

## 画像・GPS等のセンサ統合による 屋内外視覚障害者歩行支援システムの評価

湯瀬裕昭<sup>+1</sup> 石川准<sup>+1</sup> 青山知靖<sup>+1</sup> 亀田能成<sup>+2</sup>  
青木恭太<sup>+3</sup> 村山慎二郎<sup>+3</sup> 蔵田武志<sup>+4</sup>  
興梠正克<sup>+4</sup> 石川智也<sup>+4</sup>

筆者らは、視覚障害者歩行支援システムの位置方位計測の精度向上、及び適用範囲の拡大を目指して、画像・GPS等のセンサ統合による日常利用可能な屋内外視覚障害者歩行支援システムの開発を行った。本論文では、筆者らが開発した屋内外視覚障害者歩行支援システムの概要と開発したシステムを評価するために行った実証実験とモニタ実験などについて報告する。

### Evaluation of a Multi-sensor Indoor-outdoor Walking Support System for Visually-impaired Persons

Hiroaki YUZE<sup>+1</sup> Jun ISHIKAWA<sup>+1</sup>  
Tomoyasu AOYAMA<sup>+1</sup> Yoshinari KAMEDA<sup>+2</sup>  
Kyota AOKI<sup>+3</sup> Shinjiro MURAYAMA<sup>+3</sup>  
Takeshi KURATA<sup>+4</sup> Masakatsu KOUROGI<sup>+4</sup>  
Tomoya ISHIKAWA<sup>+4</sup>

In order to provide more accurate position measurements for visually-impaired persons, we developed a multi-sensor indoor-outdoor walking support system by

<sup>+1</sup> 静岡県立大学  
University of Shizuoka

<sup>+2</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba

<sup>+3</sup> 宇都宮大学  
Utsunomiya University

<sup>+4</sup> 産業技術総合研究所  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

combining existing sensors such as image sensors and GPS sensors. In this paper, we provide an overview of our system. We also give an outline of our evaluation of the system and our monitoring experiments, and examine their results.

#### 1. はじめに

視覚障害者は、自由かつ安全に移動するためのインフラ整備、歩行支援機器、ガイドヘルパーの充実等を切望している。これまで視覚障害者歩行支援システムでは、RFIDタグ等のローカルインフラを用いる方式とGPSを用いる方式が試みられてきた。前者には新たにインフラを整備する必要があるという問題があり、限定的な環境における実験にとどまっている。後者は、新たにインフラを整備する必要はないが、市街地で頻発するマルチパス等に起因する大きな誤差に対処できないという問題がある。

筆者らは、視覚障害者歩行支援システムの位置方位計測の精度向上、及び適用範囲の拡大を目指して、画像・GPS等のセンサ統合による日常利用可能な屋内外視覚障害者歩行支援システムの開発を行っている。画像認識、歩行者デッドレコニング(PDR)、GPS、プレースエンジン、RFID、マップマッチング等の各種センサ技術の位置方位計測結果を統合する「センサ統合技術」と、視覚障害者の歩行の安全を支援するために画像検知およびレーザ(LRF)を用いて障害物を検知する機能を開発した<sup>[1]</sup>。得られた高精度の位置方位計測結果と障害物検知結果を元に、音声点字携帯端末で動作する視覚障害者歩行支援システムの試作機を開発した。

本論文では、筆者らが開発した屋内外視覚障害者歩行支援システムの概要と開発したシステムを評価するために行った実証実験とモニタ実験などについて報告する。

#### 2. 屋内外視覚障害者歩行支援システム

近年、視覚障害者向けの歩行ナビゲーションシステムが発売されるようになったが、GPS(Global Positioning System)を主体とした歩行ナビゲーションシステムでは、「停止時に方角を推定不能」、「マルチパスによる大きな測位誤差」、「屋内や地下街などの衛星からの電波が受信できないところでは利用不能」などのGPS固有の問題は解消されていない。

筆者らは、これらの問題解消のために、GPSに加え、画像認識、歩行者デッドレコニング(PDR)、プレースエンジン、RFID、マップマッチング等の各種センサ技術の位置方位計測結果を統合する視覚障害者歩行支援システムを考えた。複数のセンサによる位置情報を統合することにより、GPSでの正確な測位が困難であったマルチパス等の悪影響が大きい都市市街地や、GPS測位が不可能、もしくはWi-Fi測位では十分な精度が得られなかった屋内環境においても適切なナビゲーションを実現する。図2.1にセンサ統合による視覚障害者の歩行支援のイメージを示す。

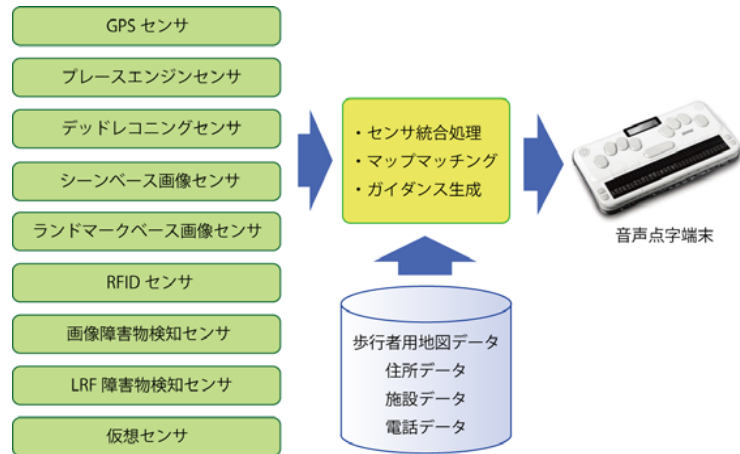


図 2.1 センサ統合による視覚障害者の歩行支援

本研究で試作した視覚障害者歩行支援システムでは、複数のセンサから得られた位置情報を集約し、最も正確と考えられる位置情報を取得するセンサ統合処理を行っている。センサ統合処理は1秒おきにくりかえし実行され、利用者の現在位置の提示に用いられる。センサ統合処理では、「センサ情報の集計」、「マップマッチング」、「デッドレコニングセンサに対する位置補正」の3つの処理を行っている。また、画像センサに対する参照位置の提示もセンサ統合処理の1つとして行っている。シーンベースおよびランドマークベース画像センサは、それぞれ画像データベースから、撮影画像に最も近い画像を検索する。この際、直前のセンサ統合処理で得られた位置および方位情報を画像センサに渡し、検索範囲をあらかじめ絞り込むことで、計算処理の軽減を行っている。

視覚障害者歩行支援システムでは、現在位置や経路などのナビゲーション情報を音声と点字で利用者に提示している。また、6点式の点字キーを使って、歩行支援システムへの入力や各種操作を行えるようになっている。点字入力や点字出力、音声出力のために音声点字端末を使用している。音声点字端末は、計算処理能力が非力であるため、別途ノートPCを用意し、その上で画像認識や各センサの計算処理を行うようにした。音声点字端末にはユーザインタフェース部分のみ実装し、ノートPCは背中に背負うリュックに格納した。LRF、カメラ、小型PDR、音声点字端末は専用のハーネスに固定し、体の前の部分にぶら下げる形にした。図 2.2 に本研究で試作した屋内外視覚障害者歩行支援システムの概要を示す。



図 2.2 屋内外視覚障害者歩行支援システムの概要

### 3. システムの評価実験

#### 3.1 実験コース

本研究の目標は、GPS が使えない地下街や、GPS の測位結果に大きな誤差が生じる高マルチパス環境でも利用できる視覚障害者向け歩行支援システムを開発することである。そこで、実験コースについては、両方の要素を合わせ持つ歩行コースを選定し、実証実験、モニタ実験で利用することにした。実験場所として、八重洲地下街と東京駅近郊を選定した。図 3.1 に実験コースを示す。実験コースでは、最初に東京駅近くの八重洲地下街の地下1階を出発地点とし約 250m 地下街を歩く。次に、中央通りの付近で地下街から地上に出て、高島屋日本橋店まで約 250m のビル街を歩く。中央通りとさくら通りの交差点付近から高島屋日本橋店付近にかけては激しいマルチパスが発生し、GPS の測位結果が非常に悪い。また看板は少なく、街並はこれといった特徴の少ないオフィス街であり画像認識の難しい区間である。最後に、高島屋日本橋店からさくら通りを通り、東京駅八重洲北口までの約 300m を歩く。さくら通りは雑居ビルが多く建ち並び、店舗が密集した地域で、車道は一方通行で、歩道も歩きづらい。また、東京駅寄りにグラントウキョウノースタワーや丸の内トラストタワーのような高層ビルが立ち並ぶため、さくら通りは GPS の測位結果が大きくなることが多い。



図 3.1 実験コース

### 3.2 実験方法

#### (1) 実証実験の方法

実証実験では、研究者が被験者となり、実験コースを、試作機を装着して歩く。別の研究者がサーバと各センサの挙動をモニタする。その際、ビデオカメラで歩行の様子を撮影し、すべてのセンサ情報をログに保存する。

#### (2) モニタ実験の方法

モニタ実験では、視覚障害者の被験者に実験コースを、試作機を装着して歩いてもらう。その際、ビデオカメラで歩行の様子を撮影する。ICレコーダで被験者のコメントを録音する。また、すべてのセンサ情報をログに保存する。

### 3.3 実証実験とモニタ実験

センサ統合とユーザインタフェースの性能評価のための実証実験とモニタ実験を表 3.1 のように実施した。システムの性能向上のために、実証実験とモニタ実験の間にシステムの機能確認を行うプレ実験も行っている。当初は、統合モニタ実験を 1 回だけ行う予定であったが、1 回目の統合モニタ実験<sup>[2]</sup>の後に歩行支援システムを更に改良し、2 回目の統合モニタ実験も行った。

表 3.1 評価実験

実施日	実験名	歩行回数	目的
2010年2月20日(土)	実証実験 1 回目	実験コース 3 回歩行	各センサの結合テスト
2010年2月26日(金)	実証実験 2 回目	実験コース 2 回歩行	各センサの結合テスト
2010年3月6日(土)	統合モニタ実験 1 回目	実験コース 3 回歩行	被験者によるモニタ実験
2010年3月12日(金)	プレ実験	実験コース 1 回歩行	マップマッチングのテスト
2010年3月19日(金)	プレ実験	実験コース 3 回歩行	各センサ精度向上確認
2010年3月20日(土)	実証実験 3 回目	実験コース 6 回歩行	各センサ精度向上確認
2010年3月30日(火)	プレ実験	駒込周辺	LRF の障害物検知動作の確認
2010年4月1日(木)	プレ実験	実験コース 3 回歩行	各センサ、マップマッチングの精度向上確認
2010年4月3日(土)	統合モニタ実験 2 回目	実験コース 5 回歩行	被験者によるモニタ実験

### 3.4 統合モニタ実験 2 回目

1 回目の統合モニタ実験の後、プレ実験や実証実験を行いながら歩行支援システムを改良し、2010年4月3日に2回目の統合モニタ実験を行った。2回目の統合モニタ実験について説明する。

2 回目の統合モニタ実験の被験者は表 3.2 のとおりである。

表 3.2 統合モニタ実験の被験者

	性別年代	視覚	単独歩行	備考
被験者 0	男 50 代	全盲		実験者の一人
被験者 1	男 30 代	全盲		
被験者 2	男 30 代	全盲		
被験者 3	女 30 代	全盲		盲導犬ユーザ
被験者 4	男 30 代	全盲		



最初に実験者の一人が歩行支援システムの動作確認のため被験者として最初に実験コースを歩行した。2回目の統合モニタ実験では、図 3.1 の実験コースの地上部分だけを使用した。

統合モニタ実験の際に被験者が歩行支援システムを使っている様子を図 2.3 に示す。被験者の安全を確保するため、実験中は被験者に実験補助者が同行している。



図 3.2 統合モニタ実験の様子

被験者が歩行支援システムを使用して実験にかかった時間を表 3.3 に示す。表 3.3 では、実験者である被験者 0 の時間は省いている。

表 3.3 統合モニタ実験の実験時間

	開始時刻	終了時刻	時間 (分)
被験者 1	11:27	11:42	15
被験者 2	12:20	12:45	25
被験者 3	14:00	14:15	15
被験者 4	14:54	15:10	16

歩行支援システムを使った実験終了後に各被験者にインタビューを行った。最後に、被験者全員に集ってもらい、使用した歩行支援システムについてグループディスカッションを行ってもらった。

### 3.5 実験結果

実証実験とモニタ実験で行ったシステムの評価結果について述べる。GPS とマップマッチングだけでは正しいナビゲーションがほぼ不可能な激しい高マルチパス環境でも、本プロジェクトのセンサ統合システムは、実証実験を重ねていって改良した結果、ほぼ正しいナビゲーションを提供できるようになった。本システムは多くの障害物を検知できるようになったが、処理速度の面に課題が残った。被験者へのインタビューやグループディスカッションなどから、音声点字携帯情報端末の操作方法とナビゲーションと障害物検知情報の提示方法については大方の被験者に支持されていることが明らかになった。

## 4. おわりに

本論文では、視覚障害者歩行支援システムの位置方位計測の精度向上と適用範囲の拡大を目指して開発した画像・GPS 等のセンサ統合による日常利用可能な屋内外視覚障害者歩行支援システムの概要について述べた。また、開発した歩行支援システムを評価するために行った実証実験とモニタ実験についても報告した。センサ統合により、地下街やマルチパスの起こりやすい環境において、単体のセンサよりも高い位置精度が得られた。今後は、ユーザインタフェースのさらなる改良や実用化に向けての研究を進めていきたいと考えている。

## 謝辞

本研究は、厚生労働省平成 21 年度障害者保健福祉推進事業（障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト）「画像・GPS 等のセンサ統合による日常利用可能な屋内外視覚障害者歩行支援システムの開発」による助成を受けて行った。

## 参考文献

- [1] T. Kurata, M. Kouroggi, T. Ishikawa, Y. Kameda, K. Aoki, J. Ishikawa, "Indoor-Outdoor Navigation System for Visually-Impaired Pedestrians: Preliminary Evaluation of Position Measurement and Obstacle Display", Int. Symp. Wearable Computers, (2011) (To appear).
- [2] 村山慎二郎, 青木恭太, 石川准, 湯瀬裕昭, 青山知靖: 視覚障害者用ナビゲーションシステムにおいて考慮すべき歩行特性の多様性, 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, Vol.110, No.164, pp.59-64 (2010).