

行き交いの多い通りにおける先行歩行者経路を用いた視覚障害者歩行支援 Walking Support for Visually Handicapped Persons Using Preceding Walker Routes in Busy Street

北村 浩貴[†] 竜田 力[‡] 植村 喜弘[‡] 梶原 祐輔[†] 島川 博光[†]
Hiroki Kitamura Riki Tatsuta Yoshihiro Uemura Yusuke Kajiware Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

視覚障害の単独歩行者は位置情報を利用した誘導システムを必要としている [1]. しかし、既存の誘導システムが導出する歩行経路は路上の状況を考慮していないため、障害物と衝突する危険が考えられる. 視覚障害者の周囲の歩行者は、各々が安全と判断した歩行経路を選択している. したがって、その歩行経路は視覚障害者にとっても安全な歩行経路であると考えられる. 本稿では、路上の状況を考慮している前方歩行者の歩行経路を利用した視覚障害者誘導手法を提案する.

2. 周囲の歩行者

視覚障害者の歩行支援として盲導犬、ガイドヘルパー、白杖が存在する. 盲導犬は費用が高額である. ガイドヘルパーは利用時間が限られる. 白杖は足元の障害物しか検知できない. これらの問題を考慮した視覚障害者歩行支援の既存研究がある. Menikdiwela らは、白杖に搭載された超音波センサで障害物を検知した [2]. しかし、既存研究は障害物と視覚障害者のみの環境を想定している. したがって、行き交いの多い通りでは周囲の歩行者によって障害物を常に検知することは難しい. つまり、周囲の状況を考慮した誘導手法が必要となる.

3. 先行歩行者追従による誘導

3.1 先行歩行者の利用

本研究では、進行方向が同じで、視覚障害者の前方の歩行する歩行者の歩行経路を利用した誘導手法を提案する. 本研究の誘導システムを利用する視覚障害者をユーザとする. 進行方向が同じで、ユーザの前方を歩行する晴眼者を先行歩行者とする. ユーザにとってもっとも安全な経路を選択している先行歩行者をトレース対象とする. システムが目的地に到着するためにユーザに指示する歩行経路を指示経路とする. また、トレース対象の歩行経路を誘導経路とする. 図 1 に本手法の概要を示す. 本手法では、ユーザが誘導に従い歩行する間、前方にいる歩行者を検知する. 検知した歩行者が先行歩行者か判断し、得られた先行歩行者に重み付ける. 最大の重みをもつ先行歩行者をトレース対象として、誘導経路を取得する. 指示経路と誘導経路が類似していない場合、再度周囲の歩行者を検知する. 類似している場合は誘導経路にユーザを誘導する. これを目的地まで繰り返す.

3.2 先行歩行者の判定と重み付け

先行歩行者を検知するために、ユーザの腰に Kinect を装着する. Kinect の深度センサは対象物の (x,y,z) 座標を取得する. ユーザが誘導に従って歩行している間、

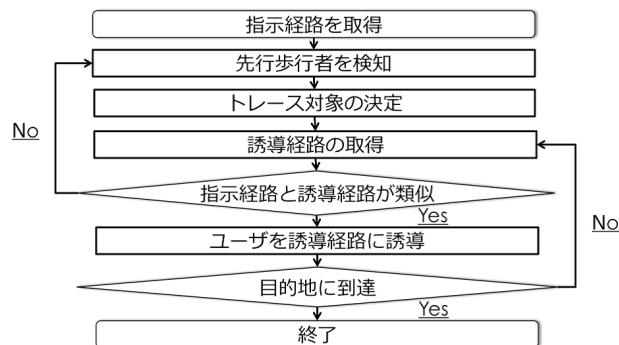


図 1: 手法概要図

常時 Kinect で前方にいる歩行者を検知する. 事前実験により検知範囲はユーザの前方、方位角 ± 35 度、仰俯角 30 度の円錐形とする. 先行歩行者かを、ユーザに対する相対歩行速度と進行方向から判定する. 相対歩行速度 v_{rel} は、検知した歩行者の脊椎の (x,z) 座標の差分を利用する. 任意の t 番目の脊椎の位置座標を (x_t, z_t) , フレームレートを f (単位: fps) とすると以下の式で求められる.

$$\begin{aligned} x_{def_t} &= x_t - x_{t-1} \\ z_{def_t} &= z_t - z_{t-1} \\ v_{rel} &= f \sqrt{x_{def_t}^2 + z_{def_t}^2} \end{aligned}$$

Kinect は 30 fps であるため、本研究では $f = 30$ とする. 進行方向は先行歩行者の両肩の角度から求める.

次に、先行歩行者の進行方向、相対歩行速度、相対位置、相対距離からトレース対象を見つける. これらをベクトルとして 4 次元空間上に表現し、各先行歩行者に対応するベクトルのノルムの逆数を重みとする. 進行方向及び相対歩行速度は、先行歩行者の判定と同様である. 相対位置及び相対距離はユーザと先行歩行者の位置座標間での相対位置、相対距離である. 相対位置はユーザとトレース対象の脊椎の位置座標の差分で、相対距離はこの差分の平方和の平方根である.

3.3 誘導経路の取得

誘導のために、ユーザと先行歩行者の相対位置から誘導経路を取得する. ユーザの位置とそれを基準としたトレース対象の相対位置を、1 秒毎にマップ上に写像する. 写像したユーザとトレース対象の位置から算出される誘導経路上に、ある一定間隔で誘導に必要な特徴点を求め、特徴点にユーザを誘導する.

3.4 類似判定

誘導経路がユーザの目的地と同一方向か判定するために、誘導経路と指示経路の $\cosine$ 類似度を求める. 指示経路と誘導経路をそれぞれ第 1 成分に進行方向、第 2 成分に移動距離を持つベクトルで表す. 任意の t 秒の指示

[†]立命館大学情報理工学部

[‡]立命館大学大学院情報理工学研究科

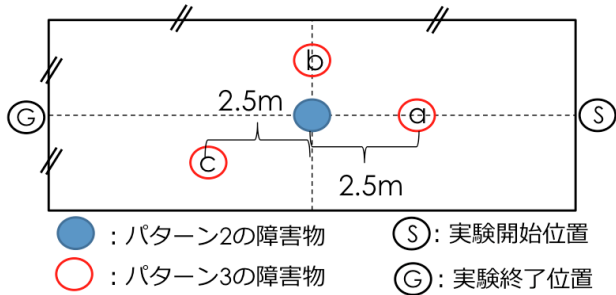


図 2: 実験環境

経路のベクトルを $\vec{d}_t$ とおく。歩行者の歩行速度は約 1100 mm/s であるため、 $\vec{d}_t$ は以下の式で表される。

$$\vec{d}_t = (0, 1100)$$

任意の t 秒の誘導経路のベクトルを $\vec{l}_t$ とおく。それぞれの成分は t 秒と $t-1$ 秒におけるトレース対象の脊椎の位置座標の差分から算出する。 $\vec{l}_t$ は以下の式で表される。

$$\vec{l}_t = (x_t - x_{t-1}, z_t - z_{t-1})$$

これらのベクトルから *cosine* 類似度を算出する。*cosine* 類似度が条件を満たしていれば、ある一定間隔で特徴点にユーザを誘導する。条件を満たしていなければ、トレース対象を除外して周囲の歩行者を検知する。

4. 実験

4.1 環境と方法

3章で示した手法の妥当性を検証するために実験した。被験者は 22 ± 1 歳の男性 3 名である。ユーザは監督者の指示によりトレース対象を目視で追従する。被験者とトレース対象の相対距離は 2.0 m 開始し、追従中に距離の制限は設けなかった。Kinect は USB ケーブルを用いて計算機に接続した。15.0 m × 3.0 m の廊下で以下のパターン 1 から 3 で実験した。パターン 1 は、障害物が無い環境で、パターン 2 及びパターン 3 は図 2 に示すような障害物のある環境である。今回、誘導経路は障害物とトレース対象の相対位置から取得する。誘導経路は、写像した障害物と障害物間の距離 od_t と以下、準天頂衛星の平均の水平誤差 0.46 m で評価する。以下、準天頂衛星の平均の水平誤差 0.46 m を測位誤差とする。トレース対象の検知割合 r_{pre} は以下の式で評価する。

$$r_{pre} = \frac{f_{det}}{f_{all}}$$

f_{all} は実験開始から終了までのフレーム数で、 f_{det} はこの間にトレース対象を検知しているフレーム数である。

4.2 結果

パターン 1 から 3 の r_{pre} を表 1 に示す。パターン 3 の誘導経路の写像を図 3 に示す。表 1 より、全体の r_{pre} の平均値は 74.1% である。被験者 B のパターン 2 と被験者 C のパターン 1 において、 r_{pre} が 95% 以上となり、トレース対象をほとんど検知できている。被験者 A のパターン 3 では r_{pre} が 24.5% と低く、他と比較してトレース対象の検知ができていない。また、 r_{pre} はパターン 2 が最大であったため、障害物の有無や個数によって r_{pre} に差が生じていない。図 3 から以下のことがわかる。被験者 A の誘導経路は障害物 a との衝突を防ぐことができる。被験者 B の誘導経路は、障害物 c の前で誘導経路

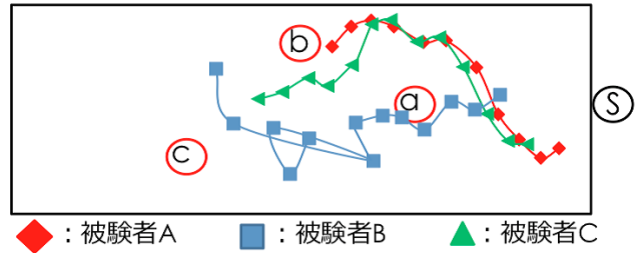


図 3: パターン 3 の誘導経路の写像

表 1: トレース対象の検知割合 [%]

	被験者 A	被験者 B	被験者 C
パターン 1	79.6	61.2	95.2
パターン 2	70.5	100.0	74.2
パターン 3	24.5	84.0	77.3

が正確に写像されていないことがわかる。さらに、写像した点の 1 つが障害物上にあるため、ユーザが障害物 a と衝突する可能性がある。被験者 C の誘導経路は、ユーザが障害物 b を通り過ぎるまでの写像ができていない。パターン 3 の od_t と測位誤差の差が正である割合は被験者 A が 81.8%、被験者 B が 15.4%、被験者 C が 84.6% であった。誘導経路が正確にとれていない被験者 B の割合が低いことがわかる。

4.3 考察

トレース対象の検知割合 r_{pre} について撮影した動画から考察する。被験者 A の r_{pre} が低い。これは Kinect が縦に大きく揺れていたためであると考えられる。また、被験者 B の誘導経路が正確に写像されていない。これも同様に、Kinect が上下左右に揺れたことが原因であると考えられる。したがって、撮影した動画のブレを電子式手ぶれ補正で抑制すれば、正確な誘導経路を写像できるといえる。次に、誘導経路を写像した点と障害物との距離 od_t と測位誤差の差について考察する。図 3 に写像したパターン 3 において差が正である割合が 80% 程度である。これは、トレース対象が晴眼者であり、障害物をぎりぎりでは避ける場合があるためだと考えられる。したがって、写像した経路から障害物の有無を判定し、障害物のあると考えられる範囲外に特徴点を置く必要がある。

5. おわりに

本稿では、視覚障害者に行き交いの多い通りで安全な誘導をするためにトレース対象の検知割合と誘導経路の写像を実験、評価した。Kinect で取得したトレース対象の位置座標から、トレース対象を 74.1% 程度検知でき、誘導経路の写像ができることを示した。しかし、確実にユーザと障害物の衝突を避けるには不十分である。今後は、手法の精度向上、及び複数の先行歩行者に対して最適なトレース対象の選択を検証する。

参考文献

- [1] 北川博巳, 横山哲, 船場ひさお. "視覚障害者を対象とした歩行誘導システムのニーズに関する研究."
- [2] Menikdiwela, M. P., and K. M. I. S. Dharmasena. "Haptic based walking stick for visually impaired people." IEEE Circuits, Controls and Communications, 2013.