

平成22年 5月26日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：2008 ～ 2009
 課題番号：20860039
 研究課題名（和文） 視覚障害者の単独歩行を支援するウェアラブルシステムの研究開発
 研究課題名（英文） The Wearable Travel Aid for Visually Impaired.
 研究代表者
 渡辺 寛望（WATANABE HIROMI）
 山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教
 研究者番号：30516943

研究成果の概要（和文）：

既存のインフラを用いて、視覚障害者の単独歩行を支援するウェアラブルな装置として、2つの機能の研究開発を行った。障害物検知では、5種類の障害物（壁、上り階段、床、下り階段、下り段差）を正しく判別し、障害物の種類と距離から危険度を定義して、危険度の通知を可能とした。ナビゲーションでは、直線で構成される屋内廊下の直進時と方向転換時において、センサ情報を融合して正確な現在位置の推定が可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：

Research and development in two functions was done as a wearable system which supports a walk of the visually impaired without the special infrastructures. Five kinds of obstacles (a wall, up stairs, a floor, down stairs and down level difference) were discriminated correctly, obstacle detection defined danger from the kind and distance of an obstacle, and the notice of danger was enabled. By navigation, sensor information was fused, and the positions were able to estimate at the time of going straight of a linear indoor passage and a turn.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2008年度 | 1,240,000 | 372,000 | 1,612,000 |
| 2009年度 | 1,120,000 | 336,000 | 1,456,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,360,000 | 708,000 | 3,068,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・システム工学

キーワード：支援装置、視覚障害者、ウェアラブル、画像処理、レーザレンジファインダ、障害物検知、マップマッチング

1. 研究開始当初の背景

(1) 視覚障害者の現状

現在、国内の視覚障害者は約31万人おり、

後天的な原因により視覚障害を起こす人が多いことから、高齢化社会が進む日本において視覚障害者は増えていくことが予想でき

る。さらに、人間の行動の80%以上は視覚情報に頼っているといわれており、視覚障害者は視覚から得る情報を残りの感覚で補って生活しているため、常にストレスを感じている。その結果、外出をためらったり、無理に行動し大きな事故が発生したりしている。しかしながら、視覚障害者が自立した生活をおくるためには、単独歩行は必要不可欠である。

視覚障害者の単独歩行を補助する方法として盲導犬の利用があるが、供給数などの問題があり、盲導犬だけで視覚障害者の単独歩行を支援することは困難である。

(2) ナビゲーションシステムの現状

ナビゲーションを行うシステムでは、現在位置を知るために、新しいインフラを用いたシステムやGPSを用いたシステムがある。新しいインフラを利用する場合、インフラを整備する時間と費用が大きいという問題がある。一方、GPSを用いる場合、屋内やビルの陰などGPSを受信できない場所では用いることができない。

(3) 障害物検知システムの現状

障害物を検出するシステムでは、超音波やレーザを用いる装置がある。超音波を用いる場合、空間分解能が低く、詳細に障害物の位置を検出することはできない。また、これらの装置は見落とすと危険な下り段差の検出には至っていない。

(4) 本研究のシステム

ナビゲーション機能と障害物検出機能を併せもち、新たなインフラを必要としない装置を開発しようという着想に至った。本研究では、ウェアラブルな装置とし、車椅子型などの装置とは異なり、利用環境を制限しないようにする。さらに、安全な歩行を補助するために、危険な場所である下りの段差や階段についても検出する。

2. 研究の目的

本研究ではシステムをナビゲーション機能と障害物検出機能の2つに分ける。ナビゲーション機能では、センサ情報を融合して現在位置を推定し、地図情報とのマッチングを行い、音声によって目的地まで誘導する。障害物検出機能では、レーザ距離計を用いて障害物までの距離を測定し、小型コンピュータで障害物の種類と危険度を判別し、音声やバイブレータで危険を通知する。

本研究では、視覚障害者の単独歩行を補助するために、目的地までのナビゲーションを行い、同時に下り階段などの危険な場所の検出と通知を行うシステムの研究開発を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、システムをナビゲーション機能と障害物検出機能の2つの機能に分けて研

究開発した。システム構成を図1に示す。カメラ、傾斜計、画像認識システム、LRF、小型コンピュータ、スピーカ、バッテリーにより構成した。カメラと傾斜計は肩に取り付け、LRFは背中と腰に取り付けた。その他の装置は、背中のリュックサックに収納した。

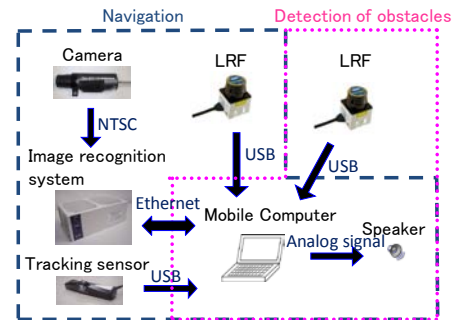


図1 システム構成

(1) ナビゲーション機能

カメラとレーザレンジファインダを用いて屋内の歩行者の現在位置を推定した。

直線的な廊下の直進時：カメラから得た画像を用いて(a)ドアと(b)壁と床の境界線を検出し、(a)と(b)の交点を特徴点として検出した。特徴点の変化から歩行距離を算出し、出発地点からの相対的な現在位置を推定した。

方向転換時：レーザレンジファインダを用いて周囲の壁を検出し、予めコンピュータに記録した地図情報とのマッチングによって現在位置を推定した。マッチングに適した地図情報、マッチング方法を提案し、マップマッチングを用いて方向転換中の絶対的な現在位置を推定した。

前提として、初期位置と初期方位は既知、初期位置や推定位置である位置情報の誤差は±1m以下、初期方位や推定方位である方位情報の誤差は±45度以下とした。地図情報において、通路は90度に交わっているとした。地図情報は20mmを1pixelとして壁の位置情報を予め記録した。

LRFを用いた自己位置方法は以下の通りである。はじめに、初期位置や現在位置の位置情報を用いて、地図情報から周辺の地図を切り出し、周辺地図を作成した。次に、LRFを用いて測距データを取得し、取得した測距データを周辺地図と同じスケールの画像に変換し、周辺地図とのマッチングを行った。マッチング結果から自己位置を推定した。

(2) 障害物検知機能

LRFを用いて上下方向にスキャンし、障害物までの距離と方向を測定する。LRFは、測定距離の精度が高く、また測距分解能が1mm、走査角度が0.35deg/scanと空間分解能も高い。測定結果から、ファジィ推論を用いて障害物の種類と危険度を判別した。危険度は障害物の種類と障害物までの距離に応じて決定した。

障害物の距離と方向から、人が判断する障害物の種類と危険度を調査し、判断した要因と判断結果からファジィルールを作成した。

4. 研究成果

(1) ナビゲーション機能

屋内の廊下を実験環境とし、約 25m の直線と方向転換を 2 回行った。図 2 はセンサ融合による自己位置の推定結果である。START から P1 までの区間と、P2 から GOAL までの区間は、LRF を用いた推定方法が有効であった。一方、約 25m の直線的な廊下では画像処理による推定方法が有効であった。センサ情報を融合することによって、START から GOAL までの自己位置を推定することができた。

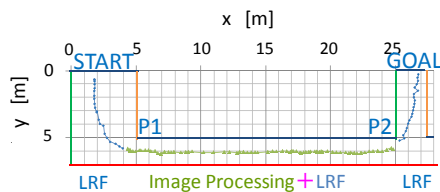


図 2 自己位置推定結果

図 3 は直線部分における自己位置推定結果とマーカーを用いて推定した自己位置である。推定結果から、 $y=6\text{m}$ の付近を $\pm 200\text{mm}$ の範囲内で移動している。この移動には、1) 歩行動作による LRF の位置の変化、2) 方向転換による歩行経路の変化、3) LRF の測距誤差 $\pm 10\text{mm}$ が含まれている。この結果から、歩行中の y 方向への移動は、LRF を用いることによって精度よく検出できることが確認できた。さらに、 $x=10\text{m}$ から 16m では、推定位置の間隔が広がっている。この結果から、歩行速度の変化にも対応して自己位置を推定できていることが確認できた。さらに、マーカーとの相対位置から求めた自己位置と比較し、自己位置の差を用いて推定精度を求めた結果、推定精度は 708mm であった。

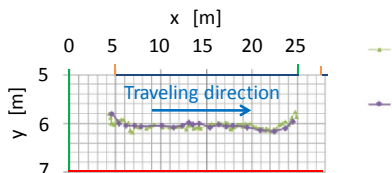


図 3 直線部分の推定結果

これらの結果から、センサ情報を融合することによって、方向転換や直線的な廊下を進む場合にも自己位置を正しく推定することが可能であった。さらに、直線部分において画像処理による進行方向に対する自己位置の推定に加えて、LRF を用いることによ

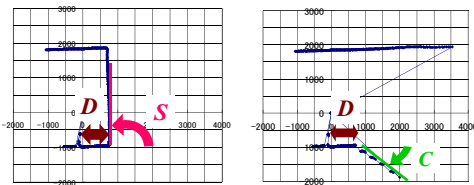
って、進行方向に対する横方向の推定を行うことが可能となった。

(2) 障害物検知機能

予備実験、聞き取り調査から、ファジィ推論に用いるパラメータは、以下の 3 つとした。

- D [mm] : 障害物までの床の長さ
- S [deg] : 床に対する障害物の傾き
- C [mm/step] : 障害物の 1step あたりの距離変化

図 4(a) は LRF を用いて壁を測定した結果である。パラメータ D は壁までの床の長さであり、パラメータ S は床と壁との傾きである。図 4(b) は下り階段を測定した結果であり、パラメータ D は下り階段までの床の長さ、パラメータ C は測定距離の変化である。



(a) 壁 (b) 下り段差
図 4 障害物の測定結果

各パラメータのメンバシップ関数を図 5 に示す。予備実験を行った結果からメンバシップ関数、ファジィルールを決定した。

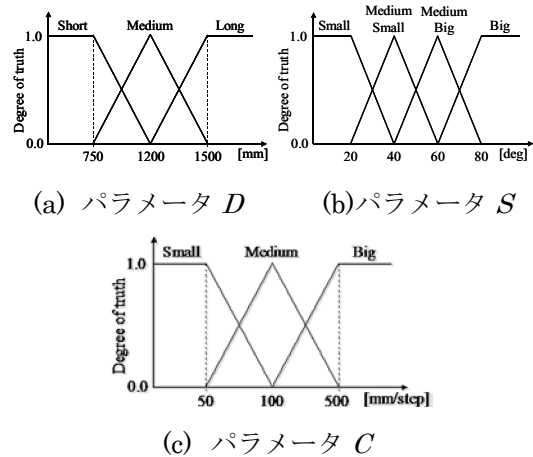


図 5 各パラメータのメンバシップ関数

4 種類の障害物 (壁、上り階段、下り段差、下り階段) に対して、 750mm 手前において検知した結果を示す。表 1 は 100 回の検知結果である。行に対象とした障害物、列に各障害物の検知率を示した。

表 1 から、4 種類の障害物に対して 100% 正しく判別し、検知することが可能であった。さらに、床に対しても 100% 正しく検知することが可能であった。

表 1 障害物検知結果

| Object | Detection rate | | | | |
|------------|----------------|----------|-----------|------------|-------|
| | Wall | Up Stair | Down Step | Down Stair | Floor |
| Wall | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Up Stair | 0% | 100% | 0% | 0% | 0% |
| Down Step | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% |
| Down Stair | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% |
| Floor | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% |

さらに、障害物までの距離が 1500mm から 300mm までの間を 100mm ずつ接近し、各距離において 250 回の検知を行い、危険度の変化を確認した。壁に対して、距離を変化させた場合の危険度の変化を図 6 に示す。壁の危険度を▲で示し、上り階段の危険度を×、下り段差の危険度を■、下り階段の危険度を◆で示した。図 6 では、250 回の危険度の平均値を示している。壁までの距離が短くなるにつれて、壁の危険度が上昇した。また、壁までの距離が 1.3m 以下の場合、壁の危険度はその他の障害物の危険度と分離でき、800mm 以下では危険度が約 1.0 となり飽和状態を示した。この結果から、壁までの距離が 800mm 以下の場合には壁であると判断でき、1.3m から 800mm の場合は壁である可能性が高いといえることがわかった。

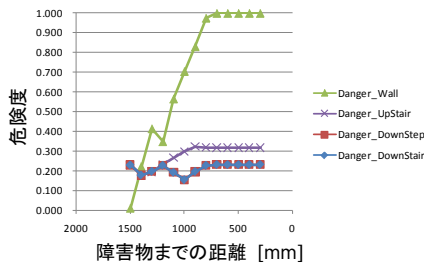


図 6 壁に対する危険度の変化

図 7 は、下り段差に対して距離を変化させた場合の危険度の変化である。下り段差までの距離が短くなるにつれて下り段差の危険度が上昇した。また下り段差までの距離が 1.2m と 1.1m の場合には、下り段差と下り階段の危険度が上昇し、1.0m 以下の場合には、下り段差の危険度のみが上昇してその他の障害物の危険度と分離でき、800mm 以下では危険度が約 1.0 となり飽和状態を示した。この結果から、下り段差までの距離が 800mm 以下の場合には下り段差であると判断でき、1.1m から 800mm の場合は下り段差の可能性が高いということがわかり、1.3m から 1.1m の場合には下り階段との区別はできないが下り段差の可能性が高いといえることがわかった。

上り階段、下り階段についても同様に距離が短くなるにつれて、対象の障害物の危険度のみが上昇した。

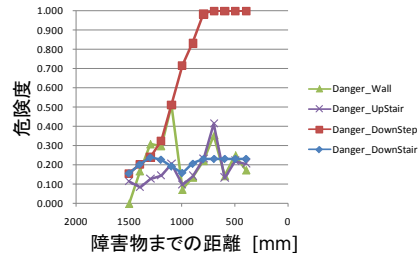


図 7 下り段差に対する危険度の変化

これらの結果から、本手法を用いて正しく障害物を判別可能であり、安定した検知が可能であることが確認できた。さらに、下り階段や下り段差を検出可能とした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 渡辺寛望, 丹沢勉, 小谷信司, 清弘智昭, 視覚障害者のための歩行補助装置における下り段差を含む障害物検知, ライフサポート学会誌, Vol. 20, No. 4, pp. 19-26, 2008 年 12 月, 査読有

[学会発表] (計 3 件)

- ① 渡辺寛望, センサ融合による自己位置推定を利用したウェアラブルナビゲーション装置、動画像処理実利用化ワークショップ 2010、2010 年 3 月 5 日、山梨
- ② 渡辺寛望, ウェアラブルナビゲーション装置のためのレーザレンジファインダを用いた自己位置推定、第 27 回日本ロボット学会学術講演会、2009 年 9 月 15~17 日、横浜
- ③ 渡辺寛望, 視覚障害者のための下り段差を含む障害物検知、日本福祉工学会第 12 回学術講演会、2008 年 11 月 29 日、山梨

[その他]

ホームページ

http://erdb.yamanashi.ac.jp/rdb/A_DisplayInfo.Scholar/2_3/7B821154659CC67A.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 寛望 (WATANABE HIROMI)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教

研究者番号：30516943