

事前撮影映像に基づく視覚障害者の歩行誘導インタフェースの検討

小河原 洗貴[‡] 北原 格[†] 亀田 能成[†]

^{† ‡}筑波大学 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [‡]s1411109@u.tsukuba.ac.jp, [†]{kitahara, kameda}@iit.tsukuba.ac.jp

あらまし 我々は視覚障害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。歩行誘導のため、事前撮影映像から生成されたデータベースに対する類似画像検索により歩行者の位置を推定する手法を利用する。その位置推定結果に基づき、直進時の進路ずれ修正指示と方向転換時の回転角度指示によって視覚障害者に対して歩行誘導を行うインタフェースについての検討を報告する。直進時の進路ずれ修正指示を決定するために画像間のキーペアの座標差を、方向転換時の回転角度指示を決定するためにジャイロセンサから得られる回転角度を用いる。

キーワード 視覚障害者、歩行誘導、SIFT、ジャイロセンサ

A Study on Walking Navigation Interface for Visually Impaired Based on Pre-Recorded Video

Kouki OGAHARA[‡] Itaru KITAHARA[†] and Yoshinari KAMEDA[†]

^{† ‡}University of Tsukuba 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573 Japan

E-mail: [‡]s1411109@u.tsukuba.ac.jp, [†]{kitahara, kameda}@iit.tsukuba.ac.jp

Abstract We are studying a new walking navigation interface for visually impaired people. We use a method of estimating the location of a pedestrian by similar image retrieval on a database generated from preliminarily recorded video for the navigation. We discuss the design of computer human interface for visually impaired people that is based on the location estimated by the image retrieval and the orientation obtained by a gyro sensor. Path alignment and route selection at corners are taken as two main situations for assistance of the navigation. Path alignment can be made by the horizontal difference of the feature points in images, and route selection can be made by the orientation obtained by the gyro sensor.

Keywords Visually Impaired, Walking Navigation, SIFT, Gyro sensor

1. はじめに

現在、日本全国には 31 万人を超える視覚障害者が存在する[1]. 視覚障害者の外出の際には盲導犬やガイドヘルパーによる誘導を受けながら歩行することが望ましい。しかし、補助者の絶対数の不足や経済的な負担などの理由から、現状では全ての人々が満足な支援を受けることは難しい。そのため、単独歩行の際に視覚障害者に対して誘導を行うシステムが必要とされている。

推定された位置・方向から視覚障害者に適切な指示を与えることのできるインタフェースの研究に我々は取り組んでいる。視覚障害者はあらかじめ経路のメンタルマップを作成し、それをもとに歩行する。その誘導には歩行者位置の把握、直進時の進路ずれ修正指示、方向転換時の回転角度指示が必要であると考えられる。歩行者位置の把握については既にいくつかの位置推定手法が提案されている。本稿では直進時と方向転換時の 2 種類の支援状況における誘導指示を決定するための指標を算出する方法を述べる。

2. 関連研究

現在普及している多くのナビゲーションシステムでは GPS が用いられている。視覚障害者向けの GPS を用いた携帯情報端末[2]も実現されているが、機能にはまだ制約が多い。田野ら[7]は GPS と方位センサによって得られた歩行者の位置・方位をもとに、電子地図に登録された建物や交差点の情報を音声で伝える屋外用の位置案内システムを提案している。田野らは歩行者に最寄りの建物や交差点への位置情報を与えることで経路を迷わず歩行できたと報告している。しかし、経路に沿って歩くこと自体に対する支援にはなっていない。

屋内でも使用可能な手法として、RFID タグを用いる手法[3]が提案されている。この手法では、点字ブロック等に埋め込まれた RFID タグを白杖に取り付けた端末で読み取ることで、経路や位置を案内する。案内は音声によってなされているため、指示によっては聞き間違い、意味の取り違い、等が生じうる。

3. 事前撮影映像に基づく視覚障害者の誘導

本節では、我々が利用する歩行者位置推定手法の概要と得られる位置推定結果について説明し、視覚障害者の単独歩行において生じうる問題とそれに対する解決のための目標について述べる。

3.1. 歩行者位置推定手法の概要

本手法では釜坂ら[4]によって提案された単眼カメラのみを用いる歩行者位置推定手法を利用する。この手法は撮影可能な経路であれば屋内外を問わず使用可能であり、必要な機材も単眼カメラのみである。

以下にその手順について説明する。まず歩行者の前面に取り付けた単眼カメラを使用して事前に経路に沿って一人称視点映像を撮影する。その映像をフレーム分割した画像群に対しSIFT[5]特徴量(以下SIFTキー)の検出を行い、各フレーム間のSIFTキーの類似度からデータベースに使用する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う。マッチングにより問い合わせ画像と最も類似度が高いとされた参照画像を求め、その参照画像が撮影された地点を位置推定の結果とする。

以上の手順により、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SIFTキー、マッチング結果のキーペアが得られる。

3.2. 単独歩行時の問題と解決のための目標

視覚障害者の単独歩行時において、分岐のないほぼ直進の経路では、自力で経路に沿って直進することが可能である。ただし、場合によっては進路ずれが発生し経路から逸脱するおそれがある。

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誤った方向へと進んでしまう可能性がある。

本研究では上記の2つの問題を取り上げる。すなわち、直進時と方向転換時において指標の算出とそれに基づく指示の決定・伝達を行う。

直進時においては、まず目標経路に対する進路ずれを算出することで、経路の逸脱の有無を確認する。これにより、逸脱する可能性がある場合などに進路ずれ修正指示を決定する。

方向転換時においては、まず歩行者の回転角度の算出を行う。そして、経路に沿った正しい方向へ向かうことができるように回転角度指示を決定する。

誘導に必要な指標の算出方法については4節で述べる。その後の誘導指示を決定し、伝達する手法につい

での検討を6節にて述べる。

4. 誘導指示の指標算出

本節では視覚障害者への誘導指示の決定に必要な指標を算出する方法について、直進時と方向転換時のそれぞれにおいて説明する。

4.1. 直進時の進路ずれ算出

進路ずれ修正指示を決定するために、目標経路に対する歩行者の位置・姿勢のずれを算出する。ここで、目標経路に対する位置・姿勢のずれとは位置推定における問い合わせ画像と参照画像の撮影位置の差である。言い換えるならば、目標経路上の参照画像の撮影位置・方向に対する、問い合わせ時の撮影位置・方向からの差である。この差は並進と回転で表現される。今回使用する位置推定手法[4]は三次元復元を伴わないものであり、問い合わせ時の目標経路に対する位置・姿勢のずれを把握することはできない。しかし、逸脱の程度が悪化しているか、改善に向かっているかといった傾向さえわかれば進路ずれ修正指示を決定することは可能と考えられる。

上記の理由から、進路ずれを算出する方法として、位置推定の際に行われるSIFTキーのマッチング結果を利用する。データベースの検索にはSIFTキーを用いたマッチングが行われるが、その結果として得られる対応するキーペアの画像上の座標差を用いて進路ずれを算出する。カメラの光軸方向に対して水平方向にずれた地点で撮影された画像に対してマッチングを行うと、キーペア同士の座標に水平誤差が生じる。これを利用して画像上におけるSIFTキーの水平誤差を進路ずれとして算出する。SIFTキーの水平誤差のみでは実際に生じる並進と回転を判別することは不可能である。しかしながら、先述の通り逸脱の傾向が分かれば進路ずれ修正指示が可能であるとしてこの指標を用いて誘導インタフェースの構築を進めることとする。以下に時刻 t での進路ずれの算出手順を示す。概略図を図1に示す。

(1) 位置推定における問い合わせ画像と参照画像間のSIFTキーのマッチング結果から、画像間で対応づけられた n 個のキーペアが得られたとする。 i 番目のキーペアについて、問い合わせ画像におけるSIFTキーの x 座標を $x_{t,i}^q$ 、参照画像におけるSIFTキーの x 座標を $x_{t,i}^r$ としたときこれらの差 $dx_{t,i} = x_{t,i}^r - x_{t,i}^q$ (図1中の両矢印)を求め、その集合を $\{dx_{t,i}\}$ とする。

(2) (1)で求められた座標差の集合 $\{dx_{t,i}\}$ の平均値 \overline{dx}_t を計算する。

$$\overline{dx}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dx_{t,i}$$

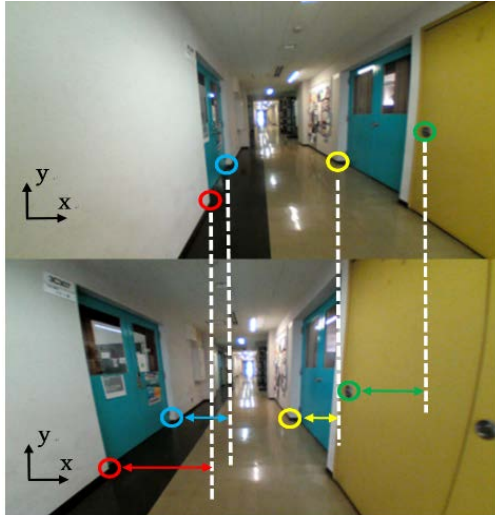


図1 進路ずれ算出の概略図

(3) \overline{dx}_t に時間方向のローパスフィルタを適用し出力 rdx_t を得る．ただし， p は平滑化係数である．

$$rdx_t = p \times \overline{dx}_t + (1 - p) \times rdx_{t-1}$$

4.2. 方向転換時の回転角度算出

方向転換時の回転角度指示の決定に必要となる歩行者の回転角度を算出する．直進時の進路ずれ算出のように画像によって回転角度を算出することは困難であるため，ジャイロセンサを用いる．ジャイロセンサから得られる角速度を以下の式により積分することで回転角度 θ_n を算出する．

$$\theta_n = \sum_{j=1}^n \frac{(\omega_j + \omega_{j-1})(t_j - t_{j-1})}{2}$$

$\left(\begin{array}{l} \omega_j : \text{センサからの角速度} \\ t_j : \omega_j \text{の取得時刻} \end{array} \right)$

5. 検証実験

4節にて述べた指示の指標の算出について，それぞれ経路を設定しその有効性を検証する．

5.1. 進路ずれの算出

5.1.1 実験概要

筑波大学敷地内の屋内，屋外の経路において，経路左寄り，経路右寄りを歩きながらそれぞれ30fps，320×180画素で撮影した．撮影映像の一部における位置推定の様子を図2に示す．前者を事前撮影映像(図2左列)，後者を問い合わせ映像(図2右列)として位置推定と進路ずれの算出を行った．実験にはSurface Pro 4(CPU: Core i7-6650U 2.20GHz, RAM: 16GB)を使用し，位置推定と進路ずれ算出の全処理を同端末上で行った．映像はusbカメラ(BUFFALO BSW200MBK, 水平視野角120度)をSurfaceに接続して撮影した．

図2では，SIFTキーペアを左右の対応するSIFT

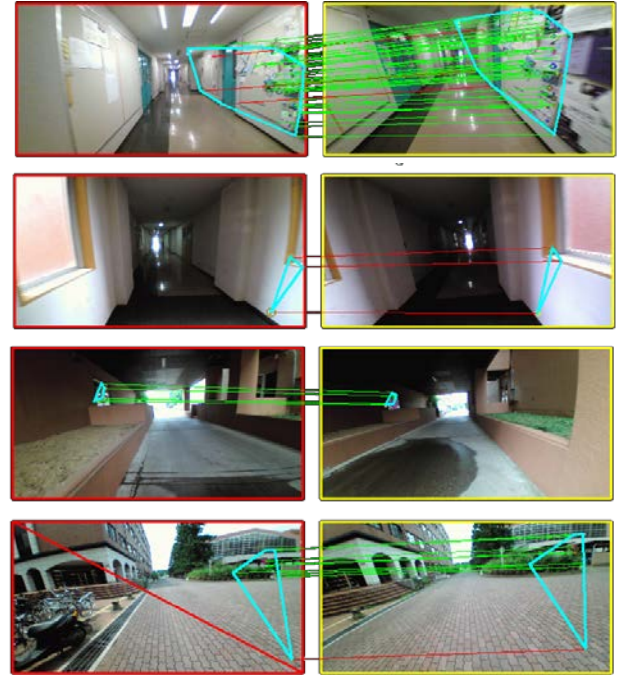


図2 撮影経路の一部における位置推定の様子

(1,2行:屋内10,30[sec], 3,4行:屋外10,30[sec])

キー観測位置を結ぶ緑線で表す．水色の線はSIFTキー群の外接多角形を示す．左列の事前撮影映像に赤線が重なっている場合は，位置推定手法[4]がその推定結果に信頼度が足りないことを意味している．

5.1.1 実験結果

進路ずれの算出結果を図3に示す．

屋内の経路で算出された進路ずれ値は約25画素であり，おおむね一定の値をとった．しかし，25秒以降は位置推定失敗によって値の減少が生じた．

屋外の経路で算出された進路ずれ値はおおよそ10画素程度であるが安定せず，また屋内で算出されたものより小さくなった．屋外では得られるキーペアが少ない，ないしはあっても撮影位置から遠いため，算出される進路ずれは回転によるものが大きくなる．今回の経路では並進のみが生じるため，算出される進路ずれが小さくなる傾向になったと考えられる．

5.2. 回転角度の算出

5.2.1. 実験概要

図4に示す筑波大学敷地内の二つの経路を歩く場合において回転角度の算出を行った．一つ目は図4赤矢印の直線が続く経路であり，距離は200[m]程度である．二つ目は図4青矢印の経路を2周するもので，この経路では90度の左折7回，計630度の回転が生じる．距離は500[m]程度となる．実験には5.1と同様にSurface Pro 4を使用し，内蔵のジャイロセンサを用いて回転角速度を取得する．

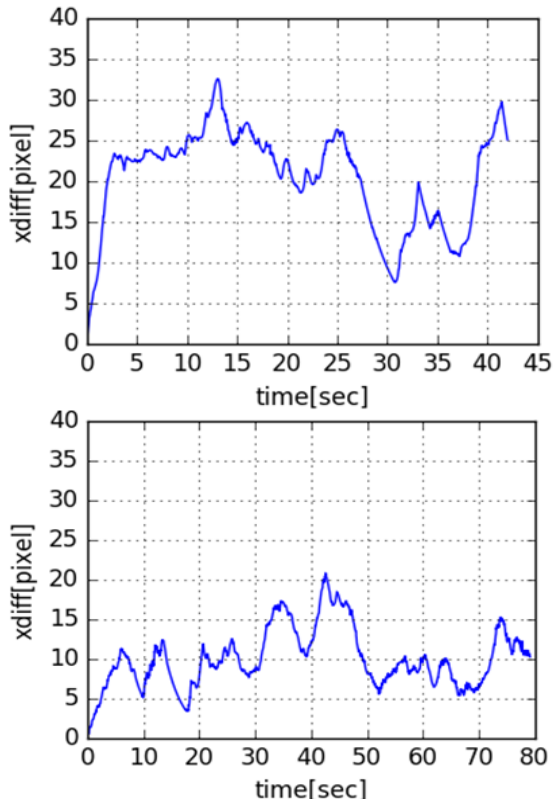


図3 進路ずれの算出結果
(上:屋内, 下:屋外)

5.2.2. 実験結果

回転角度の算出結果を図5に示す。

直線路では、誤差は±5度ほどの範囲内に収まった。左折路では、回転角度は左折するごとに約90度ずつ増加し、最終的な値もほぼ630度となった。

6. 算出された指標に基づく誘導手法の検討

直進路での進路ずれ修正指示については、算出された進路ずれによって逸脱の傾向を把握し、進路ずれが大きくなっている場合などに進路ずれが小さくなるように指示を決定する。直進路指示内容は進行方向に対して左右どちらに修正するかといった形で十分誘導が可能と考えられる。

方向転換時の回転角度指示については、算出された回転角度が経路に沿った正しい方向と一致するように指示を決定する。

視覚障害者に誘導指示を伝達する手法には、音声を用いられることが多い。船場らによって行われたアンケート調査[6]では、音による誘導は有効であるが、その程度は年齢や外出経験の有無などに左右されるとしている。近年では触覚等を用いて歩行誘導を行う試み[8]もなされており、こういった音以外の伝達手法も検討する。

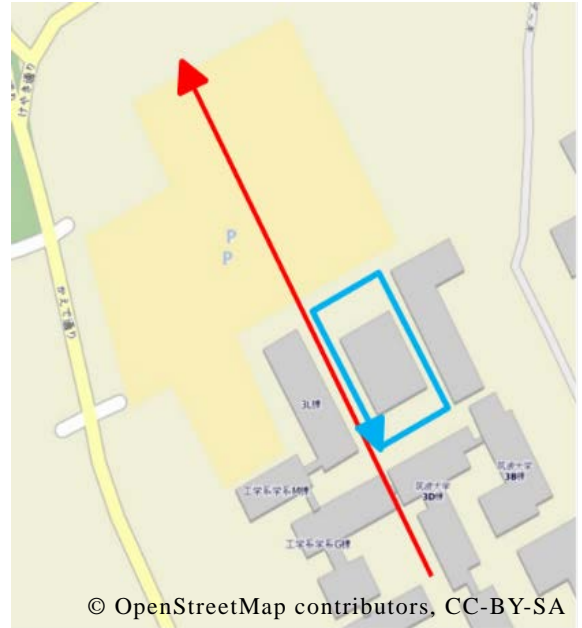


図4 実験経路
(赤矢印: 直線路, 青矢印: 左折路)

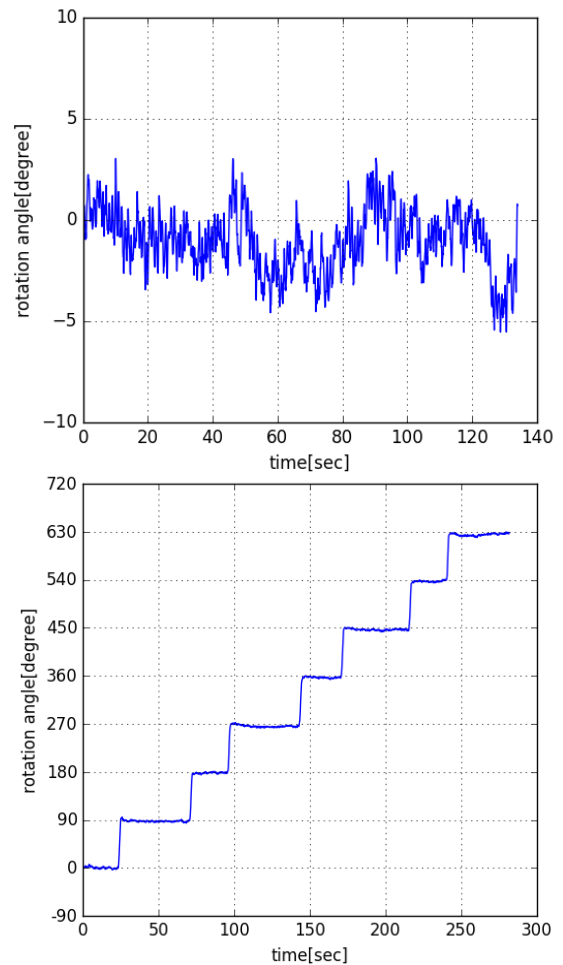


図5 回転角度の算出結果
(上:直線路, 下:左折路)

7. おわりに

本稿では、単眼カメラのみを用いた位置推定手法の結果を用いて誘導指示の指標を算出する手法を提案し、実際の経路において指標が算出可能か検証した。

誘導指示を直進時と方向転換時の2通りに分け、それぞれ指示の決定に必要な指標を算出した。前者は位置推定の結果得られる参照画像と問い合わせ画像のキーペアの座標差を用いることで進路ずれの算出が可能であること、後者はジャイロセンサからの回転角速度を利用して回転角度の算出が可能であることが分かった。

今後、算出された指標から歩行者に与える指示を決定・伝達する手法を実装し、被験者実験等を経てインタフェースとしての完成を目指す。

本研究の一部は JST-RISTEX と科研費 17H01773 の助成を受けた。ここに謝意を表する。

文 献

- [1] 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部，“平成23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”，2013.
- [2] 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/>
- [3] 後藤浩一，松原広，深澤紀子，水上直樹，“駅環境における携帯端末を用いた視覚障害者向け情報提供システム”，情報処理学会論文誌，vol.44，no.22，pp. 3256-3268，2003.
- [4] 釜坂一步，北原格，亀田能成，太田友一，“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.
- [5] D. G. Lowe，“Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints,” International Journal of Computer Vision，vol.60，issue.2，pp.91-110，2004.
- [6] 船場ひさお，上田麻理，岩宮眞一郎，“視覚障害者のための音による移動支援に関するアンケート調査”，日本音響学会誌，vol.62，no.12，pp.839-847，2006.
- [7] 田野英一，前田義信，牧野秀夫，小西孝史，石井郁夫，“視覚障害者用 GPS 位置案内システムにおける情報多層化の評価”，GIS-理論と応用，vol.9，no.2，pp.41-51，2001.
- [8] 渡邊淳司，安藤英由樹，朝原佳昭，杉本麻樹，前田太郎，“靴型インタフェースによる歩行ナビゲーションシステムの研究”，情報処理学会論文誌，vol.46，no.5，pp 1354-1362，2005.