

令和 4 年 9 月 10 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03486

研究課題名(和文) 全方位画像と画像認識を用いた屋外移動時における視覚障害者の為のデザイン

研究課題名(英文) Designing for the Visually Impaired in Sidewalk Walking Using Omnidirectional Imaging and Image Recognition

研究代表者

馬場 哲晃 (Baba, Tetsuaki)

東京都立大学・システムデザイン学部・教授

研究者番号：30514096

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,500,000円

研究成果の概要(和文)：開発したデータセットは約3万2000枚の画像に対して54万のインスタンス登録がなされており、国内における視覚障害当事者を対象とした画像認識データセットでは最大のデータセットとなった。実際に本データセットを利用した製品「EyeNavi」アプリケーションも開発され、実験結果からは8割以上の利用ユーザが本システムが実際の屋外歩行支援において役立つシステムであることを報告している。これらデータセットを継続して維持管理していくため、スマートフォンアプリケーションをリリースし、ユーザが手軽に現場の画像提供が可能な仕組みを提供した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AI技術の発展に伴い、学習の基となるデータセット開発は必要不可欠となる。本研究は特にその中で視覚障害者の屋外移動支援を目的とした大規模データセットの開発を行った。これは視覚障害に関わらず、近年注目をあびるパーソナルモビリティの安全装置としての応用利用等が考えられる。今後は視覚障害というエクストリームなユーザ環境に左右されず、それらを含むサービスやアプリケーション開発においても本データセットを利活用できる。プロジェクト期間を通じてすでに商用サービスに本データセットが利用されたことにより、今後も継続的なデータセット維持が可能となり社会実装による持続可能なデザインが実現できたと考えている。

研究成果の概要(英文)：The developed dataset has 540,000 instances registered for approximately 32,000 images, making it the largest image recognition dataset for visually impaired people in Japan. A product called "EyeNavi" application has been developed using this dataset, and experimental results show that more than 80% of users report that this system is useful in assisting them to walk outdoors in real life. In order to continue to maintain and manage these data sets, a smartphone application was released to provide users with a mechanism that allows them to easily provide images of the site.

研究分野：インタラクションデザイン

キーワード：アクセシビリティ 視覚障害 屋外移動支援 ナビゲーション データセット サステナブルデザイン

1. 研究開始当初の背景

視覚障害者にとって、屋外移動制約は自立心喪失やフラストレーションにつながり、ダイバーシティ、機会均等の観点から、解決すべき大きな社会課題である。白杖、盲導犬、ガイドヘルプの利用等が一般的な屋外移動手段となるが、白杖は取得情報範囲の狭さ、盲導犬やガイドヘルプはコストの高さが問題となっている。

白杖を利用した歩行では、道路の凹凸や障害物等の細かな周辺情報を取得することが可能である一方、その情報取得範囲は、白杖の限界である利用者の 1m 程度の範囲に限定されてしまう。つまり、視覚障害を持つユーザにとって、1m 範囲は白杖を用い、それ以外の遠方環境は主に聴覚を利用して周辺環境の情報取得を行うのが一般的である。そこでこのような遠方周辺環境情報の取得支援に関して多くの試みが行われている。ステレオカメラ、超音波、赤外線等の深度情報を利用し、ユーザに空間情報提示を試みる研究がなされてきた。これらアプローチは白杖機能の拡張であり、ユーザは周辺の障害物情報を取得することが可能である。しかし適切な周辺情報提示には、深度情報だけでなく、同時にラベリング情報も必要となる。コンピュータビジョン分野において、古くからテンプレートマッチングやオプティカルフロー等を利用し、物体の識別や動作情報を獲得する試みが多く行われてきた。この課題解決手法について、近年深層学習による画像識別が高スコアを示している。2012 年には Ciresan らは道路標識分類(誤り率 0.5%)、2013 年に Sermanet らは歩行者検出で認識性能を発表している。これら知見は近年の自動運転技術の発展に大きく寄与した。

coco(Common Objects in Context)や Imagenet により提供されている汎用画像郡を利用することで、歩行者や歩道等の区分はある程度可能となり、実際に幾つかの研究報告がある。一方で、視覚障害を対象としたデータセットに関しては充実しているとは言い難い。例えば 2,200 クラスのラベルが登録されている Imagenet において、横断歩道(crossroad, crossing)や信号(signal)、歩行者(pedestrian)ではおおよそそれぞれ 1,000 枚程度のデータセットが提供されている一方、誘導ブロックや押しボタン、さらには券売機、改札口、歩行者用信号に関するそれはほぼない。特に券売機や改札口等は国内固有の画像特徴を有するため、国内でのデータセット充実が不可欠となる。これら深層学習技術は、近年では一般企業からも開発キットがリリースされ、今後デザイン分野において必要不可欠なツールになることが見込まれている。

以上までは工学的観点から研究背景と、本研究の技術的な妥当性を述べたが、実際にこのような福祉機器開発を実践する場合、市場原理に起因する大きなデザイン課題が存在する。マーケットやユーザ数の小さい福祉機器開発は、その開発コストを売り上げで回収することが大量生産方式では非常に困難であることがよく知られている。視覚障害に限らず、社会に障害を抱えるユーザがアクセシブル技術を活用した製品を購入する場合、保険適用による製品購入が一般的である。保険適用には「自立した生活に必要な必需品」が条件であるため、QoL(Quality of Life)の観点から社会に障害を持つユーザが先端的な ICT 技術の恩恵を受けることは、現状の国内社会保障だけでは不十分である。

申請者はこのデザイン課題に対して、デジタルファブリケーションの観点から解決手法のケーススタディを行ってきた。膨大な開発コストを掛け、大量ロットを製造する仕組みから、個人のデザイナーやエンジニアが友人、家族の問題解決の為に低コストで、プロトタイプを作成する体験価値重視の小ロット開発を実現するデジタルファブリケーションを福祉機器開発に応用する取り組みに関してこれまで議論を深めてきた[1]。近年のロングテール市場に代表されるメイカーコミュニティは開発者自身が興味をもつ自己消化型が多い一方、この中で福祉機器開発は当事者と開発者が一対一で対話をしながら開発を進める方式が報告され始めている。その中で申請者は近年脚光を浴びている新型福祉デバイスの OTON GLASS、ONTENNA の開発者やファブリケーションの国内第一人者である田中氏と議論を行うことで、本研究における基礎的な協力体制を整えてきた[2]。近年のデジタルファブリケーションの発展により、個人のものづくり環境が飛躍的に整備されてきた一方で、これらを福祉機器開発に応用するためのデザイン手法やケーススタディが明確にされていない。特に大量生産方式と異なり製品を開発した場合のユーザサポートといった、持続可能な仕組みづくりが早急に求められている。以上より、核心をなす学術的「問い」は上記で掲げた、「デジタルファブリケーションを基盤とした個人ものづくりにおける、持続可能な福祉機器開発モデルを実現するために必要なデザイン手法は何か？」である。

2. 研究の目的

近年ではオープンな開発コミュニティ形成が重要視され、メイカーコミュニティに関する実践例が数多く報告されている。この手法を福祉機器開発に応用することにより、上記で述べたデザイン課題に取り組む。本研究がデザイン課題の解決手法として提案する、ユーザとメイカーコミュニティに関する構成を図 1 に示す。メイカーコミュニティは開発者自身が興味をもつ自己消化型が多い一方、この中で福祉機器開発は当事者と開発者が一対一で対話をしながら開発を進める方式が報告され始めている。これまで参加型デザイン(Participated

Design) やインクルーシブデザイン (Inclusive Design) 等のデザイン手法を利用した福祉機器開発事例が報告されている一方、失語症になった父の為 (OTON GLASS) , 聴覚障害の友人の為 (ONTENNA) といった 1 人の為のデザインからスタートするこの手法は、従来の福祉機器デザイン手法とは個人が主導するという観点で大きく異なる。

このような事例は、デジタルファブリケーションの環境整備により、いわば自然発生的に生じたものであるが、今後、対象ユーザが特定個人となる「リアルなペルソナ」が実践されるデザインケースが増加すると考えられる。特にケーススタディとして近年様々な分野で活用されている深層学習を利用することで、屋外歩行システムに限らず、異なるサービスやシステム展開においても本研究が多くの開発者やユーザにとって有益に活用される可能性が高い。

本研究では実際に深層学習を利用した画像認識による屋外歩行支援システム開発と、オープンソースコミュニティ形成を通じ、個人ものづくり時代に向けた福祉機器開発に必要とされるデザイン手法を明らかにすることが目的となる。

3. 研究の方法

上記目的に対して、次の 3 項目に関して、具体的な目標を掲げる。1. 視覚障害者向け屋外歩行支援システム開発により、視覚障害者が画像認識結果を歩行支援に活用できることを示す。2. オープンソースコミュニティを福祉開発に応用することで、持続可能なデザインモデルを明らかにする。3. 提案するデザイン手法により、新たな福祉機器開発を誘発することが可能であることを示す。以上が、研究開始当初に掲げた目標であるが、研究開始翌年度よりコロナ禍となり、様々な面での計画変更に迫られたが、1. 視覚障害支援用途の屋外歩行データセットの開発、2. 開発したデータセットを利用した歩行ナビゲーションアプリの社会実装、3. ユーザが自由にデータセット開発可能なスマートフォンアプリのリリースを通じ、本研究にて当初目標としていた、画像認識による屋外歩行支援システム開発と、オープンソースコミュニティ形成を通じた福祉機器システム開発をユーザ参加型のサステナブルな観点から実現を試みた。

4. 研究成果

上記で掲げた目標 1~3 に関してそれぞれの研究成果を以下に報告する。

視覚障害支援用途の屋外歩行データセットの開発

2018 年より本目的に特化した屋外歩行用データセットの開発を実施した。当初は物体検出のアノテーションを行っていたが、現在 (2022 年 6 月 20 日) では領域分割方式によるアノテーション作業も本研究の発展として継続している。開発した物体検出データセットは 32,036 枚の画像に対して、538,747 箇所インスタンス登録が完了している。本研究の詳細に関しては[1]-[10]を参照されたい。

開発したデータセットを利用した歩行ナビゲーションアプリの社会実装

上記で開発したデータセットを利用し、株式会社コンピュータ・サイエンス研究所と連携することで、視覚障害者向け歩行ナビゲーションアプリ「アイナビ」を開発した。また本アプリケーションを利用し、50 名程度の害を持つ当事者ユーザを対象とした評価実験を行った。実際の実験時における障害物等の検出制度は概ね 98% 以上を記録しており、約 8 割程度の被験者は実際の歩行において本システムが役に立つと考えていることをアンケート結果から示せた。本実験結果は現在国際会議に投稿中である。

ユーザが自由にデータセット開発可能なスマートフォンアプリのリリース

開発したデータセットのデザインプロセスをより継続可能なものにするため、データセットアノテーションに必須である画像収集に関してはユーザが容易にデータ提供可能なスマートフォンアプリをリリースした。スマートフォンアプリでは開発したデータセットを学習した物体検出器と自動ラベリング機能が付与されており、利用者は即座に自身の周辺状況に対して自動認識結果を取得することができる。さらに撮影した画像をサーバ送信することでアノテーション用素材画像としてデータセット開発に取り入れられる。

以下に本研究にまつわる発表論文等を示す。

- [1] 馬場 哲晃, ユーザ参加型物体検出データセット構築のためのアプリケーション, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2020-AAC-14, 4, 1 - 2, 2020-11-27, 情報処理学会
- [2] Tetsuaki Baba, " VIDVIP: Dataset for Object Detection During Sidewalk Travel, " J. Robot. Mechatron., Vol.33, No.5, pp. 1135-1143, 2021 DOI: 10.20965/jrm.2021.p1135,
- [3] Tetsuaki Baba, Design for the visually impaired when traveling outdoors using omnidirectional imagery and image recognition, Impact, Volume 2020, Number 7, November 2020, pp. 34-36(3), Science Impact Ltd,

<https://doi.org/10.21820/23987073.2020.7.34>

- [4] 馬場 哲晃, 渡邊 英徳, 釜江 常好, 視覚障害者の屋外移動支援技術とその持続可能デザイン, 計測と制御, 2020, 59 巻, 6 号, p. 387-392, 公開日 2020/06/17, Online ISSN 1883-8170, Print ISSN 0453-4662, <https://doi.org/10.11499/sicej1.59.387>
- [5] 馬場 哲晃, 石曾根 奏子, 渡邊 康太, 渡邊 英徳, 釜江 常好, 末松 圭史, 高田 将平, 久我 嘉明, 視覚障害者の屋外移動支援を目的とした国内特化型物体検出データセット開発, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2020, 25 巻, 3 号, p. 185-195, 公開日 2020/09/30, Online ISSN 2423-9593, Print ISSN 1344-011X, https://doi.org/10.18974/tvrsj.25.3_185,
https://www.jstage.jst.go.jp/article/tvrsj/25/3/25_185/article/-char/ja
- [6] 馬場 哲晃, 石曾根 奏子, 高野 衛, 安藤 大地, 渡邊 英徳, 釜江 常好, 視覚障害者の屋外移動時における周辺物体検出の可聴化に関する基礎検討とプロトタイピング, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2019-AAC-10(6), 1-4 (2019-08-16), 2432-2431
- [7] 渡邊 康太, 馬場 哲晃, 田村 賢哉, 渡邊 英徳, 釜江 常好, 広島平和記念公園における視覚障がい者の碑巡り支援の基礎検討, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2018-AAC-8(2), 1-3 (2018-11-23), 2432-2431
- [8] 石曾根 奏子, 馬場 哲晃, 渡邊 英徳, 釜江 常好, ユーザ参加型アノテーションにおける UI 及びデータオーグメンテーションのデザイン, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2018-AAC-8(1), 1-4 (2018-11-23), 2432-2431
- [9] 石曾根 奏子, 馬場 哲晃, 渡邊 英徳, 釜江 常好, 視覚障害者の屋外移動支援に向けた物体検出データセットの基礎検討とプロトタイピング, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2018-AAC-7(9), 1-4 (2018-08-17), 2432-2431
- [10] 馬場 哲晃, 渡邊 英徳, 釜江 常好, 深層学習による物体検出を用いた視覚障害者の屋外活動支援システムにおけるデザイン指針の検討とプロトタイピング, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2018-AAC-7(8), 1-4 (2018-08-17), 2432-2431
- [11] プロジェクトウェブサイト: <https://tetsuakibaba.jp/project/vidvip/>
- [12] アイナビ: <https://www.computer-science.co.jp/website/eyenavi/>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 本多 達也、馬場 哲晃、岡本 誠	4. 巻 26
2. 論文標題 聴覚特別支援学校（ろう学校）におけるOnテナを利用したプログラミング教育環境開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 254 ~ 265
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/tvrsj.26.4_254	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 -
1. 著者名 Baba Tetsuaki, Tokyo Metropolitan University 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065, Japan	4. 巻 33
2. 論文標題 VIDVIP: Dataset for Object Detection During Sidewalk Travel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1135 ~ 1143
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2021.p1135	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 該当する
1. 著者名 Baba Tetsuaki, Tokyo Metropolitan University 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065, Japan	4. 巻 33
2. 論文標題 VIDVIP: Dataset for Object Detection During Sidewalk Travel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1135 ~ 1143
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2021.p1135	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 該当する
1. 著者名 Baba Tetsuaki	4. 巻 2020
2. 論文標題 Design for the visually impaired when traveling outdoors using omnidirectional imagery and image recognition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 34 ~ 36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21820/23987073.2020.7.34	査読の有無 無
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 該当する

1. 著者名 馬場 哲晃、渡邊 英徳、釜江 常好	4. 巻 59
2. 論文標題 視覚障害者の屋外移動支援技術とその持続可能デザイン	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 387 ~ 392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicejl.59.387	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 -

1. 著者名 Baba Tetsuaki	4. 巻 2020
2. 論文標題 Design for the visually impaired when traveling outdoors using omnidirectional imagery and image recognition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 34 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2020.7.34	査読の有無 無
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 該当する

1. 著者名 本多 達也、馬場 哲晃、岡本 誠	4. 巻 25
2. 論文標題 Antenna : 触覚・視覚を利用した聴覚情報伝達装置のデザインと社会実装	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 334 ~ 345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.25.4_334	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 -

1. 著者名 馬場 哲晃、渡邊 英徳、釜江 常好	4. 巻 59
2. 論文標題 視覚障害者の屋外移動支援技術とその持続可能デザイン	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 387 ~ 392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicejl.59.387	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 -

1. 著者名 馬場 哲晃、石曾根 奏子、渡邊 康太、渡邊 英徳、釜江 常好、末松 圭史、高田 将平、久我 嘉明	4. 巻 25
2. 論文標題 視覚障害者の屋外移動支援を目的とした国内特化型物体検出データセット開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 185 ~ 195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.25.3_185	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7件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 馬場 哲晃
2. 発表標題 屋外移動支援を目的とした国内特化型データセットVIDVIPの特徴と運用設計
3. 学会等名 情報処理学会アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬場 哲晃
2. 発表標題 ユーザ参加型物体検出データセット構築のためのアプリケーション
3. 学会等名 2020-AAC-14, 4, 1 - 2, 2020-11-27, 情報処理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 馬場 哲晃
2. 発表標題 ユーザ参加型物体検出データセット構築のためのアプリケーション
3. 学会等名 情報処理学会アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 馬場 哲晃 , 渡邊 英徳 , 釜江 常好
2. 発表標題 深層学習による物体検出を用いた視覚障害者の屋外活動支援システムにおけるデザイン指針の検討とプロトタイピング
3. 学会等名 情報処理学会研究報告アクセシビリティ (AAC)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石首根 奏子 , 馬場 哲晃 , 渡邊 英徳 , 釜江 常好
2. 発表標題 覚障害者の屋外移動支援に向けた物体検出データセットの基礎検討とプロトタイピング
3. 学会等名 情報処理学会研究報告アクセシビリティ (AAC)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石首根 奏子 , 馬場 哲晃 , 渡邊 英徳 , 釜江 常好
2. 発表標題 ユーザ参加型アノテーションにおけるUI及びデータオーグメンテーションのデザイン
3. 学会等名 情報処理学会研究報告アクセシビリティ (AAC)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊 康太 , 馬場 哲晃 , 田村 賢哉 , 渡邊 英徳 , 釜江 常好
2. 発表標題 広島平和記念公園における視覚障がい者の碑巡り支援の基礎検討
3. 学会等名 情報処理学会研究報告アクセシビリティ (AAC)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

・プロジェクトページ：<https://tetsuakibaba.jp/project/vidvip>
・EyeNaviプロジェクトページ：<https://www.computer-science.co.jp/website/eyenavi/>

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
研究 分 担 者	渡邊 英徳 (Watanabe Hidenori) (00514085)	東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授 (12601)	
研究 分 担 者	釜江 常好 (Kamae Tsuneyoshi) (90011618)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・名誉教授 (12601)	

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
---------	---------