

# 測域センサとベルト型振動デバイスを用いた 歩行誘導システムの提案 屋内での目的地までの誘導

河合 道成, 川島 良太, 大矢 晃久, 坪内孝司 (筑波大学)

## 1. はじめに

初めて訪れた施設等において、目的の場所の名前が分かっているにもかかわらず、そこに行くにはどこを通れば行けるのかわからないことがある。そこで歩行者に対して目的地までの誘導を行うシステムの、研究や実用化が進められている [1, 2, 3]。本稿では屋内外で使用可能な測域センサと、視覚や聴覚を妨げることの無い触覚を利用した方向提示デバイスを用いた歩行誘導を提案する。現在位置と姿勢を知るために測域センサを使用し、方向提示デバイスとしてベルト型振動デバイス [4] を使用する。測域センサと振動デバイスは、両方とも腰回りに取り付け、両手を塞がず手軽に利用できるシステムを構築する。

## 2. 関連研究

歩行誘導を行う際、歩行者の現在位置を知る必要がある。携帯端末での誘導システム [3] では、歩行者の位置を知るのに衛星測位システムを用いている。また [5] では、上部に距離画像カメラを取り付けたヘルメットを被り、環境中に貼り付けたマーカーを識別することで自己位置を認識している。他にも RFID タグを利用したシステム [6] や、無線アクセスポイントを利用したシステム [7] 等がある。本研究では数十 cm の誤差で現在位置を知ることで、細かな誘導を行えるよう測域センサを用いる。細かな誘導を行うことにより、危険な障害物などから十分に距離をとった経路を歩行者に提示できる。

携帯端末を用いた誘導システムの多くは、視覚や聴覚を通じて進むべき方向をユーザーに提示する。しかし歩行時において視覚と聴覚から得られる情報は重要なため、それらを遮ることなく、ユーザーに情報を提示するのが望ましい。触覚を用いて情報を提示するデバイスとして、靴底を変形させることで進行方向を示すもの [8] や、耳を引っ張ることで歩行誘導を行うデバイス [9]、慣性によって擬似的に手を惹かれている感覚を生み出す手法 [10] 等が提案されている。また [4] では、腰に巻きつけたベルトに取り付けた、複数の振動モータを個別に制御することで、進むべき方向を提示している。本研究では取り付けや製作の容易さを重視し、ベルト型振動デバイスを用いる。

## 3. ナビゲーション方法

### 3.1 システム構成

歩行誘導システムのシステムブロック図と体に取り付けた様子を図 1 に示す。電源系は小型 PC を除いて、

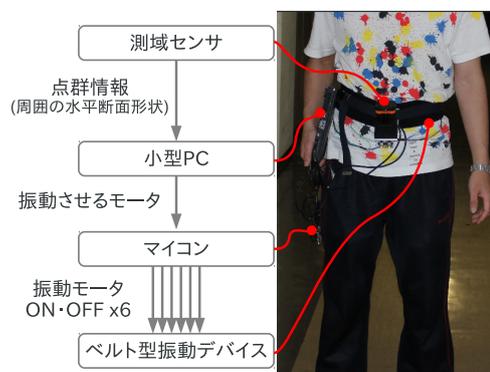


図 1 システムブロック図と体への取り付け

日本トラステクノロジー社製のモバイルバッテリー PB-12000 から給電する。

測域センサを用いて、正面方向の物体の水平断面形状を点群で取得する。センサは北陽電機株式会社の UTM-30LX を使用した。体への取り付け位置は、体の真正面の腰の高さとする。

小型 PC はセンサデータの取り込み、自己位置推定、目標誘導角の算出等を行う。詳しい処理内容は 3.2 節に記述する。現在は実験のためノートパソコンを用いているが、最終的には小型のシングルボードコンピュータを使用する予定である。

マイコンを用いて、振動デバイスの振動モータの ON・OFF を行う。小型 PC から、どの振動モータを振動させるかの指示を受ける。マイコンはルネサステクノロジー社製 SH7125 を使用した。

### 3.2 自己位置推定と Waypoint による誘導

自己位置推定は、予め移動ロボットを用いて作成した地図データと、現在位置で取得したスキャンデータとの、スキャンマッチング [11] により行う。本提案システムではデッドレコニングを行わないため、出発地点を設定した上で、直前の自己位置を初期位置として局所的なスキャンマッチングを繰り返し行う。

誘導は出発地点と目的地を設定し、その間を指定した経路に沿うように行う。誘導の様子のイメージを図 2 に示す。まず出発地点と目的地を決め、その間に数 m おきに Waypoint を設定することで、歩行経路を指定する。実際の誘導では、まず現在位置から最も近い Waypoint を探し、その次に目的地側に設定されている Waypoint へ向かう方向を目標誘導角として、ユーザーに伝達する。目的地周辺に到達したと判断すると、誘導を終了する。

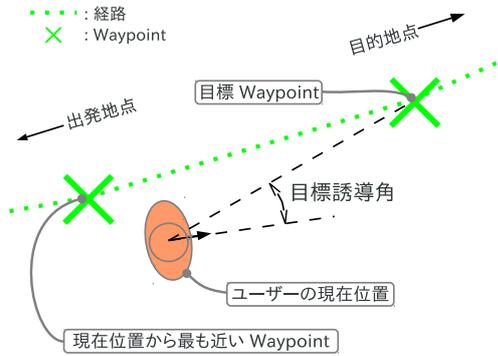


図 2 誘導のイメージ

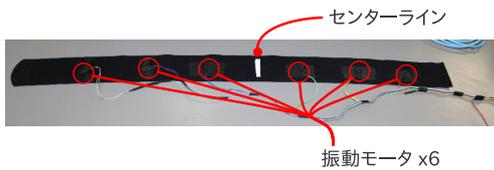


図 3 製作したベルト型振動デバイス

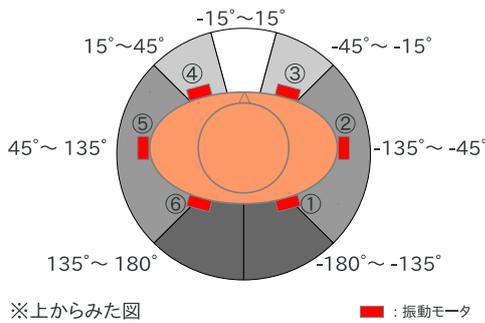


図 4 振動モータの位置と目標誘導角区分

### 3.3 ベルト型振動デバイス

実際に製作した振動デバイスの外観を図 3 に示す。伸縮性のある長さ約 130 cm のベルトに振動モータ T.P.C 社製の FM34F を 6 個取り付け付けた。ベルトは面ファスナーによって固定できるようになっている。

振動モータが当たるおおよその場所と目標誘導角の区分を図 4 に示す。振動モータが当たる位置は腰回りの長さによって多少変化する。目標誘導角が正面から  $\pm 15$  度するとき、どのモータも振動しない。目標誘導角が正面から 15 度から 45 度の範囲のとき、4 番のモータが振動する。同様に、45 度から 135 度のときは 5 番、135 度から 180 度のときは 6 番のモータが振動する。左側についても同様に、目標誘導角によって 1~3 番のモータが振動する。

## 4. 実験

筑波大学の施設屋内にて、提案システムで出発地点から目的地点まで、振動デバイスの情報のみで誘導する実験を行った。実験は振動デバイスの有効性を確認するため目隠しをして行った。実験の様子を図 5 に示



図 5 屋内での実験の様子

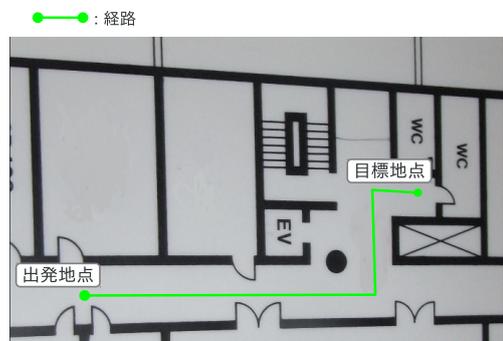


図 6 間取り図とおおよその経路

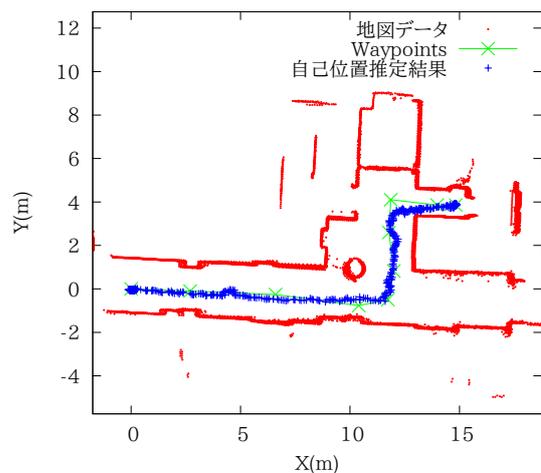


図 7 実験結果

す。出発地点から目的地点は、約 20 m 離れたところに設定した。図 6 に施設の間取り図とおおよその経路を示す。部屋の扉の前に出発地点、トイレの前を目的地点と設定した。

実験結果をプロットしたものを図 7 に示す。地図データとは 3.2 節で述べた、予めロボットを用いて作成した地図データを点群で表示したものである。また自己位置推定結果とは、同じく 3.2 節で述べた繰り返し行った、局所的なスキャンマッチングによる自己位置推定の結果である。自己位置推定結果のプロットの通り、出発地点から目的地点までの歩行誘導に成功した。しかし、後半の右に曲がるところで極端に曲がり角に接近した。これは Waypoint の置き方によるものであると考えられる。今後、Waypoint の設定の仕方を改良する必要がある。

振動デバイスは歩きながらでも十分ユーザーに情報を提示出来た。ユーザーはどのモータも振動していないときは、そのまま前に歩いた。図 4 の 3 番・4 番のモータが振動しているときは、歩きながら方向転換を行った。2 番・5 番のモータが回転しているときはその場に立ち止まり、方向転換を行った。今回の実験においては 1 番・6 番のモータは一度も振動しなかった。

## 5. おわりに

本稿では測域センサと振動デバイスを組み合わせた歩行誘導システムの提案を行い、実際に試した結果について述べた。

今後は、三次元測域センサ [12] を用いて、階段などの高さ方向への誘導も可能なシステムへと発展させる予定である。また、振動デバイスについても、取り付ける振動モータの数や位置について改良を加えていく。

## 参考文献

- [1] 間邊哲也, 長谷川孝明: “歩行者ナビゲーションコンセプトリファレンスモデルの提案”, 電子情報通信学会論文誌 A, vol. J95-A, no. 3, pp. 283–302, 2012.
- [2] 福井良太郎, 白川洋, 歌川由香, 重野寛, 岡田謙一, 松下温: “携帯電話における歩行者ナビゲーション情報の表示方法に関する提案と評価”, 情報処理学会論文誌, vol. 44, no. 12, pp. 2968–2978, 2003.
- [3] M. Arikawa, S. Konomi and K. Ohnishi: “NAV-ITIME: Supporting pedestrian navigation in the real world”, IEEE Pervasive Computing, vol. 6, no. 3, pp. 21–29, 2007.
- [4] 塚田浩二, 安村通晃: “Active Belt: 触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構”, 情報処理学会論文誌, vol. 44, no. 11, pp. 2649–2658, 2003.
- [5] M. Zllner, S. Huber, Hans-Christian Jetter, and H. Reiterer: “NAVI: a proof-of-concept of a mobile navigational aid for visually impaired based on the Microsoft Kinect.”, Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human -computer interaction - Volume Part IV (INTERACT '11), pp. 584–587, 2011.
- [6] R. Ivanov: “Indoor Navigation System for Visually Impaired.”, Proceedings of the 11th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing on International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech '10, pp. 143–149, 2010.
- [7] 森下直樹, 長島弘法, 永長知孝: “無線アクセスポイントと分岐点画像を用いた歩行者ナビゲーションシステム”, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS2008-92, pp. 53–58, 2009.
- [8] M. Frey: “CabBoots: Shoes with Integrated Guidance System.”, Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction, pp. 245–246, 2007.
- [9] Y. Kojima, Y. Hashimoto, S. Fukushima, and H. Kajimoto: “Pull-navi: a novel tactile navigation interface by pulling the ear”, SIGGRAPH '09: ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies, ACM, pp. 1–1, 2009.
- [10] 雨宮智浩, 安藤英由樹, 前田太郎: “非接地型力覚提示装置を中空で把持したときの効果的な牽引力錯覚の生起手法”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 11, no. 4, pp. 545–555, 2006.
- [11] F. Lu, and E. Milios: “Robot Pose Estimation in Unknown Environments by Matching 2D Range Scans”, Journal of Intelligent and Robotic Systems, vol. 18, no. 3, pp. 249–275, 1997.
- [12] K. Kimoto, N. Asada, T. Mori, Y. Hara, A. Ohya, and S. Yuta: “Development of Small Size 3D LIDAR” Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA), 2014.