の履歴を進行方向導出に使用している。そのため、3歩目で急激な角度変化が起こると2歩目の歩行角の影響で実際の歩行角と推定する歩行角の間に誤差が生じる。そのため、被験者を正確に誘導できなかったと考えられる。これについては、急激な方向変化を指示した直後は歩行角が安定するまで誘導を行わないことで、誤った誘導を防ぐことが可能であると考えられる。歩行角は進行方向を変えている最中は片足ずつ大きく変化し続け、方向転換が終わると左右が近い値をとる。本研究では左右の歩行角の平均値を進行方向としているため、この方向転換のさいの左右の足の歩行角の差異も誤った誘導を行う原因のひとつだと考えられる。このため、左右の歩行角の差が大きい場合は次の誘導を行わないことで、進行方向が安定してから誘導の指示を出すことができると考えられる。三点目は被験者の歩行速度によるものである。この失敗原因は経路2と経路3で数回確認され、経路2の主な失敗原因であった。今回の実験では

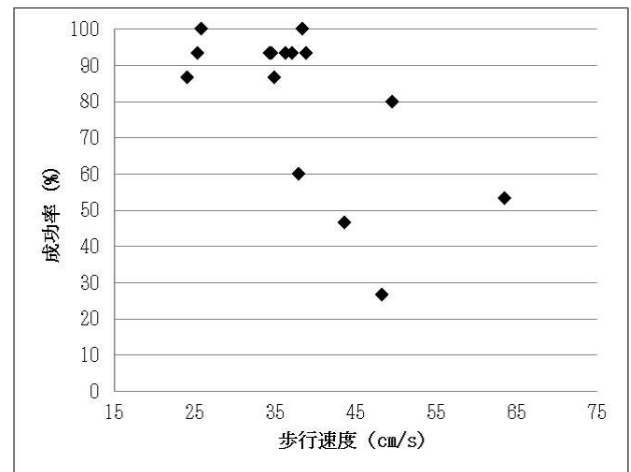


図 6: 歩行速度と成功率の関係

誘導の指示を出す時期として3秒ごとという静的な時期を指定した。誘導指示から次の誘導指示までの時間が長かったために被験者が速い速度で歩行すると電子タグの設置されている面の外に出たと考えられる。被験者全員の経路2での歩行速度と成功率を図6に示す。散布図では横軸を歩行速度、縦軸を成功率として、各被験者をプロットした。歩行速度と成功率の相関を見ると相関係数が-0.64となり、負の相関が見られた。このため、被験者の歩行速度が速いほど誘導の成功率が低下している。また、被験者の歩行速度が38cm/sを超えたところから成功率が大きく低下しはじめている。このことから失敗原因はシステムが誘導する前に被験者が電子タグの敷設範囲外に出てしまうことだと考えられる。この問題を解決するためには誘導指示から次の誘導指示までの間隔を縮

めれば良い。しかし、誘導の間隔が狭くなるため視覚障害者にとって受け取る情報が多くなる。視覚障害者が受け取る情報量が多すぎると、情報過多に陥り、視覚障害者が思考できなくなるなどの悪影響を及ぼす。指示の時期を歩行者の環境に応じて動的に誘導指示の間隔を変化させることが必要である。

6.2 適切な誘導時期

視覚障害者を誘導する場合は誘導する時期が重要となる。誘導を頻繁にした場合、6.1節で述べたように視覚障害者が受け取る情報量が多くなり、視覚障害者が情報過多に陥る。また、誘導するさいに、視覚障害者が方向転換できるような体勢になっていなければ、誘導してもすぐに対応できない。本研究の実験において、視覚障害者が方向転換を行う地点は、電子ブロック敷設範囲と電子ブロック敷設範囲外の境界に近い。視覚障害者がこのような地点で方向転換をする場合、方向転換を行う予定の位置を通り過ぎると、電子ブロックの敷設範囲外に出る可能性がある。電子ブロックの敷設範囲外に出ると、リーダーで電子タグの情報を読み取れなくなるため、視覚障害者の位置情報や進行方向を導出できなくなる。この場合視覚障害者の誘導を続行できなくなるため、視覚障害者が方向転換を行う予定の地点で、確実に方向転換できる時期に誘導を指示する必要がある。そこで、本研究では実際の誘導中にシステムが方向転換を指示してから被験者の方向転換をシステムが認識するまでの時間を計測し、指示を出す時期を検討する。指示を出してから方向変化を認識するまでの時間を観測できれば、中継点に到達する時期を予測し、中継点で方向を変えられる時期に誘導を指示できる。適切な時期で誘導の指示を出すことができれば、視覚障害者を情報過多に陥らせることなく、電子ブロックから外れるなどの誘導の失敗を防ぐことができる。誘導から角度変化までの時間について経路2で中継点に到達した際の誘導音声流れ初めてから、角度が変わるまでの時間を解析する。経路2はスタートから直進して中継点で大きく角度を変えるため中継点までは大きな方向転換の指示が無い。また、多くの被験者がスタートから経路2の中継地点までの直進の動作を正確に行っていた。このことから被験者の誤りによって生じる誤差は少ない。そのため、方向転換を指示したさいの被験者の反応時間を正確に解析できると考えた。方向転換が起こった基準としては進行方向からクロックポジションの1方向分である30°以上の進行方向の変化を方向転換とした。誘導から角度変化までの時間を図7に示す。全被験者の反応時間の平均は約2.3秒であった。被験者の平均反応時の間最大値は2.9秒、最小値は1.6秒、標準偏差は0.4であった。全体の反応時間の最大値は4.9秒、最小値は0.14秒であった。今回の実験では逐次的に取得した歩行速度をもとに、中継点に到達する2.3秒前に方向転換を指示すれば、多くの被験者が中継点で方向を変えることができたと考えられる。このように歩行速度をもとにユーザごとに誘導時期を設定できれば、ユーザビリティを低下させることなく精度の高い誘導ができる。視覚障害者が方向転換の地点を超えても良い場合は、方向転換を行う地点に到達する2.3秒前に誘導を指示すれば目標の地点の付近で方向転換ができると考えられる。視覚障害者が方向転換の地点を超えてはいけない場合は、

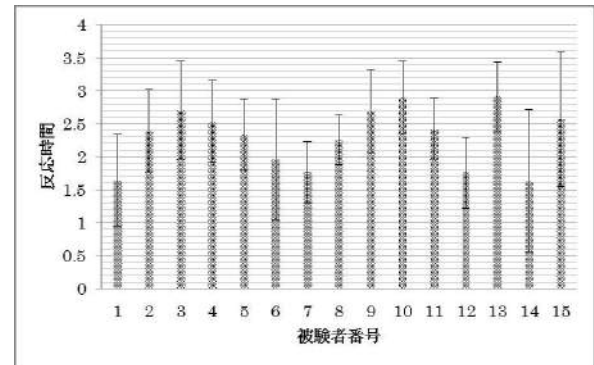


図7: 誘導指示から角度変化認識までの時間

方向転換を行う4.9秒前に誘導を指示すれば、目標の地点までに方向転換ができると考えられる。

参考文献

- [1] CHO Minjung・室崎千重・川崎博己・福澤静司, 公共空間における視覚障害者の歩行支援施策に関する研究, 福祉のまちづくり研究所平成21年度報告集, pp.40-47, 2009.
- [2] Lapyko, A. N., Tung, L. P., Lin, B. S. P., A cloud-based outdoor assistive navigation system for the blind and visually impaired. In Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC), 2014 7th IFIP, pp. 1-8.
- [3] AlAbri, H. A., AlWesti, A. M., AlMaawali, M. A., AlShidhani, A. A., NavEye: Smart guide for blind students. In Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), 2014, pp. 141-146.
- [4] 瀬戸達也・曲谷一成, 白杖とRFIDタグを用いた視覚障害者誘導装置の開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 p"1A1-C07(1)"-"1A1-C07(4)", 2009k
- [5] 石塚宏紀・上坂大輔・黒川茂莉・渡邊孝文・村松茂樹, BLEシグナルとPDRによるハイブリッド屋内位置測位手法の基礎検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.31, pp133-pp139, 2014.
- [6] 情報通信研究機構「UWB測位システムとスマートフォンによる「視覚障がい者歩行支援システム」の技術開発」, 2012年7月発表, 情報通信研究機構 (<http://www.nict.go.jp/>) (2015年1月現在)
- [7] 総務省「無線設備規則」, 2014年1月改定, 電子政府の総合窓口 e-Gov (<http://law.e-gov.go.jp/>) (2015年1月現在)