

白杖歩行と盲導犬歩行における音声ナビの役割 ～歩行訓練支援に向けて～

蔵田 武志¹² 関喜一¹ 興梶正克¹ 石川 准³

¹産業技術総合研究所 ²筑波大学 ³静岡県立大学

E-mail: t.kurata@aist.go.jp

あらまし 音声ナビと白杖操作もしくは盲導犬とは機能的に相互補完関係にある。音声ナビと白杖歩行や盲導犬歩行との組み合わせがどの作用し、歩行訓練支援につながるようなデータが、音声ナビやその他の携帯・装着型装置から歩行中にどの程度得られるのかを把握するために、音声ナビ、心拍計、脳波計、測位センサを用いた歩行実験を実施した。本稿では、本歩行実験とその結果の解析状況について概略する。

キーワード 視覚障害者, O&M, 歩行者ナビ, 音声ナビ, 訓練支援, 白杖, 盲導犬, PDR

Roles of a Talking Navigation Aid in Walking with a Long Cane and Guide Dog - Towards Training Support of Orientation and Mobility -

Takeshi KURATA¹² Yoshikazu SEKI¹ Masakatsu KOUROGI¹ Jun ISHIKAWA³

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

²University of Tsukuba ³University of Shizuoka

E-mail: t.kurata@aist.go.jp

Abstract There is a functionally complementary relationship between a talking navigation aid and long cane or guide dog. In order not only to figure out how such combinations work but to investigate how much data for training support of orientation and mobility can be obtained from mobile/wearable devices including a talking navigation aid, we conducted an experiment on orientation and mobility using a talking navigation aid, heart rate monitor, simple EEG headset, and positioning sensors. This paper reports on the experiment and the intermediate results.

Keyword Visually impaired, O & M, Pedestrian navigation, Talking navigation aid, Training support, long cane, guide dog, PDR

1. はじめに

スマートフォンの普及により健常者の歩行者ナビアプリ利用が国内外で一般的になりつつあるが、視覚障害者に適したインタフェースが搭載されれば、その視覚障害者への普及も現実味を帯びる[1]。また、同行援護が施行され、ガイドヘルパによる視覚障害者の外出支援が促進される見込みである。このように、視覚障害者の外出歩行を取り巻く環境が大きく変化することが想定されるが、歩行訓練カリキュラムや訓練現場もこの変化に適応していく必要がある。

そのため、厚労省科研「白杖歩行・盲導犬歩行・同行援護歩行に対応したマルチモーダル情報処理技術に基づく訓練と評価の循環支援」プロジェクトでは、視覚障害者の多様な歩行形態に対応した歩行訓練をそのような変化への適応を含めて支援し、訓練効果の定量

評価、並びに訓練と評価との間での情報循環支援を実現することを目的として研究を進めている。本稿では、目的達成の第一ステップとして行った白杖歩行、盲導犬歩行の2つの歩行形態を対象とした視覚障害者向け歩行者ナビ（以下、「音声ナビ」と呼ぶ）を用いた歩行実験について報告する[2]。

2. 音声ナビと白杖歩行・盲導犬歩行

歩行は、オリエンテーション（定位）とモビリティ（移動）から成り立っており、O&Mと呼ばれている[3]。オリエンテーションには、地理的操作（ルート作成、行動計画）、環境（空間）認知という要素があり、モビリティには、路面状況や安全面の把握、身体制御、障害物回避等の要素がある。

音声ナビは、未知経路案内、方位・距離情報の提示、地図検索等の機能を備え、主にオリエンテーションに対して貢献する。白杖歩行の場合、白杖操作は、路面状況把握に有効であり、言うまでもなくモビリティに寄与しているため、オリエンテーションに寄与する音声ナビとは機能的に相互補完的な関係にある。一方、盲導犬は路面状況の把握だけではなく、交差点や建物の入口等の把握、既知経路誘導等の役割を担っている。オリエンテーションにもある程度の寄与をしつつ、やはりモビリティに対する寄与が大きい。未知の経路誘導という機能面も含め音声ナビと盲導犬も相互補完的な関係にある。

音声ナビと白杖歩行・盲導犬歩行の間にはこのような定性的な関係があるが、音声ナビを用いた白杖歩行や、音声ナビを用いた盲導犬歩行が、そもそものように行われるのか、訓練効果の定量評価や訓練と評価との間での情報循環支援につながるようなデータが、音声ナビやその他の携帯・装着型装置から歩行中にどの程度得られるのか、といったことは十分に把握されていない。そこで、筆者らは、音声ナビや心拍計、脳波計等を用いた歩行実験を白杖歩行、盲導犬歩行の2つの歩行形態に対して実施した。

3. 歩行実験

以下、実験装置、被験者、設定ルート、実験手順について紹介する。

装置：

音声ナビには、トーキング GPS 携帯端末トレッカーブリーズ（エクストラ社、Humanware 社）を用いた（図1）。産総研敷地内の地図情報が存在していなかったため、事前に手動でルート登録をした。実験中は、そのルート情報に用いたルートガイダンス機能により、次の案内までの距離と方位（絶対方位：東西南北、相対方位：何時の方向）、ルートに沿っているか外れているか、ランドマークや目的地情報等についての音声案内を被験者に提供した。

また、被験者は、音声ナビの他に、GPS による絶対測位、PDR（歩行者デッドレコニング）[4]による相対測位、心拍、脳波の各データを得るために、下記の装置を携帯・装着した。

(1) 脳波計：B-Bridge 社製 B3 Band（頭部に装着。データロガーとして Android タブレットをバックパックで携帯）

(2) 心拍計、GPS：POLAR 社製 RS800CX N GPS（心拍



図1：トーキング GPS 携帯端末トレッカーブリーズ



図2：白杖歩行での実験の様子

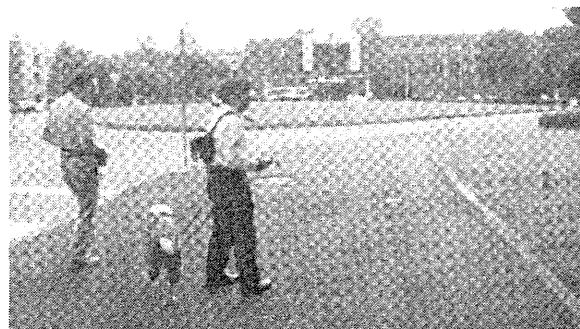


図3：盲導犬歩行での実験の様子

計測トランスミッターを胸部に装着。GPS トランスミッターをバックパックで携帯。心拍及び GPS データのレシーバ兼ロガーを腕に装着）

(3) PDR：SAMSUNG 社製 GALAXY S II（腰部に装着。加速度、ジャイロ、磁気センサを用いた PDR により相対測位）

被験者：

視覚障害者 6 名

全盲 5 名、重度の弱視 1 名

白杖歩行 4 名、盲導犬歩行 2 名（図2、3）

設定ルート：

同じ被験者が複数回試行をする際にルートを覚えてしまわないように複数のルートを用意した。また、運動負荷をそろえるために各ルートの距離は約210~250mに設定された。

手順：

まず、実験の趣旨や装着・携帯する装置類について説明し、被験者から同意を得る。次に、音声ナビの操作方法の説明と練習、及び、装置類の装着等の実験準備を行う。その後、以下から成る「試行」を一被験者あたり、2、もしくは3回繰り返す。

- (1) 触地図による設定ルートの事前把握（被験者の質問に対しての口頭での補足あり）（図4）
- (2) 音声ナビを用いた白杖歩行、もしくは音声ナビを用いた盲導犬歩行
- (3) インタビュー

なお、主に心拍の参考値を得る為、最後の試行では、設定ルートを歩行した後、少し休憩し、同じルートの復路（逆ルート）を手引きにより歩行してから、インタビューを受ける。

被験者の行動、発話、ナビの音声案内を書き起こし、それらに基づいて主観的に被験者の時間ごとの状況をラベル付した。ラベルとしては、歩行（自信有）、歩行（自信無）、状況確認、スタッフによる安全確保情報提供、スタッフによる路面状況提供を用いた。

4. 実験結果

4.1. 歩行の評価指標に関する結果

上記に述べた実験条件で得られた実験結果のうち、まず、歩行の評価指標に関する結果を以下に示す。

正確性について：

歩行（自信有）、歩行（自信無）の各状態で、ルート追従に失敗していた時間割合を確認した。その結果、歩行（自信有）で0%、歩行（自信無）で29%であった。

安全性について：

不規則動作（急な歩行速度や進行方向の変更）回数を確認した。その結果、

- (1) 音声案内直後の不規則動作頻度 2.8回/分

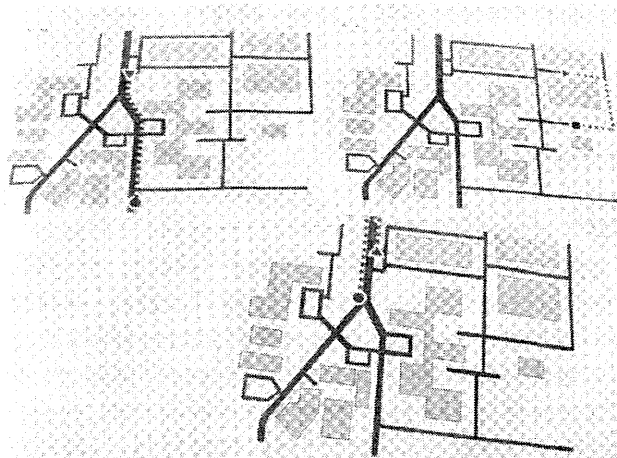


図4：歩行前に設定された歩行ルートを把握するために用いた触地図（建物[多角形]，道路[実線]，設定ルート[点線]，始点[三角印]，終点[丸印]）

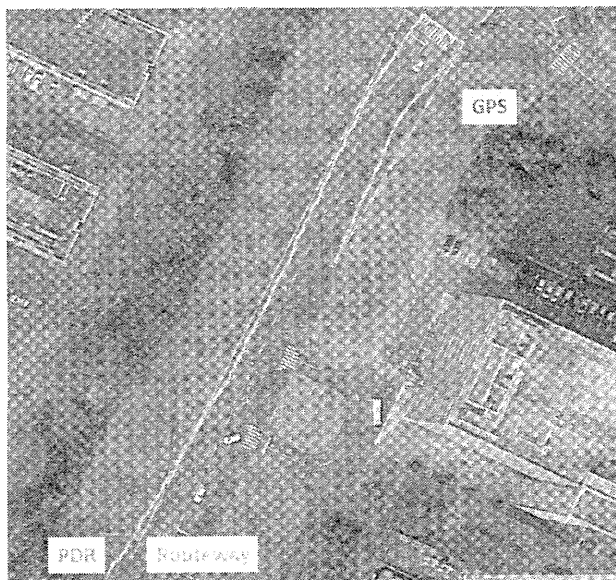


図5：設定ルート（黄緑）、GPSで計測した歩行軌跡（赤）、PDRで計測した歩行軌跡（紫）

- (2) 他の状況での不規則動作頻度 0.6回/分

となった。なお、歩行中の4割程度の時間において、何等かの音声案内がなされている。

能率性について：

平均時速を、使用ルート、試行回数が同条件だった白杖歩行の2名と盲導犬歩行の2名とでそれぞれ算出したところ、

- (1) 白杖歩行の2名 約3km/h

(2) 盲導犬歩行の2名 約4km/h

であった。これは途中で足を止めて進行方向を確認するなどの状況も含んだものであり、どちらもある程度能率的であったといえる。

不安・ストレス：

脳波については、歩行（自信有）と歩行（自信無）の両方の状態が存在している11試行について、集中指標（集中度の平均値）に関しては、歩行（自信有）よりも歩行（自信無）の方が高く（11試行、100%）、リラックス指標（リラックス度の平均値）に関しては、歩行（自信無）よりも歩行（自信有）の方が高い（9試行、82%）という結果が得られた。

なお、心拍については、SPR (Stress Pulse Ratio)[5]を含め、特徴的な結果は今のところ得られていない。後日実施した被験者1名での追実験でも、脳波、心拍の傾向は同様であった。

4.2. 測位精度評価

図5は、実際の歩行が設定ルートに沿っていたある試行におけるGPS及びPDRによる歩行軌跡の計測結果である。この場合、明らかにPDRで得られた軌跡の方が、GPSから得られた軌跡よりも設定ルートに近いことがわかる。これは他のデータでも概ね似た傾向の結果となった。ただし、PDRの場合、初期位置・方位、個人個人の歩行パラメータを与える必要がある。

本実験で得られた各軌跡を用いてPDRの性能を評価したところ、測位誤差は約3~4m、歩行速度の誤差は20%程度であった。

4.3. インタビューの要約

各歩行後のインタビュー、及び後日の意見交換会等で得られたコメントの要約を以下に示す。

実験全般：

- ・スタートでスタッフが体の向きを進行方向に向けてくれた。スタートの向きが得られるということはとても重要なので、この設定がよかったかどうか。
- ・モビリティが保証されているので不安はない。

音声ナビ：

- ・スタートがルート上ではないという音声案内。しばらく歩くとOKだった。
- ・スタートで音声案内による方位が逆だった。途中の音声案内による方位も感覚と違う場合があった。
- ・音声案内では道の右側・左側の区別がない。
- ・横断歩道、ポール、段差等のランドマークの案内は

有効。多すぎると混乱。

- ・目的地（周辺）に着いたことを知ることができる。
- ・まっすぐでいいのに、11時という方向に向かってくださいなどと言われる。
- ・顔の高さの障害物を言ってほしい。
- ・距離情報しか使わなかった
- ・音声ナビをあまり信用しない。
- ・自分と音声案内のどちらを信じる？
- ・音声ナビの癖（GPSの特性、ルート案内のタイミング等）を知っているかどうかで、使い方が変わる。

音声ナビと白杖歩行：

- ・突き当たってよいかどうかかわかるとよい。
- ・Y字路や直角でないところ（道なり）で迷った。
- ・音声案内を聞きながら歩くというのは案外難しい。
- ・周囲の音が聞きづらくなる。不得意。ダブルタスク。
- ・音声案内を聞くストレスがあった。聞いた分のベネフィットが得られると思えるかがポイント。

音声ナビと盲導犬歩行：

- ・盲導犬だと速く歩けるからランドマークをもっと手前で言ってほしい。
- ・交差点は気にするがカーブ（道なり）は気にしない。
- ・触地図、音声ナビ、盲導犬のすり合わせが必要

触地図：

- ・事前把握で用いた触地図が強力に作用した。その分、記憶に頼り、音声ナビにあまり頼らない場面もあった。
- ・触地図による記憶が間違っていたこともあった。
- ・触地図は苦手（触覚的な面、方位の把握に関して）。
- ・触地図の縮尺と実尺の対応は取りづらい。

5. 考察

ここでは、音声ナビと白杖操作もしくは盲導犬とのO&Mに関する相互補完関係、正確性、不安・ストレス・心拍、脳波計装着、歩行評価指標、訓練生へのフィードバックに関する考察を述べる。

相互補完関係：

まず、相互補完関係についてであるが、上述のインタビューからは、白杖歩行の場合のモビリティ確保の負荷や環境・反射音の寄与が盲導犬のそれらよりも高いため、音声ナビ使用の認知的負荷も高いことが確認された。一方、盲導犬歩行の方がモビリティのための認知的負荷が相対的に低く、音声ナビを扱うための認知心理的余裕が大きいと考えられる。

また、音声案内直後の不規則動作の頻度の多さから、

表 1 : 音声ナビと白杖, 盲導犬との関係 (O&M, 音声ナビ利用の認知的負荷)

	オリエンテーション 支援	モビリティ 支援	音声ナビ利用の 認知的負荷の 許容度
音声ナビ	高い	低い (負の寄与あり)	
白杖	N/A	高い	比較的低い
盲導犬	低い	高い	比較的高い

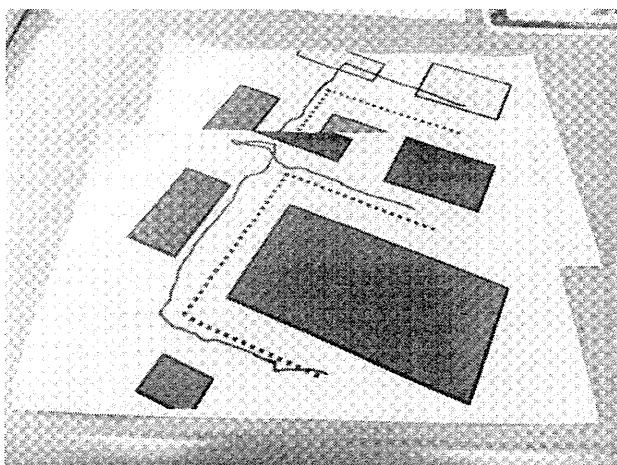


図 6 : 歩行訓練結果の訓練生へのフィードバック手段として検討中の触軌跡 (建物, 設定されたルート, PDR で計測した歩行軌跡を提示)

音声ナビがモビリティの正確性 (局所) に負の寄与をしたことが示された。これらの考察をまとめたものを表 1 に示す。

なお, 今回, 不規則動作は目視で確認したが, 今後は PDR で自動計測する計画である。

正確性と測位 :

今回のように比較的短距離の場合, 触地図や補足説明による設定ルートの事前把握のみでも, 歩行中に設定ルートを記憶し続けることが比較的容易であった。そのため, より長距離で複雑なルートでの歩行訓練を設定することにより, 音声ナビや触地図の効果と限界について明確にしていく必要がある。

また, GPS よりも PDR の方が, 測位誤差が小さいというだけではなく, 得られた軌跡を用いて歩行偏軌 (Veering) の評価をしやすいうことが, 軌跡を可視化することにより確認された。ただし, PDR での計測では誤差の蓄積を避けることができないため, 長距

離では PDR と GPS 等と連携が必要となる。

不安・ストレス・心拍 :

被験者の歩行状況, ルート追従の正しさ, 脳波からは, 自信を持って歩行している時はよりリラックスし, 自信なく歩行しているときは実際にルートから外れている場合も多く, 正しいルートに戻るためにより集中していたと解釈できる (ただし, サンプル数が十分ではなく, 検定も行っていない)。

心拍から特徴的な結果が得られなかった点については, 実験では倫理上, 安全性を確保する必要があることが, その理由の一つとしてあげられる。そのため, バーチャルリアリティ技術によって現実に近い状況を再現できるような訓練環境を構築し, 仮想的に安全とは言えない状況を再現して訓練することが必要かもしれない。

また, 歩行が順調に行われている時は歩行速度が高めであり, それが運動負荷の増加につながり, ストレスが少ない状況にも関わらず心拍を上昇させた可能性がある。そのため, 歩行速度や高低差等の情報を用いて運動負荷を割り出し, それに基づいて心拍を正規化した上で SPR を算出することを検討してもよいかもしれない。

脳波計装着 :

頭部への脳波計装着は, 現状では被験者 (訓練生) の外観への影響があるため, より自然なデザインにする, 心拍や PDR 等の他の手段で心理状態を推定するなどの検討が必要である。

歩行評価指標 :

歩行の評価指標の設計に関しては, 以下のようなものを検討しているが, (5)以外は本実験で得られた知見に基づいて歩行時データから概ね定量化できる見通しである。

- (1a) 正確性 (局所) : 歩行の偏軌量を計測
- (1b) 正確性 (大局) : 道順がルート通りかを計測
- (2) 安全性 : 不規則動作の頻度計測 (特に音声案内直後)
- (3a) 能率性 (局所) : 歩幅や歩行速度
- (3b) 能率性 (大局) : 設定ルート所要時間
- (4) 不安 : リラックス度やストレスを計測
- (5) 地理リテラシー : 街と街の位置関係, 主要道路についての理解, 主要施設の場所や位置関係などに関する問題を出題するなどして指標化

触軌跡：

各被験者には、実験から数週間経った後に図6に示すような触地図（以下、触軌跡と呼ぶ）を提示した。すでに述べたように、歩行速度やルート追従の正確さなどを数値で伝えることは可能であるが、ミクロに結果を確認することは難しい。インタビューの結果、触軌跡によって、どこでどの程度歩行の偏軌が起こったのかを直感的に知ることができるという意見が得られたため、今後、歩行訓練結果の訓練生へのフィードバック手段として検討することとする。

6. おわりに

本実験により、音声ナビと白杖歩行・盲導犬歩行との組み合わせについての理解が深まり、携帯・装着型装置で得られたデータから歩行状況の定量評価につながる指標がある程度得られることがわかった。

今後は、歩行状況履歴を記録する機能を有する音声ナビをスマートフォンベースで開発し、触地図、触軌跡も活用しながら、歩行に関する評価指標を継続的に訓練士や訓練生に提供できる仕組みについて検討を進めたい。

謝 辞

本研究は、厚生労働省の支援を受けて行われた。また、実験への協力をいただいた被験者各位、及び関係各位に感謝の意を表す。

文 献

- [1] T. Kurata, M. Kouroggi, T. Ishikawa, Y. Kameda, K. Aoki, and J. Ishikawa, "Indoor-Outdoor Navigation System for Visually-Impaired Pedestrians: Preliminary Evaluation of Position Measurement and Obstacle Display", In Proc. ISWC2011, pp.123-124, 2011.
- [2] 蔵田武志, 関喜一, 興梠正克, 石川准, “音声ナビを用いた白杖歩行・盲導犬歩行の訓練支援に向けて”, 第38回(2012年)感覚代行シンポジウム講演論文集, pp.1-4, 2012.
- [3] 芝田裕一, “視覚障害児・者の理解と支援”, 北大路書房, 2007.
- [4] M. Kouroggi and T. Kurata, “Personal Positioning Based on Waling Locomotion Analysis with Self-Contained Sensors and a Wearable Camera”, ISMAR2003, pp. 103-112, 2003.
- [5] Yoshikazu Seki, Yukio Iwaya, Takeru Chiba, Satoshi Yairi, Makoto Otani, Makoto Oh-uchi, “Auditory Orientation Training System for the Blind by using PC-Based Wide-Range 3-D Sound Technology”, Proc. International Workshop on the Principles and Applications of Spatial Hearing (IWPASH), 2009.

