

ステレオ音と振動提示による歩行誘導 インタフェースと評価方法の検討

小河原 洸貴^{1,a)} 宍戸 英彦^{2,b)} 北原 格^{2,c)} 亀田 能成^{2,c)}

概要

我々は視覚障がい者に対する歩行誘導インタフェースの研究を行っている。我々は以前の研究で、目標経路を直進時と方向転換時に分け、各歩行状況における目標経路に対するずれ指標に基づきステレオ音と振動を提示することで視覚障がい者に対して歩行誘導を行うインタフェースについて提案した。本稿では、そのインタフェースを動作させるための仕組みを説明すると共に、評価方法の検討を行う。評価方法の第一段階として、視覚障がい者ではなく晴眼者を対象とした被験者実験について検討する。

1. はじめに

2016 年時点で日本全国に 31 万人を超える視覚障がい者が存在する[1]。視覚障がい者が歩行する際には、経路間違いを防ぐため、晴眼者の誘導を受けることが望ましい。しかし、補助者の不足や経済的な負担などにより、十分な支援を受けられない視覚障がい者も多い。そのため、視覚障がい者が単独歩行する際に経路誘導を行う歩行支援が望まれている。

視覚障がい者が単独歩行する際の歩行計画は、道なりの歩行と立ち止まって体の向きを変える方向転換の繰り返しで構成される。道なりについては歩行訓練によって自力で歩行することが可能となる。ただし、視覚情報が得られないことによる進路ずれに注意する必要がある。一方で、方向転換は進行方向を誤りやすいため正確な方向への誘導が望まれている。したがって、道なり歩行時と方向転換時のそれぞれに対応した異なる誘導指示を考える必要がある。

視覚障がい者の誘導システム利用時の負担の要因は、指示の聞き取り、マッピング、自己定位の3つであり、特に自己定位は晴眼者に比べ負担が大きいとされる[2]。よって、マッピングと自己定位を誤りなく行うために指示の聞き取

りの負担を減らすことが求められる。

本稿では直進時と方向転換時の2種類の支援状況に対応した指示を行うことで視覚障がい者の誘導を行うインタフェースの提案とその評価方法の検討を報告する。直進時には類似画像検索による位置推定と、その結果を利用した横ずれの指標化およびその修正指示を行う。方向転換時にはジャイロセンサの回転角速度を利用し、目標経路に対する方位ずれの指標化とそれに基づく誘導指示を行う。また、二つの状況の切り替わりを適切に探知する方法を実現し、この切り替わりの発生を使用者に提示する。これらの提示には非言語なステレオ音と振動を用いる。インタフェースの評価方法の第一段階として、晴眼者を対象とする被験者実験について検討する。

2. 関連研究

視覚障がい者向けナビゲーションシステムとして GPS や RFID を用いて言語音の音声指示を行う手法[3, 4]が提案されている。こういった音声指示では音声の聞き逃し、意味の取り違いなどによる指示の伝達ミスや、どの程度方向転換すればよいのかわからないなどの情報量の不足といった事態が起こりうる。Dragan らが開発した BLE ビーコンを用いた誘導アプリ NavCog[5]では言語音の音声指示に加えて方向転換時の目標角度到達を知らせる音や経路上の情報の通知音などが提示される。しかし、方向転換の誤りや進路ずれの発生、指示の聞き取りへの集中などの問題が発生すると報告されている。Fiannaca らは開けた場所においてドアなどランドマークへの誘導を行うインタフェースとして Headlock[6]を提案し、誘導指示の提示方法として非言語音と言語音の二通りを比較した。その結果から、伝達する情報の内容によって適切な提示方法が異なると述べている。

視覚障がい者に向けた情報提示としては、聴覚への提示が主である。しかし、視覚障がい者にとって聴覚は周囲の環境を知るための重要な情報源であり、提示方法によっては自己定位の妨げとなる。聴覚への提示に代わる手法として、触覚や力覚などといった感覚に対して提示を行う研究

¹ 筑波大学 大学院システム情報工学研究科

² 筑波大学 計算科学研究センター

^{a)} ogahara.koki@image.iit.tsukuba.ac.jp

^{b)} shishido@ccs.tsukuba.ac.jp

^{c)} {kitahara, kameda}@iit.tsukuba.ac.jp

が行われており、視覚障がい者に向けた直感的に理解しやすい提示手法として期待される。Van Erp らは腰回りのベルトに 9 つの振動子を 3×3 の行列状に配置し、障害物検知の結果を触覚で提示している[7]。前方の障害物の高さや左右の位置に応じて振動を提示する振動子を変えることで、使用者は障害物の大まかな位置を把握することができる。田辺らは人間の非線形な刺激特性を利用し、振動スピーカに非対称な波形を入力することで力覚の提示を行っている[8]。複数のスピーカを組み合わせた合力を提示することで歩行誘導への応用が可能であると述べている。

本稿では非言語なステレオ音と触覚への振動提示によって指示の伝達を行うことで、直感的に理解しやすいインタフェースを提案する。

3. 歩行の誘導

本節では、視覚障がい者の単独歩行において歩行状況に応じて生じうる問題と、それを解決するための我々の提案手法[11]について述べる。

3.1 単独歩行時の問題と解決のための目標

視覚障がい者の単独歩行の際には事前に歩行計画を立て、出発地から目的地までの経路を目標経路として設定する。実際に単独歩行する際には周囲の環境音や道路状況などから自己定位を行うことで直進や方向転換などの行動を選択し、目標経路に沿って歩行する。しかし、視覚情報が得られないことによって以下に挙げる二つの問題が発生する。

一つ目は直進時の進路ずれ発生である。分岐のないほぼ直進の経路では、経路沿いの壁や側溝を用いて伝い歩きすることで経路に沿って直進することが可能である。しかし、経路脇に駐車場やガソリンスタンドなどの開けた空間が存在し、伝い歩きを行えない場合、進路ずれが発生し経路から逸脱するおそれがある。

二つ目は方向転換時の誤りである。分岐路や交差点などといった方向転換が必要となる経路においては、自身が向く正確な方向を把握しづらいために目標角度からの方位ずれが発生し、誤った方向へと進んでしまう可能性がある。

本研究ではこれら二つの問題を取り上げ、それぞれの問題に対応した誘導指示を行う誘導インタフェースを提案する。直進時には、類似画像検索を用いた位置推定の結果を利用して横ずれ指標の算出とその修正指示および方向転換への切り替わり判定を行う。方向転換時にはジャイロセンサを用いて方位ずれ指標を算出し、それに基づいた回転角度の指示と直進への切り替わり判定を行う。

3.2 目標経路の事前記録

目標経路に沿った誘導を行うため、事前に目標経路を歩行し、その記録を行う。この記録を行う人物を記録者とする。記録者の体前面に取り付けた単眼カメラを用いて一人称視点映像を記録し、直進時については、3.3 節で述べる手

法により位置推定のためのデータベースを生成する。方向転換時には回転角度を記録し、誘導時の目標角度とする。これらを合わせて目標経路の歩行記録と呼ぶ。この歩行記録に基づき、直進時の横ずれ算出、方向転換時の方位ずれ指標算出、それぞれの切り替わり判定を行う。

歩行記録時において、直進時と方向転換時の判別にはジャイロセンサから得られる回転角度を利用する。移動平均を用いて歩行時の揺動によるノイズを平滑化し、その絶対値がしきい値を超えている場合を方向転換時であると判別する。

3.3 直進時の誘導

直進時は、目標経路に対する歩行者の位置・姿勢のずれを表す指標を算出する。

本手法では釜坂ら[9]によって提案された類似画像検索による歩行者位置推定手法を利用する。この手法は屋内外を問わず使用可能であり、必要機材は単眼カメラのみである。この手法では、事前に経路に沿って撮影された一人称視点映像をフレーム分割した画像群に対して SIFT[10]特徴量(以下 SIFT キー)の検出を行い、各フレーム間の SIFT キーの類似度から各画像間の類似度が一定以下になるように参照画像を抽出する。そして抽出された参照画像群と各画像において検出された SIFT キーの記述を蓄積したデータベースを生成する。歩行者位置推定の際には、歩行者が撮影する問い合わせ画像から検出された SIFT キーと、データベースに登録された SIFT キーによるマッチングを行い、最も類似度が高い参照画像を求める。これによりある問い合わせ画像に対する位置推定結果として、データベース中の最も類似する参照画像とマッチング時の SIFT キーの対応を表すキーペアが得られる。

直進時には、この手法を用いて歩行記録中のデータベースに対する位置推定を行う。その結果得られた各キーペアの水平方向の画素の座標差の平均値から横ずれ指標を算出する。このとき、問い合わせ画像の撮影は歩行記録時と同じカメラ、同じ取り付け方法で行う。

算出された横ずれ指標によって進路ずれの傾向を把握し、横ずれ指標が一定値を超えた場合に修正指示を行う。指示には左右二つのチャンネルを持つステレオ音を使用し、修正すべき方向にのみ修正音を提示する。

直進から方向転換への切り替わり判定には類似画像検索による位置推定を利用する。位置推定の結果から、歩行者が直進経路の終端に到達した場合に切り替える。切り替わりの際は、振動を提示する。

3.4 方向転換時の誘導

方向転換時は、目標角度に対する角度差を表す指標を算出する。本研究ではジャイロセンサを用いて回転角度を求め、歩行記録中の目標角度と現在の回転角度の差を方位ずれ指標とする。

この方位ずれ指標の符号から向くべき方向を、その大き

さから修正量を決定する。指示の提示は連続したステレオ音によって行われる。修正量が一定以上の場合、方位ずれ指標の符号に合わせたチャンネルのみを使用し、その大きさに応じて音の高さを変化させる。一定値以下になった場合、左右両方のチャンネルから最も高い音が提示される。

方向転換から直進への切り替わり判定には方位ずれ指標を用い、これが一定時間の間一定値以下であった場合に切り替える。こちらも直進から方向転換への切り替わりと同様に振動を提示する。

3.5 言語音による誘導開始と終了の案内

誘導開始時と終了時には言語音の音声案内を行う。2 節で述べたように、言語音の音声案内は聞き取りの負担が大きい提示方法であり、指示の聞き逃しや取り違えなどが生じやすい。しかし、言語音による案内が行われる状況を限定することによりこういった誤りが起きにくいと考えられる。そのため、本研究では誘導開始時と終了時のみ音声案内を行うことで、誘導の開始と終了を明確に提示する。開始時には「ナビゲーションを開始します。」、終了時には「目的地に到着しました。ナビゲーションを終了します。」とそれぞれ音声案内を行う。

4. 被験者実験による評価方法の検討

4.1 被験者実験の実施対象

本インタフェースについて、誘導性能および使用感等の評価のため、被験者実験を行う。この被験者実験において、対象者を晴眼者とすることを検討する。本来視覚障がい者を対象とすることが望ましいが、被験者の安全確保が困難であり、実験の施行に多くの人員が必要となる。インタフェースの検証では被験者実験によって改善点を洗い出し、再設計を行う PDCA サイクルを多く回すことが望ましい。インタフェース評価の点検においては、晴眼者と視覚障がい者で共通することがからも考えられることから、第一段階として晴眼者に対する実験を先行して行って PDCA サイクルを回すことで、研究開発全体の効率化を図る。

晴眼者を対象とする場合、視覚によって得られる周囲環境の情報によって自身のずれや誘導指示の誤りを、提案システムに依ることなく修正してしまうことが考えられる。視覚による自己補正を回避するための対策として以下の二点が挙げられる。

一つ目は晴眼者に目隠しをする方法である。これにより視覚障がい者と同等の条件での実験を行うことが可能である。しかし、晴眼者にとって目隠し状態での歩行は困難であることから、インタフェースの評価に集中できないことが考えられる。障害物等を避けられない可能性が高いため、障害物検知機能を持たない本インタフェースでは安全確保については十分注意を払う点にも注意が必要である。

二つ目は、どのような歩行経路も考えられるような開けた空間において誘導を行う方法である。目標経路として、

体育館のコートラインや屋外のタイルパターンなど開けた空間における多数の目印のうちの一つに沿った経路を設定する。被験者にとって多数の視覚的手掛かりはあるが、指示される経路が実際にどの線に沿った経路かを知ることができない。つまり、被験者は提案システムからの誘導に依存することになる。このことで、誘導指示の効果を確かめることができる。目印に沿った経路を検証に用いることで、経路からのずれを計測しやすいという利点もある。

4.2 被験者実験の実施手順

被験者実験は動作確認、歩行実験、アンケートの三段階に分けて行われる。各段階の内容については、以下の通りである。

1) 動作習熟

実験の手順、経路等について説明し、指示の提示方法に関する習熟を行う。習熟期間中では直進時の修正音および開始と終了時の音声案内の確認と、左右 90 度への方向転換の体験を行う。これらの指示の確認は、被験者が十分に指示に習熟するまで繰り返し行う。

2) 歩行実験

実際に経路に沿って歩行してもらい誘導する。歩行者のそばには係員が控え、インタフェース動作中の実行画面のモニタリングと安全の確保を行う。実施後の定量評価のため、歩行の様子撮影と動作中のログ記録を行う。ログは、直進時の位置推定結果および横ずれ指標、方向転換時の回転角速度値をタイムスタンプと合わせて記録する。

3) アンケート調査

インタフェースの有効性について、質問による主観アンケート調査を行う。各誘導指示について分かりやすさや聞き取りやすさなどの主観評価項目について 7 段階のリッカート尺度で回答を求める。自由記述項目を設け、提示方法の良かった点と悪かった点などについても質問する。

4.3 インタフェースの評価

実験後、記録された映像やログ、アンケート等に基づき誘導性能やインタフェースの有効性についての議論を行う。

誘導性能については、直進時は記録映像から経路からの横ずれ、終了地点のずれなどを計測する。ログの位置推定結果や横ずれの算出結果などと照らし合わせ、ずれの原因や修正が成功したかなどを検証する。方向転換時はログの回転角速度から所要時間やオーバーシュートの有無などを確認する。

インタフェースの有効性についてはアンケート結果からそれぞれの提示方法に対する評価や改善すべき点などをまとめる。

4.4 実験実施準備

提案手法に基づく誘導システム自体は既に完成し、実験に供する用意が出来ている。システムは、処理を行うタブレット PC、問い合わせ画像の撮影を行う USB カメラ、ステレオ音と音声案内を提示する骨伝導ヘッドホン、振動を

提示するタブレット端末で構成される。実験システムを装着して歩く様子を図 1 に示す。

提案システムの性質上、極端に短い経路誘導は効果を評価しづらい。現在、本学キャンパス内を中心に、視覚障がい者としては歩きまわりにくい空間でかつ 4.1 に上げた性質を有する空間を選定中である。候補地および経路の設定例を図 2 に示す。本学の倫理基準に合致するように申請も行う予定である。

5. おわりに

本稿では直進時と方向転換時の 2 種類の支援状況に対応した指示をステレオ音と振動により提示することで視覚障がい者の誘導を行うインタフェースの提案とその評価のための実験方法の検討を行った。直進時には類似画像検索による位置推定と、推定結果を利用した横ずれの指標化を行い、その修正指示をステレオ音により提示する。方向転換時にはジャイロセンサの回転角速度を利用し、目標経路に対する方位ずれの指標化と、それに基づくステレオ音による回転角度指示を行う。位置推定の結果と方位ずれ指標に基づき二つの状況の切り替わりを適切に探知する方法を実現し、この切り替わりの発生を振動によって歩行者に提示する。また、インタフェースの評価方法として晴眼者を対象とした被験者実験について検討を行った。

今後、提案したインタフェースについて被験者実験を行い、その誘導性能および有効性について評価を行う予定である。

本研究の一部は科研費 17H01773 の助成を受けた。ここに謝意を表す。

References

- [1] 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部, “平成 28 年生活のしづらさなどに関する調査 (全国在宅障害児・者等実態調査) 結果”, 2018.
- [2] 亀田 能成, 釜坂 一歩, 一刈 良介, 蔵田 武志, 石川 准, “視覚障がい者の移動を支援する位置提示の実証実験”, HCG シンポジウム 2016, pp.343-346, 2016.
- [3] 有限会社エクストラ, “トレッカーブリーズ”, 2012, <http://www.extra.co.jp/breeze/>
- [4] 山下 晃弘, 佐藤 佳, 佐藤 俊太, 松林 勝志, “視覚障がい者ナビゲーションを目的とした RFID タグと準天頂衛星による位置測位システム”, 情報処理学会研究報告, vol.2016-AAC-1, no.2, pp.1-7, 2016.
- [5] D. Ahmetovic, et al. “NavCog: a navigational cognitive assistant for the blind.” Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, pp. 90-99, 2016.
- [6] A. Fiannaca, I. Apostolopoulos, and E. Folmer, “Headlock: a wearable navigation aid that helps blind cane users traverse large open spaces.” Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility, pp.19-26, 2014.
- [7] J. B. F. Van Erp, L. C. M. Kroon, T. Mioch, K. I. Paul, “Obstacle Detection Display for Visually Impaired: Coding of Direction, Distance, and Height on a Vibrotactile Waist Band,” Frontiers in ICT, vol.4, art.23, 2017.



図 1 システム装着時の歩行の様子

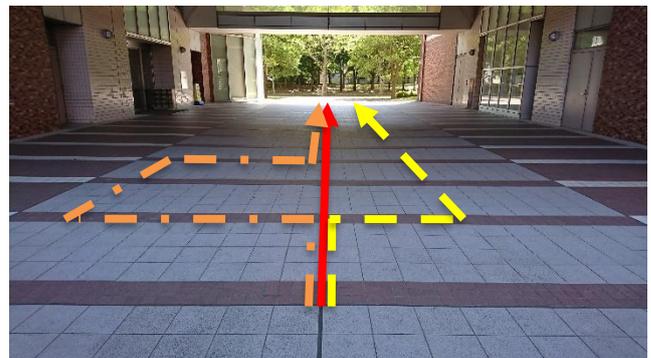
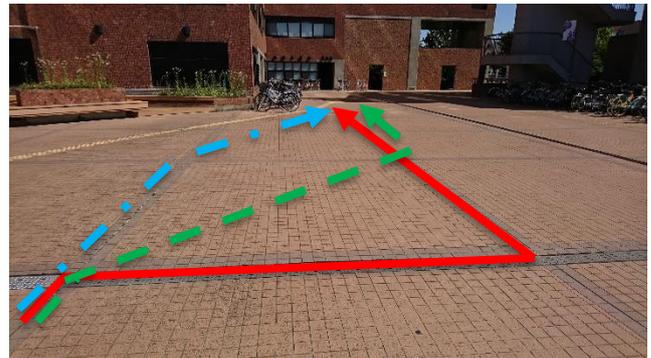


図 2 実験実施候補地と経路の設定例

- [8] 田辺 健, 矢野 博明, 岩田 洋夫, “振動スピーカを用いた力覚提示手法の知覚特性”, 計測自動制御学会論文集, vol.53, no.1, pp.31-40, 2017.
- [9] 釜坂 一歩, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, “経路上の歩行者位置推定に適した事前撮影映像からのデータベース生成”, 信学技報, vol.115, no.495, pp19-24, 2016.
- [10] D. G. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints.” International Journal of Computer Vision, vol.60, issue.2, pp.91-110, 2004.
- [11] 小河原 洗貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成, “ステレオ音と振動提示による視覚障害者誘導インタフェース”, 信学技報, vol.117, no.483, pp.17-22, 2018.