

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）

感触の異なる床仕上げ材による視覚障害者への
歩行空間提示法の評価

Evaluation of the Method to Present the Walkable Area
to Visual Impaired People by Flooring Materials with
Different Touch Properties

2014年7月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

原 利明
HARA, Toshiaki

目次

第1章 序論.....	1
1-1 研究の背景.....	1
1-2 視覚障害者の定義及び現状.....	3
1-2-1 視覚障害の概念.....	3
1-2-2 視覚障害者の定義.....	3
1-2-3 視覚障害の原因.....	5
1-2-4 視覚障害者の実態.....	6
1-2-5 視覚障害者の歩行.....	9
1-2-6 視覚障害者のための環境整備.....	10
1-2-7 視覚障害者の歩行及びその環境に関する先行研究.....	11
1-3 誘導用ブロックの定義及び現状.....	12
1-3-1 誘導用ブロックの定義.....	12
1-3-2 誘導用ブロックの歴史.....	13
1-3-3 誘導用ブロックの規格化.....	13
1-3-4 誘導用ブロックに関する先行研究.....	14
1-3-5 誘導用ブロックの問題点.....	15
1-4 感触の異なる床仕上げ材による視覚障害者への情報提示.....	16
1-4-1 感触の異なる床仕上げ材による情報提示の事例.....	16
1-4-2 先行研究.....	18
1-5 研究の目的.....	18
1-6 本論文の構成.....	19
第2章 晴眼者を対象とした弾性の異なる床仕上げ材間の識別容易性の評価.....	21
2-1 研究の目的.....	21
2-2 研究の方法.....	22
2-2-1 被験者.....	22
2-2-2 方法.....	22
2-2-3 素材.....	24
2-2-4 GB係数とは.....	25
2-2-5 GB係数の計測方法・計測装置.....	25
2-2-6 GB係数の測定結果.....	27
2-3 結果.....	27
2-4 考察.....	28
2-4-1 正答率.....	28
2-4-2 GB係数と正当率.....	29
2-5 小括.....	29
第3章 晴眼者を対象とした摩擦の異なる床仕上げ材間の識別容易性の評価.....	31
3-1 研究の目的.....	31

3-2	研究の方法	32
3-2-1	被験者	32
3-2-2	方法	32
3-2-3	素材	33
3-2-4	GB係数の測定結果	34
3-2-5	摩擦係数とは	34
3-2-6	摩擦係数の計測方法・計測装置	35
3-2-7	摩擦係数の計測結果	35
3-3	結果	35
3-4	考察	36
3-5	小括	39
第4章	視覚障害者への感触の異なる床仕上げ材による情報提示を目的とした歩行中の識別容易性の評価	40
4-1	研究の目的	40
4-2	研究の方法	41
4-2-1	被験者	41
4-2-2	方法	41
4-3	結果	42
4-4	考察	44
4-4-1	正答率	44
4-4-2	停止歩数	45
4-5	小括	46
第5章	視覚障害者への感触の異なる床仕上げ材による情報提示を目的とした白杖歩行時の識別容易性の評価	47
5-1	研究の目的	47
5-2	研究の方法	48
5-2-1	被験者	48
5-2-2	方法	49
5-2-3	素材	51
5-2-4	GB係数の測定結果	52
5-2-5	摩擦係数の計測結果	53
5-3	結果	53
5-4	考察	55
5-4-1	正答率	55
5-4-2	停止歩数	55
5-4-3	末梢神経障害を有する糖尿病罹患者による評価	56
5-5	小括	66
第6章	視覚障害者への誘導を目的とした感触の異なる床仕上げ材の誘導性能の評価	67

6-1	研究の目的	67
6-2	研究の方法	68
6-2-1	実験概要	68
6-2-2	床仕上げ材特性評価実験	68
6-2-3	誘導性能の評価実験	71
6-3	予備実験	75
6-3-1	目的と実験方法	75
6-3-2	各測定の結果	75
6-3-3	予備実験の結果の検討	77
6-3-4	予備実験の小括	79
6-4	本実験	79
6-4-1	目的と実験方法	79
6-4-2	各測定の結果	80
6-4-3	誘導性能と床仕上げ材の特性との関係の検討	82
6-4-4	白杖の上下動の曲線回帰式の検討	84
6-5	考察	85
6-5-1	誘導性と白杖の上下動	85
6-5-2	誘導性能と C.S.R. 値	85
6-5-3	誘導性能と表面凹凸形状	86
6-6	小括	86
第7章	考察	87
7-1	足底のみでの識別容易性の評価	87
7-2	白杖を用いた識別容易性の評価	89
7-3	視覚障害者への情報提示の可能性	90
第8章	結論	92
	参考文献	94
	謝辞	101

第 1 章 序論

1-1 研究の背景

1-2 視覚障害者の定義及び現状

1-3 誘導用ブロックの定義及び現状

1-4 感触の異なる床仕上げ材による視覚障害者への情報提示

1-5 研究の目的

1-6 本論文の構成

本章では、まず視覚障害者と誘導用ブロックの現状について概覧を行った。視覚障害者は、他の障害に比べ障害認定等級が重度の者が多く、外出頻度も少ない傾向にある。これは、移動のための重要な情報である視覚情報が得にくい、または得られないことに起因している。しかし、視覚以外の聴覚、触覚、嗅覚などの人間の持つ様々な感覚を駆使して歩行を行っていることが先行研究からわかっている。誘導用ブロックは、視覚障害者の単独歩行時の重要な手掛かりとなっているが一方で、それを利用しない者にとってはバリアになっており、都市・建築におけるバリアフリー化のコンフリクト問題の代表ともいえる。そこで近年、従来の突起のある誘導用ブロックではなく、感触の異なる床仕上げ材の組み合わせによる視覚障害者への歩行時の情報提示が試みられるようになってきた。しかしこのような手法を用いる際に、ヒトが歩行中にどの程度正確に床仕上げ材の差を識別できるか、定量的な評価は行われていなかった。高齢化やそれに伴う高齢障害者の増加が見込まれる現状、ユニバーサルデザインの観点からも、誘導用ブロックの持つ問題を補完する凹凸によらない情報提示方法へのニーズは高まっており、実用へ向けた検証が必要となっている。そこで本研究では、視覚障害者が日常的に利用している路面の感触に着目し、感触の異なる床仕上げ材による視覚障害者への歩行空間提示法の評価を行うことを目的とした。

1-1 研究の背景

視覚障害者誘導用ブロック（以下『誘導用ブロック』と記す）は、視覚障害者の単独歩行を支援するため、1967 年に日本で考案され¹⁾、現在世界各国に普及している。我が国では 2001 年に誘導用ブロックの形状に関する標準（JIS T9251）²⁾が制定され、更に 2012 年 3 月に国際標準 ISO23599³⁾が制定された。国内では、都市・建築の連続的なバリアフリー化を促進させることを目的とした「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（バリアフリー新法、2006 年施行）」などの法律や各種条令の整備により、道路や駅

などの公共交通施設、公共的建築物などを中心に誘導用ブロックの敷設が促進されている。誘導用ブロックには、前方の段差や交差点などを示す点状の警告ブロックと、進行方向を示す線状の誘導ブロックの2種類がある。

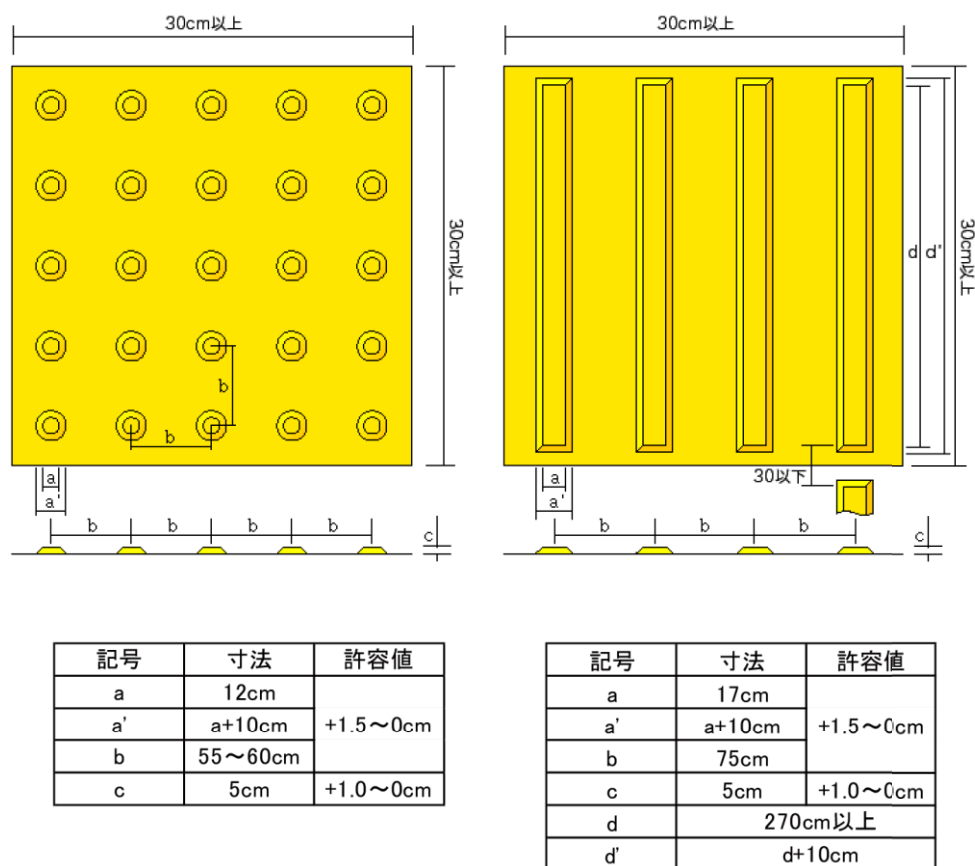


図 1-1-1 誘導用ブロックの突起及び形状・寸法及びその配列²⁾

視覚障害者に対して行われたアンケート調査⁴⁾によると、視覚障害者の約7割が誘導用ブロックを歩行時の手掛かりとしているということからもその有用性が窺える。しかし現状の誘導用ブロックは、車椅子利用者、ベビーカーを押す人、高齢者、ハイヒールを履いている女性など、それを必要としない人にとってはその突起が逆にバリアになってしまうことも指摘されている。例えば車椅子利用者に対して行われたアンケート調査⁵⁾によると「車椅子と物理的環境との間に生ずる事故や危険」を聞いた項目の中で「道路の凹凸や小石・点字ブロックによって事故や危険を感じたこと、若しくは実際に失敗したこと」が上位に挙げられている。また、高齢者にとっても転倒の一要因になっているとの報告もある^{6,7)}。更に、誘導用ブロックが晴眼者や高齢者の歩行に与える影響についても定量的に評価されている^{8,9,10)}。このように誘導用ブロックは、床面に凹凸形状を付すことによって情報を提示する方式であるが故に視覚障害者には非常に有効であるにも関わらず、法律などで義務付けられている最低限の箇所にしか敷設されていないのが現状である。このようなことから近年、床面の凹凸形状を用いるのではなく、日常的に視覚障害者が歩行の手掛かり

の一つとして利用している¹¹⁾路面の感触の違いに着目した床デザインの工夫も試みられている¹²⁾。

しかしこのような手法を用いる際に、ヒトが歩行中にどの程度正確に床仕上げ材の差を識別できるか、定量的な評価は行われていなかった。また、敷設例に関しても試験的に導入されているものが多い。しかし、世界にも類を見ない急速な超高齢社会を迎える我が国では、高齢者やそれに伴う高齢障害者の増加が見込まれる現状、ユニバーサルデザインの観点からも、誘導用ブロックの問題点を補完する凹凸によらない情報提示方法へのニーズは高まっており、実用へ向けた検証の必要性が生じている。

1-2 視覚障害者の定義及び現状

1-2-1 視覚障害の概念

視覚障害の概念には、眼疾患（visual disorder）、視機能障害（visual impairment）、視覚的技能障害（visual disability）などの医学モデルと言われるものと、社会的不利（visual handicap）の社会モデルと言う二つの側面から示すことができる。眼疾患とは、眼（視覚器）に生じた先天的または後天的な異常状態のことであり、視機能障害はこの眼疾患に基づいて生じる眼鏡やコンタクトレンズで矯正しきれない視機能（視力、視野、色覚、光覚、眼球運動、調節、両眼視など）の永続的な低下を意味する。また視覚的技能障害とは、視機能障害が原因で二次的に生じる日常生活や社会活動を行う上での障害であり、視覚障害者の移動やコミュニケーションにおける不便さや困難さのことをいう¹³⁾。このように医学モデルの考え方では、障害という現象は疾病や外傷、その他の健康上の理由などにより直接生じた個人的なものとして捉えられている。そのため、眼疾患には、手術等の医学的ケアが行われる。しかし医学的ケアによっても回復が困難な視機能障害には、教育やリハビリテーションといった訓練と感覚代行機器や白杖等の補助具の利用によって、視覚的技能障害の軽減や克服が図られる。一方で、社会的不利は、視覚的技能障害をもつ人々が被る、社会的自律や職業的自律の不公平さであり、社会の問題という社会モデルとして捉えることができる。このような社会的不利の除去・軽減のためにはノーマライゼーションの理念を実現し、視覚的技能障害を持つ人も晴眼者も同じように生活することができるための社会環境整備が重要である。

1-2-2 視覚障害者の定義

視覚障害は、盲（blindness）と弱視（partial sight）に分類される。盲は、視覚を用いて日常生活を行うことが困難なものをいい、生まれつきの盲を先天盲、生後失明したものを後天盲という。弱視は、視覚による日常生活は可能であるが著しく不自由なものをいう。

しかし弱視の定義は、視機能の発達期に斜視や屈折異常などがあってもものを見ることが妨げられた場合におこる一眼の視力障害を意味する弱視（amblyopia, 主に医学分野で用いられる。）や低視力（low vision）などを指し、これまでは、必ずしも一定ではなかった。しかし、近年では、弱視者と低視力者を併せてロービジョン者と言うようになってきた。ロービジョン学会などでは、ロービジョン者を「モノが見えにくく社会生活で困難さや不自由さを訴える者」と定義している¹⁴⁾。

福祉における視覚障害の基準は、身体障害者福祉法により表 1-2-2-1 のように定められている。

表 1-2-2-1 視覚障害の範囲および等級区分¹⁵⁾

身体障害の範囲	次に掲げる視力障害者で、永続するもの		
	① 両眼の視力(万国式試視力表によって測ったものをいい、屈折異常があるものについては、矯正視力について測ったものをいう)がそれぞれ 0.1 以下のもの		
② 1眼の視力が 0.02 以下、他眼の視力が 0.1 以下のもの			
③ 両眼の視野がそれぞれ 10 度以内のもの			
④ 両眼による視野の 1/2 以上で欠けているもの			
身体障害程度等級表	級別	視覚障害	備考
	1 級	両眼の視力の和が 0.01 以下のもの	身の日常生活が極度に制限される
	2 級	両眼の視力の和が 0.02 以上、0.04 以下のもの	
	3 級	両眼の視力の和が 0.05 以上、0.08 以下のもの	家庭内の日常生活活動は、独力で最低限のものを行うことができる
	4 級	1. 両眼の視力の和が 0.09 以上、0.12 以下のもの 2. 両眼の視野がそれぞれ 5 度以内のもの	
	5 級	1. 両眼の視力の和が 0.13 以上、0.2 以内のもの 2. 両眼の視野がそれぞれ 10 度以内のもの 3. 両眼による視野の 1/2 以上が欠けているもの	社会生活活動を行うには相当の制限をうけるが、それほど著しい制限ではない
	6 級	1 眼の視力が 0.02 以下、他眼の視力が 0.6 以下のもので両眼の視力の和が 0.2 を超えるもの	

この表でいう視力とは、空間において 2 点、または 2 線を見分ける能力のことであり、閾値視覚の逆数であらわす。1909 年の国際眼科学会で標準視標はランドルト環とすることが決定され、現在はこのランドルト環を用いた視力検査が行われている。ランドルト環の形状は太さと切れ目の幅が外径の 5 分の 1 と定められており、切れ目幅が視角 1 分のランドルト環の視力は 1.0 である。また視野とは、眼を動かさずに見ることのできる範囲のことで、正常視野は上方に 60 度、下方に 70 度、鼻側に 60 度、耳側に 70 度あるとされている。

しかし視覚障害者の見え方の程度は、等級表で同じに分類されていても人によってかなり異なるといわれている⁴⁾。例えば視力表で測ることのできない視力の分類には暗室で豆電球の光が判別できる視力である光覚、眼前で手を左右に振るとその動きが判別できる視力である手動弁、眼前で指の数が数えられる視力である指数弁、色盲や色弱などがあり、更に視野の欠損の場所によっては見え方や普段お生活のパフォーマンスが大きく異なる。

視力が高い中心部が欠損する場合（中心暗転）は、読書はかなり難しくなるが、周辺視が残っていればある程度の歩行が可能とされている。一方で、周辺視が欠損し中心部が残る場合（視野狭窄）は、読書などはできるが、歩行が難しくなる傾向があると言われている。残存視力・視野の程度によって各人の見え方や不便さは大きく異なり、生活のパフォーマンスも個人差が大きい¹⁶⁾。

1-2-3 視覚障害の原因

厚生労働省が2005年に報告した、過去1年間の視覚障害新規認定者2,034名を対象に行われた調査¹⁷⁾では、視覚障害の主原因疾患として最も多かったのは緑内障で全体の20.7%を占め、次いで糖尿病網膜症19.0%、網膜色素変性症13.7%、黄斑変性症9.1%、高度近視7.8%という結果であった。また年齢別の比率をみると、60歳以上の視覚障害者のほとんどが加齢に伴う症状によって視力を失っていることが窺える（図1-2-3-1）。我が国は現在急速な超高齢社会を迎えているが、今後高齢化が進むことによって加齢に伴う視覚障害者が一層増加することが見込まれる。特に、加齢による視機能の低下や今や国民病とも言われる糖尿病による糖尿病性網膜症、高齢になると必ずなると言われている白内障などにより、視覚障害者の中でもものが見えにくく社会生活に不便さや・困難さを訴えるロービジョン者が今後益々増えるとも言われている。

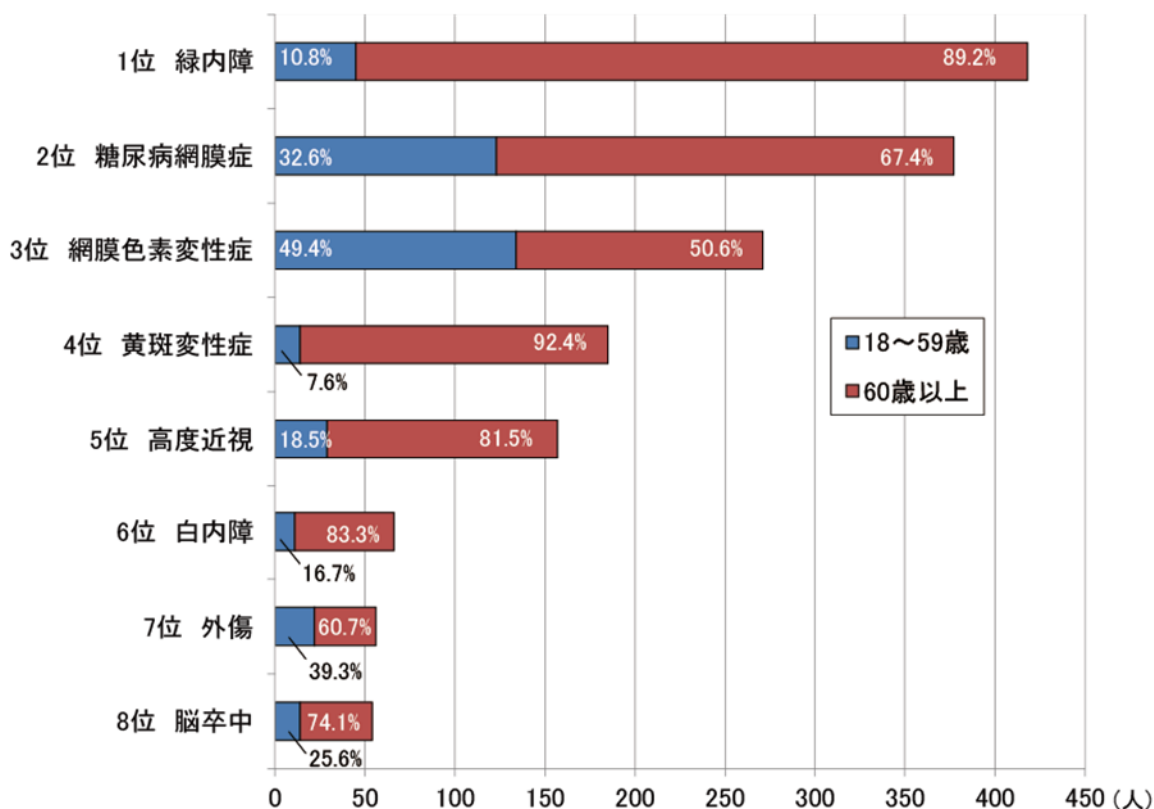


図 1-2-3-1 視覚障害の原因疾患別の年齢比率¹⁷⁾

1-2-4 視覚障害者の実態

厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部が2006年に行った身体障害児・者実態調査結果¹⁸⁾を以下に示す(図1-2-4-1～図1-2-4-4, 表1-2-4-1, 表1-2-4-2)。

視覚障害者は2006年の時点で推計310,000人おり、身体障害者総数の8.9%を占めている(図1-2-4-1)。年齢階級別にみた分布では70歳以上が最も多く全体の49.4%を占め、視覚障害者の実に60.0%が65歳以上の高齢者であることを示している(図1-2-4-2)。身体障害者の割合をみると、65歳以上は人口千人当たり58.3人、70歳以上は人口千人当たり94.9人が身体障害者となっており、高齢になるにつれ多くの人は何らかの障害をもつようになると推測される(表1-2-4-1)。障害の程度別の分類では、視覚障害は聴覚障害や肢体不自由などの障害と比較して重度障害といわれる1級、2級の比率が高く、全体の62.0%を占める(図1-2-4-3)。また視覚障害者の外出の状況は¹⁹⁾、ほぼ毎日外出している人の割合が29.3%であり、聴覚・言語障害、肢体不自由、内部障害に比べると最も少ない。また年に数回外出すると答えた者の割合は10.6%であり、外出しないと答えた者は全体の6.3%であったことから視覚障害者の外出頻度が少ないことがわかる(図1-2-4-4)。さらに単独で外出している視覚障害者は33.6%と他の障害に比べ最も低く、高齢の視覚障害者や中途失明者の単独歩行の困難さが窺える(表1-2-4-2)。

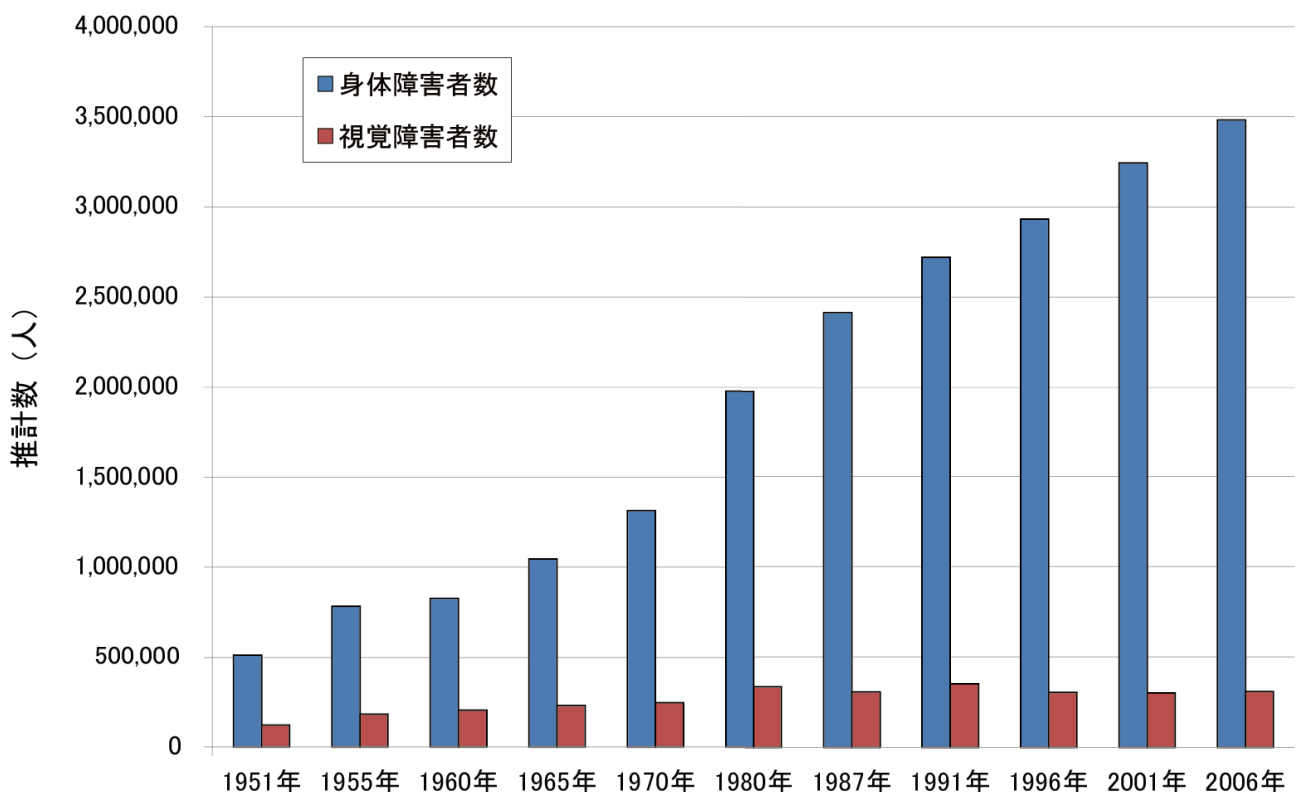


図1-2-4-1 身体障害者総数と視覚障害者数の推移¹⁸⁾

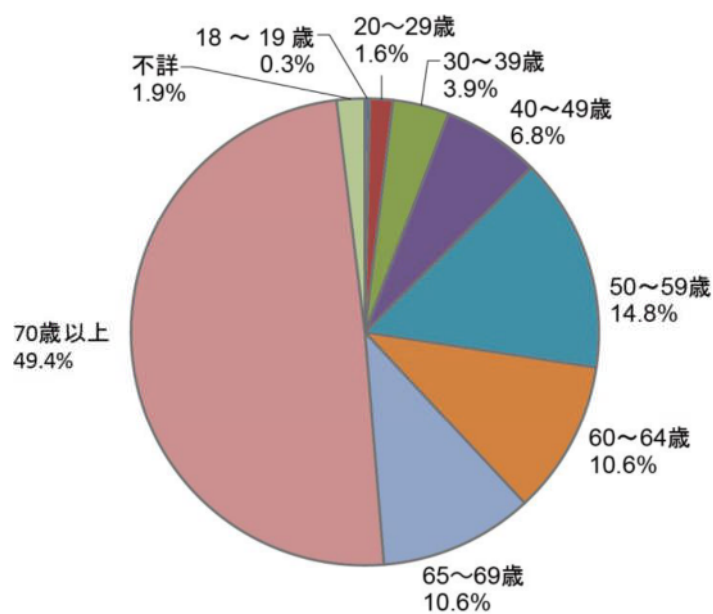


図 1-2-4-2 年齢階級別に見た視覚障害者の分布状況¹⁸⁾

表 1-2-4-1 年齢階級別に見た身体障害者の人口割合（人口千対）¹⁸⁾

(単位:人)

	総数	0～9歳	10～19歳	20～29歳	30～39歳	40～49歳	50～59歳	60～64歳	65～69歳	70歳以上
2006年	28.0	3.2	4.4	4.1	6.1	11.9	24.4	48.9	58.3	94.9
2001年	26.2	3.1	4.0	3.9	5.4	13.0	24.2	46.5	72.1	96.2

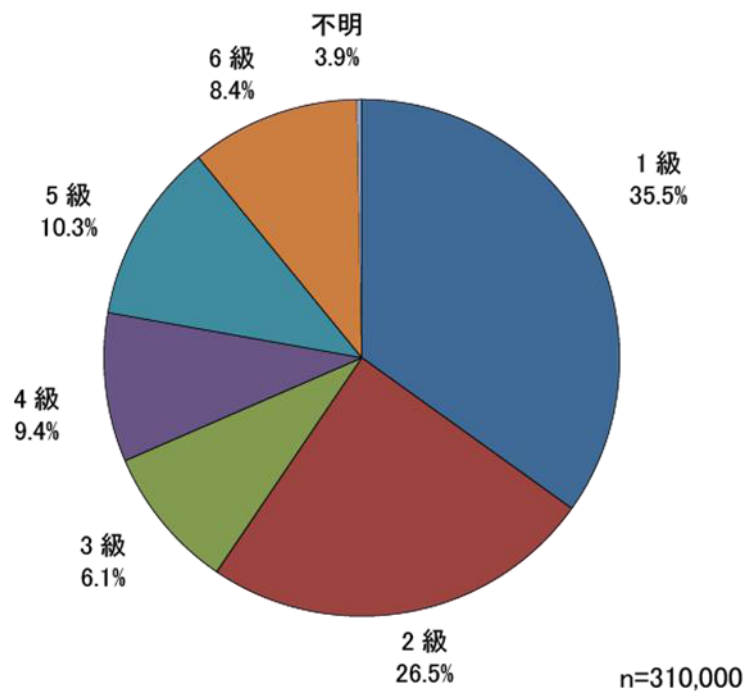


図 1-2-4-3 程度別にみた視覚障害者の状況¹⁸⁾

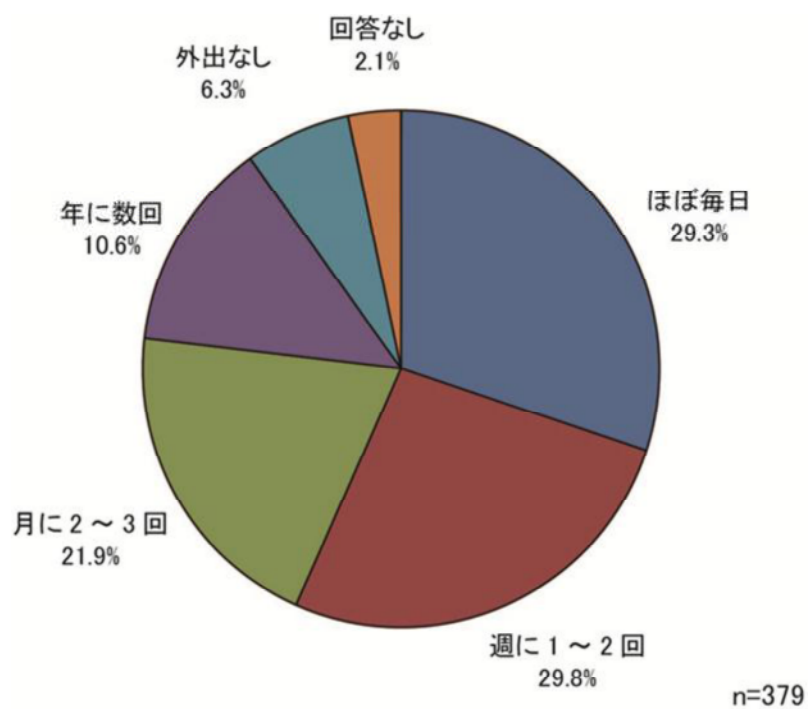


図 1-2-4-4 外出の有無及び外出回数状況¹⁸⁾

表 1-2-4-2 外出時の主な介助者の状況¹⁹⁾

(単位:千人)

本人のみ	91 (33.6)
配偶者	69 (25.5)
子供	32 (11.8)
その他の家族	14 (5.2)
ホームヘルパー	9 (3.3)
隣人・知人	8 (3.0)
親	6 (2.2)
親戚	3 (1.1)
ボランティア	1 (0.4)
その他	4 (1.5)
回答なし	34 (12.5)
総数	271 (100.0)

()内は構成比(%)

1-2-5 視覚障害者の歩行

前述の障害者の実態調査から視覚障害者は、他の障害者に比べ外出頻度が低い傾向がある。これは、視覚障害者の移動するための歩行が如何に難しいかを示す結果と言える。

視覚障害者の歩行は大きく分けて、環境における自己の位置づけの「オリエンテーション」と目的地に安全かつ効率的に移動する「モビリティ」の二つから構成されているといわれている²⁰⁾。

そこで視覚障害者は、視覚情報の取得や利用が困難なため、オリエンテーションやモビリティを確保するために、外出歩行の際には視覚情報の代替えとして補助器具や介助者による手引きを受けることがある。補助器具としては、道路交通法第14条第1項²¹⁾では「目が見えない者（目が見えない者に準ずる者）は、道路を通行する時は政令で定める杖を備え又は政令で定める盲導犬を連れていなければならない」とされており、白杖又は盲導犬の使用が定められていることから、白杖・盲導犬がよく使用されている。また、最近では、電子機器などを用いてより安全で確実な移動を確保する方法も開発されているが、様々な方法や機器が開発されており、統一的な規格がまだ存在しないため、試験的に利用されていることが多い。

視覚情報がない状態に起因する特性として以下のようなものが知られている²²⁾。

視覚情報を持たない人は定めた目的地より実際の歩行軌跡が右にそれる傾向がありこれを「変軌傾向(veering tendency)」という²³⁾。また、移動経路上の障害物を回避した後もとの経路を維持する際に、その方向は障害物に対して垂直方向になる傾向が強くなる。円形のものに対しては、回避した後に離れて進む軌道が、回る方向によっても影響を受け、

円の法線方向に離脱する傾向がある²⁴⁾。

視覚障害者は歩行時の空間認識に、残存視機能のほかに聴覚、触覚、嗅覚などヒトが持つ様々な感覚器を駆使して情報を取得しそれを活用し安全な歩行につなげている。

視覚障害者は歩行時に左右の耳から入ってくる様々な音を活用し空間を把握している。耳が左右についていることからその音源が左右どこにあるか識別することができ耳郭にある髪により音源の上下方向と前後方向を把握することができるが、上下方向と前後方向の識別は左右方向の識別より劣ると言われている²⁵⁾。これを音像定位と言い、音響信号機や音サインなどの音がどこから発信しているか特定するために利用している。また、足音や白杖をつく音が周囲に反射してくる音の違いを受信し、周囲の事物と自分との位置関係や距離を把握するためにその反射音を利用している。これを反響定位と言い、エコーロケーションとも言う。このような聴覚情報は360度様々な方向からの情報を取得することが可能だが、その情報から空間を認識し歩行に結び付けるには経験が必要になると言われている。それに対し、足底や白杖から伝わる触覚の情報は直接その情報に触れて取得するため、確実であり、経験がそれほどなくても利用しやすいという利点がある。永松²⁶⁾によると環境の中の様々な情報の中から触覚による情報が全体の50%と高く依存度が高いと報告している。一方でその情報に接近しないと取得できないという課題もある。更に、嗅覚も移動するための情報として利用されている。葭原²⁷⁾が執筆した「頭の中の通勤経路」の中で、蕎麦屋のにおいをその場所を確認するための手掛かりとしていることが記述されている。前述から、これらの感覚を駆使して日常的に移動していることがよくわかる。

1-2-6 視覚障害者のための環境整備

高齢者や障害者に配慮した環境整備を定めた法律には、代表的なものに「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律」(バリアフリー新法)がある²⁸⁾。これは一体的かつ総合的なバリアフリー施策を推進するために、従来までの「高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律」(交通バリアフリー法)²⁹⁾と「高齢者、身体障害者等が円滑に利用できる特定建築物の建築の促進に関する法律」(ハートビル法)³⁰⁾を統合して2006年12月20日に施行されたものである。バリアフリー新法は、ユニバーサルデザイン政策大綱³¹⁾(2005年制定)を受け、「どこでも、だれでも、使いやすく」というユニバーサルデザインの考え方に基づいた、全ての人に利用しやすい都市基盤整備の実現に向けての公共交通施設及び車両、道路、路外駐車場、都市公園、建築物などの施設の管理者等に対して、施設の新設や改修時には移動円滑化基準への適合義務、既存の施設には基準適合の努力義務を課している。

視覚障害者への配慮としては、駅ホームへのホームドアの設置、誘導用ブロックの敷設、点字や触知図、音響案内設備の設置、更に、段鼻のコントラストやサインの視認性、色覚特性に配慮したカラーバリアフリーなどが求められている。

また以上に加え、地方自治体は、自治法で定める福祉のまちづくり条例などの整備を進めている。

これらの法律や様々な条例の整備により、高齢者、障害者の行動範囲が広がってきているが、一方でそれら利用者の満足度は、それほど上がっていないのも現実である³²⁾。特に、バリアフリー化を推進する中で、障害当事者間においてニーズの違いからくるコンフリクト問題が浮上してきている。その代表的ともいえるものが、誘導用ブロックである。視覚障害者の歩行時には大変有効なものであるが、車いす利用者や高齢者をはじめとするそれを利用しない人にとってのバリアになっておりしばしば議論となっている³³⁾。

1-2-7 視覚障害者の歩行及びその環境に関する先行研究

視覚障害者の歩行及びその環境に関する研究は、これまで数多く行われてきている。屋外における視覚障害者の歩行時の手掛かりや障害物を明らかにする研究として、永松は²⁶⁾³⁴⁾、視覚障害者の外出時の行動分析し、触覚情報への依存度が高いことを明らかにした。早瀬らは³⁵⁾、屋外での歩行訓練から視覚障害者の歩行時の障害と手掛かりの作り方について調査を行った。佐藤らは³⁶⁾、全盲とロービジョンの児童を対象とした屋外での歩行様態に関する調査を行い、鍵山らは³⁷⁾、視覚障害者生活訓練施設周辺における歩行時の手掛かりに関する調査を行った。同様の調査を早瀬らも³⁸⁾を行い、歩行時の手掛かりの整理を行った。山田らは³⁹⁾、単独歩行の視覚障害者の血圧と脈拍の測定により歩行時のストレスと経路上の障害物との関係を明らかにしている。更に、松田ら⁴⁰⁾は屋外での歩行様態、白杖の使い方と障害を受障してからの経過年数などとの関係を明らかにした。岡本らは⁴¹⁾、ロービジョン者の視覚と全盲者の聴覚による空間認知と街路空間の構成について明らかにした。更に太田は^{42,43)}、視覚障害者の歩行時の音環境による空間認知と空間構成との関係をケビン・リンチの都市のエLEMENTと絡め論じている。また、交差点部での音響信号機や音声装置の有効性などの研究もおこなわれている⁴⁴⁾。また、各種施設での視覚障害者の歩行様態の調査研究もおこなわれている。矢板らは⁴⁵⁾、盲学校を対象とし、奥村らは⁴⁶⁾、地下街を対象として視覚障害者の歩行様態の調査を行っている。更に、松田・原らは⁴⁷⁾、視覚障害者に配慮した設計が施された眼科病院において、アイマークレコーダを用いて視覚障害者の歩行時の注視傾向を分析した。また、同様の調査を松田ら⁴⁸⁾も日本最大の眼科病院で行った。西川らは⁴⁹⁾、視覚障害者福祉施設において白杖利用者の観察調査により歩行特性と白杖の使われ方を分類し明らかにした。高間らは⁵⁰⁾、視覚障害者福祉施設において環境操作実験により白杖歩行者の基本動作を明らかにした。

これらの調査・研究により、視覚障害者の歩行時の手掛かりには、誘導用ブロックや音響信号機、縁石や路面の凹凸、ヒトの流れなどがよく使われていることがわかる。そして視覚障害者の単独歩行には白杖の利用が有効とされている。

上述のような行動観察調査のほかにも意識調査も行われてきている。例えば、津田⁵¹⁾や伊藤らは⁵²⁾、視覚障害者の歩行時や施設利用時の手掛かりについての意識調査を行っている。徳永らは⁵³⁾、ロービジョン者の日常生活における環境の使い方についての意識調査を行っている。岩田・原らは⁵⁴⁾、ロービジョン者を対象とした夜間歩行に関する調査・研究も行われている。また、柳沢らは⁵⁵⁾、アンケート調査により年齢と障害発生時期が歩行能

力と関係があることを明らかにしている。東日本大震災以降、節電における視覚障害者に及ぼす影響などに関する調査も行われるようになった^{56,57)}。

視覚障害者の歩行様態の分析から視覚障害者を取り巻く環境デザインに関する研究も行われてきている。山本は^{58,59)}、白杖利用者の安全で安心な移動には、適切な情報提供のあり方も含めた計画の重要性を示唆した。松田らは⁶⁰⁾、視覚障害を持つ大学生のキャンパス内での移動様態を調査することにより使いやすいキャンパス計画の基礎的知見を示した。原は⁶¹⁾、五感を活用したデザインにより視覚障害者にもわかりやすい空間を提示できる可能性を示唆した。野村らは⁶²⁾国内外で自治体、盲学校、福祉施設に対しヒアリング調査などを行い、ユニバーサルデザインの視点から視覚障害者への総合的な環境整備の在り方を示した。人見らは⁶³⁾、全盲の視覚障害者の白杖の使い方を生態心理学の視点で詳細に分析し多様なバリアフリーデザインの可能性を示唆している。更に原は⁶⁴⁾、自身の経験から、都市・建築におけるデザインの可能性について述べた。

しかし、これらの研究では、視機能と行動の関係については明らかにされていない。そこで井上、原らは⁶⁵⁾、ロービジョン者を対象とした、見え方とその行動に関する調査・研究を行い、視野が行動パフォーマンスに大きく影響を与えていることを明らかにした。

1-3 誘導用ブロックの定義及び現状

1-3-1 誘導用ブロックの定義

誘導用ブロックとは、視覚障害者に対して前方の危険の可能性若しくは歩行方向の変更の必要性を予告すること又は歩行方法を案内することを目的とし、靴底や白杖で触れることにより認知させる点状、棒状等の突起模様を施したブロックの総称と定義されている²⁾。一般的に、点状のブロック（図 1-3-1-1a：警告ブロック）は危険な箇所における警告を意味し、線状のブロック（図 1-3-1-1b：誘導ブロック）は線の方向によって進行方向を示している。また近年ではホームの内外を示すために、警告ブロックのホーム内側に1本の凸状ラインを入れたブロックも駅ホームに導入が進んでいる⁶⁶⁾（図 1-3-1-1c）。



図 1-3-1-1a 警告ブロック 図 1-3-1-1b 誘導ブロック 図 1-3-1-1c ホーム端部用ブロック

1-3-2 誘導用ブロックの歴史

誘導用ブロックは 1967 年、三宅精一によって発明された⁷⁾。三宅は、視覚障害者が安全に歩行するためには危険な場所と安全な場所とを区分けする事が必要と考え、視覚障害者が歩行時に手掛かりにしている路面の凹凸や感触の違いに着目し、突起物を配列して情報提示することを考案した。そして、視覚障害者のためのものであることを社会にアピールするため点字ブロック（現在は一財団法人安全交通試験センターの登録商標）と名づけられ、1967 年 3 月 18 日岡山県立盲学校近くの国道 2 号線の横断部分を示す歩道側に 230 枚が世界で初めて敷設された。

誘導用ブロックの色彩に関しては、1967 年に弱視者にも明確に分かる黄色が提案された。また誘導ブロック（線状ブロック）は 1975 年に開発され、敷設が始まった。誘導用ブロックは、1973 年建設省道路局通達「歩道および立体横断施設の構造について：2.その他留意事項盲人対策」⁶⁷⁾において初めて公的に位置づけられた。更に、1985 年に「視覚障害者用誘導ブロック設置指針」⁶⁸⁾が作成され、統一的な設置方法が定められた。

その後、都市・建築のバリアフリー化を促進させる法律や条例の整備により、公共交通施設や公的建築物、道路などへの敷設が急速に広まった。そして視覚障害者の単独歩行の重要な手掛かりとなりその有効性が認められ、現在では世界各国に広まっている。

1-3-3 誘導用ブロックの規格化

上述の経緯によって誘導用ブロックは全国的に普及することとなったが、突起のパターンや色、材質等に統一的な基準がなく、多種多様な形状のものが敷設されてきた。このような状況では視覚障害者の混乱を招く恐れがあり、またそれらの中には十分な効果が疑問視されるものも存在することから、誘導用ブロックの標準化への取り組みが始められた⁶⁹⁾。2000 年 3 月、独立行政法人製品評価技術基盤機構は 1996 年からの研究を最終報告書としてまとめると同時に、TR T 0006：1999（視覚障害者誘導用ブロックのパターンの触覚による識別率及び難易度の推定方法）を公表した^{70,71)}。これらは喫緊の課題として誘導用ブロックのパターン（突起の形状・寸法及びその配列）の標準化を図ることを目標に、視覚

障害者の協力を得て大規模な被験者実験を実施して取得した“ブロックの認知のしやすさ”，“切り替わりの分かりやすさ”等のデータを解析したものである。この報告書のデータに基づき，2000年に財団法人日本規格協会がJISの原案作成を行い，2001年9月にJIS T 9251：2001（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）として制定された²⁾。しかしこの規格はあくまで誘導用ブロックの突起パターンを規定したものであるため，色・材質・敷設方法等については未だ統一的な基準はない。また制定以前に敷設された誘導用ブロックもあり，現存する誘導用ブロックの全てがJISに適合しているわけではない。更に，世界各国への普及が進む中で国際規格化も1980年代から検討されてきたが，二度の中断があった。2010年6月に日本のJISを基に，JISでは規定されていない（周囲とのコントラスト）色，素材，敷設方法を盛り込み日本から再度提案し，2012年3月にISO23599として国際標準化が行われた³⁾。しかし，日本で開発され世界各国に広がり，各国の状況に沿った形で普及していったため，このISOの中では各国の敷設方法が尊重される結果となり，敷設方法や色については統一されていない。

1-3-4 誘導用ブロックに関する先行研究

JISによって標準化がなされた誘導用ブロックであるが，この規格は足底の触覚で最も一般的な補助具である白杖での検出・識別性は検証されていない。そこで三谷らは⁷²⁾，白杖を用いた誘導用ブロックの検出・識別実験を行い，線と点の識別は足底に比べ難しいが誘導ブロック，警告ブロックともに平坦な路面であれば十分に検知可能であることを実証した。蓑手らは⁷³⁾，実験室環境で白杖による誘導用ブロックの検知性を検証し三谷らと同様の結果を得ている。

大野らは⁶⁶⁾，駅ホームでの転落防止を目的としホームの内外方情報を提示できる点字ブロックの開発を試みた。

田中らは³²⁾，誘導ブロックの利用者と敷設者を対象としたアンケート調査を行いその両者の意識の違いを明らかにした。誘導用ブロックの敷設方法に関して，中野らは⁷⁴⁾，段差手前の警告ブロックの敷設列数と段差からの距離の関係について検証を行い，望ましい敷設方法を提案した。また公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団は⁷⁵⁾，ホーム縁端の警告ブロックの敷設幅を拡張することによる効果を実証し，敷設幅を拡張することで誘導用ブロックの検知性を向上させ停止距離の短縮が期待できることを示した。また青山らは⁷⁶⁾，摩擦係数を用いて，誘導用ブロックに用いられる素材の滑りやすさの定量化を行った。

高橋らは⁷⁷⁾，誘導用ブロックの色彩に着目し周囲の床仕上げ材との輝度比に関して調査を行った。有賀らは⁷⁸⁾，誘導用ブロックの色彩について既存施設での敷設状況を調査し評価した。辻らは⁷⁹⁾，既存誘導用ブロックの色度，色差を測定し，誘導用ブロックの視認性の低下は，その劣化と周辺床仕上げ材とのコントラスト不足，夕方の太陽光によるスペクトルの影響としている。

これまでの誘導用ブロックに関する研究は，視覚障害者の歩行の手掛かりとして最も重

要な設備と位置付け，より使いやすい形状，敷設方法の在り方などを明らかにするものが多かった。

しかし，従来の誘導用ブロックは，その形状からそれを利用しない人にとってはバリアになっており，高齢者にとっても転倒の一要因になっているとの報告もある^{6,7)}。これらのことから，KOBAYASHI らは^{8,9,10)}誘導用ブロックが晴眼者の歩行に与える影響についても定量的に評価した。更に，S.B. Thies らは⁸⁰⁾，高齢者に対し誘導用ブロックの影響について評価を行った。また，久下らは⁸¹⁾，高齢者のつまずき防止のため，その段差の高さを2mm以下とすることが望ましいことを実験により明らかにした。

このような背景から，柳原らは⁸²⁾，従来の誘導用ブロックより突起高さの低い形状の塩ビタイル性屋内誘導用ブロックの試作を行った。また，大田らは⁸³⁾従来の凹凸のある視覚障害者用道路横断帯（エスコートゾーン）の車通過時の騒音を解決するため，床材の感触の違いを利用した突起をなくしたフラット型ゴムチップ性エスコートラインの試作を行っている。

1-3-5 誘導用ブロックの問題点

視覚障害者の単独歩行を支援するための誘導用ブロックは，誘導と警告の2種類のブロックで情報提示をしておりその簡潔性と特別な訓練や機器がなくとも利用できること，敷設のコストが低く，利用者負担がないことから前述のとおり広く普及しており，視覚障害者からの評価も高い。しかし，前述したが，従来の誘導用ブロックは，その形状からそれを利用しない人にとってのバリアになっていることは事実である。実際に高齢者の中には，つまずきやすいので誘導用ブロックから離れて歩く人もいる⁷⁾。また車いす利用者を対象に実施された交通安全ニーズに関するアンケートでは，46%の回答者が誘導用ブロックを邪魔に感じたことがあると答えていた⁸⁴⁾。車いすの微振動により付随筋が働き，震えや硬直が生じる痙性は車いす利用者の多くが経験するといわれているが，誘導用ブロックの幅程度（300mm～800mm）を通過する際の一瞬でも生じる場合があると報告されており，このようなことから車いす利用者に誘導用ブロックが敬遠されているのであろう⁸⁵⁾。

誘導用ブロックが歩行に与える影響に関しては，小林らの行った平坦な路面における歩行と誘導用ブロックを踏んで歩く歩行を運動学・運動力学の手法を用いて比較した研究がある⁸⁾。この研究によると，誘導用ブロックを踏んで歩く際にはつま先が誘導用ブロックに接触して転倒することを回避するため，つま先を高く上げながら歩くという非効率的な歩行をしていることが示唆されている。また，久下らの研究によると⁸¹⁾，高齢者は歩行時につま先が十分に上がらないため，つまずき防止のためにはその段差を2mm以下とすることが望ましいと報告している。

また，誘導用ブロックの色についても景観問題とロービジョン者にとっての視認性との間で議論が絶えないが，2000年に施された交通バリアフリー法²⁹⁾により原則黄色と定められたが，国内においてもまだ統一されてはいない。

1-4 感触の異なる床仕上げ材による視覚障害者への情報提示

1-4-1 感触の異なる床仕上げ材による情報提示の事例

近年、建築物においてユニバーサルデザインの観点から特別な装置や設備を用いず、視覚障害者の日常の空間認識の手がかりの一つである路面の素材の違いに着目した床のデザインによる視覚障害者への歩行空間の提示を試みる事例も見受けられるようになってきた。これは、前述の誘導用ブロックの持つ問題点を解決する新たな手法である。

実例としては、東京都千代田区にある井上眼科クリニックや千代田区役所では、タイルカーペットの床に従来の誘導用ブロックの代わりに塩ビタイルを通路中心にひし形に敷設し、凹凸ではなく床材の感触の違いで誘導を試みている（図 1-4-1-1）。更に、大阪府堺市にある国際障害者交流センターBIG-I では、塩ビタイルの通路の壁際にそってタイルカーペットを敷き、この床材間の硬さの違いを利用して視覚障害者に歩行空間の情報提示を行っている。この施設では、壁際から塩ビタイルとタイルカーペットの境界までの距離を380mmとし、壁際に設置してある手すりとその感触の異なる床材の境界部を頼りに歩行することもできる。ここで興味深いのは、その床材の感触の異なる境界部を頼りに歩を進めると室名サインが設置してある壁面の直下の床面に警告ブロック（点字ブロック）が敷設しており、これらの感触の違いで誘導とサインを発見させる仕組みが構築されていることである（図 1-4-1-2）。このBIG-Iでは塩ビタイルとタイルカーペットという弾性の異なる床の組み合わせを利用しており、神奈川県厚木市にある神奈川工科大学情報学部棟の廊下でも同様の手法が用いられている。更に、ここでは1階エントランスホールにおいて、安心して歩行できるエリアをバーナーで表面を荒らした御影石（摩擦大）とし、歩行に注意が必要なエリアには、磨いた御影石（摩擦小）とする摩擦差を利用した床デザインが採用されている（図 1-4-1-3）。この大学の視覚に障害のある学生にヒアリングしたところ、このような手法が有効である旨の回答を得た。また、栃木県足利市の柏瀬眼科では、塩ビタイルとタイルカーペットの硬さの違いを利用して家具や什器などがあり歩行に注意が必要なエリアと安心して歩行ができるエリアの情報提示を行っている（図 1-4-1-4）。

前述の2例は、従来の凹凸のある誘導用ブロックではなく、感触の異なる床仕上げ材に置き換えたものであるのに対し、後者の3事例は、壁際や歩行に注意が必要なエリアと安心して歩行ができるエリアの床材の表面仕上げや素材を変えることにより、これまでの誘導用ブロックのような線的情報だけでなく、面的な情報も提示できる新たな手法である。しかし、これらの手法はまだ一般的ではないため、いずれの施設でも歩行時にこの手がかりが必要な人にこの床デザインの仕組みを伝えている。

しかしこのような手法を用いる際に、ヒトが歩行中にどの程度正確に床仕上げ材の差を識別できるか、定量的な評価は行われていなかった。また、敷設例に関しても試験的に導入されているものが多い。これまで述べた、高齢化やそれに伴う高齢障害者の増加が見込まれる現状、ユニバーサルデザインの観点からも、誘導用ブロックの持つ問題を補完する凹凸によらない情報提示方法へのニーズは高まっており、実用へ向けた検証が必要となっている。



図 1-4-1-1 御茶ノ水井上眼科の事例^{86, 87)}



図 1-4-1-2 国際障害者交流センターBIG-I の事例⁸⁸⁾

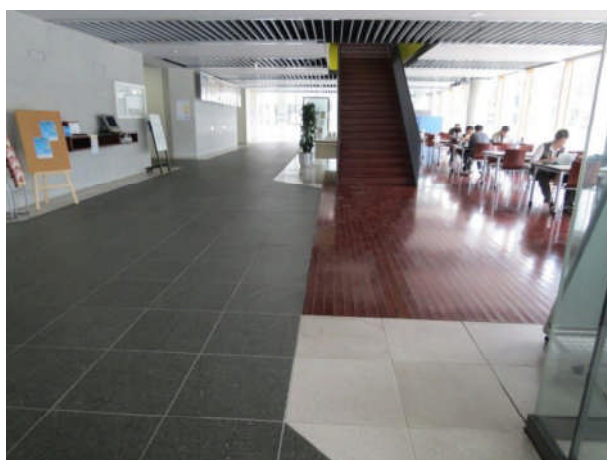


図 1-4-1-3 神奈川工科大学情報学部棟の事例⁸⁹⁾



図 1-4-1-4 柏瀬眼科の事例⁹⁰⁾

1-4-2 先行研究

視覚障害者にとっての床デザインの有効性を検証した研究があり、西川・高間・三浦らは^{49,50,91)}、視覚障害者を対象とした環境操作実験により、床仕上げ材間のコントラストを用いた床面計画の有効性を示唆した。また、床材の識別容易性に関する研究もあり、岩田らは⁹²⁾、感触の異なる床仕上げ材の識別性について、晴眼者を対象に通常歩行、すり足歩行、白杖を利用した歩行の3種類の条件の違いによる比較を行っている。その結果、すり足歩行と白杖を利用した歩行することで感触の異なる床仕上げ材の組み合わせを識別しやすいことが確認されている。横山らは⁹³⁾、晴眼者を対象に白杖を用いて床仕上げ材の変化の識別性を評価し、白杖では硬さや滑り抵抗の差よりも凹凸の方がわかりやすいことを報告している。更に、横山らは⁹⁴⁾、触覚刺激測定装置を開発し、床の変化の認知度合いを表す物理量として設定し、白杖による床の変化の認知度合いの表示方法を示した。

1-5 研究の目的

これまで述べてきたように誘導用ブロックは、その形状からそれを必要としない人にとってのバリアになっていることから、前述のような感触の異なる床仕上げ材を利用した視覚障害者への情報提示の手法も試みられるようになってきた。しかしこのような手法を用いる際に、ヒトが歩行中にどの程度正確に床仕上げ材の差を識別できるか、定量的な評価は行われていなかった。

そこで本研究は、ヒトが歩行中に感触の異なる床仕上げ材間の違いをどの程度正確に識別できるか客観的・定量的に評価することを目的とした。

そしてこれらを明らかにすることでこれまで単なる装飾としての床デザインではなく、

床の感触の違いを活用した床デザインとすることで誘導や注意喚起などの情報を必要とする人にさりげなく提供することが可能となり，新たなデザインの可能性が期待できる。

1-6 本論文の構成

本論文は，以下の章で構成される。

第 1 章では，本研究の背景，目的，先行研究のレビューを行い，本研究の位置づけと意義について述べた。

第 2 章では，感触の異なる床仕上げ材間の弾性差に着目した評価実験研究について述べる。建築物で一般的に使われている 3 種類の素材と比較対象として誘導用ブロックを用いテストピースを作成し，そのうちの 2 種類を前後にランダムに組み合わせた歩行路を，視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者に提示し，それらの識別容易性の評価を行った結果を示す。

第 2 章では感触の異なる床仕上げ材間の弾性差に着目したが，感触の異なる床仕上げ材の違いによる情報提示方法は，弾性以外にも考えられる。そこで，第 3 章では感触の異なる床仕上げ材間の摩擦差に着目し，建築物で一般的に使われている 3 種類の素材を用い，第 2 章と同様の方法で視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者に提示し，それらの識別容易性の評価を行った結果を示す。

第 4 章では，第 3 章までで検証した手法を実際に利用する全盲の視覚障害者を対象に同様の実験を行った結果について述べる。全盲の視覚障害者の協力を得て評価実験を行い，評価指針としては，正答率に加えてこれまでは評価してこなかった識別してから停止するまでの距離も新たに測定することで，それらの識別容易性の評価を行った結果を示す。

第 5 章では，新たに白杖を用いた評価実験について述べる。前章まではヒトが歩行中に足底のみで感触の異なる床仕上げ材間の違いをどの程度正確に識別できるかを評価してきたため，視覚障害者が普段歩行時に用いている白杖を使うことを禁止してきた。しかし，前章の研究の結果，足底のみの情報では，屋内で利用するには停止するまでの距離が長すぎるものが懸念された。そこで本章では，視覚障害者が単独歩行時に一般的に利用する白杖を用いることとし，足底と白杖から伝わる刺激によりどの程度正確に識別できるかを，全盲の視覚障害者を対象にこれまでと同様の実験を行い，正答率と識別してから停止するまでの距離を測定することでそれらの識別容易性の評価を行った。また近年では糖尿病性網膜症により中途失明する者が増加の傾向にあり，それらの者の中には末梢神経障害を併発している者も多い。そこで手足の感覚が衰えている末梢神経障害を有する視覚障害者を対象に同様の追実験を行い，正答率と更に識別してから停止するまでの距離を測定することでそれらの識別容易性の評価を行った。

第 6 章では前章まででは感触の異なる床仕上げ材間の違いをヒトが歩行中にどの程度正確に識別できるかを評価してきた。感触の異なる床仕上げ材による誘導性能とその床仕上

げ材の組み合わせの関係性を明らかにすることを目的とした評価実験研究について述べる。そこで疑似路面を作成し、被験者に提示し誘導性能と床仕上げ材の特徴を測定する実験を行い、誘導性に適した床仕上げ材の組み合わせの関係性を導きだした。

第7章では、第2章から第6章の結果を踏まえ考察を行い、今後の課題を提示する。

第8章では、結論として一連の研究のまとめを行っている。

第 2 章 晴眼者を対象とした弾性の異なる床仕上げ材間の 識別容易性の評価

- 2-1 研究の目的
- 2-2 研究の方法
- 2-3 結果
- 2-4 考察
- 2-5 小括

第 1 章で述べたように、現在敷設されている誘導用ブロックの凹凸が、それを使用しない人のバリアになっていることは事実である。そこで本章では、危険箇所の少ない屋内において、従来の突起のある誘導用ブロックではなく、床仕上げ材の感触の違いによって、視覚障害者に対する歩行空間の情報提示法の評価を行うことを目的とし、床仕上げ材間の弾性差に着目した。そこで建築物で一般的に使われている 3 種類の素材と比較対象として誘導用ブロックの 4 種類の床仕上げ材を用いテストピースを作成し、そのうちの 2 種類を前後にランダムに組み合わせた歩行路を、視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者に提示し、それらの識別容易性の評価を行った。その結果、ある一定以上の弾性差がある床仕上げ材の組み合わせであれば従来の誘導用ブロックと同等の正答率で識別できることが確認された。

2-1 研究の目的

第 1 章で述べてきたような誘導用ブロックの形状に起因する問題から、近年、床面の凹凸形状を用いるのではなく、日常的に視覚障害者が歩行の手掛かりの一つとして利用している¹¹⁾路面の感触の違いに着目した床デザインの工夫も試みられている¹²⁾。例えば建築物の床デザインにおいて意匠上の観点から同一床面で石材や塩ビタイルなどの硬い床仕上げ材とカーペットなどの柔らかい床仕上げ材を組み合わせ、空間を演出する手法がある。もしヒトが床仕上げ材の硬差の違い即ち床仕上げ材間の弾性差を歩行中に識別可能であることが実証されれば、このように頻繁に用いられる手法に単なるデザインでなく、視覚障害者への情報提示という機能を付加することが可能となる。そのためには、弾性の異なる床仕上げ材間の違いを歩行中にヒトがどの程度正確に識別できるかを調べる必要がある。

そこで本研究では、歩行中における弾性の異なる床仕上げ材間の識別容易性を客観的・定量的に評価することを目的とする。本研究によって床仕上げ材間の弾性の違いによる識

別の有効性が示されれば、床仕上げ材間の弾性の違いによって視覚障害者への歩行時の情報提示の可能性が示唆されるものと考えている。

2-2 研究の方法

2-2-1 被験者

本研究を行う上での全てのプロトコールは早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会より承認を得た。被験者は実験協力依頼の掲示を確認し応募してきた、晴眼（自己申告）の大学生 10 名（男性 5 名，女性 5 名，平均年齢 21.4 歳，SD±1.3）とした。これは、普段視覚を遮蔽した状況で歩行すること，及び床仕上げ材の差の識別を歩行時の手掛かりとすることに慣れていない晴眼者らが識別できる床仕上げ材の組み合わせであれば、普段からこのような状況で床仕上げ材を識別している視覚障害者にとってはより正確に識別できるものとなると考えたためである。

また、実験に先立ち被験者には、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理指針に基づいたインフォームドコンセントを文章と口頭で行い、実験に参加する同意を得た。

2-2-2 方法

本実験では足底での識別容易性を評価することを目的とするため足底以外の識別の手掛かりとなり得る情報を遮断した。そこで被験者はアイマスクを着用し視覚情報を遮蔽し、歩行中の足音が床仕上げ材の差を識別する手掛かりとなることが考えられたため、ホワイトノイズを流したヘッドホンを着用させ聴覚情報も遮蔽した。ホワイトノイズは、デジタルオーディオプレイヤー（SONY 社製 NW-E103）とヘッドホン（オーディオテクニカ社製 ATH-F3）を用いて提示した。ホワイトノイズの音量は、誘導のための声がやっと聞こえる程度に被験者が設定した。また本研究では足底経由の床面の特徴に限定するために白杖は用いなかった。実験中各自が履き慣れたゴム底のスニーカーを着用した。これは視覚障害者が歩行訓練を行う際に安全性に配慮しゴム底のスニーカーを用いていることと、また底が柔らかい素材の靴の方が、硬い素材の靴よりも床面の状況を識別し難いと考えられ、他の要因と同様により困難な状況での識別性を評価するために本研究ではこのような靴の設定とした。

本研究で用いた床仕上げ材は、公共建築物をはじめ多くの建築物で一般的に用いられている磁器タイルとカーペットタイルとし、更にその中間の特性を持つものと考えたゴムチップタイルの 3 種類と比較対象として誘導用ブロックの 4 種類とした。

これら 4 種の床仕上げ材をそれぞれ 3640mm×600mm ずつの合板に敷設し、実験で用いるテストピースとした。実験時にはこれらのテストピースのうち 2 種を前半部と後半部

としてランダムに組み合わせ、全長 7280mm の歩行路として提示した。なお、前半部と後半部が同じ床仕上げ材の組み合わせを提示するために、各床仕上げ材のテストピースは 2 種類ずつ作成した。また、各床仕上げ材の厚みには若干の差があったため、歩行路面に段差が生じないように工夫した。実験において被験者は提示された歩行路上を歩行し、前半部と後半部の床仕上げ材が同じであったか異なっていたかを回答した。また、歩行する際には足を引きずって歩かないように教示した。歩行路は前半 4 種類及び後半 4 種類、計 16 種類の組み合わせからなるが、前半部と後半部の境界までの距離が毎試行同じであった場合、被験者の予見がデータに混ざる可能性が考えられた。そこで被験者が歩行を開始するスタート地点を 3 種用意し、歩き始めてからそれぞれ 2300mm, 2800mm, 3300mm の位置で境界部に至るよう工夫した (図 2-2-2-1)。その際各スタート地点で歩行する距離に差が出ないように、それぞれに対応したゴール地点も設定し、歩行距離を一定とした。更に、全試行のうち前後の素材が異なる試行と、同じ素材の試行の割合が全体の 50% ずつとなるよう回数を前後の素材が異なる組み合わせは一つの組み合わせにつき 2 試行ずつ、前後の素材が同じ組み合わせは一つの組み合わせにつき 6 試行ずつ行い、72 試行ずつ計 144 試行とした。提示される素材の組み合わせ及びスタート地点の提示順序は毎試行ランダムに提示した。

実験中被験者は歩行路の進行方向右側に設置された手すりをガイドとして歩行し、更に被験者の進行方向左側には実験者が併進し、安全性に十分配慮した。実験試行の開始前には予備試行を行い、本試行での歩行動作に十分慣れてから実験試行を行った。

実験中、被験者が素材の変化を識別できた割合 (正答率) を記録した。正答率は、前半と後半で素材が異なる条件では被験者が停止した際に正解とし、前半と後半の素材が同じ条件では停止せずに歩き終わると正解として数えた。

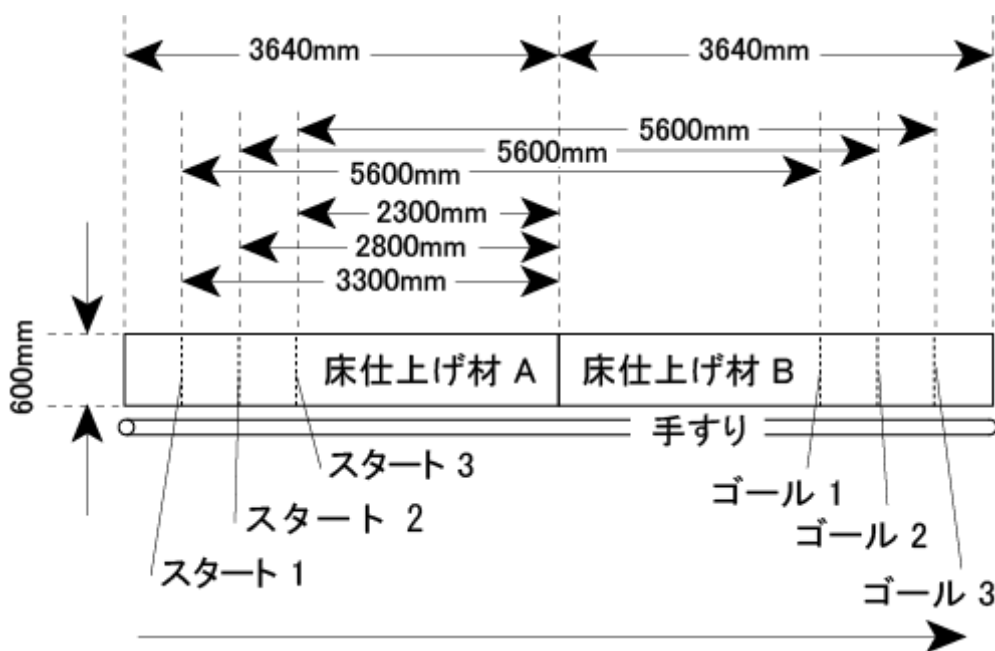


図 2-2-2-1 歩行路



図 2-2-2-2 実験風景

2-2-3 素材

実験装置として，300mm 角の素材を合板に貼り付け，歩行路を作製した．本実験では以下の4種の素材を用いた（図 2-2-3-1）．

各素材の厚さが異なったため，素材を貼り付けた後の厚みと同じになるよう合板を複数枚組み合わせてねじで固定し，歩行面の高さを合わせた（表 2-2-3-1）．

実験に使用した床仕上げ材

- ・誘導用ブロック：クリヤマ社製 SM300-JU
- ・磁器タイル：INAX 社製 LGS-300/RK22
- ・ゴムチップタイル：南九州タイヤリサイクル社製ゴムタイルグリーン
- ・カーペットタイル：東リ社製 GA4002

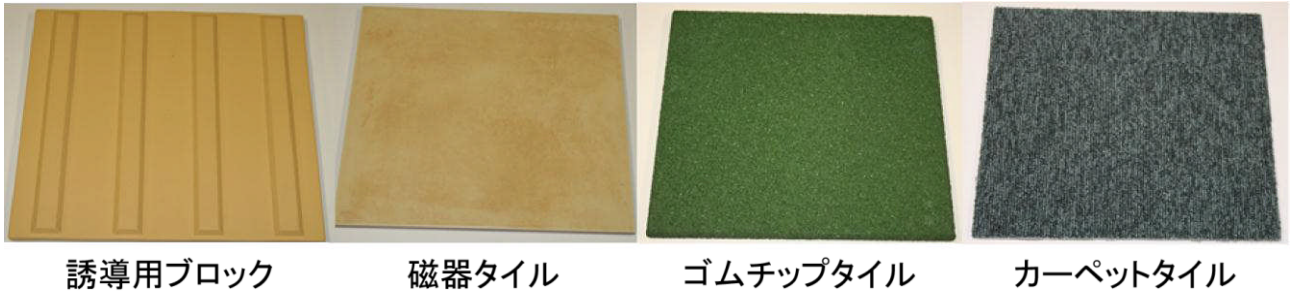


図 2-2-3-1 使用した素材

表 2-2-3-1 各素材の厚さ

	誘導用ブロック	磁器タイル	ゴムチップタイル	カーペットタイル
素材	12mm	9mm	15mm	6mm
合板	36mm(21+15)	39mm(21+18)	33mm(21+12)	42mm(24+18)
計	48mm	48mm	48mm	48mm

()内は合板の構成を上から順に示したもの

2-2-4 GB 係数とは

弾性は、(社)日本道路協会が定める弾力性試験方法 (GB 係数)⁹⁵⁾を指標と定義した。GB 係数とは、衝撃吸収性を計る試験法で、ゴルフボールを 1m の高さから落としたときの跳ね返りの高さを%で表すものである。数値が小さいほど衝撃吸収性がある。

2-2-5 GB 係数の計測方法・計測装置

反射材を貼り付けたゴルフボールを計測する素材の表面から 1m の高さに設定した台の上より素材の表面に落とし、跳ね返ってきた高さを、三次元動態計測装置を用いて計測し、それを用いて GB 係数を算出した。

GB 係数の測定には三次元動態計測装置 VICON612 (VICON 社製)を用いた。位置データの計測は赤外線反射マーカの位置を 12 台の CCD カメラで撮影することにより、Laboratory Coordinate System における xyz 座標系に、100Hz でサンプリングを行った。

計測において、位置データは赤外線反射マーカによって行う。赤外線反射マーカの原理は、表面をミクロのガラスビーズで被覆し、赤外線を乱反射させるものである。光源となる赤外線は計測用 CCD カメラのレンズ周囲にリング状に設置されている。ミクロのガラスビーズ自体も球体であり、この表面に入射した光線は屈折と反射によって同方向へ帰ることを利用したものである。カメラから発射された赤外線は一部がカメラに戻り、そのた

めに反射されたマークは周囲と比較して光の量が多くなり、光学的な位置認識、つまりトラッキングを可能にする。こうして捉えた1個のマーク位置に対し、カメラの位置座標を特定した、2台以上のカメラを用いて三角測量の原理を応用し、マーク座標を算出する方法が三次元動態計測装置である。今回使用したシステムでは計測空間の各方向1/2000までの分解能（計測精度は、1mm以下.）を有するものである。

しかし、上記の原理を実現するには、カメラの位置座標以外に、既知の座標空間の初期認識が必要であり、これがキャリブレーションである。この作業により、計測座標系(global coordinate system)の原点、及び進行、上下、奥行き方向の座標空間を決定する。実際には、床反力計上にマークを配置して計測することで行う。このように計測空間内に既知の座標値を持つ適当な数のマークを置いて計測し、そのデータを基に各カメラ位置と方向を同定する方法が最も一般的なDLT(Direct Linear Transformation)法である²⁰⁾。カメラ位置のキャリブレーションとして、静的キャリブレーションと動的キャリブレーションを行う。静的キャリブレーションではあらかじめ用意されたキャリブレーション用のマークを計測空間内に設置し、その位置を動かさずにシステムに読み込ませる。動的キャリブレーションでは、棒に一定間隔で固定されたマークを計測空間内でランダムに移動させることによって行う。動的キャリブレーション時のマークの移動は実験者が実際に計測空間内でマークが固定された棒を振ることによって行われる。



図 2-2-5-1 静的キャリブレーション



図 2-2-5-2 動的キャリブレーション

2-2-6 GB 係数の測定結果

測定した GB 係数を表 2-2-6-1 に示す.

表 2-2-6-1 素材の GB 係数

誘導ブロック	磁器タイル	ゴムチップタイル	カーペットタイル
72%	59%	33%	30%

2-3 結果

実験で得られた正答率を図 2-3-1 に示す. 図の横軸は歩行路の前半の床仕上げ材を示しており, 4 種類の棒グラフは各々後半の床仕上げ材を示している. 前半部と後半部の床仕上げ材が同じ床仕上げ材の場合は, 被験者が「同じ」と回答した正解の比率を示しており, 異なる仕上げ材の場合は, 被験者が「異なる」と回答した正解の比率及び標準偏差を示している.

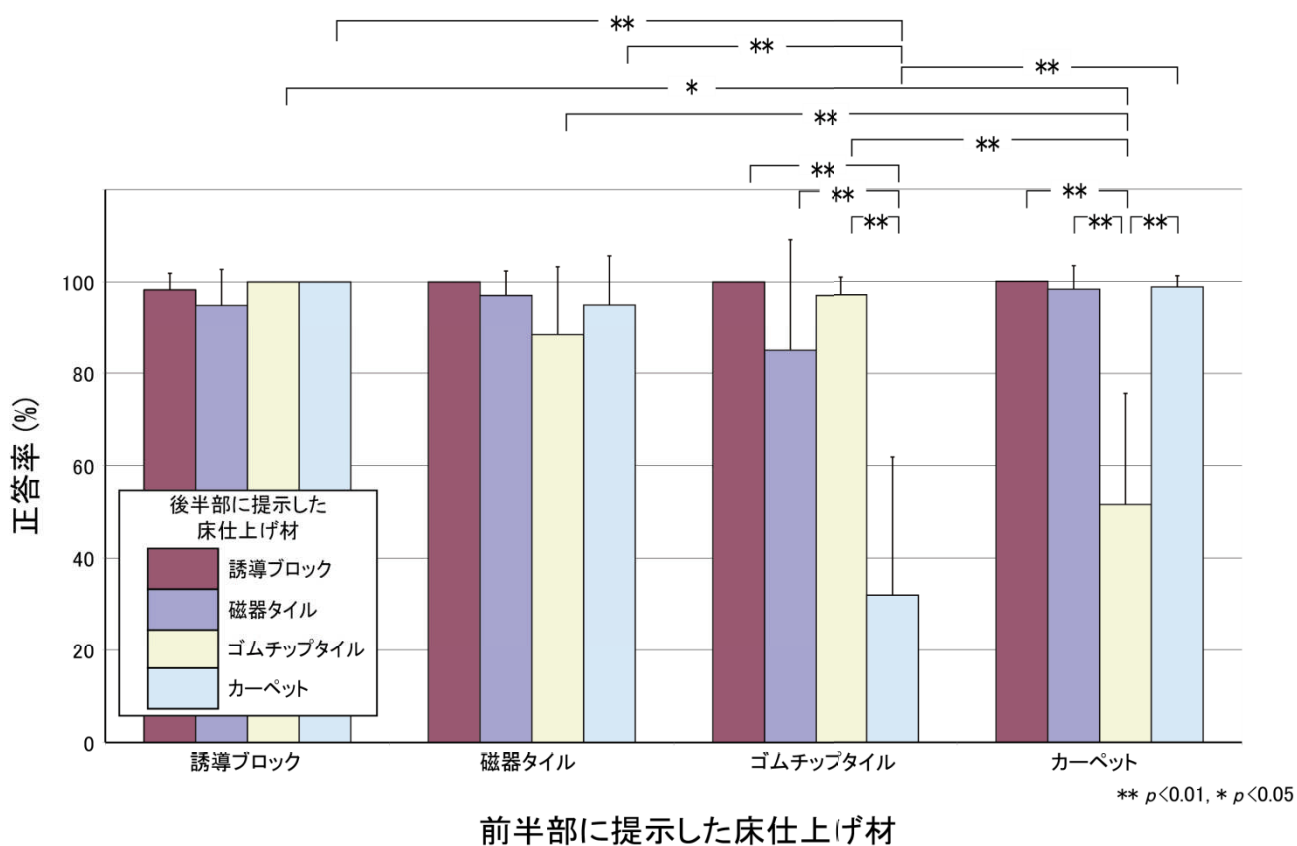


図 2-3-1 正答率

先に提示した歩行路の素材を因子 A，後から提示した歩行路の素材を因子 B とした二元配置分散分析の結果，先に提示した歩行路の主効果 ($F_{(3,27)}=18.385$, $p<0.01$, $ES=0.671$)，後から提示した歩行路の主効果($F_{(3,27)}=16.930$, $p<0.01$, $ES=0.653$)，及びこれらの交互作用($F_{(9,81)}=29.427$, $p<0.01$, $ES=0.766$)が認められた。

交互作用に主効果が認められたため，それぞれの要因に対して一元配置分散分析を行った。その結果，先に磁器を提示した際の歩行路 ($F_{(3,27)}=3.657$, $p<0.05$, $ES=0.289$)，先にゴムを提示した際の歩行路 ($F_{(3,27)}=28.074$, $p<0.01$, $ES=0.757$)，先にカーペットを提示した際の歩行路 ($F_{(3,27)}=33.177$, $p<0.01$, $ES=0.787$)，後にゴムを提示した際の歩行路 ($F_{(3,27)}=24.469$, $p<0.01$, $ES=0.731$)，後にカーペットを提示した際の歩行路 ($F_{(3,27)}=43.887$, $p<0.01$, $ES=0.830$) それぞれに関して主効果が認められた。

多重比較の結果有意差が認められた組み合わせを図 2-3-1 中に記す。

次に，GB 係数と素材の識別しやすさの関係を調べるために，素材の GB 係数の差と正答率の相関係数を算出した(図 2-3-2)。その結果，素材の GB 係数の差と正答率の相関係数は $r = 0.76$ であり，強い相関関係が認められた。

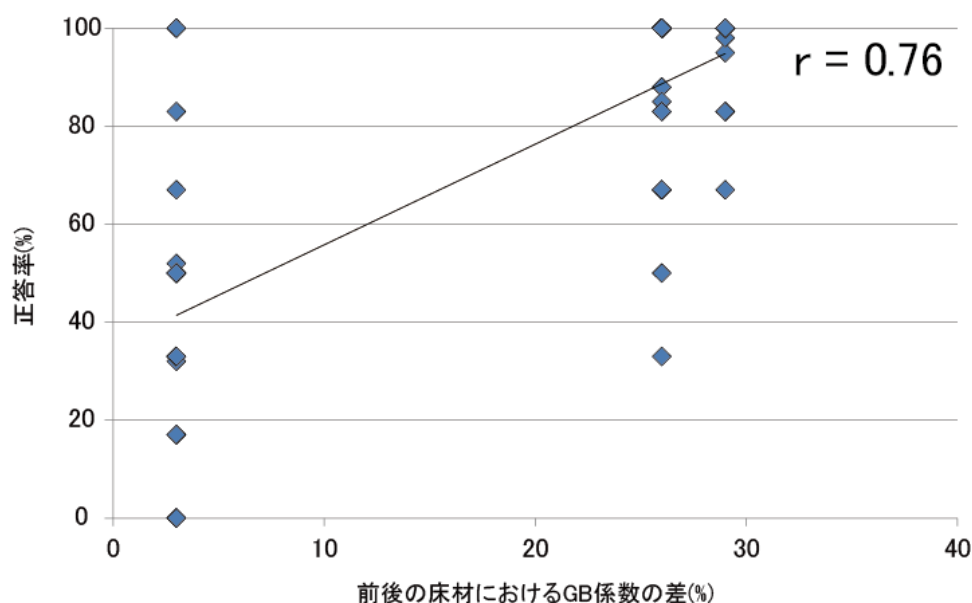


図 2-3-2 GB 係数と正答率

2-4 考察

2-4-1 正答率

前半にカーペットタイルを提示し後半にゴムチップタイルを提示した歩行路と前半にゴ

ムチップタイルを提示し後半にカーペットタイルを提示した歩行路以外の組み合わせの試行と、従来の誘導用ブロックを含む歩行路の試行では、その正答率の差が認められなかった。

通常閾値を調べる実験では、刺激の存在や変化が 50%の確率で検出される点をもって閾値とする。今回の実験では床仕上げ材の種類が変わっているか、変わっていないかの二択選択課題であるので、チャンスレベルが 50%となる。そのため、チャンスレベルである 50%とすべて正解した場合の 100%の間である 75%以上の正答率をもって「識別できた」と仮定した。前半にタイルカーペット後半にゴムチップタイルの組み合わせと前半にゴムチップタイル後半にタイルカーペットの組み合わせの試行の正答率の平均はそれぞれ 52%、32%、であり、ともに 75%に満たない。これらのことから、タイルカーペットゴムチップタイルの組み合わせの試行では被験者が床材の差を識別できていないと判断できる。その他の組み合わせの試行では正答率の平均がすべて 75%を超えており、床仕上げ材間の差を識別できていると考えられる。

また、誘導用ブロックを含む組み合わせの試行の正答率が 100%ではないことから、現在敷設されている誘導用ブロックであっても必ずしも他の床仕上げ材との識別ができるわけではないことが確認された。さらに、多重比較の結果より前半にタイルカーペット後半にゴムチップタイルの組み合わせと前半にゴムチップタイル後半にタイルカーペットの組み合わせの試行が含まれるもの以外は有意差が認められないため、他の組み合わせは誘導用ブロックを含む組み合わせと同程度に床材の差が識別できると言える。これらのことから、タイルカーペットとゴムチップタイル以外の組み合わせ、例えばタイルカーペットと磁器タイルの組み合わせなどは、誘導用ブロックの代わりとして視覚障害者への情報提示に利用できる可能性が示唆された。

2-4-2 GB 係数と正当率

素材の GB 係数の差と正答率に強い相関関係が認められたことから、素材の GB 係数、即ち弾性差がある程度あれば、床仕上げ材を識別できると考えられる。このことから、GB 係数が床仕上げ材の差を識別できるかどうかの指標として適切であることが確認された。

2-5 小括

現在敷設されている誘導用ブロックの凹凸が、それを使用しない人のバリアになっていることは事実である。そこで本章では、危険箇所の少ない屋内において従来の突起のある誘導用ブロックではなく、床仕上げ材の感触の違いによって、視覚障害者に対する空間の情報提示法の評価を行うことを目的とし、床仕上げ材間の弾性差に着目した。そこで建築物で一般的に使われている 3 種類の素材と比較対象として誘導用ブロックの 4 種類の床仕

上げ材を用いテストピースを作成し、そのうちの 2 種類を前後にランダムに組み合わせた歩行路を視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者 10 名に提示し、それらの識別容易性の評価を行った。

その結果例えば本研究で用いたタイルカーペットと磁器タイルの組み合わせのような、ある一定以上の弾性差があればヒトは歩行中に弾性の異なる床仕上げ材の差を高い識別率で識別できることが確認された。また、使用した素材の GB 係数の差は、正答率と強い相関関係があることがわかった。

これらのことから、床仕上げ材の弾性差による視覚障害者への情報提示の可能性が示唆された。

しかし、感触の異なる床仕上げ材の違いを用いた視覚障害者への情報提示方法は、これまで研究を行ってきた弾性以外にも考えられ、それら进行评估する必要があり、今後の課題である。

第3章 晴眼者を対象とした摩擦の異なる床仕上げ材間の 識別容易性の評価

- 3-1 研究の目的
- 3-2 研究の方法
- 3-3 結果
- 3-4 考察
- 3-5 小括

前章では、床仕上げ材間の弾性差に着目し、ヒトが歩行中にその差をどの程度正確に識別できるかを客観的・定量的に評価した。しかし、感触の異なる床仕上げ材の違いによる情報提示方法は、弾性以外にも考えられる。例えば建築物の床仕上げにおいて意匠上の観点から同一床面で同じ種類の石材の表面を磨き平滑にしたもの（摩擦小）とバーナーなどで表面を荒らした粗面のもの（摩擦大）を組み合わせ、空間を演出するデザイン手法がある。もしヒトが床面の摩擦差を歩行中に識別可能であることが実証されれば、このように頻繁に用いられる手法に単なるデザインでなく、視覚障害者への情報提示という機能を付加することが可能となる。そこで本章では、床仕上げ材間の摩擦差に着目し、ヒトが歩行中にどの程度正確に識別できるかを客観的・定量的に評価することを目的とした。そこで建築物で一般的に使われている3種類の素材を用いテストピースを作成し、そのうちの2種類を前後にランダムに組み合わせた歩行路を、視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者に提示し、それらの識別容易性の評価を行った。その結果、遊脚後期に踵を路面に擦る歩容を取ることで従来の誘導用ブロックと同等の正当率で識別できることが確認された。

3-1 研究の目的

前章で述べたように、床仕上げ材間の弾性差に着目し、床仕上げ材間の弾性差による情報提示の可能性について実験的に評価を行った結果、ヒトは歩行中に床仕上げ材の弾性の差を従来の誘導用ブロックと同等の高い正答率で識別することが確認された。このことから床仕上げ材の弾性の差により視覚障害者に歩行空間を十分提示できる可能性が示唆された。

しかし、感触の異なる床仕上げ材の違いによる情報提示方法は、前章の今後の課題でも提示したが、弾性以外にも考えられる。例えば建築空間の床仕上げにおいて意匠上の観点

から同一床面で同じ種類の石材の表面を磨き平滑にしたもの（摩擦小）とバーナーなどで表面を荒らした粗面のもの（摩擦大）を組み合わせ、空間を演出するデザイン手法がある。もしヒトが床面の摩擦差を歩行中に識別可能であることが実証されれば、このように頻繁に用いられる手法に単なるデザインでなく、視覚障害者への情報提示という機能を付加することが可能となる。そのためには、摩擦の異なる床仕上げ材を歩行中にヒトがどの程度正確に識別できるかを調べる必要がある。

そこで本章では、歩行中における摩擦の異なる床仕上げ材間の識別容易性を客観的・定量的に評価することを目的とする。本研究によって床仕上げ材間の摩擦の違いによる識別の有効性が示されれば、先行研究の弾性の異なる床仕上げ材と同様に視覚障害者への歩行時の情報提示の可能性が示唆されるものと考えている。

3-2 研究の方法

3-2-1 被験者

本研究を行う上での全てのプロトコールは早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会より承認を得た。被験者は実験協力依頼の掲示を確認し応募してきた、晴眼（自己申告）の大学生 10 名（男性 5 名，女性 5 名，平均年齢 21.6，SD±1.91）とした。これは、第 2 章と同様の理由で普段の歩行で床面の素材感の違いを手掛かりとしていない晴眼者を対象とすることとした。

また、実験に先立ち被験者には、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理指針に基づいたインフォームドコンセントを文章と口頭で行い、実験に参加する同意を得た。

3-2-2 方法

本実験では足底での識別容易性を評価することを目的とするため足底以外の識別の手掛かりとなり得る情報を第 2 章と同じ条件で遮断した。

本実験では表面を磨いて摩擦を小さくした御影石（以下『ミガキ』と記す）とバーナーで表面を粗し摩擦の大きな御影石（以下『バーナー』と記す）。この 2 種類の素材は建築の現場において、意匠性及び耐久性，耐食性などの面からよく用いられている素材である。また比較対象としてカーペットタイル（以下『カーペット』と記す）を実験用の床仕上げ材として用いた。カーペットは前章の研究において弾性の高い石などの素材に対して、従来の誘導用ブロックと同等に識別できた素材である。これら 3 種の床仕上げ材を用い、前章と同様の制作方法でテストピースを作成し、それを前後に組み合わせ歩行路として提示し前章と同様の方法で実験を行った。

歩行路は前半 3 種類及び後半 3 種類，計 9 種類の組み合わせからなる。更に、全試行の

うち前後の素材が異なる試行と、同じ素材の試行の割合が全体の 50% ずつとなるよう回数を前後の素材が異なる組み合わせは一つの組み合わせにつき 3 試行ずつ、前後の素材が同じ組み合わせは一つの組み合わせにつき 6 試行ずつ行い、54 試行ずつ計 108 試行とした。提示される素材の組み合わせ及びスタート地点の提示順序は毎試行ランダムに提示した。

実験中被験者の安全性は、前章と同様の方法で確保した。前章同様に十分慣れてから実験試行を行った。

実験中、被験者が素材の変化を識別できた割合（正答率）を記録した。正答率は、前半と後半で素材が異なる条件では被験者が停止した際に正解とし、前半と後半の素材が同じ条件では停止せずに歩き終わると正解として数えた。



図 3-2-2-1 実験風景

3-2-3 素材

歩行路は、合板に 300mm 角の素材を貼り付けて製作した。本実験では以下の 3 種の素材を用いた（図 3-2-3-1）。

- ・ 表面を磨いた御影石「ミガキ」（松下産業 TS-0101F）
- ・ 表面がバーナー仕上げの御影石「バーナー」（松下産業 TS-0201F）

- ・ タイルカーペット「カーペット」（東リ GA4002）

各素材の厚さが異なったため、素材を貼り付けた後の厚みが同じになるよう合板を複数枚組み合わせてねじで固定し、歩行面の高さを合わせた（表 3-2-3-1）。

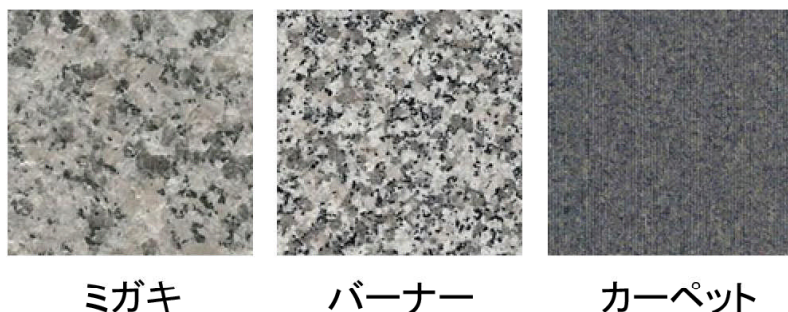


図 3-2-3-1 使用した素材

表 3-2-3-1 各素材の厚さ

	ミガキ	バーナー	カーペット
素材	10mm	13mm	6mm
合板	39mm(15+12+12)	36mm(21+15)	42mm(24+18)
計	49mm	49mm	48mm

()内は合板の構成を上から順に示したものの

3-2-4 GB 係数の測定結果

第 2 章 2-2-5 の計測方法で計測した GB 係数の結果を表 3-2-4-1 に示す。

表 3-2-4-1 素材の GB 係数

ミガキ	バーナー	カーペット
67%	60%	31%

3-2-5 摩擦係数とは

摩擦係数とは、2 つの物体が接している面の摩擦度合いを表すものである。数字が小さ

いほど摩擦が少なく，大きいほど摩擦が大きいことを表す。

一般的に国内では床面の滑りやすさの評価には，歩行中の転倒につながる滑りやすさの観点から，(財)全国タイル検査・技術協会などで測定されている C.S.R.値⁹⁶⁾を用いることが多い。しかし，本研究の目的は，歩行中の転倒につながる滑りやすさを評価することではないことから摩擦係数を指標として用いることとした。

3-2-6 摩擦係数の計測方法・計測装置

すべり片として 1cm 片としてのゴム片を置き，8kgf の荷重 (N) をかけ徐々に力を入れて引っ張り，動き出した瞬間にすべり片にかかっている力 (F) を計測した。得られた値をクーロンの法則「 $F = \mu N$ 」に適用し，摩擦係数 (μ) を求めた。すべり片が動き出した瞬間およびそのときにかかっている力の計測には，三次元動態計測装置 VICON612 (VICON 社製) と床反力計 (AMTI) を用いた。

3-2-7 摩擦係数の計測結果

計測した摩擦係数の結果を表 3-2-7-1 に示す。

表 3-2-7-1 素材の摩擦係数

ミガキ	バーナー	カーペット
0.38	0.91	0.88

3-3 結果

本実験で得られた正答率を図 3-3-1 に示す。図の横軸は歩行路の前半の床仕上げ材を示しており，3 種類の棒グラフは各々後半の床仕上げ材を示している。同じ素材の場合には被験者が「同じ」と回答した正解の比率を示しており，異なる素材の場合には，被験者が「異なる」と回答した正解の比率，及び標準偏差を示している。

先に提示した歩行路の素材を因子 A，後から提示した歩行路の素材を因子 B とした対応のある二元配置分散分析の結果，因子 A の主効果 ($F_{(2,18)}=10.229$, $p<0.01$, $ES=0.532$)，因子 B の主効果 ($F_{(2,18)}=17.700$, $p<0.01$, $ES=0.663$)，及びこれらの交互作用 ($F_{(4,36)}=5.867$, $p<0.01$, $ES=0.395$) が認められた。交互作用に主効果が認められたため，それぞれの要因に対して対応のある一元配置分散分析を行った。その結果，先に『ミガキ』を提示した歩行路 ($F_{(2,18)}=7.482$, $p<0.01$, $ES=0.454$)，先に『バーナー』を提示した歩行路 ($F_{(2,18)}=7.029$,

$p<0.05$, $ES=0.439$), 後に『ミガキ』を提示した歩行路 ($F_{(2,18)}=7.585$, $p<0.01$, $ES=0.457$), 後に『バーナー』を提示した歩行路 ($F_{(2,18)}=6.485$, $p<0.05$, $ES=0.419$) のそれぞれに関して主効果が認められた. 多重比較の結果有意差が認められた組み合わせを図 3-3-1 中に記す.

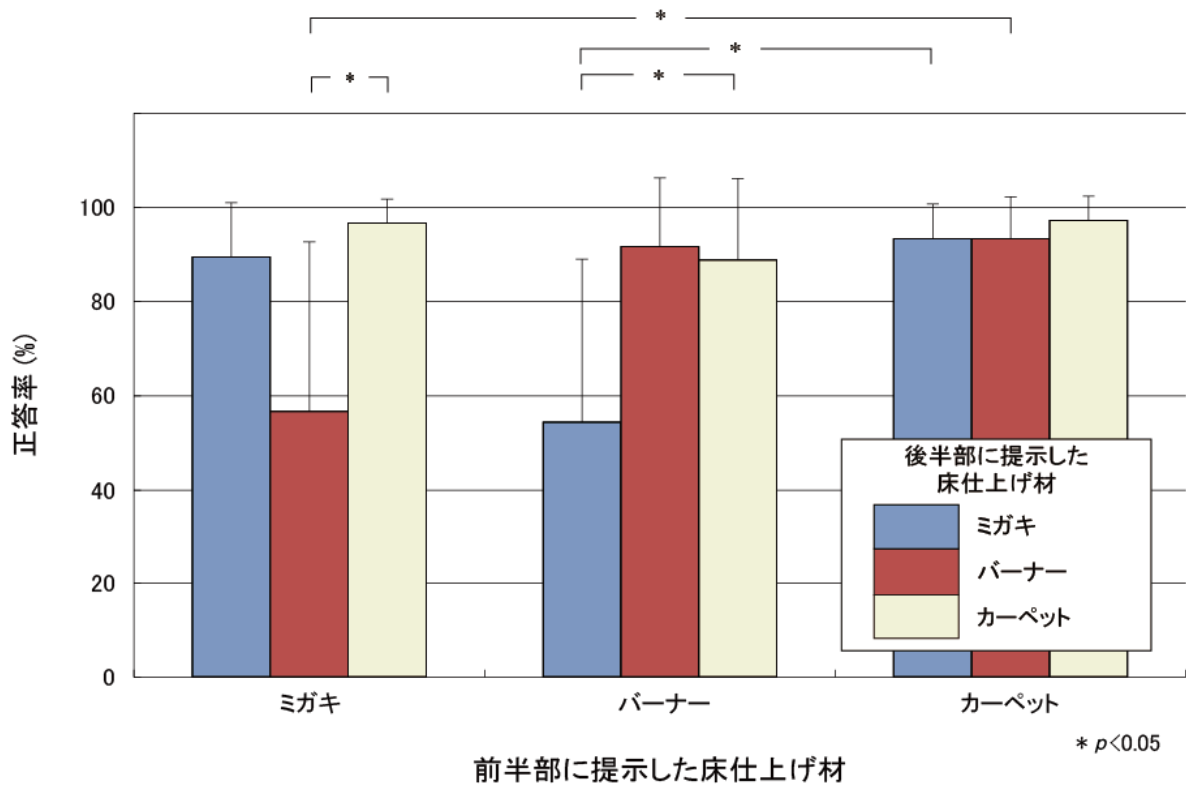


図 3-3-1 正答率

3-4 考察

本章で着目した摩擦の異なる床仕上げ材間 (ミガキとバーナー) の識別率は, 第 2 章の先行研究により有効性が確認されている弾性の異なる床仕上げ材 (カーペット) 間の識別率と比較すると有意に正答率が低く, その差を識別出来ていない結果が得られた. 一方, 弾性の異なる床仕上げ材を用いた際には, 本章で新たに用いた摩擦の異なるいずれの床仕上げ材との組み合わせでも 90%以上という高い識別率を示し, 先行研究と同様その有効性が示唆された.

このことから, 一見するとヒトは歩行中に摩擦の異なる床仕上げ材の差を識別する事ができず, 視覚障害者への空間提示には適していないと考えられる. しかし摩擦の異なる床仕上げ材間の正答率のばらつき具合に着目するとミガキとバーナーの組み合わせにおいて

は他の組み合わせよりも大きな標準偏差が確認できる。このことから、被験者の中にはミガキとバーナーの組み合わせでも高い正答率で識別できる群と、正確に識別できない群がいる事が示唆された。そこで各被験者個別のデータに着目したところ、摩擦の異なる床仕上げ材間においても正答率が80%を超え、高い正答率で識別できていると考えられる被験者群と、摩擦の異なる床仕上げ材の組み合わせでは正答率が低い被験者群が、それぞれ5名ずつ確認された。摩擦の差も高い正答率で識別できる群と識別できない群それぞれの正答率を図3-4-1に示す。なお、いずれの群でも高い正答率で識別できていたカーペットはこの図に含まなかった。

これらの被験者群の正答率間に統計的な差が認められるかを確認するために、改めて先に提示した歩行路の素材を因子A、後から提示した歩行路の素材を因子B、そして正答率の高低を因子Cとした二要因に対応のある三元配置分散分析を行った。その結果、因子Cの主効果 ($F_{(1,8)}=391.061$, $p<0.01$, $ES=1.000$), 因子AとBの交互作用 ($F_{(1,8)}=15.185$, $p<0.01$, $ES=0.925$), 及び因子A・B・Cの交互作用 ($F_{(1,8)}=13.773$, $p<0.05$, $ES=0.900$) が確認された。更に下位検定の結果、正答率が高い被験者群は正答率が低い被験者群よりも有意に高い確率で摩擦の差を識別している事が確認された (図3-4-1)。

本実験では、前半と後半の床仕上げ材が同じである試行数と、それらが異なる試行数と同数となるように実験方法を工夫している。そのため被験者らが歩行中に床仕上げ材を識別できずに適当な回答をした場合の正答率は50%程度となると考えられる。このことから上述の、正答率が80%を超えている被験者群は、摩擦の異なる床仕上げ材を弾性の異なる床仕上げ材間と同様に識別できていると考えられる。一方、正答率が低い被験者群においては、摩擦の異なる床仕上げ材間の識別率が0%から10%程度であるが、『ミガキ』と『ミガキ』、及び『バーナー』と『バーナー』という同素材の組み合わせではその正答率が100%となっていることから、異なる素材の差が『わからない』のではなく前後の素材が『同じである』と認識していると考えられる。

これらのことから、正答率が高かった被験者群と、正答率が低かった被験者群との間では、その識別方法に何らかの違いがあり、この違いが摩擦の異なる路面を識別するための重要な要素であると考えられた。本実験では、床仕上げ材を識別する際に手掛かりとしている聴覚情報や白杖による触覚情報を用いず、足裏の感覚のみで識別を行うようにデザインを行った。このことから正答率の高い群と低い群との差は、その歩行中の歩容にあると考えられた。そこでこれら2群の歩容を前述の床反力計を用いて記録し、歩行中の床反力の比較を行った。記録された床反力の波形を被験者ごとに体重で正規化し、図3-4-2に示す。その結果、正答率の高かった被験者群の床反力は、踵接地時以前から床反力が発生している事が確認された (図3-4-2a)。一方、正答率の低かった被験者群の床反力は、踵接地により急激に発生していることが確認された (図3-4-2b)。これらのことから摩擦差を正確に識別できた被験者群は、歩行中遊脚後期に踵を地面に擦らせながら歩行しており、その際に床仕上げ材の摩擦の違いを識別していたことが示唆された。

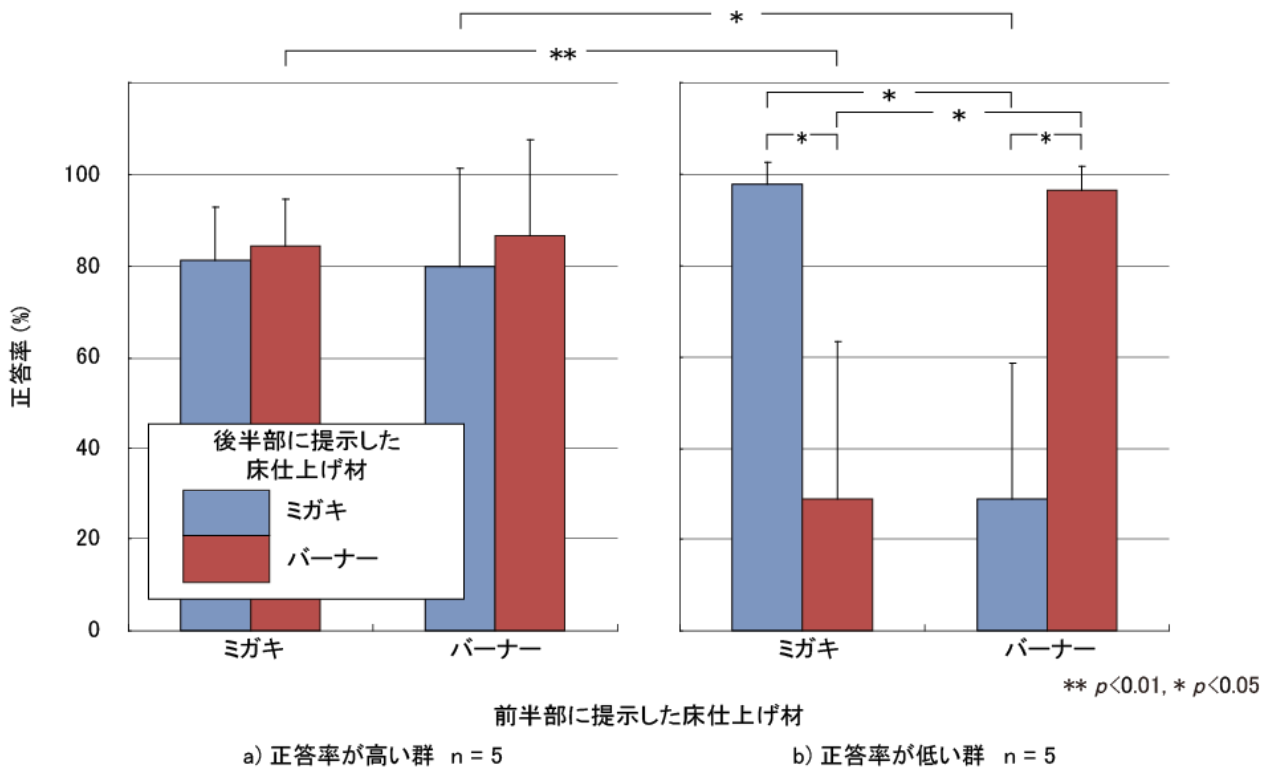


図 3-4-1 正答率の高い群と正答率の低い群の割合

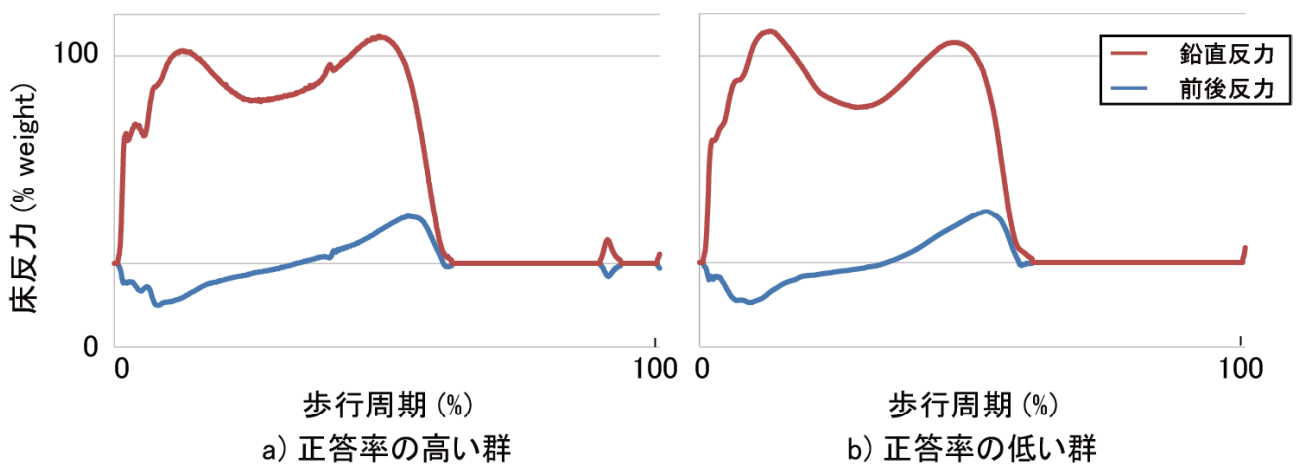


図 3-4-2 歩行中の反力

3-5 小括

前章では、床仕上げ材間の弾性差に着目し、ヒトが歩行中にその差をどの程度正確に識別できるかを客観的・定量的に評価した。しかし、感触の異なる床仕上げ材の違いによる情報提示方法は、弾性以外にも考えられ、本章では床仕上げ材間の摩擦差に着目した。そこで建築物で一般的に使われている3種類の素材を用いテストピースを作成し、そのうちの2種類を前後にランダムに組み合わせた歩行路を、視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者に提示し、それらの識別容易性の評価を行った。

その結果、全体的には摩擦差の識別性は弾性差の識別性よりも有意に低いことが確認されたが、正答率が高い群と低い被験者群の2群が確認され、正答率が高い群の被験者らは、遊脚後期に踵を地面に擦ることで、弾性差と統計的にその差が認められない範囲で識別していることが明らかとなった。

これらのことから、床仕上げ材の摩擦差による視覚障害者への情報提示の可能性が示唆された。

今回の実験では普段から路面の情報を歩行時の手掛かりとしていない若年晴眼者としたが、今後は実際の利用者である全盲の視覚障害者を対象に本手法の実環境への適用の有効性を確認する必要があると考えている。

第4章 視覚障害者への感触の異なる床仕上げ材による 情報提示を目的とした歩行中の識別容易性の評価

- 4-1 研究の目的
- 4-2 研究の方法
- 4-3 結果
- 4-4 考察
- 4-5 小括

これまでの研究は、晴眼者を対象として感触の異なる床仕上げ材の識別容易性について客観的・定量的に評価してきたが、実際に利用する視覚障害者を対象とするようにとの要請があった。そこで本章では、全盲の視覚障害者を対象としこれまでの研究と同様の実験を行い、その有用性の確認を行うことを目的とした。そこで前章の歩行路を視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した全盲の被験者に提示し、それらの正答率に加え、これまでは評価していなかった識別してから停止するまでの距離を測定し識別容易性の評価を行った。その結果、晴眼者よりも高い正答率で識別でき、従来の誘導用ブロックと同等の距離で停止できることが確認された。

4-1 研究の目的

前述してきたこれまでの研究では、若年晴眼者を対象とし、床仕上げ材間の弾性差や摩擦差に着目し、ヒトが歩行中にそれらの差をどの程度正確に識別できるかについて客観的・定量的に評価してきた。これらの研究により、多くのヒトは床仕上げ材間の感触差を従来の誘導用ブロックと同等の高い正答率で識別できることが確認された。しかしこれまでの研究は被験者が若年晴眼者であったため、得られた知見が実際の利用者である視覚障害者にも当てはまるかは明らかにできていなかった。そのため同様の実験を実際の利用者でも行い、知見の妥当性を確認してほしいという要望が視覚障害者から挙げられた。

また、先行研究では感触の異なる床仕上げ材をどの程度正確に識別できるのかということに着目してきたため、それらを識別できる「正答率」は定量的に評価されているが、ヒトがそのような床仕上げ材を識別するまでに必要とする距離については検討されてこなかった。このような距離は、実際の建築物で本手法を用いる際の重要な指標となるため、客観的・定量的に評価する必要がある。

そこで本研究では、実際の利用者である視覚障害者を対象に、弾性差や摩擦差という感

触の異なる床仕上げ材間の違いの識別容易性と、識別に要する距離を客観的・定量的に評価することを目的とする。

本研究によって視覚障害者でも感触の異なる床仕上げ材間の違いを識別でき、更にその識別に要する距離が明らかになれば、従来の誘導用ブロックを敷設することができなかった場所への誘導も可能となり、視覚障害者が安全で円滑に歩行できる空間を更に広げられることが期待される。我々はこのような手法を、従来の突起を有する誘導用ブロックの持つ問題を解決し、ユニバーサルデザインを実現させる手法の1つと考えている。

4-2 研究の方法

4-2-1 被験者

本研究を行う上での全てのプロトコールは早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会より承認を得た。被験者は実験協力依頼の掲示を確認し応募してきた、全盲の視覚障害者6名（男性4名，女性2名．平均年齢48.5，SD±9.61）であり、何れも普段は単独歩行を行なっている。なお、いずれの被験者も障害を負ってからの経過年数が30年以上であった。被験者の属性を表4-2-1-1に示す。

また、実験に先立ち被験者には、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理指針に基づいたインフォームドコンセントを文章と口頭で行い、実験に参加する同意を得た。

表 4-2-1-1 被験者の属性

被験者	年齢	性別	歩行訓練	白杖利用年数
1	45	男	有	31
2	41	男	有	30
3	40	女	有	30
4	44	男	有	30
5	63	女	有	59
6	58	男	無	45

4-2-2 方法

本実験に協力をいただいた被験者は全員全盲の視覚障害者であったが、我が国の全盲の定義上若干の視機能（光覚弁など）を有している者もいた。そこで被験者間の条件を一定とするために全員にアイマスクを着用させ、これまでの研究と同様に足底以外の識別の手

掛かりとなり得る情報を遮断した。

本実験で用いた床仕上げ材、歩行路及び実験方法は、すべて第 3 章と同様の方法で実験を行った。

本実験ではこれまで評価してこなかった床仕上げ材間の違いを識別してから停止できる距離を検討するため、被験者には次の 3 点を実験時の指示として伝えた。1) 提示された歩行路上を歩き、それまで歩いてきた床仕上げ材から別の床仕上げ材に変化したと思ったら停止する。2) 一度停止した後は再び歩行してはならない。3) 前半部と後半部の床仕上げ材が同じと判断し歩き続けた場合には、ゴール地点にて実験補助員が歩行を止める。

各試行において実験者は、床仕上げ材各組み合わせにおける回答の正否及び（前後半の床仕上げ材が異なる組み合わせで停止した場合）境界部に踏み込んでからの停止歩数を記録した。停止歩数は、足が境界部を通過した歩を第 1 歩として定義した。この変数について本研究では、停止できるまでの「距離」ではなく、あえて「歩数」とした理由は、本研究で提案されているような手法が海外でも利用され始めているためである。人の下肢長は国や人種によって大きく異なり、それに付随して歩幅も異なる。そのため日本人を対象に行った本実験の結果を停止距離として示してしまい、その距離だけが取りざたされてしまうと、日本人よりも下肢長の長い人が多い国で利用された際に、停止するのに十分な距離とならない可能性が考えられた。そこで停止できるまでの歩数とすることで、上記のような問題点を回避し、どの国で利用される場合にもその国に住む人の下肢長に合わせて必要な距離が計算できるように工夫した。

4-3 結果

実験で得られた正答率を図 4-3-1 に示す。図の横軸は歩行路の前半の床仕上げ材を示しており、3 種類の棒グラフは各々後半の床仕上げ材を示している。前半部と後半部の床仕上げ材が同じ床仕上げ材の場合は、被験者が「同じ」と回答した正解の比率を示しており、異なる仕上げ材の場合は、被験者が「異なる」と回答した正解の比率及び標準偏差を示している。

全体的に正答率は高く、すべての組み合わせで平均 80%以上の正答率を記録した。特に弾性差（カーペットとミガキ、又はカーペットとバーナー）の組み合わせでは、平均 94%以上の高い正答率を記録した。先に提示した歩行路の素材を因子 A、後から提示した歩行路の素材を因子 B とした対応のある二元配置分散分析の結果、因子 A の主効果 ($F_{(2,10)}=1.386$, n.s.)、因子 B の主効果 ($F_{(2,10)}=2.210$, n.s.)、及びこれらの交互作用 ($F_{(4,20)}=2.284$, n.s.) いずれも認められなかった。このことから、本研究で提示した 3 種類の弾性差や摩擦差という物理特性の異なる床仕上げ材について、統計的に同等の正答率で識別できることが示された。

次に停止歩数の結果を図 4-3-2 に示す。図の横軸は歩行路の前半の床仕上げ材を示して

おり、2種類の棒グラフは各々後半の床仕上げ材を示している。停止歩数に関しては、前半部と後半部が同じ床仕上げ材であった試行は停止せずに歩行路を歩ききることが正解となるため、このような条件では停止歩数は存在しない。

実験の結果、弾性差は 2.40 ± 0.09 歩、摩擦差は 2.72 ± 0.09 歩で停止できることが確認され、対応のある一元配置分散分析で条件間を比較しても主効果は認められなかった ($F_{(5,25)}=2.282$, n.s.)。このことから、本研究で提示した3種類の感触の異なる床仕上げ材について、統計的に同等の距離で停止できることが示された。

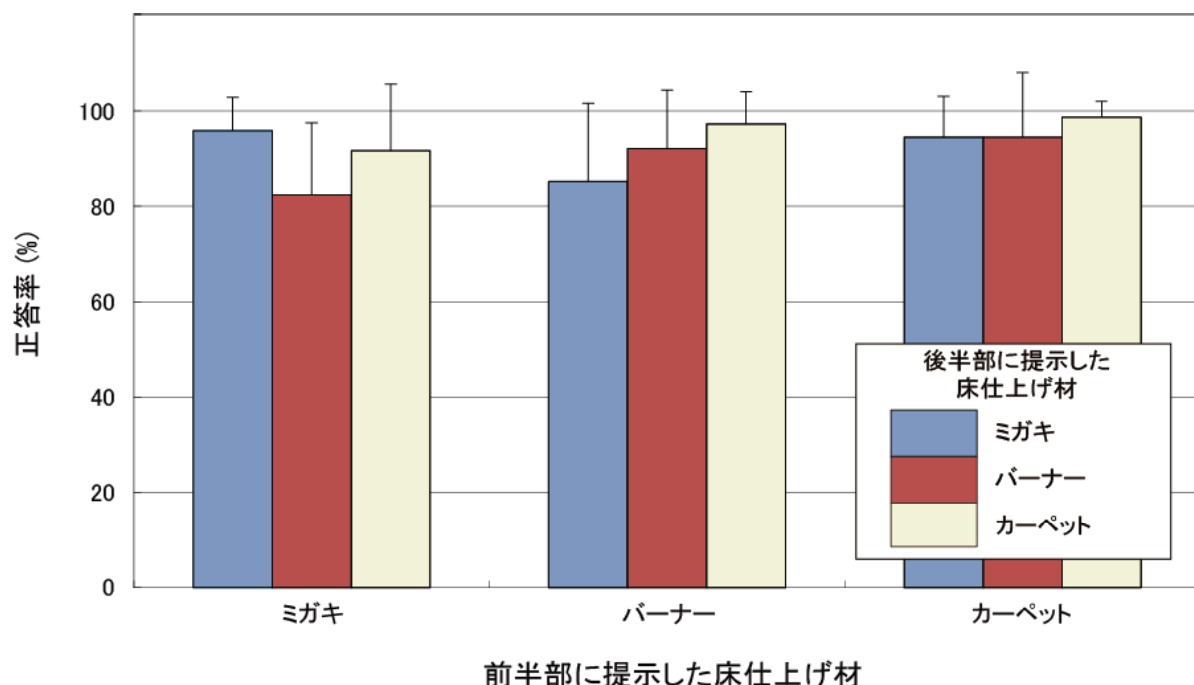


図 4-3-1 正答率

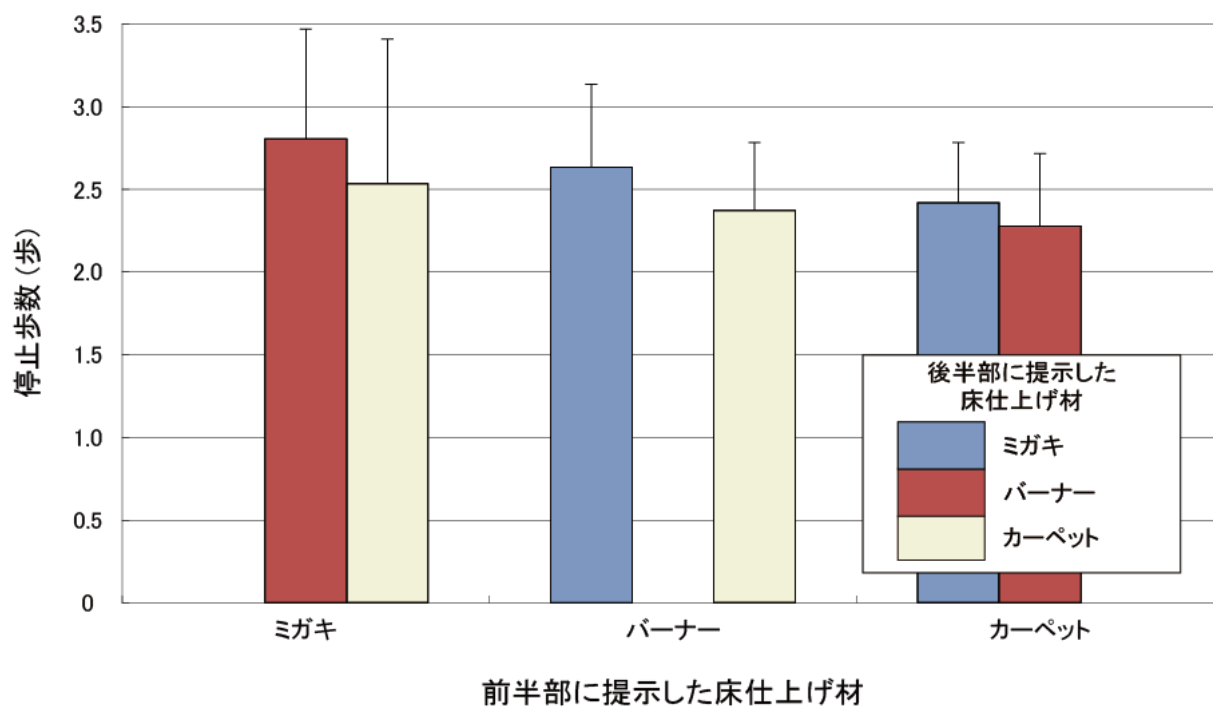


図 4-3-2 停止歩数

4-4 考察

4-4-1 正答率

被験者らはいずれの床仕上げ材でも 80%という高い正答率で、更に弾性差においては 94%以上の高い正答率で床仕上げ材を識別できていることが確認された。被験者内および被験者間のばらつきも非常に小さく、統計学的な比較の結果、床仕上げ材の組み合わせ間に有意差は認められなかった。特筆すべきは全ての組み合わせで 100%の正答率を示した被験者が 6 名中 2 名もいたことである。

本研究では識別がより困難な状態で実験を行なうため、残存視力や足音、白杖など、普段視覚障害者が利用している情報を使えないような条件下で実験を実施した。また歩行速度なども極端に遅くなったり、歩容が変化したりしていないことを確認しながら実験を実施している。このような条件下でも高い正答率で識別できる床仕上げ材であれば、実際の歩行環境に適用しても十分利用できる可能性が示唆された。

一般に、全盲の視覚障害者は晴眼者よりも足底で路面の情報を積極的に取得していることが知られている¹⁴⁾。また、晴眼者を対象とした第 3 章の研究で述べたように遊脚後期に踵を路面にすることで路面の情報を取りやすいことが示唆されていることから、更なる可能性が窺える。即ち視覚障害者はより多くの情報を得ようとするため、ある種の足のつき方(すり足)を意識的・無意識的にしており、この足のつき方が結果として感覚の有利性

を生じさせていると考えることができる。

4-4-2 停止歩数

実際の歩行環境で適用するには、正答率だけでなく、識別してから停止するまでに要する距離を示す必要があった。そこで本研究では、感触の異なる床仕上げ材に踏み込んでから停止できるまでの歩数についても評価を行った。

実験の結果、被験者らはいずれの床仕上げ材でも3歩以内で停止できることが確認された。この数値を日本人視覚障害者の平均的な歩幅である約480mm⁹⁷⁾を用いて距離に換算すると約1440mmとなる。従来の警告ブロックに踏み込んだ後の停止距離を調べた先行研究⁷⁶⁾によると、白杖を用いない場合視覚障害者は900mm以内で停止できたことが報告されている。この結果は一見、本研究で用いている手法では従来の警告ブロックの1.5倍以上の停止距離が必要であるように見えてしまう。しかしこの差は、先行研究における停止距離と本研究における停止歩数と定義の違いによるものである。先行研究⁷⁶⁾では、被験者が警告ブロックに踏み込んだ歩は距離にカウントせず、警告ブロックから踏み出した後の距離を停止距離として定義している。しかし本研究では、前述の通り感触の異なる床仕上げ材に踏み込んだ歩を1歩目としてカウントしている。そのため本研究の結果と比較するためには、先行研究の数値に敷設した警告ブロックの幅を追加して考える必要がある。このような警告ブロックの枚数分の距離を追加すると、報告されている900mmには警告ブロック一枚分の300mmが追加され1200mmとなり(図4-4-2-1)、本研究で得られた停止歩数から算出した距離である1440mmとの差はほとんどなくなり、本研究で検討している手法が従来の警告ブロックと同等の距離で停止できる可能性が示唆される。更に上述の通り、本研究では普段よりも困難な条件で実験を実施していることから、実際にはもっと短い距離で停止できる可能性があり、実際の建築空間でも十分利用できるものであると考えられる。

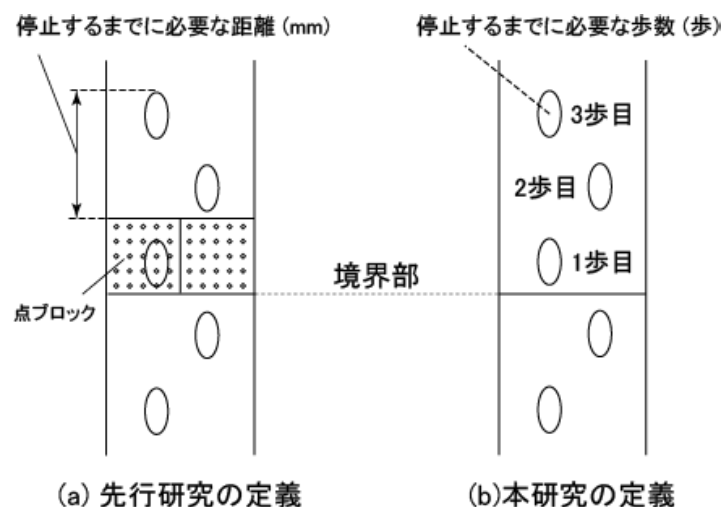


図 4-4-2-1 先行研究と本研究の定義の違い

4-5 小括

これまでは晴眼者を対象として研究を進めてきたが、本章では、実際に利用する視覚障害者が感触の異なる床仕上げ材間の差を歩行中に足底のみでどの程度正確に識別できるのか、またその際どの程度の距離で停止できるかを客観的・定量的に評価した。そこで第3章と同様の方法で視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した全盲の被験者を対象に実験を行い、それらの正答率と停止歩数について比較検討を行った。

その結果、全盲の視覚障害者は感触の異なる床仕上げ材について、8割を超える高い正答率で識別でき、境界部に踏み込んでから3歩以内で停止できることが明らかになった。以上のことから弾性差や摩擦差という感触の異なる床仕上げ材を用いることで視覚障害者に歩行空間情報を提示できる可能性が示唆された。

しかし、本章で得られた停止距離は、実空間での適用には長すぎることを懸念された。これまではヒトが歩行中に足底のみで感触の異なる床仕上げ材を識別できるかを定量的に評価することを目的としてきたため、視覚障害者が普段歩行時に利用している白杖や聴覚情報を用いないようにコントロールしてきた。今後は、視覚障害者が普段歩行時に利用している白杖や聴覚情報など実環境に即した状況での評価・検証が課題である。

第5章 視覚障害者への感触の異なる床仕上げ材による 情報提示を目的とした白杖歩行時の識別容易性の評価

- 5-1 研究の目的
- 5-2 研究の方法
- 5-3 結果
- 5-4 考察
- 5-5 小括

これまでの研究は、足底のみでヒトが歩行時に感触の異なる床仕上げ材の違いをどの程度正確に識別できるかを評価してきたが、前章の研究により足底のみでは、それを識別してから停止するまでの距離が建築の屋内で用いるには長すぎるものが懸念された。そこで本章では、白杖を用い視覚障害者が感触の異なる床仕上げ材間の差を足底や白杖から伝わる刺激でどの程度正確に識別でき、どの程度の距離で停止できるかを客観的・定量的に評価することを目的とした。そこで建築物で一般的に使われている4種類の素材と比較対象として警告ブロックを用いテストピースを作成し、そのうちの2種類を前後にランダムに組み合わせた歩行路を、視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した全盲の被験者に提示し、それらの正答率と停止歩数により識別容易性の評価を行った。更に末梢神経障害を有する視覚障害者を対象とした追実験を行った。その結果、末梢神経障害を有する者でも白杖を用いることで、ある一定以上の弾性差や摩擦差がある床仕上げ材の組み合わせであれば従来の誘導用ブロックと同等に高い正答率で識別でき、屋内でも利用可能な程度の短い距離で停止できることが確認された。

5-1 研究の目的

これまで、若年晴眼者及び視覚障害者を対象に感触の異なる床仕上げ材間の違いを歩行中に足底のみでどの程度正確に識別できるかを客観的・定量的に評価してきた。これらの研究により、多くのヒトは床仕上げ材間の感触差を従来の誘導用ブロックと同等の高い正答率で識別できることが確認された。前章では更に感触の異なる床仕上げ材間の違いを識別してから停止できる距離の検討を行った。その結果、識別してから停止できるまでの距離も従来の誘導用ブロックと変わらない程度の距離で停止できることが確認された。しかしこの実験で確認された停止可能距離は、建築の屋内で用いることを念頭に置くと、長すぎるため実用的でないことが懸念された。

またこれまでの実験では、足底のみで床仕上げ材をどの程度正確に識別できるかに着目してきたため、多くの視覚障害者が歩行時に使用している白杖を用いることを禁止してきた。そこで足底に加え、これまで禁止してきた白杖を用いることで感触の異なる床仕上げ材間の違いをより精度高く識別できれば実用的な方法として提案できると考えた。

そこで本章では、白杖を用いて感触の異なる床仕上げ材の組み合わせを識別できるかを検証するために、普段から白杖を使って単独歩行を行なっている視覚障害者を対象に、感触の異なる床仕上げ材間の差の正答率と床仕上げ材間の差を識別してから停止できるまでに必要な距離を客観的・定量的に評価することを目的とした。

本研究によって視覚障害者でも感触の異なる床仕上げ材の違いを識別でき、更にその識別に要する距離が明らかになれば、従来の誘導用ブロックを敷設することができなかった場所への誘導も可能となり、視覚障害者が安全で円滑に歩行できる空間を更に広げられることが期待できる。我々はこのような手法を、従来の突起を有する誘導用ブロックの持つ問題を解決し、ユニバーサルデザインを実現させる手法の1つと考えている。

5-2 研究の方法

5-2-1 被験者

本研究を行う上での全てのプロトコールは早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会より承認を得た。被験者は実験協力依頼の掲示を確認し応募してきた、全盲の視覚障害者10名（男性5名、女性5名、平均年齢46.18、SD±12.78）であり、何れも普段は単独歩行を行なっている。なお、いずれの被験者も障害を負ってからの経過年数が10～59年であった。被験者の属性を表5-2-1-1に示す。

また、実験に先立ち被験者には、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理指針に基づいたインフォームドコンセントを文章と口頭で行い、実験に参加する同意を得た。

表 5-2-1-1 被験者の属性

被験者	年齢	性別	歩行訓練	白杖利用年数	視覚障害歴
1	45	男	有	31	45
2	31	女	無	10	10
3	56	女	有	15	21
4	26	男	有	14	24
5	41	男	有	30	35
6	40	女	有	30	36
7	44	男	有	30	40
8	63	女	有	59	59
9	58	男	無	45	58
10	39	女	有	30	39

5-2-2 方法

本実験では足底と白杖からの刺激での識別容易性を評価することを目的とするため、これ以外の識別の手がかりとなり得る情報を遮断した。被験者は全員全盲の視覚障害者であったが、我が国の全盲の定義上若干の視機能（光覚弁など）を有している者もいた。そこで被験者間の条件を一定とするために全員にアイマスクを着用させ、視覚情報を遮蔽することとした。更にこれまでの研究と同様に聴覚情報を遮蔽するためにピンクノイズを流したヘッドホンを着用させた。ピンクノイズは、デジタルオーディオプレイヤー（Creative ZN-ST1GBK）とヘッドホン（Bose 社 QuietComfort2）を用いて提示した。

実験中の履物は、これまでの研究と同様に各自が履き慣れたゴム底のスニーカーを着用した。白杖は、各被験者が普段使っているものとし、突き方は普段の歩行時と同様とするように指示した。

本実験で用いた床仕上げ材は先行研究で高い正答率で識別できた表面を磨いて摩擦を小さくした御影石（以下『ミガキ』と記す）。バーナーで表面を粗し摩擦の大きな御影石（以下『バーナー』と記す）。カーペットタイル（以下『カーペット』と記す）の3種類と弾性や摩擦などの物理的特性が中間であると考えた床仕上げ材であるゴムタイル（以下『ゴムタイル』と記す）、比較対象として JIS に対応した磁器製警告ブロック（以下『点ブロック』と記す）の5種類とした。これらの床仕上げ材は建物の内装において、意匠性及び耐久性、耐食性などの面から公共的な建物を中心に広く一般的に用いられている建材である。

各床仕上げ材を、木材で作成した 900mm 角の土台に敷設し、実験用テストピースとして複数個用意した。実験ではテストピース 9 枚を縦に並べることで、全長 8,100mm の歩行路とし、各施行で床仕上げ材の組み合わせを変えられるようにした。なお、各床仕上げ材それぞれの厚さは少しずつ異なっていたため、下地である合板の下に組んだ木軸の厚さを調整することで、歩行路面に段差が生じないようにした。上述の5種の床仕上げ材を用いた実験を計画するに当たり、すべての条件で実験を行うと膨大な数の試行となり、被験者の疲労などの影響から精度の高いデータを取ることが困難であると考えられた。そこで本研究では、先行研究で有意差の認められなかった順列の重複（例えば、前半に A の床仕上げ材、後半に B の床仕上げ材を提示した場合と、前半に B の床仕上げ材、後半に A の床仕上げ材を提示した場合では正答率に差が認められていない）を省き、更にエントランスホールやロビー、通路などでよく用いられているミガキを基準の床仕上げ材とし、それ以外の床仕上げ材との組み合わせについてのみ検討を行うこととした。

実験中、被験者が床仕上げ材の境界部の位置を予見することができないように、床仕上げ材が前半と後半で異なる施行では、その境界部を 4, 5, 6, 7, 8 枚目のテストピースの直前の5箇所となるように設定した（図 5-2-2-1）。また床仕上げ材が前半と後半で異なる試行とすべてがミガキである試行の割合が全体の 50% ずつとなるように試行数を設定することとした。これらの設定により、後半部にミガキ以外の床仕上げ材を提示する試行を、各境界部を 1 試行ずつ、計 20 施行（床仕上げ材 4 種×境界部 5 か所×繰り返し 1 試行）、後半部にミガキを提示する試行を計 20 試行（床仕上げ材 1 種×境界部 5 か所×繰り返し 4 試行）の計 40 試行を行うこととした。更に、被験者が白杖を用いる条件と比較としての

白杖を用いない条件も計測したため、各被験者は計 80 試行の実験を行った。なお、素材の組み合わせ及び境界部の位置の提示順序は試行毎にランダムとした。

被験者には次の 3 点を実験時の指示として伝えた。1) 提示された歩行路上を歩行し、それまで歩いてきた床仕上げ材から別の床仕上げ材に変化したと思ったら停止する。2) 一度停止した後は再び歩行してはならない。3) 前半部と後半部の床仕上げ材が同じと判断し歩行続けた場合には、ゴール地点にて実験補助員が歩行を止める。

更に、これまでの研究と同様に実験中の被験者の安全性の確保を行い、また十分慣れてから実験試行を行った。

各試行において実験者は、床仕上げ材各組み合わせにおける回答の正否及び（前後半の床仕上げ材が異なる組み合わせで停止した場合）境界部に踏み込んでからの停止歩数を記録した。停止歩数は、足が境界部を通過した歩を第 1 歩として定義した。前章で述べた理由で変数を歩数とした。

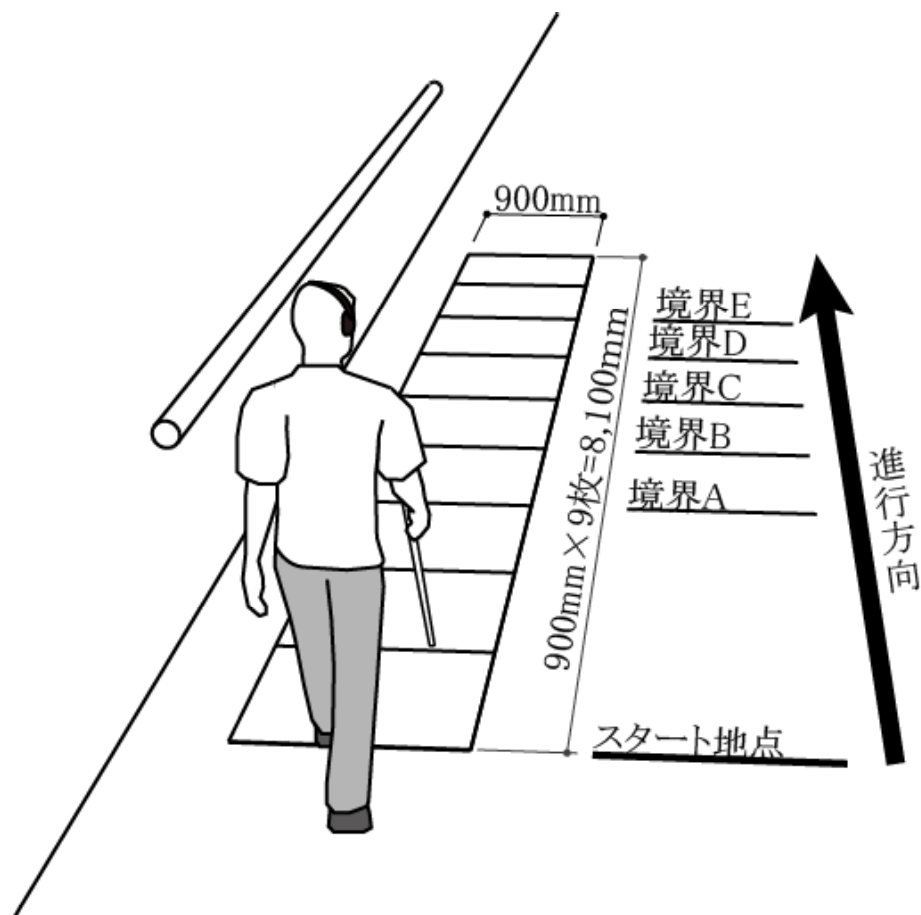


図 5-2-2-1 歩行路



図 5-2-2-2 実験風景

5-2-3 素材

歩行路は、木軸の土台に 300mm 角の素材を貼り付けて製作した。本実験では以下の 5 種の素材を用いた。（図 5-2-3-1）

- 表面を磨いた御影石「ミガキ」（松下産業 TS-0101F）
- 表面がバーナー仕上げの御影石「バーナー」（松下産業 TS-0201F）
- カーペットタイル「カーペット」（東リ GA4002）
- ゴムタイル「ゴムタイル」（ニチマンラバーテック Astroface Soft）
- 磁器製警告ブロック「点ブロック」（SM300-JU）

各素材の厚さが異なったため、下地である合板の下に組んだ木軸の厚さを調整することで、歩行路面に段差が生じないようにした。

5-2-5 摩擦係数の計測結果

第3章 3-2-6 の計測方法で計測した摩擦係数の結果を表 5-2-5-1 に示す。

表 5-2-5-1 素材の摩擦係数

ミガキ	バーナー	カーペット	ゴムタイル
0.38	0.91	0.88	0.45

5-3 結果

本実験より得られた正答率を図 5-3-1 に示す。提示した床仕上げ材がミガキの場合には被験者が途中で停止せず、歩行路終端部まで歩行した試行の比率を示し、それ以外の床仕上げ材の場合は歩行路の途中で停止した試行の比率を示している。なおグラフは全被験者の平均値と標準偏差である。

提示した床仕上げ材を因子 A、白杖の有無を因子 B とした、対応のある二元配置分散分析の結果、因子 A の主効果 ($F_{(1,1.471)}=16.455$, $p<0.01$, $ES=0.646$)、因子 B の主効果 ($F_{(1,9)}=6.572$, $p<0.05$, $ES=0.422$) が認められた。一方、これらの交互作用 ($F_{(1.513,13.617)}=3.539$, n.s.) は認められなかった。因子 A の主効果が有意であったため、多重比較法を用いて下位検定を行った。その結果、白杖を用いなかった試行も、白杖を用いた試行も、ゴムタイルを提示した試行のみ他の試行と比べて有意に正答率が低く、それ以外の試行には統計的な差は認められなかった。また、因子 B の主効果が有意であったことから、白杖を用いた試行の方が白杖を用いなかった試行よりも正答率が高かったことが示された。下位検定の結果有意差が認められた床仕上げ材の組み合わせを図 5-3-1 中に記す。

更に、本実験より得られた停止歩数の平均値と標準偏差を図 5-3-2 に示す。ここで、後半に提示した床仕上げ材がミガキの場合には、被験者が歩行路終端部まで歩行することが正答であるため、停止歩数は存在しない。また、それ以外の床仕上げ材の場合も、停止できなかった試行（差を識別できなかった試行）は停止歩数が存在しないため、後半にミガキ以外の床仕上げ材が提示され正答した試行（停止した試行）のみの結果である。

実験の結果、被験者 10 名のうち 5 名が、ゴムタイルが提示された 5 回の試行で一回も停止できなかった。またそれ以外の被験者においても、ゴムタイルの方が他の床仕上げ材と比べて停止歩数が極めて多かった。このことからゴムタイルの結果に関しては対象からは除外し、それ以外の 3 種の床仕上げ材（バーナー、カーペット、点ブロック）の間で停止可能距離を比較することとした。提示した床仕上げ材を因子 A、白杖の有無を因子 B とした対応のある二元配置分散分析の結果、因子 B の主効果 ($F_{(1,9)}=27.835$, $p<0.01$,

ES=0.996) が認められた。一方因子 A の主効果 ($F_{(2,18)}=2.731$, n.s.) 及びこれらの交互作用 ($F_{(2,18)}=3.058$, n.s.) は認められなかった。これらのことからバーナー、カーペット、点ブロックに関しては停止できる距離に統計的な差は認められないことが確認され、また白杖を用いるとより短い距離で停止できることも示された。

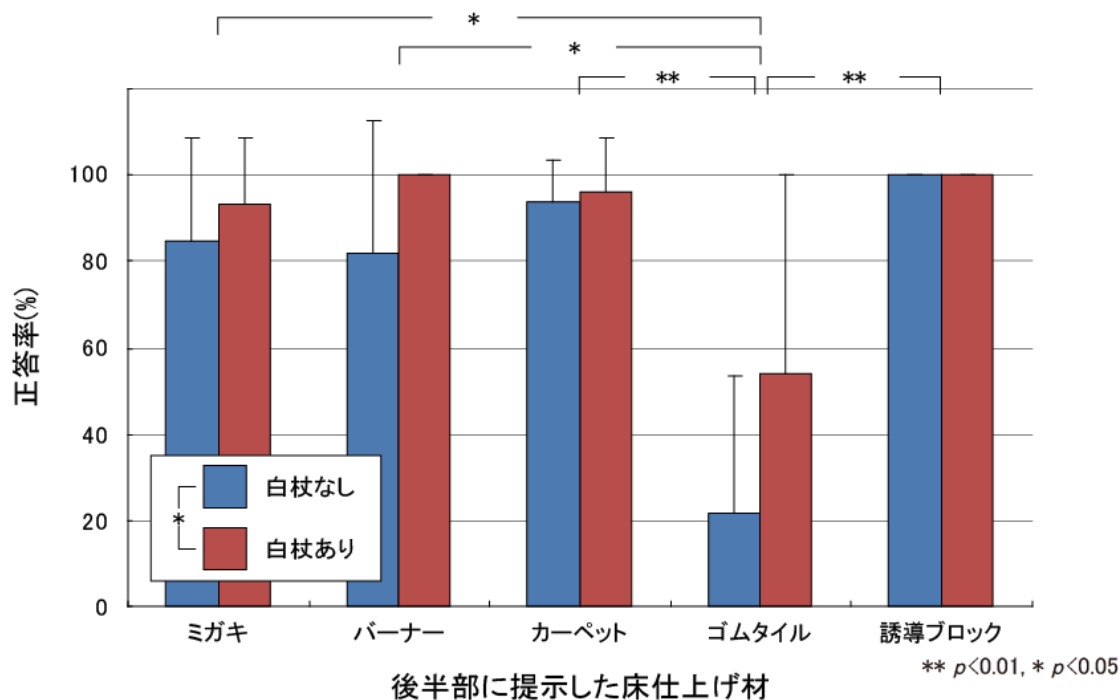


図 5-3-1 正答率

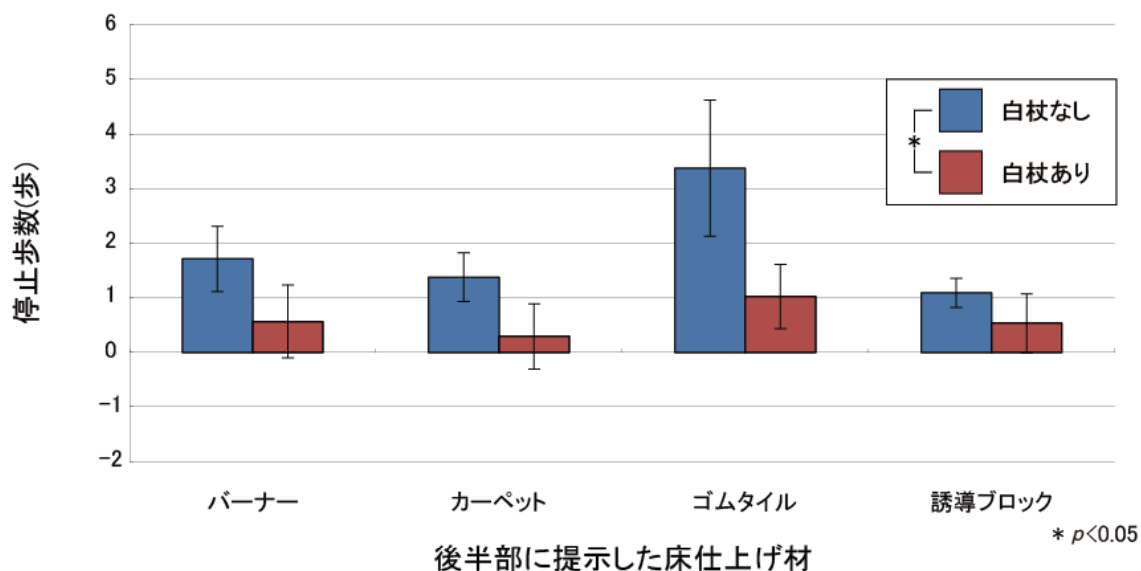


図 5-3-2 停止歩数

5-4 考察

5-4-1 正答率

実験の結果、白杖を使わない試行でも、ゴムタイルを除く全ての床仕上げ材を 8 割以上の正答率で識別でき、比較対象とした点ブロックを提示した際の正答率との間に統計的な有意差が認められなかった。この結果は第 2 章の先行研究と同様であった。また白杖を用いた試行では、白杖を用いない試行よりも有意に高い正答率で識別できることが示された。特に弾性差のある床仕上げ材の組み合わせ（ミガキとカーペットの試行）は、9 割を超える高い正答率で識別できた。また、摩擦差のある床仕上げ材の組み合わせ（ミガキとバーナーの試行）も 8 割以上の正答率で識別された。これは足底に加え、白杖を利用することでより正確に識別できるものと考えられるが、事項で記述する停止歩数の結果を見ると、前半部と後半部の境界に足が踏み込む前に識別しているケースも見受けられる。本実験の被験者は普段から歩行時に白杖を利用している視覚障害者であるため、白杖での路面情報の取得に慣れており、白杖のみでも識別でき、境界を踏み込む前に識別できている。白杖で識別できたが、停止しきれずに境界部に踏み込んでいることも十分考えられる。白杖のみでは、その違いを確認できない、または、確信が持てない場合に前半部と後半部の境界を踏み込み足底と白杖によって確信を深めていると考える。

今回の実験では被験者が使用した白杖は、被験者各人が普段から利用している物であり、白杖の石突きは、ノーマル型がほとんどで、一部マシュマロ型やパーム型を使用している者もいた。ノーマル型ではマシュマロ型やパーム型よりも素材の床仕上げ材一枚一枚の継ぎ目に引っ掛かりやすい傾向が確認された。これは、誤認が生じた一因と考えられる。

5-4-2 停止歩数

本研究では、前後の床仕上げ材の組み合わせが異なり、かつ被験者が停止できた場合には、床仕上げ材間の境界部から停止するまでに要する歩数を計測した。

この変数を採用した理由は、第 4 章で述べたとおりである。

その結果、ゴムタイルを除く全ての床仕上げ材間で有意差は確認されず、点ブロックと同等の距離で停止が可能であることが確認された。その停止歩数は白杖を用いない試行では 2 歩以内で停止できる事が確認された。日本人視覚障害者の平均的な歩幅は約 480mm であることから⁹⁸⁾、白杖を用いなくても約 960mm で停止できると考えられ、第 4 章の先行研究で報告している点ブロックを識別してからの停止歩数とほぼ一致している。また白杖を用いると、白杖を用いなかった時と比べて有意に短い距離、1 歩以内（約 480mm）で停止できる事も確認された。第 3 章の先行研究では、摩擦差のある床仕上げ材の組み合わせは、遊脚後期に踵を摺る歩容をとるの方が高い正答率で識別していた。本実験では白杖の使い方を特に指定はしなかったが、多くの被験者らが白杖を床に擦らせており、足底のみで摩擦差を識別している歩容と同様に白杖を路面に擦ることでそれによって摩擦差の

ある床仕上げ材を識別していたものと考えられる。これは、人見らの研究⁶⁴⁾によると、視覚障害者は歩行時に白杖で路面状況の情報取得するためにスライドテクニックを多用していると報告していることから裏付けられる。

更に特筆すべきは白杖を用いた場合、ミガキとカーペット、ミガキとバーナーの試行では、脚がこれらの床仕上げ材に踏み込む前に停止できた被験者らが多くの試行で確認されたことである。一方点ブロックの場合、白杖が点と点の間に入ってしまい、足で踏むまで識別ができない試行が多く確認された。これらのことは、本研究で検討している感触の異なる床仕上げ材による歩行空間提示の妥当性が際立つ事象であると考えられる。

三浦らの研究⁹¹⁾では、床材のコントラストを用いた床面計画が視覚障害者の歩行の手掛かりに有効であることが明らかにされた。この実験では凸状の床材を提示していたが、本研究の結果から、本研究で用いたような、床仕上げ材の弾性差や摩擦差、即ち床材間の感触の違いを十分確保した床のデザインでも視覚障害者に歩行空間の情報提示の可能性が示唆された。

5-4-3 末梢神経障害を有する糖尿病罹患による評価

本実験の被験者は、視覚障害になってからの年数が比較的長期である者が多かった。松田ら⁴⁰⁾によると視覚障害の経過年数が長いものは、歩容や白杖の使い方による路面状況などの歩行環境の情報の取得にさまざまなテクニックを利用していることを報告している。このことから本実験の被験者らは白杖や足底による床材の識別に十分慣れていたと考えられる。一方、近年成人の中途視覚障害者となる原因疾患の上位に糖尿病性網膜症が報告されている⁹⁸⁾。糖尿病性網膜症は、急速に視力を失うことが多く、そのため視覚情報なしに歩行することに不慣れな者が多い⁴⁰⁾。更に、このような者の多くは、末梢神経障害も併発していることが知られており、中途視覚障害者の中でもさらに触知覚能力が低下していると考えられる。それによって従来の誘導用ブロックも含めた床材の識別が困難となっている可能性が高い。本手法の実用に際し、ユニバーサルデザインの観点からもこのような者も利用できる必要がある。

そこでこのような者が、感触の異なる床仕上げ材をどの程度正確に識別できるかについて追実験を行った。実験は、本章の先の実験で識別が難しかったゴムタイルを除いた4種類の床仕上げ材（ミガキ、バーナー、カーペット、点ブロック）を用い、本章の先の実験と同様の方法で評価を行った。

被験者は、糖尿病歴8～18年の視覚に障害があり末梢神経障害を有する糖尿病罹患患者6名（男性5名、女性1名。平均年齢 50.8, SD±8.77）であった被験者の糖尿病性末梢神経障害の度合いは、以下の6つの簡易スクリーニング法で評価した。簡易スクリーニングの検査項目は、1：タッチテスト¹⁰⁰⁾。2：二点弁別(4mm)。3：振動覚(128Hz音叉)。4：アキレス腱反射。5：関節位置感覚、6：体表面感覚とした。各々の被験者の結果を表5-4-3-1に示す。

Von Frey Filamentを用いたタッチテストは、神経因性疼痛の特徴であるアロディニア

(非侵害刺激に対する痛み) を評価する方法である。決まった圧力を加えることができる太さの異なるフィラメントを対象の足底に対し垂直に押し当て逃避反応を引き起こす閾値を測定した。



図 5-4-3-1 Von Frey Filament⁹⁹⁾


表 5-4-3-1 被験者の糖尿病性末梢神経障害の度合い

被験者1			右	左
糖尿病暦	18年		5.07	6.65
白杖使用	無		5.07	6.65
			6.65	6.65
			5.07	5.07
			6.65	6.65
			6.65	6.65
アキレス腱反射			右 消失	左 消失
体表面感覚			足背部 あり	足底部 あり
二点弁別閾			右	左
	第一中足骨頭		×	×
	内果		×	×
振動覚			右	左
	第一中足骨頭		4	4
	内果		4	6
関節位置覚			右	左
	第一中足骨頭		正常	正常
	内果		正常	正常

被験者2

糖尿病歴 15 年
 白杖使用 有り

タッチテスト 足裏 足表		右	左
		1	5.07
2	4.56	4.31	
3	4.31	4.56	
4	4.31	4.56	
5	4.31	5.07	



アキレス腱反射	右	左
	消失	消失

体表面感覚	足背部	足底部
	あり	あり

二点弁別閾		右	左
		第一中足骨頭	×
内果	×	×	

振動覚		右	左
		第一中足骨頭	6
内果	11	3	

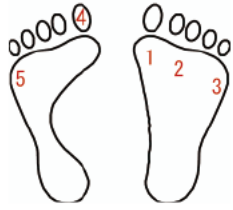
関節位置覚		右	左
		第一中足骨頭	正常
内果	正常	正常	

被験者3	
------	--

糖尿病暦 8年

白杖使用 有

タッチテスト 足裏 足表	右	左
	1	×
2	×	×
3	6.65	×
4	6.65	×
5	6.65	6.65



アキレス腱反射	右	左
	消失	減弱

体表面感覚	足背部	足底部

二点弁別閾		右	左
	第一中足骨頭	×	×
	内果	×	×


振動覚		右	左
	第一中足骨頭	×	
	内果	×	

関節位置覚		右	左
	第一中足骨頭	消失	減弱
	内果	正常	正常

被験者4

糖尿病暦 8年
 白杖使用 無

タッチテスト 足裏 足表		右	左
		1	3.61
2	4.56	3.61	
3	4.31	3.61	
4	4.56	6.65	
5	4.31	4.31	



アキレス腱反射	右	左
	正常	正常

体表面感覚	足背部	足底部
	あり	なし

二点弁別閾		右	左
	第一中足骨頭	○	○
	内果	×	×

振動覚		右	左
	第一中足骨頭	7	5
	内果	7	4

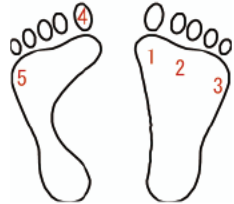
関節位置覚		右	左
	第一中足骨頭	正常	
	内果	正常	

被験者5	
------	--

糖尿病歴 15 年

白杖使用 有

タッチテスト 足裏 足表		右	左
		1	3.61
2	3.61	3.61	
3	3.61	3.61	
4	4.31	4.31	
5	4.56	4.56	



アキレス腱反射	右	左
	減弱	減弱

体表面感覚	足背部	足底部
	なし	なし

二点弁別閾		右	左	
		第一中足骨頭	×	×
		内果	×	×

振動覚		右	左	
		第一中足骨頭	正常	正常
		内果	正常	正常

関節位置覚		右	左	
		第一中足骨頭	正常	正常
		内果	正常	正常

被験者6

糖尿病歴 17年

白杖使用 有

タッチテスト 足裏 足表	右		左	
	1	2.83	3.61	3.61
	2	3.61	2.83	2.83
	3	3.61	3.61	3.61
	4	2.83	2.83	2.83
	5	2.83	2.83	2.83

アキレス腱反射	右	左
	減弱	減弱

体表面感覚	足背部	足底部
	なし	なし

二点弁別閾	右		左	
	第一中足骨頭	×	○	○
	内果	×	×	×

振動覚	右		左	
	第一中足骨頭	正常	正常	正常
	内果	正常	正常	正常

関節位置覚	右		左	
	第一中足骨頭	正常	正常	正常
	内果	正常	正常	正常

本実験より得られた正答率を図 5-4-3-2 に示す。提示した床仕上げ材がミガキの場合には被験者が途中で停止せず、歩行路終端部まで歩行した試行の比率を示し、それ以外の床仕上げ材の場合は歩行路の途中で停止した試行の比率を示している。なおグラフは全被験者の平均値と標準偏差である。

更に、本実験より得られた停止歩数の平均値と標準偏差を図 5-4-3-3 に示す。ここで、後半に提示した床仕上げ材がミガキの場合には、被験者が歩行路終端部まで歩行することが正答であるため、停止歩数は存在しない。また、それ以外の床仕上げ材の場合も、停止できなかった試行（差を識別できなかった試行）は停止歩数が存在しないため、後半にミガキ以外の床仕上げ材が提示され正答した試行（停止した試行）のみの結果である。

提示した床仕上げ材を因子 A、白杖の有無を因子 B とした二元配置分散分析の結果、白杖の主効果($F_{(1,3)}=145.230$, $p<0.01$, $ES=0.980$)が認められ、床仕上げ材の間で有意差は認められず ($F_{(2,6)}=3.234$, n.s.), これらの交互作用は認められなかった ($F_{(2,6)}=2.919$, n.s.) が、白杖の有無の条件で白杖を用いた試行の方が有意に停止歩数が少ないことが認められた。

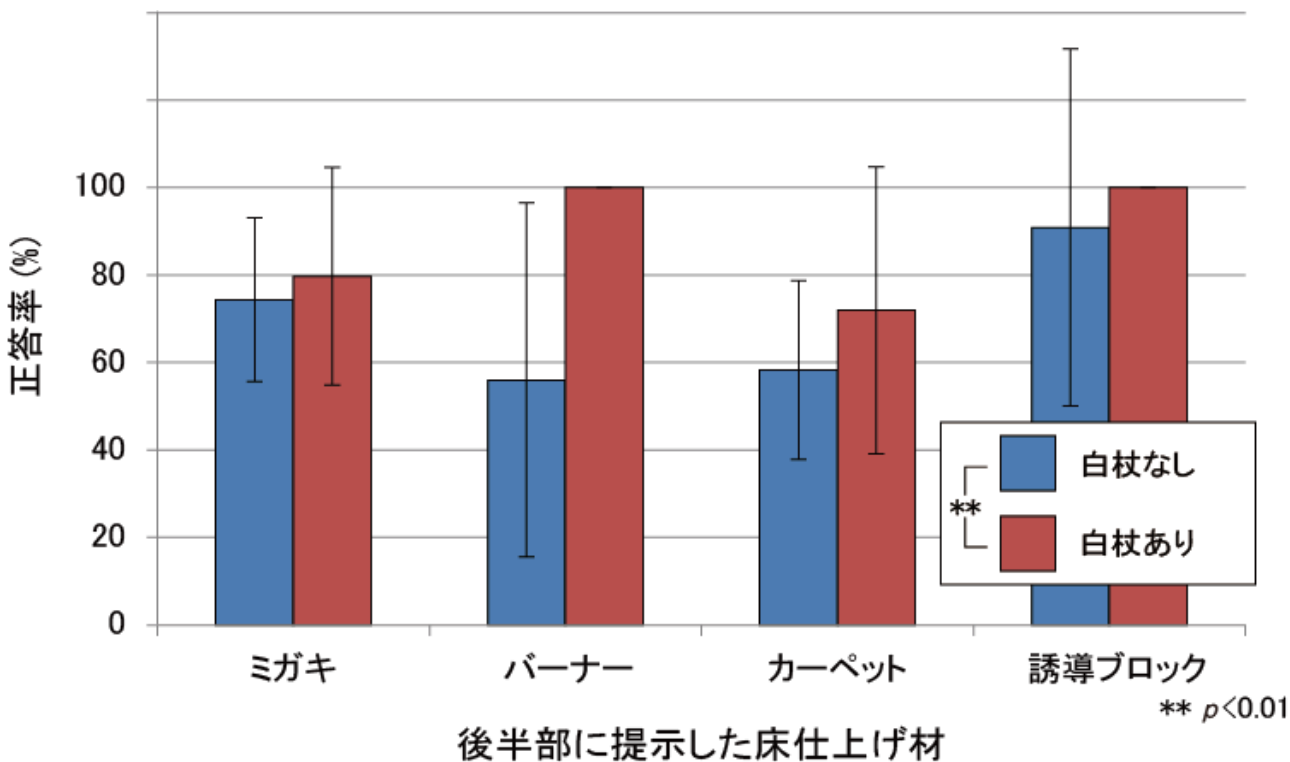


図 5-4-3-2 正答率

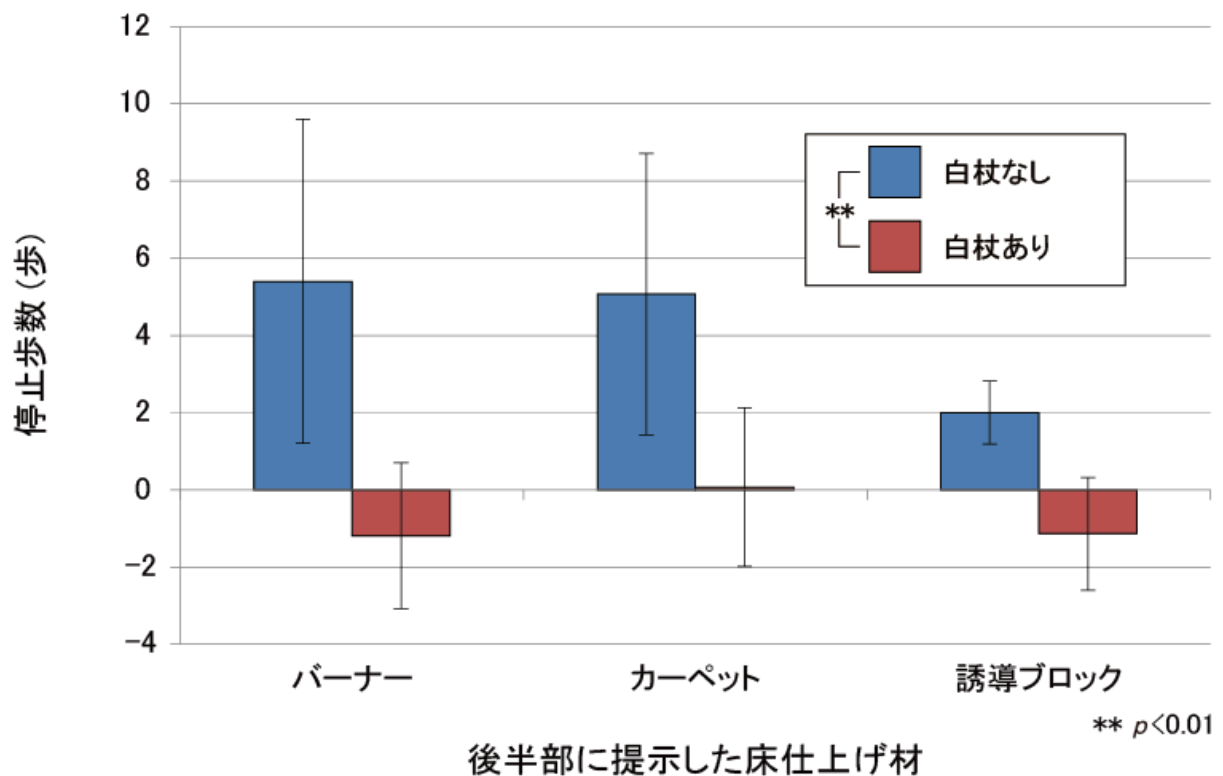


図 5-4-3-3 停止歩数

実験の結果から、点ブロックを高い正答率で識別できる者と全く識別できない者に二分された。点ブロックを識別できない者は、それ以外の床仕上げ材の正答率も低く、それらの者は末梢神経障害が進行している傾向にあった。また、先行研究で遊脚後期に踵を擦ることで摩擦の違いを識別できることが確認されている。本実験でも遊脚後期に踵を擦る歩容をとる被験者は、ミガキとバーナーの違いを高い正答率で識別できていることが確認された。

停止歩数においても末梢神経障害が進行している被験者ほど停止歩数が多くなる傾向が見られた。しかし、白杖を用いることで正答率も向上し、停止歩数も少なくなり、抹消神経障害を有しない本章の先の実験結果と同様に、床仕上げ材が切り替わる境界部に足が踏み込む前に白杖のみで識別することができ停止できることも確認された。

これらのことから、末梢神経障害を有する者であっても白杖を用いることで感触の異なる床仕上げ材の違いを歩行中に識別できることが示唆された。

5-5 小括

これまでの研究は、足底のみでヒトが歩行時に感触の異なる床仕上げ材の違いをどの程度正確に識別できるかを評価してきたが、前章の研究により足底のみでは、それを識別してから停止するまでの距離が建築の屋内で用いるには長すぎるものが懸念された。そこで本章では、白杖を用い視覚障害者が感触の異なる床仕上げ材間の差を足底や白杖から伝わる刺激でどの程度正確に識別でき、どの程度の距離で停止できるかを客観的・定量的に評価した。実験では、一般的に建築物でよく用いられている4種の床仕上げ材と比較対象としてのJISで制定されている警告ブロックを全盲の視覚障害者に提示し、その正答率と停止できるまでの歩数について比較検討を行った。

その結果、本実験で用いた程度の弾性差、摩擦差があれば、従来の警告ブロックと統計学的に差のない程度に識別が可能であることが示唆された。また、感触の異なる床仕上げ材が提示された場合、白杖を用いない場合でも2歩以内、白杖を用いた場合には1歩以内で停止できることが確認された。特にミガキとカーペットや、ミガキとバーナーの組み合わせの場合、足がそれらの床仕上げ材に踏み込む前に白杖のみで差を確認でき、従来の警告ブロックよりも手前で識別ができることが確認された。

更に、末梢神経障害を有する視覚障害者を対象とした追実験を行った。その結果、末梢神経障害を有する者でも白杖を用いることで末梢神経障害を有しない者と同等にその違いを識別できることが確認された。

これまでの研究はヒトが歩行中に感触の異なる床仕上げ材間の違いを識別できるかを評価してきたが、今後は更に感触の異なる床仕上げ材の違いに沿って歩行ができるかという誘導性能についても評価する必要があると考えている。

第6章 視覚障害者への誘導を目的とした感触の異なる床仕上げ材の誘導性能の評価

- 6-1 研究の目的
- 6-2 研究の方法
- 6-3 予備実験
- 6-4 本実験
- 6-5 考察
- 6-6 小括

これまでの研究はヒトが歩行中に感触の異なる床仕上げ材に踏み込んだ際にその違いをどの程度正確に識別できるかを評価してきた。更に、実環境への適用を考え、本章では感触の異なる床仕上げ材による誘導性能を実験により客観的・定量的に評価し、識別するための床仕上げ材間の組み合わせの関係性を明らかにすることを目的とした。そこで若年晴眼者を対象とし本実験で用いる床仕上げ材を選定するための予備実験を行った。これを基に本実験で用いる4種類の床仕上げ材を選定した。本実験では、これらの床仕上げ材を用い、床仕上げ材の表面の特性を評価する実験と視覚障害者を対象とした誘導性能を評価する実験を行った。その結果、誘導性能と白杖の上下動との間に関係が認められ回帰分析を実施し、曲線回帰式を立てた。これらから、白杖の上下動の差が1.4mm以上ある床仕上げ材の組み合わせであれば誘導性能があると結論付けた。

6-1 研究の目的

第2章から第5章で述べてきたこれまでの研究はヒトが歩行中に感触の異なる床仕上げ材に踏み込んだ際にその違いをどの程度正確に識別できるかを評価してきた。しかし、今後実環境への適用のためには、更に感触の異なる床仕上げ材の違いに沿って歩行ができるかという誘導性能についても評価する必要がある。

横山ら⁹³⁾により、白杖を用いた感触の異なる床仕上げ材の識別には、白杖に伝わる床仕上げ材の凹凸や滑り抵抗などの表面形状によると報告されていることから、床仕上げ材の表面形状に着目した。それを定量化し、床仕上げ材の組み合わせによる誘導性能の関係式を導き出せば、これまでの研究で使用してきた床仕上げ材以外の組み合わせでもその誘導性能を想定できると考えた。

そこで本章では、感触の異なる床仕上げ材による誘導性能を実験により客観的・定量的

に評価し、識別するための床仕上げ材間の組み合わせの関係性を明らかにすることを目的とした。本研究でこれらのことが明らかにできれば、これまでの研究では用いなかった様々な床仕上げ材の組み合わせによる誘導性を推定することができ、床仕上げ材の選定の際の有効なエビデンスとなり、実際の設計の現場で役立つと考えている。これまでの一連の研究により従来の誘導用ブロックを敷設することができなかつた場所への誘導も可能となり、視覚障害者が安全で円滑に歩行できる空間を更に広げられることになる。我々はこのような手法を、従来の突起を有する誘導用ブロックの持つ問題を解決し、ユニバーサルデザインを実現させる手法の1つと考えている。

6-2 研究の方法

6-2-1 実験概要

本章では、感触の異なる床仕上げ材による誘導性を実験により客観的・定量的に評価し、識別するための床仕上げ材間の組み合わせの関係性を明らかにすることを目的とした。そこで床仕上げ材の表面の特性を評価する実験と視覚障害者による誘導性能を評価する実験を行い、これらの実験結果から床仕上げ材間の表面の特性と誘導性能の関係性を明らかにすることとした。

なお、第4章、第5章の先行研究から、白杖を用いることで足底のみよりも精度高く感触の異なる床仕上げ材間を識別でき、更に白杖は歩行時に2歩程度先の情報を取得していることから白杖で得られる情報は視覚障害者の歩行時の重要な手掛かりとなっている。このことは第1章で述べた視覚障害者の歩行及び環境に関する先行研究からもその重要性が窺える。そこで本章では、白杖に着目し実験を行うこととした。

6-2-2 床仕上げ材特性評価実験

本研究では、床仕上げ材の特性と誘導性能の関係性を明らかにすることから以下の3種類の実験を行い床仕上げ材の表面の特徴を評価した。

6-2-2-1 白杖の振動計測方法・計測装置

横山らの先行研究⁹³⁾によるとヒトは白杖を床仕上げ材の表面を滑らせた際に生じる白杖から伝わる振動の違いにより、床仕上げ材の違いを認識していることが示唆されている。このことから床仕上げ材間の白杖の振動の違いと誘導性能との間に関連性があると考えられたため白杖の振動を計測した。図6-2-2-1-1のように計測は白杖の持ち手上面に加速度計（共和電業社製AS-10HB）を固定し、各床仕上げ材の上を図6-2-2-1-1の青色の矢印方向

にスライドさせて白杖に発生する振動を計測した。その際、各床仕上げ材の表面で同じように白杖を動かすためにリニアガイドレールを用いた。なお白杖を動かす速度は、レーザ変位計（KEYENCE 社製 LLK-500）にて計測し、誘導性能評価実験にて被験者が白杖を振る速度を参考にして 0.50m/s に統一した。計測は、同一床仕上げ材の表面で計測場所をランダムに変えながら 3 試行ずつ計測した。

計測された加速度を二回積分して、白杖の変位を算出した。計測された変位のデータは図 6-2-2-1-1 のような波線状のデータとして表現されるが、今回はその中でも白杖の上下方向の動きに着目した。これは横山ら⁹⁴⁾の先行研究により上下動以外のデータは、ノイズが多いことが報告されていることもあり、本章の実験でも上下動を採用することとした。

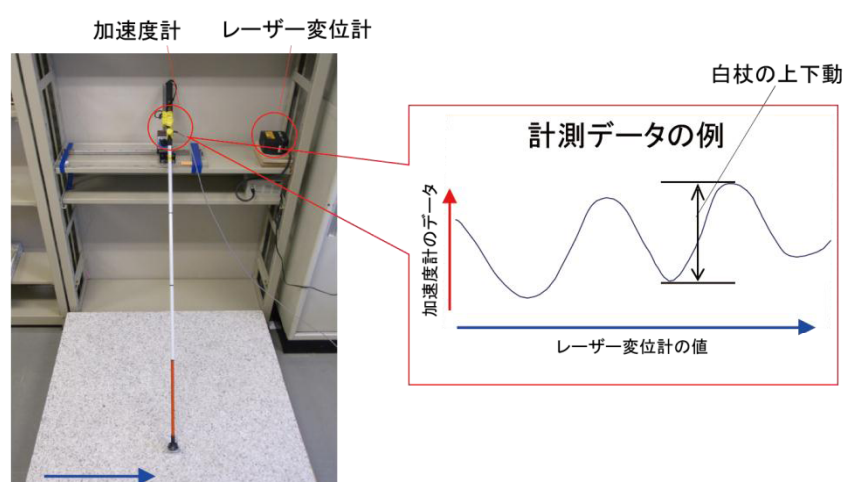


図 6-2-2-1-1 白杖の振動計測

6-2-2-2 C.S.R.値計測方法・計測装置

白杖の振動を発生させる要因の 1 つとして、表面の摩擦抵抗値を表わす C.S.R.値を計測した。C.S.R. (Coefficient of Slip Resistance) とは人間の滑り感覚を反映させて、床仕上げ材の滑りやすさの評価することを目的とした値である⁹⁶⁾。他にも床仕上げ材の滑りやすさを表す値として、BPN (British Pendulum Number) などが存在するが、これらは道路舗装面の滑りを評価することに用いられ土木の領域でよく用いられる指標であるが、建築の領域では一般的ではない。それに対し、C.S.R.値は JIS や建築関連法例などで広く採用されており、国土交通省の建築物のバリアフリー化を促進するためのガイドライン¹⁰⁰⁾では、滑りによる転倒予防の観点から床仕上げ材の評価指標として C.S.R.値を用いており、適切な C.S.R.値の範囲は 0.30~0.90 としている。(C.S.R.値は最小 0.00, 最大 0.99 をとる値であり、値が大きくなれば滑りにくくなる。) このため設計者が設計時に床仕上げ材を選択する際の 1 つの基準となっている。そこで本章の実験では、C.S.R.値と誘導性能との関連性

を明らかにすることとし、C.S.R.値を計測することとした。

各床仕上げ材のC.S.R.値計測は、C.S.R.計測専用の滑り試験器(ONO・PPSM)を用い、床面と接触する面積が 30cm^2 のすべり片に、 20kg の荷重をかけて 18° 上方に引っ張った際の、滑り抵抗係数を計測するものである。これは歩行動作時の状況を作り出しており、 20kg の荷重は、一般的な人の歩行の際に掛かる力を想定しており、 18° は歩行の際の足の入る角度を想定した値である。また使用するすべり片は合成皮革の紳士靴底を参考に導き出されたものである。これらの試験方法は、JISで定められている。C.S.R.値計測に関しては専用の機器が必要であるため、外部の業者に委託して計測を行った(図6-2-2-1)。

床仕上げ材が乾燥した状態で5回計測し、その平均値のデータを使用した。

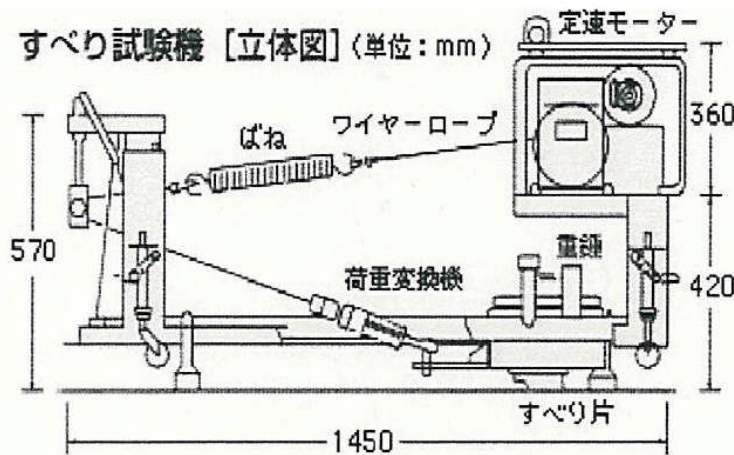


図6-2-2-1 C.S.R.値の測定事例¹⁰¹⁾

6-2-2-3 表面凹凸形状の計測方法・計測装置

白杖の振動の違いは、床仕上げ材の表面形状の違いによって生じると考えられるため、今回表面凹凸形状の計測を行なった。各床仕上げ材の表面形状計測は、レーザ変位計(KEYENCE社製LB-080及びLK-500)を用いて行なった。図6-2-2-3-1に示す通りレーザ変位計は、床仕上げ材の表面(z軸)を計測するLB-080をリニアガイドレール上に固定し、LK-500でリニアガイドレールの位置(y軸)を計測した。これによって各床仕上げ材表面の凹凸形状を計測した。なお各床仕上げ材において、計測場所をランダムに変えながら3試行ずつ計測した。

計測されたデータは図6-2-2-3-1のような波線状のデータとして表現されるが、今回はその中でも表面形状の凹凸の深さに着目した。凹凸の深さ以外のデータは、振動と同様にノイズが多いことから、本章の実験では凹凸の深さを採用することとした。

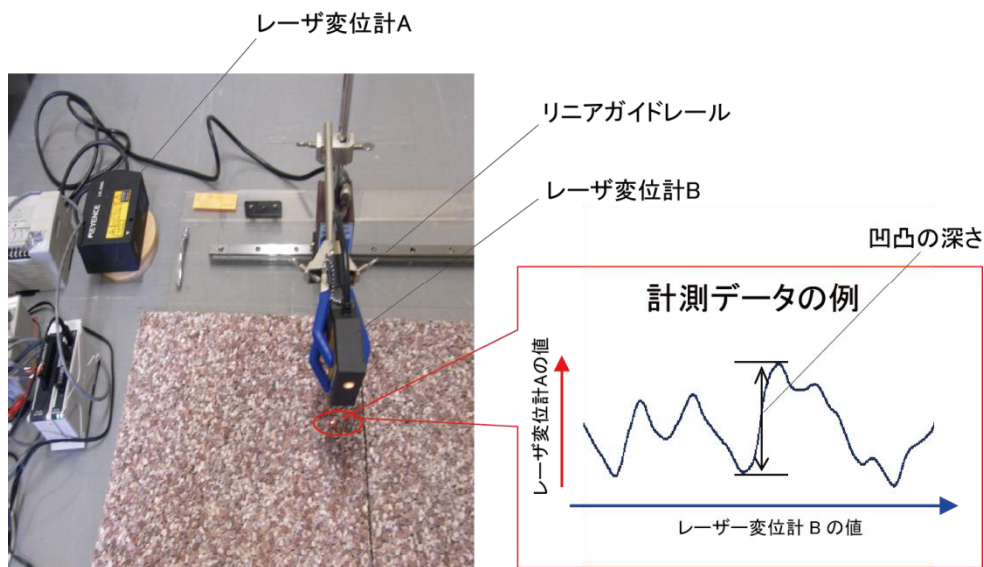


図 6-2-2-3-1 表面の凹凸形状の計測方法

6-2-3 誘導性能の評価実験

6-2-3-1 誘導性能評価実験概要

本章では、床仕上げ材の特性と誘導性能の関係性を明らかにすることから、上述の床仕上げ材の特性評価実験と以下の誘導性能の評価実験を行った。

視覚障害者が白杖を用いて歩行する際には、白杖を体の正面に構え左右に振って2歩程度先の路面の情報を取得している。そこで視覚障害者が白杖を用い感触の異なる床仕上げ材の違いに沿って歩行する場合、一度素材の境界部を触れてからまたその境界を触れるまでには若干の時間がある、その間に進行方向がぶれたり（図 6-2-3-1-1）、誘導方向が変化した（図 6-2-3-1-2）場合には、その境界部を素早く探し歩行を修正する必要がある。

そこで本章の実験では、この状況を疑似的に再現し、一度境界部を触れてから再度その境界部を識別しやすい組み合わせを評価することで誘導性能の評価を行うこととした。

本章の実験は、まず実験に用いる床仕上げ材を選定するための予備実験を若年晴眼者 10 名（平均年齢 23.5，SD±2.1）を対象として実施した。その後、視覚障害者 7 名（平均年齢 42.7，SD±5.21）を対象に本実験を行った。予備実験、本実験は共に以下の手順で行った。

本章の実験を行う上での全てのプロトコールは早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会より承認を得た。被験者は実験協力依頼の掲示を確認し応募してきた。実験に先立ち被験者には、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理指針に基づいたインフォームドコンセントを文章と口頭で行い、実験に参加する同意を得た。

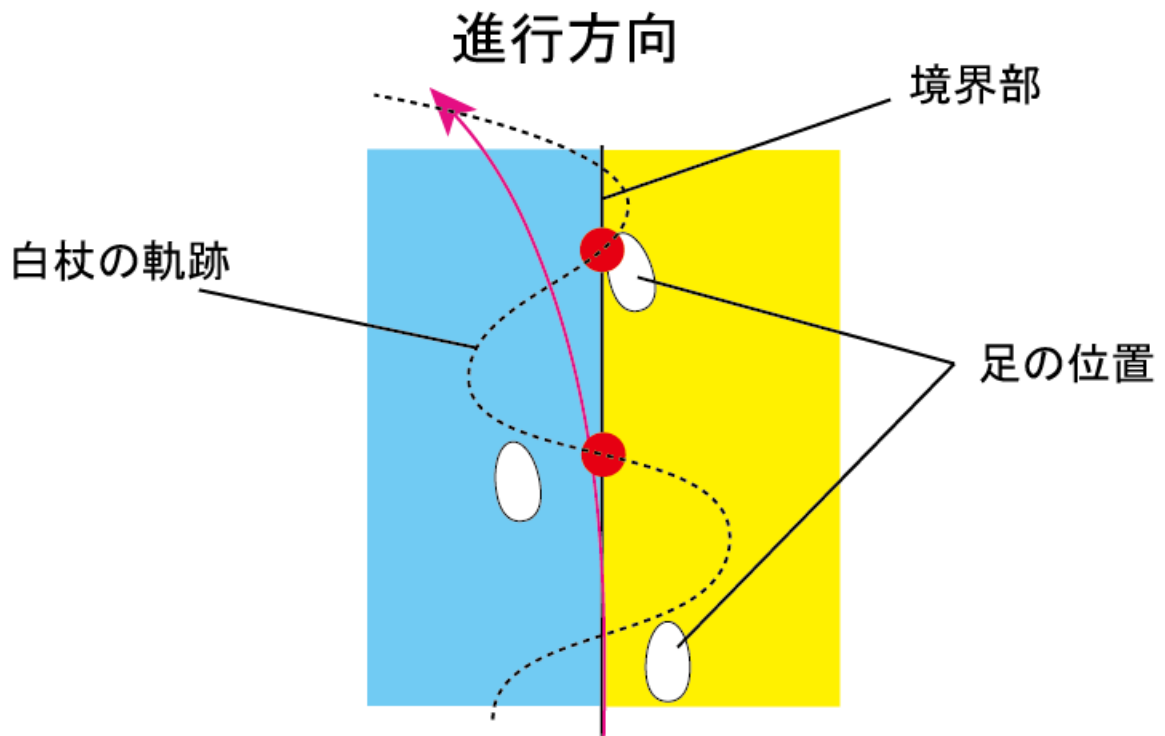


図 6-2-3-1-1 進行方向がずれてしまい方向を見失った場合

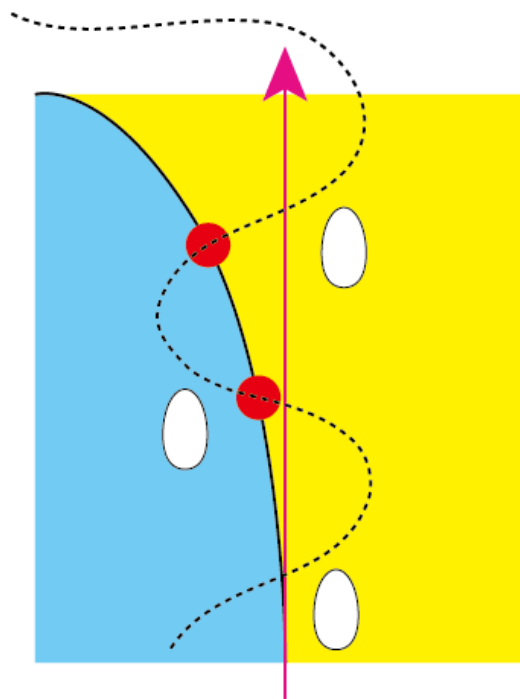


図 6-2-3-1-2 境界部の方向が変わり方向を見失った場合

6-2-3-2 誘導性能評価実験の方法

感触の異なる床仕上げ材に沿って歩行する状況を疑似的に再現する以下の実験を予備実験では若年晴眼者 10 名に、本実験では視覚障害者 7 名を対象に行った。

本では、白杖から伝わる刺激のみで評価するため、被験者は視覚情報をアイマスクで遮蔽し、また、白杖で床仕上げ材を触るときの音で識別できないようにピンクノイズを流したヘッドホン装着し、聴覚情報も遮蔽した。実験に使った白杖は、現在一般的によく用いられている先端の形状がパームチップ型のアドバンテージ式とした。なお被験者の身長に合わせて、杖の長さを変更できるように、長さの異なる 3 種類の杖を用意した。

実験は以下の通り行った。

- 1) 白杖を持った被験者の正面に疑似路面を提示する (図 6-2-3-2-1a)。
- 2) 被験者は 5 秒間提示された疑似路面を白杖で触れ、床仕上げ材の感触を確認する (図 6-2-3-2-1b)。
- 3) 被験者は白杖を持ち上げ、その間に実験者が疑似路面を左右に 20 度・移動しないの 3 通りのうち 1 つを選び移動させる (図 6-2-3-2-1c)。
- 4) 実験者の再開の合図の後、5 秒間以内に疑似路面上で床仕上げ材の境界部を探索し、境界部だと思う箇所を白杖で示す (図 6-2-3-2-1d)。
- 5) 実験者は、被験者が示した白杖の先端から実際の境界部までの誤差を計測する。なお本章の実験では、白杖の把持姿勢や被験者の体格によって誤差量に差が出ないように、境界部の向いている方向と、白杖の示された方向との角度 (“誤差角度” と定義する) によって誘導性を評価した。また官能評価として被験者に 2 つの床仕上げ材の違いのわかりやすさを 10 段階で回答してもらった。(1 最も違いがわかりやすい組み合わせ～10 最も違いがわかりにくい組み合わせの中から 1 つを選択した。) 誤差角度が大きくなればなるほど、正しい進行方向との差が大きくなり、被験者は迷ってしまうことになる。このため誤差角度が大きい床仕上げ材の組み合わせは、誘導性能が低いといえる。

被験者が提示された疑似路面の境界部を確認した後で、左右に 20 度移動させる条件と、移動させない条件の 3 種とした。また、各組み合わせは 2 試行ずつ繰り返したため、被験者ごとに計 36 試行 (床仕上げ材の組み合わせ 6 種×移動方向 3 種×繰り返し 2 試行) をランダムに行った。なお実験を行うにあたって練習試行を 3 回程度行い実験方法に慣れてから本番試行を行った。

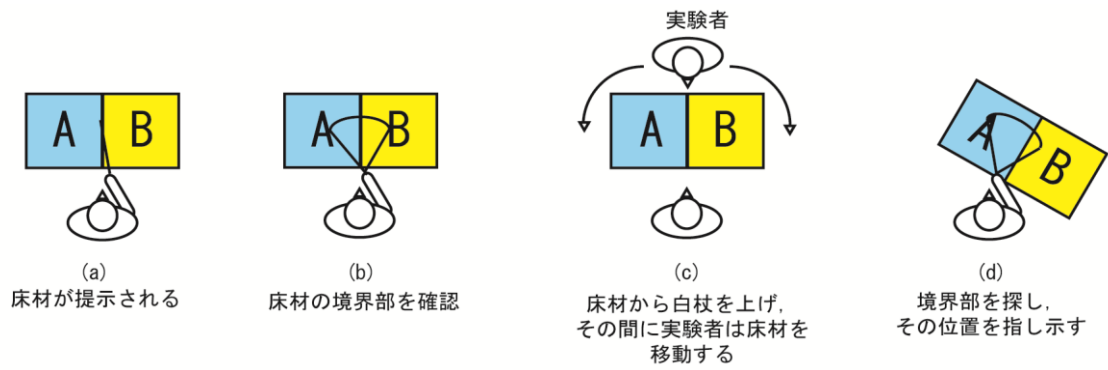


図 6-2-3-2-1 実験の方法

6-2-3-3 実験装置

実験に用いた疑似路面は、900mm 角の木軸で組んだ土台の上に予備実験で選定された 4 種類の床仕上げ材を段差が生じないように敷設し、実験で用いるテストピースとした。実験時にはこれらのテストピースのうち 2 種を左右に組み合わせ、全長 900mm、全幅 1800mm の疑似路面とした。また本章の実験では疑似路面を左右に移動させる必要があるため、各テストピース底面にはキャスターを取り付けた (図 6-2-3-3-1)。なお、キャスターを取り付けた分、疑似路面の高さは床上 20cm 程度となった。そこで疑似路面と同じ高さの踏み台を用意し、その上に被験者が乗り実験を行った。

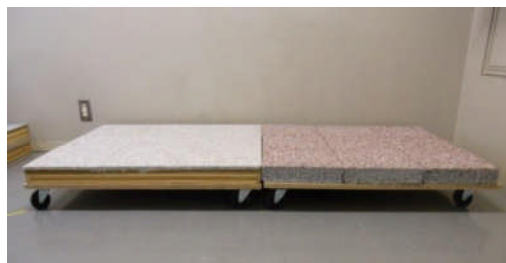


図 6-2-3-3-1 疑似路面

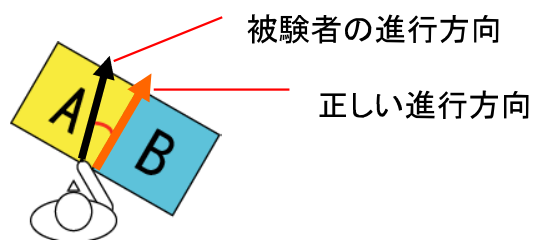


図 6-2-3-3-2 誤差角度

6-3 予備実験

6-3-1 目的と実験方法

予備実験は、本実験で使用するための床仕上げ材を選定することを目的とした。実験に際し被験者に負担をかけないために少ない試行で効率的に行う必要があり、そのため実験に用いる床仕上げ材は4種類とした。そこで誘導性能に関わりの深いと考えた床仕上げ材の表面形状に着目し、本実験で使用する床仕上げ材を選定するための床仕上げ材の特性を決定するために予備実験を行った。

予備実験は、若年の晴眼者10名を対象に前述の方法と装置を用いて行った。

予備実験では、床仕上げ材の表面形状に着目し、以下の4種類を選定した。表面形状の凹凸の深さがほぼ均等に異なる床仕上げ材4種類（松下産業 御影石 TS 磨き加工 以下『a』，松下産業 御影石 TS バーナー加工 以下『c』，株式会社イワタ エコクレア 十和彩 以下『d』，及び株式会社イワタ ランドクレア クランチ 以下『b』）を使用した（図6-3-1-1）。

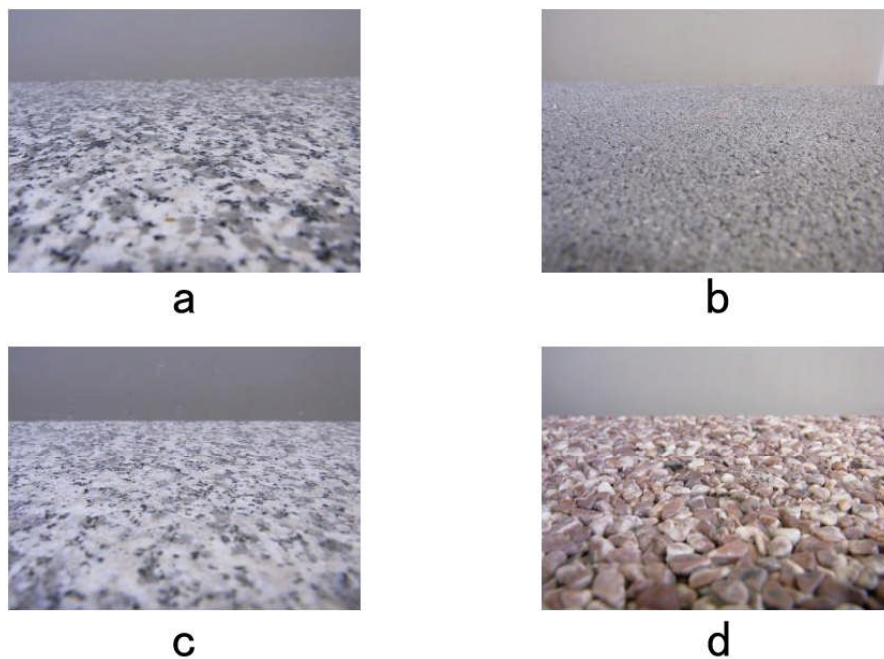
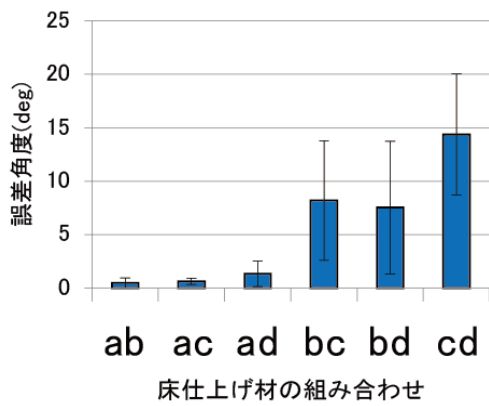


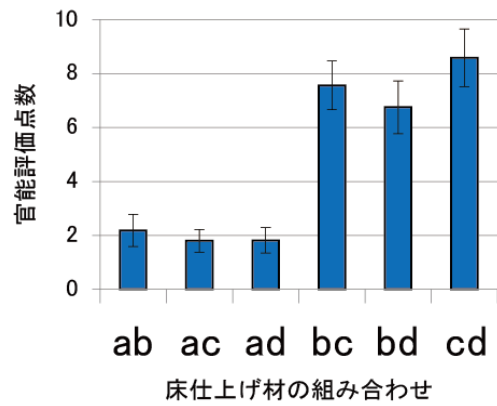
図 6-3-1-1 予備実験で使用した床仕上げ材

6-3-2 各測定の結果

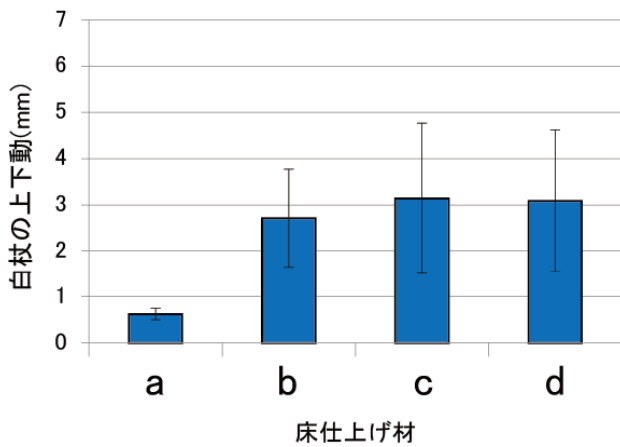
予備実験では、誘導性能の評価として、誤差角度の測定と官能評価を行った。床仕上げ材の特性の評価は、白杖の振動、C.S.R.値、表面凹凸形状を測定した。その結果を図6-3-2-1に示す。



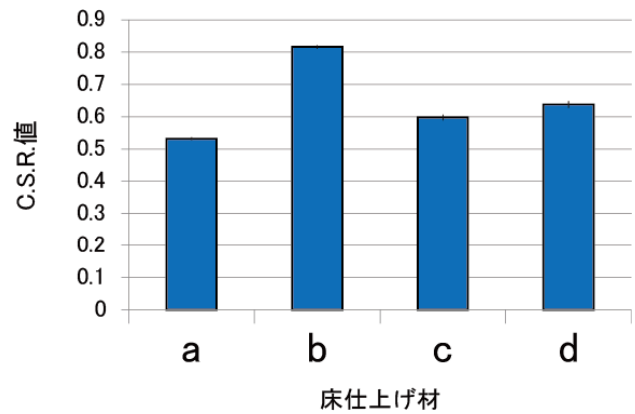
(1) 誤差角度



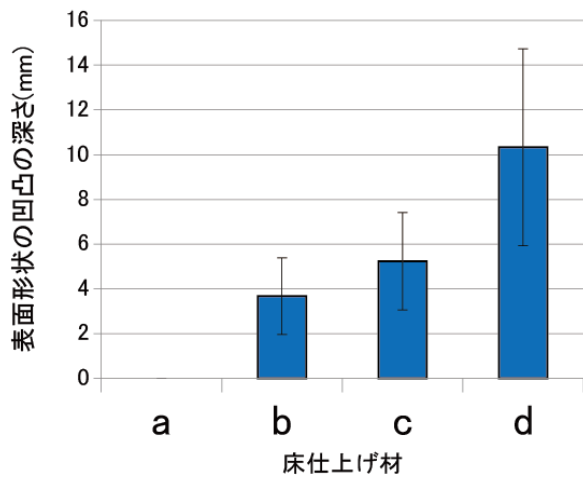
(2) 官能評価



(3) 白杖の上下動



(4) C.S.R.値



(5) 表面形状の凹凸の深さ

図 6-3-2-1 実験の結果

6-3-3 予備実験の結果の検討

誘導性能（誤差角度，官能評価）と床仕上げ材の特性（白杖の振動，C.S.R.値，表面凹凸形状）の関係に関する仮説（図 6-3-3-1）と結果（図 6-3-3-2）に示す．横軸は床仕上げ材の特性に関する項目を表し，縦軸は誘導性能に関する項目を表す．縦軸の誘導性能（誤差角度，官能評価）は，値が大きくなれば誘導性能が低いことを示し，値が小さくなれば誘導性能が高いことを意味する．横軸の床仕上げ材の特性の値に関しては，2 種類の床仕上げ材を組み合わせた時の「差」の値とした．結果の図 6-3-3-2 は◆は被験者 10 名分の平均値を表示し，◇は被験者個人の値を表示した．

もし誘導性能と床仕上げ材の特性に関する項目との間に関係性が見られた場合，床仕上げ材の特性の差が大きくなれば，誘導性能が高くなる（値が小さくなる）と考え，反対に床仕上げ材の特性の差が小さくなれば，誘導性能が低くなる（値が大きくなる）と考えた．また数値の性質上，両方の値とも負の値はとらない．そのため図 6-3-3-1 のように，誘導性能と床仕上げ材の特性の項目との間に関係が見られた場合は，図のような負の値をとらない曲線回帰式で表すことができると考えた．

実験の結果，誘導性能と白杖の振動（白杖の上下動）との間には，仮説で立てた関係があることが示唆された．誘導性能と C.S.R.値，表面凹凸の深さとの間には，仮説で立てたような関係が見られなかった．

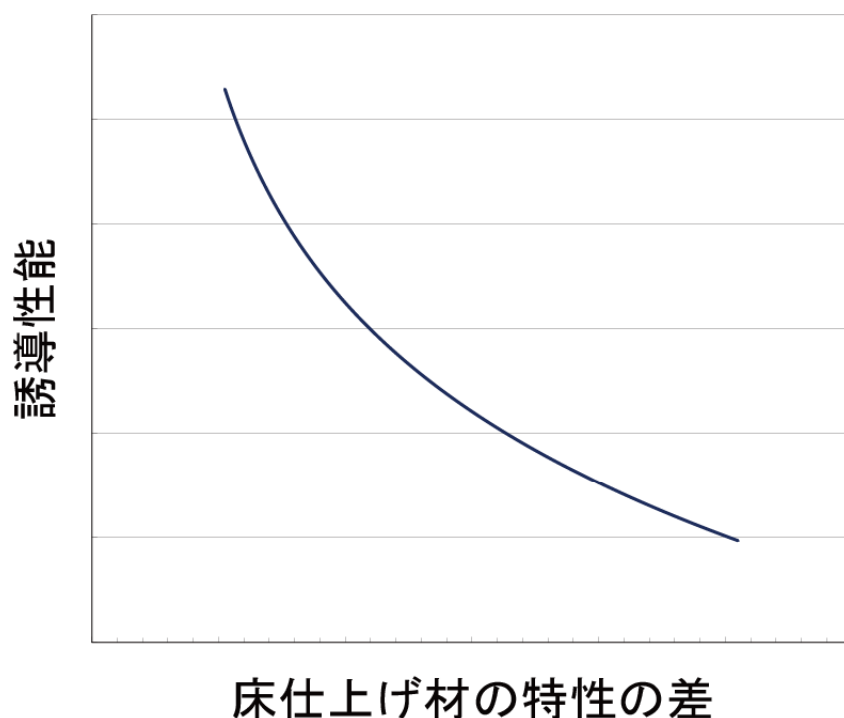
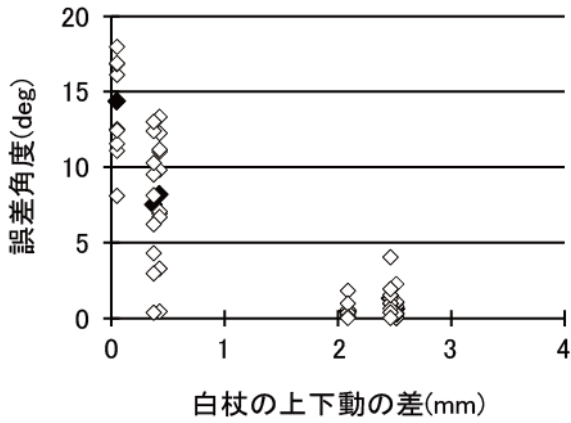
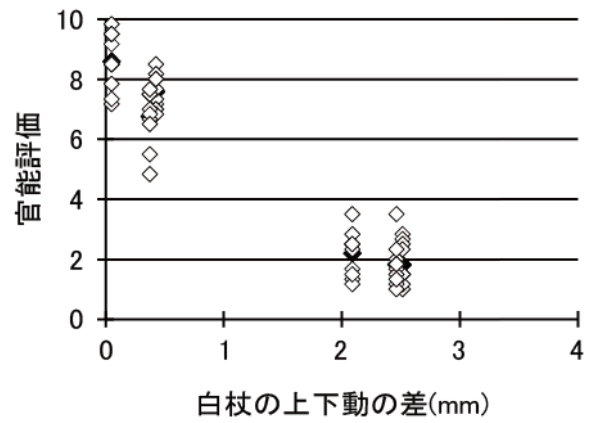


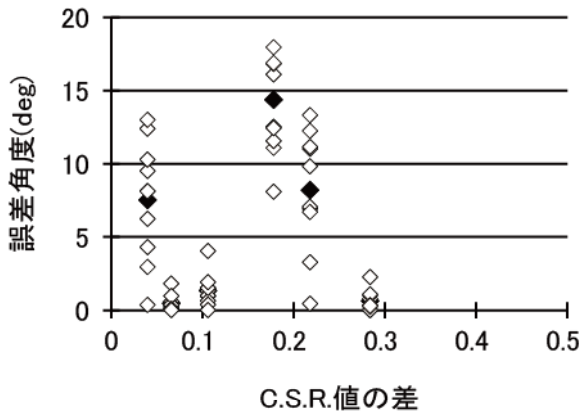
図 6-3-3-1 仮説



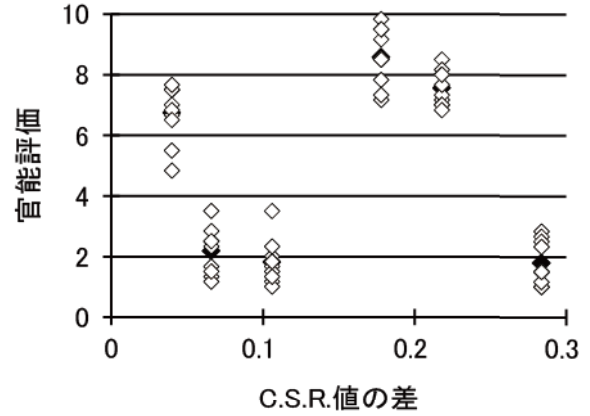
(1) 誤差角度と白杖の上下動の関係



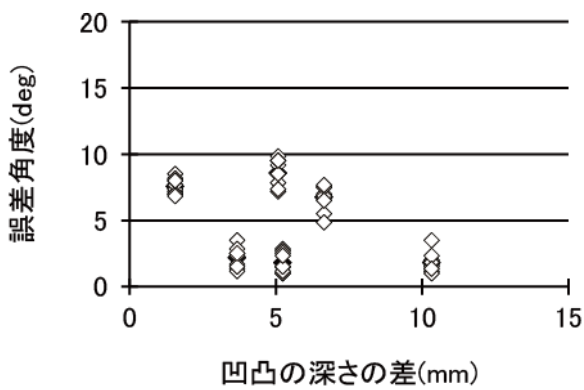
(2) 官能評価と白杖の上下動の関係



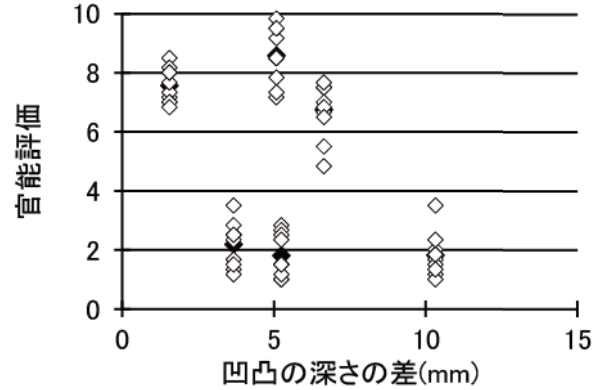
(3) 誤差角度と C.S.R. 値の関係



(4) 官能評価と C.S.R. 値の関係



(5) 誤差角度と凹凸の深さの関係



(6) 官能評価と凹凸の深さの関係

図 6-3-3-2 予備実験結果

6-3-4 予備実験の小括

予備実験の目的は、本実験で使用する床仕上げ材の選定である。今回実験の結果から誘導性能と白杖の振動（白杖の上下動）との間に仮説で立てたような関係性が見られた。そこで本実験においては、白杖の上下動に着目して、新たに床仕上げ材 4 種類を選定することとした。今回の予備実験の床仕上げ材の組み合わせでは、白杖の上下動が 0.5mm～2mm の区間の組み合わせがないため、その間の回帰式を十分な精度を持って立てることができない。このため本実験では白杖の上下動の差の数値が均等に広がるように、床仕上げ材を選択することにした。

6-4 本実験

6-4-1 目的と実験方法

本実験では、普段から白杖を用い単独歩行をおこなっている視覚障害者 7 名を対象に前述の方法と装置を用いて評価を行った。

本実験で用いる床仕上げ材は、予備実験の結果を踏まえ、白杖の上下動に着目し、以下の床仕上げ材を選定した。また今回は床仕上げ材の素材を御影石に統一して、表面加工のみ変えた床仕上げ材を用いることとした。床仕上げ材の選定の際には、表面加工の異なる御影石 7 種類の中から、最も白杖の上下動の差の値が等間隔にばらつく 4 種類を選定した（松下産業 TS 磨き加工 以下『A』、松下産業 TS アンティーク加工以下『B』、松下産業 TS バーナー加工以下『C』、松下産業 TS 小叩き加工 以下『D』）（図 6-4-1-1）。

また、官能評価については 10 段階で評価をしてもらうが、「実際にこの床仕上げ材の組み合わせが施設に敷設されていた場合、使用しても良いと考える組み合わせ」を基準として回答してもらった。

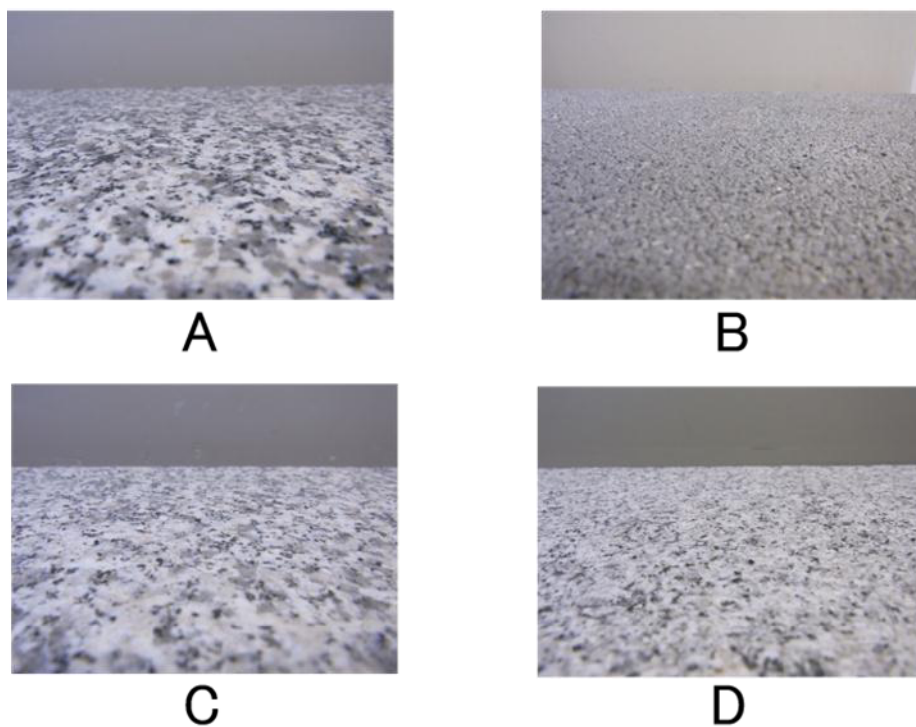
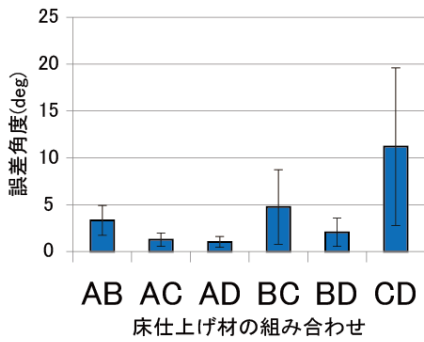


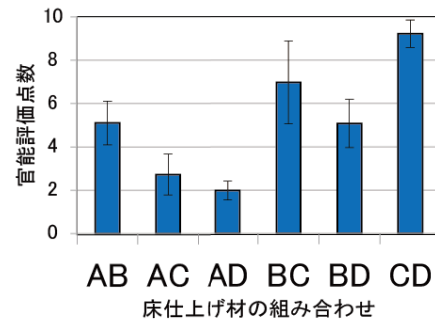
図 6-4-1-1 実験に用いた床仕上げ材

6-4-2 各測定の結果

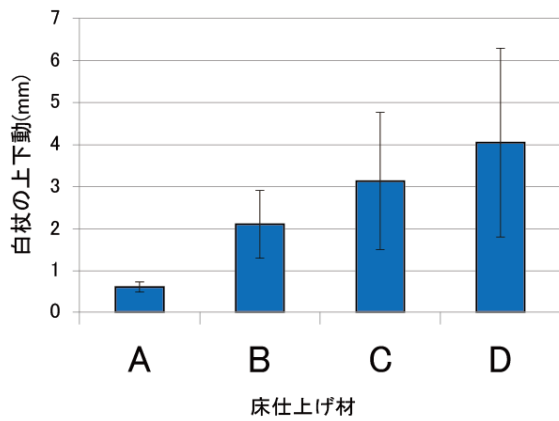
本実験では、誘導性の評価として、誤差角度の測定と官能評価を行った。床仕上げ材の特性の評価は、白杖の振動、C.S.R.値、表面凹凸形状を測定した。その結果を図 6-4-2-1 に示す。



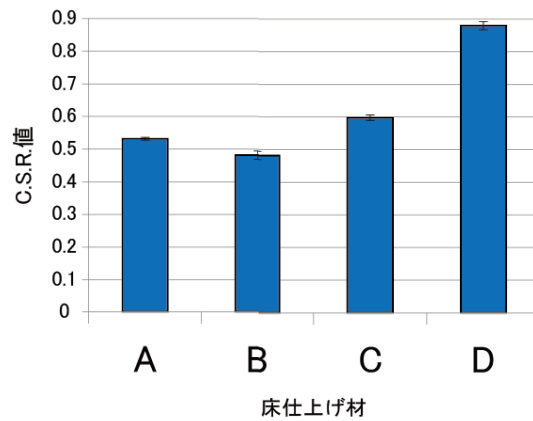
(1) 誤差角度



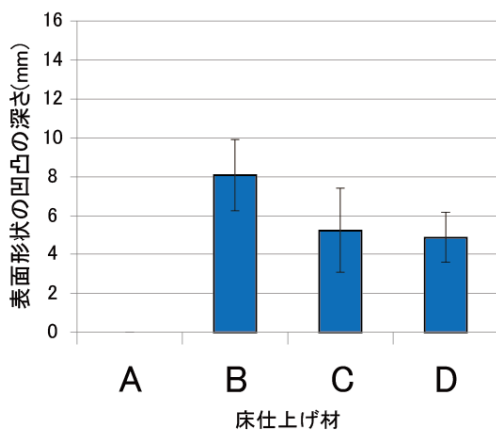
(2) 官能評価



(3) 白杖の上下動



(4) C.S.R.値



(5) 表面形状の凹凸の深さ

図 6-4-2-1 本実験結果

6-4-3 誘導性能と床仕上げ材の特性との関係の検討

誘導性能（誤差角度，官能評価）と床仕上げ材の特性（白杖の振動，C.S.R.値，表面凹凸形状）の関係に関する仮説（図 6-4-3-1）と結果（図 6-4-3-2）に示す．横軸は床仕上げ材の特性に関する項目を表し，縦軸は誘導性能に関する項目を表す．縦軸の誘導性能（誤差角度，官能評価）は，値が大きくなれば誘導性能が低いことを示し，値が小さくなれば誘導性能が高いことを意味する．横軸の床仕上げ材の特性の値に関しては，2 種類の床仕上げ材を組み合わせた時の「差」の値とした．結果の図 6-4-3-2 は◆は被験者 7 名分の平均値を表示し，◇は被験者個人の値を表示した．

床仕上げ材の特性の項目との間に関係が見られた場合は，図 6-4-3-1 のような負の値をとらない曲線回帰式で表すことができるという予備実験と同様の仮説を立てた．なお予備実験の結果より，白杖の上下動の項目には，図 6-4-3-1 のような曲線回帰式が当てはまると考え，他の 2 項目（C.S.R.値と表面形状の凹凸の深さ）には，誘導性能との関連性がなく曲線回帰式が当てはまらないと予想した．本実験の結果，誘導性能と白杖の上下動の間には，仮説で立てた曲線回帰式に当てはまる関係があることが示唆された．このため回帰分析を実施し，曲線回帰式を立てることとした．また誘導性能と C.S.R.値，誘導性能と表面形状の凹凸の深さの間には，予備実験と同様に関係性が見られなかった．

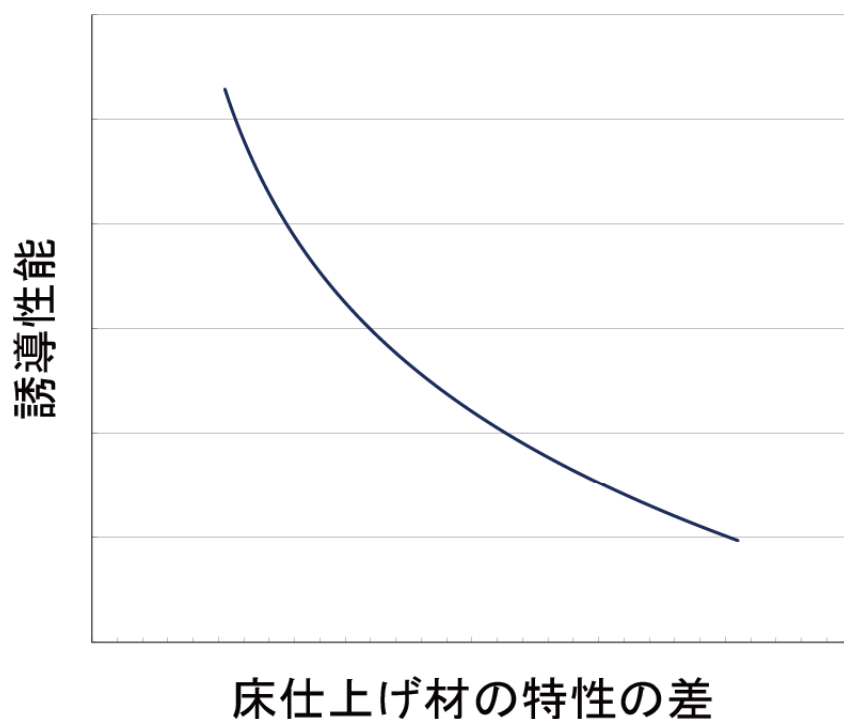
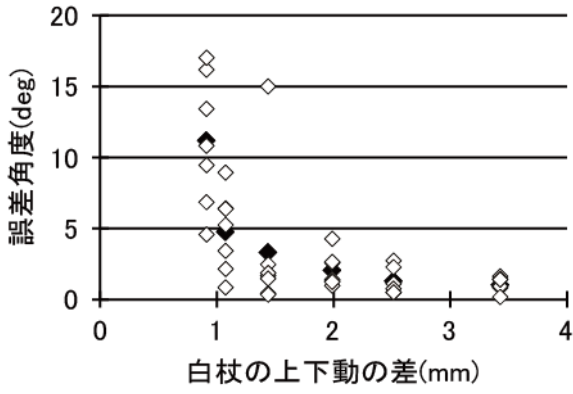
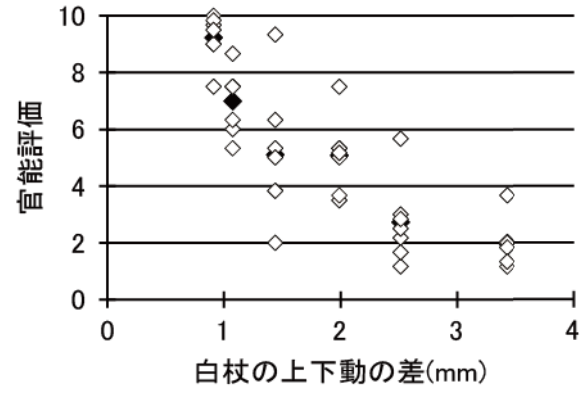


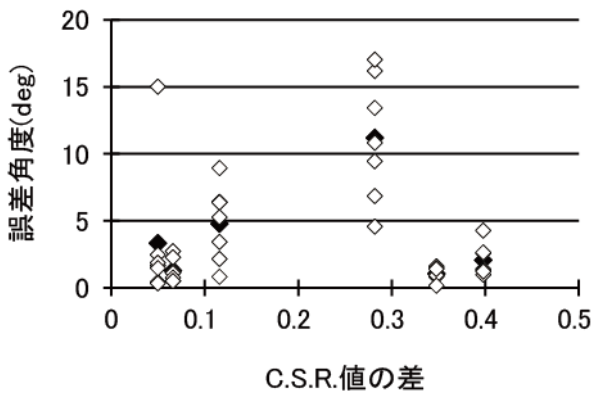
図 6-4-3-1 仮説



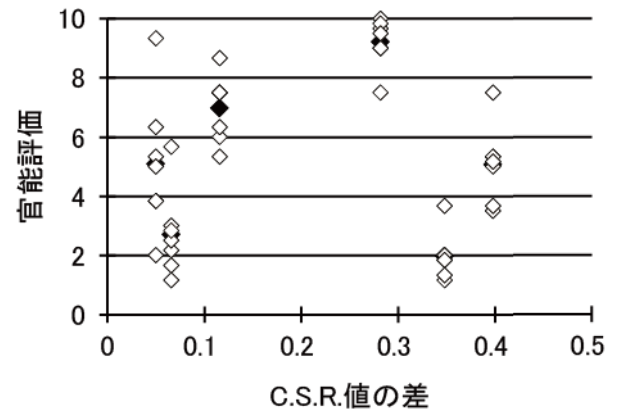
(1) 誤差角度と白杖の上下動の関係



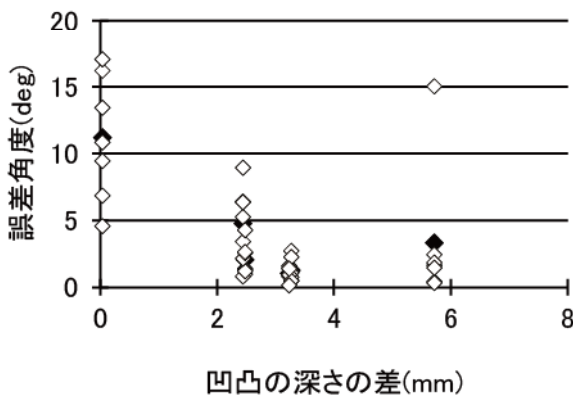
(2) 官能評価と白杖の上下動の関係



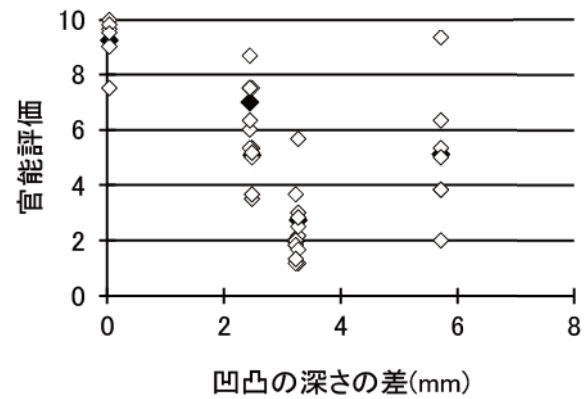
(3) 誤差角度と C.S.R. 値の関係



(4) 官能評価と C.S.R. 値の関係



(5) 誤差角度と凹凸の深さの関係



(6) 官能評価と凹凸の深さの関係

図 6-4-3-2 本実験結果

6-4-4 白杖の上下動の曲線回帰式の検討

床仕上げ材の特徴とした白杖の上下動，C.S.R.値，表面の凹凸形状の計測結果を独立変数とし，誘導性能実験で得られた性能を従属変数として回帰分析を行った．回帰分析には，R ver2.13を用いて，表6-4-4-1のような3種類のモデルによって，そのモデルを赤池情報量規準を用いて評価した．なお，この指標が小さいほうが良いモデルと考える．その結果，漸近指数モデルが最も良い結果となった．

表 6-4-4-1 モデルの検討

曲線モデル式名	数式	赤池評価指標
累乗モデル(青)	$Y = 4379.2462 X^{-2.7374}$	219.3056
指数モデル(緑)	$Y = 3.7991 \times 1.0018^x$	252.1467
漸近指数モデル(赤)	$Y = 2371.5483 \times 0.54510692^x + 1.735$	218.7286

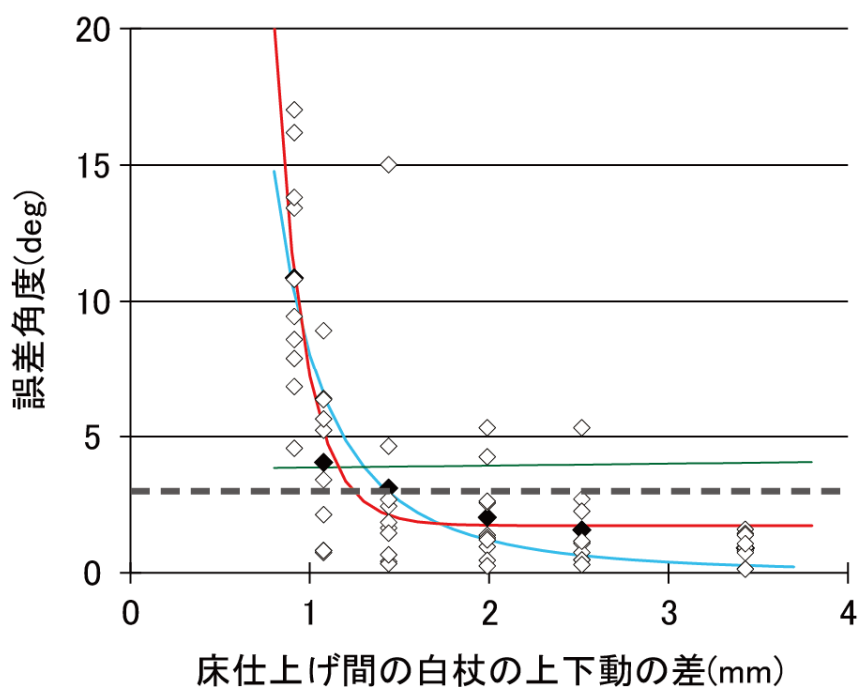


図 6-4-4-1 曲線回帰式の検討

6-5 考察

本実験の結果から、誘導性能と白杖の上下動との間には、仮説で立てた曲線回帰式に当てはまる関係があることが示唆された。このため回帰分析を実施し、曲線回帰式を立てた。また誘導性能と C.S.R. 値、誘導性能と表面形状の凹凸の深さの間には、予備実験と同様に関係性が見られなかった。

6-5-1 誘導性と白杖の上下動

本実験の結果から誘導性と白杖の振動で着目した白杖の上下動との間に仮説で立てた曲線回帰式に当てはまる関係があることが示唆された。これは、感触の異なる床仕上げ材間の違いを、白杖をスライドさせることで生じる白杖の上下動の大きさによってそれを識別できることを示している。

そこで、床仕上げ材の選定に必要な指標を算出した。

視覚障害の歩行を歩行速度 1m/s、歩行周期 2step/s、歩行時の白杖の振り幅を 0.5m と仮定すると、正しい進行方向に対し誤差角度 3 度以上の状況で 5 秒間歩行すると境界部を見失い再び境界部を探すことが難しくなる。このことと本実験から得られた結果（図 6-4-4-1）から、白杖の上下動の差が 1.4mm 以上となる床仕上げ材の組み合わせを選定することが妥当であると考えられる。また官能評価からも 1.4mm 以上あれば実際にこの床仕上げ材の組み合わせが施設に敷設されていた場合、使用しても良いと考える組み合わせとの回答があることからこの値が妥当と考える。

6-5-2 誘導性能と C.S.R. 値

本実験の結果から、誘導性能と C.S.R. 値の間では予備実験と同様に関係性が見られなかった。この結果は、横山ら⁹³⁾の先行研究の結果とも一致している。これは、C.S.R. 値は、元々ヒトが歩行時の滑りやすさを評価する指標として開発されたものであり、その計測では床面に接するすべり片は 30 cm 四方の靴底の形状であり、荷重量は 20kg である。一方、白杖の先端は、1cm 四方程度しか床面に触れることはなく、荷重量は約 0.2~0.3kg と大きく異なることから、C.S.R. 値では、白杖の滑りやすさを表現することが難しいと考えられた。このことから、C.S.R. 値と誘導性能とは白杖では関連性が見られなかったと考えた。

2 種類以上の床仕上げ材を敷設する場合には、つまずきの観点から C.S.R. 値の差を 0.2 以下とするようにガイドライン¹⁰⁰⁾などで示されている。本実験で誘導性と C.S.R. 値に関係性がないことが確認されたことから、法令で求められている範囲内の C.S.R. 値で床仕上げ材を選定しても視覚障害者への情報提示には、問題がないと考える。

6-5-3 誘導性能と表面凹凸形状

本実験の結果から、誘導性能と表面形状で着目した凹凸形状の深さとは、関係性が認められなかった。これは、今回は白杖を床仕上げ材の表面をスライドさせることで表面の凹凸形状を測定することとした。そのため白杖が凹凸に引っかからないと白杖からの刺激を得ることができない。今回の測定では、白杖が引っかかる部分だけでなく刺激を得ない部分も評価の対象となったため、刺激を得る部分が少ないことから、仮定したほどの結果が得られなかったと考えている。

6-6 小括

本章は、感触の異なる床仕上げ材による誘導性能を実験により客観的・定量的に評価し、識別するための床仕上げ材間の組み合わせの関係性を明らかにすることを目的とした。そこで疑似路面を作成し、被験者に提示し誘導性能と床仕上げ材の特性を測定する実験を行った。

その結果、白杖を床仕上げ材表面をスライドさせたときに生じる白杖の上下動と誘導性能との間に関係があることが明らかになった。そこで白杖の上下動と誘導性との関係性を非線形回帰式で表した。更に、視覚障害者を誘導することを目的とした感触の異なる床仕上げ材を選定する際には、2種類の床仕上げ材間の白杖の上下動の差が1.4mm以上必要であるという指標を導いた。

本章では、白杖を床仕上げ材の表面をスライドさせる方法で実験を行ったが、実環境においては、視覚障害者は様々な白杖の使い方をして情報を取得している。そのため、今後はこのような白杖の様々な使い方についても評価する必要があると考えている。また、本章では白杖の上下動が床仕上げ材の選定の指標となると結論付けたが、実際の設計場面を考えると、更に簡便な方法で選定できる指標も検討する必要があると考えている。

第7章 考察

7-1 足底のみでの識別容易性の評価

7-2 白杖を用いた識別容易性の評価

7-3 視覚障害者への情報提示の可能性

本章では、これまでの一連の実験研究について、足底のみでの識別容易性の評価、白杖を用いた識別容易性の評価と視覚障害者への情報提示の可能性の3つについて考察を行った。足底のみでの識別容易性について、晴眼者と視覚障害者の歩容から考察を行い、踏み込んだ時の足底に伝わる感触と遊脚後期に踵を擦ることなど複数の刺激を受けることでより正確に弾性差や摩擦差という床仕上げ材間の物理的特性の違いを識別できると結論付けた。白杖を用いた識別容易性については、白杖の上下動と誘導性能の関係式からこれまでの実験で使用してきた素材についても考察を行い、これまでの研究で高い正答率で識別できた床仕上げ材の組み合わせは白杖の上下動の差が1.4mm以上あると推測した。

これら一連の実験研究から誘導用ブロックのような特別な設備でなく一般的に屋内空間でよく用いられている床仕上げ材の物理特性の違いの組み合わせで視覚障害者への歩行空間の情報提示の可能性が示唆され、今後の超高齢社会におけるユニバーサルデザインを実現するための一手法と位置付けた。

7-1 足底のみでの識別容易性の評価

近年、床仕上げ材の感触の違いに着目した、視覚障害者への情報提示を試みる事例も増えてきている。しかし、これらについてヒトが歩行中にどの程度正確にそれを識別できるか評価されていなかった。

そこで一連の本実験研究では、ヒトが歩行中に感触の異なる床仕上げ材間の違いをどの程度正確に識別できるか客観的・定量的に評価してきた。

そこで、まず床仕上げ材間の弾性差に着目し、若年晴眼者を対象に建築物で一般的によく用いられる床材により歩行路を作成し実験を行った。その結果、本実験で用いたタイルカーペットと磁器タイルのような、ある一定以上の弾性差があれば、ヒトは歩行中に誘導用ブロックと同等に識別できることが確認された。更に、床仕上げ材間の摩擦差に着目し、若年晴眼者を対象に同様の実験を行った。その結果、歩行時に遊脚後期に踵を擦る歩容を取ることで、御影石の磨き仕上げ（摩擦小）とバーナー仕上げ（摩擦大）のようなある程度の摩擦差がある組み合わせであれば、ヒトは歩行中に誘導用ブロックと同等に識別でき

ることが確認された。

同様の実験を、視覚障害者を対象に行った。その結果、晴眼者より高い正答率で識別できることが確認された。更にこの実験では、これまで評価されてこなかった素材が切り替わる境界部を超えてから識別して停止するまでの距離を測定した。その結果、従来の誘導用ブロックと同等の距離で停止できることが確認された。しかし、足底のみの情報では停止するまでの距離が屋内で利用するには長すぎることを懸念された。

これまでの実験研究は、足底のみで感触の異なる床仕上げ材間の違いをヒトが歩行中にどの程度正確に識別できるかを評価するため、白杖は用いてこなかった。そこで実環境に適用するために実際の視覚障害者が単独歩行時に一般的によく使われる白杖を用い同様の実験を行った。その結果、白杖を用いることでより正確に、より短い距離で停止できることが確認された。

これまでの一連の実験研究は、感触の異なる床仕上げ材に踏み込んでその違いをどの程度正確に識別できるかを評価してきたが、第 6 章では、感触の異なる床仕上げ材間に沿って歩行できるかという誘導性能についての評価を行った。そこで床仕上げ材の表面凹凸形状に着目し、識別するための床仕上げ材の組み合わせの関係を実験的に導き出した。その結果、白杖の上下動と誘導性能の間に当てはまる曲線回帰式を導くことができた。その関係性から、白杖の上下動が 1.4mm 以上となる床仕上げ材の組み合わせであれば誘導性を確保することが示された。

以下に、これまでの一連の実験研究を踏まえ考察を行う。

これまでの実験で用いた床仕上げ材の摩擦係数をよく見ると、バーナーとカーペットの摩擦係数が近似していたことから、遊脚後期に踵を擦る歩容をとる正答率の高いものの群はミガキとカーペットも同様に高い正答率で識別できていると考えた。そこで個人のデータに着目したところ摩擦差の識別率が高い者、即ち、遊脚後期に踵を擦る歩容をとる者は、踵を擦らない者より約 1 割程度高い正答率でミガキとカーペットを識別できていることが確認された。また、日常的に路面からの刺激を歩行の手掛かりにしている視覚障害者を対象とした同様の実験を行った結果、彼らは遊脚後期に踵を擦る歩容をとる者らと同等の高い正答率で識別できていた。視覚障害者は、日頃の歩行時の経験や歩行訓練から路面の情報を取得するためにすり足となっていることが知られており¹¹⁾、このような路面情報を積極的に取得する歩容をとることで弾性差や摩擦差という物理的な特性の異なる床仕上げ材間の違いを識別できると考えられる。このことは、岩田ら⁹²⁾の若年晴眼者を対象とした研究においてすり足で歩行することで床仕上げ材の違いを識別しやすいことを報告しており、そのメカニズムが本研究によって明らかにすることができた。

更に、実験時の歩行にはすり足とならないように教示した弾性差に着目した第 2 章の実験では、誘導用ブロックとその他の床仕上げ材の組み合わせにおいて必ずしも正答率が 100%ではなかった。しかし、実験中の歩容について普段と同じとするように教示した視覚障害者を対象とした第 4 章の実験では、誘導用ブロックとその他の床仕上げ材の組み合わせにおいて 100%の正答率で識別できた。これらのことから、単純に踏み込んだだけではその違いを識別することが難しい組み合わせでも、踏み込んだ際の床面から伝わる硬さ

(弾性)の違いと踵を擦ることで床表面の滑りにくさ(摩擦)という足底への複数の刺激により弾性差や摩擦差という床仕上げ材間の物理的な特性の違いを識別できると考えられる。また、第4章の実験から、晴眼者より視覚障害者の方が高い正答率で識別できることが確認された。視覚障害者は晴眼者より耳が良いから聴覚情報を得やすいとよく聞くが、ヒトの可聴能力は視覚障害者であっても晴眼者であっても変わらない。これと同様に視覚障害者だからと言って足底の受容器の能力が高い訳ではない。晴眼者は、普段の歩行時には聴覚情報や足底から伝わる感触などの情報を意識化する必要がないが、一方で視覚情報を得にくい視覚障害者は、これら聴覚情報や足底からの刺激である触覚情報を歩行時に意識化するため、視覚障害者は晴眼者より高い正答率で識別できると考えている。このことは、太田の研究⁴³⁾によると全盲の児童に通学経路を描かせたところ、マンホールを他の事物よりも大きく描いている。これは、晴眼者はマンホールなどどこにあるか意識しないが、この児童にとってマンホールというアスファルト舗装との感触の違いを強く意識していることがわかる。このことは、晴眼者では意識しないような情報を如何に強く意識レベルに引き上げているかが窺える。

以上のことから、磁器タイルとカーペット、表面を磨いた御影石・表面をバーナーで荒らした御影石とカーペットのような弾性差や表面を磨いた御影石と表面をバーナーで荒らした御影石、表面を磨いた御影石とカーペットのような摩擦差があれば、人は歩行中に足底のみでも従来の誘導用ブロックと同程度に識別することができ、感触の異なる床仕上げ材による視覚障害者への情報提示の可能性が示唆されるものである。

本研究では、摩擦差の識別に関するメカニズムは明らかにしたが、今後は、ヒトが歩行中にどのようなメカニズムで、足底で路面の情報を取得しているかを明らかにしていくことも重要なことと考えている。

7-2 白杖を用いた識別容易性の評価

西川らは⁴⁹⁾、屋内での行動観察より視覚障害者の歩行では白杖から得られる情報の重要性を報告しているが、例えば誘導用ブロックの検知性を高めるためには、三谷ら⁷²⁾や蓑手らは⁷³⁾、誘導用ブロックの周囲を平滑な素材とすることが必要と結論付けている。このことから表面を磨いた御影石という表面が平滑な床仕上げ材に対し、表面をバーナーで荒らした御影石やカーペットはいずれも表面が平滑ではなく摩擦係数も大きいことからこの対比の大きさが白杖での識別を容易にしていると考えられる。

また、松田ら⁴⁰⁾の研究によると障害を受障してからの経過年数が短い者や歩行時に大きな失敗を経験した者は、スライドテクニックに依存する傾向が高いことが報告されている。更に、人見らの⁶³⁾研究によると床や地面、誘導用ブロックや異なる素材を識別する時はスライドテクニックを用いていることを報告している。第5章の実験では、白杖の使い方を普段通りと教示しているが、実験の性質から多くの被験者は、スライドテクニックを用い

ていた。これらのことからスライドテクニックを用いることで感触の異なる床仕上げ材間の違いをより識別を容易にしていると考えられる。そして足底のみではその停止距離が屋内で利用するには長すぎるのが懸念されたが、白杖を用いることで末梢神経障害を有する中途視覚障害者でも従来の誘導用ブロックと同等に識別でき、停止することができることを確認した。

また、第6章の実験で得られた知見からこれまでの一連の実験研究に用いてきた床仕上げ材の組み合わせによる白杖の上下動の差を考察する。表面を磨いた御影石（ミガキ）と表面をバーナーで荒らした御影石（バーナー）の組み合わせを図6-4-2-1で見るとその差は約2.5mmとなり、識別しやすく誘導性能を確保するためには白杖の上下動の差が1.4mm以上必要としていることから、これまでの一連の実験研究に用いてきたミガキとバーナーの組み合わせは誘導性能も十分に確保された識別性の高い組み合わせであることがわかった。また、ミガキとカーペットもミガキとバーナー同様識別性が高いことからこの組み合わせも白杖の上下動が1.4mm以上あると推測でき、これらの組み合わせも誘導性能の優れた組み合わせであると考えられる。

これらのことから、感触の異なる床仕上げ材による視覚障害者への歩行時の情報提示の可能性が示唆された。

横山ら⁹³⁾の研究によると、床仕上げ材の滑り（C.S.R.値）の違いは白杖では識別がしにくく、足底の方が識別しやすいと結論付けている。また第6章の誘導性能の評価実験においてもC.S.R.値と白杖による誘導性には関係がないことを明らかにしており、横山らのその研究結果と一致している。しかし、前述のとおり白杖を用いることでミガキとカーペット、ミガキとバーナーのように摩擦係数の差が大きい床仕上げ材の組み合わせは、高い正当率と短い距離で識別できることを明らかにした。これらのことから床材の表面の滑りの違いによる床仕上げ材間の識別容易性を評価する指標としては、滑り抵抗値（C.S.R.値）ではなく、摩擦係数の方が適していると考えられる。

横山らの先行研究では⁹³⁾、弾性差の違いは、白杖よりも足底のほうが識別しやすいと報告している。また、第6章の実験や横山ら⁹³⁾の実験方法が白杖を床仕上げ材表面にスライドさせることで評価してきた。そのため弾性差を評価しにくかった可能性が考えられる。そこで第2章で弾性を評価するために有効としたGB係数と更に前述したように摩擦係数及び白杖の上下動との関係性を明らかにすることが今後必要であると考えている。

7-3 視覚障害者への情報提示の可能性

これまでの一連の実験研究から、本研究で用いたような、ある一定以上の弾性差や摩擦差、即ち白杖をスライドさせた時に1.4mm以上の上下動差を持つ床仕上げ材の組み合わせであれば、従来の誘導用ブロックの形状からくる問題を解消し、視覚障害者に歩行時の情報提示ができる可能性を示唆したものである。

三浦らの研究⁹¹⁾によると、床材のコントラストを用いた床計画が視覚障害者の歩行の手掛かりに有効であることが明らかにされた。しかし、この実験では従来の誘導用ブロックの突起の高さと同じ5mmの凸状の床材を提示している。久下ら⁸¹⁾の研究によると高齢者のつまずき防止を考慮すると床面の突起は2mm以下とすることが望ましいとしている。このようなことから、それを必要としない人にとってバリアになる可能性がある突起状のものではなく、一連の本実験研究で評価してきた床仕上げ材間の感触の違いを十分確保した床材の組み合わせとすることで床面のコントラストを確保した床面計画が実現でき、視覚障害者への歩行空間提示が可能となる。更に、一連の実験から、屋内空間において一般的によく用いられる表面を磨いた御影石と表面をバーナーで荒らした御影石を組み合わせることや石や磁器タイルとカーペットを組み合わせるデザイン手法で視覚障害者への歩行空間提示の可能性を明らかにしたことは大変意義深く、このことは、これまでのような単なる装飾としての床デザインではなく、床仕上げ材の感触の違いという床のデザインによって誘導や注意喚起などの情報を必要とする人にさりげなく提供するという機能を付加することができ、新たなデザインの可能性が期待できる。人見らは⁶³⁾、視覚障害者の歩行様態と白杖の使い方を詳細に分析する中で、また野村らは⁶²⁾、国内外の盲学校や視覚障害者福祉施設の調査、歩行訓練しなどや行政担当者へのヒアリング及びアンケート調査によりこれまでのバリアフリーデザインではない、新たなユニバーサルデザインの可能性を提唱している。我々の一連の実験研究で得られた知見は、これこそがユニバーサルデザインを実現するための一手法と考えている。

今後この手法を広く実環境に適応していくためには、従来の誘導用ブロックのような社会的なルール、コンセンサスづくりや実際に利用する当事者への周知などが必要となり、これらが今後の課題である。

第 8 章 結論

誘導用ブロックは、視覚障害者の単独歩行を支援することを目的として開発され、その有用性から世界各国に広く普及している。国内でもバリアフリー法を初めとする法令により敷設が急速に進んでいる。しかし、従来の誘導用ブロックは、その形状からそれを必要としない人にとってはバリアになっているのも事実であり、法律などで義務付けられている最低限の場所にしか敷設されていないのが現状である。そこで近年では、床仕上げ材の感触の違いにより、視覚障害者への情報提示を試みる事例も増えてきている。しかし、これらについてヒトが歩行中にどの程度正確に識別できるか定量的に評価されていなかった。また、我が国は、世界にも類を見ない速さで高齢化が進んでおり、ユニバーサルデザインの観点からも、誘導用ブロックの持つ問題点を補完する突起によらない情報提示方法へのニーズは高まっており、実用へ向けた検証の必要性が生じている。

そこで本研究は、ヒトが歩行中に感触の異なる床仕上げ材間の違いをどの程度正確に識別できるか客観的・定量的に評価することを目的とした。

そしてこれらを明らかにすることでこれまでのような単なる装飾としての床デザインではなく、床の感触の違いという床のデザインによって誘導や注意喚起などの情報を付加することができ、それらを必要とする人にさりげなく提供することが可能となる。これらのことは、新たなデザインの可能性を期待できるものである。そこで以下の実験を行った。

まず、感触の異なる床仕上げ材間の弾性差に着目し、建築物で一般的に使われている 3 種類の素材と比較対象として誘導用ブロックを用いテストピースを作成し、そのうちの 2 種類を前後にランダムに組み合わせた歩行路を、視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者に提示し、それらの識別容易性の評価を行った。

次に、感触の異なる床仕上げ材間の摩擦差に着目し、建築物で一般的に使われている 3 種類の素材を用い、前述と同様の方法で視覚情報及び聴覚情報を遮蔽した晴眼の被験者に提示し、それらの識別容易性の評価を行った。

更に、これまでは若年晴眼者を対象としてきたが、これらの手法を実際に利用する全盲の視覚障害者を対象に同様の実験を行い正答率と更に識別してから停止するまでの距離を測定し、それらの識別容易性の評価を行った。

そして、これまではヒトが歩行中に足底のみで感触の異なる床仕上げ材間の違いをどの程度識別できるかを評価してきたため視覚障害者が普段歩行時に用いている白杖を使うことを禁止してきた。しかし第 4 章の実験結果から、足底のみでは屋内で利用するには停止するまでの距離が長すぎるということが懸念された。そこで視覚障害者が単独歩行時に一般的に使われる白杖を用い、足底と白杖から伝わる刺激によりどの程度正確に識別できるかを、全盲の視覚障害者を対象にこれまでと同様の実験を行い、正答率と識別してから停止するまでの距離を測定し、それらの識別容易性の評価を行った。第 4 章、第 5 章で実験にこれまでの研究に協力をいただいた被験者は、視覚に障害を持ってからの年数が長い者が多かった。しかし、近年では糖尿病性網膜症により中途失明する者が増加の傾向にあり、それ

らの者の中には末梢神経障害を併発している者も多い。そこで手足の感覚が衰えている末梢神経障害を有する視覚障害者を対象に同様の追実験を行い、正答率と更に識別してから停止するまでの距離を測定し、それらの識別容易性の評価を行った。

これまでの研究では感触の異なる床仕上げ材間の違いをヒトが歩行中にどの程度正確に識別できるかを評価してきた。第6章では、感触の異なる床仕上げ材による誘導性能とその床仕上げ材の組み合わせの関係性を明らかにすることを目的とした。そこで疑似路面を作成し、被験者に提示し誘導性と床仕上げ材の特徴を測定する実験を行い、誘導性に適した床仕上げ材の組み合わせの関係性を導きだした。

これらの一連の実験研究の結果から、本研究で用いた程度の床仕上げ材間の弾性差や摩擦差がある組み合わせであれば、ヒトは歩行中にそれらの感触の異なる床仕上げ材間の違いを足底のみの刺激でも従来の誘導用ブロックと同等に識別でき、更に従来の誘導用ブロックと同等の距離で停止できることが確認された。そして、踏み込んだ際の足底への刺激と遊脚後期に踵を床面に擦ることでより正確に識別でき、より短い距離で停止できることがわかった。

また、白杖を用いることで末梢神経障害を有する視覚障害者であっても正確に識別でき、より短い距離で停止することができ、白杖のみで足がその境界部を踏み込む前に識別し停止できることも確認された。これらのことから、白杖を用いることで本手法を屋内でも十分利用できることが確認された。

そして更に、白杖を床仕上げ材表面でスライドさせた時の上下動の差が1.4mm以上ある床仕上げ材の組み合わせであれば誘導にも有効であることが示された。

以上のことから、感触の異なる床仕上げ材の違いによる視覚障害者への歩行空間の情報提示が可能となることが示唆された。

このことにより本手法は、従来の誘導用ブロックの形状から来る問題点を解消し、ユニバーサルデザインの考え方を実現する社会を形成するための一手法となることが期待される。

参考文献

- 1) 岩橋英：白浪に向いて:三宅精一を語る，安全交通試験研究センター，1983
- 2) 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，日本工業標準調査会，2001
- 3) ISO23599 Assistive products for blind and vision-impaired persons — Tactile walking surface, indicators International Organization for Standardization, 2012
- 4) 点字図書館編：朝起きてから夜寝るまでの不便さ調査，視覚障害者アンケート調査報告書，日本点字図書館，1993
- 5) E&C プロジェクト：車いす使用者の日常生活の不便さに関する調査報告書，(財)協用品推進機構，1998
- 6) 近藤敏，宮前珠子，堤文生：在宅高齢者の転倒と転倒恐怖，OT ジャーナル 33, pp.839-pp844, 1999
- 7) 津田美知子：歩行者の道 1 マイナスのデザイン，技報堂出版，2002
- 8) 小林吉之，高嶋孝倫，林美恵子，藤本浩志：視覚障害者誘導用ブロックが晴眼者の歩行に与える影響に関する研究，日本機械学会論文集 C 編，69(681), pp86-pp92, 2003
- 9) Yoshiyuki KOBAYASHI, Takamichi TAKASHIMA, Mieko HAYASHI, Hiroshi FUJIMOTO : Gait Analysis of People Walking on Tactile Ground Surface Indicators, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 13(1)pp53-pp59, 2005
- 10) 小林吉之，嶺也守寛，高嶋孝倫，藤本浩志：視覚障害者誘導用ブロックが高齢晴眼者の歩行に与える影響に関する研究，日本機械学会論文集 C 編，72 (720), pp2574-pp2579, 2006
- 11) 佐々木正人共著：アフォーダンスと行為 III章ナビゲーションと遮蔽，金子書房，2001
- 12) 原 利明：超高齢化社会に配慮した空間設計に関する事例報告—ロービジョン者にフォーカスを当てた柏瀬眼科の取り組みを通して，第7回交通バリアフリー・シンポジウム論文集，pp33-pp38, 2008
- 13) 佐藤泰正編：視覚障害学入門，学芸図書，1997
- 14) 日本ロービジョン学会編：ロービジョン関連用語ガイドライン，日本ロービジョン学会，<http://www.jslrr.org/page/guideline>, 2012
- 15) 厚生労働省：身体障害者福祉法 施行規則 別表第5号，厚生省令第15号，1950
- 16) 井上賢治，柏瀬光寿，柳原崇男，松田雄二，原利明，間瀬樹省，桑波田謙，石井美紀，南雲幹，石井祐子，千葉マリ，秋山哲男：ロービジョン者の都市・建築空間の移動における歩行パフォーマンス調査，日本ロービジョン学会誌，pp73-pp76 2013

- 17) 厚生労働省難治性疾患克服研究事業：「網膜脈絡膜・視神経委縮症に関する研究」平成 17 年度研究報告書，厚生労働省， 2005
- 18) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部：平成 18 年度身体障害児・者実態調査報告書，厚生労働省， 2006
- 19) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部：平成 13 年度身体障害児・者実態調査報告書，厚生労働省， 2001
- 20) 臨床歩行分析研究会編：関節モーメントによる歩行分析，医師薬出版， pp44-pp207， 1997
- 21) 道路交通法 14 条 第 1 項，法律第 105 号， 1960
- 22) 田内雅規，大倉元宏：視覚障害者支援技術の現状と問題点：単独歩行について，計測と制御 34 (2)， pp140-pp146， 1994
- 23) 田中一郎，大倉元宏，清水学，村上琢磨：Direction Judgment of Blind Travelers in Straight Walking under Controlled Environment，国立身体障害者リハビリテーションセンター研究紀要， 1988
- 24) 津田美知子：視覚障害者が街を歩くとき，都市文化社， 1999
- 25) 伊福部達：音の福祉工学，コロナ社， 1997
- 26) 永松義博：視覚障害者の外出行動における歩行行動特性に関する研究，日本造園学会研究発表論文集， pp78-pp80 ， 1983
- 27) 原利明，葭原滋男：視覚とユニバーサルデザイン，ベース設計資料建築編 NO.119，建設工業調査会， pp59-pp63， 2003
- 28) 高齢者・障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律，国土交通省， 2006
- 29) 高齢者・身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律，国土交通省， 2000
- 30) 高齢者・身体障害者等の円滑に利用できる特定建築物の建築の促進に関する法律，国土交通省， 1993
- 31) ユニバーサルデザイン政策大綱，国土交通省， 2005
- 32) 田中直人，岩田三千子：視覚障害者誘導ブロックに関する敷設者と利用者の意識からみた現状と課題，日本建築学会計画系論文集 502， pp179-pp186， 1997
- 33) 原利明：平成 25 年度専門課程建築計画（企画・設計）研修ユニバーサルデザイン，国土交通大学校， 2013
- 34) 永松義博：視覚障害者の街路歩行に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集， pp179-pp180 ， 1988
- 35) 早瀬秀雄，山本孝之，荒木平一：視覚障害者の安全歩行空間計画に関する研究その 2 屋外追跡調査，日本建築学会大会学術講演梗概集， pp919-pp920， 1979
- 36) 佐藤平，藤田稔：視覚障害者の空間知覚に関する研究（その 7）一歩行空間について一，

日本建築学会大会学術講演梗概集, pp921-pp922 , 1979

- 37) 鍵山利行：視覚障害者の歩行空間に関する研究 中途失明者の空間認知の調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1397-pp1398 , 1979
- 38) 早瀬英雄, 芳村隆史, 荒木兵隊一郎：視覚障害者の安全歩行空間計画に関する研究(その5) 屋外空間の認知構造について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1231-pp1232, 1980
- 39) 山田幸男, 高澤哲也, 平沢由平, 大石正夫, 清水学, 石川充英：中途視覚障害者のリハビリテーション 第3報-視覚障害者の単独歩行時の心理的ストレスと誘導歩行の必要性一, 日本眼科紀要, pp1308-pp1311, 1997
- 40) 松田雄二, 西出和彦：中途失明者の単独街路歩行の実態-視覚障害者の歩行様態に関する研究 その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1041-pp1044, 2006
- 41) 岡本朗, 小柳武和, 志摩邦雄：視覚障害者を考慮した街路空間構成に関する研究, 土木学会第50回年次学術講演会, pp324-pp325, 1999
- 42) 太田篤, 田村明弘：視覚障害者の屋外歩行時における情報の利用(全盲者の場合) —アンケート調査による心理構造の探求—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp149-pp150. 1998
- 43) 太田篤：視覚障害者と音環境-視覚障害者の空間認知における聴覚情報の役割と心理構成, 横浜国立大学博士学位論文, 1998
- 44) 高宮進, 三橋勝彦：視覚障害者が歩行時に利用する情報に関する研究, 土木技術資料, pp32-pp37, 1999
- 45) 矢板文男, 関澤勝一, 岡田真人：東京都立文京盲学校普通科における生徒の移動に関する現状調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp477-pp478, 1997
- 46) 奥村一生, 荒木兵隊一郎, 亀谷義浩, 早瀬英雄：地下街の空間把握行動 視覚障害者の歩行空間に関する研究(その9), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp415-pp416, 2002
- 47) 松田雄二, 原利明, 柏瀬光寿：ロービジョン者の注視傾向に関する研究：室内における事例研究, 日本建築学会計画系論文集 641, pp1531-pp1538 , 2009
- 48) 井上賢治, 柏瀬光寿, 柳原崇男 , 松田雄二 , 原利明, 間瀬樹省 , 桑波田謙, 石井美紀, 南雲幹, 石井祐子, 千葉マリ：ロービジョン者の都市・建築空間の移動における歩行パフォーマンスの指標, ECOMO 交通バリアフリー研究助成報告会, pp143-pp174, 2011
- 49) 西川浩平, 高田光雄, 三浦研, 寺川優美：歩行観察調査に基づく点字ブロックの使われ方特性—ユニバーサルデザインの視点からみた視覚障害者の床面計画に関する研究その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp487-pp488, 2005
- 50) 高間勲, 高田光雄, 三浦研, 寺川優美：環境操作実験による情報提示と歩行特性の変化—ユニバーサルデザインの視点からみた視覚障害者の床面計画に関する研究その2,

日本建築学会大会学術講演梗概集, pp489-pp490, 2005

- 51) 津田美知子：視覚障害者の歩行と都市デザイン-視覚障害者アンケート調査より-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp891-pp892, 1995
- 52) 伊藤彰人, 高橋儀平：視覚障害者の歩行環境改善に関する研究 その1 単独歩行者を中心とした視覚障害者の歩行環境, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp473-pp474, 1998
- 53) 徳永真紀子, 小滝一正, 大原一興, 藤岡泰寛, 太田篤：中途ロービジョン者の日常生活における空間との相互対応について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp943-pp944, 2005
- 54) 照明学会編：ロービジョンを対象とした視環境計画に関する研究調査委員会報告書, 照明学会, 2006
- 55) 柳沢明彦, 木下茂徳, 野村歓, 石田通孝：視覚障害者の街路歩行に関する研究 第VI報 障害等級別歩行能力と歩行上の問題点, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1743-pp1744, 1983
- 56) 中野泰志:節電が視覚障害のある人の安全・安心に及ぼす影響に関する調査, ECOMO交通バリアフリー研究助成報告会, pp5-pp44, 2012
- 57) 岩田三千子, 小山憲太郎, 原利明, 山田毅：節電で学んだ次世代の照明計画：ロービジョン者を配慮して, 照明学会誌 96 巻, pp233-pp241, 2012
- 58) 山本利和, 芝田裕一, 増井幸恵：白杖歩行者が求める空間情報に関する調査, 視覚障害リハビリテーション第 40 号, 1994
- 59) 山本利和：視覚障害者の白杖歩行に関する 2 種類の情報, 大阪教育大学紀要 第IV部門 第 48 巻 第 2 号, pp359-pp373, 2000
- 60) 松田雄二, 西出和彦：全盲とロービジョンの大学生の移動様態に関する研究-大学キャンパスにおける事例研究-, 日本建築学会計画系論文集 614, pp105-pp112, 2007
- 61) 日本建築学会ノーマライゼーション小委員会編：大学における生活環境のノーマライゼーション, 日本建築学会, pp96-pp97, 2009
- 62) 野村みどり, 横山勝樹：視覚障害者の歩行環境バリアフリー化に関する研究, その1 画一的対症療法的対策からユニバーサルシステムの展開, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp65-pp66, 1997
- 63) 人見優, 森傑：視覚障害者の白杖の使い方と空間知覚に関する基礎的研究-全盲者の歩行時における白杖の環境への低位の仕方に着目して-, 日本建築学会計画系論文集 611, pp75-pp82, 2007
- 64) 原利明：都市・建築におけるデザインの可能性—ロービジョンの視点から—, 日本眼科紀要 57(6), pp418-pp424, 2006
- 65) 井上賢治, 柏瀬光寿, 柳原崇男, 松田雄二, 原利明, 間瀬樹省, 桑波田謙, 石井美紀,

- 南雲幹，石井祐子，千葉マリ，秋山哲男：ロービジョン者の都市・建築空間の移動における歩行パフォーマンス調査，日本眼科紀要日本ロービジョン学会誌 13，pp73-pp76，2013
- 66) 大野央人，藤浪浩平，水上直樹，四ノ宮章，末田統，田内雅規：駅ホームの内外方情報を付加した点字ブロック開発の試み（第2報），人間工学 38，pp478-pp479，2002
- 67) 建設省道路局通達：歩道及び立体横断施設の構造について，2，その他留意事項，盲人対策，建設省，1973
- 68) 建設省道路局，都市局通達：視覚障害者誘導用ブロック設置指針，建設省，1985
- 69) 三上貴正，天野真二，渡会奈由香，坂井英：点字ブロック及びその敷設状態の触覚的認知性に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文集 528，pp47-pp52，2000
- 70) 通商産業省製品評価技術センター：，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—パターンの標準化を目指して，通商産業省，1998
- 71) (財)日本規格協会：JIS TRT 0006 視覚障害者誘導用ブロックのパターンの触覚による識別率及び難易度の推定方法・同解説，日本興業尾標準調査会，1999
- 72) 三谷誠二，藤沢正一郎，山田直広，田内雅規，加藤俊和，末田統：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，計測自動制御学会論文集 Vol.43No.3，pp172-pp179，2007
- 73) 蓑手麻由美，大西一嘉：白杖による視覚障害者誘導ブロックの識別度に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演概要集，pp123-pp124，2007
- 74) 中野政昭，岩田三千子，田中直人：段差手前の警告用点字ブロックの敷設列数と距離視覚障害者誘導ブロックの敷設方法に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp151-pp152，1997
- 75) (財)交通エコロジー・モビリティ財団：平成12年度視覚障害者誘導警告ブロックに関する研究報告書，(財)交通エコロジー・モビリティ財団，2000
- 76) 青山明日香：摩擦係数に基づく視覚障害者誘導ブロックの滑りやすさの定量化に関する研究，早稲田大学人間科学部学士論文，2005
- 77) 高橋儀平，伊藤彰：視覚障害者の歩行環境改善に関する研究 その2 視覚障害者誘導用ブロックの識別評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp475-pp476，1998
- 78) 有賀彩乃，浅野平八，藤繁和：公共空間の福祉環境整備 明度・彩度からみた誘導用ブロックの視認性，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp481-pp482，1998
- 79) 辻俊光，関口克明，吉野泰子：視覚障害者誘導用床材の視認性に関する実態調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp595-pp596，2000
- 80) S.B.Thies, L.P.J.Kenney, D.Howard, C.Nester, M.Oemerod, R.Newton, R.Baker, M.Faruk, H.MacLennan : Biomechanics for inclusive design: Effects of tactile paving older adults' gait when crossing the street, Journal of Biomechanics44,

2011

- 81) 久下晴巳, 國分勝郎, 秋山哲男: 高齢者の歩行特性とブロック系舗装の目地部許容段差に関する考察, 土木学会論文集 No.627, V, 44, pp67-pp76, 1999
- 82) 柳原崇男, 原良昭, 桑波田謙: 白杖による分岐点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 661, pp551-pp557, 2011
- 83) 太田篤: フラット型視覚障害者用横断歩道誘導帯の開発研究 弾性素材を用いた横断歩道誘導帯の有効性の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp843-pp844, 2006
- 84) 徳田克己, 松村みち子, 水野智美, 小宮孝司: 車いす使用者の交通安全ニーズに関する調査研究 平成12年度研究調査報告書, 国際交通安全学会, 2001
- 85) 大鍋寿一, 大越潤一, 久保純一, 畠野梓, 大山寛子: 警告パネル/誘導パネル走行時の車椅子の振動特性と乗り心地の関係, 第3回福祉工学シンポジウム講演論文集, pp59-pp61, 2003
- 86) 桑波田謙, 間瀬樹省, 原利明, 千葉マリ, 南雲幹, 石井祐子, 大石奈々子, 井上賢治: 床の素材差による誘導の有効性に関する調査, 日本ロービジョン学会誌 9, pp92-pp98, 2009
- 87) 井上賢治, 間瀬樹省, 桑波田謙: ロービジョン者に配慮したクリニックのサイン計画: ユニバーサルデザインの考え方, 福祉のまちづくり研究 13(2), ppA1-ppA13, 2011
- 88) 田中直人: ユニバーサル社会のまちづくり, ものづくり-ユニバーサルデザインにおける「サイン」について, アシステック通信第43号, pp5-pp7, 2004
- 89) 原利明, 井田卓造: 顧客、社会に求められる品質確保のためのプロセス-鹿島の考えるユニバーサルデザイン, 季刊ユニバーサルデザイン 27号, pp48-pp55, 2008
- 90) 柏瀬光寿, 原利明: 高齢者・ロービジョン者に配慮した医院作り-柏瀬眼科の取り組み-, 医療福祉建築 177号, pp32-pp33, 2012
- 91) 三浦研, 高田光雄, 寺川優美: 環境操作実験による歩行軌跡の改善—ユニバーサルデザインの視点からみた視覚障害者の床面計画に関する研究その3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp491-pp492, 2005
- 92) 岩田三千子: 床仕上げ材料の触覚的対比—福祉のまちづくりにおける視覚障害者用サインの検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp355-pp356, 2000
- 93) 横山裕, 馬場峰雄, 横井健: 白杖による床の変化の認知に関する基礎的検討—白杖による床の変化の認知度合の表示方法その1, 日本建築学会構造系論文集 72, pp23-pp30, 2007
- 94) 横山裕, 馬場峰雄, 横井健: 凹凸の違いによる床の変化の認知度合の表示方法, 白杖による床の変化の認知度合の表示方法 (その2), 日本建築学会構造系論文集 73, pp1063-pp1070, 2008

- 95) 日本道路協会：舗装試験法便覧別冊，（社）日本道路協会，pp34-pp38，1996
- 96) 小野英哲：床のすべりと安全性，快適性およびその基本的対策，建築仕上技術 20 (240)，pp.35-pp62，1995
- 97) 片岡 洵子，西沢 尚子，早弓 惇：日本人の荷物の種類と持ち方-電車内での観察から-，日本女子体育大学紀要 22，pp119-pp131，1992
- 98) 厚生労働省健康局編：糖尿病実態調査，厚生労働省，2004
- 99) 山野慶樹：リハビリテーション医学 末梢神経損傷，リハビリテーション医学会 29 号，1992
- 100) 国土交通省：高齢者・障害者等の円滑な移動等に配慮した建築物の設計標準，（財）建築技術教育普及センター，2012
- 101) 建築床特殊性能研究会，yukatokken.com

謝辞

本研究を行うに当たって何よりも実験にご協力をいただいた多くの方々のご厚意によってまとめることができました。ここでは、お名前を挙げて御礼をすることはできませんが、深甚なる感謝の意を表します。

常に親身なご指導とご配慮をいただきました藤本浩志教授並びに独立行政法人産業技術総合研究所の小林吉之氏に深く感謝をし、ここに厚く御礼を申し上げます。

早稲田大学人間科学学術院の野嶋栄一郎教授、鈴木秀次教授には、本論文を査読頂き、本論文をより良いものとするための的確で具体的なご意見を頂きましたことに深く感謝申し上げます。

御茶ノ水女子大学松田雄二准教授、独立行政法人特殊教育研究所の土井幸輝氏、日本点字図書館和田勉氏には、様々な場面で議論をさせて頂き多くの気づきを得ることができました。ここに深く感謝し御礼申し上げます。

共同研究者である、大阪れい氏、蔵重由貴子氏、塩手大介氏、山田健太郎氏、浅井俊介氏と本研究にご一緒できたことを深く感謝申し上げます。

本論文の作成に当たりご協力を頂きました原直美氏、中込健太氏に深く感謝し御礼申し上げます。

第5章、第6章においては、公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団のエコモ交通バリアフリー助成金をいただき研究を実施することができましたことに感謝申し上げます。

そして、ここまで支えてきてくれた家族、取り分け妻直子に心より感謝と御礼をしたいと思います。

本当に支えてくれてありがとう。