

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：32425

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03101

研究課題名（和文）視覚障害者の近接空間理解を目的としたハンドサインによる行動認識支援

研究課題名（英文）Action recognition support using hand signs to understand proximity space for visually impaired people

研究代表者

村井 保之（Murai, Yasuyuki）

日本薬科大学・薬学部・教授

研究者番号：30373054

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、視覚障害者の行動認識支援を目指し、携帯端末を活用した近接空間理解支援システムを試作した。試作したシステムは、カメラで進行方向を撮影し、AIによって安全に歩行可能な領域を検出しディスプレイに表示するとともに音声で示す。利用者は、ディスプレイ上の歩行可能領域の位置に基づき、カメラと体の向きを音の高低を頼りに調整して進行方向を決定する。この操作は、視覚障害者に対して手を取って方向を示す効果をもたらす。このシステムにより、視覚障害者が安全かつ自立した歩行を実現することが期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、視覚障害者の歩行支援技術が多く提案されてきたが、主な取り組みは歩行環境画像からの文字認識や横断歩道の識別などの位置特定であり、不十分な情報や手がかりのない状況下での危険回避は困難であった。また、視覚障害者が撮影した画像からの行動認識には、撮影した画像に必要な情報が映っていないなど、行動分析や機械学習に制約があった。

視覚障害者は歩行時に目標に向かいまっすぐに歩けない「偏軌傾向」があり、転落事故の原因であった。このため、視覚に代わって偏軌を修正するために、手を取って示すことが有効な手段とされる。これらの背景から、視覚障害者の歩行支援における近接空間認知支援の開発が求められている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a proximity space understanding support system using a mobile terminal to assist the action recognition of visually impaired people. The system captures the direction of movement with a camera, detects the safe walking area with AI, displays it on display, and announces it with audio. The user adjusts the direction of the camera and the body based on the position of the walking area on display and determines the direction of movement with the help of the height of the sound. This operation has the effect of showing the direction by taking the hand of the visually impaired person. It is expected that this system will enable visually impaired people to walk safely and independently.

研究分野：福祉情報工学

キーワード：視覚障害 AI 歩行支援

## 1. 研究開始当初の背景

ウェアラブルカメラと AI を用いて人の動作を理解する行動認識は、装着したカメラの映像から行動の意味を AI が分析し、その行動に対して支援を行うことを目標にしている。しかし視覚障害者の場合、カメラの映像から行動の意味を分析して学習・推定することが難しい。その理由は視覚障害により、カメラの映像が必ずしも行動認識に結び付く映像になっていないうえ、動作に冗長な部分が含まれているため、機械学習が困難になるからである。

これまで、視覚障害者の歩行に必要な認知地図を創生するために、多くの屋外歩行を支援する技術が提案されてきた。研究の主たる取り組みは歩行環境画像を解析して、看板等の文字を認識することで移動位置を特定することや、横断歩道や信号の識別を行うものであった。その種の研究では、歩行中に不十分な情報や手がかりのない状況下では危険回避が困難であった。

視覚障害者は歩行時に直進することが難しく曲がってしまう偏軌傾向があり、電車のホームからの転落事故の原因となっている。偏軌傾向を補正するために、視覚障害者の手を取って示すことは有力な手段となる。これは、視覚に代行して方向性の偏軌を修正する行為と考えられる。

これら背景を踏まえ視覚障害者の歩行支援(近接空間認知支援)手法の開発が求められている。

## 2. 研究の目的

本研究は、視覚障害者の行動認識支援、特に近接空間を理解するための携帯端末による支援を提供することを目標にしている。さらに、環境などの外的要因の分析だけでなく、不十分な情報や手がかりのない状況下での、視覚障害者が置かれている状況等の内的要因も分析することで、歩行時の偏軌傾向を含む様々な偏行状況を修正する支援手法を構築することに独自性があり、行動認識全般に渡る視覚障害補償支援を目指している。

## 3. 研究の方法

本研究では、歩行支援システムの試作を行い、前述の目的を達成するための具体的な手法を提案する。このシステムは、利用者が体に装着または手に持ったカメラで進行方向を撮影し、撮影された画像から AI を用いて、安全に歩行できる領域を検出し、音声でその方向を指示する。また、システムの操作は進行方向を撮影するカメラに利用者の指サインで行うことで、視覚障害者でも操作可能とする。

歩行可能領域の検出は、撮影された画像から AI を用いて進行方向にいる歩行者を検出する。検出した歩行者が歩行した場所は安全に歩行できると考えられるため、これを歩行可能領域として設定する。歩行可能領域はスマホやタブレットのディスプレイに表示し、利用者はディスプレイを指でなぞり、指が歩行可能領域に入った場合に音声で利用者に知らせる。その後、ディスプレイ上の歩行可能領域の位置に基づき、歩行可能領域がディスプレイの中央に来るようにカメラと体の向きを変えて進行方向を決定する。その際、歩行可能領域とディスプレイの中央との距離を音の高低で示す。この操作は、視覚障害者に対して手を取って方向を示す行為と同等の効果がえられる。

## 4. 研究成果

(1) 実際の歩行環境には一時的な障害物や工事などで通行禁止区域が存在する。しかし、それらすべての障害物を AI に学習させるのは難しい。そこで、本研究では障害物や通行禁止区域を検出するのではなく、自分以外の歩行者が歩いている場所には障害物や通行禁止区域が無いはずであると考え、歩行者が歩行した場所を歩行可能領域に設定することにした。図 1 は、試作したシステムが検出した歩行可能領域と歩行不能領域である。図中の緑で四角く塗りつぶされた部分 (A) が歩行可能領域である。色の違いは歩行者の進行方向である。緑の領域は利用者と同じ方向に歩行している歩行者がいるため、歩行可能である。青の領域 (B) は利用者に向かって移動している歩行者がいるため、歩行不能である。この画像を利用者のスマホやタブレットのディスプレイに表示する。利用者は表示された画像を指でなぞり、指が歩行可能領域や歩行不能領域に入った場合に音声でその旨を知らせる。図 1 では中央に歩行可能領域がある。また、図 1 の左右には、こちらに向かって来る歩行者がおり歩行不能領域となる。



図 1 検出した歩行可能領域

(2) 利用者と同じ方向に進む歩行者は歩行可能領域を示してくれるが、利用者に向かって来る場合は衝突の危険があり歩行不能領域となる。そのため、歩行者の進行方向を判定することは重要である。歩行者の進行方向の検出は以下の手順で行なった。

歩行者の検出に使用した AI は、画像中の歩行者を含む四角形の領域の頂点座標を返す。そこで、この四角形の上辺の長さを、数フレーム前と最新のフレームで比較する。最新フレームの辺が長い場合、歩行者の画像が大きくなっているため、こちらに向かって来ていると判定する。短い場合は同じ方向に進んでいると判定する。図 2 の左が数フレーム前、右が最新フレームで、矢印が上辺の長さを示す。右図の矢印が左図より長いので、こちらに近づいていることがわかる。

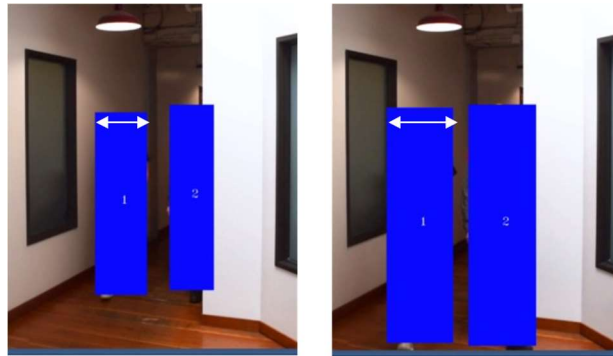


図 2 移動方向検出

(3) 試作した歩行支援システムは、歩行可能領域検出のための歩行者の検出に学習済みニューラルネットワークを用いた。ニューラルネットワークの実行は、Luxonis 社が開発したカメラと AI プロセッサで構成される OAK を使用した。ソフトウェアは OAK の開発用 API である DepthAI と歩行者検出サンプルプログラムを基に作成、そこに含まれる学習済みニューラルネットワークを用いる。OAK (図 3) は、筐体にカメラと AI プロセッサが内蔵されており OAK 単体で学習済みのニューラルネットワークの実行が可能である。ニューラルネットワークを変える事で、物体認識、人数カウント、顔認識、車両認識など様々な処理を行うことができる。DepthAI という API が用意されており Python か C++ でアプリケーションの開発が可能である。OAK は 3 万円程度で購入でき Raspberry Pi などと組み合わせることで安価にシステムを開発可能である。

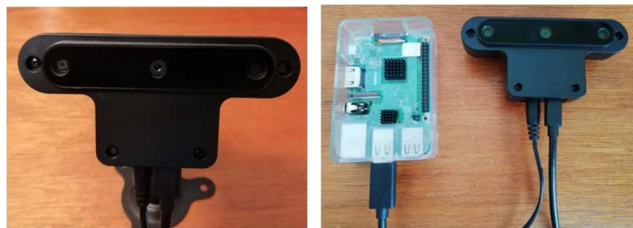


図 3 OAK と Raspberry Pi

(4) 利用者が歩行可能領域に進行方向を向けるために、本システムではカメラの移動と音を用いて指示をする。進行方向の変更はカメラを動かし、表示された歩行可能領域をディスプレイの中央に移動させることで行う。しかし、視覚障害者はディスプレイを見て操作は出来ない。そこで、歩行可能領域とディスプレイの中央との距離 (図 4 の赤い線) を音の高低で示す。距離が遠いときは低い音で、近づくにつれ音を高くし、音の変化を聞いてカメラの位置を調整する。この操作でカメラが向いた方向に歩行可能領域があり安全に歩行が可能となる。この方法は、パラリンピックなどの視覚障害者の射撃競技で使われる方法である。競技では視覚障害者は専用のビームライフルを用いて射撃を行う。ビームライフルは標的と照準との誤差を音の高低で示し、競技者は音を頼りにライフルの照準を標的に合わせる。この方法を使えば視覚障害者でも歩行可能領域をディスプレイの中心に合わせることが可能である。試作したプログラムで筆者が目隠しして実験したところ、少しの練習でかなり正確にカメラを向けることができた。この方法は特別な装置が不要で実現が容易である。



図 4 歩行可能領域と  
ディスプレイ中央との距離

(5) 視覚障害者が街を安全に歩くことは困難である。障害の性質上、目的方向にまっすぐ歩くことができないため、事故に遭う可能性がある。本研究では、視覚障害者が目的方向に安全に歩くことができるシステムを開発している。試作したシステムは、学習済み AI と OAK (AI カメラ) を使用して歩行者を検出し、検出された歩行者から歩行可能領域を設定しカメラを歩行可能領

域に向けて移動させることで進行方向を決定する。また、音声による案内技術を使用してカメラを歩行可能領域の方向に向けることで、視覚障害者が操作できるようにした。開発中のシステムは視覚障害者の歩行支援に役立つことが期待される。

当初の研究計画では、(1) 視覚障害者に見られる偏行状況を修正する手法の確立、(2) 学習支援も含めた様々な行動認識支援手法の確立、(3) 行動認識を訓練するシミュレータへの展開の3つを目指していた。(1)および(2)については概ね実現の目処がついたが、(3)の訓練シミュレータについては、(1)および(2)の成果から具体的なシステムの設計や実装には至っていない。今後は本研究で得られた成果を活用しその実現を目指す。

#### <引用文献>

- ① Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, Yumiko Ota, and Masahiro Miyakawa, Prototype of a method to support the walking of visually impaired by detecting the walkable area using pedestrians, International Journal of Engineering and Technology, Vol. 15, No. 2, 2023, 41-44

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Murai Yasuyuki, Tatsumi Hisayuki, Ota Yumiko, Miyakawa Masahiro	4. 巻 15
2. 論文標題 Prototype of a Method to Support the Walking of Visually Impaired by Detecting the Walkable Area Using Pedestrians	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Engineering and Technology	6. 最初と最後の頁 41～44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7763/IJET.2023.V15.1217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 村井保之、巽久行、太田友三子、徳増眞司、宮川正弘
2. 発表標題 視覚障害者歩行支援のためのAIを用いた歩行可能領域の検出と誘導方法の試作（2/
3. 学会等名 FIT2022（第21回情報科学技術フォーラム）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, Yumiko Ota, Masahiro Miyakawa
2. 発表標題 Development of walking support system for the visually impaired people using pre-trained AI model
3. 学会等名 2021 13th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC 2021)（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村井保之、巽久行、太田友三子、宮川正弘
2. 発表標題 視覚障害者歩行支援のためのAIを用いた歩行者と歩行可能領域の検出
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 巽久行、市川涼介、村田勇樹、堀江則之、村井保之
2. 発表標題 触察での形状理解における晴眼者と視覚障害者との脳活動の差異について
3. 学会等名 情報処理学会第84 回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川涼介、村田勇樹、村井保之、堀江則之、巽久行
2. 発表標題 機械学習を用いた誘導マーク認識と人流検出による重度視覚障害者向け駅構内歩行支援システム
3. 学会等名 情報処理学会第84 回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村井保之、巽久行、太田友三子、徳増眞司、宮川正弘
2. 発表標題 学習済AIを用いた視覚障害者歩行支援アプリの試作
3. 学会等名 FIT2021 (第20 回情報科学技術フォーラム)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 巽久行、村井保之、森野誠治、鈴木誠
2. 発表標題 レーザー網膜投影で電子白板の情報を視認させる弱視学生のための合理的配慮
3. 学会等名 FIT2021 (第20 回情報科学技術フォーラム)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 巽久行、市川涼介、小林真、関田巖、村井保之
2. 発表標題 触力覚を伴う擬似仮想オブジェクトの触察による形状認識での視覚障害者の脳活動について
3. 学会等名 FIT2021 (第20 回情報科学技術フォーラム)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, Yumiko Ota, Masahiro Miyakawa
2. 発表標題 Support for Visually Impaired Persons' Understanding of Proximity Space and Action Recognition Based on Pointing
3. 学会等名 2020 12th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井保之、巽久行、太田友三子、徳増眞司、宮川正弘
2. 発表標題 ウェアラブルカメラを用いた視覚障害者の行動認識と支援
3. 学会等名 FIT2020(第 19 回情報科学技術フォーラム)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 巽久行、村井保之、徳増眞司、関田巖、宮川正弘
2. 発表標題 音響感覚で形状理解を助ける視覚障害者のためのオブジェクト触知支援
3. 学会等名 FIT2020(第 19 回情報科学技術フォーラム)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------