

厚生労働科学研究費補助金

障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野）

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

平成26年度 総括研究報告書

研究代表者 蔵田 武志

平成 27（2015）年 5 月

目次

I. 厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野）） 総括研究報告書.....	2
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.....	2
研究代表者 蔵田 武志 産業技術総合研究所 研究チーム長	
II. 厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野）） 分担研究報告書.....	13
1. 音声ガイドの設計と実装.....	13
研究分担者 石川 准 静岡県立大学 教授 研究代表者 蔵田 武志 産業技術総合研究所 研究チーム長	
2. 歩行評価指標の自動抽出.....	19
研究分担者 関 喜一 産業技術総合研究所 主任研究員 研究分担者 興梠 正克 産業技術総合研究所 主任研究員	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表.....	23
IV. 研究成果の刊行物・別刷.....	24

Ⅰ. 厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野））

総括研究報告書

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

研究代表者 蔵田 武志 産業技術総合研究所 研究チーム長

研究要旨

健常者の歩行者ナビ利用が一般的になり、その視覚障害者への普及も現実味を帯びている。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。また、定量的な歩行評価指標の設計やその継続的な獲得、歩行結果の適切なフィードバック方法が不十分であるため、歩行スキルに応じた歩行者ナビからの情報提供や訓練カリキュラム提供には限界がある。さらに、訓練士自身の訓練スキル評価を客観的に行うことも難しい。これらの課題は決して独立ではないため、戦略的な取り組みにより複数の課題解決に同時に寄与することができる。

本研究では、歩行者ナビシステムを用いた歩行評価指標獲得やフィードバック方法の開発、さらにその歩行訓練への適用に関して、白杖歩行・盲導犬歩行を対象とした実証的取り組みを進める。

まず、歩行履歴記録、音声ガイド、振動による視覚障害者向けインタフェースと屋内外測位を特徴とする歩行者ナビシステムを開発し、実験時の生体センシング結果も併用しながら定量評価指標を設計する。当該システムや評価指標の訓練への導入を訓練現場起点で検討する。歩行者ナビの訓練への導入は、視覚障害者への歩行者ナビ普及に対して訓練現場が迅速に対応できるようにする、という点で意義深いものである。システムの訓練への導入は、システム利用履歴が自然と活用可能になるという別の利点ももたらす。そこで、その履歴に基づいた訓練の進捗や効果に関する定量評価の設計と、歩行結果のフィードバック方法の開発を行う。さらに、技術、評価指標、歩行結果のフィードバック方法の検証とそれらの改良をモニタ実験や訓練現場との連携を通じて推し進める。

これらの取り組みは、訓練の効率向上、訓練効果の指標化によるモチベーション向上、歩行スキルごとに効果的なカリキュラム策定等に寄与することが期待できる。長期的視野では、視覚障害者の自立と社会参加の促進、訓練の客観評価に基づく訓練士の地位向上にも貢献可能であると考えられる。

研究分担者

関 喜一・産業技術総合研究所・主任研究員
興梠正克・産業技術総合研究所・主任研究員
石川 准・静岡県立大学・教授

A. 研究目的

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。そのため、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、無論、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。

このような背景を踏まえ、本研究では、視覚障害者の多様な歩行形態に対応したナビシステムの開発、それによる歩行評価とその歩行訓練への活用、さらには、訓練と評価との間の情報循環支援の将来的な実現への寄与をその目的とする。図 1 は本課題の進め方を示した流れ図である。

H24 年度の FS においては、視覚障害者向け歩行者ナビ（以下、「音声ナビ」と呼ぶ）には専用機を用い、歩行状況の計測やその履歴記録の

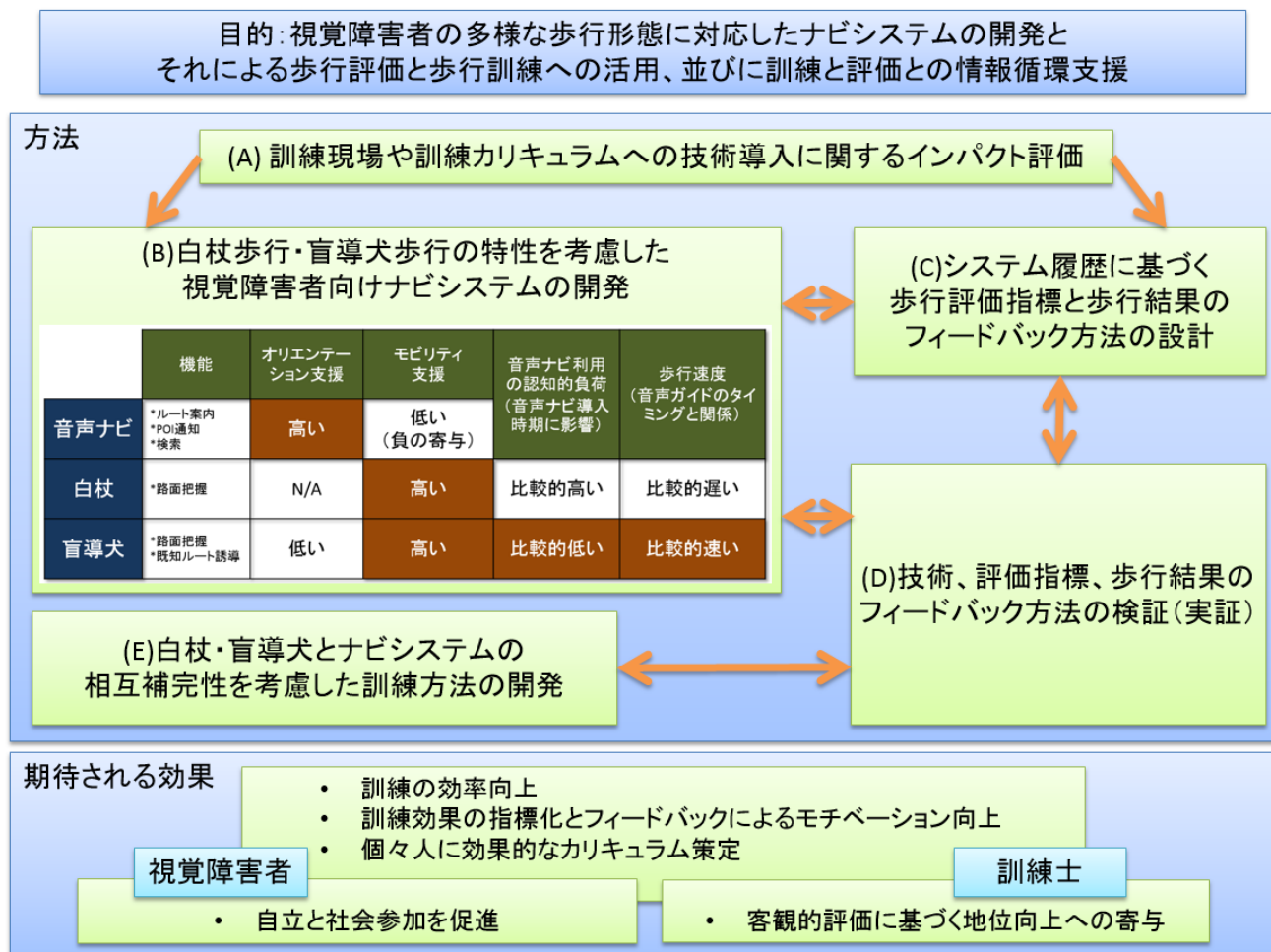


図 1：本課題の流れ図

ためにも別途複数の機材を装着・携帯する必要があった。脳波や心拍の計測には電極の装着が必須であるが、歩行中の動きの計測や測位、音声ガイド自体の履歴記録等については、スマートフォンに集約することが技術的には可能である。そこで H25 年度は、集約可能な機能を有する既製品（Android 端末）ベースの音声ナビを開発し、PDR(Pedestrian Dead Reckoning)と衛星測位の統合測位エンジンも実装した。音声ガイドは、最低限伝えるべき情報を、分岐での進路及び分岐の形状として設計、実装した。また、音声ナビ利用者（主に訓練生を想定）が歩行ルートを事前に把握すると共に、歩行履歴を振り返って偏軌やルートからの逸脱等を確認するための触地図、触軌跡の作成システムを開発した。触軌跡設計に、JIS S 0052 を取り入れた。なお、各システム開発には、ソフトウェア配布や普及促進を考慮し、可能な限り FOSS4G(Free Open Source Software for Geospatial)を活用し、また、

触地図は OpenStreetMap(OSM)に基づいて記述した。加えて、歩行中の突発的歩行動作（旧不規則動作）と音声ガイドの関係についての分析等を含む歩行評価指標設計やその計測に向けた取り組みを進めた。

H26 年度は、まず、音声ガイドの構造や構成、提供タイミングの検討を国際動向や実証に基づいて進めた。POR(Point Of Reference)を含む音声ガイドの構造や構成の詳細については分担研究報告書「1. 音声ガイドの設計と実装」で述べる。次に、安全性指標の定量化のために音声ガイド中の突発的歩行動作の自動抽出を進めた。詳細は分担研究報告書「2. 歩行評価指標の自動抽出」で述べる。

また、H26 年度は、音声ナビ利用者への即時性の高いフィードバックを可能とするために、H25 年度に開発した触軌跡作成システムの自動化を進めた。音声ナビの統合測位エンジンについては、屋内外シームレス測位を実現するため

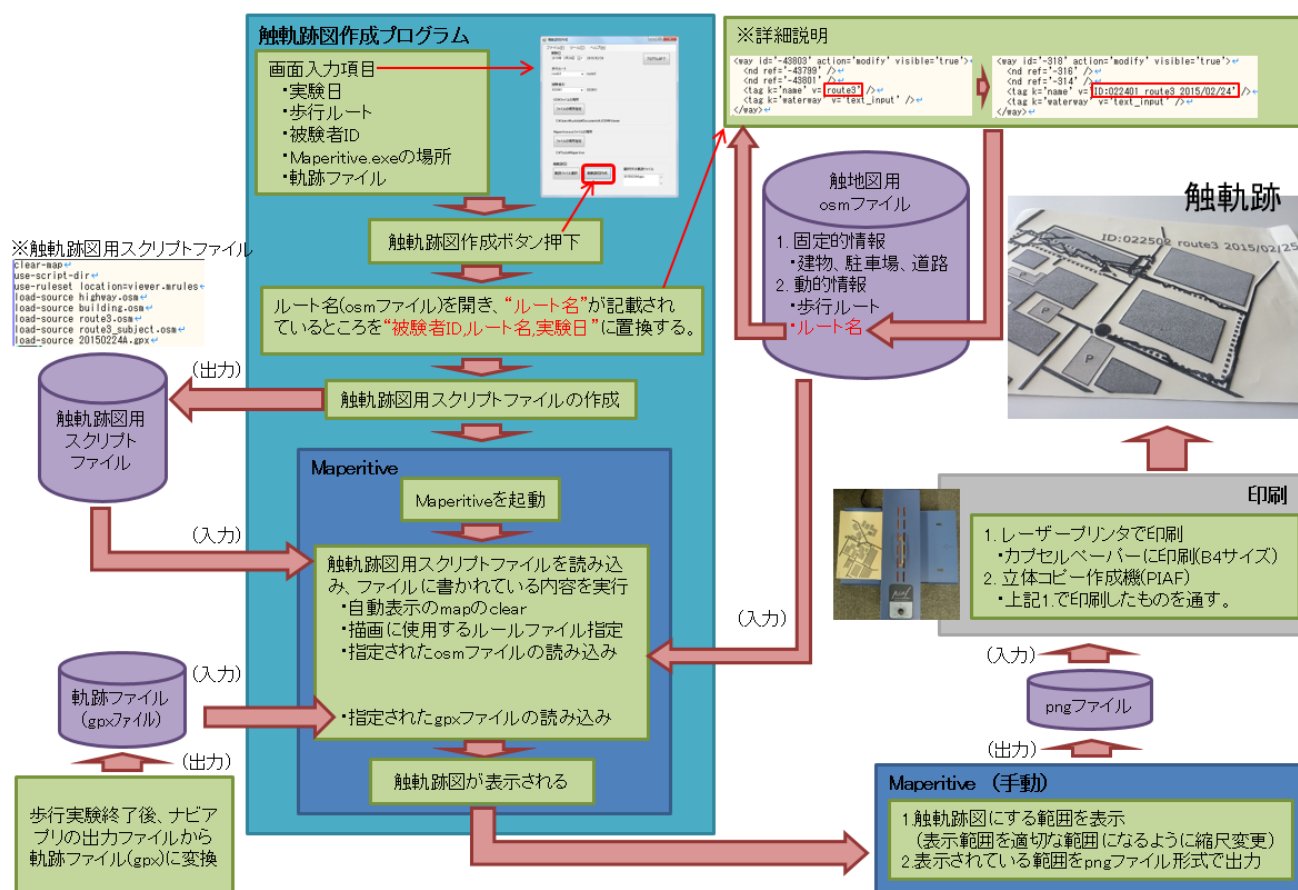


図2：触軌跡作成システム

の BLE(Bluetooth Low Energy)によるアンカーポイント測位と、POR 確認による手動位置補正を含めた統合測位エンジンの開発を行った。さらに、本研究での各提案や開発システムの有効性や今後の課題を明らかにするため、被験者実験を実施し、インタビュー等を通じて議論を深めた。「B. 研究方法」以降では、触軌跡作成システムの自動化、音声ナビの実装、被験者実験のそれぞれについて述べる。

なお、本研究遂行のための会議及び実験等の日程は以下の通りであった。

全体会議

4月11日、6月2日、10月22日、11月21日、1月15日

開発打ち合わせ

7月3日、9月24日

被験者実験

2月24～25日

B. 研究方法

触軌跡作成システムの自動化

音声ナビ利用者（主に訓練生を想定）が歩行ルートを事前に把握すると共に、歩行履歴を振り返って偏軌やルートからの逸脱等を確認するための触地図、触軌跡の作成システムの開発をH25年度から進めている。触地図、軌跡設計にはJIS S 0052を取り入れた。なお、本システムならびに後述の音声ナビ開発には、ソフトウェア配布や普及促進を考慮し、可能な限りFOSS4G(Free Open Source Software for Geospatial)を活用し、また、触地図はOpenStreetMap(OSM)に基づいて記述した。

ただし、音声ナビ利用者への即時性の高いフィードバックを可能とするために、H26年度は触軌跡作成システムの自動化を進めた。図2は本システムの処理の流れを示したものである。

(0) OSMのエディタであるJOSM(Java OpenStreetMap Editor)により、衛星写真をトレースして触地図用の建物や道路等のOSMデータを作成し、(1)そのOSMデータや、測位データに基づく印刷用ビットマップの描画に

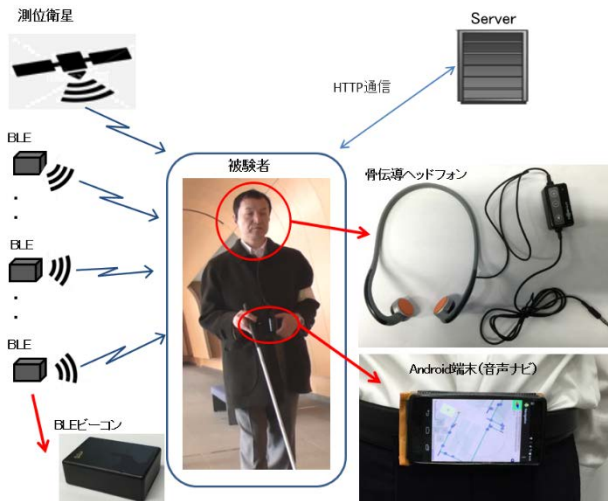


図 3：音声ナビのハードウェア構成

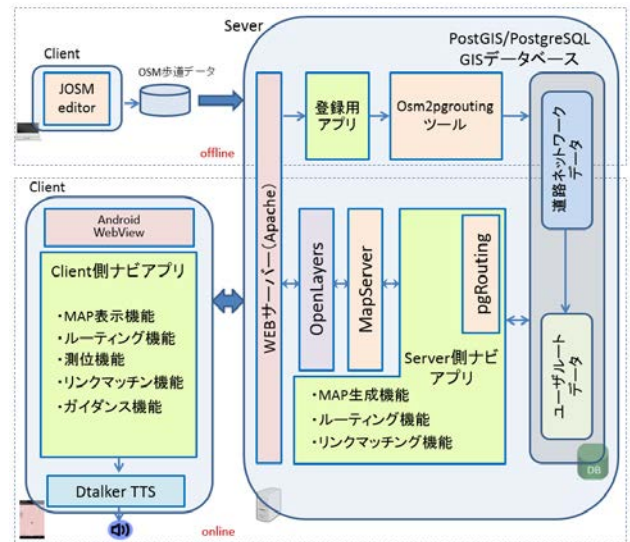


図 5：音声ナビソフトウェアコンポーネント構成

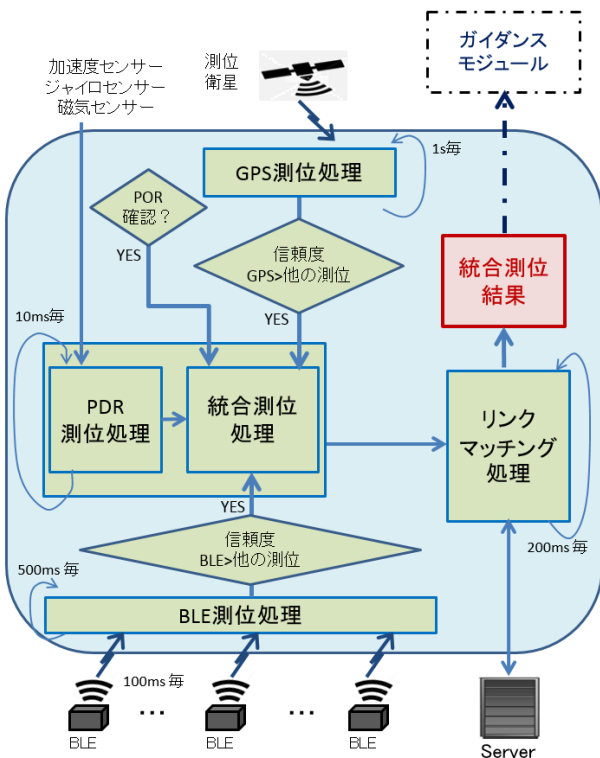


図 4：統合測位エンジンの概略

Maperitive を用いる、(2) 得られたビットマップを、発泡剤が塗られたカプセルペーパーに通常のプリンタで印刷し（カーボンを付与し）、アメディア社製立体コピー作成機ピアフ(PIAF)

により加熱することで凹凸を付ける、といった処理や手続きの流れ自体はH25年度と同様である。

H26 年度は、歩行前に作業可能な（0）を除く（1）（2）に含まれる手続きの多くを自動化することにより、歩行後に迅速に触軌跡を準備することを可能にする。本システムは実際に被験者実験で用いられた。

音声ナビの実装

音声ナビのハードウェア構成を図 3 に示す。音声ガイドがエロケーションや安全確認の妨げになることがあまりないようにするために、音声伝達には耳をふさがない骨伝導ヘッドフォンを採用した。

H25 年度に開発した Android 端末ベースの音声ナビシステムには、歩行中の動きの計測と測位、音声ガイドといった各機能と、それらの履歴記録機能を実装した。履歴記録機能を備えたことで、歩行訓練支援に活用可能なシステムとなった。屋内外シームレス測位をするための BLE によるアンカーポイント測位と、POR 確認による手動位置補正、さらに設定ルートへのリンクマッチング処理を含めた統合測位エンジン（図 4）の開発を行った。



図 7：設定ルート

サーバ側及びクライアント（Android 端末）側のソフトウェアコンポーネントの構成を図 5 に示す。この図に示すように FOSS4G と OSM をなるべく活用した構成となるように努めた。PostgreSQL を PostGIS により GIS 拡張したデータベースがサーバ側に構築され、OSM で記述されたルート情報は osm2pgRouting により変換されて、この PostGIS/PostgreSQL に蓄積される。ルート探索エンジンである pgRouting を Android 端末から呼び出すことによって、スタート地点もしくは現在位置から目的地までのルート探索を行うことができる。WebGIS エンジンである MapServer と、Javascript で作成された地図表示用ライブラリである OpenLayers に基づく地図表示プログラムにより、地図の各レイヤのタイル画像生成や複数レイヤの重畳、タイル画像の連結等を行い、地図表示を実現する。

Android 標準 TTS (TextToSpeech) 用日本語音声合成エンジンとしては、クリエートシステム開発社製のドキュメントトーカ for Android を用いる。音声ガイドプログラムは、pgRouting から得られるルート探索結果や、リンクマッチングを含む統合測位エンジン(図4)

の情報からガイダンスモジュールが最新の音声ガイドもしくは POR 確認の内容を作成し、TTS を制御することで、音声ガイドを実現する。音声による情報提供のタイミングは白杖歩行と盲導犬歩行の特性の違いの 1 つである歩行速度に応じて設定できるようにした。

触軌跡作成システム同様、本システムも実際に被験者実験で用いられた。

被験者実験

本研究での各提案や開発システムの有効性や今後の課題を明らかにするため、被験者実験を実施した。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：

実験に使用した Android 端末（スマートフォン）は、LG エレクトロニクス社製 Nexus 5 であった。アンカーポイント測位のための BLE タグには、Aplix 社製 MyBeacon シリーズ MB004（汎用型）を用い、後述の設定ルート上の主に屋内エリアに計 22 個を配置した。

骨伝導ヘッドフォンには、AfterShokz 社製 AS300 を用いた。図 3 に示した通り、Android



図 8：実験で登録した POR

端末はベルトに固定して腰部に装着し、骨伝導ヘッドフォンとはイヤフォンジャック経由で有線接続した。

被験者：

H24 年度の実験の被験者全員の協力を再び得られた。内訳は下記の通りである。

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

設定ルート：

屋外と屋内の両方を含むようなルートを設定した（図 6）。H24 年度の実験では 200m 程度のルートを設定したため、上記手順（3）の事前把握の時点で記憶しやすく音声ナビへの依存度が低くなる可能性があるという懸念が生じた。そのため、H26 年度の実験では、歩行距離を約 800m に設定した。ルート上に 17 ヶ所の POR を登録した。POR の内容については、分担研究報告書「1. 音声ガイドの設計と実装」にも記載しているが、具体的には図 7 の各写真に示すような対象を POR とした。POR の各番号は図 6 のルート図内の番号と対応している。

手順：

- （1）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。
- （2）音声ナビの操作方法（分担研究報告書「1. 音声ガイドの設計と実装」に記載）の説明及び、装置類の装着等の実験準備を行う。
- （3）触地図（図 9）による設定ルートの事前把握をする（被験者の質問に対しての口頭での補足あり）。
- （4）屋内の廊下での直線ルート約 30m を 4 回それぞれ異なる歩行速度で歩行し、PDR の個人パラメータを調整する。
- （5）設定ルートでの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を行う（つまり、実験の試行は 1 回）。
- （6）触軌跡を提示しながらインタビューを行う。

（倫理面への配慮）

被験者実験を行うために、臨床研究に関する倫理指針に準ずる倫理審査の申請（産業技術総合研究所の人間工学実験計画申請）を行い承認を受けた。実際の被験者実験においては、それらの申請内容に沿って、倫理面等に関するすべての事項を厳格に遵守した。

C. 研究結果

まず、歩行速度を推定するために用いられる PDR の個人パラメータを手順（4）によって決定した。白杖歩行なら分岐等のガイド対象の位置の 5m 手前、盲導犬歩行なら 6m 手前となるタイミングでガイド情報を音声提供するように設定した。なお、POR 確認の音声提示のタイミングは、POR の内容に応じて、POR の位置の 1~3m 手前とした。

各被験者の試行時間は、平均 35 分 46 秒、標準偏差は 3 分 53 秒であった。なお、スケジュールの都合により 1 名はゴールに到着する前（開始から約 22 分経過の後）に試行を強制終了したため、5 名分の結果から計算した。

自動化を進めた触軌跡の作成システムを用いることにより、試行終了後直後のインタビュー時には実際に触軌跡を被験者に提示しながら、意見交換を行うことができた。実際に利用した触軌跡の例を図 10 に、触軌跡に触れながらインタビューを進めている様子を図 11 に示す。

インタビュー結果の要約を以下に示す。

（Android 端末ベースの音声ナビシステム）

・H24 年度の専用機器と比較して、今回の方が、使用感がよく、ハンズフリーで歩けるのもよかった。

・1 本指タップによるリピートガイドは便利だった。

・日常、Google Maps&BT 片耳ヘッドフォンという構成でスマホを使っているが、その場合は 50m 前での音声提示しかない（ので、今回の方がよい）。

（骨伝導ヘッドフォン）

・十分な音質で聞き取りできる。

・通常のヘッドフォンやスマホのスピーカーと比べるとよいが、日常生活では買わないかも。

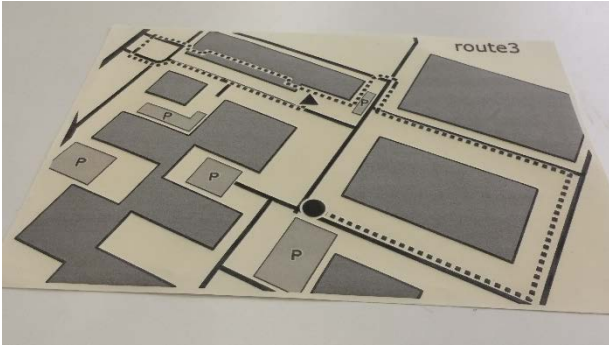


図 9：ルート事前把握のための触地図

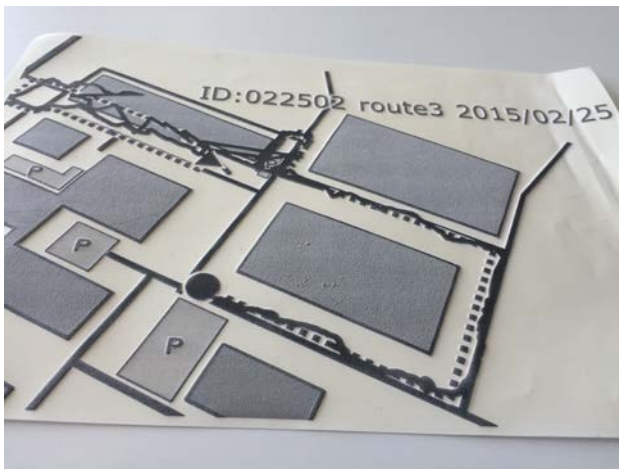


図 10：インタビューで用いた触軌跡

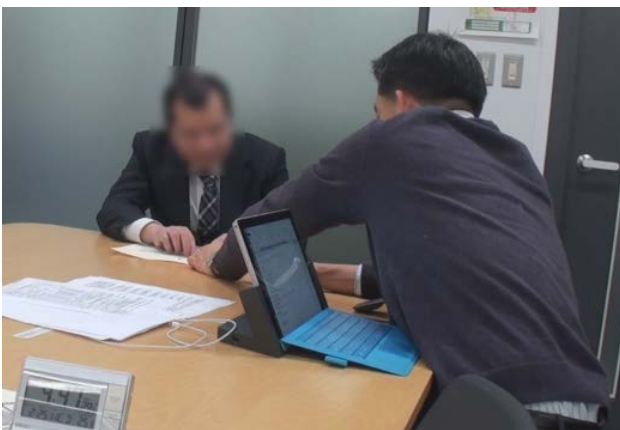


図 11：触軌跡に触れながらのインタビュー
(左：被験者、右：インタビュアー)

- ・悪くなかった。無難。
- ・周りの音がよく聞こえるので安全。
- ・合成音声を聞くときは立ち止まって聞くようにした。歩きながら環境音と音声ガイドの両方

聞くというのは苦手。

- ・片耳イヤホンでスマホナビしていることもあるが、骨伝導の方が安全のように思う。
- ・ワイヤレスになるともっと良い。

(屋内外シームレスナビ)

- ・共通のプラットフォームはよいし、期待。
- ・屋内もできるのはよいと思った。
- ・大枠は合っていると思ったので、わざと左に行った。ソファの **POR** が出たので自信が出た。
- ・シームレスなナビはよいが、方位が信用できなかった。ルートマッチングが硬すぎる。
- ・屋内から外にどう出るのがよくわからなかった。
- ・向きがおかしいように思った。
- ・屋外と屋内で誤り方の傾向が違っていているように思った。誤差の振る舞いを想定できないと対応しづらい。ガイダンスは誤るし、誤差もあるものである。そのような振る舞いの当たりが付くと使いやすい。

(音声ガイド、**POR** 確認のタイミング)

- ・タイミングはよかった。
- ・普通でした。
- ・遅いと思った。過ぎてから言っているようでした。
- ・遅めだった。誤差から来ている可能性が高い。
- ・最初の点字ブロック&上りは遅かった。
- ・個人差がある。現在位置等に自信がないと歩行速度が遅くなる。
- ・愛知万博では、3～5 m前で一度案内して、直前でもう一度案内というデザインの指針がでていた。
- ・音声が長いと、聞いている間に通り過ぎてしまう。そのため止まって聞くことにした。
- ・「まもなく」が具体的によくわからなかった。

(音声ガイド)

- ・ルートに乗った時の方位が良い情報なのかがよくわからなかった。
- ・ルートを外れたときは、絶対方位しか言わなかった。
- ・現在の自分の向きを1本指タップで教えてくれるだけでも違う。
- ・常にいろいろな情報を出すとうるさいし、情

報が埋もれてしまうので、1本タップのときだけ詳細説明してもらってもよい。

- ・ルートから外れた後、いろいろ焦ってなんとかルートに戻ったと音声ガイドが言ったとしても、気持ち的にはルート上に戻れていない感じになる。一旦途切れると、そこから先のルートの概形を頭の中で描けなくなってしまう。そのため、ルートに戻ったら、その先のルーティングの概略をまとめて一旦伝えてもらって、もう一度ルートを頭の中で構築できるとよい。
- ・歩道っぽくない場所などの難易度の高いところはPORを1つ1つ確認していくような形でのガイドも必要かもしれない。
- ・東西南北をあまり考えていなかったのも、相対方位の提示がもっと必要だった。
- ・歩道の幅を言ってほしい。

(POR 確認)

- ・「言葉の道」での「補足情報」に相当。役立つ。
- ・POR そのものはあった方がよい。
- ・POR を見つける行為自体楽しい。
- ・一旦ルートを把握しそこなうと、自信がなくなる。POR 確認などによって物理的にルートに戻ったという自信につながる。
- ・POR 確認は安心感につながる。ナビの誤差が小さいという安心感。
- ・POR がわかった(2本タップした)時、情報としてはありだと思った。
- ・2本指タップで確認したことを知らせるという考え方についてはニュートラル。
- ・わかったけど、タップはしなかった。
- ・アーケード入り口や自動ドアはわかった。
- ・緩やかな上り、下りよりは歩道が切れているとあってはしかった。外と内で傾斜が違う。
- ・消火栓のイメージは人によって違うはずなので、どうやって見つければよいかは明確ではない。
- ・友人と話していた時に、白杖歩行の訓練は受けたが、周囲の状況把握をするということとは必ずしも同じではなく、そういった訓練はちゃんと受けていないという議論をした。単に壁を伝って歩くというようなことは別のスキルも本当は必要はらずで、POR 確認はそういったところを思い出させてくれた。

(触軌跡)

- ・触軌跡は必須。効果的。
- ・触軌跡は面白い。触軌跡を触りながらの議論は効果的。
- ・1回なら別にいらないけど、何回もやるなら、比べる材料とか、反省材料になるのでよい。
- ・地図が得意ではないので、あれば触るけどくらい。前は斜めの道があったが、今回は90度が基本だったので、前は地図を回したが今回は回さなかった。
- ・情報が多いと区別がつかない。
- ・大きさ、解像度が足りない。つぶれている。

(盲導犬歩行)

- ・左右を調べないといけないう POR は使わなかった。足元情報が有効。段差は役に立つ。
- ・アイメイト協会で訓練された盲導犬は左寄りに移動するので、広い建物内ロビーの右寄りを歩くように音声ガイドで言っていたが、それには厳密には従わず、左寄りを歩行した。

D. 考察

本研究成果の歩行訓練への活用に向けた考察を進めるため、国立障害者リハビリテーションセンター学院視覚障害学科を訪問し、小林章主任教官、野口忠則教官に研究や実験内容の報告をした後、意見交換を行った。それを踏まえた開発システムや実験に関する考察を以下に述べる。

もっとも多くの議論がなされたのは POR についてであった。インタビュー結果の要約でも記載したが、盲導犬では通路の左右の POR はあまり有効ではなく足元のものが重要であるといった意見が得られたように、白杖歩行か、盲導犬歩行かなどの歩行形態に応じた POR 選択ができるようにしていく必要がある。これは、ルートを案内する音声ガイドでも同様である。盲導犬が空間の左寄りを歩くように訓練されている場合、右寄りのルートをガイドしてしまうと混乱を生じさせてしまう。

国際会議やフランスでの調査の際に、EO GUIDAGE 社が開発しているナビシステムでは、視覚障害者なのか、車いす利用者なのかなどのプロフィール情報を入力することができることを確認した。そのようなプロフィールによ

って、適したルートが選択されるようになって
いるが、これはどちらかといえば、運動機能的
に利用可能なルートを選択していることになる。
当前ではあるが、視覚障害と運動障害とは異なる
ため、ルート選択というよりも、視覚障害者の
歩行形態（白杖、盲導犬）だけでなく O&M
スキルに応じた POR 選択を音声ナビ利用者ご
とにできるようにしていく必要がある。その場
合、プロファイリングといった間接的な方法だ
けではなく、より直接的に POR の種類や情報提
供頻度を設定できるとよいであろう。

今後そういった POR 情報をいかに収集し共
有していくかといった課題も顕在化していくと
考えられる。ミクロな POR なのか、少しマクロ
な POR なのか、周辺状況を把握するための
POR のかななどの属性を含めて情報収集、共有
する仕組みがあれば、利用者ごとの選択のし易
さが向上するであろう。

Android 端末ベースの音声ナビと骨伝導ヘッ
ドフォンの組み合わせについては、比較的良い
評価を得られた。特に専用機を使わないことによ
る低コスト化、屋内外利用、さらに分担研究
報告書「2. 歩行評価指標の自動抽出」で述べ
たような歩行指標の自動抽出や歩行評価のため
の履歴記録が可能になったことは H24 年度と比
較して優れた点である。ハンズフリーにするた
めに図 3 に示した通りに腰部に Android 端末を
固定したが、意匠的な面では改良が必要かもしれ
ない。また、骨伝導ヘッドフォンについてはワイ
ヤレス化の希望が多かった。すでにそのような
製品を入手可能であるため、今後はワイヤ
レス骨伝導ヘッドフォンを活用するとよいであ
らう。

繰り返しになるが、屋内外シームレス測位を
実現するための統合測位エンジンを実装するこ
とにより、800m に及ぶ屋内外ルートでの歩行
実験を実現することができたことは評価でき
ると考えている。ただし、図 4.5 に示した通り多
くのモジュールの組み合わせによりシステムが
複雑化しているため、いくつかの不具合が出て、
実験の遂行に若干悪影響を与える結果となった。

音声ガイドの提供タイミングについては、比
較的遅かったという意見が多かった。設計とし
ては事前に情報提供できるようになっていたが、
主には測位誤差やリンクマッチングのロジック

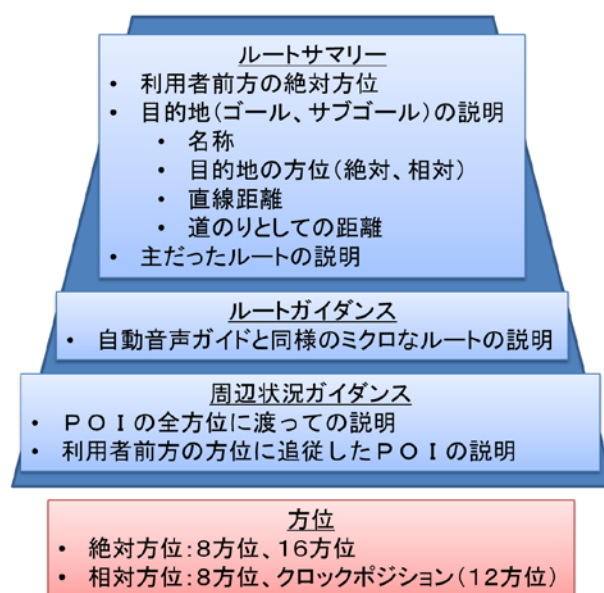


図 12：歩き始めや聞き直しの際の音声ガイド
構造の一案

の問題が大きかったと考えられる。

音声ガイド自体については、自動的な音声ガ
イドについてはおおむね妥当に機能していた。
ただし、ルートを外れた際のガイドの内容には
改善の余地があった。また、1本指タップ時、
つまり、自動ガイドではなく、聞き直す（リ
ピートする）状況でのガイドの内容には大幅な改
善が必要とされた。インタビュー等から示唆さ
れたのは、単に自動ガイドと同様の内容のリ
ピートではなく、自動ガイドよりも情報量を増
やしてミクロとマクロ、相対方位と絶対方位とい
ったより構造立てられたガイドの提供の必要性
や有効性であった。つまり、分担研究報告書「1.
音声ガイドの設計と実装」で述べられている詳
しくわかりやすく改良されたルートサマリーと
現在位置や方位の把握に関する情報を聞きたい
ときに聞き直せるようにすべきであるというこ
とであろう。そのような構造立てられたガイド
の設計は今後の課題となったが、図 12 にその一
案を示すこととする。

触軌跡の評価も高かったと言える。実際、歩
いた直後に自らの軌跡を触りながら議論ができ
たため、インタビューが具体的かつ円滑に進め
られた。これも H24 年度と比較して改善した点
である。ただし、触軌跡で提示されている軌跡
は図 4 の「統合測位処理」ブロックの結果であ
って正解値ではない。最終的に「リンクマッ

ング処理」ブロックから得られる統合測位結果の方がきれいな結果にはなっているが、ミクロな偏軌等が提示できなくなる可能性がある。インタビュー結果の要約にも記載したが、システムの振る舞い（ある種の癖）の当たりが付くことによって、解釈がしやすくなっていくものと思われる。もちろん、測位精度向上も課題である。

一方、実験実施側としては、音声ナビの状態、特に、音声ナビがこういった情報をいつ被験者に伝えているのかを、実験スタッフが常にリアルタイムに確認できるようにすべきという議論もなされた。そのような経験共有機能はもちろん実験や動作確認といった研究開発にも役立つものであるが、例えば、実利用シーンでも、同伴者やリモートヘルパーが音声ナビ利用者の経験を共有しながらガイドすることができるようになるため、潜在的には非常に有効であると考えられる。

E. 結論

本研究では、白杖歩行と盲導犬歩行の歩行速度の違いを考慮した屋内外シームレス音声ナビシステムを既製品（Android 端末）上に実装することで低コスト化すると共に、履歴記録とその履歴処理の効率化による触軌跡の短時間での提供を実現した。各システムの歩行訓練への導入に必要な普及のしやすさを考慮して、FOSS4G や OSM を活用した。また、歩き始めや聞き直しの際の音声ガイドの構造を含む音声ガイドの設計や議論だけではなく、POR 確認モードの導入も進めた。さらに、歩行評価のための安全性指標と能率性指標の自動抽出について検討し一定の成果を得た。

これらの研究成果は、歩行訓練と評価との間の情報循環支援の将来的な実現に寄与することが期待できるため、日常生活や訓練現場にどのように本研究成果を導入するかといった今後の課題について引き続き取り組んでいきたい。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表
なし

2. 学会発表

奥野 敬丞, 蔵田 武志, 関 喜一, 興梠 正克, 石川准, "歩行訓練支援のためのスマホ音声ナビ～突発的歩行動作の自動抽出とPoint of Referenceの活用～", 第40回感覚代行シンポジウム, 感覚代行研究会 (2014)

奥野 敬丞, 蔵田 武志, 関 喜一, 興梠 正克, 石川准, "Smartphone-based Talking Navigation System for Walking Training", 身体知研究会第21回研究会予稿集 SKL-21-03, pp. 12-15, 人工知能学会 (2015)

Keisuke Okuno, Takeshi Kurata, Yoshikazu Seki, Masakatsu Kourogi and Jun Ishikawa, "Smartphone-based Talking Navigation System for Walking Training", 29th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN 2015), IND-026 (2015)

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む。)

特になし。

Ⅱ. 厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野））

分担研究報告書

1. 音声ガイドの設計と実装

研究分担者 石川 准 静岡県立大学 教授

研究代表者 蔵田 武志 産業技術総合研究所 研究チーム長

研究要旨

音声ガイドの内容の構造や構成、提供タイミングについては、オリエンテーションだけではなくモビリティへの効果や悪影響に注目して設計・開発を進めることが重要であるものと考えられる。

そこで、昨年度に引き続き視覚障害者の歩行を支援するための音声ガイドの最適な提示方法、提示内容を明らかにすることを目的とした。音声ガイドは、端的には分岐（ノード）ごとに、直進、右折、左折などの情報を伝え、出発地点から目的地点までルートにそって歩行者をガイドするためのものである。したがって最低限伝えるべき情報は、ルートに乗ったかどうか、交差点などでの向かうべき進路、目的地周辺に到達した、ルートからの逸脱、ランドマーク情報等であり、これらは自動案内の形で伝えることとした。その際分岐の前後では、「右折」「左折」「直進」などと進路を最優先で最初に伝える。また分岐の形状を示す情報は重要であり、たとえば3リンクが接続するノードでは、T字路、Y字路、左三叉路、右三叉路というように形状をイメージできるように伝えることとした。

このような設計方針に基づいて、Androidプラットフォーム用に音声ガイドモジュールを開発した。被験者実験から白杖歩行と盲動犬歩行、モビリティおよびオリエンテーション能力等、個々人の特性の多様性を考慮した音声ガイドの提示を行うようにした。

本研究ではさらに、POR(Point of Reference)を活用した確認モードについても検討を進めた。POR 確認モードは、歩行に重要な O&M スキルを評価すると共に、POR を活用する事で人間の感覚を測位補正手段として利用することも可能とするポテンシャルを備えたものである。

A. 研究目的

視覚障害者の歩行を支援するための音声ガイドの最適な提示方法、提示内容を明らかにすることを研究目的とした。

B. 研究方法

音声ガイド

音声ガイドは、端的には分岐（ノード）ごとに、直進、右折、左折などの情報を伝え、出発地点から目的地点までルートにそって歩行者をガイドするためのものである。したがって最低限伝えるべき情報は、ルートに乗ったかどうか、交差点などでの向かうべき進路、目的地周辺に到達した、ルートからの逸脱、ランドマーク情報等であり、これらは自動案内の形で伝えるこ

ととした。

その際分岐の前後では、「右折」「左折」「直進」などと進路を最優先で最初に伝える。

また分岐の形状を示す情報は重要と判断し、たとえば3リンクが接続するノードでは、T字路、Y字路、左三叉路、右三叉路というように形状をイメージできるように伝えるようにした。

またテキスト情報を聞き落してもおよそのことが理解できるように状況ごとに固有のサウンドを鳴らして状況や指示を伝えることにした。

以下が具体的な設計方針である。

・音声ガイドは、重要な基本情報については測位衛星およびPDRによる測位情報、道路ネットワークデータ、POIデータ等の情報により、現在の状況を判断し、自動的に提示する。

具体的には、出発地から目的地までのルートを、各分岐点（ノード）から次の分岐点までを1単位の道路（リンク）として、次の分岐点の方位と距離とその分岐点での進路、分岐点付近に到達したことを知らせる音声ガイドとサウンド、分岐点での進路（右折、左折、直進等）、分岐点を通じたことを示す音声ガイドとサウンドなどを提示する。

・次の分岐点の情報は、「次は右折」というように最初に次の分岐点での進路を示し、次の分岐点の方位、次の分岐点までの距離、分岐点の形状などの詳細情報は、進路情報の後に示す。

・道路の名称（通称）がわかるときは音声ガイドに含めて提示する。

・分岐点の形状をノードに接続しているリンクの数と角度から算出して示す。（三叉路、四叉路、左三叉路、右三叉路等）

・歩道、横断歩道、階段など道路（リンク）の属性を提示する。

・ユーザの設定により、歩いている方位、付近の施設、ユーザ登録ランドマーク、住所、道路名などを自動的に案内する。

・ルートから逸脱した場合は、メッセージとサウンドで知らせて、ルートに復帰するための情報を提示する。

・利用者の認知特性等に応じて音声ガイド情報の提示方法をカスタマイズできるようにする。具体的には、歩行速度に応じた音声ガイドの提供タイミングの調整などである。特に盲導犬歩行ではモビリティ確保が比較的容易であるため、歩行速度が白杖歩行より早い傾向にある。その分、音声ガイドの提供タイミングを早目にした方がタイミングのよいガイドが可能となる。

・頭の中でルートを描けるように、簡潔でわかりやすいルートの説明を行う。
音声ガイドの最初に目的地までのおおよその距離、ルートの概要、道路名などを示す。

・ルート情報に分岐のわき道の情報をもらうことにより、ガイダンスを音声ガイドモジュール側で作成するように変更する。

・また、ルートを外れた場合にわき道にマッチングされていれば元のルートに復帰するためのガイダンスを表示できるように変更する。

・ガイダンスの作成を、分岐のないノードでも行うように変更する。
右前方へ道なりに曲がります。等のガイドが可能になる。

・被験者実験用に道路種別の追加を行う。
（駐車場・車止めの杭等）

・施設情報の提示方法をカスタマイズできるようにする。

例えば、歩行ルートに沿って接近してきた施設を自動的に提示する、利用者の操作に応じて一定距離内の施設を周囲360度で探索して提示するなど。

POR 確認

昨年度までに筆者らが開発してきたスマートフォン音声ナビのモードの種類としては、前述した音声ガイドモード（音声案内機能）のみであった。今年度は、この音声ガイドモードに加えて **POR 確認モード**の機能を追加した。

POR とは、階段・坂・ドア・音・匂い等が特徴的な場所などの存在がわかりやすくルート確認の参考になるものである。**POI** は必ずしもその付近に到達したからといって視覚障害者が認識できるものではない場合があるが、**POR** は物理的に把握しやすいものとなっている。本研究でそのような考え方を議論していたところ、フランスの **EO GUIDAGE** 社や **INRIA** で同様の考え方に **POR** という呼称を付けていることが判明した。国際会議での意見交換や両組織の視察を通じてその考え方や **POR** に関連するナビシステムの開発動向を確認した上で、本研究でも **POR** を採用することとした。**POR** は状態が時間に非依存な存在である事が重要である。例えば、飲食店からの良い匂いは存在が特徴的ではあるが、必ずしも24時間営業している訳では

ないので POR としてはあまり望ましくない場合がある。

POR 確認モードとは、ある種のクイズモードであり、ルート通りに歩いているかを適宜確認する事で歩行の O&M のスキルを確認する事が可能になる。また、ユーザが正確に POR を確認できたならば、ユーザとシステムのインタラクションを通して対話的な測位が可能になる。つまり、ユーザ自身が測位センサーの代わりになり、POR を確認する事で位置補正に活用する事ができる。

産総研内での被験者実験のために、実際に下記のような POR を設定した。

屋外

- ・緩やかな下り、緩やかな上り
- ・点字ブロック
- ・消火栓
- ・歩道が狭くなる
- ・上りの段差
- ・街灯
- ・アーケードの入口の両側の柱
- ・柱が 2 本連続してある
- ・街路樹
- ・ウッドデッキへの上りスロープ

屋内

- ・自動ドア
- ・ソファ
- ・壁

操作方法

歩行中のスマートフォンの複雑なタッチ操作は困難かつリスクが大きいので、コマンド操作による情報提示は、以下の 3 種類のみとした。

(1) 1 本指タップによる音声ガイドの聞き直し=リプレイ

(2) 2 本指タップによる POR が確認できたことの意味表示（及びそれによる位置補正）

(3) 3 本指タップによる POR が確認できなかったことの意味表示

なお、(3) の意思表示をしなかった場合はタイムアウトにより POR を確認しなかったことになるため、必ずしも (3) の操作をする必要

はない。

C. 研究結果

前述の設計方針に基づいて、Android プラットホーム用に音声ガイドモジュールを開発した。

道路ネットワークデータには車道データと歩行者用の歩道データがある。以下は歩道データによるルート検索と音声ガイドメッセージおよびサウンドの提示の例である。なお、これは、自動施設案内、自動住所案内、自動方位案内、自動道路名案内はオフとした場合の例である。

前年度からの変更点は、ルートサマリーを詳しくわかりやすく改良したことと、絶対方位情報のオン・オフを選択できるようにしたこと、距離情報を四捨五入する・しないを選択できるようにしたことである。

以下、前年度から追加した点を太字で表記し、選択式にした部分を（ ）で表記する。

出発地を高田馬場駅早稲田口とする。

目的地を日本点字図書館とする。

・ルート検索結果の提示

日本点字図書館までの直線距離は南方向 300 メートルです。

また道のりは 400 メートルです。

南東に 300 メートル歩き、右に曲がって南西に 100 メートル歩くと目的地です。

50 メートル先に横断歩道があります。それを前方に渡ります。

その間、高田馬場西商店街と早稲田通りの歩道を歩きます。

出発地から道路上の出発点は北東 5 メートルです。

ルート検索結果です。

直進。(南東) 20 (21)メートル先、高田馬場西商店街の歩道と歩道の分岐点を直進します。

直進。(南東) 10 (13)メートル先、高田馬場西商店街の歩道と左横断歩道の分岐点を直進します。

直進。(南東) 1 メートル先、高田馬場西商店街の歩道と前方横断歩道の分岐点を直進して、横断歩道を渡ります。

(南東) 10 (14) メートル先、早稲田通りの歩道を進みます。

(南東) 4 メートル先、横断歩道を渡ります。

直進。(南東) 3 メートル先、早稲田通りの歩道と左方向横断歩道の分岐点を直進して、早稲田通りの歩道を進みます。

直進。(南東) 10 (14) メートル先、早稲田通りの歩道と歩道の分岐点を直進します。

右折。(南東) 50 (45) メートル先、早稲田通りの歩道と一般道の分岐点を右折し一般道を進みます。

直進。(南西) 40 (42) メートル先、一般道の右三叉路を直進します。

直進。(南) 50 (48) メートル先、一般道の右三叉路を直進します。

直進。(南) 3 メートル先、一般道の右三叉路を直進します。

直進。(南西) 100 メートル先、一般道の十字路を直進します。

到着。(南西) 50 (47) メートル先、目的地日本点字図書館です。

目的地日本点字図書館は(南東) 10 (11) メートルです。

- ・実際に歩いた際に提示する音声ガイドの例
(ルートにそって正しく歩行した場合)

(スタートサウンド)

ルートに乗りました。

音声ガイドを開始します。

日本点字図書館までの直線距離は南方向 300 メートルです。

また道のりは 400 メートルです。

南東に 300 メートル歩き、右に曲がって南西に 100 メートル歩くと目的地です。

50 メートル先に横断歩道があります。それを前方に渡ります。

その間、高田馬場西商店街と早稲田通りの歩道を歩きます。

次は直進。(南東) 20 (21) メートル先、高田馬場西商店街の歩道と歩道の分岐点を直進します。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。高田馬場西商店街の歩道と歩道の分岐点を直進します。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

次は直進。(南東) 10 (13) メートル先、高田馬場西商

店街の歩道と左横断歩道の分岐点を直進します。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。高田馬場西商店街の歩道と左横断歩道の分岐点を直進します。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。高田馬場西商店街の歩道と前方横断歩道の分岐点を直進して、横断歩道を渡ります。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

次は直進。(南東) 10 (14) メートル先、早稲田通りの歩道を進みます。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。早稲田通りの歩道を進みます。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。南東方向横断歩道を渡ります。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。早稲田通りの歩道と左方向横断歩道の分岐点を直進して、早稲田通りの歩道を進みます。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。早稲田通りの歩道と歩道の分岐点を直進します。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

次は右折。(南東) 50 (45) メートル先、早稲田通りの歩道と一般道の分岐点を右折し一般道を進みます。

(まもなくサウンド)

まもなく右折。早稲田通りの歩道と一般道の分岐点を右折し一般道を進みます。

交差点を右折

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

次は直進。(南西) 40 (42) メートル先、一般道の右三叉路を直進します。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。一般道の右三叉路を直進します。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

次は直進。(南) 50 (48) メートル先、一般道の右三叉路を直進します。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。一般道の右三叉路を直進します。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。一般道の右三叉路を直進します。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

次は直進。(南西) 100 メートル先、一般道の十字路を直進します。

(まもなくサウンド)

まもなく直進。一般道の十字路を直進します。

交差点を直進

(通過サウンド)

分岐を通過しました。

次は到着。(南西) 50 (47) メートル先、目的地日本点字図書館です。

(まもなくサウンド)

まもなく、目的地日本点字図書館付近です。

(到着サウンド)

目的地日本点字図書館は(南東) 10 (11) メートルです。

目的地に到着しました。

また、POR 確認モードでの POR 提示例は以下の通りであった。

- ・緩やかな下りがあります。
- ・点字ブロックの先に、緩やかな上りがあります。
- ・左側に消火栓があります。
- ・緩やかな下りの先に、緩やかな上りがあります。
- ・緩やかな下りの先に、緩やかな上りがあります。
- ・左折後、歩道が狭くなり、左側に壁が 3 メートル続きます。
- ・緩やかな上りがあり、歩道が狭くなります。
- ・横断歩道を渡り終えたところに、20 センチメートルの上りの段差があり、その後すぐ、右側に街灯があります。
- ・アーケードの入口があります。緩やかな上りがあり、両側に柱があります。
- ・右折時、手前の右側に柱が 2 本連続してあります。
- ・3 メートルの間隔で自動ドアが 2 個あります。屋内に入ったら右に曲がり、右に曲がると正面に壁があります。
- ・右側にソファがあります。
- ・点字ブロックに沿って、3 メートルの間隔で自動ドアが 2 個あります。
- ・緩やかな上りがあります。
- ・歩道の中央に背の高い街路樹が 1 本あります。
- ・ウッドデッキへの上りスロープがあります。

D. 考察

・頭の中でルートを描けるように、簡潔でわかりやすいルートの説明を行うことはきわめて重要である。

・絶対方位と相対方位の情報提示のどちらがわかりやすいかは個人により異なる。

・歩行速度を衛星測位や PDR から算出して、速度に応じて音声ガイドのタイミングを自動調整できるようにすることが必要である。今年度のシステムではそれを実現したが、その効果測定は今後の課題である。

・POR による現在位置の把握で実際に位置の

補正を行うことができた。また、**POR** の音声提示により、システムが正しく動いていることを把握することができたという意見が得られた。

E. 結論

本報告では、音声ガイドの設計と実装について述べた。総括研究報告書で述べられている被験者実験からは、白杖歩行と盲動犬歩行、モビリティおよびオリエンテーション能力等、個々人の特性の多様性を考慮した音声ガイドの提示を行う必要があることがわかった。

前述した昨年度までの音声ガイドモードに加え、**POR** 確認モードを実装した。**POR** の確認を対話的なユーザとシステムのインタラクションで行う事で、ルート通りに歩行しているかという **O&M** のスキルを確認出来るだけでなく、人間の感覚を測位補正手段として利用することも可能となる。

Ⅱ. 厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野））

分担研究報告書

2. 歩行評価指標の自動抽出

研究分担者 関 喜一 産業技術総合研究所 主任研究員

研究分担者 興梠 正克 産業技術総合研究所 主任研究員

研究要旨

歩行の安全性と能率性の評価指標は、視覚障害者の歩行訓練における訓練成果を客観的・定量的に評価する上で重要である。本分担研究では、本プロジェクトで開発した履歴記録システムによる歩行データを用いて、安全性と能率性を自動的に抽出する方法を検討した。その結果、加速度の閾値処理という比較的単純な処理により安全性指標を自動的に検出できる可能性があることが分かった。また、実際の歩行距離と経路長の比、及び歩行速度の 2 つが能率性指標として有用であることも分かった。

A. 研究目的

歩行の評価指標のうち、安全性と能率性の評価指標は、視覚障害者の歩行訓練における訓練成果を客観的・定量的に評価する上で重要である。

安全性と能率性については、昨年度までの研究成果では、記録したビデオを用いた目視確認で評価していた。

本分担研究では今年度は、本プロジェクトですでに初年度に既に記録済みの歩行データを用いて、安全性と能率性の指標を自動的に抽出する方法を検討した。

B. 研究方法

装置：

詳細は初年度の報告書に記載の通りであるが、GPS ならびに PDR データの記録用に、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）を用いた。

実験場所：

独立行政法人産業技術総合研究所つくば中央センター敷地内の 4 経路。表 1 に 4 経路の距離の長さを示す。

表 1 各経路の長さ

	経路長 (m)
経路"R2"	218
経路"R4"	194
経路"R7"	220
経路"R8"	202

被験者：

実験の参加者は白杖使用者が 4 人、盲導犬使用者が 2 人、合計 6 人であった。なお、盲導犬使用者の 2 人と白杖使用者の内の 3 人は全盲で、残り 1 人は重度のロービジョンであった。

手順：

6 名の被験者が参加した実験経路を表 2 に示す。

各実験の所要時間はおおよそ 5 分から 6 分を要したが、被験者 ID92001 の R4 は約 10 分を要した上でゴールに辿り着く前に被験者の安全を考慮して実験を途中で中止した。

表 2 各被験者が参加した実験経路

被験者	R2	R4	R7	R8
ID91901	○		○	○
ID91902	○		○	○
ID92001		△	○	
ID92002		○	○	
ID92003			○	
ID92004		○	○	

※ △：途中で中断

指標の自動抽出：

(1) 安全性

突発的歩行動作を自他に危険を及ぼす「急な動作」として定義し、以下の 5 種類として分析した。

- 「急に歩行の向きを変える」
- 「急に立ち止まる」
- 「急に歩行の速度が変化（速く/遅く）」
- 「歩行がふらつく」
- 「障害物に接触」

障害物に接触すると回避行動として急な動作をするが、音声案内の有無とは独立した突発的歩行動作である。

突発的歩行動作の自動抽出は、PDR（原理的には、GPS や QZSS を用いることも可能）による位置の測位情報を用いて、その時間変化の変化率（加速度）の絶対値の閾値処理といった比較的単純な手法を用いた。具体的には、以下に示す通り、ルートを歩行中の被験者の加速度の絶対値の平均と分散に基づく閾値処理を行った。

閾値 = 加速度の絶対値の平均 + A * 加速度の絶対の分散

（注：誤検出率 FP と未検出率 FN に基づいて、係数 A=18 と設定した）

(2) 能率性

PDR により計測された歩行距離と経路長の比、及び PDR により計測された歩行速度の 2 つを能率性の指標とした。

(1) 安全性

本研究で試みた突発的歩行動作の自動検出方法の評価方法としてビデオを目視確認して検出した結果と比較した。目視確認の結果と比較すると、検出率（P）は約 87.5%(98/112)、誤検出率（FP）は約 16.2%(29/117)であった。図 1 に突発的歩行動作の自動検出を例示する。軌跡上の×印（赤）は自動抽出された突発的歩行動作、○印（青）は目視確認された突発的歩行動作を示している。

表 3 に各被験者の各経路における、ビデオを目視確認と比較した結果を示す。

(2) 能率性

表 4 に、各被験者の各経路における歩行距離、歩行距離と経路長の比、歩行に要した時間、および平均歩行速度を示す。

表 3 各被験者の各経路における突発的歩行動作結果

被験者	経路	P	FP
ID91901	R2	9/12	0/9
	R7	6/8	2/8
	R8	14/15	1/15
ID91902	R2	5/8	2/7
	R7	6/6	4/10
	R8	6/7	0/6
ID92001	R4	14/15	4/18
	R7	1/1	1/2
ID92002	R4	2/2	0/2
	R7	3/3	1/4
ID92003	R7	8/9	2/10
ID92004	R4	18/20	1/19
	R7	7/7	0/7

C. 研究結果

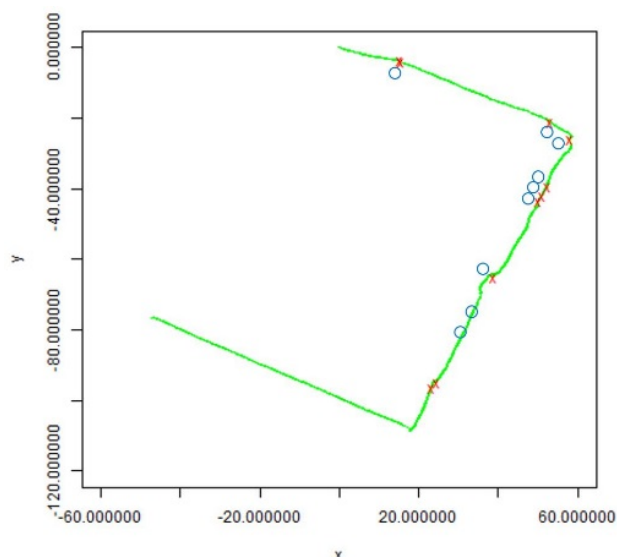


図 1 突発的歩行動作の自動検出例

表 4 各被験者の各経路における指標値

被験者	経路	歩行距離 (m)	経路 比	時間 (s)	歩行速度 (m/s)
ID91901	R2	229.03	1.05	285.57	0.805
	R7	255.81	1.16	289.24	0.884
	R8	234.04	1.16	359.76	0.651
ID91902	R2	254.27	1.17	413.04	0.616
	R7	237.33	1.08	308.49	0.769
	R8	207.87	1.03	317.9	0.654
ID92001	R4	340.94	1.76	557.17	0.612
	R7	220.66	1.00	234.03	0.943
ID92002	R4	205.25	1.06	198.49	1.034
	R7	226.18	1.03	189.25	1.195
ID92003	R7	220.7	1.00	418.49	0.527
ID92004	R4	211.17	1.09	474.62	0.445
	R7	220.14	1.00	261.9	0.841

D. 考察

安全性の指標については、今回用いた自動検出の方法によって、ビデオでの目視による方法の結果と近い結果を得た。ことから、今回用いた手法で、突発的歩行動作を自動的に検出できる可能性があることが分かる。

能率性の指標については、PDR により計測された歩行距離と経路長の比、及び歩行速度の

2 つを指標とした。経路比は、途中で実験を中断した ID92001 の R4 を除き、ほぼ 20%増未満に抑えられていることが分かる。また中には 100% (=無駄のない歩行を行った) という実験結果も得られた。歩行速度は、通常ヒトの歩行速度が $4 \text{ km/h} = 1.2 \text{ m/s}$ であるのに対して、今回の結果は $0.4 \sim 1.2 \text{ m/s}$ の範囲にあった。このことは、今回の実験が、通常歩行の $1/3$ の速度の低効率の歩行から、通常歩行程度の高効率の歩行までが存在していたことを意味する。

本実験では音声案内中かどうかの評価を手動で行っているが、スマートフォンベースのシステムでは音声ガイダンスの履歴ログが取得可能であるため、それを用いて音声案内中・直後かどうかを自動で検出し、突発的歩行動作の自動検出結果と合わせて、同様の評価を完全に自動化が可能かどうかを検証することができるようになる。

また、音声案内中の突発的歩行動作の発生頻度への影響とは別に、音声ナビの存在が突発的歩行動作の発生頻度にどう影響するかという視点で分析する必要もある。なぜならば、使用者の状況認識と音声ナビの状況認識が異なり「音声案内が無い」事が突発的歩行動作を誘発する事を確認している。例えば、使用者は曲がり角があると認識している時に、音声案内が無い事で戸惑い突発的歩行動作を誘発する事がある。

ビデオの目視ではどう見ても急な動作に見えるが未検出の例もあった。これはフェイント技術と同類の動作で上半身は大きく動いた様に見えるが、重心はそれほど動いていない動作が原因と考える。この仮説の確認方法は、センサを上半身に付ける事で可能と推測するが実用面を考慮すると持ち運ぶ・装着する機器の数は増やしたくない。

盲導犬が使用者の意図とは異なり突然向きを変えた事で使用者が引っ張られる事で急な動作が発生する。盲導犬が先行動作としてゆっくりと方向を変えるので、ビデオ目視では、動作が予測できる事で急な動作の印象を受けない。この問題に対しては盲導犬にも PDR などのセンサを装着してもらう事で自動分析でも対応可能と考える。今後は盲導犬の歩行データを PDR で取得する事を検討している。四足歩行での移動を PDR で測定 (ADR: Animal Dead

Reckoning) が可能になれば、屋内での家畜管理やペットの見守りなどの用途への展開も大いに期待される。

慎重になるなどして普段の歩幅と較べて歩幅が小さくなると PDR が歩行検出に失敗して、移動しているのに PDR では止まっていると判断される。この状態の時に通常の歩幅に戻ると、突然歩行が検出され、結果的に突発的歩行動作として誤検出される。この問題に対しては、GPS や QZSS 等のセンサを用いた SDF (センサーデータフュージョン) で対応することが可能になると考えている。

現在は 5 種類の突発的歩行動作を一括して抽出しているが、今後は各種の動作に切り分けて抽出する事に取り組む。本稿の手法では「歩行がふらつく」事は検出できていない。特に、音声案内と突発的歩行動作の発生頻度の関係を自動的に分析する為に、障害物への接触に起因する突発的歩行動作の切り分け抽出を可能にする事を目指す。

さらに、他の評価指標である正確性の計算に関しても自動化を行っていく。これらを実現する事で、場所や時間に依存しない訓練と支援の実現に向けての研究をさらに進めていくことが可能となるであろう。

E. 結論

本稿では、安全性と能率性を自動的に抽出する方法を検討した。

安全性については、視覚障害者の歩行における安全性の指標に関連する突発的歩行動作（旧不規則動作）を、自他にとって危険な 5 種類の急な動作として再定義し、突発的歩行動作の発生頻度と音声案内の有無の関係を分析し直した。その結果、比較的単純な手法で突発的歩行動作を検出することにより安全性指標を自動的に検出できる可能性があることが分かった。

昨年度まではビデオを目視で確認して行っていた突発的歩行動作の抽出の自動化に関して説明した。本稿の手法では、検出率は約 87.5%、誤検出率は約 16.2%であった。また、どのような時に未検出・誤検出かを例を示し、その対応法を考察した。突発的歩行動作の自動抽出に関

して残された課題は 5 種類の突発的歩行動作の切り分け抽出である。

また能率性については、PDR で計測された歩行距離と経路長の比、及び歩行速度の 2 つが有用であることも分かった。今回の実験では、経路比 100%~120%の範囲を観測し、また速度は 0.4~1.2 m/s を観測した。

今後は、今回は報告出来なかった正確性に関する評価指標の計算の自動化と合わせて取組む予定である。

指標抽出を自動化する事で被験者へのフィードバックが迅速に可能になる。触地図・触軌跡図の自動印刷システムと組み合わせる事で、視覚障害者が自分一人で歩行の質を確認しフィードバックを通してスキルアップする環境の実現のステップになる。また、これらの分析結果を遠隔地にいるトレーナと共有する事で、場所や時間に依存しない訓練と支援の循環の実現を目指すステップとなるであろう。

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
奥野 敬丞, 蔵田 武志, 関 喜一, 興梠 正克, 石川 准	Smartphone-based Talking Navigation System for Walking Training	身体知研究会第21 回研究会予稿集(人 工知能学会)	SKL-21-03	pp. 12-15	2015

IV. 研究成果の刊行物・別刷