

様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成21年 5月22日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18500149

研究課題名(和文) 自己位置推定と環境地図の同時作成に基づく視覚障害者のための誘導システムの研究開発

研究課題名(英文) Research and development of the navigation system for the visually impaired with SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)

研究代表者

小谷 信司 (KOTANI SHINJI)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号：80242618

研究成果の概要：

本研究の目的は白杖を使用して単独歩行ができる視覚障害者の方々を対象として、目的地まで安全に誘導するシステムの研究開発である。

白杖に装着したマルチスポットレーザ光を画像処理することで、動的な障害物や階段、段差を検出し使用者に通知することを実現した。眼鏡に装着した小型ビデオカメラにより周囲の画像を取得して、マップマッチングを行い、使用者の現在位置の推定を行った。さらに、地図の同時作成を行なった。屋内、屋外の限られた狭い環境であったが実験でその有効性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,700,000	0	1,700,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	570,000	4,170,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：誘導システム、視覚障害者、画像処理、自己位置推定、環境地図

1. 研究開始当初の背景

平成7年度より屋外環境を自律移動するロボットの研究を行っており、その自律移動ロボットのアプリケーションの一つとして、視覚障害者をガイドするシステムの研究・開発を行っている。森山梨大学名誉教授を研究代表者とするマッチングファンドプロジェクトで「歩行ガイドロボット」の研究・開発を行った。日本にいる視覚障害者30万人の中で盲導犬がいれば自立した生活が送れる人は約2万人と言われているが、現在、日本の盲導犬の数は約750頭であり、盲導犬の代りをする歩行ガイドロボットの研究・開発を行うことは非常に意義がある。しかしながら、

- 1) 走行環境(傾斜や、凸凹)によりロボットが移動できない環境が一般市街地には多いこと、
- 2) ランドマーク、道路・歩道交通状況の変化(工事中、回避できない障害物の出現)が複雑にあること、

の2つの大きな問題点が研究を進めるにつれて明らかになった。

そのため、平成14～16年度：文部省科研費基盤研究(C)(2)(課題番号14550399)の補助のもと、「視覚障害者のためのウェアラブルナビゲーションシステムに関する研究」を行い、視覚障害者を安全に目的地までガイドする「ウェアラブルシステム」の研究開発を行った。

2. 研究の目的

[研究の全体構想]

視覚障害者の意見を最大限に考慮し、白杖を改造して、下り段差や階段の検出のために最大限に利用し、信頼性を高めたローカルナビゲーションシステムと、視覚障害者が初めての場所でも介助者の手助けなく、安全に目的地まで到着できるグローバルナビゲーション

システムと組み合わせたハイブリッドなシステム構成が全体構想である。

[具体的な目的]

・ローカルナビゲーションシステム: マルチスポットレーザ光を画像処理し、白杖の周辺の3次元情報を取得し、路面情報を振動子により視覚障害者に通達する。同時に、グローバルナビゲーションシステムに情報を送る。

・グローバルナビゲーションシステム: 眼鏡に装着したビデオカメラと、ローカルナビゲーションシステムより、周囲情報を取得し、自己位置推定と環境地図の同時作成(以降: SLAM (Simultaneous Localization And Mapping))により、自己位置推定の更新を行うとともに、環境地図の更新(XML-based Map System)を行う。視覚障害者への動作通知、状態通知を行う。

プロトタイプの研究開発を行い、屋内環境、屋外環境で実験を行い、改良を重ね、本研究開発装置の有効性を明らかにすることが、本研究課題の最終的な具体的目標である。

3. 研究の方法

研究開始当初の背景で記載した「歩行ガイドロボット」の写真を図1に示す。このロボットのネガティブな面を改良した「ウェアラブルシステム」の写真を図2に示す。本研究においては、これらのロボット、システムの長所を最大限に活かし、図3に示す新たな「ハイブリッドなシステム」を構築する。



図1: 歩行ガイドロボット (左)
図2: ウェアラブルシステム (右)

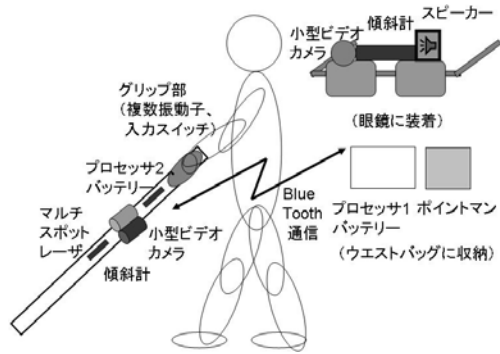


図 3：システムの全体構成図

研究の方法は以下の通りである。

(1) 山梨大学大学院医工学総合教育部博士課程人間医工学専攻所属の戸澤清茂氏が、平成17年8月に全国各県立盲学校宛に、視覚障害者の単独歩行、誘導、歩行支援に関するアンケート調査依頼を行っており、そのアンケート結果の詳細分析を行う。その詳細分析結果を基に、外部要求仕様の作成を行う。

「研究目的」で示した図 3 のシステム構成を、システム構成の観点から表したものを図 4 に示す。図4 が示すように、本研究は大きく3つのサブシステムに分けることが可能である。以下、サブシステム毎に分けて研究計画・方法を記述する。

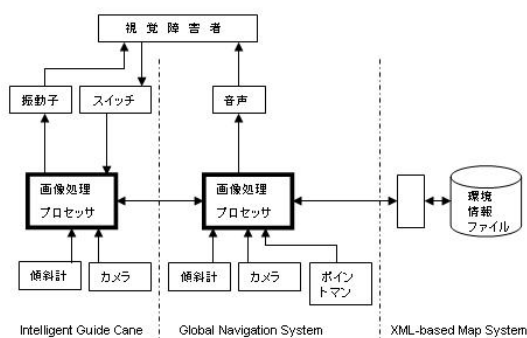


図 4：システム構成図

(2) **Intelligent Guide Cane の設計、ハードウェア・ソフトウェア開発、単体テスト**
 設計（システム構成、シミュレーション）
 ハードウェア設計・開発

ソフトウェア研究開発

単体機能テスト

マルチスポットレーザ、小型カラービデオカメラ、傾斜計、画像処理装置一式を利用して、Intelligent Guide Cane のプロトタイプを作成する。

はじめに、各装置のカタログ仕様と各装置取り付け位置、白杖の操作範囲、視覚障害者の歩行速度をパラメータとして 3 次元情報取得の精度と範囲と信頼性のシミュレーションを行う。必要な画像処理のサンプリングレートも求める。

次に、そのシミュレーション結果を基に、ハードウェアの設計・開発、及び、シミュレーションにより求めた画像処理サンプリングレートに適した画像処理アルゴリズムの提案、実装を行う。

最終的に、マンマシンインターフェース（振動子、スイッチ）を含めた、サブシステム全体の単体機能テストを行う。この際にも、Global Navigation System への通知情報が正しく出力されることを確認する。

(3) **Global Navigation System の設計、ハードウェア・ソフトウェア開発、単体テスト**
 設計（システム構成、シミュレーション）
 ハードウェア設計・開発
 ソフトウェア研究開発
 単体機能テスト

小型カラービデオカメラと現用品である傾斜計、画像処理装置を利用して、Global Navigation System のプロトタイプを作成する。

はじめに、Intelligent Guide Cane 及び、XML-based Map System とのインターフェースを定義する。

次に、ハードウェアの設計、実装を行う。

マップマッチングには、SLAMを屋外環境用に拡張した方式を採用する。SLAM部分は拡張

カルマンフィルタに基づく手法を適用する。最終的にマンマシンインターフェース（音声）を含めたサブシステム全体の単体機能テストを行う。この際には、Intelligent Guide Cane からの入力、及び、XML-based Map System からの入力にはダミー情報を利用する。

(4) XML-based Map System の全体設計、基本設計、詳細設計、基本ソフトウェアの作成

外部仕様設計、基本仕様設計、詳細設計
基本ソフトウェアの研究開発

小型ノート型パーソナルコンピュータを利用して、動的な環境変化に応じて動的に再構成するReconfigurable なXML-based Map System の設計、及び、基本ソフトウェアの研究開発を行う。

はじめに、外部仕様設計、基本仕様設計、詳細設計を行う。

SLAMにより、時々刻々と変化する推定自己位置情報と環境情報の更新に関しては、双方向リストを利用する。過去の履歴・更新情報・信頼度を属性として保持させることで、環境の一時的な変化、センサの異常値、処理の失敗などの突発的な事態に対応させる。

4. 研究成果

[全体]

研究開発した要素研究を結合し、屋内環境、屋外環境において総合テストを行なった。有効な実験結果より、白杖による単独歩行が可能な視覚障害者の方々に対して、安全性を確保できるシステムを構築できたことは大きな成果である。

[Intelligent Guide Cane]

マルチスポットレーザに加え、測域センサを鉛直方向に配置し、その処理結果も併用して、下り段差、下り階段の検出をロバストに実現したことは、視覚障害者のさらなる安全性を高める点で大きな

成果である。

[Global Navigation System]

歩行情報、歩行環境の推定を行い、歩数情報（デッドレコニング）による自己位置推定を実現し、歩行環境の推定により、地図情報とのマップマッチングが行えることを示し、Google Map上に自己位置と歩行環境をグラフィカルに表示するアプリケーションプログラムを作成したことは、処理の視覚化につながり、研究内容の理解が容易となり、広報に役立ったことは大きな成果である。

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 6 件）

①渡辺寛望、丹沢勉、小谷信司、清弘智昭、歩行支援装置における下り階段を含む障害物検知、Vol. 20, No. 4, pp. 19-26, 2008、ライフサポート学会誌、査読有

②Hiromi Watanabe, Shinji Kotani, Noriaki Kiyohiro and Sumihisa Hashiguchi, Research and Development of Wearable Walking Mate System, Proc. of IEEE Int' l Conf on Systems, Man and Cybernetics (SMC2007), 2007-10, #539 pp. 621-625, 2007 Montreal, CANADA、査読有

③K. A. Islam and Y. Watanabe: Improving the Quality of Query Request Authorization Process for the Access Control System to XML Documents, The 5th Asian Network for Quality Congress, 8 pages, (2007), 査読有

④K. A. Islam and Y. Watanabe: Access Control System to XML Databases A Framework, The 11th IASTED International Conference on Internet and Multimedia Systems and Applications, pp. 120-125 (2007), 査読有

⑤Yafang Shi, Shinji Kotani, and Hideo Mori: A Route Comprehension Support System for a Robotic Travel Aid, Systems and Computers in Japan, Vol. 37, No. 9, 2006, pp. 87-99、査読有

⑥K. A. Islam and Y. Watanabe:
Maintaining Data Consistency of XML
Databases Using Verification Techniques
The 11th Annual Asian Computing Science
Conference, pp. 257-264 (2006), 査読有

[学会発表] (計 11 件)

①携帯型歩行記録システム(PRESYS)における歩行情報表示アプリケーションの研究開発、濱田 祐介・稲嶺盛太郎・渡辺寛望・小谷信司、第26回ロボット学会学術講演会(神戸大学)、3K3-08、20080911

②視覚障害者のためのウェアラブル歩行支援装置の研究開発、渡辺寛望・小谷信司、平成20年度 やまなし産学官連携研究交流事業 医療・健康領域40 2008.09.02

③ウェアラブル歩行支援装置 WATE における歩行距離推定方法、渡辺寛望・小谷信司・清弘智昭、第25回ロボット学会学術講演会(千葉工业大学)、3L22、20070915

④携帯型歩行記録システム(PRESYS)における小型歩数計の研究開発、濱田祐介・小谷信司、第25回ロボット学会学術講演会(千葉工业大学)、2021、20070914

⑤視覚障害者の有効な音声情報と環境認知の分析、戸澤清茂・今宮淳美・小谷信司、電子情報通信学会 福祉情報工学研究会(WIT)(立命館大学 びわこ・くさつキャンパス)、20070125

⑥ Maintaining Data Consistency of XML Databases Using Verification Techniques (Khandoker Asadul Islam and Yoshimichi Watanabe),
The 11th Annual Asian Computing Science Conference, pp. 257-264, 2006.12.08

⑦初心者向け XBRL 文書作成支援システム(神宮司雄祐, 渡辺喜道), 電子情報通信学会技術研究報告(ソフトウェアサイエンス研究会), Vol. 106, No. 325, SS2006-52, pp. 19-24, 2006.10.27

⑧ウェアラブル歩行支援装置における OpticalFlow を用いた移動距離推定、渡辺寛望 小谷信司 清弘智昭、第24回ロボット学会学術講演会(岡山大学)、3I23、20060916

⑨ Maintaining Quality of XML Documents Used for Data Transmission or Storage (Khandoker Asadul Islam and Yoshimichi Watanabe),
The 4th Asian Network for Quality Congress, 6 pages, 2006.09.27

⑩アクセス制御機能を持つ利用者適応型 XML 文書処理系(串松陽介, 渡辺喜道), 日本ソフトウェア科学会第23回大会, 4B-2, 2006.09.14

⑪「視覚障害者の歩行時での有効な音声情報の分析」、戸澤清茂・今宮淳美・小谷信司、電子情報通信学会 福祉情報工学研究会(WIT)(静岡大学)、20060706

6. 研究組織

(1) 研究代表者
小谷 信司 (KOTANI SHINJI)
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授
研究者番号: 80242618

(2) 研究分担者
渡辺 喜道 (WATANABE YOSHIMICHI)
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授
研究者番号: 00210964

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