

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月28日現在

機関番号：52601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12967

研究課題名（和文）視覚障害者と健常者が共に快適でバリアフリーなオフィス環境を構築するシステムの開発

研究課題名（英文）Development of a system to create a comfortable and barrier-free office environment for both visually impaired and healthy people

研究代表者

松林 勝志（MATSUBAYASHI, Katsushi）

東京工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号：80239061

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：視覚障がい者が職場で安心・安全に移動でき、快適に働くことができる環境の開発を行った。UHF帯のRFIDを裏に貼り付けた15cm角の点字標識を都立八王子盲学校のすべての部屋の入口に取り付け、RFIDリーダーとスマートフォンでナビゲーション実験に成功した。さらにv-SLAMによる障害物検知とルート作成及びナビゲーションについても開発を行った。また薄暗い光でも動作可能な太陽電池駆動のBLEビーコンが開発されたため、RFIDをBLEビーコンに置き換え、スマートフォンだけでナビゲーションすることを可能にした。また7種の文房具についてディープラーニングによる学習を行い、良好な認識結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の社会的意義は、障害者雇用推進に寄与するため、視覚障害者と健常者が共に快適でバリアフリーなオフィス環境を構築するシステム開発を行ったことである。そのためにスマートフォンだけで屋内での視覚障害者ナビゲーションを実現し、目的の部屋まで障害物を避けながら音声案内することを可能にした。またすれ違う人が誰であるかを知り、視覚障害者から進んでコミュニケーションを取ることにもできる。加えて、文具を始めとするオフィス用品についても、その在処をスマートフォンだけで探せるようにした。開発だけでなく実証実験も行い、視覚障害者がオフィスで快適に働くためのバリアフリー化を進めることに貢献した。

研究成果の概要（英文）：A safe, secure and comfortable workplace environment for visually impaired has been developed in this study. 15cm square braille sign boards with UHF band RFID tag attached to the back were affixed to the entrances of all rooms in a school for visually impaired, and the navigation experiment for visually impaired with a RFID reader and a smartphone was succeeded. A system of obstacle detection, route re-creation and navigation with v-SLAM was also developed. Because a solar powered BLE(Bluetooth Low Energy) beacon that can operate even in dim light was released, we replaced RFID tags with the BLE beacons and realized the navigation with just a smartphone. In addition, the recognition experiment of seven stationery by deep learning showed good results.

研究分野：組み込みシステム開発

キーワード：視覚障害者 ナビゲーション RFID ディープラーニング SLAM ホロレンズ

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

障害者雇用促進法により、事業主は法定雇用率（民間企業 2%、公的機関等 2.2-2.3%）の身体障害者・知的障害者の雇用が義務づけられている。しかし雇用率達成割合は、公的機関では 70-80%前後と比較的高いものの、民間企業では約 45%にとどまり実雇用率は中小企業ほど低い[1]。一方、労働年齢の視覚障害者は約 17 万人であるが、実就労者は 5 万 4 千人に留まり、7 割近くが就労できていない[2]。また、教育・訓練施設在籍者及びハローワークを利用する視覚障害者の希望職種は伝統的な「あはき職種（あん摩マッサージ指圧師、はり師、きゅう師等）」が約 58%と最も多い[3]。しかし昨今の「癒やしブーム」から、視覚「健常」者、いわゆる晴眼者（晴眼業者）の「あはき職種」への進出（慰やしや美容目的なら無免許営業可能）がめざましく、視覚障害者の就労割合は 20%程度まで減少し視覚障害者の職業的経済的自立の障害になっている（あはき問題）。以上の対策として就労先の多様化を進めることが急務であるが、それには視覚障害者の特性を考慮した職場環境が未発達という社会的問題を解決しなければならない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、視覚障害者がその他の障害者や健常者と良好にコミュニケーションでき、共に快適に仕事ができる安心・安全な職場環境を提供することである。オフィスで視覚障害者が働く場合、安全に移動できる必要がある。視覚障害者は外出時、白杖の携帯又は盲導犬の同伴が義務づけられているが、それらはナビ機能を持たない。またオフィス内では、盲導犬の同伴は困難な場合がある。そこで ICT 技術を用いて視覚障害者を安心・安全に誘導でき、同僚との良好なコミュニケーション構築に役立つシステムを開発する。開発したシステムは、実際の企業のオフィスに適用し、運用を通じて改善点を洗い出し、世界初の実用システムを完成させる。本システムの普及を通じ、障害者（特に視覚障害者）の雇用率向上に寄与し、障害者雇用を後押しする。

3. 研究の方法

視覚障害者が安心して働くためには、オフィス内を安全に移動できなければならない。そこで自己位置を正確に推定し、オフィス内の目的地まで安心・安全に誘導するため、UHF 帯 RFID を利用する。RFID は電源が不要であり名刺のように薄く小型で非常に安価であり、UHF 帯 RFID は受信機との間で 2~3m 程度の通信が可能という特徴がある。この RFID をオフィスのカーペット等の下に一定間隔で配置し、鞆に入れた受信機と開発する専用アプリをインストールしたスマートフォンを用いて主に音声で誘導を行う。また社員のネームタグを RFID にすることで、視覚障害者は近くにいる人の情報を知ることができ、挨拶や会話などを通じ良好なコミュニケーションの構築を行うことが可能となる。さらにカメラを用いた v-SLAM 技術を適用することで地図作成と自己位置推定を同時に行い、廊下の幅や新しく置かれた障害物等の情報を自動取得することで RFID と合わせさらに安全な誘導を実現する。Deep Learning を用いた画像認識技術を適用し、オフィス用品を識別して知らせる機能の実現も目指す。



図 1 点字標識の例

4. 研究成果

(1) RFID タグ、BLE タグによるナビゲーション

当初、実際のオフィスを実験フィールドとして活用することで、民間企業と合意していたが、ビル所有者との交渉がうまくいかず、都立八王子盲学校で実証実験をさせていただくこととなった。盲学校の要望で、教室・体育館・食堂・職員室・トイレ等、すべての部屋の入口について、15cm 角の点字標識（図 1）を取り付けた。点字標識の裏には RFID タグを貼り付けている（図 2）。また、点字標識と点字標識の間にも、壁の下部にほぼ等間隔で RFID タグを貼り付けた。

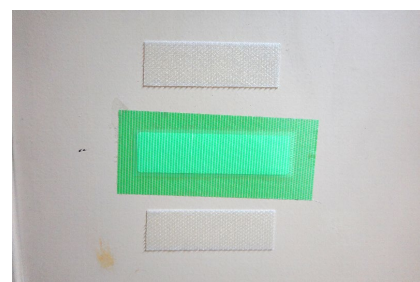


図 2 裏側の RFID タグ

点字標識のピクトのデザインについて、全盲でない視覚障害者がハレーションを起こしにくい色・デザインについて盲学校から提案があり、市販のピクトで対応できるデザインがなかったため、すべてオリジナルでデザインした。

視覚障害者のナビゲーションは、スマートフォンと RFID リーダーを USB 接続して行うが、実用性を考え RFID リーダーを懐中電灯サイズまで小型化し、実証実験を行い良好な結果が得られた。また本研究期間において、薄暗い光でも動作可能な太陽電池駆動の BLE



図 3 BLE タグ

(Bluetooth Low Energy) ビーコンが開発され、サンプル出荷が始まったので、RFIDをBLEビーコン(図3)に置き換え、ナビゲーション環境を再構築した。これによりRFIDリーダが不要になり、スマートフォンだけでナビゲーションを可能にした。

(2) v-SLAM 技術による障害物検知

当初、ZED Stereo Camera[4]を使用して、開発を進めていたが、空間マッピング(地図作成)・自己位置推定(SLAM)技術に基づきMR(Mixed Reality)を実現するヘッドマウント型デバイスである、HoloLens5の開発者向け提供が始まったため、本研究に導入した。

障害物を検知し避ける経路案内によりナビゲーションを行うため、HoloLensのSpatial Mappingにより逐次更新される歩行者前方の環境地図上で、ローカルな経路探索を行った。事前に用意した地図データから経路探索したグローバルな経路にローカル経路を統合し、障害物を避ける経路を作成した(図4)。図5は目隠しをした歩行者によりナビゲーション実験を行った結果を示す。障害物をよけて目的地に到達することに成功している。



図4 ホロレンズと構造

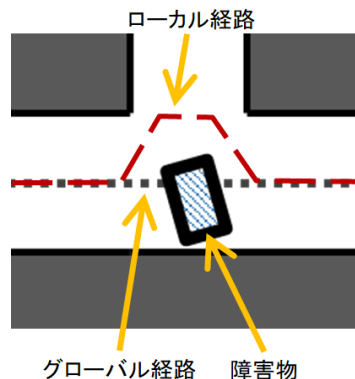


図5 グローバル経路とローカル経路

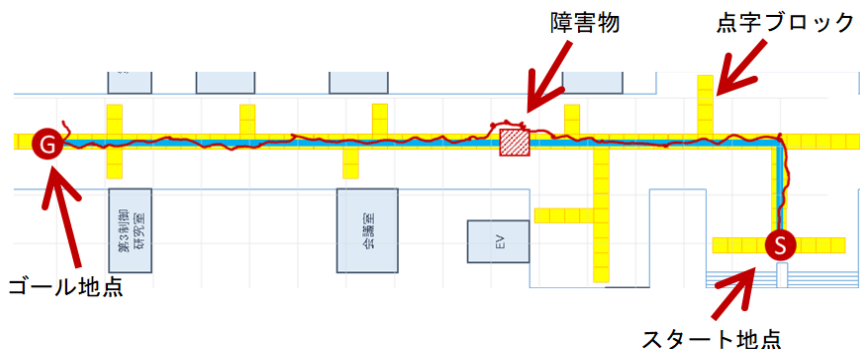


図6 ナビゲーションによる歩行軌跡(学会発表⑧)

(3) 機械学習(Deep Learning) ネットワークによるオフィス用品の学習と認識

スマートフォンのカメラを利用して、物体とその物体の位置を判断することを想定した実験を行った。スマートフォンで、ボールペン、ハサミ、キーボードなどのオフィス用品7種類について、動画撮影を行い、約3200枚の写真を用意しその90%を学習データとした。残りの10%は学習終了後の認識データとして使用した。

画像データと、その画像に写り込んでいる物体とその位置のデータのセットであるマイクロソフトの「COCO」について、事前に学習した機械学習ネットワークを利用し、用意したオフィス用品の写真を転移学習(追加の学習)することで、物体の種類と位置を認識させる。転移学習により、ユーザが認識させたい物体を認識させることができるようになる他、特に物体の位置について学習させるための大量のデータを用意することが不要になる。

機械学習ネットワークとしては、様々な物があるが、画像中の物体がある領域とその物体の種類を推定するのに適しているSSD(Single Shot Multibox Detector)を使用し、その中で使われる特徴抽出ネットワークとして、InceptionV2を選択した。

用意した学習用データを学習させ、学習状況を示す損失関数が十分低くなるまで学習を行い、学習していない10%の認識用データを入力させたところ、物体の認識の正しさと、正しい認識領域が50%以上となった場合の正しさ、の総合評価mAP(.50IOU)が82%となり、高い認識精度を得ることができた。

<引用文献>

- [1]平成 26 年障害者雇用状況の集計結果（厚労省），
- [2]平成 18 年身体障害児・者実態調査（厚労省），
- [3]視覚障害者の雇用拡大のための支援施策に関する研究，2009（障害者職業総合センター）
- [4]<https://www.ask-corp.jp/products/stereolabs/camera/zed-stereo-camera.html>
- [5]<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ①山下晃弘，佐藤佳，佐藤俊太，川口正太郎，松林勝志，UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向け歩行者ナビゲーションシステムの開発と展示会への適用，情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム，査読有，Vol.7，No.1，2017，pp.1-10

〔学会発表〕（計 9 件）

- ①遠藤勇樹，尾崎和真，山下晃弘，松林勝志，視覚障がい者向けナビシステムにおけるカメラ画像を用いた障害物検出及び自己位置推定法，情報処理学会第 79 回全国大会，2017
- ②遠藤勇樹，伊藤篤司，大塚康平，尾崎和真，上川畑慎吾，山下晃弘，松林勝志，UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向けナビシステムの開発と実証実験，第 8 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集，2016
- ③山下晃弘，佐藤佳，佐藤俊太，松林勝志，視覚障がい者ナビゲーションを目的とした RFID タグと準天頂衛星による位置測位システム，情報処理学会第 1 回アクセシビリティ研究会，2016
- ④上川畑慎吾，山下晃弘，松林勝志，UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向けナビシステムの開発と実証実験，M2M/IoT 利活用人材育成シンポジウム 2016，2016
- ⑤山下晃弘，佐藤佳，佐藤俊太，川口正太郎，松林勝志，UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向け屋内案内システムの開発と展示会への適用，情報処理学会第 16 回 CDS 研究会，2016
- ⑥Yamashita Akihiro, Sato Kei, Sato Syunta, Matsubayashi Katsushi, Pedestrian Navigation System for Visually Impaired People Using HoloLens and RFID, Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI), 2017
- ⑦Endo Yuki, Sato Kei, Yamashita Akihiro, Matsubayashi Katsushi, Indoor positioning and obstacle detection for visually impaired navigation system based on LSD-SLAM, Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE), 2017
- ⑧佐藤 佳，佐藤俊太，山下晃弘，松林勝志，視覚障がい者ナビゲーションのための HoloLens を用いた環境認識と障害物回避，情報処理学会第 80 回全国大会，2018
- ⑨山下晃弘，視覚障害者用ナビの可能性 ～準天頂衛星システム「みちびき」による高精度位置測位システムと応用～，視覚障害リハビリテーション協会・第 27 回 視覚障害リハビリテーション研究発表大会（招待講演），2018

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：山下 晃弘

ローマ字氏名：YAMASHITA Akihiro

所属研究機関名：東京工業高等専門学校

部局名：情報工学科

職名：准教授

研究者番号（8 桁）：80589838

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。