

視覚障がい者のための屋内誘導システムに関する研究

柳原 崇男¹・桑波田 謙²・原 良昭³

¹正会員 近畿大学 理工学部社会環境工学科 (〒577-8502 大阪府東大阪市小若江3-4-1)

E-mail:tyanagihara@civileng.kindai.ac.jp

²非会員 (株)クワハタデザインオフィス (〒231-0002横浜市中区海岸通4-22-406)

ken@kuwahata-design.co.jp

³非会員 兵庫県立福祉のまちづくり研究所 (〒651-2181 神戸市西区曙町1070)

hara@assistech.hwc.or.jp

屋外では、視覚障害者が安全な歩行を支援するために、視覚障害者誘導用ブロックが広く整備されている。しかし屋内空間では、ブロックの凹凸が他の歩行者に影響を与えることなどから、ブロックが敷設されているケースは多くない。本研究では、視覚障害者のための屋内用誘導システムとして、限りなくフラットに近い誘導システム開発を目的とし、白杖による線状突起および点状突起の検知容易性について検討を行った。その結果、突起高さ2mm、線状突起本数2本、点状突起の直径30mmの突起増設型千鳥配列（突起個数113個）の組み合わせの評価が高いことがわかった。

Key Words : *Visually impaired people, White cane, Indoor guidance system, Tactile walking surface indicators*

1. はじめに

視覚障害者が安全に単独歩行することを支援する誘導用設備として、視覚障害者誘導用ブロック（以下：点字ブロック）が近年の法整備などにより広く整備されている。現在、新しく敷設される点字ブロックは、JIS規格型が広く用いられている。しかし、JIS規格型は多様な屋外環境においても、利用者が認識しやすいように突起高さ等がやや大きめに設計されているため、点字ブロックの凹凸が車椅子利用者、ベビーカー利用者の走行に不快感を与えることや、高齢者等の歩行に影響があることが指摘されている¹⁾。

このような背景のもと、点字ブロックの機能を維持しつつ、バリアとしての側面を軽減するため、いくつかの研究がなされている。しかし、高齢者や杖利用者の肢体不自由者へのバリア軽減と視覚障害者の誘導性能の確保については、未だ課題がある²⁾。そこで、研究では、特に屋内空間を対象に凹凸の少ない誘導システムを構築することを目的としている。これまで筆者らの研究では、突起高さ2mm以下の点状突起形状（いわゆる警告ブロック）の検討を行い、報告した³⁾。その結果、点字ブロックの突起形状としては、以下のことがわかった。

1) 突起の検知には突起高さや突起配列（突起数）が影響している。

2) 突起高さ1mmの確信度は突起高さ2mmに比べ低いものの、被験者が静止している場合、検知実験の検出率は100%であり、歩行中の検知実験においても、白杖がブロックに接触している場合は、100%検知された。

3) 突起高さは、1mmよりも2mmの方が手に加わる衝撃も大きく、検知されやすいが、終始一定の衝撃が手に加わっている場合も、検知されやすく、平行格子配列よりも突起増設型千鳥配列の方が検知されやすい。

4) 静止状態の検知実験および歩行中の検知実験の結果より、突起形状は突起高さ2mm、直径30mm、突起増設型千鳥配列が最も評価の高いことが分かった。

5) 以上より、突起高さ2mm以下においても、突起の直径および配列を工夫することで、白杖により検知できることがわかり、凹凸の少ない誘導システムの構築の可能性が示唆された。

しかし、これまでは、突起高さ2mm以下において、白杖で検知可能かどうかを主眼とした研究であったため、点状突起形状の周辺はフラットな素材に統一して実験を実施した。本来、誘導システムを構築するためには、点状突起（点字ブロック）と線状突起形状（線状ブロック）を組み合わせるべきである。そこで本稿では、線状突起の検知および線状突起と点状突起の切り替わりの分かりやすさについて検討を行った。

2. 実験概要

(1) 被験者

リハビリテーション施設の入所・通所者全11名^{注1)}、詳細は表-1に示す。

(2) 線状ブロックの突起形状

- 線状突起本数：3種（1本、2本、3本）

表-1 被験者の属性

No.	性別	年齢	入所・通所 期間(月)	視力		先天性or 後天性	病名	実験参加の有無		
				右眼	左眼			実験 ①	実験 ②	実験 ③
1	男	65	6	0.01	0.05	後天性	緑内障	○	-	○
2	女	20	8	0	光覚	後天性	視神経萎縮	○	○	○
3	男	56	24	0	光覚	先天性	両小眼球	○	○	○
4	男	48	10	光覚	光覚	後天性	視神経萎縮	○	○	○
5	女	57	15	0	光覚	後天性	糖尿病網膜 症	○	○	○
6	女	54	3	手動弁	手動弁	後天性	網膜色素変 性症	○	○	○
7	女	70	5	0	0	後天性	緑内障	○	○	○
8	男	36	6	0.8	0	後天性	緑内障	○	-	-
9	男	42	12	0.01	光覚	後天性	糖尿病網膜 症	-	○	○
10	男	58	9	0	0.03	後天性	緑内障	-	-	○
11	男	32	1	手動弁	指数弁	後天性	糖尿病網膜 症	○	○	○

○：参加 -：不参加

表-2 各試料の突起本数・幅・高さ

試料名	A	B	C	D	E	F	G	H	I
突起本数	1本	2本	3本	1本	2本	3本	1本	2本	3本
突起太さ	20mm	20mm	20mm	30mm	30mm	30mm	40mm	40mm	40mm
突起高さ	1mm								

試料名	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
突起本数	1本	2本	3本	1本	2本	3本	1本	2本	3本
突起太さ	20mm	20mm	20mm	30mm	30mm	30mm	40mm	40mm	40mm
突起高さ	2mm								

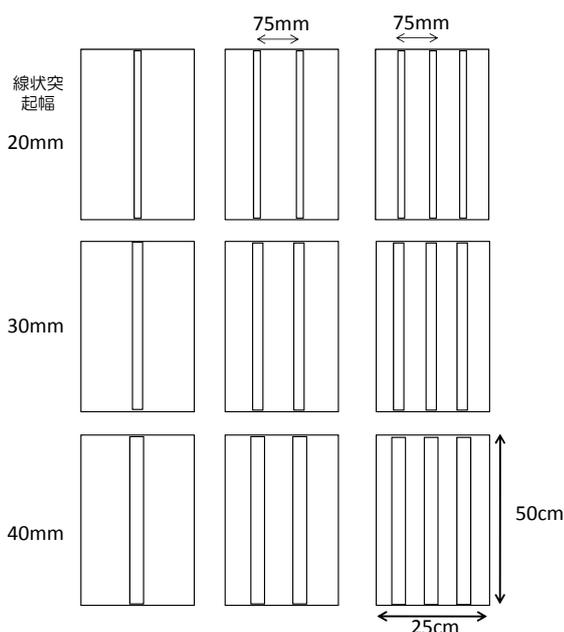


図-1 突起配列パターン

- 線状突起高さ：2種（1mm, 2mm）
- 線状突起幅：3種（20mm, 30mm, 40mm）
- 突起間距離：75mm（JISに準拠）
- 材質：基板は塩化ビニール製タイル（25×50cm），突起は軟質塩化ビニール
- 試料数：計18種

(3) 実験方法

・検知実験①（静止検知実験）（平成22年9月実施）：線状ブロック2枚を被験者から見て線状突起が縦方向（直進方向）および横方向（横断方向）に敷き、被験者はその前に立ち、杖を一振りしてもらい、突起検出の可否（検知した、検知していない）を質問した。その後、Lichert's scaleを用いて確信度を5件法（1.非常に分かりにくかった～5.良くわかった）で尋ねた。このLichert's scaleに基づく確信度の分析ではそれぞれの評価値の平均値を用いた。試料は上記の18枚に突起検出の可否のダミーとして、突起のない（フラットな）塩ビタイルを6枚用意し、計24枚をランダムに提示した。被験者には、ダミーの存在を伝え、必ずしも突起のある試料のみが提示されるわけではないことを教示した。質問は、まず突起検出の可否を訪ね、突起を検出したと回答した場合のみ確信度を訪ねた。ダミーに対して突起を検出したと回答した場合も確信度を訪ね、誤答したことは、被験者に伝えていない。

・検知実験②（歩行実験）（平成22年10月～平成22年11月実施）：直線10mの経路を作成し、歩行実験を実施した。評価方法は、到達率（10mの歩行中、両側1m以上逸れた場合はエラーとする）、各試料の歩行時間とした。試料は検知実験①で、評価に影響のなかった突起幅を30mm（詳細は結果で後述）に統一し、突起本数1本、2本、3本、突起高さ1mm、2mm、の計6種、比較試料としてJIS規格型を加え、計7種を調査した。JIS規格型の試行は最後とし、それ以外の6枚はランダムに提示された。歩行後に歩行中の検知容易性について、5件法で尋ねた。歩行実験前に、被験者の普段の歩行速度を計測するため、10m歩行の歩行時間を計測した。また、この歩行実験では、実験中に歩行に慣れ、突起に関係なく、歩行可能になること（学習効果）が予想されるため、被験者間の学習効果の程度の差（アイマスクと指定の白杖利用のため被験者間の学習効果にばらつきが予想される）をなくすため、実験前に十分な練習を行った。さらに、10mとやや歩行距離が短いため、学習効果により突起がなくても歩行できる可能性があるため、突起のないフラットな状態での歩行も調査した。

・検知実験③（切り替わり検知実験）（平成22年9月～平成22年11月実施）：線状ブロックと点状ブロックの切り替わりの分かりやすさを検討した。実験路は、4mの

線状ブロックの直線経路に、点状ブロックを1枚挿入し、被験者には、線状ブロックを辿り歩行してもらい、点状ブロックを検知したら、静止するように指示した。線状ブロックの試料は検知実験②同様、突起本数1本、2本、3本、突起高さ1mm、2mm、の計6種、点状ブロックの試料は、これまでに検討した突起高さ1mm、2mm、直径20mm、30mm、突起増設型千鳥配列（突起個数113個）の計4種とし、組み合わせ方は、高さを統一し、各高さの線状ブロック3種（突起本数1本、2本、3本）、点状ブロック2種（直径20mm、30mm）の計6種類の組み合わせを検討した。評価方法は、被験者が点状ブロックを検知したかどうか（静止できたかどうか）、および点状ブロックの検知後、切り替わりの分かりやすさを5件法で尋ねた。点状ブロックは、スタート地点から1.5m～3.0mの所にランダムに敷かれた。被験者が点状ブロックを検知できず、行き過ぎたとしても、エラーが発生したことについては、被験者には伝えていない。

・実験条件：被験者はすべてアイマスクをし、こちらが指定した白杖（長さ120cm、チップタイプ）を使用し、振り方はスライドテクニックを指定した。検知実験①と検知実験③は、白杖を振ることによって発生する音（周辺床面とブロックの凹凸差による）が検知に影響する可能性があるため、ホワイトノイズを流したヘッドフォンを着用した。検知実験②では、平衡感覚に狂いが生じ、直線歩行に影響が出る可能性があるため、聴覚情報の遮蔽は行っていない。なお、検知実験②の普段の歩行速度の計測においては、アイマスクは着用せず、白杖も使い慣れた自分の杖を使用し、被験者が通常歩行する形態で

計測を行った。

3. 実験概要

(1) 検知実験①

検知率は18枚の試料とも、直進方向100%、横断方向99.4%であり、突起のない試料を検知した割合（誤答率）は直進方向0%、横方向1.7%（3/161回）であった。

図-3は各試料の確信度（直進方向）の平均値を示したものである。その結果、突起高さ2mm、突起本数3本の試料L,O,Rが高く、突起高さ1mm、突起本数1本の試料D,Gの確信度が低いことが分かった。

次に、突起高さ、突起本数、突起幅を因子とした3元配置分散分析を行ったところ、突起高さの主効果（ $F(1, 160)=15.515, P<.01$ ）、突起本数の主効果（ $F(2, 160)=12.258, P<.01$ ）が認められた。一方、これらの相互作用は認められなかった。このことよりも、突起高さと同突起本数が確信度に影響していると考えられる。検知実験①より、突起幅は確信度への影響がないため、今後の検知実験②③においては、突起幅を30mmに統一した。

(2) 検知実験②

突起幅を30mmに統一し、突起高さ、突起本数を変化させ、6種の試料にJIS規格型を加え、10mの直進歩行実験を行った。またフラットな状態（以下フラット）での歩行を6種の試料の歩行実験の前後に2回実施した。歩行実験の歩行順は、普段の歩行、フラット、6種の試料（ランダム提示）、フラット、JISの順である。その評価方法は、歩行時間の測定、5件法による歩行中の検知容易性を質問した。その結果を表-3に示す。各試料、JISおよびフラットでもエラー（両側に1m以上逸れる）は発生しなかった。また、歩行速度も普段の歩行速度と変わらなかった。十分な練習を行ったため、10m程度の歩行では、突起の有無に関わらず、直進歩行が可能になったと考えられる。

5件法による歩行中の検知容易性さの評価については、

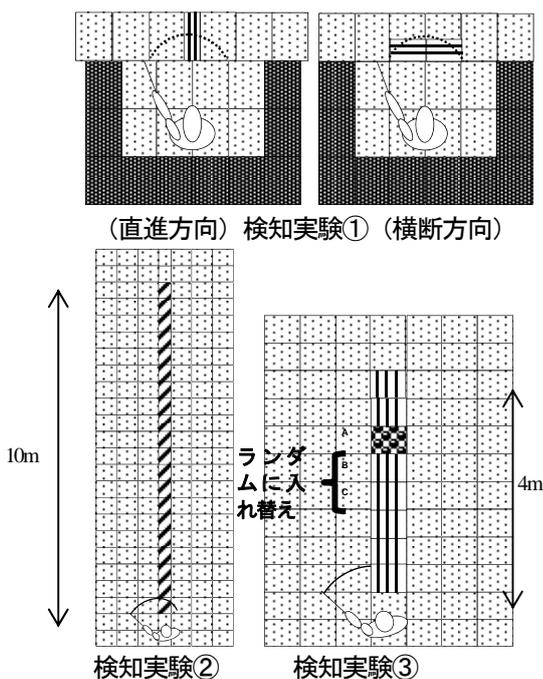


図-2 検知実験の実験方法

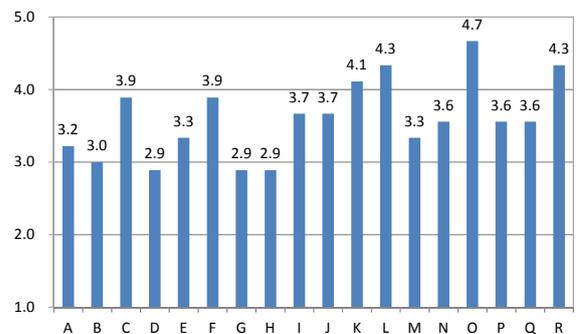


図-3 各試料の確信度の平均（直進方向）（n=9）

表-3 検知実験②の結果 (n=8)

突起高さ 突起本数 試料名	普段の 歩行	フラット (前)	1mm			2mm			フラット (後)	JIS
			1本 D	2本 E	3本 F	1本 M	2本 N	3本 O		
歩行時間(s)	15.1	17.0	15.1	15.0	14.7	15.0	14.6	15.3	13.8	16.0
歩きやすさ(5 件法)			2.8	3.4	3.9	2.9	4.0	4.5		4.6
JISとの歩き やすさ比較			*	*	-	*	-	-		

ウィルコクソンの符号付き順位検定*：P<0.05、-有意差なし

JIS規格型と各試料の評価値を比べると、試料D,E,Mで統計的に有意に低い評価となっているが、試料F,N,OはJIS規格型に比べ、統計的有意差はない。評価としては、突起高さが高いほど、突起本数が多いほど評価の高い傾向にある。

(3) 検知実験③

線状ブロックと点状ブロックの切り替わりの分かりやすさを検討するため、突起高さを統一し、各高さの線状ブロック3種、点状ブロック2種の計6種類の組み合わせについて、歩行中の検知実験を実施した。

その結果、100%検知された組み合わせは、線状突起本数が1本の場合のみで、線状突起本数が3本になると検知率は悪くなる(図-4)。突起本数2本に関しては、検知率90%以上の組み合わせもある。確信度においても、突起本数1本の評価が高く、突起本数3本の評価が低い(図-5)。

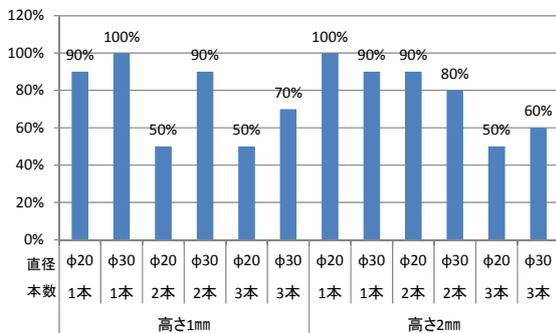


図-4 各組合せの検知率 (n=10)

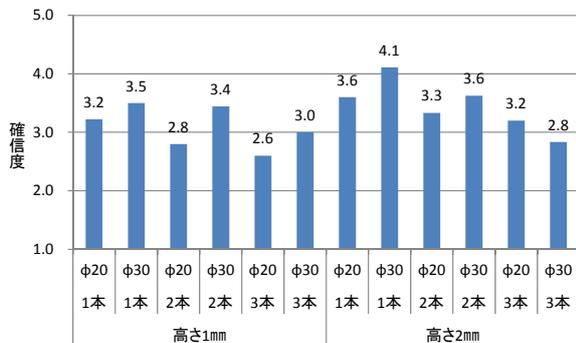


図-5 各組合せの各進度 (n=10)

4. 結論

本研究は、屋内空間の誘導システムの構築を目的とし、突起高さ2mm以下の屋内用点状ブロックの線状突起形状および点状突起形状の検討を行なった。その結果を以下に示す。

- 1) 検知実験①より、静止した状態の検知の確信度には突起高さと突起本数が影響している。
- 2) 検知実験②より、10m歩行の速度やエラーでは、各試料に差はないものの、歩行中の検知しやすさの評価では、突起高さに関係なく突起本数は3本、突起本数が2本、突起高さ2mmの評価が高い。
- 3) 検知実験③より、線状突起本数が多くなると検知率は悪くなる。
- 4) 以上の実験結果より、線所突起形状に関しては、突起本数が多いほど、検知しやすいが、点状ブロックと組み合わせると突起本数が少ない方がよい。

仮に、実験①で確信度の閾値を4、実験②でJISに比べて有意に評価が低くない、実験③で検知率を80%以上と考えると、屋内用点状ブロックの線状突起形状および点状突起形状は、突起高さ2mm、線状突起本数2本、点状突起の直径20mmあるいは30mmの突起増設型千鳥配列となり、実験③の確信度の高い方を選択すると、本実験における最適組み合わせは、突起高さ2mm、線状突起本数2本、点状突起の直径30mmの突起増設型千鳥配列となる。

謝辞：本実験は、神奈川県総合リハビリテーションセンター七沢更生ライトホームの入所・通所者および職員の方に多大な協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

付録

注1)リハビリテーション入所・通所者は、白杖を用いた歩行訓練を実施している視覚障害者を対象とした。今回、白杖を用いた歩行訓練中の被験者であるが、白杖訓練中の人が検知できれば、多くの視覚障害者にとっても検知可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 小宮孝司：点字ブロックの有効性と問題点－視覚障害者と車いす使用者の立場から－、障害理解研究 5, PP.37-42, 2002
- 2) 柳原崇男, 原良昭, 桑波田謙：白杖による分岐点案内等の点状突起形状の検出に関する研究－視覚障害者のための屋内誘導システムに関する研究(その1)－、日本建築学会計画系論文集第 76 巻第 661 号 PP.551-557, 2011