

# 視覚障害者の交差点横断支援性を担保する生活道路安全施設の仕様要件に関する研究

稻垣 具志<sup>1</sup>・大倉 元宏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科（〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1）  
E-mail:inagaki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>成蹊大学教授 理工学部システムデザイン学科（〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1）  
E-mail:ohkura@st.seikei.ac.jp

筆者らは、単独歩行に熟練していない多くの視覚障害者にとって負担が大きい生活道路の無信号交差点における横断を支援する手法として交通安全施設の活用を想定し、横断支援性を担保するための施設仕様条件を検討している。先行研究において、支援の可能性を有するドットラインとカラー舗装を取り上げ、各施設が整備されている実道路交差点において視覚障害者による歩行実験を実施したところ、仕様の改善により支援性が高まる可能性が示唆された。本稿ではこれらの結果に基づき、全盲者に対して横断支援性を持たせるための改善仕様案を考案し、生活道路の交差点を模した屋外実験設備における歩行実験により有用性を評価した。歩行実態を歩行軌跡、歩行軌跡、主観的評価の視点から考察したところ、横断支援として望ましい仕様内容を抽出することができた。

**Key Words :** the visually impaired, community road, road safety facilities, possibility of guiding

## 1. はじめに

屋外における単独歩行に非常に困難を覚える視覚障害者に対し安全な移動を確保するための手法として、盲導犬、ガイドヘルパーのように対象者個人を専属的に支援するものや、視覚障害者誘導用ブロック（以後「誘導ブロック」と呼ぶ）、エスコートゾーンのように不特定多数の視覚障害者の歩行を支援するものが挙げられる。前者については、一部の限られた視覚障害者のみの利用である等、受益場面に制限がある。後者については、幹線道路に囲まれた地区内部における幅員の狭い道路（以後「生活道路」と呼ぶ）全体に設置することは、設置コストや維持管理などを考慮すると政策上現実的でなく、設置対象が視覚障害者の利用ニーズが多く見込まれる駅前広場、公共施設、バリアフリー特定道路等の限られた場所に留まっているのが現状である。したがって、生活道路では単独歩行に熟練していない多くの視覚障害者にとって移動の負担が大きく安全性も損なわれている。

一方で、生活道路における交通安全に関する議論が近年多くなされるようになった。2011年3月に策定された第9次交通安全基本計画においては生活道路における交通安全の重要性が指摘されており<sup>1)</sup>、これに伴い生活道路における安全性確保のために数多くの対策が実施され、

多方面から効果が検証されている<sup>2)</sup>。ここで、これらの交通安全施設に副次的効果として視覚障害者に対する移動支援性を持たせることができれば、現状の生活道路における視覚障害者のモビリティを大きく向上させることが期待でき、既存ストックの有効活用の点においても高く評価できる。

視覚障害者の視覚機能や歩行について、柳原ら<sup>3)</sup>は視覚障害者の歩行環境整備全般にわたって、視覚及びほかの感覚機能をどのように使って歩行しているのか、またどのような困難が生じているのかの関係がまだ明確に把握できていない現状を指摘している。また、伊藤<sup>4)</sup>は、重度の視覚障害者を対象に、日常よく行く場所に到着するために手がかりとしている情報について面接調査をした結果、路面の材質や点字ブロックなどの触覚により得られる情報を手がかりにしている人が全体の3割を超えていると述べている。しかし、これら先行研究はインタビュー形式による実態調査や、屋内実験室のような生活道路とは条件が大きく異なる環境での実験であり、視覚障害者の屋外における歩行について特性や問題点を実際の歩行状況に基づいて十分に明らかにした研究事例は少ない。

上述の背景を踏まえ、筆者ら<sup>5)</sup>は、生活道路の単独歩行の中で特に困難度の高いとされる無信号交差点の横断

を取り上げ、実際の道路空間において視覚障害者を対象とした交差点横断実験を実施し、歩行パフォーマンスと利用者による主観的評価内容を分析することにより既存の交通安全施設の移動支援性を考察している。そこでは、現状のままでは十分な支援性を有するとはいえないが、施設仕様の改良によって支援ツールとしての有用性が生まれる可能性が高いことが導かれている。本稿では、生活道路における視覚障害者の交差点横断に対する交通安全施設の支援性を高めるための仕様について、上述の実験により得られた結論に基づいて設定し、模擬道路空間での歩行実験を通して各条件の有用性を検討することを目的とする。

## 2. 実験の概要

### (1) 評価対象とする交通安全施設

筆者らは先行研究において生活道路交通安全施設のうちドットライン（図-1）とカラー舗装（図-2）を取り上げ、無信号交差点での視覚障害者に対する横断支援性を評価するため、実際の生活道路空間で歩行実験を実施した。その結果、ドットラインはロービジョン者に対する横断支援として有用であるが、全盲者には支援とはならないこと、また、国内において普及率の高いベンガラ色（赤茶系統）のカラー舗装は、ロービジョン者・全盲者双方において横断支援とはならないことが示された。また、実験参加者に対するヒアリングから、表面材質の変更、突起の取り付け、舗装色の変更などの改善案が指摘されており、触覚的・視覚的コントラスト双方の改変により、視覚障害者の交差点横断における支援性を高める可能性があることが示されている。これらを踏まえ本稿では、ドットラインについてはドットの表面に突起を付設し、カラー舗装については舗装表面にザラつき加工を施すことで、全盲者の横断を支援することを想定する。

ドット表面の突起パターンは図-3に示す3種類で、いずれも突起高は誘導ブロックの規格である5mmとした。Aは棒状突起2本をドット両側端に配置している。これは横断開始時に白杖の左右のスライド動作が道路端側の突起に妨げられることでドットの存在を当事者に認識させることを想定している。道路中心側の突起は、この先を越えたら車道側へ偏転することを注意喚起する役割を持つことが期待できる。Bは進行方向に対して横方向の棒状突起を縦に4本配置しており、足裏の二点弁別特性と発見のしやすさを考慮しながら本数を決定している。突起の方向が横断歩道上のエスコートゾーン（道路横断帯）と同様である。Cは棒状突起との比較のために点状の突起を等間隔で配置した。誘導ブロックの警告ブロックの規格と同様の間隔で配置している。



図-1 ドットライン



図-2 カラー舗装

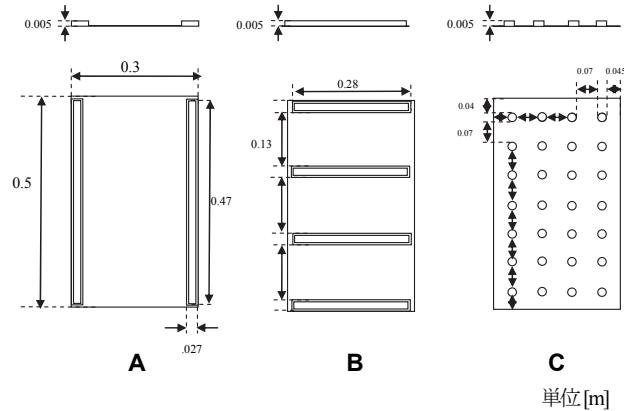


図-3 検討対象とするドット上の突起パターン

### (2) 実験環境・実験参加者

大学敷地内の屋外道路に、生活道路を模した歩行実験空間を構築した。実験道路空間の写真を図-4に示す。道路端付近に縁石等を設置して交差点流入部をイメージし、交差点横断部には評価対象となるドットライン3パターンとカラー舗装（ミストグリップ、黄色）1パターンの計4パターンを施工した。横断部がドットラインの場合の単路部には外側線があるが、カラー舗装の場合は設置していない。これは先行研究で検討された実道路空間の環境条件に揃えたためである。実験は2013年10～11月に実施され、いずれも晴れまたは曇りで穏やかな天候であった。実験参加者は日頃より生活道路における単独歩行に慣れている全盲者24人で、このうち早期全盲（先天性、3～5歳で失明）19人、後期全盲（6歳以上で失明）5人で、全員聴覚に異常はなく年齢は19～67歳である。

### (3) 実験手順と歩行軌跡データの取得方法

実験参加者全員に対して、ドットライン3種類（図-3A～Cの突起パターン）ならびにカラー舗装1種類の計4パターンにおいて歩行実験を実施した。図-5に1パターン分の歩行実験空間の施設配置状況と歩行コース上の各位置を示す。まず、誘導者（実験スタッフ）が実験参加者に付き添い安全とプライバシーの配慮についてコメントして同意を得た後、歩行コース上を歩きながら、縁石の敷設状況や外側線の位置、交通安全施設の整備状況、ならびに歩行課題について十分理解が得られるまで説明と練習を行った。

実験参加者は、交差点横断開始位置の10m手前から、誘導者の合図で単独で歩行を開始し（白杖使用）、その後横断開始位置に到達する。そして交差点を横断し（横断部7m）交差点流出部に達する。横断終了後、5m歩行した後に誘導者の合図により歩行を停止させヒアリングを実施する。以上を1試行として1パターンにつき3試行繰り返した。なお、実験道路区間の交通量は極めて少なく、全ての試行は道路上に実験関係者以外の歩行者や車両等が存在しない状況で実施された。ヒアリングでは実験参加者に1試行終了ごとに、施設の存在確認状況、横断場面別の手がかりとしての有用性を評価してもらい、3試行終了後には、さらに対象パターンでの横断の難易度、安心度、総合的な有用性、今後の利用意志、自由意見を質問項目として追加した。4パターンの順序は全てで24通りあるため、全実験参加者が異なる順序で実験を実施した。

また、実験参加者の歩行状況を歩行コース前後に設置した2台のビデオカメラで撮影した。歩行軌跡はDIPP-Motion PRO 2D（ディテクト社製）を用いた画像解析により取得した。画像上において実験参加者のかかと（またはつま先）と路面との接点を確認し、2次射影変換により道路上の実座標を求め、隣り合う接点の中点を体の中心座標とみなしてそれらをつなぐ直線を歩行軌跡とした。なお、2次射影変換の誤差の範囲は0.05mで、映像の時間分解能は29.97fps、空間分解能は1pixel $\approx$ 2mm～36mmであった。

## 3. 歩行パフォーマンスによる支援性の考察

### (1) 歩行軌跡

図-6に実験参加者の歩行軌跡と、進行方向（歩行開始位置から縁石と平行方向）1mおきに横方向（進行方向に対して垂直方向）座標の平均値の点を直線で結んだもの（以後「平均歩行軌跡」と呼ぶ）を示す。平均歩行軌跡の各点のひげは横方向座標の標準偏差を示す。表-1は進行方向1mおきの横方向座標の標準偏差値と等分散性

検定の結果である。交差点横断部に相当する進行方向座標13～18mの地点で、パターン別の分散の間に有意差が認められた。これらの標準偏差に着目すると、カラー舗



図-4 歩行実験環境

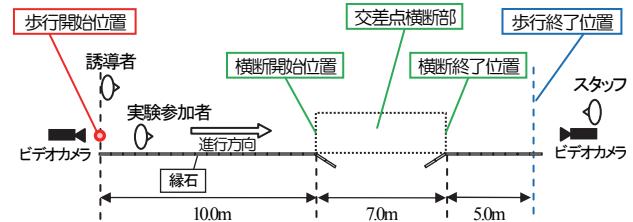
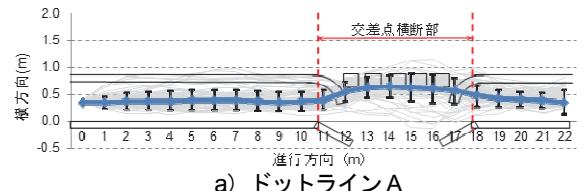
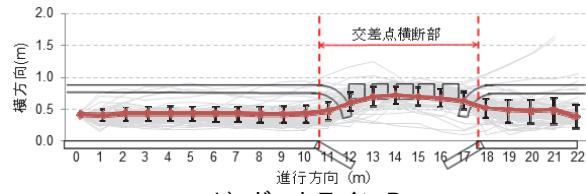


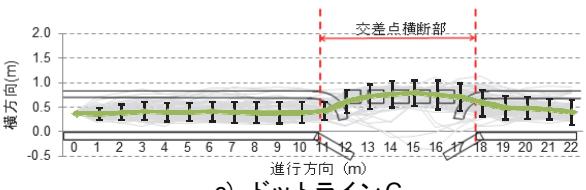
図-5 歩行コースの位置図



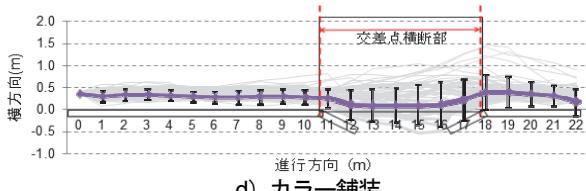
a) ドットラインA



b) ドットラインB



c) ドットラインC



d) カラー舗装

※図内灰色線は実験参加者毎の歩行軌跡、太線は平均歩行軌跡を示す。

図-6 実験参加者の歩行軌跡と横方向座標平均

装はドットラインBの約2倍の値を示しており、横断時の軌跡が不安定になっている。また、試行前練習でカラー舗装とアスファルトの境界（单路部縁石の延長線上）を手がかりに横断するように教示したが、平均歩行軌跡は境界から離れた位置にプロットされている。このことから多くの実験参加者がカラー舗装を移動支援の手がかりとして利用できていないといえる。ドットライン同士で比較すると、横断中の平均歩行軌跡がパターンCよりもA、Bの方でより安全側に位置している。さらにAとBで横断中の標準偏差を比較するとBの方が値が小さくより安定した状態であるといえる。

## (2) 歩行速度

横断開始位置から横断終了位置までの区間（7.0m）の歩行速度を算出した。算出区間の開始終了位置前後の軌跡ポイントにおける時刻と進行方向座標を用いて横断時間求め、1試行ごとの横断部区間速度を算出した。図-7に全試行の区間速度の平均値をパターン別に示す。施設パターンを要因とした1元配置分散分析の結果、有意差は確認できなかった。ここで、先行研究<sup>5</sup>より、ドットラインのない同規模の交差点での横断部区間速度は0.90m/秒程度と本実験における区間速度（0.60~0.73m/s）と大きな差がないことから、ドットラインの突起を探索するために余分に要する時間について問題はないものと考えてよい。

## 4. 利用者の主観的評価に基づく支援性の考察

図-8に、実験参加者に対するヒアリングから得られた+3～-3（0も含む）の7段階評価の平均点を示す。全項目においてドットラインBが最も評価が高く、その後ドットラインC、Aと続き、カラー舗装は最も評価が低かった。ドットラインBはCと比べ安心度（Q4）と有用性（Q5）において評価値に大きな差があり、その主たる要因は横断前・横断中の方向定位性（Q2②・③）であるといえる。これは、ドットライン上に均等に配置された点状突起よりも、進行方向に対して垂直方向の棒状突起の方が横断方向を明確に感知しやすいためと考えられる。次にドットラインCとAを比較すると、難易度（Q3）と利用意思（Q6）に評価の差が現れており、その主要因は施設の気づきやすさ（Q1）、終了位置の決めやすさ（Q2④）と判断できる。実験計画当初、白杖を地面にスライドさせて突起を発見させることを想定していたが、実際にはタッチテクニックで白杖を操作しながら足裏検知で突起を見つけようとする実験参加者が大半を占めたため、ドットライン表面の突起密度がより大きいCの方が高評価となつたと推察される。カラー舗装

については、全項目において評価が低く横断支援としての実用性には乏しいと判断されている。なお、評価項目の中で相反する評価となるものは認められなかつた。

表-1 進行方向1mおきの横方向座標の等分散性検定

進行方向 座標[m]	標準偏差[m]			p値	判定
	A	ドットライン B	C		
1	0.095	0.102	0.097	0.909	
2	0.132	0.119	0.127	0.157	
3	0.146	0.125	0.141	0.006	**
4	0.160	0.134	0.143	0.006	**
5	0.169	0.132	0.143	0.004	**
6	0.170	0.131	0.159	0.005	**
7	0.169	0.136	0.171	0.013	*
8	0.164	0.146	0.163	0.069	
9	0.160	0.152	0.165	0.032	*
10	0.247	0.253	0.253	0.038	*
11	0.153	0.171	0.147	0.869	
12	0.255	0.218	0.183	0.154	
13	0.277	0.170	0.196	0.006	**
14	0.185	0.154	0.204	0.000	***
15	0.226	0.159	0.203	0.000	***
16	0.237	0.166	0.227	0.000	***
17	0.209	0.166	0.212	0.000	***
18	0.175	0.177	0.205	0.016	*
19	0.140	0.207	0.188	0.147	
20	0.120	0.221	0.171	0.048	*
21	0.121	0.245	0.157	0.148	
22	0.199	0.220	0.198	0.663	

\*:p<0.05 \*\*:p<0.01 \*\*\*:p<0.001

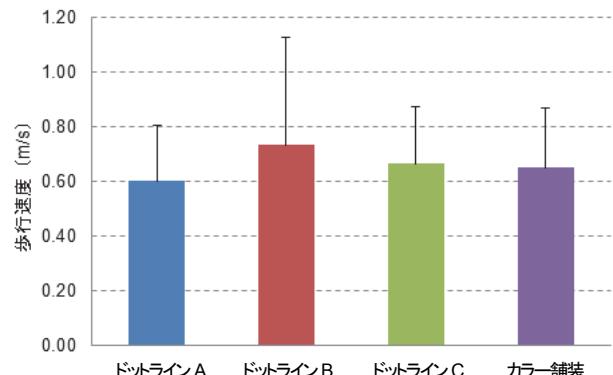


図-7 横断部における歩行区間速度の平均値比較

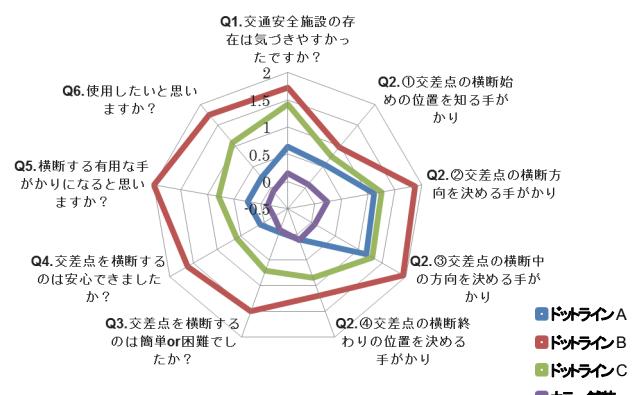


図-8 実験参加者による主観的評価

## 5.まとめと今後の課題

本稿では、視覚障害者の生活道路における単独歩行で特に困難といわれる交差点横断時に着目し、先行研究において提起された仕様の改善案について全盲者に対する支援性効果を検討した。その結果、ドットラインの表面に突起を取り付けることで、全盲者はより安定した軌跡で交差点を横断できることが確認できた。3種類の突起配置パターンを比較したところ、主観的評価において進行方向に垂直な方向の棒状突起において、見つけやすさ、方向定位性の両面において高い評価が得られた。一方、カラー舗装は歩行軌跡がばらつきやすく、手がかりとして全く利用できない実験参加者が散見されたうえ、主観的評価においても有用性がないものと判断された。

実験空間は施設パターンの違いによる純粋な影響を考察するため、大学敷地内において構築され、自動車、自転車、歩行者等が往来する環境ではなかった。よって、より実際的な効果を検証するには実道路空間で同様の実験を行うことが望ましい。そのためには公道実験の評価対象に値する施設パターンを決定する必要があり、実験参加者から得られた改善内容を参考に、本来の施設整備の目的である安全性確保を損なわない範囲内で、視覚障害者の支援性を高める手法を多様な道路利用者の立場を踏まえながら追求する必要がある。実際の公道でのドット表面への突起取り付けにあたっては、安全性、技術的な実現可能性、騒音や振動の発生といった負の副作用の可能性といった、交通工学の総合的な観点から考察され

なければならないが、本稿では全盲者に対する支援に関する基本的な知見を得るために、突起の配列方法のみを実験環境変数として設定した。突起高や突起断面形状等に関する視覚障害者以外の道路利用者の視点からの評価については、今後の研究の展開に委ねることとする。

**謝辞：**実験参加者としてご協力頂いた視覚障害者の方々、並びに実験環境構築にあたりご支援を頂いた株式会社キクテックに、ここに記してに深く感謝申し上げる次第である。なお本研究は、科学研究費補助金若手研究(B)（課題番号24760419）の助成を受けて実施したものである。

## 参考文献

- 1) 中央交通安全対策会議：第9次交通安全基本計画, pp.17-19, 2011.
- 2) 一般社団法人交通工学研究会：生活道路のゾーン対策マニュアル, 丸善出版株式会社, 2011.
- 3) 柳原崇男, 北川博己, 斎藤圭亮, 三星昭宏：ロービジョン者の視覚機能と外出時の歩行問題の関係に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, No2, pp.525-533, 2008.
- 4) 伊藤精英：重度視覚障害者のナビゲーションに関する研究 I—歩行時に使用される情報の分析—, 日本特殊教育学会第32回大会発表論文集, pp.18-19, 1994.
- 5) 稲垣具志, 佐山英明, 濱井正洋, 大倉元宏：生活道路における交通安全施設による視覚障害者の移動支援可能性の考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.46(CD-ROM), 7pp., 2012.

## A STUDY ON REQUIREMENT FOR GUIDING THE VISUALLY IMPAIRED BY ROAD SAFETY FACILITIES AT UNSIGNALIZED CROSSING OF COMMUNITY ROAD

Tomoyuki INAGAKI and Motohiro OHKURA