視覚障害者誘導用ブロックの白杖・足底による検知・識別実験

三 谷 誠 二*・藤 澤 正一郎**・山 田 直 広**・
田 内 雅 規***・加 藤 俊 和****・末 田 統**Detecting and Recognizing of Tactile Walking Surface Indicators
by White Canes and by Foot-soleSeiji MITANI*, Shoichiro FUJISAWA**, Naohiro YAMADA**,
Masaki TAUCHI***, Toshikazu KATO**** and Osamu SUEDA**

In Japan, a research project was carried out with blind subjects from 1996 and 2000 in order to standardize Tactile Walking Surface Indicators (TWSI's) patterns. As a result of the project, JIS T 9251 "Dimensions and patterns of raised parts of tactile walking surface indicators for blind persons" instituted in 2001. However, the JIS T 9251 concerns only Foot-sole for many reasons, and does not take into consideration the usage of white canes. Detection and recognition of TWSI's by white cane are important for safe movement of blind persons, and ensuring of these is required.

This research has been conducted to measure the ease of detection and recognition of TWSI's by white cane, based on the systematic research from 1996 to 2000. Our results proved that the white cane can easily detect 5 mm-high JIS blocks and this analysis system has the scientific grounds.

Key Words: Tactile Walking Surface Indicators, white cane, persons with vision impairments

1. はじめに

視覚障害者の屋内外での移動を支援するものとして1965年に世界に先駆けて日本で開発された視覚障害者誘導用ブロック(以下、「点字ブロック」という。)は、道路、公共施設、駅等に敷設され広く普及するとともに、世界の多くの国で利用されるようになった。しかし、そのパターン、色、材質等については多種多様なものがあり、視覚障害者の安全性の観点や社会環境整備の観点から、その標準化が強く求められている。その要望に応えるべく、わが国では1996年から2000年にパターンの標準化を目指した盲人を被験者としたシステマティックな足底の実験^{1),2)}を屋外で実施した。海外

で行なわれている実験では、市販されているパターンのみを使用しているが、この場合は、新しいパターンが出てきたときに再度実験を行なう必要がある。わが国の実験では、実験に使用する点字ブロックを市販されている点字ブロックのパターンも考慮しつつ、新たなパターンにも対応できるように系統的なパターンの選定を行なうなど、独創的な実験が行なわれた。この実験結果から点字ブロックのパターンを規定した日本工業規格 JIS T 9251「視覚障害者誘導用ブロック等の突起の形状・寸法およびその配列」³⁾が2001年9月に制定された。

しかしながら、この規格は足底の触覚による実験結果を基に制定されたものであり、白杖による検知・識別性は考慮されていない。視覚障害者の安全な移動については、点字ブロックを足底で検知・識別できることが必須であるが、それだけでは十分ではない。人は足底で点字ブロックを検知してもすぐには止まらず1~2歩前に出てしまう⁴⁾。約2歩先の情報を伝えてくれる白杖は、視覚障害者の安全な移動にとって非常に重要であることから、点字ブロックの白杖での検知・識別性の確保が強く求められている。

わが国では、自立移動支援として白杖に付加機能をもたせることにより視覚障害者の移動支援を行なう研究^{5)~8)}が多く行なわれている。視覚障害者の歩行時の情報提供等に関する研究^{9)~12)}の中で一部白杖の検知・識別性についての実験は

* 独立行政法人製品評価技術基盤機構 つくば市並木1-2-1

** 国立大学法人徳島大学 徳島市南常三島町2-1

*** 岡山県立大学 総社市窪木111

**** 京都ライトハウス 京都市北区紫野花ノ坊町11

* National Institute of Technology and Evaluation
1-2-1, Namiki, Tuskuba-shi

** The University of Tokushima
2-1, Minamijosanjima-cho, Tokushima-shi

*** Okayama Prefecture University 111, Kuboki, Soja-shi

**** Kyoto Lighthouse
11, Murasakinohanano-cho, Kita-ku, Kyoto-shi
(Received March 31, 2006)
(Revised September 26, 2006)

されているものの、白杖による点字ブロックの検知性や識別性について、視覚障害者を被験者として本格的に研究された例はない。

海外では、近年、スウェーデンにてさまざまな点字ブロックで構成された15種類のtest routeを使った盲人14名による白杖での検知性や走行性について実験¹³⁾を行なっているが、この実験も市販されている点字ブロックのみを使用した屋外の実験である。屋外の実験は、天候や季節に大きく左右されるため、すべての被験者が同じ環境で再現性のある、また統制の取れた実験を行なうことができない。

このような状況や利用者からのニーズに応え点字ブロックの白杖による検知・識別性の確保に資するため、本研究では、視覚障害者の安全な移動支援に重要な役割を果たす白杖について1996年から2000年に実施したシステムティックな足底での実験をベースとした検知・識別実験を行ない、その検知・識別性を検証したものである。

実験の実施にあたっては、今までに実施されていない四季や天候に左右されることなく、すべての被験者が同じ環境で再現性のある、また統制の取れた実験を行なうため、世界に例がない徳島大学が構築した視覚障害者誘導用ブロックの評価システム¹⁴⁾を使用した。

2. 方 法

2.1 点字ブロックの敷設方法等

すべての被験者が同じ環境で、かつ、短期間で実験が行なえるよう、国立大学法人徳島大学の屋内に設置されている視覚障害者誘導用ブロックの評価システム(以下、「床面入れ替え装置」という。(Fig. 1 参照))を使用した。

2.1.1 床面入れ替え装置の仕様

- 1) 床面ユニット収容枚数: 10 ユニット
- 2) ユニットサイズ: 1.2 m × 3.9 m
- 3) 床面ユニット入替所要時間: 2 分以内
- 4) 床面ユニットの可動範囲: 周辺の床面より-999~500 mm まで、1 mm 単位で設定可。
- 5) 床面ユニット周辺: 床面ユニット周辺は約 4.6 m ×

Fig. 1 Floor exchange apparatus

6.0 m で 30 cm 四方のブロックを 210 枚敷きつめた床。

2.1.2 実験室の仕様

- 1) 防音性能: 遮音特性, 60 db 以上。
- 2) 空調: 25°C
- 3) 色相調整設備: 白色+3色蛍光灯により、昼間から薄暗い夕方まで光量を調整可。

2.1.3 実験用点字ブロック

実験に使用した点字ブロックは、1996年から2000年にかけて足底での実験に使用した9種類の線ブロックと、9種類の点ブロック(Fig. 2 参照)および高さの異なる4種類の点ブロック(Fig. 3 参照)の計22種類を使った。Fig. 2の線ブロックや点ブロックは、線の幅や点の直径とその間隔の2因子を変化させて、パラメトリックに配置している。点字ブロックの大きさは30 cm × 30 cm、突起の高さは5 mm(高さの異なる点ブロックを除く)である。また、突起の断面形状はハーフドーム型とした。

パターンの標準化のためにはパターンの認識についての普遍的なデータを取る必要があることから、市販されている点字ブロックのパターンも考慮しつつ、系統的なパターンの選定が行なわれた。また、突起の断面形状は、ドーム型は滑りの影響があると考えられたため、滑りの影響の少ないハーフドーム型が選定された。

検知実験-2用ブロックの突起の高さは、2.5 mm, 4.0 mm, 5.0 mm, 6.0 mm の4種類である。

2.1.4 実験用点字ブロックの敷設精度

点字ブロックは、床面の凹凸が本実験に与える影響を極力なくするため、Flatness=0.2 mm 以下で敷設した。

2.2 被験者

被験者は、身体障害者手帳1種1級をもつ39名と1種2級をもつ1名の合計40名の視覚障害者に協力して頂いた。

Fig. 2 Patterns used

Fig. 3 Dot blocks with varying dot heights

Fig. 4 Subject age

Fig. 5 White cane types

被験者の選定に際しては、得られたデータの精度を高めるために心理学的チェックリストを使用して、被験者のスクリーニングを行なった。年齢層(Fig. 4 参照)は50歳台がメインで、性別は男性が29名、女性が11名、また視覚障害の先天性・後天性の別は、先天性が10名で後天性が30名であった。

被験者が普段使用している白杖の種類は Fig. 5 のとおりで、石突きの種類は日本では Tip-type がメインである。白杖の使用年数は20年以上が76%で、5年以上使用している被験者を含めると97%となる。

2.3 実験方法

2.3.1 実験条件の統一

すべての被験者が同一条件となるよう、実験室への入室人数、アイマスクの着用、白杖の種類、白杖の使用テクニック、点字ブロックの提示順序について統制を図った。

1) 実験室への入室人数

実験は、すべての被験者が先入観をもたずに同じ条件で実験が行なえるよう、防音の実験室には一人ずつ入ってもらい、ほかの被験者は実験室の外で待機した。被験者には相互に情報交換をしないように指示するとともに、実験補助者が常に横で待機した。

2) アイマスクの着用

実験は、部屋の光の明暗等が情報として伝わらないよう、すべての被験者に実験中はアイマスクを着用させた。

3) 白杖の種類

実験は、白杖の触覚による実験であるため、使用する白杖は被験者が普段使い慣れている白杖(日本では Tip-type を使用する人が多い)で行なうとともに、当方が準備した

Fig. 6 Roller-type and tip-type white canes

Fig. 7 Experiment-1

Roller-type(Roller-typeを普段使用している人は Tip-type)の2種類とした。準備した白杖は、100~130 cm で5 cm 刻みの7種類ずつである(Fig. 6 参照)。

4) 白杖の使用テクニック

白杖の使用テクニックは利用者によってさまざまであるが、すべての被験者が同じ条件で実験が行なえるよう、白杖の使用テクニックはスライドテクニックに統一し、実験に先立ち練習を行なった。

5) 点字ブロックの提示順序

乱数によりランダムに提示した。

2.3.2 実験内容

1) 検知実験-1

この実験は、9種類の点ブロックと9種類の線ブロックについて、被験者が歩行しながら白杖で点字ブロックの有無を検知できるかどうかの実験を行なった。床面入れ替え装置のパレット上には、線ブロックと点ブロックを10枚ずつ敷設した。

被験者は Fig. 7 のように、敷設された点字ブロックに対してあらかじめ決められたスタート位置(short=153 cm/long=225 cm)から白杖を使いながら歩き、点字ブロックを白杖で検出した場所で止まってもらった。この際、点字ブロック上に足が乗った場合は、白杖で検知して停止したか足底で検知して停止したかを確認した。

2) 検知実験-2

Fig. 8 Experiment-2 a:
Detection by White
cane

Fig. 9 Experiment-2 b:
Detection by Foot sole can

Fig. 10 Recognition Experiment

検知実験-2では、点ブロックの高さの違いによる検知力の違いを調べるため、白杖による検知力と足底による検知力の2つの実験を行なった。

白杖では、立ち止まった状態で白杖を1往復スライドしたとき、高さの違う点ブロック(2.5 mm, 4.0 mm, 5.0 mm, 6.0 mm)の検知力(Fig. 8 参照)について、足底では、高さの違う点ブロックに被験者を誘導して踏み込ませ、立ち止まった状態での検知力(Fig. 9 参照)について、5段階評価で測定した。

3) 識別実験

9種類の点ブロックと9種類の線ブロックについて、白杖で点ブロックか線ブロックかを識別する実験を行なった。

被験者は立ち止まった状態で白杖を1往復スライドし、その情報だけでブロックの種類を判断する。この実験ではブロックと被験者の立ち位置について、点ブロックでは横方向と斜め45度方向について、線ブロックでは横方向と45度方向に加え縦方向(90度方向)についても実験を行なった(Fig. 10 参照)。

3. 実験結果

1) 検知実験-1(ブロックの突起高さ5.0 mm)

ここでは、白杖で点字ブロックの存在を検知できた人数の割合を検知率として解析した。

点字ブロックの種類別の検知率は Fig. 11(線ブロック)と Fig. 12(点ブロック)のとおりで、線ブロックFを除き、す

Fig. 11 Detection rate (Bar blocks)

Fig. 12 Detection rate (Dot blocks)

べての点字ブロックが検知率80%を超えている。また、石突きがRoller-typeの場合はTip-typeのものより、全体的に検知率が勝っている。ちなみに、現状のJIS規格品である線ブロックEの検知率はTip-typeで89%, Roller-typeで94%であり、点ブロックOの検知率はTip-typeで82%, Roller-typeで85%であった。

ここで、検知率の高いRoller-typeを例に解析を行なった。検知率を目的変数とし、Fig. 2の線ブロックについては線の間隔と線の幅、点ブロックについては点の間隔と点の直径の2因子の効果(主効果)を求めるとともに組み合わせることによって得られる交互作用の存在を解析した結果、線の間隔と線の幅、点の間隔と点の直径ともに検知率に影響しており、かつ、線の幅と線の間隔、点の間隔と点の直径との間には交互作用があることが推定された。この結果から回帰式を求めノモグラム(Fig. 13 Bar blocks, Fig. 14 Dot blocks)を作成した結果、線ブロックでは線の間隔が狭く線の幅が狭い方が、また点ブロックでは点の間隔が狭く点の直径が広い方が、検知率が良い結果が得られた。

2) 検知実験-2

ここでは、高さの違う点ブロックの認識しやすさについて、その得点を解析した。得点は、点ブロックを白杖で検知

Fig. 13 Nomogram of estimated detection rate (Bar blocks)

Fig. 14 Nomogram of estimated detection rate (Dot blocks)

できた際の認識しやすさについて、①認識しやすい=5点、②やや認識しやすい=4点、③どちらとも言えない=3点、④やや認識しにくい=2点、⑤認識しにくい=1点として点数化し、その平均値を算出した。

突起の高さ間の得点についてt検定(1%水準)により有意差を検定したところ、Tip-typeは、4 mmまでは有意差が認められたが、それ以上では有意差が認められなかった。Roller-typeでは、突起高さ4 mmと5 mm間の有意差は認められなかったが、それ以外では有意差が認められた。それらに比べて足底では、すべての突起高さ間で有意差が認められた (Fig. 15 参照)。

3) 識別実験(ブロックの突起高さ 5.0 mm)

ここでは、点字ブロックの種別ごとに白杖で線ブロックなのか点ブロックなのかを識別できた人数の割合を識別率として解析した (Fig. 16~20 参照)。全体的に見ると、Tip-typeの方がRoller-typeよりも識別率が高かった。ブロックの種類別では点ブロックより線ブロックの識別率が高く、線ブ

Fig. 15 Comparison of sensing score (White cane, Foot-sole)

Fig. 16 Bar blocks (lateral direction)

Fig. 17 Dot blocks (lateral direction)

ロックでは横方向、縦方向、斜め45度方向の順に識別率が下がっているが、点ブロックは横方向、斜め45度方向に大きな差は認められなかった。白杖の点字ブロックに対するスライド方向別では、線ブロックの横方向の識別率が高く、点ブロック横方向の識別率が低かった。

Fig. 18 Bar blocks (90-degree)

Fig. 19 Bar blocks (45-degree)

Fig. 20 Dot blocks (45-degree)

Fig. 21 Nomogram of estimated identification rate (Bar blocks-lateral direction)

Fig. 22 Nomogram of estimated identification rate (Dot blocks-lateral direction)

ここで、全体的に識別率の高い線ブロック横方向の Tip-type を例として回帰式を求めノモグラム (Fig. 21 参照) を作成した結果、線ブロック横方向では線の間隔が狭く線の幅が広い方が、識別率が良い結果が得られた。また、点ブロック横方向についても同様の解析を行なったところ、点の間隔が狭く点の直径が広い方が、良い結果が得られた (Fig. 22 参照)。

また、1996 年から 2000 年にかけて実施した足底の実験結果と比べると、一部を除き、足底での識別率が非常に勝っていることが確認できた。

4. 考 察

視覚障害者 40 名の白杖および足底による点字ブロックの検知・識別について、科学的データを明らかにすることにより、以下のことが確認できた。

- 1) 検知実験-1の結果から、平坦な路面の中であれば JIS 規格の点字ブロックは、線ブロック・点ブロックともに

Tip-type および Roller-type の識別率を見ると、全体的に識別率の良い線ブロック横方向 (Fig. 16 参照) の Tip-type は 48% 前後で、最も良い値を示した横方向の線ブロック D でも識別率は 59% である。また、全体的に識別率の悪い点ブロック横方向 (Fig. 17 参照) では、最も良い値を示した点ブロック S の Roller-type でも識別率は 29% で、全体的には 15% 以下である。

白杖で十分に検知できる。検知率は、線ブロックでは線の間隔と幅が狭い方が、点ブロックでは点の間隔が狭く点の直径が広い方が、良い結果が得られた。

- 2) 検知実験-2の結果から、突起高さ2.5mmから6.0mmの間では、Tip-typeを除き突起高さが高くなるほど白杖および足底ともに検知力が上がる。
- 3) 識別実験の結果から、白杖での識別率が足底での識別率に比べてどのパターンも低いことから、足底では線と点を識別できるが、白杖では識別しにくい。これは、白杖では白杖先端の点による識別であるのに対し、足底は2次元平面での識別であるため、白杖に比べ識別性が非常に良いものと考えられる。

5. ま と め

われわれは世界に例がない徳島大学が構築した床面入れ替え装置(視覚障害者誘導用ブロックの評価システム)を使用し、実験統制の取れた実験を行ない、白杖や足底による点字ブロックの検知・識別性を明らかにした。

この実験結果より、2001年に制定されたJIS規格品の点字ブロックは、白杖でも十分に検知できることが確認できた。しかしながら、点字ブロックの識別性については、白杖は足底にはるかに及ばないことが確認できた。これは、白杖は白杖先端の点による識別であるのに対し、足底は2次元平面での識別であるため、白杖に比べ足底の識別性が非常に良いものと考えられる。

以上から、標準化された点字ブロックのパターンが白杖で十分検知でき、かつ視覚障害者の足底を通して十分検知・識別できることが確認できたことは、視覚障害者の安全で安心な移動を支援するものとして点字ブロックが非常に有効かつ効果的であるとの裏付けとなる貴重なデータである。

今回の実験は、平坦な路面環境下での実験であったが、実使用場面では路面の凹凸や点字ブロックの敷設精度の問題および欧米諸国でよく見られる石畳の路面での点字ブロックの適用性の問題などがあることから、不整地路での白杖による点字ブロックの検知・識別性を確認することが喫緊の課題である。

参 考 文 献

- 1) 視覚障害者誘導用ブロックに関する標準基盤研究報告書：一パターンの標準化を目指して一、通商産業省製品評価技術センター(1998)
- 2) 視覚障害者誘導用ブロックに関する標準基盤研究最終報告書：一パターンの標準化を目指して一、通商産業省製品評価技術センター(2000)
- 3) 日本規格協会：視覚障害者誘導用ブロック等の突起の形状・寸法及びその配列, JIS T 9251: 2001, 日本規格協会(2001)
- 4) 視覚障害者用誘導・警告ブロックに関する研究報告書：交通エコロジー・モビリティ財団(2001)
- 5) 自律移動支援プロジェクト実証実験(報告)【速報版】、中部地方整備局(2005)
- 6) 渡辺, 片岡, 梅田：視覚障害者のための電子白杖システムの構築, 第23回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1J11(2005)
- 7) 曲谷一成(東海大学)：カラー誘導ラインを利用した視覚障害者

を道案内する電子白杖システム, 横浜リエゾンポート(2004)

- 8) 村上, 立石, 井村, 安室, 黒田, 真鍋, 千原：視覚障害者のための状況推定を導入した電子白杖の構築, システム制御情報学会論文誌, 16-6, 287/294(2003)
- 9) 杉山 勇：都市および地域環境の安全性・快適性に関する研究, 一まちにおける視覚障害者への歩行情報の提供に関する考察一, 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集(平成12年度), 73/81(2000)
- 10) 杉山 勇：都市および地域環境の安全性・快適性に関する研究, 一まちにおける視覚障害者への歩行情報の提供に関する研究一, 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集(平成13年度), 60/70(2001)
- 11) 藤井, 米田, 阪東：人にやさしい道路環境に関する研究, 一横断歩道等における歩車道境界部の段差構造に関する調査研究一, 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集(平成12年度), 82/97(2000)
- 12) 藤井, 米田：人にやさしい道路環境に関する研究(その1), 一横断歩道等における歩車道境界部の段差構造に関する調査研究(その2)一, 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集(平成13年度), 71/87(2001)
- 13) Orientation using guidance surface—Blind tests of tactility in surfaces with different materials and structures, Swedish Road Administration (2004)
- 14) 末田, 藤澤, 王：「視覚障害者誘導用ブロックの評価システムの構築」, 電気学会論文誌C, 125-9, 1497/1502(2005)

[著 者 紹 介]

三 谷 誠 二 (学生会員)

1987年東京都立工科短期大学卒業, 88年通商産業省通商産業検査所(現, 独立行政法人製品評価技術基盤機構)入所, 現在に至る。医療福祉機器技術研究開発に係る企画管理, 天井走行式リフターなどの福祉機器等の標準基盤研究, 視覚障害者誘導用ブロック等の標準化に係る調査研究に従事。日本機械学会などの会員。

藤 澤 正一郎 (正会員)

1971年大阪府立工業高等専門学校機械工学科技術職員, 76年大阪工業大学機械工学科卒, 99年信州大学大学院工科学部研究科システム開発工学専攻修了, 99年高松工業高等専門学校制御情報工学科講師, 2000年同助教授, 2004年徳島大学大学院工学研究科エコシステム工学専攻助教授, 現在に至る。工学博士。福祉に関する支援技術や社会基盤整備, 適応・学習制御の研究に従事。日本機械学会, 電子情報通信学会, 電気学会, IEEEなどの会員。

山 田 直 弘

2005年徳島大学大学院工学研究科エコシステム工学専攻博士前期課程に入学。現在に至る。

田内 雅 規

東京農工大学大学院農学研究科修了。岡山県立大学保健福祉学部教授、現在に至る。神経科学および保健福祉学研究と教育に従事。網膜における色、形態、明暗弁別の初期過程に関する研究、視覚系における動き受容の神経メカニズム、神経細胞形態とその定量化に関する研究、視覚障害者の単独移動の事故および安全に関する系統的研究、視覚障害者の行動特性と移動支援システムの開発に関する研究に従事。

加藤 俊 和

1968年(国立)京都工芸繊維大学工芸学部電気工学科卒、1975年社会福祉法人日本ライトハウス入社、2003年社会福祉法人京都ライトハウス入社、現在に至る。点字教科書編集校正、大学入試等特殊点訳、システム開発、情報ステーション点字・音声図書他情報製作・サービス管理、視覚障害福祉一般等に従事。

末 田 統

1965年大阪大学基礎工学部電気工学科卒業、67年大阪大学大学院博士課程単位取得退学、72年大阪大学基礎工学部生物工学科助手。その後、講師。86年鳴門教育大学助教授。その後、教授。97年徳島大学大学院工学研究科エコシステム工学専攻教授。現在に至る。視覚障害者用機器の開発・普及、福祉用具の適正処方システムの開発、福祉用具の標準化・規格化、福祉のまちづくり、障害者・高齢者の生活支援の研究に従事。日本リハビリテーション工学協会、日本ロボット学会、日本電子情報通信学会、システム制御情報学会などの会員。