

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：25301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K12159

研究課題名（和文）視覚障害者が抱える道路横断初期時の課題を解消する終始安全な横断支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of a safe crossing assistance system that solves the problems blind and visually impaired people face in the early stages of roadcrossing

研究代表者

高戸 仁郎（TAKATO, Jinro）

岡山県立大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：10264904

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：視覚障害者の道路横断には困難や危険が伴うため、支援設備として音響信号機やエスコートゾーン等が開発されてきた。しかし、それらは横断中の進路維持や横断終期の確認に役立つものの、横断すべき方向の定位が必須な横断開始時や横断初期相においては、環境騒音や付与された機能の観点から、十分機能していない。そこで、我々はこの空白とも言える横断開始初期に明確な歩行方向を示す手がかりを開発し、視覚障害者が安全に道路を横断できる標示の長さや形状を実験的に割り出し、500mm以上必要であることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚障がい者の社会参加を促進するためには単独で外出できる社会環境の整備が必要である。特に、横断歩道は鉄道駅プラットフォームに並んで重大な事故が発生するリスクの高い場所であり、安全な道路横断を保障することは社会的な義務である。本研究は、これまで着手されていなかった道路横断初期相の歩行を支援する基礎的な条件を明らかにした。これによって、道路横断開始前や横断開始時に方向を正確に定位することが可能になり、他の歩行支援設備と組み合わせることで、終始安全な道路横断を可能にする。

研究成果の概要（英文）：Acoustic pedestrian signals and escort zones have been developed as support facilities to help blind and visually impaired pedestrians cross roads safely. However, while these are effective in maintaining the course during crossing and confirming the end of crossing, they are not fully functional in terms of environmental noise and their functions in phases such as at the start of crossing and in the early stages of crossing. Therefore, we lowered clues that clearly indicate the walking direction at the beginning stage of crossing, and experimentally determined the length and shape of markers that allow the visually impaired to safely cross the road. The result of the experiments indicated that the clues of 500 mm or more was found to be necessary.

研究分野：医療福祉工学

キーワード：視覚障害者 道路横断 触知標示

1. 研究開始当初の背景

視覚障害者が単独で歩行している際に危険と感じる状況としては、横断歩道上での車との接触があり、鉄道駅ホーム上からの転落に並んでいる。これらはいずれも生死に関わる重大な事故に繋がり、安全対策の遅れが指摘されている。視覚障害者の歩行支援設備には、我が国で開発された点字ブロックがあるが、誤って車道に侵入する事を避けるため横断歩道上には敷設されていない。そのため視覚障害者は道路を横断する前に、自分の渡るべき方向を車の走行音や縁石で見いださなければならないが、交差点の縁石は歩車道の境界を知るのに十分な高さのものばかりでなく、横断方向に対して向きは一定でない。また、横断歩道口に敷設されている点字ブロックには必ずしも横断方向を決定するのに十分な情報を提供していないことも報告されている¹⁾。

この道路横断の問題を解決する対策として、我が国では視覚障害者用音響信号付加装置(音響信号機)の改良が進められ、現在では異種鳴き交わし式と呼ばれる吹鳴方式が増加している。この方式は、対岸のスピーカーと頭上のスピーカーから交互に異なる信号音(例えば、“ピヨ”と“ピヨピヨ”)を吹鳴させ、音の違いによる方向指示機能を付加したものである。これにより、横断歩道両側のスピーカーが同時に同じ音を吹鳴する従来方式では不可能であった横断開始時の方向定位が可能になったが、その精度は音の反射など周囲の環境に影響を受けることが指摘されている²⁾。また音響信号機の設置されていない道路や従来同時同音吹鳴方式では、依然として横断方向を知る手がかりが少なく、視覚障害歩行者は危険な状態のまま横断開始することを余儀なくされている。

歩行中の方向を知る手がかりとしては、視覚障害者用道路横断帯(エスコートゾーン)が各地に普及している。これはペイント材による路面標示で、横断中の歩行方向に関する手がかりは得られるが、歩道から誤って車道に踏み込まないように、歩道の点字ブロックとエスコートゾーンの接続部には大きな間隔が設けられ、誘導の連続性が途切れるため横断開始後の早い段階でいかにエスコートゾーンの存在を知らせるかが課題となっている³⁾。

道路横断に際して予め歩行方向を知らせる手立てとして、諸外国では渡るべき方向を示す触知標示を歩行者信号用の押しボタン箱に設置している例がみられる。高戸らはこれらの触覚的手がかりを用いた方向定位の評価を行い、方向定位の精度は不十分であることを示した^{4,5)}。更に最適な触知標示の長さを知るために、異なる長さの触知標示モデルを用いて実際に歩行実験を行い、視覚障害者が方向定位に用いる触知標示は少なくとも100mm以上の長さが適していることを明らかにした⁶⁾。しかし視覚障害者の歩行には偏軌傾向が存在し、歩行距離が長くなれば横断開始時の方向を維持することは難しいうえに、わが国の幹線道路は20mから長いものでは40m以上の幅員がある。仮に横断歩道の幅が4mであったとしても、たとえ直進できたとしても中央からの出発角度が左右に5度以上ずれれば20m先では横断歩道から逸脱してしまう。押しボタン箱は信号灯の柱に設置されることが多く、横断歩道の渡り口からは離れている。道路横断の起点となる場所が横断歩道から左右に移動すれば、許容される出発角度は更に小さくなるため、出発地点は横断歩道渡り口の中央に近いことが望ましい。

横断歩道渡り口付近には車両の進入を防止する車止め(ポラード)がヨーロッパで多用され、わが国でも設置が進んでいる。このポラードに方向提示の機能を付加できれば、エスコートゾーンへの到達を保証する、また単独でも相当距離の横断歩道直進を支援するシステムの構築に繋がると考えた。しかし、触知表示の最適な長さに関しては明らかにされているものの、ポラードにどのような形で標示を設置するのが最適かについては未解明のままである。また偏軌傾向があるため、ポラードだけに依存するシステムは安全な道路横断には機能不足であるが、道路横断前半でエスコートゾーンを検出でき、あるいは道路横断後半で音響信号機の信号音を手がかりにできれば、20m以上の距離でも誘導は可能である。これまでは個々の道路横断支援設備についてその機能向上のための検討は進められてきたが、複数の支援設備を併用することによる安全な道路横断支援システム構築の可能性について検討されてこなかった。本研究により複数の支援設備を融合した歩行支援システムの有効性が証明されれば、視覚障害者の残存機能を有効活用した、より強固な歩行支援システムの構築が可能となる。

2. 研究の目的

視覚障害者が手指を用いて歩行方向を定位するために、触知標示をポラードにどのような向き、形で設置すべきかを明らかにする。そのために、標示の向きや形状の条件を変えた歩行軌跡の解析から触知標示の向き、形状などを最適化する。それを基に方向提示機能を付加した、歩行の妨げとならず検知しやすいポラードを開発する。

3. 研究の方法

(実験1) 100mmを基準とした手すり(35)を触覚的手がかりとして、道路横断初期の歩行軌跡を検証するため3x5mの歩行路を実験室内に設置し、スタート地点手前に手すりを水平に配置した(図1)。手すりの設置高さは手背、手掌で迎える高さの85cmとし、歩行軌跡を元に算出された歩行路中心からの偏軌距離によって歩行方向の定位精度を評価し、最も偏軌の少ない設置

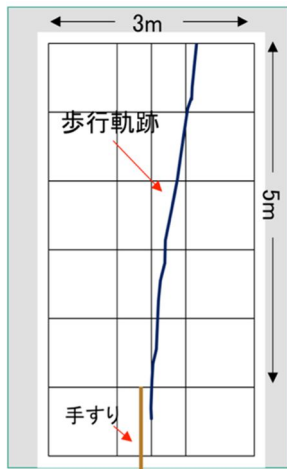


図1 実験セットアップ

形態を最適とする．手すりの長さは，100，250，500，1,000mm の 4 段階とし，歩行開始時から一定の速度に達するまでの間に触知標示を辿って歩く動的定位法の効果を検証した．被験者は 10 年以上の単独歩行歴を有する 4 名の視覚障害者(女性 2 名,平均 62.2±4.4 歳)とアイマスクを装着した晴眼者 5 名であった．

(実験 2) 実験 1 と同様のセットアップで，視覚障害者 10 名(女性 4 名,平均年齢 61.5±10.4 歳)を対象とした歩行実験を行った．全員 10 年以上の単独歩行歴を有していた．被験者は，手掌と手背をそれぞれ手がかりに沿わせた条件で歩行を開始した．偏軌距離を計測し，歩行に関する自信の程度を聞き取った．

最適化された歩行方向を提示する機能を付加した改良型ポラードについて，触覚的手がかりの設置面，ポラードの高さ，幅，形状も検討した．

4. 研究成果

(1) 最適な触知手がかりの形状に関する検討．

(実験 1) 歩行開始地点と各試行での 3m 地点を結んだ線分と，歩行路長軸とのなす角度(偏軌角度)を算出した．視覚障害者が静止した状態で方向定位した先行研究の結果と比較すると，100mm の条件では歩きながら方向定位をしたときに偏軌角度が小さく，精度良く方向定位できていた．これにより，長さが短い手がかりでも前方に歩きながら手がかりを触知する動的定位法の有用性が示唆された．

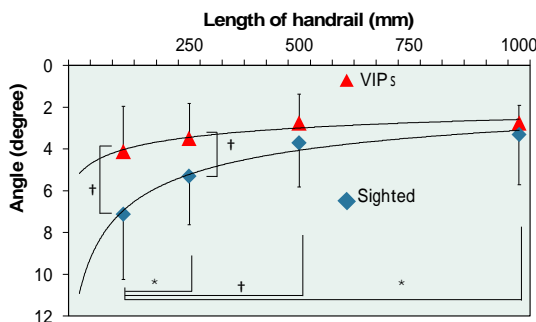


図 2 視覚障害者(VIP)と晴眼者(sighted)が手すりを用いて方向定位した際の偏軌角度

き手のそれとの間で顕著な差はみられなかったが，晴眼者は 100，250，500mm の長さではその差が大きかった．歩行初期時の偏軌角度を 3m 地点でみたところ，視覚障がい被験者は手がかりの長さが長くなるにつれて偏軌角度が小さくなり，500mm 以上で定常状態となった．今回採用した方向定位の方略，すなわち動的定位法は，手掛かりを辿りながら歩行する区間が長くなれば，身体の向きと手がかりの示す向きを一致させるための時間が長くなるため，方向定位の精度が向上したと考えられる．ただし，歩行後の自信の程度は手すりが短いほど低くなるため，適切なフィードバックにより自信の程度が向上すれば，方向定位の新たな手がかりとして有用であると考えられた．

(実験 2) 歩行開始時の偏軌角度は，手がかりが 100mm の時 6.0 度，250mm で 5.1 度，500mm で 4.2 度，1000mm では 3.6 度で，手がかりが長くなるにつれて小さくなった．利き手と非利き手の影響が歩行開始時の VA (偏軌角度) におよぼす影響を二元配置分散分析で比較した．

利き側の主効果は有意ではなく，利き手と非利き手の間には，偏軌角度に有意差は認められなかった．手がかりへの触れ方において手掌と手背の影響が歩行開始時の偏軌角度に及ぼす影響を検討した(図 3)．手掌で触知した時の方が手背で触知した時よりも偏軌角度は有意に小さかった($F(1,8)=6.91, p<0.05$)．また，手背で触知した時は手がかりの長さが 250mm 以下で偏軌角度が大きく，500mm 以上で定常状態になった．多重比較の結果，手背で触知した際に手がかりの長さが 250mm と 500mm の間で有意傾向であった．

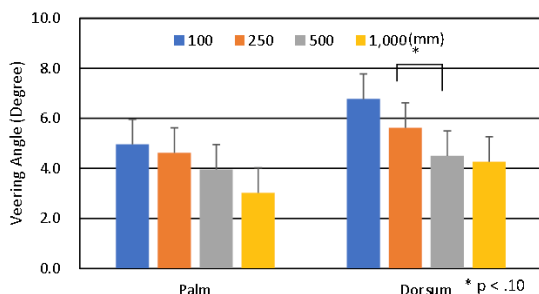


図 3 触知手がかりを用いる手法(手掌・手背)ごとの手すりの長さとの偏軌角度

視覚機能と手すりの長さを要因とする二要因分散分析の結果，交互作用は有意傾向であった($F(2.46,14.74)=2.67, p<.10$)(図 2)．視覚機能別に長さの主効果を調べた結果，晴眼者において主効果が認められた．多重比較の結果，長さ 100mm に比較し 250mm と 1,000mm で有意($p<.05$)に小さく，500mm で小さい傾向($p<.10$)がみられた．一方，視覚障がい者では差はみられなかった．手すりの長さ別に視覚機能の主効果を調べたところ，100mm と 250mm で視覚障がい者は晴眼者より角度が大きい傾向がみられた($p<.10$)．また，視覚障害者は利き手で手がかりを辿ったときと非利き手との間で顕著な差はみられなかったが，晴眼者は 100，250，500mm の長さではその差が大きかった．歩行初期時の偏軌角度を 3m 地点でみたところ，視覚障がい被験者は手がかりの長さが長くなるにつれて偏軌角度が小さくなり，500mm 以上で定常状態となった．今回採用した方向定位の方略，すなわち動的定位法は，手掛かりを辿りながら歩行する区間が長くなれば，身体の向きと手がかりの示す向きを一致させるための時間が長くなるため，方向定位の精度が向上したと考えられる．ただし，歩行後の自信の程度は手すりが短いほど低くなるため，適切なフィードバックにより自信の程度が向上すれば，方向定位の新たな手がかりとして有用であると

この動的な方向定位を使用する際の確信度を各試行後に測定した．被験者は，「全く自信がない」「やや自信がある」「あまり自信がない」「むしろ自信がある」「かなり自信がある」のいずれかを選択するように求められた．

前者の 2 つは，より低い確信度として，後者の 2 つは，より高い確信度として要約され「どちらでもない」が中間に分類された(図 4)．

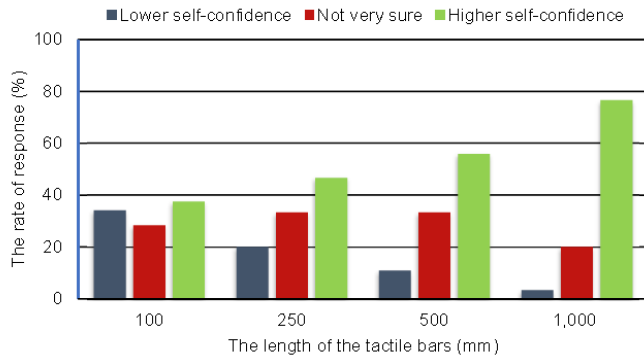


図4 手すりの長さや歩行に対する自信の度合いの関係

度合は、500mmの長さまでは「低確信度」「どちらでもない」とも「高確信度」を上回り、1,000mmでそれらが逆転した。これらの結果を考慮すると、使用者が定位した方向に高い確信を持ち、安心して道路を横断するためには、1,000mm以上の長さが必要と考えられる。

しかし実用面では、歩道を通行する者の妨げにならないことに鑑みて、高い方向定位精度を有していれば安全性が担保されることから、手がかりの長さは500mmも許容されると考えられた。

(2) 方向提示機能を付加したポラード開発

方向提示機能を付加するポラードは、手すりを用いた実験から手掌による方向定位が短い距離でも偏軌角度が小さいことを勘案し、以下のコンセプトに基づいて設計した。

【実用性の高い触知標示付加ポラードの要件】

- 触知標示の大きさや長さは方向定位のために十分であること
- 触知標示の設置高は歩行動作中に自然な形で手で触知できるものであること
- 触知標示付加ポラードは一般歩行者の接触に際して安全性の高いものであること
- 触知標示付加ポラードは他の歩行者、車いす利用者等の通行を妨げないこと

考案した触知標示付加ポラードの一例を図5に示す。高さは、一般的な手すりでも使用されている地面から80~85cmの高さとし、ポラードの上面に幅50mm、高さ25mm、長さ500mmの半円筒状の突起を設置した。ポラードおよび触知標示はケガ防止のためラウンド加工(面取り)をして、接触しても危険の無いようにした。また、ポラードは路面店の出入り口や駐車スペースと店舗の間に設置されているアーチ型を採用した。これは、下の写真にみられるように、店舗内に向かってアーチ型のポラードを設置することによって、店舗内への進入方向を明示するとともに、店舗の出入り口で歩道の通行者と店舗に出入りする人が交錯することを避ける効果もある。横断歩道渡り口でも、視覚障害者に歩行方向を示す以外に、歩行者や自転車等の流れを整理する役割も期待できる。

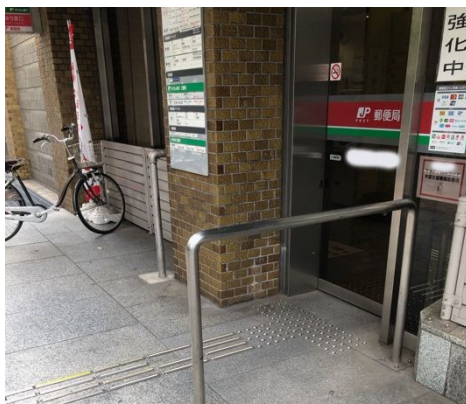


写真 店舗入り口のアーチ型ポラード

100mmの手がかりを用いた時の確信度は、「より低い」と「より高い」はほぼ同じで41%と46%であった。

100mm以上の手がかりを用いた際には、より高い確信度は増加し、より低い確信度は減少した。

方向定位の確信度について、これまでの同様の研究における触知標示は200mmまでで、触覚標示の長さが増大するにつれて確信の度合いが有意に増大していた6)。

本研究では250mm以上の長さも検証したが、被検者の確信の

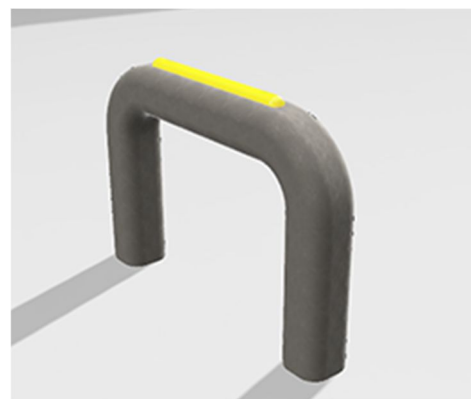
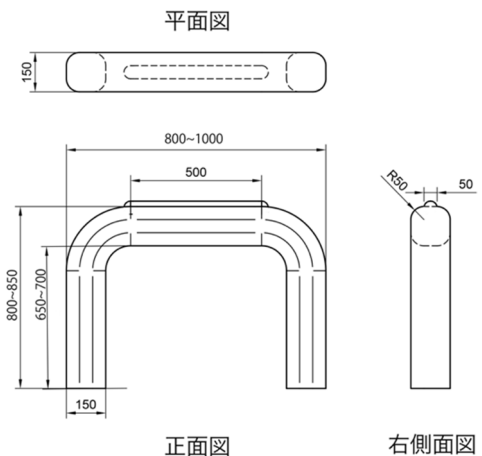


図5 触知標示付加ポラード

- 1)高橋了子,他.横断歩道口における縁石と点字ブロックの敷設状況および視覚障害者による道路横断時の方向手がかりとしての評価,福祉のまちづくり研究,9(1),2007
- 2)Masaki Tauchi, Jinro Takato, et al. Development of a Novel Type of Audible Traffic Signal for the Blind and Visually Impaired Pedestrians and Comparison of Its Acoustic Guiding Function with the Presently Used Audible Traffic Signal, 6TH World Congress on Intelligent Transport Systems, 1999
- 3)大倉 元宏,他.視覚障害者用道路横断帯の利用に関するアンケート調査.第9回視覚障害者リハビリテーション研究発表大会論文集,7-10,2000
- 4)高戸仁郎,他.欧米で道路横断時の方向定位に利用される視覚障害者用触知標示の有効性評価について,第32回感覚代行シンポジウム論文集,2006
- 5)高戸仁郎,他.視覚障害者の道路横断時にヨーロッパで利用されている触知標示の方向定位における有効性,日本ロービジョン学会誌,8,107-113,2008
- 6)高戸仁郎.他.視覚障害者が道路横断に利用する触知標示の長さや方向定位性の関係,日本ロービジョン学会誌9:171-177,2009
- 7)田内雅規,武田真澄,中村孝文,高戸仁郎,視覚障害者の単独移動時の方向定位を支援する手で触る触覚標示の効果,第33回感覚代行シンポジウム講演論文集,39-42,2007

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 Jinro Takato, Takabun Nakamura, Masaki Tauchi	4. 巻 E-C262
2. 論文標題 Effectiveness of Elongated Tactile Clues for Providing Directional Information to the Hands of Blind and Visually Impaired Pedestrians Before Crossing Intersections	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transportation Research Circular	6. 最初と最後の頁 121-126
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Jinro Takato, Takabun Nakamura, Masaki Tauchi
2. 発表標題 Effectiveness of elongated tactile clues for providing directional information to the hands of blind and visually impaired pedestrians before crossing intersections
3. 学会等名 TRANSED 2018（国際学会）
4. 発表年 2018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
---------	---------