

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：31103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K02269

研究課題名（和文）先端技術による視覚障害者の歩行支援システムの開発及び実証的研究

研究課題名（英文）Development of and Empirical Research on a Walking Support System for the Visually Disabled Persons Using a Cutting-edge Technology

研究代表者

安部 信行（Abe, Nobuyuki）

八戸工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30433478

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）：はじめに、視覚障害者の日常的な歩行中の事故について、全国的な事故の傾向の分析を行った。過去5年以内の歩行事故経験率は3割であることが分かった。ドローンによる誘導システムに関しては、実現の可能性はあるが、航空法等の影響もあるため、現実的にはハードルが高い。VRによる歩行訓練システムや教育用VRに関しても、実空間での課題があるが、開発の意義があることは分かった。以上より、ソフト的な役割として、歩行訓練支援コーディネーターの提案をする。視覚障害者と眼科医、福祉団体、行政などを繋ぐもので、情報提供や歩行訓練のアドバイスを行う。これにより、歩行環境はハードとともに円滑となり、歩行事故の減少も期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、視覚障害者の歩行中の事故に関する調査結果より、事故経験率が高いことが明らかとなった。視覚障害者による歩行中の事故の傾向と対策を通して、歩行空間のバリアフリー、ユニバーサルデザインに繋がるものであり、学術的意義や社会的意義がある。また、それらを踏まえた歩行訓練の手法について、歩行訓練をいつでも、どこでも実施できるという視点から、訓練の促進に繋がり、歩行事故防止としての効果も期待できる。更に、歩行訓練のデジタルトランスフォーメーション（DX）化によって、人出不足の解消にも繋がる。

研究成果の概要（英文）：I analyzed the nationwide accident trends of everyday walking accidents involving visually disabled persons. I found that 30% of the people involved in the analysis have experienced walking accidents for the past five years. Although it is possible to realize a drone-based guidance system, such a system would be difficult to put into effect due to aviation laws, etc. Although there are issues in our society regarding VR walking training systems and educational VR, I found that there is value in developing them. Based on the above, I will propose a Walking Training Support Coordinator (hereafter, WTSC) should serve, as a soft role, connect, and visually disabled persons with ophthalmologists, welfare organizations, and government agencies, and provide information and advice on walking training. The establishment of WTSC is expected to reduce walking accidents.

研究分野：環境バリアフリー

キーワード：視覚障害者 歩行支援 歩行訓練 歩行事故 バリアフリー ユニバーサルデザイン VR

1. 研究開始当初の背景

視覚障害者が鉄道駅のプラットフォームから転落し、列車に衝突する死亡事故が後を絶たない。視覚障害者は近年、増加傾向にあり、その殆どは高齢期に特有の眼疾患や成人病の合併症による中途失明である。今後、高齢者で歩行訓練経験の少ない視覚障害者が、駅のホームや街中で危険な状況に晒され、社会活動の低減に繋がることが懸念される。視覚障害者が社会活動を円滑に推進していくためには、より身近な歩行訓練の充実が必要である。また、少子高齢化に伴い、人口減少で視覚障害者をサポートできる人材が限られていく中で、効率的で安心・安全な歩行訓練や防災支援システムの実現は必須であり、視覚障害者が社会で円滑に活躍していくためのシステムが求められる。これらが本研究開始当初の背景であった。

2. 研究の目的

本研究は、視覚障害者が日常的に歩行している際に発生している衝突・転倒・転落などの事故について全国的な調査を実施し、それらの結果を踏まえて、先端技術による視覚障害者の誘導やVRの技術を利用して、歩行訓練のツールを検討し、現場での実証的研究、歩行支援技術の提案を行うことを目的としている。また、だれにでも聞き取りやすい誘導音に関して検討したものを示す。

3. 研究の方法

1. 視覚障害者の歩行中の事故に関する全国調査

全国の視覚障害者を対象に、日本視覚障害者団体連合会などの視覚障害者団体を通して、特に単独歩行中の日常的に発生している事故について調査を行った。

2. ドローンを用いた誘導装置の検討

ドローン技術に関する検証を行い、ド視覚障害者の歩行支援に利用できる最適なドローンシステムについての調査を行った。その結果を踏まえて日本盲導犬協会へのヒアリング調査や視覚障害者支援団体とともに誘導用システムの検討を行い、さらに予備実験を実施した。

3. VRを利用した歩行訓練手法の検討

現在のVR技術について検証を行い、視覚障害者の歩行支援に利用できる最適なVRシステムについての調査を行った。また、国外で実施されている事例や需要も調査する。それと並行して、国立リハビリテーションセンター、日本盲人会連合、日本ライトハウスなど視覚障害者団体へのヒアリング調査、盲学校へのVR需要に関する調査を実施した。

調査結果を踏まえて、最適なVRシステムを利用した歩行訓練や防災訓練について、実際に撮影した動画（危険な場所など）やバーチャルな空間について予備実験を行った。

4. だれにでも聞き取りやすい誘導音・サイレン音の検討

視覚障害者が踏切内で電車に衝突して死亡する事故が発生しており、踏切の遮断機が上がっている際に、音で誘導できるようなシステムを検討した。

4. 研究成果

4.1 視覚障害者の歩行事故に関する調査結果

4.1.1 歩行事故に関する全国調査の概要

調査は2021年に青森県視覚障害者福祉会を通して、全国の日本視覚障害者団体連合から、電子メールでアンケートの協力を募った。青森県内の視覚障害者には、アンケート用紙について、墨字用と点字用の二種類を用意し、各個人が墨字、点字のどちらでも回答できるようにした。アンケートの構成は、質問総数27問であり、大きく分けて4項目となっている。項目、2、3における、事故の内容については、自由記述とした。

1. 回答者の属性、外出の頻度、使用している補助器具、歩行訓練に関する質問。
2. 屋外歩行時に遭遇した衝突、転倒、転落事故に関する質問。
3. 屋内歩行時に遭遇した衝突、転倒、転落事故に関する質問。
4. コロナウイルスの外出への影響に関する質問。

本研究では、骨折、裂傷、捻挫、強度の打撲などのケガに至るような事故を歩行事故として扱い、調査している。更に、その他についても、日常的に起きている軽傷程度の衝突、転倒、転落に関する質問や、歩きづらく危険を感じる場所、これからの歩行環境整備を進めていく上での社会に対する自由意見などを質問している。

4.1.2 歩行事故に関する全国調査結果

1) 回答者の属性

アンケート回答数は墨字、点字、電子メールの回答を含めて145通であった。質問項目は、性別、年齢、障害程度（全盲・弱視）、障害時期（先天性・後天性）、職業有無、通勤手段、通勤時間、外出頻度（ほぼ毎日、週3～4日、時々）、単独歩行状況（常に単独歩行、両方有り、常に介助）、歩行訓練有無、歩行訓練の訓練時間や訓練内容等である。

2) 屋外歩行時の事故について

回答者全体の屋外歩行における事故経験率を表-1 に示す。過去 5 年以内に発生した屋外歩行時の事故経験率は、回答者全体の約 3 割 (43 名) であった。事故の種類は、転倒事故 (19%) が最も多く、次いで衝突事故 (17%)、転落事故 (9%) の順番となっている。負傷部位は頭部へのケガが最も多かった。白杖ではとらえきれない上半身、特に顔面も含めた頭部へのケガが多数となっている。ケガの程度は、強度の打撲、骨折、裂傷が多い結果となっているが、中には、眼球損傷や靭帯断裂など、重大事故も発生している。

また、駐停車中の自動車や自転車に衝突してケガをする件数も多かった。転倒した原因は、段差や階段が最も多く、エスカレーターで転倒して靭帯を断裂した大ケガもみられた。また、雪道や凍った道で転倒してケガをしたケースも目立っていた。転落した場所については、階段が最も多く、側溝から転落したケースや蓋の開いたマンホールに転落したという回答もあった。また、近年でも死亡事故が多く発生している、駅ホームからの転落によりケガをしたという回答もあった。

表-1 屋外歩行時の事故経験率

事故の種類	人数 (事故経験者/全体)	事故率	全体	
			人数	事故率
衝突	25/145	17%	43/145	30%
転倒	27/145	19%		
転落	13/145	9%		

3) 屋内歩行時の事故について

家庭内事故の経験人数は、71 名 (49%) と高い発生率となっている。自宅以外の建物内における事故は 19 名 (13%) であった。また、建物内での小ケガの発生率は、57 名 (39%) である。家庭内事故で最も多いのは、半開きのドアに衝突するケースが大変多く、40 件程度発生している。また、階段から転落するケースも少なくない結果であった。特に高齢になり視覚に障害を持った場合に事故率が高くなっていることが明らかとなった。

4) 新型コロナウイルスの影響について

新型コロナウイルスに関して、外出に関わる影響に関して、影響があると回答した回答者は 105 名と大半であった。新型コロナウイルスによる外出への影響で目立っていたのは、声かけが少なくなった。ソーシャルディスタンスを保つことができない、などであった。

5) 屋外歩行しやすい環境、バリアフリー・ユニバーサルデザインにしていくための意見

視覚障害者から寄せられた、今後の事故防止や歩行環境整備に関する意見の一部を表-2 に示す。設計面などの意見に対する対応は難しいかもしれないが、モラルに関する問題もあるので、心のバリアフリーやユニバーサルデザインを実践していくことも重要である。

表-2 視覚障害者からの要望(一部抜粋)

・電柱の地中化の推進。
・点字ブロック上に物を置かない。
・歩行訓練を簡単に受けられる環境を整備して欲しい。
・同行援護サービスを事前予約無しでいつでも利用可能にして欲しい。
・声かけを増やして欲しい。
・最近、静かな車が多く、危ないので対応策を考慮してもらいたい。
・ガードレールを整備して欲しい。
・建物が完成した際に、設計者がアイマスク歩行することで実際に障害者に配慮されているか実感してほしい。
・トイレを広くしないで欲しい・・・など。

4.2 ドローンを用いた視覚障害者誘導装置の検討

本研究では、視覚障害者の歩行中の危険や事故の事例を検証した上で、図-1のイメージ図に示すようなドローンによる視覚障害者の誘導システムを開発検討した。遠隔地からガイドヘルパーや歩行訓練士などによるドローンの操作によって視覚障害者が盲導犬に誘導されるようにロボットで安全に誘導されるようなイメージである。バッテリー等はキャスター付きのキャリアバックのようなものに搭載することにより、長時間の運用が可能となる。実際にドローンを用いて視覚障害者を誘導できるか、検討した内容を以下に示す。数種類のドローンを用い、誘導に関する実験を行った。視覚障害者の安全な誘導を考慮して、ドローンサッカーに使用されるドローンを用いて実験を行った。ドローンサッカー用のドローンには、機体を覆うようなパーツが装着されており、プロペラなど歩行者に衝突する危険性が比較的少ない。今回の被験者は晴眼者であるが、アイマスクを装着してもらい、実験を行った。また、ドローンのプロペラ音は音圧が高く、誘導は音を通して有効であると考えた。そこで、アイマスクを装着した被験者が、ドローンのプロペラ音により誘導できるか検討を行った。近年、ドローンは航空法の改正により、より軽量のドローン（100g以下）でなければ勝手に飛ばすことができないなどの制約ができて、現実的な課題はあるものの、ドローンによる視覚障害者誘導の可能性に関しては期待できることが分かった。



図-1 ドローンによる視覚障害者誘導支援システムのイメージ図

4.3 VRを利用した歩行訓練手法の検討

4.3.1 視覚障害者サポート用VRの開発検討

VR (Virtual Reality・仮想現実) といえば、一般的には視覚を利用してバーチャルな空間を体験するものである。視覚障害者がVRを利用するとは、どういうことか。まず、視覚障害は千差万別であり、全盲から弱視まで様々である。視覚障害者用VRは、全盲向けとロービジョン（弱視）向けが考えられる。全盲向けのVRは、例えば、音による歩行訓練、におい・触覚による訓練などが考えられる。一方、ロービジョン（弱視）向けのVRに関しては、現状の歩行訓練プログラムにVRを取り入れることや、危険回避訓練などが考えられる。危険回避用シミュレーターのようなものである。例えば、飛行機やヘリコプターの操縦訓練では緊急事態の対処をフライトシミュレーターの活用を通して操縦トレーニングを行っている。視覚障害者も歩行訓練や危険回避、雪道のような非日常空間や災害時などをバーチャルな世界でトレーニングすることで駅ホームからの転落の防止をはじめ、歩行中の様々な事態への対処が可能となり、安全が担保された状況下で歩行訓練を実施することができる。寒冷地における積雪時や強風の中で歩行することが、視覚障害者にとって方向感覚を錯誤させるなどの問題となっている。それらの課題解決のために、VRを利用しようというものである。

4.3.2 視覚障害理解のための教育用VRの開発検討

視覚障害者が利用できるVRについては、上記のように示してきたが、ここでは、視覚障害者に関わる専門職向けのVR及び教育の現場で利用できるVRについて述べる。視覚障害者に関わる専門職とは、歩行訓練士、ガイドヘルパー、盲学校・特別支援学校の教員などが考えられる。また、教育向けのVRとは、教育・啓発用として障害理解を深めるためのものである。また、色弱体験、ロービジョン体験シミュレーターも考えられる。現在、市販の視覚障害体験キットが存在し、視覚障害リハビリテーション機関においても、道路横断や障害物の検知、駐車車両のバックミラー、階段などロービジョンシミュレーション歩行が実施されている。今回は、様々なシチュエーションを考慮したVRの開発を検討した。例えば、低視力、視野狭窄、透光体混濁、中心暗点などのロービジョンのうち、中心暗点について、360°カメラ（RICOH THETA Z1）を利用し、それらをスマートフォン・VRゴーグルを用いて予備的な実験を行った。それらを実際に被験者40名にVRゴーグルを通して見てもらい、さらに、視覚障害に関するアンケート調査を実施した。視覚障害者の人口に関する内容や、点字の識字率、視覚障害者に対するイメージなどである。被験者からは、視覚障害に全盲と弱視の存在について4割が知らないと回答していた。このVRシステムが今後、教育用として確立していくことを目標に開発を進めていく。

4.4 だれにでも聞き取りやすい誘導音の検討

2022年4月、関西地方における鉄道の踏切において、視覚障害者が踏切内から出ることなく、列車に衝突して死亡する痛ましい事故が発生した。この事故を受けて、国土交通省もガイ

ドラインを改定するなどの対策を取っている。その他、自治体でも踏切内に点字ブロックの設置を検討しているところがある。また、歩行訓練士団体も、このガイドラインを受けて、実証実験を実施している。しかし、今のところ、様々な検討はされているものの解決できていないのが現状である。踏切道内に点字ブロックを設置したところが、全国でも数カ所にとどまっており、普及していないのが現状である。そこで、視覚障害者当事者から、「音による誘導があれば…」という意見が出されている。これらを踏まえて、視覚障害者にも分かりやすく、また、だれにでも聞き取りやすい誘導音の検討を行った。聞き取りやすい音の検討は、シンセサイザー（KORG minilogue xd）を使用して行った。

人間の耳に最も感度が良い周波数は、2,000Hz～4,000Hz 付近と言われており、1,000Hz～4,000Hz の周波数帯域を中心とした音源を作成した。さらに、みんなが聞き取りやすいように、ホワイトノイズを付加した音についても検討を行った。これらの音に関して、人間の耳に聞き取りやすい音を検証する、ラウドネス分析を実施した。その結果、踏切道の遮断機の音よりも、開発した音の方がラウドネスの値が上回っており、聞き取りやすいことが分かった。また、聴感予備実験の結果、どちらの音も聞き取りやすいという意見が多かった。今後はこの作成した音を実際の踏切付近で誘導ができるか、実証実験を行う必要がある。

4.5 まとめ

本研究では、先ず、視覚障害者が日常的に遭遇している歩行中の事故について、全国的な結果の報告を行った。過去5年以内の屋外歩行事故経験率は回答者の3割を占めており、事故の頻度も高い。統計的に考える上では分からないが、実際には、相当数の事故が起きていることが推測できる。また、自宅も含め、建物内での事故も多発しており、今後の建築設計における対応、既存の建築物への課題もあげられる。視覚障害者の歩行環境整備は、歩行支援と事故防止の両面から考えて行かなければならないが、特に、事故防止に関する配慮も十分に対応していくべきである。また、新型コロナウイルスの影響は視覚障害者の外出等にも出てきており、健常者のみならず、視覚障害者をはじめとした障害者にも配慮した対策が必要である。ドローンによる視覚障害者の誘導システムに関しては、ここ数年で法改正が行われた、航空法の影響もあるため、現実的にはハードルが少々高い。VRによる視覚障害者の歩行訓練システム、教育用VRの検討に関しても、実空間での課題等があるが、開発を進める意義があることは分かった。以上のまとめより、ソフト的な役割として、視覚障害者歩行訓練支援コーディネーターの提案をする。図-2に示すように、視覚障害者と眼科医、視覚障害者福祉団体、行政などを繋ぐ役割で、視覚障害者の情報提供や歩行訓練に関するアドバイス、情報提供を行うコーディネーターである。このシステムが構築されれば、視覚障害者の歩行環境はハードとともに円滑となり、歩行事故も減少することが期待できる。

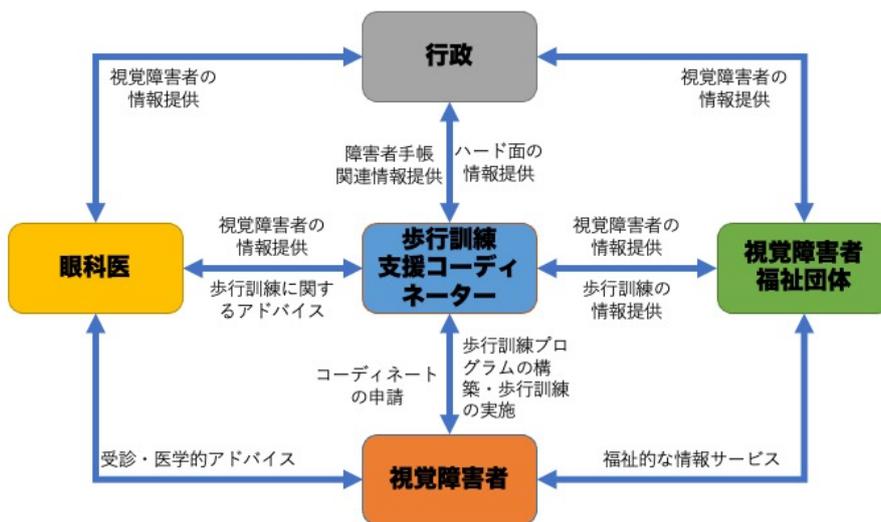


図-2 歩行訓練支援コーディネーターの提案

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 安部信行
2. 発表標題 視覚障害者の歩行事故防止のための解決技術に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安部信行、浅川拓克、吉村有矢、今明秀、小藤一樹、高屋喜久子、近藤英史、野田頭達也
2. 発表標題 他のサイレン音とYELP音のラウドネス解析及び主観的な評価とユニバーサルデザインにおけるサイレン音の検討
3. 学会等名 日本病院前救急診療医学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安部信行
2. 発表標題 視覚障害者の歩行環境整備のための歩行事故に関する基礎調査
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2021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
---------	---------