

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24年度～平成26年度 総合研究報告書

研究代表者 蔵田 武志

平成 27 ( 2015 ) 年 5 月

## 目次

### I. 総合研究報告

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
蔵田武志	

II. 研究成果の刊行に関する一覧表.....	23
-------------------------	----

III. 研究成果の刊行物・別刷.....	24
-----------------------	----

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））  
(総合)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ー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ー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、この研究目標を達成するため、視覚障害者向け歩行者ナビ（以下、「音声ナビ」と呼ぶ）と白杖操作もしくは盲

目的: 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と  
それによる歩行評価と歩行訓練への活用、並びに訓練と評価との情報循環支援

方法

(A) 訓練現場や訓練カリキュラムへの技術導入に関するインパクト評価

(B) 白杖歩行・盲導犬歩行の特性を考慮した  
視覚障害者向けナビシステムの開発

	機能	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 (音声ナビ導入時期に影響)	歩行速度 (音声ガイドのタイミングと関係)
音声ナビ	*ルート案内 *POI通知 *検索	高い	低い (負の寄与)		
白杖	*路面把握	N/A	高い	比較的高い	比較的遅い
盲導犬	*路面把握 *既知ルート誘導	低い	高い	比較的低い	比較的遅い

(C) システム履歴に基づく  
歩行評価指標と歩行結果の  
フィードバック方法の設計

(D) 技術、評価指標、歩行結果の  
フィードバック方法の検証(実証)

(E) 白杖・盲導犬とナビシステムの  
相互補完性を考慮した訓練方法の開発

期待される効果

- ・ 訓練の効率向上
- ・ 訓練効果の指標化とフィードバックによるモチベーション向上
- ・ 個々人に効果的なカリキュラム策定

視覚障害者

- ・ 自立と社会参加を促進

訓練士

- ・ 客観的評価に基づく地位向上への寄与

図 1: 本課題の流れ図

導犬との間の O&M( オリエンテーション[定位]とモビリティ[移動] )への寄与に関する機能的な相互補完関係に対する理解を深め、訓練の進捗や効果の定量評価のための指標設計について検討することを目的とした。

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、そもそもど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かった。そこで、H24 年度は、音声ナビ(専用機)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。

H24 年度は、音声ナビには専用機を用い、歩行状況の計測やその履歴記録のためにも別途複

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。

H25 年度は、それら集約可能な機能を有する低コストで普及させやすい既製品 (Android 端末) ベースの音声ナビを開発することを目的の一つとした。また、その利用者 (主には訓練生を想定) 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も目的とした。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)に基づいて記述することとした。加えて、H24 年度のデータを用いた歩行中の不規則動作 (H26 年度は、突発的歩行動作と呼称) と音声ガイドの関係の分析も行うこととした。

H26 年度は、まず、音声ガイドの構造や構成、提供タイミングに関する検討を進めることを目的とし、POR(Point Of Reference)の導入にも取り組むこととした。H25 年度に実施した突発的歩行動作と音声ガイドの分析結果に基づいて、音声ガイド中の突発的歩行動作の自動抽出を進め、安全性指標の定量化を行うことも目的の日一つとした。

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ことを目的として、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に、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、再度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。

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。

< H24 年度 >

全体会議

5 月 18 日、6 月 29 日、7 月 17 日  
8 月 8 日、9 月 5 日、10 月 12 日  
11 月 9 日、2 月 6 日

被験者実験

9 月 19 ~ 20 日、12 月 14 日

被験者意見交換会

1 月 7 日

< H25 年度 >

全体会議

6 月 7 日、7 月 17 日、8 月 20 日  
1 月 15 日

開発打ち合わせ

8 月 1 日、9 月 3 日

被験者実験

3 月 3 日

< H26 年度 >

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

< H24 年度 >

前述のように、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、そもそもど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かった。そこで、本プロジェクトでは、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。

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2)。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)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、磁気センサーを用いた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3、4)

#### 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5)

(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た。

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。



図2: トーキング GPS(トレッカーブリーズ)



図 3：白杖歩行での実験の様子



図 4：盲導犬歩行での実験の様子

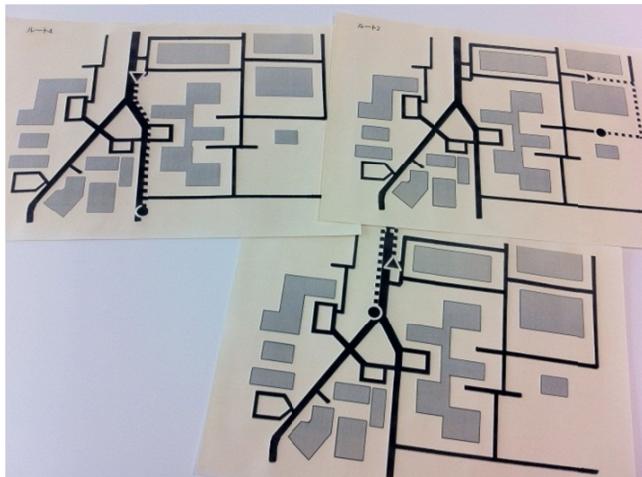


図 5：歩行前に設定された歩行ルートを把握するために用いた触地図（建物[多角形]、道路[実線]、設定ルート[点線]、始点[三角印]、終点[丸印]）

<H25 年度>

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の機能を有する既製品（Android 端末）ベースの音声ナビの開発を進めた。



図 6：QZSS、GPS、PDR に基づく測位のためのハードウェア構成

そのハードウェア構成は図 6 に示す通り、3 軸の加速度、ジャイロ、電子コンパスからなる通称 9 軸センサーを内蔵するスマートフォン（例えば、サムソン製 GALAXY シリーズや Google 製 Nexus シリーズ等）と、準天頂測位（QZSS）対応受信機 QZNAV（コア社製）から成る。これにより、PDR（歩行者デッドレコニング）による相対測位、GPS による絶対測位、QZSS による高精度絶対測位を統合した測位に基づく音声ナビが可能となる。ただし、現状では、QZSS 受信機を導入するとハードウェア構成が複雑になりコストも高くなる。また、QZSS の衛星の数の制約によりその適用可能な時間帯が限られるため、最低限、スマートフォンのみ、つまり、PDR と GPS の統合のみでも動作させることができるようとする。

ソフトウェア開発においては、開発後のソフトウェアの配布や普及促進を考慮し、本音声ナビや、次節で述べる触地図・触軌跡作成システムの開発には、地理空間情報システム（GIS）などの開発のためのフリーオープンソースソフトウェアである FOSS4G を活用する。また、地図の記述には可能な限り、OSM を用いることとする。

図 7 にソフトウェア構成を示す。地図情報やルート情報は、PostgreSQL を PostGIS により GIS 拡張したデータベース（PostGIS/PostgreSQL と記載）がサーバ側に構築され、そこに蓄積される。この PostGIS/PostgreSQL 上で動作するルート探索エンジンである pgRouting をスマートフォン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

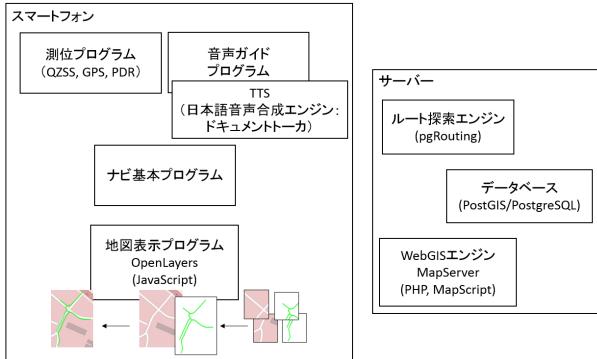
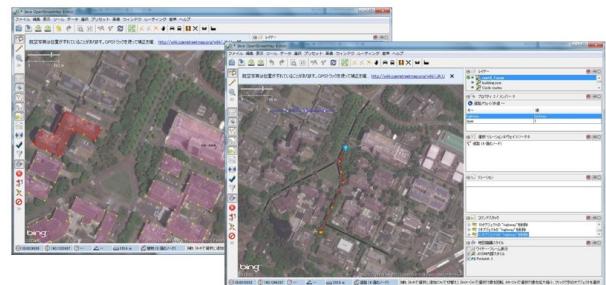


図 7：スマートフォン音声ナビシステムとサーバのプログラム構成

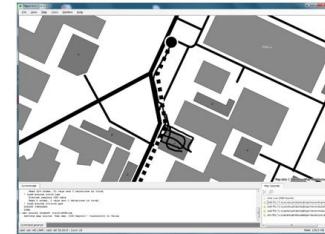
ことができる。WebGIS エンジンである MapServer と、Javascript で作成された地図表示用ライブラリである OpenLayers に基づく地図表示プログラムにより、地図の各レイヤのタイル画像生成や複数レイヤの重畳、タイル画像の連結等を行い、地図表示を実現する。

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 Andoroid 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から音声ガイドの内容を作成し、TTS を制御することで、音声ガイドを実現する。測位プログラムでは、ハードウェア構成を述べた際に触れた PDR、GPS、QZSS の統合処理を行う。また、PDR の中間処理過程や統合後の軌跡に基づく歩行動作の計測も本プログラムにより行う。システム設定やシステム全体の制御等は音声ナビ基本プログラムが担う。

H24 年度の実験では、触地図は設定ルートの事前把握のために用いられた。また、触軌跡は歩行履歴を振り返っての偏軌やルートからの逸脱等を確認するために用いられた。特に、歩行履歴のフィードバックについては、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と言える。過去の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ているため、歩行訓練結果の訓練生へのフィードバック手段の 1 つとして想定している。



(1) JOSMを用いた衛星写真からの地図・ルート作成



(2) Maperitiveを用いた地図・ルート・軌跡データ読み込みと触地図・触軌跡印刷用ビットマップ描画



(3) 立体コピー作成機による触地図・触軌跡作成

図 8：触地図・触軌跡作成システムの構成

図 8 は、触地図・触軌跡作成システムの構成と大まかな作成手順を示している。まず、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 データを作成する。その OSM データや、GPS などの測位データに基づく印刷用ビットマップの描画には、Maperitive を用いる。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、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、凹凸のある触地図・触軌跡が完成する。

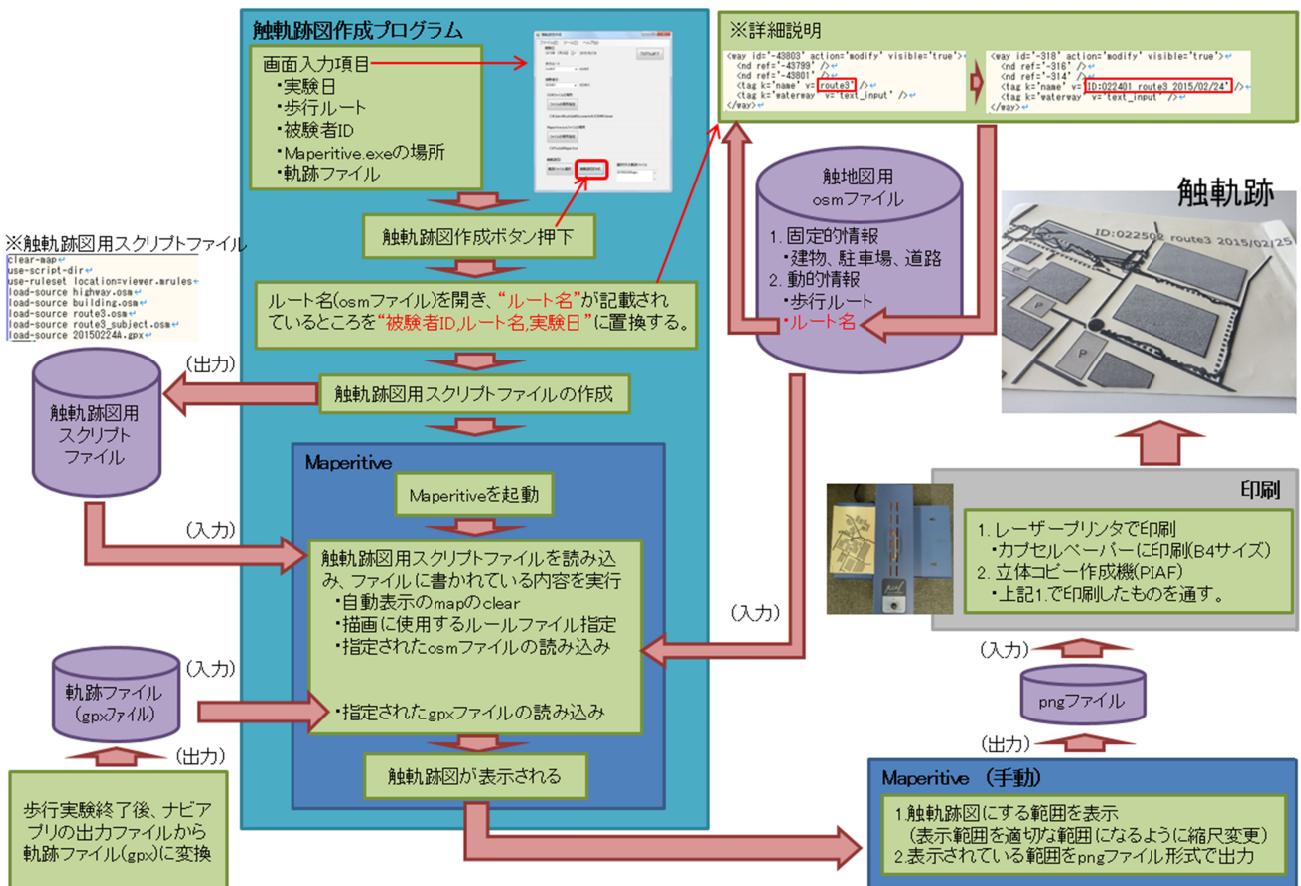


図 9：自動化や効率化を進めた触軌跡作成システム

実装した視覚障害者向けナビシステム及び触地図・触軌跡作成システムの動作確認及び有効性の評価のために、予備的な実証実験を実施した。

本実験では、全盲の視覚障害者 2 名(白杖歩行 1 名、盲導犬歩行 1 名)を被験者として実施した。ルートは H24 年度と同じルート 2 種類を採用した。試行は 2 回行われ、各試行の内訳は H24 年度と同等であった。具体的な内訳は以下の通りである。

まず、各被験者は、控室で触地図と音声ガイドによるリハーサルを行った。具体的には、触地図でルートをたどりながら、音声ガイドを順次再生させることにより事前にルートを把握していく。被験者自身が、リハーサルが十分だと認識したら、実験機材一式を装着し、実際に音声ガイドに従ってルートに沿って歩行した。歩行後、控室に戻り、インタビューを受けた。加えて、歩行後にスマートフォンに記録された測位ログを用いて触軌跡を作成した。

#### < H26 年度 >

#### 指標の自動抽出

##### (1) 安全性

突発的歩行動作( H25 年度までは不規則動作と呼称 )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

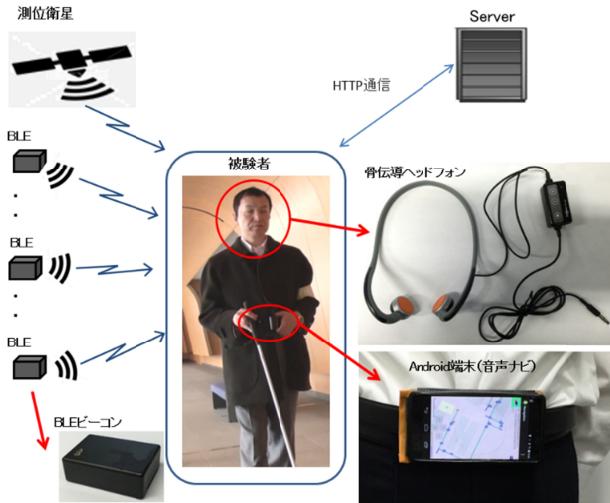


図 10：音声ナビのハードウェア構成

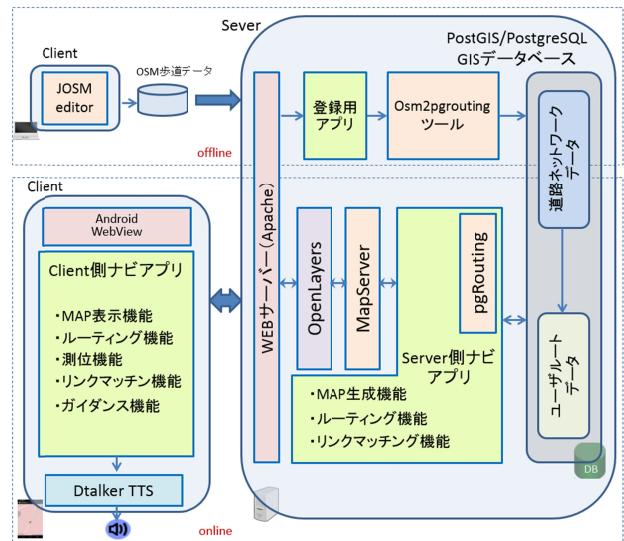


図 12：音声ナビソフトウェアコンポーネント構成

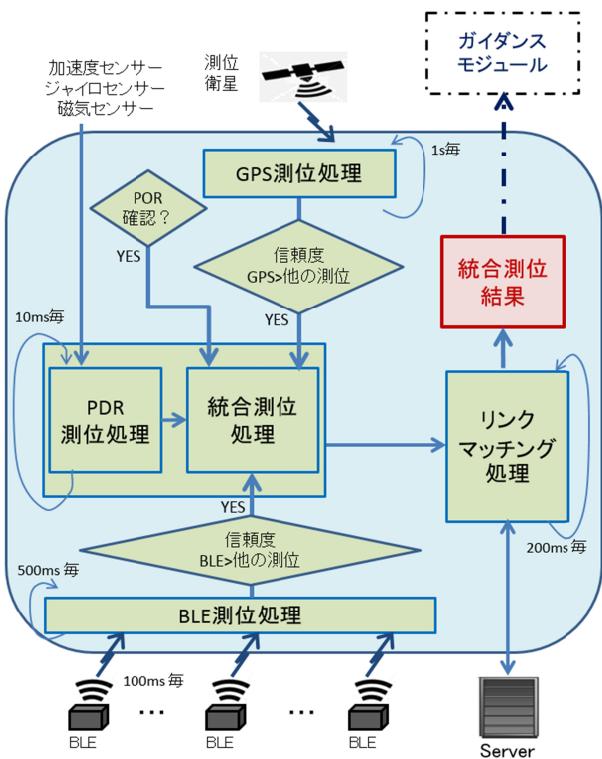


図 11：統合測位エンジンの概略

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。

## 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 年度から進めていた。繰り返しになるが、触地図、軌跡設計には JIS S 0052 を取り入れ、ソフトウェア配布や普及促進を考慮し、可能な限り FOSS4G を活用し、また、触地図は 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 9 は本システムの処理の流れを示したものである。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触地図用の建物や道路等の OSM データ作成を除く手続



図 13：設定ルート

きの多くの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 10 に示す。音声ガイドがエコ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 11）の開発を行った。

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 12 に示す。この図に示すように引き続き FOSS4G と OSM をなるべく活用した構成となるよう努めた。ここからの説明は H25 年度の再掲となるが、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 osm2pgsql 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。



図 14：実験で登録した POR

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 Andoroid 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11)の情報からガイダンスマ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 10 に示した通り、Android 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。

#### **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 13)。H24 年度の実験では 200m 程度のルートを設定したため、ルート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ふ懸念が生じた。そのため、H26 年度の実験では、歩行距離を約 800m

(前半の屋外 : 55%、中盤の屋根付きアーケードと屋内 : 17%、後半の屋外 : 28%) に設定した。ルート上に 17 ヶ所の POR を登録した。POR としては、図 14 の各写真に示すような対象を登録した。POR の各番号は図 13 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 15)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**

#### **< H24 年度 >**

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。

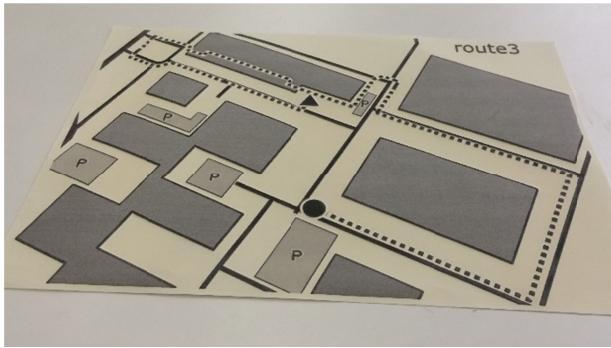


図 15：ルート事前把握のための触地図

#### 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

(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。ただし、ルートが単純で短距離だったことにより、あまり迷わなかったという側面も含まれている。

#### 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)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。

#### インタビュー：

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、この設定がよかつたかどうか。
- ・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がわかるとよい。
- ・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。

<H25年度>

実験の結果、音声ナビシステムのサーバ側、スマートフォン側の各機能は、基本的に正しく動作した。ただし、初期設定などが煩雑で、主にヒューマンエラーによって正しく動作しないことがあった。また、PDRについては、スマートフォンの機種ごとのセンサー出力の特性が異なるため、その調整に時間を要した。準天頂衛星については、午前中しか信号を受けられなかつたため、実験時間の制約を受けた。触地図・触軌跡作成システムを導入することにより、触軌跡を即時に提供できるようになった。ただし、オペレータの手作業が多く、オペレータのスキルに依存しないようにするには自動化や効率化が課題となった。

インタビューでは、以下のようなディスカッションがなされた。

- ・触地図と音声によるリハーサルは理解しやすい。
- ・画面のタップでなんども音声ガイドを聞き返

すことができる。また、次の分岐にどれだけ近づいたかが音声中の距離に関する情報によってわかるので、安心感が高まる。ただし、タップによって違うモードに入ってしまうなどの誤動作がないようにする、もしくは、もしそうなってもすぐに復帰できるようにするといったインターフェース設計が必要となる。

- ・タップしなくてもより適切なタイミングで音声ガイドが提供されるとよい(が、正確な状況把握が必要とされるため、技術的には難しい課題となる)

- ・途中で立ち止まっているときは、ルートの把握をしている可能性が高いので、(例えば、ある程度の時間立ち止まり続けたら)音声ガイドを自動的に提供するとよいかもしれない。

- ・片耳のヘッドフォンを用いた音声ガイド提供であったが、骨伝導ヘッドフォンを用いて、耳をふさがないようにしておいた方がよいかもしれない

- ・測位エンジンに不備があり、ルートから外れたと音声ナビが伝えてきたため、戸惑った。信用してよいかどうか不安になる場面であった。

音声ナビの安全性について、H24年度、音声ガイド直後の不規則動作について調べたが、「直後」の定義が曖昧であったため、今回、同じデータを用いて改めて「音声ガイド中」の不規則動作について調査した。本実験中においては、歩行時間に占める音声案内の割合は約40%であった。

「歩行の向きを急に変える」、「立ち止まる」、「歩行がふらつく」、「歩行が遅くなる」、「障害

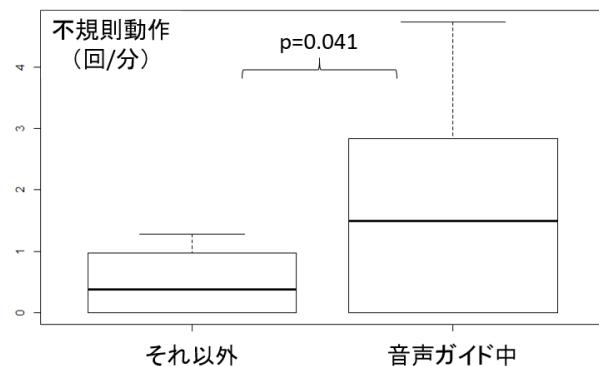


図16: 音声ガイド中の不規則動作頻度

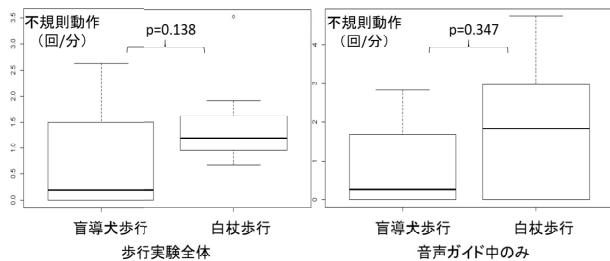


図 17：盲導犬歩行と白杖歩行での不規則動作

物に接触する」の 5 種類を不規則動作として、目視でそれらの回数をカウントした。その結果、音声ガイド中の不規則動作の頻度は 1.6 回/分、それ以外が 0.5 回/分となり、有意な差が見られた (Wilcoxon の符号付順位和検定、 $p=0.041$ )。このことから、本実験では、音声ナビがモビリティに負の寄与を与えていたことが再確認された (図 16)。

H24 年度のインタビュー調査では、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。そこで、不規則動作の頻度を確認したところ、図 17 のように、白杖歩行と盲導犬歩行とで有意な差は見られなかった (Mann-Whitney の U 検定、歩行実験全体で  $p=0.138$ 、音声ガイド中のみで  $p=0.347$ )。盲導犬歩行の方が、不規則動作頻度が低い傾向があるように見受けられるが、データ数を増やすなどの必要があるであろう。

< H26 年度 >

### 指標の自動抽出

#### (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 18 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。

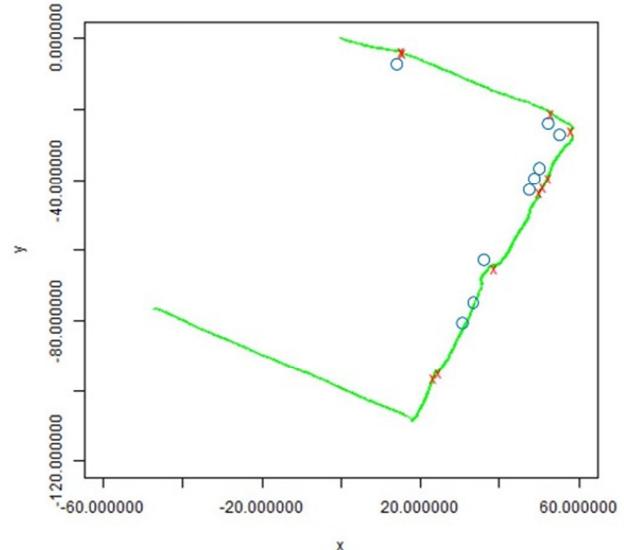


図 18：突発的歩行動作の自動検出例

#### (2) 能率性

表 1 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 1 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

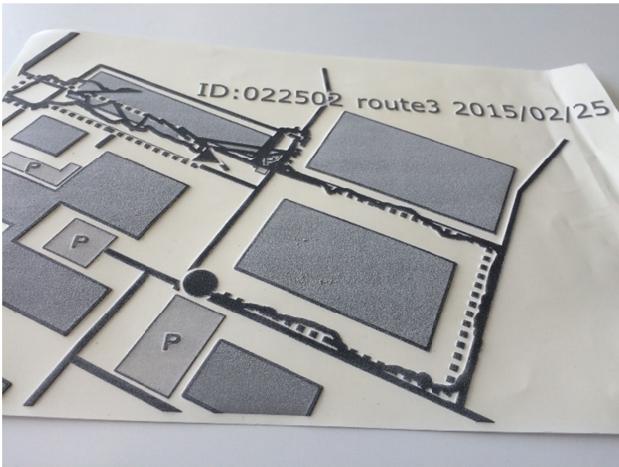


図 19：インタビューで用いた触軌跡

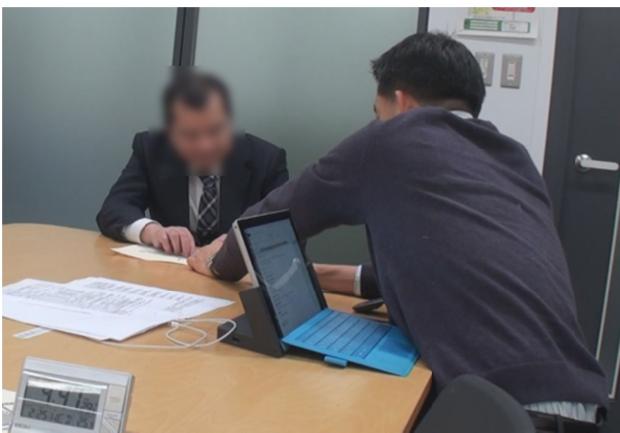


図 20：触軌跡に触れながらのインタビュー  
(左：被験者、右：インタビュアー)

### **被験者実験**

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19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20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です。

- ・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。
- ・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があるが、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、わざと左に行ったり。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かがよくわからなかつた。
- ・向きがおかしかいように思った。
- ・屋外と屋内で誤り方の傾向が違っ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つた。
- ・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っ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で、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いってほしかった。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が明確ではない。

- ・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、そういう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なはずで、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。前回は斜めの道があったが、今回は90度が基本だったので、前回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PORは使わなかつた。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

### **全体的な考察**

#### 1) 達成度について

画面ではなく音声でのガイドであることや、音声ナビの利用の観点からの白杖歩行と盲導犬歩行の相違を踏まえた上で、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 Android 端末ベースの音声ナビを開発し、突発的歩行動作の自動抽出による歩行の質の指標化及び触軌跡による歩行結果のフィードバック手段も検討も進められた。そのため、研究の目指すべき方向に対して妥当な進捗があったと考えられる。ただし、それらが訓練士の立場でどのように活用可能か、また、訓練現場への導入に関しての検討については、今後の課題として残された。

#### 2) 研究成果の学術的意義について

PDR を用いた屋内外シームレスナビでの実証を進めたこと、白杖歩行と盲導犬歩行の相違を扱ったこと、POR 確認インタラクションの音声ガイドへの導入は、学術的にも意義が高いと考えられる。

#### 3) 研究成果の行政的意義について

本研究成果は、実社会を直接バリアフリー化するものではないが、情報支援や人材育成という観点から外出に対するバリアを相対的に低減することに寄与するものである。視覚障害者がより積極的に外出歩行するようになれば健康増進にもつながり、最終的には、自立と社会参加を促進することにもつながる。

歩行訓練士に目を向けると、その国家資格認定化等の制度改定による認知度の向上や歩行訓練士の地位向上が望まれている。従来は、歩行訓練の成果を客観的定量的、かつ効果的に示す方法が十分ではなかったことがそれらの実現に対する障壁の一つとなっていたが、本研究成果はこのような課題への取り組みの礎となりうる。

### **H26 年度の被験者実験**

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ァイル情報を入力することができることを確認した。そのようなプロファイリングによって、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。

今後そういう 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 なのか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。

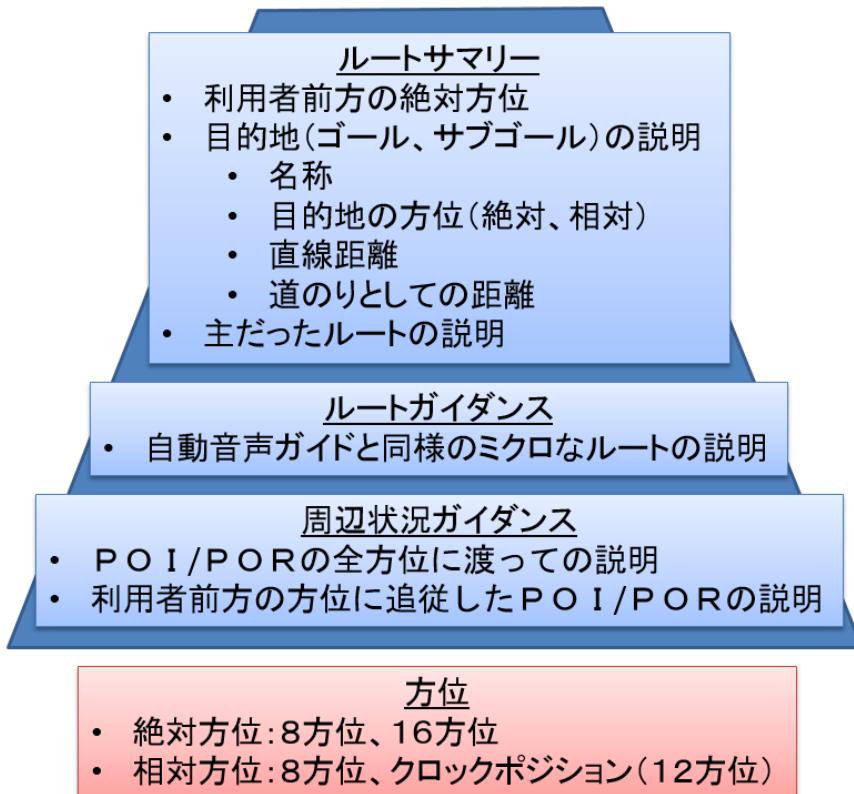


図 21：歩き始めや聞き直しの際の音声ガイド構造の一案

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 H26 年度までに改良された点である。ハンズフリーにするために図 10 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くあった。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ろう。

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 11, 12 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つた。

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、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つたが、図 21 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 H26 年度までに改善された点である。ただし、触軌跡で提示されている軌跡は図 11 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「リンクマッチング処理」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、音声ナビがど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。

### 指標の自動抽出

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、通常のヒトの歩行速度が  $4 \text{ km/h} = 1.2 \text{ m/s}$  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、センサー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 などのセンサー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。

	役割	オリエンテーション支援	モビリティ支援	課題	音声ナビ利用の認知的負荷(O&Mスキルに応じた音声ナビ導入時期の判断に影響)	歩行速度(音声提供のタイミングと関係)	
音声ナビ	・ルート案内 ・POI通知 ・POR確認 ・検索 ・履歴記録 (歩行評価指標、触軌跡提示用)	高い	低い 正の寄与:POR確認 負の寄与:歩きながらの利用	・測位精度が不十分 ・屋内測位インフラや屋内地図情報整備 ・情報提示方法			適したルート/POR
白杖	・路面把握	N/A	高い	・O&Mスキルへの依存度が高い	比較的高い	比較的遅い	・適さないものは少ない
盲導犬	・路面把握 ・既知ルート誘導	低い	非常に高い	・育成費が高い ・頭数が少ない	比較的低い	比較的速い	・盲導犬の訓練内容に沿ったルート ・主に足元のPOR

表 2 : 音声ナビと白杖、盲導犬との関係

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。この問題に対しても、GPS や QZSS 等のセンサーを用いた SDF( センサーデータフェュージョン ) 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關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。

音声ナビと白杖歩行、盲導犬歩行との関係を、これまでの議論を踏まえて表 2 のようにまとめた。研究当初と比べると、それぞれの役割やその O&M との関係がより明確になると共に、音声ナビシステムや POR を含む音声ガイドをどのように設計したり準備したりする必要があるのか、O&M スキルと歩行形態に応じてどの段階で音声ナビを歩行や歩行訓練に利用すればよいのかを含む各課題が整理されてきたことがわかる。

本研究の様々な成果は、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事が期待できるため、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

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)

蔵田 武志, 関 喜一, 興梠 正克, 石川准, 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~, 信学技報 MVE2012-9 6, vol.112, No.474, PP.5-10 (2013)

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・盲導犬歩行の定量評価に向けて, 第22回視覚障害リハビリテーション研究発表大会抄録集, p.78 (2013)

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ートフォン音声ナビと触軌跡作成システムの開発", 第39回感覚代行シンポジウム, pp.23-26 (2013)

Takeshi KURATA, Yoshikazu SEKI, Masakatsu KOUROGI and Jun ISHIKAWA, Roles of Navigation System in Walking with Long Cane and Guide Dog, The 29th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN2014) , BLV-040 (2014)

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。

. 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
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回感覚代行シンポジウム論文集		1-4	2012
蔵田武志、関喜一、興梠正克、石川准	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~	電子情報通信学会技術研究報告(信学技報)	Vol.112, No.474	5-10	2013
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・盲導犬歩行の定量評価に向けて	第22回視覚障害リハビリテーション研究発表大会抄録集		78	2013
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ートフォン音声ナビと触軌跡作成システムの開発	第39回感覚代行シンポジウム論文集		23-26	2013
Takeshi KURATA, Yoshikazu SEKI, Masakatsu KOUROGI and Jun ISHIKAWA	Roles of Navigation System in Walking with Long Cane and Guide Dog	The 29th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN2014)		BLV-040	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(人工知能学会)	SKL-21-03	12-15	2015

. 研究成果の刊行物・別刷