

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）

触知案内図においてドットパターンが示す
領域情報の触読容易性向上の検討

Study on Improving Discriminability
of Area Information in Tactile Guide Maps

2017年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科
松森 ハルミ
MATSUMORI, Harumi

研究指導教員： 藤本 浩志 教授

摘要

人が外界から得る情報の多くは視覚を介してである。それ故、視覚障害者における情報保障ツールの必要性は高い。我が国では 30 万人を超える人が視覚に障害を有するといわれている。視覚障害者に占める高齢者の割合は年々増加しており、疾病等を原因とした中途失明者も多い。超高齢社会になるほど視覚障害につながる緑内障や糖尿病などの疾病が増加すると予想され、視覚障害者に占める高齢者の割合は今後も高くなっていくと考えられる。視覚障害者における情報保障ツールの充実を図る際には、高齢者や触読経験に乏しい中途失明者がいることを踏まえ、加齢や触読経験を考慮した検討が求められる。視覚障害者における情報保障ツールとしてよく知られているのは、点字や音声案内である。点字は詳細な情報の伝達や記録に適しており、音声案内は誰にとってもわかりやすいという利点がある。しかし、事物の位置関係や領域の広がりなどの空間情報の伝達には、地図等の情報を凸で表した触知案内図が適している。アクセシビリティに対する社会的関心の高まりやバリアフリー法等の法制定を背景として、触知案内図は駅や公共施設を中心に普及してきた。設置タイプに加え、冊子タイプの触知案内図を備えるところも増えている。しかし、普及の一方で、視覚障害者にとってわかりにくい触知案内図の増加も指摘された。特に触知案内図内の複雑な図が理解できなかったことが問題として挙げられた。わかりにくい触知案内図が増加した原因の一つは、それまでの専門業者に加えて、視覚障害者や触覚の特性に関する知識を持たない業者が参入したことであった。触覚は視覚とは異なる特性を持っているため、視覚でわかりやすい案内図を基にして触知案内図を作成しても、視覚障害者にとってわかりやすいものになるとは限らない。触知案内図に関するこれらの声を受けて、2007 年に触知案内図の表示方法に関する JIS T 0922 が制定された。JIS は触知案内図を製作する際の有用な指針となったが、製作現場が必要とする指針のすべてが記載されているわけではなく、触知案内図上で領域を示す面パターンに関する記載の不足が指摘された。

本研究では、わかりやすい触知案内図の実現のために、触知案内図の製作指針となるような定量的データの獲得を目指し、領域情報の触読容易性向上に寄与する知見の獲得を目的とした。具体的には、面パターンとして使用頻度の高いドットパターンに焦点を当てた。ドットパターンを用いて領域を示す際は、領域を境界線で区切りドット

トパターンを配置する。境界線とドットパターンが接近すると、境界線がドットパターンに埋もれて識別しにくい状態になりやすいため、境界線がはっきりと識別できるよう境界線の両側に隙間を設ける。しかし、触知案内図におけるドットパターンの識別特性や境界線の識別特性については定量的なデータが得られていない。そこで本研究では、ドットパターンの識別特性に関する課題と、境界線の識別特性に関する課題を設定し、それぞれの課題に対して評価実験を行った。標準化を視野に入れて、実験は中途失明者を想定した若年晴眼者と高齢晴眼者、触読経験が豊富な若年視覚障害者と高齢視覚障害者の4群を対象とし、実際の触知案内図の利用環境を鑑み、厳しい触察環境下でも高い確率で識別できる条件を求めた。また、提示刺激の印刷には、JIS T 0922 において有用性の検証に使われたと記載されている紫外線硬化樹脂インクによる印刷法を採用した。

本論文の第1章では、序論として、本研究の背景、触知案内図の触読容易性に関する基礎的知見、本論文の目的、及び本論文の構成について述べた。

第2章では、ドットパターンの識別特性に関する課題について評価実験を行い、複数のドットパターンを併用した場合にどの程度の点間隔差があれば異なる面と感じるかを明らかにした。この実験により、年齢や触読経験によらず、ドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は5mm以上であることが明らかになった。触読経験が豊富な視覚障害者の場合は、点間隔差が4mm以上で識別できることもわかった。また、晴眼者と視覚障害者のいずれにおいても加齢効果が確認された。加齢効果は晴眼者では顕著にみられ、視覚障害者では点間隔が狭いドットパターンにおける点間隔差が小さい組み合わせに限られていた。

第3章では、境界線の識別特性に関する課題について評価実験を行い、ドットパターンが隣り合った場合に、境界線とドットパターンの間にどの程度の隙間があれば境界線をより容易に識別できるかを明らかにした。この実験により、年齢や触読経験によらず、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は5mm以上であることが明らかになった。触読経験が豊富な視覚障害者の場合は、隙間が4mm以上で識別できることもわかった。また、晴眼者と視覚障害者のいずれにおいても加齢効果が確認された。加齢効果は、晴眼者では顕著にみられ、視覚障害者では点間隔が狭いドットパターンで隙間が狭いときに限られていた。

本研究で得た知見が触知案内図の製作において活用され、わかりやすい触知案内図の普及につながることを期待したい。

論文目次

摘要	i
論文目次	iii
第1章 序論	1
1.1 本研究の背景	2
1.1.1 我が国における視覚障害者の状況	2
1.1.2 視覚障害者に対する情報保障ツール	9
1.1.3 情報保障ツールとしての触知案内図	15
(1) 触知案内図の特徴	15
(2) 触知案内図の製作手法	16
(3) 触知案内図の表示法の標準規格	18
1.2 触知案内図の触読容易性に関する基礎的知見	24
1.2.1 触知覚に関する基礎的知見	24
1.2.2 触知案内図の触読容易性に関する先行研究	29
(1) 触知案内図を構成する点字関連の先行研究	29
(2) 触知案内図を構成する触知記号関連の先行研究	30
(3) 触知案内図の領域情報に関する先行研究	30
1.2.3 触知案内図の触読容易性向上に関する検討課題	32
1.3 本研究の目的	34
1.4 本論文の構成	34
第2章 触知案内図におけるドットパターンの点間隔が識別特性に及ぼす影響	36
2.1 目的	37
2.2 方法	37
2.2.1 実験参加者	37
2.2.2 提示刺激	38
2.2.3 手続き	40
2.2.4 評価方法	41

2.3	結果	41
2.3.1	若年晴眼者の結果	42
2.3.2	高齢晴眼者の結果	44
2.3.3	若年視覚障害者の結果	46
2.3.4	高齢視覚障害者の結果	48
2.3.5	若年者と高齢者の結果の比較	50
2.3.6	晴眼者と視覚障害者の結果の比較	52
2.3.7	結果のまとめ	54
2.4	考察	55
2.5	小括	59
第3章	触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の 識別特性に及ぼす影響	61
3.1	目的	62
3.2	方法	62
3.2.1	実験参加者	62
3.2.2	提示刺激	63
3.2.3	手続き	64
3.2.4	評価方法	65
3.3	結果	65
3.3.1	若年晴眼者の結果	66
3.3.2	高齢晴眼者の結果	69
3.3.3	若年視覚障害者の結果	72
3.3.4	高齢視覚障害者の結果	75
3.3.5	若年者と高齢者の結果の比較	78
3.3.6	晴眼者と視覚障害者の結果の比較	80
3.3.7	結果のまとめ	82
3.4	考察	83
3.5	小括	87

第 4 章 結論	88
4.1 本研究のまとめ	88
4.2 本研究の意義	90
4.3 今後の展望	91
参考文献	93
謝辞	101

第1章

序論

- 1.1 本研究の背景
- 1.2 触知案内図の触読容易性に関する基礎的知見
- 1.3 本研究の目的
- 1.4 本論文の構成

概要

第1章では、まず、本研究の背景となる我が国における視覚障害者の状況について統計資料に基づいて述べるとともに、視覚障害者に対する代表的な情報保障ツールである点字、音声案内、触知案内図の特徴及び利用状況についてまとめる。本研究で対象としている触知案内図については別項を立て、さらに詳しく述べる。具体的には、通常の案内図とは異なる触知案内図の特徴に焦点を当てて述べ、現在普及している製作手法についても触れる。また、触知案内図の表示法の標準規格について、アンケート調査等から挙げた課題や期待を紹介し、JIS T 0922（高齢者・障害者配慮設計指針 -触知案内図の情報内容及び形状並びにその表示方法）制定までの流れを追う。JIS T 0922 については、記載内容を整理して示す。次に、触知案内図の触読容易性に関する基礎的知見を整理する。ここでは、触知覚に関する基礎的知見を整理するとともに、触知案内図の触読容易性に関する先行研究で得られた知見を整理する。続けて、先行研究で得られた知見と、背景で述べた触知案内図の課題や期待、及びJIS T 0922 の記載内容から、触知案内図の触読容易性向上に関する検討課題を明確にする。最後に、上述した研究背景と触知案内図の触読容易性向上のための検討課題を踏まえて本研究の目的を設定し、章末で本論文の構成を示す。

1.1 本研究の背景

1.1.1 我が国における視覚障害者の状況

人は視覚，聴覚，触覚，味覚，嗅覚の五感を通して外界から情報を得ている。五感の感覚受容器で受けた刺激は神経信号に変換されて大脳に届き，大脳で分析・統合されて，生命や生活を支える情報となる。五感の中でも，とりわけ視覚は，情報の入り口として重要な役割を担っている。街に出れば人や車が絶え間なく行き交い，商業スペースには色とりどりの膨大な数の商品が並ぶ。機能や使い方を視覚的に示した設備や備品，あらゆる場面で多用される画像や映像，現代社会は視覚情報に溢れた社会である。生体としての情報処理においても，感覚受容器全体で受ける情報量のうち，視覚系で受ける情報量は他の感覚系に比べてはるかに大きい^[1-1]。視覚情報に溢れた社会の中で，視覚障害者は晴眼者が当然のように獲得している情報が得られず，生活に何らかの支障を来していることは想像に難くない。

身体障害に対して，厚生労働省では障害の種類別に，障害の程度を基準として等級を付けている。表 1-1 は厚生労働省の身体障害者障害程度等級表^[1-2]から視覚障害につ

表 1-1 身体障害者障害程度等級表（視覚障害）

厚生労働省：身体障害者障害程度等級表^[1-2] より抜粋し再構成

級別	視覚障害
1 級	両眼の視力の和が 0.01 以下のもの
2 級	1 両眼の視力の和が 0.02 以上 0.04 以下のもの 2 両眼の視野がそれぞれ 10 度以内でかつ両眼による視野について視能率による損失率が 95 パーセント以上のもの
3 級	1 両眼の視力の和が 0.05 以上 0.08 以下のもの 2 両眼の視野がそれぞれ 10 度以内でかつ両眼による視野について視能率による損失率が 90 パーセント以上のもの
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 10 度以内のもの
5 級	1 両眼の視力の和が 0.13 以上 0.2 以下のもの 2 両眼による視野の 2 分の 1 以上が欠けているもの
6 級	一眼の視力が 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

※万国式試視力表によって測ったものをいい，屈折異常のある者については，矯正視力について測ったものをいう。

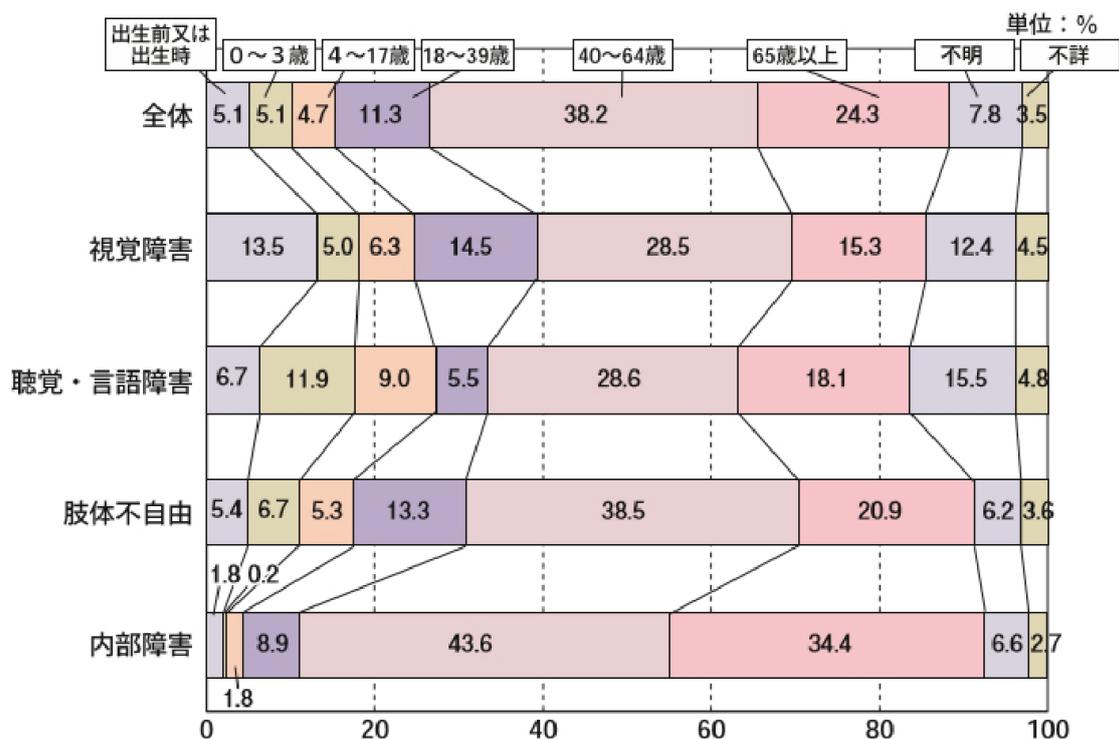
いて抜き出し、まとめたものである。1級から6級までの6段階に分かれており、両眼の視力の和が等級分けの基準になっている。2級から5級までは両眼の視野の和も条件としてあり、視力か視野のいずれか一つに該当することが条件になる。このように同じ視覚障害であっても、「全く見えない」人から「見えにくい」「まぶしい」「見える範囲が狭くて歩きにくい」といった弱視（ロービジョン）^[1-3, 1-4]の人まで、見え方は様々である。弱視の人には見えるが故の不便さもある^[1-5]。例えば、駅の点字表記のある案内板の場合、案内板の設置場所のわかりにくさは共通の問題であるが、案内板に書かれた墨字の大きさやコントラストも問題になる^[1-6, 1-7]。道路の歩行は共通して最も危険を伴うものの一つだが、自分の視力を頼りに歩行している弱視の人は白杖を使う全盲の人より段差や階段に気づかないこともあるという^[1-7]。

厚生労働省では、在宅の障害児・者等の生活実態とニーズを把握し福祉行政の企画・推進のための基礎資料を得ることを目的として、5年ごとに生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）を実施している。平成18年と平成23年の調査結果^[1-8, 1-9]によると、障害者手帳を所持する在宅の身体障害児・者数は平成18年が3,576,100人、平成23年が3,863,800人であった。そのうち視覚障害児・者数は平成18年が314,900人、平成23年が315,500人であり、昭和55年以降の7回の調査においていずれも30万人を超えている。表1-2は平成18年の視覚障害児・者について、障害程度等級別の人数を示したものである。重度の障害として納税の際に特別障害者控除が受けられる^[1-10]1級・2級が62.1%、弱視にあたる3級から6級が34%、等級不明が3.9%であった。20万人近い人が視覚からほとんど情報を獲得できない状況にあるといえる。

表1-2 視覚障害者の障害程度等級別内訳

厚生労働省：平成18年身体障害児・者実態調査結果
表5表6^[1-8]より抜粋し再構成

平成18年	上段：人数[人]				下段：視覚障害者総数に占める割合			
	総数	1級	2級	3級	4級	5級	6級	不明
	314,900	113,700	82,000	19,300	29,600	32,000	26,000	12,300
	100.0%	36.1%	26.0%	6.1%	9.4%	10.2%	8.3%	3.9%

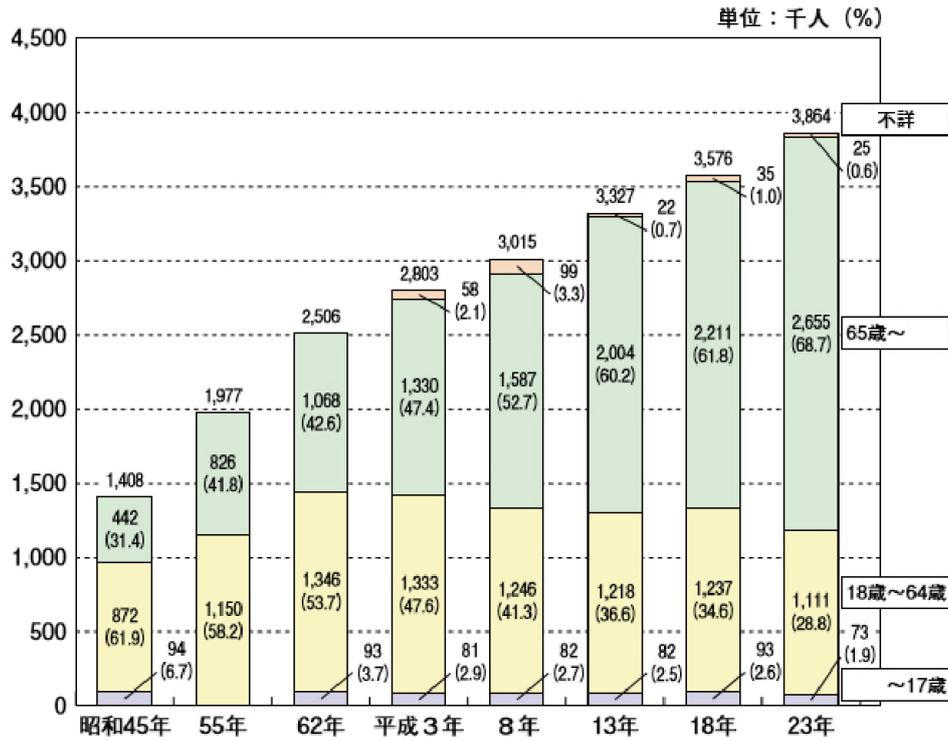


資料：厚生労働省「身体障害児・者実態調査」(平成18年)

内閣府：平成25年版障害者白書，図表1-9^[1-11] 転載

図1-1 障害発生時の年齢階級（身体障害者・在宅）

図1-1は18歳以上の身体障害者（平成18年調査）について障害発生時の年齢を示したものである。視覚障害者の40%程度は40歳までに障害が生じているが、半数以上は40歳以降になってから視覚障害が発生しており、65歳以上の高齢になって初めて視覚障害者となった人も15%を超えている。視覚障害者で特徴的なのは、出生前や出生時に障害が生じた割合が他の身体障害者に比べて高いことだろう。0~3歳での発生と合わせて18.5%、さらに4~17歳での発生を加えると24.8%になる。視覚障害者が使う点字の習得には訓練が必要だが、17歳までの発生割合から、およそ4分の1の視覚障害者は盲学校などの教育機関で点字訓練の機会があると思われる。先天盲児や早期失明児は点字習得や触読において有利だという脳科学分野での報告もあり^[1-12, 1-13]、年齢的に早い段階で視覚障害が発生した人は、それぞれが何らかの情報獲得手段を持っていると考えられる。一方、成人してからの中途失明者、特に高齢になって視力を失った視覚障害者の情報獲得には、一層の困難が伴うに違いない。視覚障害



注：昭和55年は身体障害児（0～17歳）に係る調査を行っていない。
 資料：厚生労働省「身体障害児・者実態調査」（～平成18年）、厚生労働省「生活のしづらさなどに関する調査」（平成23年）

内閣府：平成27年版障害者白書，図表3-6^[1-14] 転載

図1-2 年齢階層別の身体障害者数の推移

表1-3 視覚障害者の年齢階級別内訳

厚生労働省：平成18年身体障害児・者実態調査結果，表5表6^[1-8]
 厚生労働省：平成23年生活のしづらさなどに関する調査結果，第6表^[1-9]より抜粋し再構成

	総数	年齢階級 [歳]			
		0～17	18～64	65～	不詳
平成18年	314,900	4,900	118,000	186,000	6,000
	100.0%	1.6%	37.5%	59.1%	1.9%
平成23年	315,500	4,900	91,400	217,700	1,500
	100.0%	1.6%	29.0%	69.0%	0.5%

者の中にも情報格差があると推測できる。

図 1-2 は年齢階層別の身体障害者数の推移を示したグラフである。身体障害者の総数に占める 65 歳以上の高齢者の割合は年々上昇しており、平成 18 年は 61.8%、平成 23 年は 68.7%であった。視覚障害者に占める 65 歳以上の高齢者の割合（表 1-3 参照）は、平成 18 年が 59.1%、平成 23 年が 69.0%であり、身体障害者全体と同様の高齢化傾向を示している。我が国の総人口に占める高齢者の割合は平成 18 年が 20.8%^[1-11]、平成 23 年が 23.3%^[1-14]であり、視覚障害者を含む身体障害者の高齢化はその 3 倍である。これはいい換えると、高齢になるほど障害者の割合が高くなるということで、加齢による疾病の増加を考えれば当然の結果ともいえる。超高齢社会になるほど視覚障害につながる緑内障や糖尿病などの疾病が増加すると予想され、視覚障害者に占める高齢者の割合は今後も高くなっていくと考えられる。

これまで述べてきたように、我が国には 30 万人を超える視覚障害者がいる。ますます複雑化する現代社会は、視覚障害者にとって不自由を感じる場面の多い社会である。一方、近年、誰もが暮らしやすい社会を目指そうという社会的気運が高まり、視覚障害者における情報格差の改善や情報のアクセシビリティ向上に目が向けられるようになった。社会的関心が向けられる中、視覚機能を他の感覚系で代行する研究^[1-15]、^[1-16]など、技術による支援が検討されている。また、生活環境の改善に関する施策も整ってきた。

我が国の障害者に対する取り組みは、国際的な動きを受けて進んだ。国際連合では 1970 年代頃から数度にわたり障害者施策の推進に係る議決等を行い、1976 年に 5 年後の 1981 年を国際障害者年とすることを定めて、各国に取り組みを求めた^[1-14]。この影響を受け、1980 年には国際障害者年推進本部を総理府内に設置することが定められた。1981 年の国際障害者年は、障害者に対する社会的な理解を促進する機会となり、同時に、別々に活動してきた障害者団体がまとまって関係行事や事業に参加する機会ともなった。以降、我が国では、国として初めての本格的な取り組みである「障害者対策に関する長期計画」（1982 年度～1992 年度）の策定を皮切りに、「障害者対策に関する新長期計画」（1993 年度～2002 年度）の策定、「心身障害者対策基本法」から「障害者基本法」への全面改正（1993 年）、「第 2 次障害者基本計画」（2003 年度～2012 年度）の策定、「障害者基本法」の改正（2004 年、2011 年）、「第 3 次障害者基本計画」（2013 年度～2017 年度）の策定、「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律」の制定（2013 年 ※2016 年 4 月施行）と続いていく。

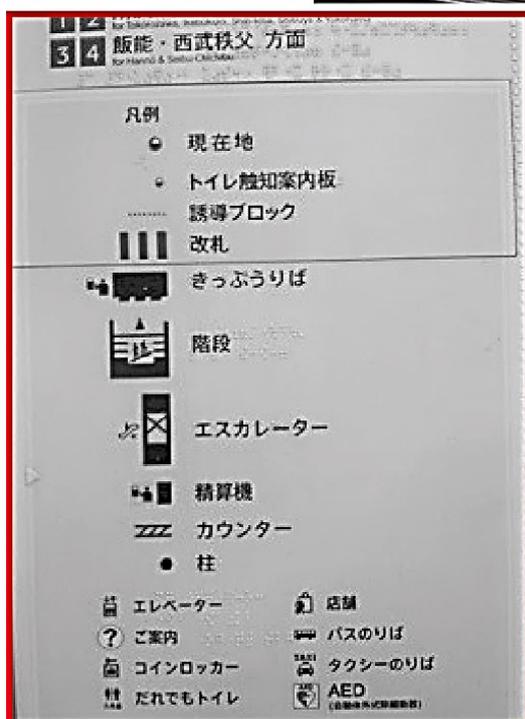
これらの計画が進む中で、1994年にハートビル法、2000年に交通バリアフリー法、2006年にハートビル法と交通バリアフリー法を統合・拡充したバリアフリー法が成立した（表1-4参照）。2006年に制定されたバリアフリー法では、高齢者や障害者などの自立した日常生活や社会生活を確保するために、旅客施設、車両、道路、路外駐車場、都市公園、建築物に対して、バリアフリー化基準への適合を求めている。また、駅の周辺や高齢者・障害者施設が集中する地区において、住民参加によるバリアフリー化を進めるための措置などを定めている^[1-17]。視覚障害者を含む身体障害者の生活環境改善への具体的な取り組みを示したこれらの法制定に後押しされ、駅などの公共施設を中心として、視覚障害者誘導用ブロック、音声案内、触知案内図など、視覚障害者の外出を支援する設置が普及してきた^[1-18]（図1-3参照）。

表1-4 身体障害者の生活環境改善への具体的な取り組みを示した法律

期間 [年]	略称	正式名称
1994～2006	ハートビル法	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
2000～2006	交通バリアフリー法	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
2006～	バリアフリー法	高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律



左部分



右部分

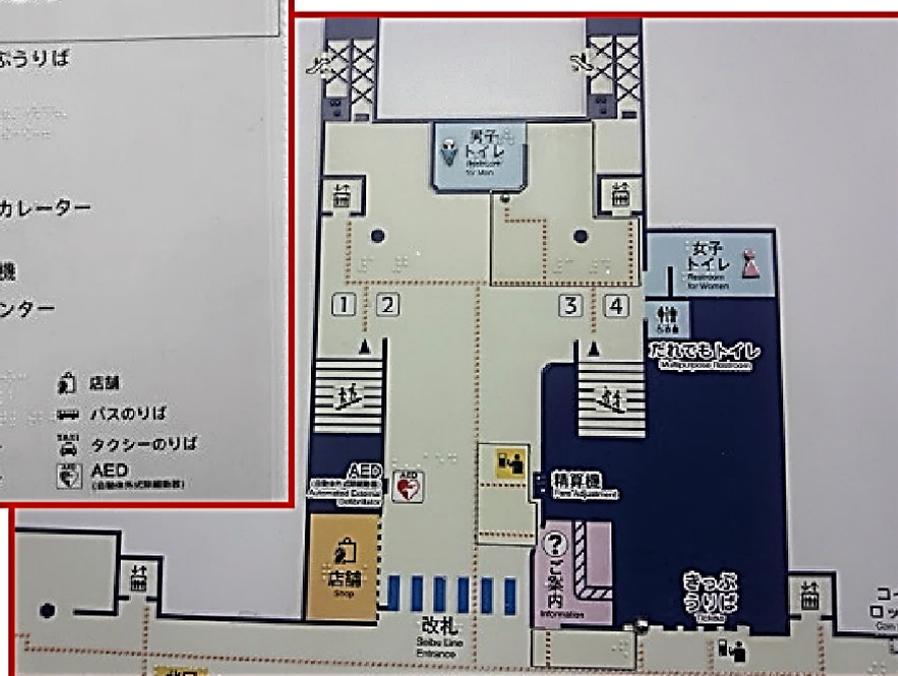


図 1-3 触知案内を併記した構内案内図の例（西武線小手指駅）

1.1.2 視覚障害者に対する情報保障ツール

我が国では、2014年1月に障害者の権利に関する条約（略称：障害者権利条約）が批准され、同年2月に条約の効力が発生した^[1-14]。このような社会的状況の中で、視覚障害者に対する情報保障ツールの充実がますます求められている。

視覚障害者に対する情報保障ツールとして古くから知られているのは点字である。現在使われている6点点字は、1825年にフランスのルイ・ブライユが考案し、それを基にして1990年に石川倉次が仮名対応の点字を考案した。点字が普及するまでは、視覚障害者が用いる文字として線文字が主流であった。しかし、触覚に対して断続的な変化の立ち上がりがあるという触読上での有利性や、点字タイプライターの発明などにより、点字は線文字に代わり急速に普及した^[1-19]。点字はマス単位で構成されている。1マスの中に縦3個横2個の凸点が配され、凸点の有無の組み合わせ63通りが1マスで表現できるパターンである。ここで問題になるのが日本語表記の多様性である。組み合わせ数の限度から漢字仮名交じりの文章をそのまま点字に置き換えることができないため、日本語の点字は読みに合わせた拍対応のものとなっている。しかし、拍に対応させても、清音、濁音、拗音、撥音、促音を合わせると63種類を超えてしまう。また、数字や英字は読みに分解するよりそれ自体を一つの点字として表すほうがわかりやすいため、必要な点字の種類はさらに多くなる。そこで、清音以外は2マスで1文字を表している。図1-4の例のように、左上と右下に凸点があると「か」を表し、「か」の前に濁音を示す前置符が付くと「が」、拗音の前置符が付くと「きゃ」、拗濁音の前置符が付くと「ぎゃ」になる。数字や英字も同様に、前置符を付けて2マスで表す。このように点字は合理的な記号体系を持っており、前置符等により次の文字を予想しながら読み進めることもできる。点字触読経験が長い視覚障害者で

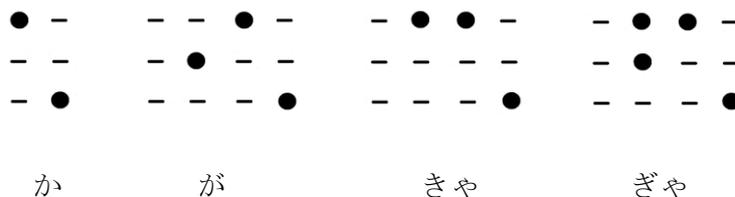


図 1-4 点字表記の例

は、文章の速読みにおいて1分間に300マス以上読めることも珍しくない^[1-20, 1-21]。点字は詳細な情報の伝達や情報の記録に適した非常に有用な情報保障ツールだが、一方で習得に長期的な訓練が必要なツールでもある。厚生労働省の平成18年身体障害児・者実態調査結果^[1-8]では、点字習得状況について「点字ができる」と回答した視覚障害者は12.7%であった。障害程度等級別にみると、障害が重い障害程度等級1級では25.2%、2級では13.0%が点字できると回答したのに対し、3級以上では点字ができるという回答はほぼ0%であった。点字は比較的障害が重い視覚障害者に活用されている。しかし、全盲や全盲に近い場合でも、中途失明者を中心に点字が使えない視覚障害者は多い。

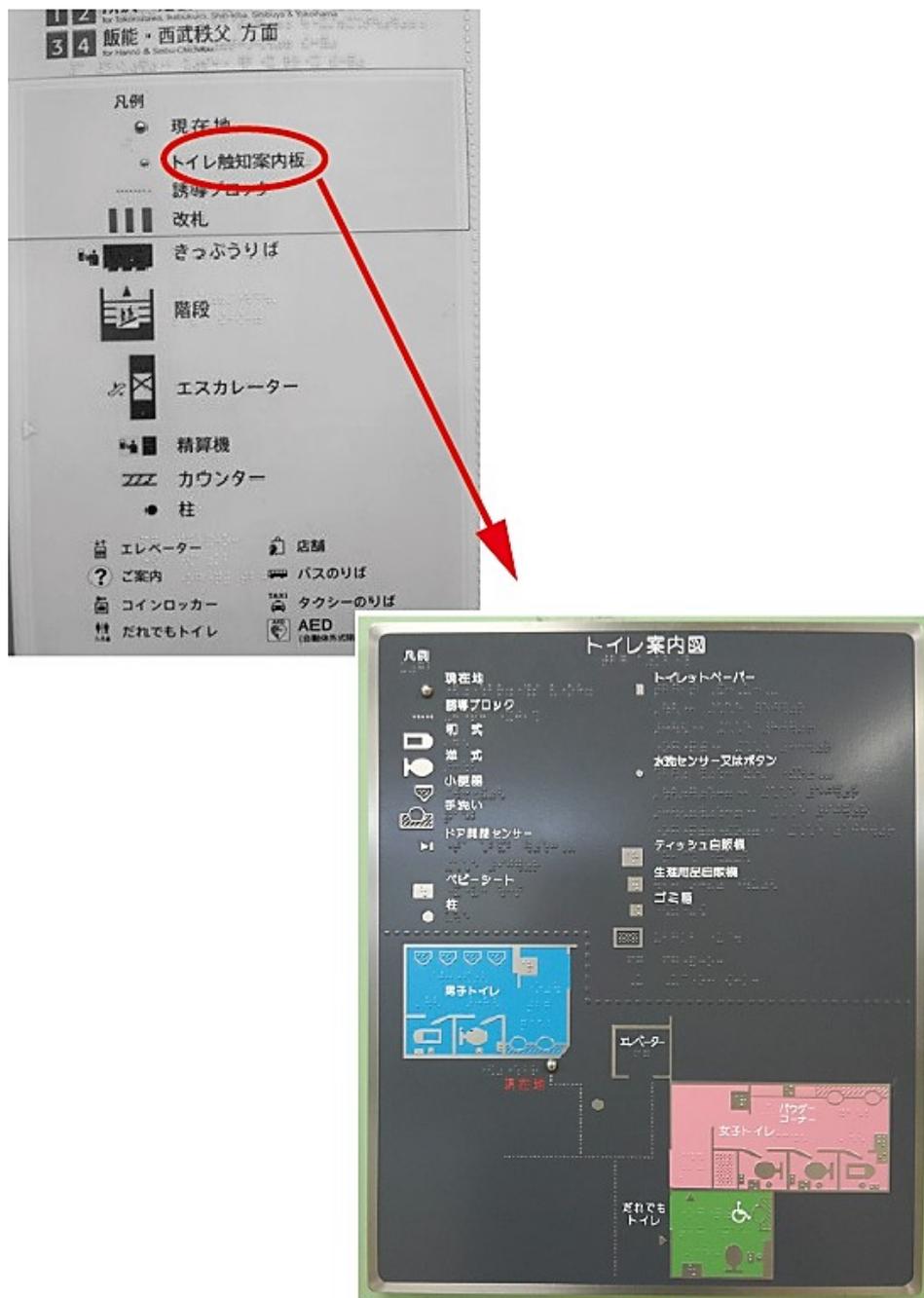
点字以外の情報獲得手段として一般的なのは、音声である。音声は特別な訓練をしなくても聴覚に障害がなければ利用できるため、これまでも日常的に音声による情報獲得は行われてきた。平成18年身体障害児・者実態調査結果^[1-8]では情報の入手方法を複数回答で尋ねている。視覚障害者が挙げたのはテレビ(66.0%)、家族・友人(55.7%)、ラジオ(49.3%)の順であった。音声利用の情報保障ツールとしてよく知られているのは音声案内である。家電製品協会の家電製品における操作性向上のための音声案内に関するガイド^[1-22]では、安全面での配慮に関する案内、操作方法や手順の案内、操作の設定内容の案内、製品の動作状況や故障の状態の案内について音声案内を付けることが望ましいとしている。家の中で使う家電製品だけでなく、家の外においても、駅や空港などの公共交通の拠点や信号などで音声案内が普及してきた^[1-23](図1-5参照)。博物館や美術館の中には、展示物を解説した音声ガイドを視覚障害者に優先的に貸し出したり、音声の説明に加えて展示物のレプリカを用意し視覚障害者が触って確認できるようにしているところもある^[1-24, 1-25]。しかし、博物館や美術館の場合、館内の移動と展示物の鑑賞の両面で困難が生じるため、特に全盲の視覚障害者は単独での鑑賞が難しく、介助者を伴った鑑賞が一般的である^[1-26]。近年、音声読み上げ機能や音声入力機能など音声サポートの利用により、視覚障害者にとって格段に利便性が増したのがパソコンなどの情報機器である^[1-27]。これまで全盲の視覚障害者には使用が難しいとされていたスマートフォンも、音声サポートにより利用者が増えつつある^[1-28]。

詳細な情報の伝達や情報の記録に適した点字、誰もが簡単に利用できる音声案内は、ともに視覚障害者にとって有用な情報保障ツールである。しかし、事物の位置関係や領域の広がりなどの空間情報の伝達には必ずしも適していない。空間情報の伝達に適

した情報保障ツールに、触知案内図がある。触知案内図は、視覚障害者が触ってわかるように凹凸をつけて示した触図の一つで、屋内外の施設・設備及び移動空間の位置情報を凹凸がある線・面、触知記号、点字などによって触知できる案内図^[1-29]である。バリアフリー法に関するガイドライン^[1-30]には、出入口付近又は改札口付近に音声・音響案内がない場合は触知案内図等で案内するようとの記載があり、乗り換えがある場合には、乗り換え経路が他の経路と分岐する位置にも触知案内図等を設置することが望ましいとしている。また、押しボタンによって作動する音声案内装置を触知案内図に設置することが望ましいとも推奨しており、近づくると自動的に音声案内が流れる触知案内図や、音声案内ボタンの付いた触知案内図がみられるようになった（図 1-6、図 1-7 参照）。こうした法の後押しもあり、駅などの公共施設を中心に広まってきた触知案内図だが、設置タイプの触知案内図には、どこに設置されているのかわかりにくい、板面の汚れが気になる^[1-31, 1-32]といった利用者の声がある。設置タイプの触知案内図を十分に活用してもらうためには、設置環境を整えることも必要である。最近では設置タイプの触知案内図だけでなく、携行できる冊子タイプの触知案内図を備える施設が増えてきた（図 1-8 参照）。視覚障害者を対象にしたオリエンテーリングでは、現在地の確認や、触知案内図と自らの歩行を比較することによる距離感の把握に、携行した触知案内図が役立っている^[1-33]。冊子タイプの触知案内図によって事前に関



図 1-5 音声案内付き自動券売機の例（JR 東日本）



トイレ触知案内板に近づくと自動的に音声案内が流れる。

図 1-6 自動音声案内が流れる触知案内図の例（西武線小手指駅）



設置を示す点字ブロック。



ボタン操作により、案内所、トイレ、最寄りの航空会社カウンターへの経路を音声案内。

福岡空港: お体の不自由なお客さまへ^[1-34] より

図 1-7 音声案内ボタンの付いた触知案内図の例



東京ディズニーリゾート:
視覚に障がいがある方へ^[1-35] より



← めくりやすいよう
リング綴じにしたガイド。

各駅ごとに情報を表示。



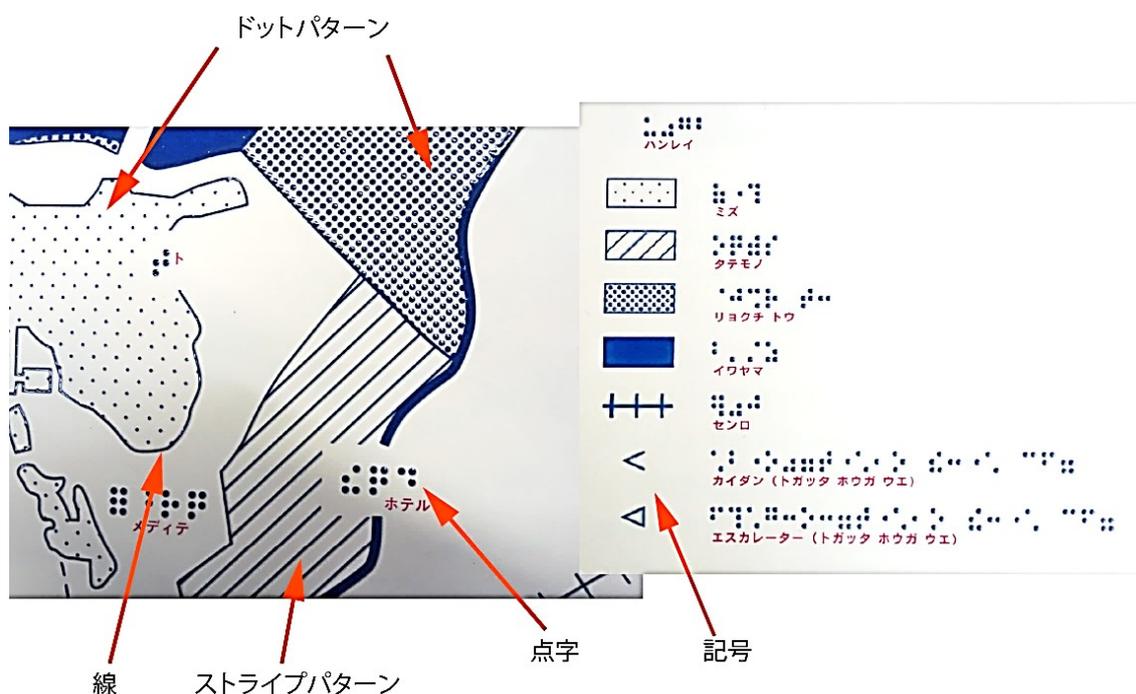
東葉高速鉄道: 資料^[1-36] より

図 1-8 冊子タイプの触知案内図の例

1.1.3 情報保障ツールとしての触知案内図

(1) 触知案内図の特徴

触知案内図は、図 1-9 のように、点字の他に、階段等の事物を表す記号、領域を示すドットパターンやストライプパターン等の面パターン、領域を区切る線で構成されている。触知案内図は視覚障害者に空間情報を伝達するものだが、晴眼者向けの案内図をそのまま凹凸で表現するものではない。視覚と最も異なる触覚の特性の一つは、一度に広い範囲から情報を得られないことであろう。そのため、継時的に捉えたものを統合して全体を把握しなければならない。短期記憶の中でその都度パターン比較を行う必要があるため認知的負荷が大きく、触った図形が既知の図形かどうかという過去の触察経験も図形認知に影響するという^[1-37]。また、触覚には、密度の高い凸情報を受けると個々の皮膚の変形が重なり合い、詳細な位置や形状の情報が捉えにくいという特性もある^[1-38, 1-39]。このように触覚は視覚とは異なる特性を持っており、視覚でわ



東京ディズニーリゾートの触知案内図を基に作成

図 1-9 触知案内図を構成する要素

かりやすい案内図を基にして触知案内図を作成しても、視覚障害者にとってわかりやすいものになるとは限らない。図版の触図化では、すべてを触図化するのではなく、伝えるべき本質的情報という観点で触図化すべき図を選択し、単純化することが重要だと指摘されている^[1-40]。

視覚障害者は、触図を触るとき全体から細部に向かう触り方をする。指先だけでなく手掌も含めた両手全体を用いて広い範囲をまず触察し、その後、指先を用いて詳細な情報を読み取るというように、触り方の使い分けが重要だといわれている^[1-41]。本研究の実験の際にも、触読経験が豊富な視覚障害者に触知案内図の触り方についてヒアリングを行ったが、両手で全体を触察し当たりを付けてから触察したい箇所に手を移すという声が多かった。手掌は使わず指先だけで読む点字の場合でも、両手を活用することで効率的な読み方ができる。行頭を左手、途中を両手併用、行末を右手で読んだり、中には右手で行末を読んでいるときに左手で次の行頭を読む人もいるという^[1-42]。しかし、このように両手を使って点字を読んでいるときであっても、左右の指が一つの文字を読んでいるのではない。左右の触読力はそれぞれ独立したものであり、触読力が足し合わさって倍加するわけではない^[1-43]。触知案内図を両手を用いて読む場合についても、点字の両手読みと同様に、左右の手が役割分担していると考えべきだろう。

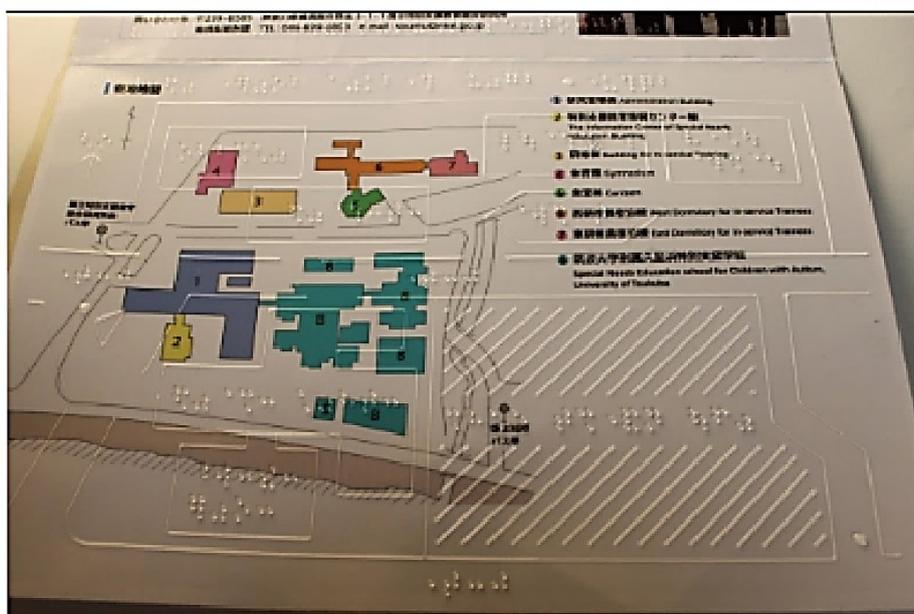
(2) 触知案内図の製作手法

我が国では、1940年代に社会教育家の後藤静香が点訳奉仕運動を提唱したこともあり^[1-44]、文章を点字化する作業は主にボランティアの手を借りて行われてきた。点訳者たちは、点訳依頼を受けた図書の中に点訳すべき図があると、紙を貼り合わせるなどの工夫をして触ってわかる図にした^[1-45]。これらの触図は、いわば一点物である。その後、立体コピー、点字・点図編集用パソコンフリーソフト「エーデル」^[1-46]と点字プリンタを使った点図、真空成型（サーモフォーム）^[1-47]などの登場により、同じ図を簡単に複数枚作ることができるようになった。図書や教材の触図製作におけるこうした手法は、触知案内図の製作にも用いられている。最近では、視覚障害者自身がパソコンを操作して、任意の場所の触知案内図を立体コピーで作成できるシステムも開発され^[1-48]、パソコンが利用できる視覚障害者にとって触知案内図はより身近になった。

このような手法で作られる紙ベースの触知案内図に対し、駅などの公共施設で利用される設置タイプの触知案内図では耐久性が求められる。そのため、設置タイプの触

知案内図の多くは金属などを素材にし、素材をエンボス加工したり、素材の上に凸部分を印刷したりして製作される。素材の上に印刷する手法として注目されているのが、紫外線硬化樹脂インクを用いる印刷法である。金属、プラスチック、紙など様々な素材に印刷することができ、適応範囲が広い。また、無色透明の紫外線硬化樹脂インクには墨字印刷の上に重ねられるという利点がある。そのため、冊子タイプの触知案内図では、視覚障害者と晴眼者が共有できる触知案内図の実現が可能である。晴眼者と共有することの少ない設置タイプの触知案内図においても、墨字表示を付けて印刷すれば晴眼者が視認でき、視覚障害者に対して表示内容の説明がしやすい。これらの利点から、近年、紫外線硬化樹脂インクを用いた印刷法が普及している。

紫外線硬化樹脂インクを用いる印刷法で一般的なのは、ポリエステルやナイロン繊維の版面に開けた微小な孔からインクを通すスクリーン印刷方式である。スクリーン印刷は版を作れば大量の印刷ができる。しかし、大掛かりな装置や基礎経費を必要とし、また、製版工程を含むため、個別のニーズに基づく多品種少量生産の触知案内図への対応が簡単にはできない。そこで、冊子タイプの触知案内図の印刷では、個別ニーズへの対応が容易な紫外線硬化樹脂インク吐出方式^[1-49]による印刷手法の普及が期待されている。図 1-10 の音声案内機能が付いた冊子タイプの触知案内図は、この紫外線硬化樹脂インク吐出方式で印刷されており、視覚障害の有無にかかわらず利用しやすいものである。



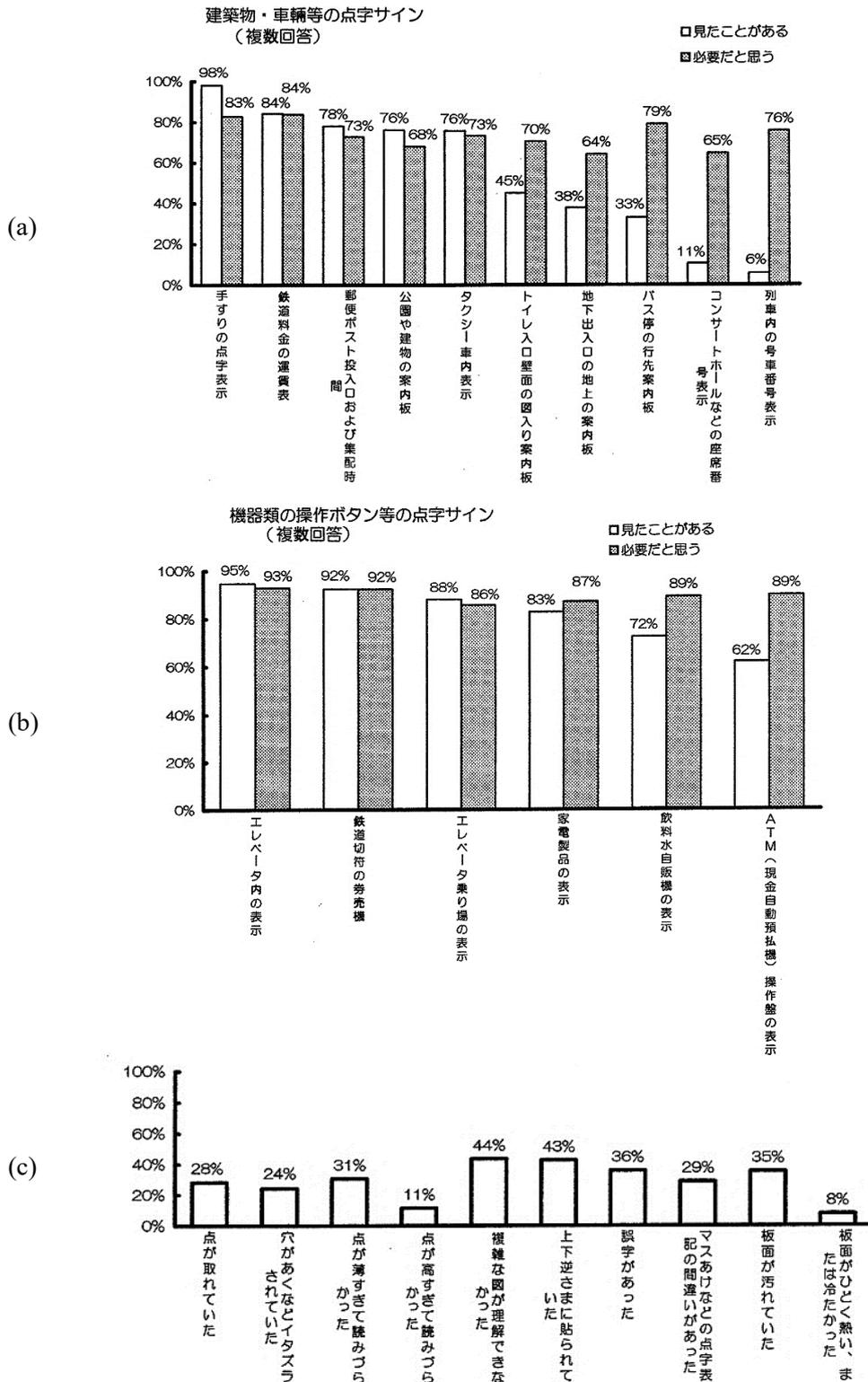
国立特別支援教育総合研究所: アクセシブルデザインパンフレット^[1-50] より

図 1-10 晴眼者と共有できる冊子タイプの触知案内図の例

(3) 触知案内図の表示法の標準規格

アクセシビリティに対する社会的関心の高まりや法制定により、駅などの公共施設を中心に触知案内図は普及した。しかし、普及の一方で、視覚障害者にとってわかりにくい触知案内図も増加した。地図が統一されていないのでわかりにくい、複雑すぎてわかりにくいといった理由で、触知案内図があまり利用されていない状況も報告された^[1-51]。わかりにくい触知案内図が増加した原因の一つは、それまでの専門業者に加えて、視覚障害者や触覚の特性に関する知識を持たない業者が参入したことであった。自治体や交通機関では触知案内図の発注業務がマニュアル化され、触知案内図の設置が建設工事の中に位置づけられたからだという^[1-52]。紫外線硬化樹脂インクを用いたスクリーン印刷法の普及も、従来からスクリーン印刷を行っていた印刷業者の参入を容易にした。墨字の上に紫外線硬化性樹脂インクを重ねた、晴眼者と共有できる冊子タイプの触知案内図では、墨字のデザインを優先させたいと考える業者もいたという^[1-52]。

日本盲人社会福祉施設協議会では 2001 年に、点字を使用し一人歩きをする視覚障害者 209 名を対象に点字サインに関するアンケート調査を実施し、点字表記等の基本ガイドラインと事例を示した^[1-31]。ここでの点字サインとは点字等による案内板・表示板・手すり表示・操作表示等を指し、幅広く規模の大きい調査であった。図 1-11 に点字サインに関するアンケート調査結果の一部を示す。図 1-11(a)は建築物・車両等の点字サインについて「見たことがあるもの」「必要だと思うもの」をそれぞれ複数回答で挙げてもらった結果であり、図 1-11(b)は機器類の操作ボタン等の点字サインについて同様に質問した結果である。図 1-11(c)は点字サインの問題点を挙げたもらった結果である。図 1-11(a)(b)から、どの点字サインについても過半数の人が必要だと思うと考えていることがわかる。公園や建物などの案内板では 60～80%の人が必要だと思うと回答した。全体的に、機器類の操作ボタン等の点字サインのほうが建築物・車両等の点字サインより必要だと思う人が多い傾向であった。建築物・車両等の点字サインの結果で目立つのは、必要だと思うという回答に対して、見たことがあるという回答が少ないことである。案内板でも、必要だと思うという回答と見たことがあるという回答の差は大きかった。図 1-11(c)では、点字サインの問題点として一番に挙げたのが「複雑な図が理解できなかった (44%)」であり、「上下逆さまに貼られていた (43%)」「誤字があった (36%)」「板面が汚れていた (35%)」を上回った。図 1-11 で示した問いに対する回答以外では、「点字案内板に図は必要か」



日本盲人社会福祉施設協議会: 視覚障害者の安全で円滑な行動を支援するための点字表示等に関するガイドライン, 図 1-8, 1-9, 1-10^[1-31] より

図 1-11 点字サインに関するアンケート結果

との問いに対して、「どんな案内板にも必要（18%）」「案内板の種類によっては必要（56%）」「どんな種類にも不要（22%）」という回答であった。

日本盲人社会福祉施設協議会では、案内板に関するこれらの結果について、「点字サインには必要に応じて触図も活用してほしいという期待がある反面、実際には読み取りが困難な例も多くあるという実情を表す数字といえよう」と分析している。また、現状と問題点を踏まえた点字サインの考え方について述べた章の中で、晴眼者と視覚障害者では、事前情報と確認情報の重みが異なることに言及している。外出の際に必要なとなる情報には、目的地について事前に調べて得る事前情報と、現地における案内板や、音声案内、誘導ブロックなどから得られる確認情報がある。晴眼者と視覚障害者どちらにとっても、両方の情報を得ることが外出行動の大きな助けになる。しかし、事前情報がなくても確認情報だけで外出可能な晴眼者に対し、視覚障害者は事前情報がないと一人での外出は不可能に近い。確認情報がいくつかあったとしても、それを見つけ出して辿り着くまでには困難が伴う。これらの言及から、事前に調べることのできる点字パンフレットや冊子タイプの触知案内図が視覚障害者に果たす役割は、晴眼者が思う以上に大きいと考えられる。また、同じ章の中で、図示は晴眼者にとってはわかりやすく伝える手段になるが、視覚障害者にとってはそうでない場合もあると述べている。何でも触図にすればよいわけではなく、たとえば左に何が右に何があるといった単純な位置関係は、図示より文章のほうがわかりやすいという。一方で、鳥の目で見るとような視点を与えてくれる触図を望む意見が多いことも忘れてはならないとしている。触図を使った案内板等の利点については、次のように述べている。点字や音声による情報は、言葉による説明と同様で、空間的な広がりの中に何がどう配置されているかを伝えるには限界がある。触図は面的な情報を伝える手段として、点字や音声に代え難いという。

視覚障害者が関係する触知案内図等についてこうした問題点や提言が出る中で、標準化に向けた取り組みも進められた。高齢者や視覚障害者が使いやすい製品・サービス・生活環境の整備については、日本からの提案で2001年にISO/IECガイド71（規格作成者のための高齢者・障害のある人たちへの配慮設計指針）がISOから発行された。日本では2003年にJIS Z8071^[1-53]として制定された。これを受けて、標準化の進め方についての提言書が発表された^[1-54]。提言書では、各種のアンケート結果を踏まえ、優先的に進める高齢者・障害者配慮標準化テーマ案を挙げている。最優先ですぐに着手すべき標準化テーマが13案、準備でき次第に着手すべき標準化テーマが7案、

表 1-5 提言書に挙げた最優先ですぐに着手すべき標準化テーマ

日本工業標準調査会：高齢者・障害者への配慮に係る標準化の進め方
について（提言書），図表 7^[1-54]を基に作成

①最優先ですぐに着手すべき標準化テーマ

標準化テーマ	概要	備考
コミュニケーション支援用絵記号規格	高齢者・障害者のコミュニケーションに用いる絵記号の規格化	日本規格協会での調査研究成果のJIS化
案内表示の規格	高齢者・視覚障害者・知的障害者等に配慮した公共的施設での案内表示の文字・絵・色彩・位置等を規格化	既存研究成果，ニーズ，問題点を確認しながらJIS化
触地図等の触覚表現規格化	視覚障害者に配慮した公共的施設等での案内地図の触覚図形等を規格化	既存研究成果，ニーズ，問題点を確認しながらJIS化
加齢化を考慮した報知音の規格	高齢者に配慮した消費生活製品における報知音の音圧レベル及び音の長さのJIS化	産業技術総合研究所での研究成果のJIS化
加齢化を考慮した鮮度評価の規格	高齢者に配慮した視覚表示物の年代別輝度の求め方と光の評価方法のJIS化	産業技術総合研究所での研究成果のJIS化
加齢化を考慮した可読日本語文字の規格	高齢者に配慮した視覚表示物の日本語文字の最小可読サイズの推定法のJIS化	産業技術総合研究所での研究成果のJIS化
警報・避難器具の規格	高齢者・障害者に配慮した警報装置，避難器具を規格化	ニーズ，問題点を確認しながらJIS化
階段の設置法の規格	高齢者・弱視者等に配慮した公共的空間における階段の設置法（寸法，照明，色彩，手すり等）を規格化	ニーズ，問題点を確認しながらJIS化
情報通信機器・サービスのガイドライン規格	ISO/IECガイド71に基づく高齢者・障害者が利用しやすい情報通信機器・サービス分野のセクターガイドライン規格 情報通信機器，Web等の規格化	INSTACで実施しているものを強化・継続
情報通信機器の設計指針規格	高齢者・障害者に配慮した情報通信機器の設計指針の規格	JEITAで実施しているものを強化・継続
ウェブアクセシビリティの設計指針規格	高齢者・障害者に配慮した情報通信に用いるウェブアクセシブルな設計指針の規格	INSTACで実施しているものを強化・継続
障害児用チャイルドシート規格	乗用車用チャイルドシートの障害児用の規格	福祉領域，業界先行でも良い（福祉用具）
視覚障害者音声誘導システム	視覚障害者に配慮した音声誘導システムに関する規格化	既存のシステムに関する検討等

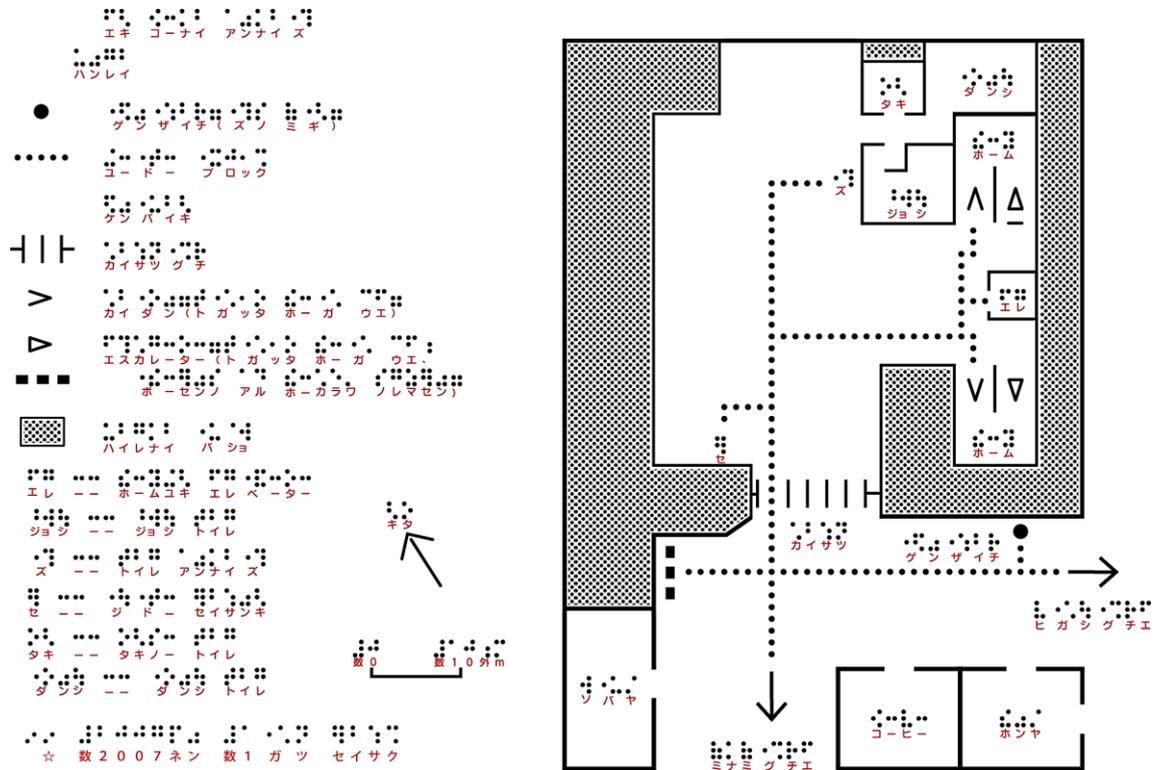
調査研究を要するなど検討すべき標準化テーマが 19 案であった。触知案内図の表示法の標準化は「触地図等の触覚表現規格化」として、最優先ですぐに着手すべき標準化テーマの一つに挙げられている（表 1-5 参照）。その後、標準化に向けてアクセシブルデザイン（AD）検討委員会において検討が重ねられ^[1-55]、2007 年に JIS T 0922（高齢者・障害者配慮設計指針 -触知案内図の情報内容及び形状並びにその表示方法）^[1-29]が制定された。

JIS T 0922 では、触知案内図について、屋内外の施設・設備及び移動空間の位置情報を凹凸がある線・面、触知記号、点字などによって触知できる案内図、としている。各項目の規定において、線については違いを容易に識別できる直線や点線を用いること、面領域については領域の違いを手触りで明確にわかる凸状のドットや斜線を用いて領域内を識別可能にすることと定め、触知記号については附属書 B において、触知案内図に用いることができる触知記号の例を挙げている。附属書 B には、誘導ブロックやエレベータなどの触知記号とともに、利用できない箇所の触知記号として千鳥格子状のドットパターンが掲載されている（図 1-12 参照）。また、点字については、広い箇所を説明する点字はその領域内に書くこと、点字のサイズは JIS T 0921（高齢者・障害者配慮設計指針 -点字の表示原則及び点字表示方法- 公共施設・設備）^[1-56]及び JIS T 9253（紫外線硬化樹脂インキ点字 -品質及び試験方法）^[1-57]で規定したサイズにすることと定めている。図 1-13 は、JIS T 0922 の附属書 C において全体案内の表示方法の一例として記載された触知案内図である。

記号	事例
	—

日本工業標準調査会：JIS T 0922, 附属書 B^[1-29] より

図 1-12 JIS T 0922 におけるドットパターンについての記載



日本工業標準調査会: JIS T 0922, 附属書 C^[1-29] より

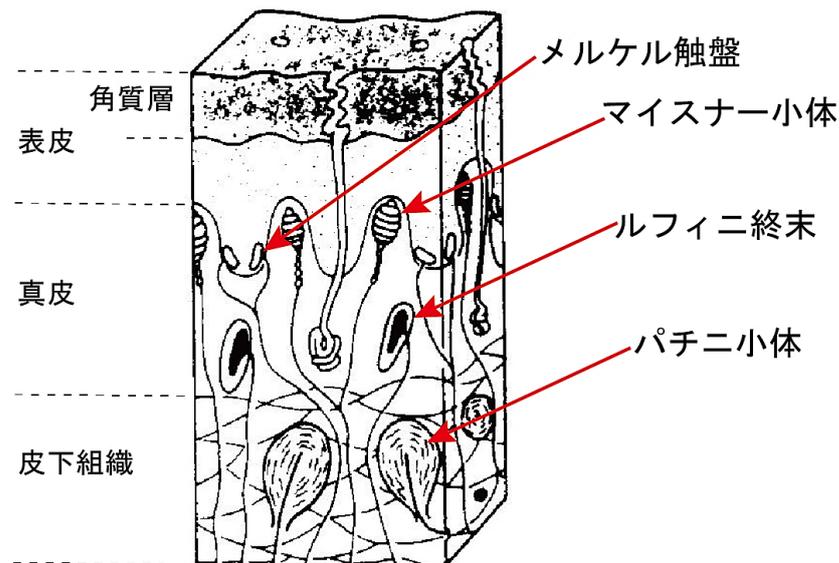
図 1-13 JIS T 0922 に掲載されている触知案内図の例

1.2 触知案内図の触読容易性に関する基礎的知見

1.2.1 触知覚に関する基礎的知見

ものに触れて情報を得る触知覚においては、触覚、圧覚、温覚、冷覚、痛覚などの皮膚感覚 (cutaneous sensation) が重要な働きをする。触り方には、手を動かさない受動触と、手を動かし外界を探索する能動触がある。能動触では皮膚感覚に加えて、深部にある筋肉、腱、関節などが関与する自己受容感覚 (proprioceptive sensation) が働き、両者を合わせて触運動知覚 (haptic perception) という。受動触と能動触ではどちらが触知覚において優位かという議論では、限られた条件下においては受動触のほうが優位であったとする報告もあるが、能動触の優位性や両者に差はないとする報告が多い^[1-58]。手の動きが触知覚に及ぼす影響よりも、手と対象物との相対的な動きや、対象物の形状が及ぼす影響のほうが大きいと考えられる。本項では、皮膚感覚の中でも、触知案内図の触読容易性に関わる機械的感覚 (mechanoreception) に焦点を当て、以下に触覚と圧覚について基礎的知見を整理する。

図 1-14 はヒトの指先や手掌など皮膚無毛部の構造を表した模式図である。表皮から



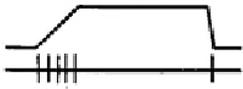
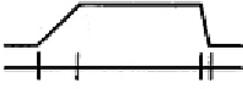
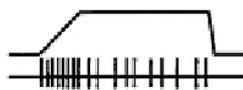
福田忠彦：生体情報論^[1-59]，図 6.2 改変

図 1-14 皮膚無毛部の構造

皮下組織にかけて、表皮近傍の真皮最外層にあるマイスナー小体（Meissner corpuscle）、表皮の最深部にあるメルケル触盤（Merkel disk）、真皮最深部層のルフィニ終末（Ruffini ending）、皮下組織深部のパチニ小体（Pacinien corpuscle）の4種類の機械受容器（mechanoreceptor）がある。これらの機械受容器は、順応速度と受容野の大きさにより分類される。順応速度では、圧刺激のオン・オフに应答する速順応型（fast adapting: FA）と、圧刺激に対して持続的に应答する遅順応型（slowly adapting: SA）、受容野の大きさでは、境界が鮮明で直径が数 mm 程度の I 型、面積が広くはつきりしない II 型に分類される。各機械受容器の应答特性は、順応速度と受容野の組み合わせにより異なる（表 1-6 参照）。FA I のマイスナー小体は低周波の振動に強く应答し、速度検出や空間パターン検出に関係する。FA II のパチニ小体は高周波の振動に強く应答し、振動検出や加速度検出の役割を担う。SA I のメルケル触盤は静的な圧の強度を検出する。SA II のルフィニ終末は静的な横ずれの検出に関係する。触知覚において、各機械受容器はそれぞれが役割を担い、協調した働きをしている。

表 1-6 機械受容器の分類と应答特性

Vallbo, A.B.ら, 1984^[1-60] を一部引用して作成

		受容野の大きさ	
		小・境界鮮明	大・境界不鮮明
順応速度	速	マイスナー小体 (FA I) 	パチニ小体 (FA II) 
		低周波振動	高周波振動
	遅	メルケル触盤 (SA I) 	ルフィニ終末 (SA II) 
		静的な変位	静的な横ずれ

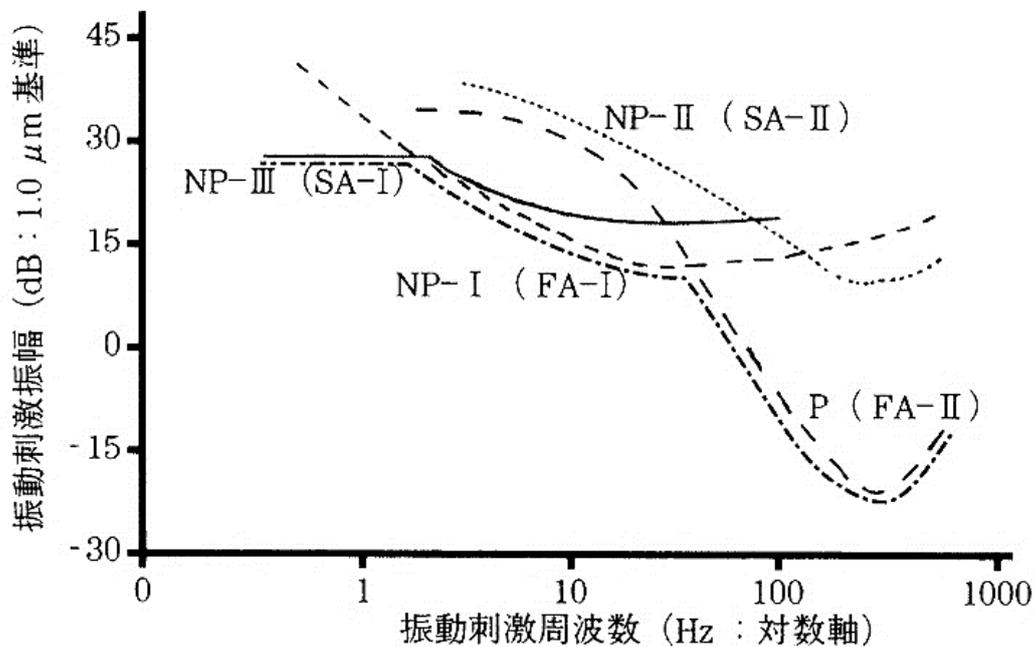
注) 表中の図は、皮膚変形刺激とそれに対する神経应答。

皮膚の感度は、圧力知覚の感度、空間知覚の感度（空間分解能）、振動知覚の感度などで評価される。圧力知覚の感度の評価は、皮膚上に継時的に2点の圧刺激を提示し、強さが異なって感じられる圧力差により示される。身体部位では顔面の感度が高く、上肢では指の感度が高いとされている。空間分解能の評価指標として一般的なのは、触2点弁別閾による評価である。触2点弁別閾の測定では、通常、2本の針を一定の圧力で皮膚にあて、2点であることがわかる最小の距離を測る。触2点弁別閾について、指先では若年者が1.95mm、中年者が2.68mm、高齢者が5.03mmという報告^[1-61]や、若年者の人差し指末節部では $1.4\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ^[1-62]などの報告がある。測定時の条件により数値に変動はあるが、高齢者以外では手指の先で1~3mm程度といわれている。静的な触2点弁別閾に対し、凸の2点上を人差し指で走査して調べる動的な2点弁別閾も測定されている。動的な2点弁別閾は、若年者の人差し指末節部で $0.7 \pm 0.5\text{mm}$ だったという^[1-62]。動的な2点弁別閾は静的な触2点弁別閾より小さいといわれる^[1-63]。この他、ギャップ、線の方向、線の長さ等、2点の閾値測定以外の方法でも空間分解能は評価されている。空間分解能の晴眼者と視覚障害者の比較では、若年者の人差し指の指腹における触2点弁別閾は視覚障害者のほうが閾値が低く、動的な2点弁別閾は視覚障害者と晴眼者に差はなかったという^[1-64]。溝の識別において視覚障害者のほうが優れていたという報告^[1-65]や、ギャップ等の識別の閾値では晴眼者と視覚障害者に違いはなかったが、ドットの位置に関する識別では視覚障害者のほうが優れていた^[1-66]などの報告もあった。振動知覚の感度は、皮膚に接触子をあてて振動させ、振動周波数ごとに振動振幅に対する感度を測定して評価する。図1-15のように、振動振幅に対する感度は40Hz付近を変曲点とし、250Hz付近を底とした曲線を描くことが知られている^[1-67, 1-68]。

皮膚感度と機械受容器の関係をみると、圧力知覚はメルケル触盤（SA I）が関与し、空間分解能においてもメルケル触盤が優位であるといわれている^[1-69]。空間分解能におけるメルケル触盤の優位性は、中心間距離が数mm程度の凹凸を指を動かさずに触ったとき、メルケル触盤の応答パターンが刺激のパターンを最もよく再現したことからも確認された^[1-70]。振動知覚には、マイスナー小体（FA I）とパチニ小体（FA II）が関与し、マイスナー小体では40Hz付近で感度が最も高くなり、パチニ小体では250Hz付近が感度のピークとなる^[1-68]。振動知覚における各周波数の振動振幅に対する感度が、40Hz付近を変曲点とし250Hz付近で底となる曲線を描くのは、低周波数領域を担うマイスナー小体と高周波数領域を担うパチニ小体のこうした連携によるものである。こ

これらの皮膚感度と機械受容器の関係から、指を動かさなくても皮膚変形が生じるような凹凸の知覚には主にメルケル触盤が関与し、短時間内の皮膚変化情報が重要となる微細なテクスチャ知覚には主にマイスナー小体とパチニ小体の関与が考えられる^[1-71]。ただし、物体表面の粗さや滑らかさの知覚の決定においては、単純に物体表面の空間周波数と指を動かす速度の関係のみが要因となるわけではなく、指紋や皮膚内部の物理的特性、及びそれらの高速な時間変化等も影響すると指摘されている^[1-73]。

他の知覚と同様に、触知覚においても加齢効果が認められた。機械受容器の加齢効果では、特にマイスナー小体に関して言及したものが多く、高齢になるにつれて密度が単調減少し^[1-74, 1-75]、形態も膨大化して型崩れするといわれている^[1-76]。パチニ小体



P: パチニ NP: 非パチニ

下部に描かれた4つの曲線の最小値がヒトの振動感応曲線となる。

内川: 感覚・知覚の科学^[1-72], 図3.10より
(Bolanowski, S.J.ら, 1988, Fig.8^[1-68]を改変)

図1-15 振動知覚の周波数特性

でも加齢による減少が報告されている^[1-77]。皮膚感度の加齢効果では、皮膚の空間分解能や振動検出力が低下するという報告は多い^[1-78, 1-79]。加齢による空間分解能の劣化は、近位より遠位のほうが顕著である^[1-80, 1-81]。前述した指先の触2点弁別閾の測定結果では、若年者が1.95mm、中年者が2.68mm、高齢者が5.03mmであり^[1-61]、若年者と高齢者では大きな差があった。2点の閾値測定以外の方法（ギャップ、線の方向、線の長さ等）で評価された人差し指の空間分解能においても、加齢による劣化が認められた^[1-82]。振動知覚の感度については、振動知覚の周波数特性を表した曲線は年齢を問わず同じ形状を示すが、加齢とともに閾値の上昇がみられ^[1-83]、特にパチニ小体が関与する高周波振動閾値の上昇が顕著だという^[1-84]。圧力知覚の感度においても、加齢による低下が報告されている。人差し指の圧力感度において、高齢者は高齢者間でのばらつきが大きいですが、全体的に若年者よりも感度は低かったという^[1-85]。加齢による皮膚感度の低下傾向は、点字などを長期にわたって使用している視覚障害者にもみられた^[1-65]。高齢になって皮膚の感度が衰えるこのような現象には、機械受容器自体の変化に加え、皮膚の弾力低下等の機械受容器周辺の変化が影響すると考えられる。

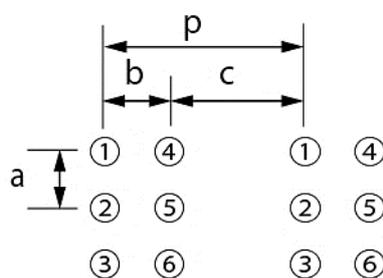
我々が日常行う触行動は、通常、手を動かす能動触である。能動触による走査速度は33~110mm/s内にあるとされている^[1-86]。能動触で粗さを判別する実験では、指は、対象物に接触した後ある程度加速してほぼ一定速度になり、その後減速して対象物から離れた。このとき、被験者の触運動速度は150mm/s以内であったという^[1-87]。エンボス文字を能動触による走査で読み取る実験では、走査は100mm/sから始まるV字状の速度プロファイルを示し、平均最小走査速度は17mm/sだった^[1-88]。このとき、受動触と能動触で正答率に差はなく、また、受動触では20~40mm/sの走査速度の間では分解能があまり影響しないこともわかったという。能動触では手の動きが一様でないため、そのときの手の動きや対象物の形状等によって、関与する機械受容器も異なる。点字などの触読にはメルケル触盤（SA I）とマイスナー小体（FA I）の関与が指摘されている^[1-89, 1-90]。

1.2.2 触知案内図の触読容易性に関する先行研究

触知案内図の表示法に関する JIS T 0922^[1-29]では、「附属書 B (参考) 触知案内図に用いることができる触知記号」に掲載した触知記号について、紫外線硬化樹脂インクによる印刷法で印刷した試験片を用いた調査で一定の有用性が認められたと記している。そこで、本項では、触知案内図の触読容易性の向上を目的として、実験で紫外線硬化樹脂インク使用の印刷法による提示刺激を用いた先行研究について述べる。

(1) 触知案内図を構成する点字関連の先行研究

紫外線硬化樹脂インク印刷の点字 (UV 点字) については、高さ、点間隔、マス間隔について明らかにされている^[1-91, 1-92, 1-93]。点字触読初心者を想定した晴眼者の場合、図 1-16 に示した縦と横の点間隔 (a と b) が等しい点字では、点間隔が 2.9mm の場合には最も識別しやすく、2.3mm より狭くなると識別しにくくなることがわかった。縦と横の点間隔が異なる場合は、縦点間隔 3.1mm かつ横点間隔 2.9mm 以上にすることで、確信をもって正確かつ速く触読できることがわかった。これらの結果は、JIS T 9253^[1-57]の推奨値よりも大きい。高さについては、0.4mm が最も確信をもって識別できたという。また、点間隔とマス間隔の関係では、点間隔が広く、マス間隔が大きいほど、速く正確に確信をもって触読できることが明らかになった。



a, b: 点間隔 c: マス間隔 p: 1 マスの領域

図 1-16 点字の配列及び中心間距離

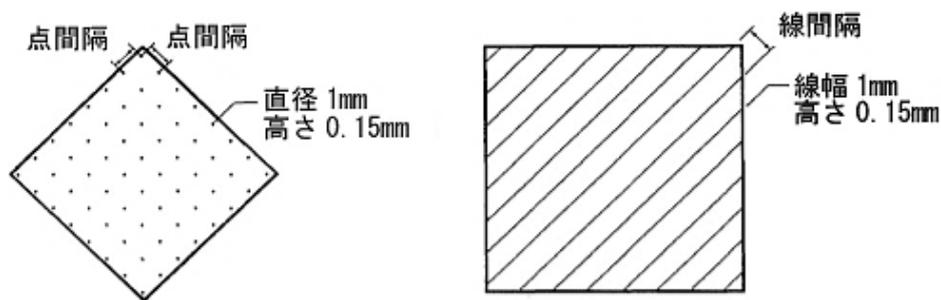
UV 点字を上質紙とラミネートフィルムに印刷して、印刷素材の影響を評価した研究もなされた^[1-94]。ラミネートフィルムより上質紙のほうが速く正確に UV 点字を触読できたという。上質紙では点字の高さによる差はなく、ラミネートフィルムでは高いほうが速く正確に触読できることもわかった。触読中の指の滑りやすさについては、上質紙では高さによる差はなく、ラミネートフィルムでは高さによる差があった。点字を学習して間もない中途視覚障害者では、印刷素材が UV 点字の触読性に影響するとしている。

(2) 触知案内図を構成する触知記号関連の先行研究

触知記号には複雑な形状の図形が用いられているが、その基礎研究として、単純幾何学図形の識別特性が調べられた^[1-95]。若年と高齢の晴眼者を対象に、正円、正三角、正四角について面積 0.1~2.0cm² を条件とし、触察により種類を回答する実験が行われた。実験結果では、いずれの形状についてもサイズの小さい 0.1cm² を除き、加齢効果が認められた。若年者は触知記号のサイズが指腹のおよそ 7 割以上あれば識別特性は悪くなかったが、高齢者では指腹程度のサイズであってもエラー率の高い形状の触知記号があったという。

(3) 触知案内図の領域情報に関する先行研究

触知案内図では、空間的な領域情報を面パターンで表す。特に多くの触知案内図で利用されているのが、凸状の点を規定の間隔で敷き詰めたドットパターンと、凸状の線を規定の間隔で敷き詰めたストライプパターンである。面パターン上で指を滑らせた場合、指腹には最も高い凸の中央部が触れる。そのため、触知案内図の製作者は、通常、ドットパターンでは点間隔の違い、ストライプパターンでは線間隔の違いによって面の違いを示している。そこで、ドットパターンの点間隔やストライプパターンの線間隔と識別特性の関係を明らかにするために、ドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性に関する研究が行われた^[1-96]。この研究では、若年晴眼者 20 名に対し、点間隔が異なるドットパターンと線間隔が異なるストライプパターンを提示刺激として、それぞれのパターンの評価実験が行われた（図 1-17、表 1-7 参照）。回答方法として、「極端に密」「かなり密」「やや密」「どちらでもない」「やや粗」「かなり粗」「極端に粗」の 7 段階のカテゴリによる回答方法が採用された。その結果、ドットパターンでは、「極端に密」と感じる点間隔は 2mm 以下、「極端に粗」



和田勉ら: 2009, Fig.1^[1-96] より一部改変

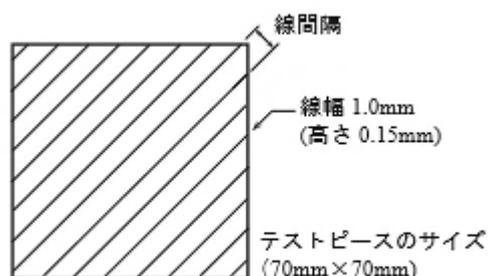
図 1-17 ドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性の研究で
用いられた提示刺激

表 1-7 ドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性の実験条件

点間隔 [mm]	1.4 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	11 12 13 14 15
線間隔 [mm]	1.4 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	11 12 13 14 15 20 25 30

と感じる点間隔は 14mm 以上であった。一方，ストライプパターンでは，「極端に密」と感じる線間隔は 2mm 以下，「極端に粗」と感じる線間隔は 25mm 以上であった。これより，同じ間隔でも，ドットパターンのほうがストライプパターンよりも粗いと感じることがわかった。

ストライプパターンの識別特性についての研究も行われた^[1-97,1-98]。これらの研究では，晴眼者 20 名（若年晴眼者 10 名及び中高齢晴眼者 10 名），視覚障害者 15 名（若年視覚障害者 5 名及び中高齢視覚障害者 10 名）に対し，線間隔の異なるストライプパターンを提示刺激として識別実験が行われた（図 1-18，表 1-8 参照）。回答方法として，「1.触感が同じで見分けがつかない」「2.触感が似通っているが，なんとなく違う」「3.触感がかなり異なっており，はっきり違いがわかる」「4.触感がまるで別物のように異なる」の 4 段階のカテゴリによる回答方法が採用された。この研究によ



和田勉ら: 2013, 図 1^[1-97] 転載

図 1-18 ストライプパターンの識別特性の研究で用いられた提示刺激

表 1-8 ストライプパターンの識別特性の実験条件

線間隔 [mm]	1.4	2	3	4	5	6	7	8	9	10

り、2 種のストライプパターンの線間隔差が 6mm 以上あれば、点字触読歴及び年齢を問わず識別しやすいことが明らかになった。

1.2.3 触知案内図の触読容易性向上に関する検討課題

JIS T 0922^[1-29]が制定され、触知案内図の製作指針として活用されている。しかし、必ずしも十分な指針であるとはいえない。一つは、触知記号についての情報が不足していることである。JIS T 0922 の附属書 B には、トイレ、階段、改札など、18 種類の触知記号が記載されている。しかし、適切なサイズについての記載はない。前述した触知記号に関する先行研究では、正円、正三角、正四角の識別特性が調べられ、高齢者では指腹程度のサイズであってもエラー率の高い形状があった。実際の触知記号は複雑であり、単純図形よりもさらにわかりにくい可能性がある。適切なサイズの検討は必須の検討課題である。

もう一つの重要な検討課題は、領域を示す面パターンに関する指針の充実である。

1.1.3 項(3)で述べたように、日本盲人社会福祉施設協議会はアンケート調査の結果とそれを踏まえた分析・提言の中で、鳥の目で見るとような視点を与えてくれる触図を望む意見が多いと指摘している^[1-31]。また、点字や音声では空間的な広がりの中に何がどう配置されているかを伝えるには限界があり、面的な情報を伝える手段として、触図は点字や音声に代え難いとも述べている。このような要望に叶った触知案内図を実現させるためには、面パターンをどのように使えば適切に領域の広がりや領域の違いが示せるのかを明らかにしなければならない。ストライプパターンについては、前述した先行研究により、識別特性が明らかにされた。しかし、ドットパターンについては、JIS T 0922には「利用できない箇所の触知記号」として千鳥格子状のドットパターンが取り上げられているが、それ以上の具体的なことは記載されていない。

図 1-19 は、触知案内図上の領域情報をドットパターンにより示した例である。このように領域を境界線で区切って、その中にドットパターンを配置する。複数の領域を一つの触知案内図上で示すときは、点間隔の異なるドットパターンを用いる。また、境界線とドットパターンが接近すると境界線がドットパターンに埋もれて識別しにくい状態になるため、境界線がはっきりと識別できるよう、通常は境界線の両側に隙間を設ける。しかし、触知案内図においてどの程度の点間隔差があれば異なる面と感じるか、また境界線とドットパターンの間にどの程度の隙間があれば境界線を容易に識別できるかについて定量的に評価された研究は行われていない。ドットパターンは単

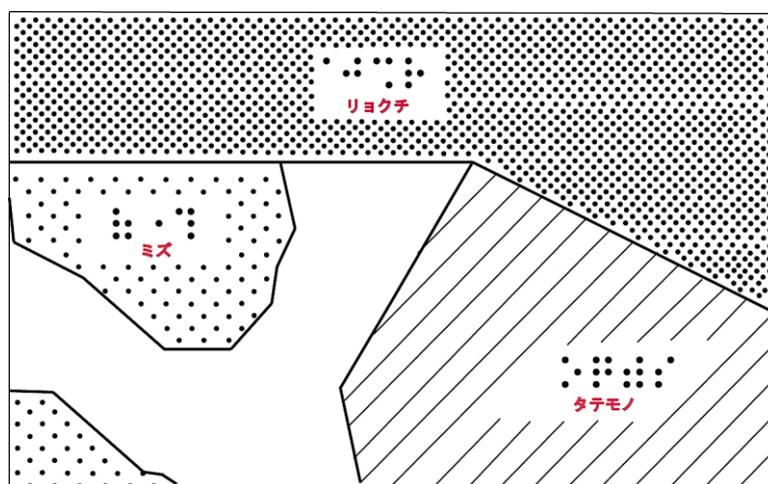


図 1-19 触知案内図における面パターンの使用例

純な形状の面パターンである。単純であるからこそ使い勝手がよく、広く利用されている。上述したドットパターンに関する課題は、触知案内図の触読容易性を向上させるために検討すべき課題だといえる。

1.3 本研究の目的

上述した通り、領域情報を示す面パターンの中で最も使用頻度が高く、JIS T 0922^[1-29]にも取り上げられているドットパターンについては、製作上の具体的指針につながる定量的なデータは得られていない。ドットパターンが示す領域情報に関して定量的なデータが得られ、製作上の具体的指針が示されれば、わかりやすい触知案内図の普及に貢献できると考えた。そこで本研究では、ドットパターンに焦点を当て、触知案内図における領域情報の触読容易性向上に寄与する知見の獲得を目的とした。具体的には、次の2課題を設定し、定量的なデータに基づき明らかにする。一つはドットパターンの識別特性に関する課題（課題1）である。複数のドットパターンを併用した場合にどの程度の点間隔差があれば異なる面と感じるかについて明らかにする。もう一つは境界線の識別特性に関する課題（課題2）である。ドットパターンが隣り合った場合に、境界線とドットパターンの間にどの程度の隙間があれば境界線をより容易に識別できるかについて明らかにする。

本研究は、触知案内図の製作指針となるような定量的データの獲得を目指したものである。そこで標準化を視野に入れて実験参加者の選定、触察方法、提示刺激の印刷方法について方針を立て、実験方法を設定することとした。実験参加者の選定については、我が国の視覚障害者の状況を踏まえ、「若年」⇔「高齢」、「触読経験がない」⇔「触読経験が豊富」の属性を組み合わせ、中途失明者を想定した若年晴眼者と高齢晴眼者、触読経験が豊富な若年視覚障害者と高齢視覚障害者の4群とする。触察方法については、実際の触察では両手を広く使うことが多いが、どのような触察方法でもわかりやすい触知案内図になるよう実験は利き手の人差し指とし、厳しい触察環境下でも高い確率で識別できる条件を求める。提示刺激の印刷方法については、JIS T 0922^[1-29]において有用性の検証に使われたと記載されている、紫外線硬化樹脂インクによる印刷法を用いる。

1.4 本論文の構成

本論文は、全4章で構成される。本論文の流れを以下に示す（図1-20参照）。

第1章では、本研究の背景と目的、触知案内図の触読容易性に関する基礎的知見、本論文の構成について述べた。

第2章は、本研究の目的で述べた課題1に対応した章である。この章では、触知案内図において複数のドットパターンを併用するとき、どの程度の点間隔差があれば異なる面として識別できるかを明らかにする目的で行った評価実験について述べる。

第3章は、本研究の目的で述べた課題2に対応した章である。この章では、触知案内図においてドットパターンを境界線で区切って領域を示すときに、ドットパターンと境界線の間どの程度の隙間があれば境界線が識別できるかを明らかにする目的で行った評価実験について述べる。

第4章では、本研究で得られた知見をまとめ、今後の展望について述べる。

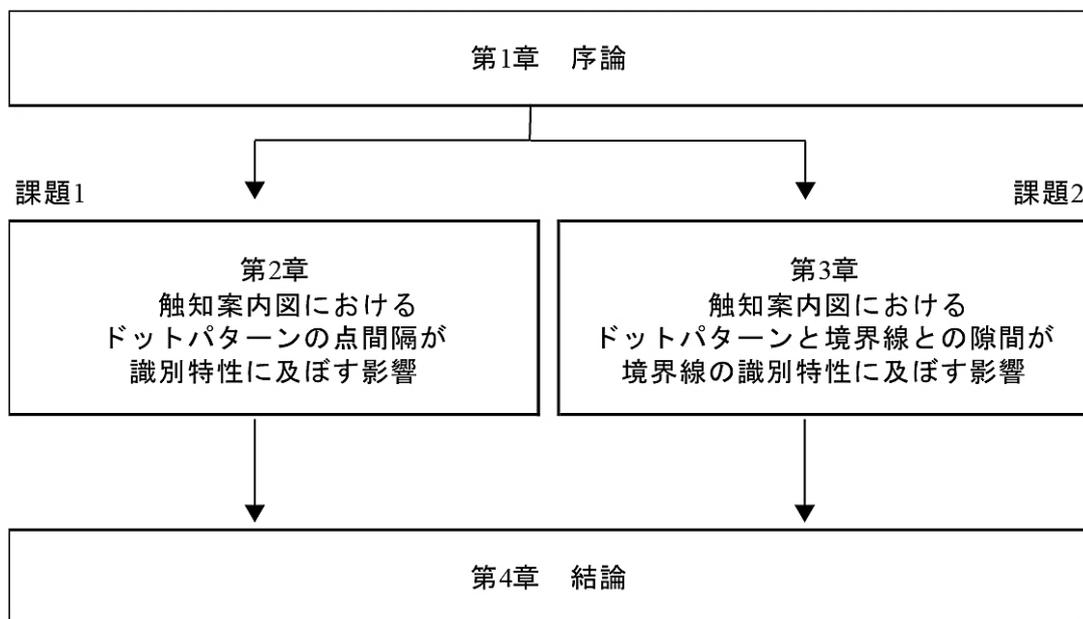


図 1-20 本論文の構成

第2章

触知案内図におけるドットパターンの点間隔が 識別特性に及ぼす影響

2.1 目的

2.2 方法

2.3 結果

2.4 考察

2.5 小括

概要

第2章では、第1章で設定した課題1（ドットパターンの識別特性に関する課題：複数のドットパターンを併用した場合にどの程度の点間隔差があれば異なる面と感じるか）に対して、定量的に評価することを目的として実施した実験について述べる。

本実験では、若年晴眼者、高齢晴眼者、若年視覚障害者、高齢視覚障害者の4群を実験参加者として、ドットパターンの識別実験を行った。提示刺激のドットパターンは、紫外線硬化樹脂インクを用いて上質紙の上に印刷した。実験条件は、点間隔9条件（2mmから10mmまでを1mm刻み）とし、2種の提示刺激を比較する方法で実施した。実験で得られた正答率と確信度のデータを評価した結果、それぞれの群における識別しやすいドットパターンの組み合わせとともに、年齢や触読経験によらず識別しやすいドットパターンの組み合わせが明らかになった。また、若年者と高齢者の結果の比較により加齢の影響が認められ、さらに晴眼者と視覚障害者の結果の比較により触読経験の影響が認められた。

2.1 目的

複数のドットパターンを併用した場合に、どの程度の点間隔差があれば異なる面と感じるかを明らかにする。加齢や触読経験の影響を考慮し、触知案内図利用の初心者想定した若年晴眼者と高齢晴眼者、触読経験が豊富な若年視覚障害者と高齢視覚障害者の4群を対象として、ドットパターンの識別実験を行った。実際の触知案内図において複数のドットパターンと出会う場面には、凡例と照らし合わせるような何度か往復して確認する場面と、特に注意を払わず図上を触って同じ触感が得られたら同じ領域だと判断する場面がある。本研究は触知案内図の製作指針となるような定量的データの獲得を目指し、厳しい条件下でも識別しやすい条件を求めることを方針としている。そこで、本実験の触察方法には、往復して確認する触察ではなく、利き手の人差し指の指腹による一方向の触察を採用した。

2.2 方法

2.2.1 実験参加者

実験は44名の協力を得て実施した（表2-1参照）。内訳は若年晴眼者14名（年齢 21.3 ± 1.6 歳）、高齢晴眼者10名（年齢 70.4 ± 3.0 歳）、若年視覚障害者10名（年齢 21.8 ± 3.9 歳、点字触読歴 15.5 ± 4.1 年）、高齢視覚障害者10名（年齢 70.0 ± 4.3 歳、点字触読歴 55.9 ± 15.1 年）である。実験参加者は全員、指先の皮膚感覚に異常がなく、皮膚に外傷や関連既往症もなかった。なお、本実験は、早稲田大学の「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した（承認番号2011-114, 2013-019）。

表 2-1 実験参加者の内訳

実験参加者 (年齢[歳])	人数 [人]	点字触読歴 [年]	性別[人]		使用した手[人]		視力
			男	女	右	左	
若年晴眼者 (21.3 ± 1.6)	14	—	10	4	13	1	晴眼
高齢晴眼者 (70.4 ± 3.0)	10	—	7	3	10	0	晴眼
若年視覚障害者 (21.8 ± 3.9)	10	15.5 ± 4.1	5	5	7	3	全盲
高齢視覚障害者 (70.0 ± 4.3)	10	55.9 ± 15.1	4	6	5	5	全盲

2.2.2 提示刺激

実験で用いた提示刺激のドットパターンは、冊子タイプの触知案内図で使用されることの多い上質紙の上に、紫外線硬化樹脂インク吐出方式^[2-1]によって印刷した（図2-1 参照）。提示刺激の印刷では、前もって塗布実験を行い、ドットサイズを形状計測装置で計測して圧力や吐出時間等の塗布条件を割り出した。図2-2に本実験の提示刺激を作成した装置の構成図を示す。X-Y-Z座標面の任意の位置にノズルを移動させるために、サーボモータで駆動するリニアガイドを用いた。座標のコントロールは、位置制御用のプログラムによるコンピュータ制御で行った。また、インクの硬化には、紫外線のランプを用いた。

実験条件については、ドットパターンの触察において主として指に触れるのはドット中央のいちばん高いところであるため、ドットの直径や高さは評価の対象とせずに

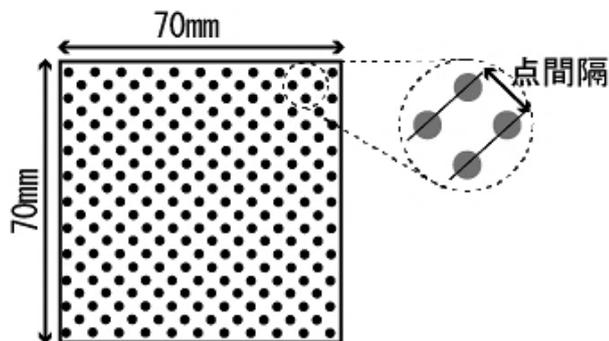


図 2-1 提示刺激

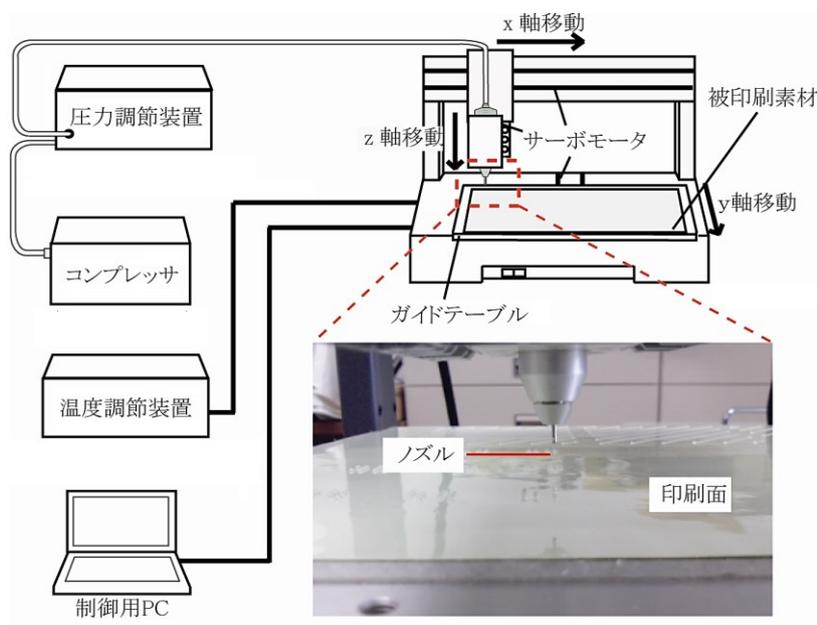


図 2-2 提示刺激の作成に用いた装置構成

点間隔を実験条件とした。ドットパターンの粗密感について、点間隔 2.0mm 以下のとき「極端に密」、10.0mm 以上になると「かなり粗」、14.0mm 以上のとき「極端に粗」と感じる事が報告されている^[2-2]。そこで、点間隔の条件は、面としてのまとまりを考え、2~10mm を 1mm 刻みにして 9 条件とした（表 2-2 参照）。ドットのサイズは、高さ 0.2mm、直径 1.2mm に統制し、ドットの中心感距離を点間隔とした。高さについては、点字技能師の助言により、点字と混同しないように、JIS T 9253^[2-3]で基準としている点字の高さ $0.4 \pm 0.1\text{mm}$ より低く設定した。また、実際の利用において、同じ触知案内図内の異なる領域情報を同一点間隔のドットパターンで示す場面はないため、点間隔が同一の組み合わせを除く 36 通りの組み合わせについて識別実験を行った（表 2-3 参照）。

表 2-2 実験条件

点間隔 [mm]	2	3	4	5	6
	7	8	9	10	

表 2-3 点間隔の組み合わせ条件

点間隔差 [mm]	a-b	点間隔 a[mm] と 点間隔 b[mm] の組み合わせ							
1	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
2	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9	8-10		
3	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9	7-10			
4	2-6	3-7	4-8	5-9	6-10				
5	2-7	3-8	4-9	5-10					
6	2-8	3-9	4-10						
7	2-9	3-10							
8	2-10								

2.2.3 手続き

実験では、マグネットシートを裏面に貼った2種類の提示刺激を、左右方向に190mmの中心間距離をおいて配置した。実験の際は手元をカーテンで遮蔽し、実験参加者から提示刺激が見えないようにした。開始の合図により、実験参加者は、左の提示刺激から右の提示刺激の順に利き手人差し指の指腹を自由に滑らせ、識別できた時点で右の提示刺激から指を離してもらった(図2-3, 図2-4参照)。指を離した後、左右のドットパターンが同じか違うかを2肢強制選択で回答し、主観評価としてその回答がどの程度確からしいかを5段階の等間隔の間隔尺度(1:確信なし~5:確信あり)で答えてもらった。ドットパターンに対する指腹の動かし方は実験参加者の自由であったが、爪を立てないようにしてもらった。36通りの組み合わせについて4回ずつ実施し、試行数は計144試行となった。提示刺激は全てランダムに提示した。また、本試行は練習試行を行ってから実施し、本試行中に適宜休憩をとった。

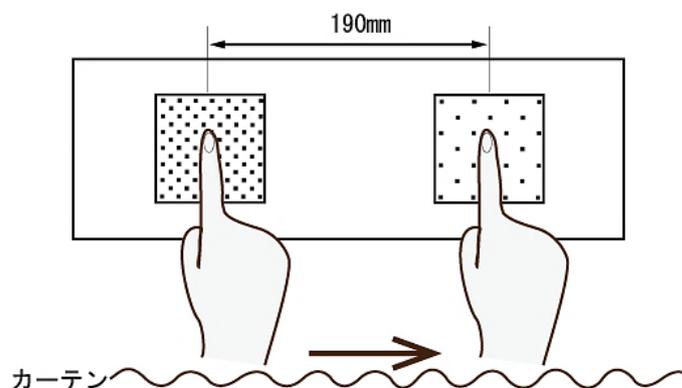


図2-3 実験手順



図2-4 実験の様子

2.2.4 評価方法

点間隔の組み合わせ条件ごとに、回答が正答であった割合を正答率、主観評価の平均値を確信度として算出し、評価指標とした。なお、反応時間については、本実験では左から右への一方向の触察を各自のテンポで行ってもらったため、評価指標とするための計測はしなかった。

本章では、識別しやすさの判断基準として、①正答率が 100%の組み合わせ、②正答率が 95%以上かつ確信度が 4.6 以上の組み合わせ、という条件を設け、いずれかの条件を満たしたときに、識別しやすい点間隔の組み合わせと判断することにした。なお、統計処理については、実験参加者群間の比較に等分散を前提としない Welch の t 検定を用いた。

2.3 結果

最初に、若年晴眼者、高齢晴眼者、若年視覚障害者、高齢視覚障害者の順に実験結果を述べる。次に、年齢に注目した実験参加者群間の比較を行い、続けて触読経験に注目した比較を行う。最後に結果をまとめる。

2.3.1 若年晴眼者の結果

若年晴眼者の正答率と確信度の結果を図 2-5 に示す。横軸の点間隔を基準として、縦軸にはそれより広い点間隔を示した。横軸の点間隔と縦軸の点間隔が指し示すセル内の数値が、それぞれの組み合わせにおける結果となっている（本章の以降のグラフも同様）。正答率は、どの点間隔においても点間隔差が大きい組み合わせになるほど高くなった。点間隔が 2mm のとき、点間隔 3mm との組み合わせ（点間隔差 1mm）で 43%だった正答率は、点間隔 5mm との組み合わせ（点間隔差 3mm）で 95%を超え、点間隔 6mm との組み合わせ（点間隔差 4mm）で 100%になった。点間隔 3mm では、点間隔差 2mm で 95%を超え、点間隔差 5mm で 100%になった。点間隔 4mm では、点間隔差 4mm で 100%になった。点間隔 5mm では、点間隔差 4mm で 95%を示し、点間隔差 5mm で 100%になった。点間隔 6mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 95%以上の正答率はなかった。確信度は、数箇所逆転がみられたものの、全体的に点間隔差が大きい組み合わせになるほど高くなる傾向だった。点間隔 2mm 及び点間隔 3mm では点間隔差 3mm 以上、点間隔 4mm では点間隔差 5mm 以上の組み合わせで確信度が 4.6 以上だった。点間隔が 5mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 4.6 以上の確信度はなかった。

		点間隔 [mm]							
		2	3	4	5	6	7	8	9
正答率 [%]	10	100	100	100	100	88	63	38	16
	9	100	100	100	95	79	43	25	
	8	100	100	100	82	48	16		
	7	100	98	91	59	25			
	6	100	96	84	30				
	5	98	96	34					
	4	93	34						
	3	43							
			点間隔 [mm]						
		2	3	4	5	6	7	8	9
確信度	10	5.0	5.0	4.9	4.3	3.6	3.0	3.4	3.5
	9	5.0	4.9	4.7	4.1	3.3	3.2	3.3	
	8	5.0	5.0	4.3	3.6	3.2	3.6		
	7	5.0	4.9	4.0	3.0	3.2			
	6	4.9	4.7	3.5	3.1				
	5	4.7	4.1	3.1					
	4	4.2	3.0						
	3	3.3							

図 2-5 若年晴眼者の正答率と確信度の結果

前述の通り、本章では、識別しやすさの判断基準として、①正答率が 100%の組み合わせ、②正答率が 95%以上かつ確信度が 4.6 以上の組み合わせ、という条件を設け、いずれかの条件を満たしたときに、識別しやすい点間隔の組み合わせと判断することにした。図 2-6 は、この条件により判断した若年晴眼者が識別しやすい点間隔の組み合わせを示したものである。点間隔 2mm では点間隔 5mm 以上（点間隔差 3mm 以上）との組み合わせ、点間隔 3mm では点間隔 6mm 以上（点間隔差 3mm 以上）との組み合わせ、点間隔 4mm では点間隔 8mm 以上（点間隔差 4mm 以上）との組み合わせ、点間隔 5mm では点間隔 10mm（点間隔差 5mm）との組み合わせが識別しやすいと判断された。また、同じ点間隔差の組み合わせで全てがどちらかの条件を満たしたのは、点間隔差が 5mm 以上のときであった。

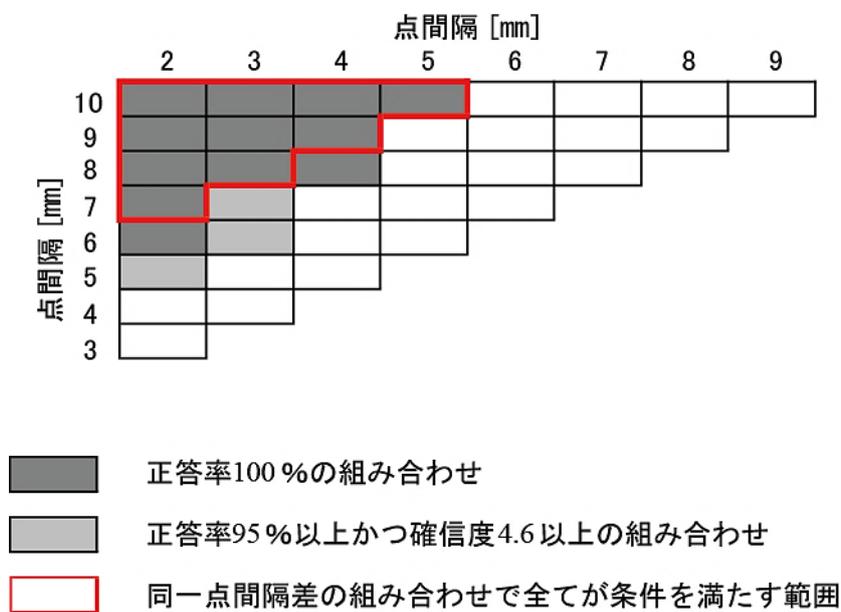


図 2-6 若年晴眼者が識別しやすい点間隔の組み合わせ

2.3.2 高齢晴眼者の結果

高齢晴眼者の正答率と確信度の結果を図 2-7 に示す。正答率は、どの点間隔においても点間隔差が大きい組み合わせになるほど高くなった。点間隔が 2mm のとき、点間隔 3mm との組み合わせ（点間隔差 1mm）で 15%だった正答率は、点間隔 6mm との組み合わせ（点間隔差 4mm）で 95%を示し、点間隔 7mm との組み合わせ（点間隔差 5mm）で 100%になった。点間隔 3mm では、点間隔差 4mm で 95%を超え、点間隔差 5mm で 100%になった。点間隔 4mm では、点間隔差 4mm で 100%になった。点間隔 5mm では、点間隔差 5mm で 100%になった。点間隔 6mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 95%以上の正答率はなかった。確信度は、点間隔差が大きい組み合わせになるほど概ね高くなる傾向だった。点間隔 2mm では点間隔差 3mm 以上、点間隔 3mm 及び点間隔 4mm では点間隔差 4mm 以上、点間隔 5mm では点間隔差 5mm の組み合わせで確信度が 4.6 以上だった。点間隔が 6mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 4.6 以上の確信度はなかった。正答率と確信度は全体的に連動した傾向を示しているが、正答率が低い組み合わせにおいて

正答率 [%]

		点間隔 [mm]							
		2	3	4	5	6	7	8	9
点間隔 [mm]	10	100	100	100	100	80	55	53	10
	9	100	100	100	90	65	40	8	
	8	100	100	100	85	48	13		
	7	100	98	88	60	25			
	6	95	93	73	35				
	5	88	80	35					
	4	55	18						
	3	15							

確信度

		点間隔 [mm]							
		2	3	4	5	6	7	8	9
点間隔 [mm]	10	5.0	4.9	4.9	4.6	4.4	4.2	4.1	4.1
	9	4.8	5.0	4.8	4.4	4.1	4.1	4.2	
	8	4.8	4.8	4.7	4.4	4.0	4.2		
	7	4.9	4.8	4.4	4.0	3.7			
	6	4.7	4.5	4.3	3.9				
	5	4.8	4.3	3.9					
	4	4.3	3.9						
	3	4.3							

図 2-7 高齢晴眼者の正答率と確信度の結果

両者に異なる傾向がみられた。たとえば、点間隔 2mm と点間隔 3mm の組み合わせにおいて、正答率は 15%と低いが確信度は 4.3 であり、確信度には大きな低下はみられない。

図 2-8 は、高齢晴眼者が識別しやすい点間隔の組み合わせを示したものである。点間隔 2mm では点間隔 6mm 以上（点間隔差 4mm 以上）との組み合わせ、点間隔 3mm では点間隔 7mm 以上（点間隔差 4mm 以上）との組み合わせ、点間隔 4mm では点間隔 8mm 以上（点間隔差 4mm 以上）との組み合わせ、点間隔 5mm では点間隔 10mm（点間隔差 5mm）との組み合わせが識別しやすいと判断された。また、同じ点間隔差の組み合わせで全てがどちらかの条件を満たしたのは、点間隔差が 5mm 以上のときであった。

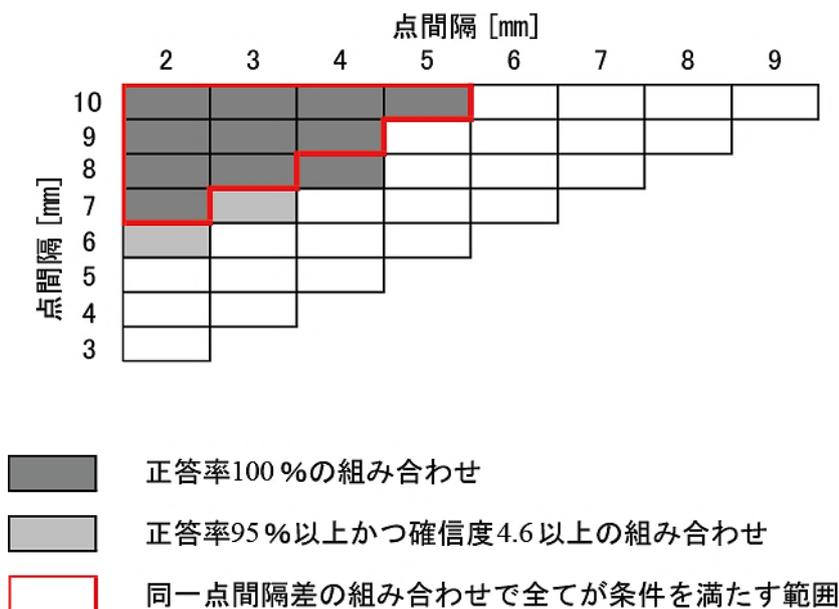


図 2-8 高齢晴眼者が識別しやすい点間隔の組み合わせ

2.3.3 若年視覚障害者の結果

若年視覚障害者の正答率と確信度の結果を図 2-9 に示す。正答率は、どの点間隔においても点間隔差が大きい組み合わせになるほど高くなった。点間隔が 2mm のとき、点間隔 3mm との組み合わせ（点間隔差 1mm）で 95%を示し、点間隔 4mm との組み合わせ（点間隔差 2mm）で 100%になった。点間隔 3mm では、点間隔差 2mm で 95%を示し、点間隔差 4mm で 100%になった。点間隔 4mm では、点間隔差 3mm で 100%になった。点間隔 5mm では、点間隔差 3mm で 95%を超え、点間隔差 5mm で 100%になった。点間隔 6mm では、点間隔差 4mm で 100%になった。点間隔 7mm では、点間隔差 3mm で 95%を示した。点間隔 8mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 95%以上の正答率はなかった。確信度は、全体的に点間隔差が大きい組み合わせになるほど高くなる傾向だった。点間隔 2mm では点間隔差 2mm 以上、点間隔 3mm 及び点間隔 4mm では点間隔差 3mm 以上、点間隔 5mm 及び点間隔 6mm では点間隔差 4mm 以上の組み合わせで確信度が 4.6 以上だった。点間隔が 7mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 4.6 以上の確信度はなかった。

		点間隔 [mm]							
		2	3	4	5	6	7	8	9
点間隔 [mm]	10	100	100	100	100	100	95	58	18
	9	100	100	100	98	90	73	38	
	8	100	100	100	98	73	35		
	7	100	100	100	80	48			
	6	100	98	93	53				
	5	100	95	48					
	4	100	68						
	3	95							
			点間隔 [mm]						
		2	3	4	5	6	7	8	9
点間隔 [mm]	10	5.0	5.0	4.9	5.0	4.6	4.4	3.8	3.6
	9	5.0	5.0	5.0	4.9	4.5	4.0	3.4	
	8	5.0	5.0	4.9	4.3	4.0	3.5		
	7	5.0	5.0	4.7	4.0	3.6			
	6	5.0	4.9	4.2	3.9				
	5	4.9	4.5	3.8					
	4	4.9	3.4						
	3	4.2							

図 2-9 若年視覚障害者の正答率と確信度の結果

図 2-10 は、若年視覚障害者が識別しやすい点間隔の組み合わせを示したものである。点間隔 2mm では点間隔 4mm 以上（点間隔差 2mm 以上）との組み合わせ、点間隔 3mm では点間隔 6mm 以上（点間隔差 3mm 以上）との組み合わせ、点間隔 4mm では点間隔 7mm 以上（点間隔差 3mm 以上）との組み合わせ、点間隔 5mm では点間隔 9mm 以上（点間隔差 4mm 以上）との組み合わせ、点間隔 6mm では点間隔 10mm（点間隔差 4mm）との組み合わせが識別しやすいと判断された。また、同一点間隔差の組み合わせで全てがどちらかの条件を満たしたのは、点間隔差が 4mm 以上のときであった。

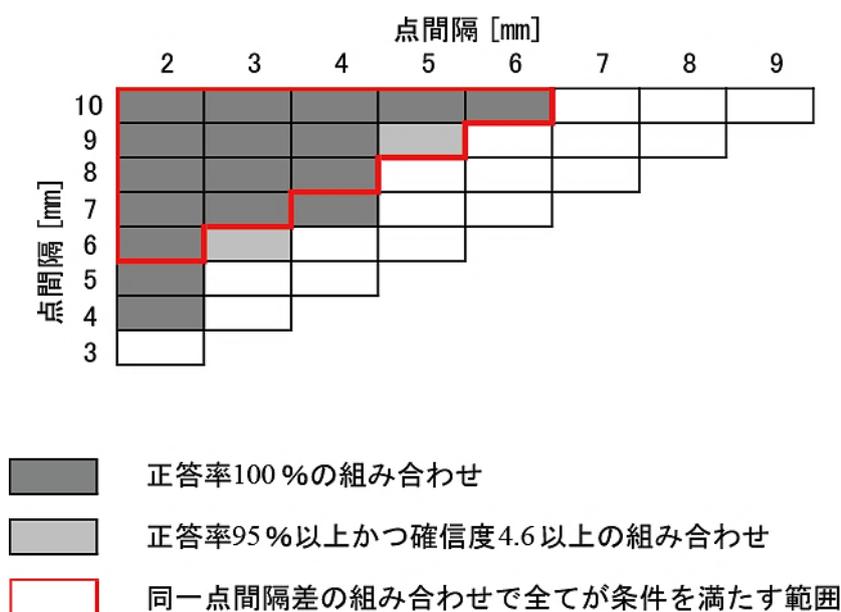


図 2-10 若年視覚障害者が識別しやすい点間隔の組み合わせ

2.3.4 高齢視覚障害者の結果

高齢視覚障害者の正答率と確信度の結果を図 2-11 に示す。正答率は、どの点間隔においても点間隔差が大きい組み合わせになるほど高くなった。点間隔が 2mm のとき、点間隔 3mm との組み合わせ（点間隔差 1mm）で 73%だった正答率は、点間隔 4mm との組み合わせ（点間隔差 2mm）で 100%になった。点間隔 3mm では、点間隔差 1mm で 95%を示し、点間隔差 3mm で 100%になった。点間隔 4mm では、点間隔差 3mm で 100%になった。点間隔 5mm では、点間隔差 3mm で 95%を超え、点間隔差 5mm で 100%になった。点間隔 6mm では、点間隔差 4mm で 100%になった。点間隔 7mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 95%以上の正答率はなかった。確信度は、全体的に点間隔差が大きい組み合わせになるほど高くなる傾向だった。点間隔 2mm から点間隔 4mm までは点間隔差 2mm 以上、点間隔 5mm 及び点間隔 6mm では点間隔差 3mm 以上の組み合わせで確信度が 4.6 以上だった。点間隔が 7mm 以上では、それより広い点間隔との組み合わせにおいて 4.6 以上の確信度はなかった。

正答率 [%]

		点間隔 [mm]							
		2	3	4	5	6	7	8	9
点間隔 [mm]	10	100	100	100	100	100	78	58	25
	9	100	100	100	98	90	65	38	
	8	100	100	100	98	68	28		
	7	100	100	100	83	33			
	6	100	100	93	40				
	5	100	98	45					
	4	100	95						
	3	73							

確信度

		点間隔 [mm]							
		2	3	4	5	6	7	8	9
点間隔 [mm]	10	5.0	5.0	5.0	4.9	4.7	4.5	4.4	4.2
	9	5.0	5.0	5.0	4.8	4.6	4.2	4.3	
	8	5.0	5.0	5.0	4.8	4.2	4.2		
	7	5.0	5.0	4.9	4.5	4.1			
	6	5.0	5.0	4.7	4.3				
	5	5.0	4.9	4.2					
	4	5.0	4.4						
	3	4.5							

図 2-11 高齢視覚障害者の正答率と確信度の結果

図 2-12 は、高齢視覚障害者が識別しやすい点間隔の組み合わせを示したものである。点間隔 2mm では点間隔 4mm 以上（点間隔差 2mm 以上）との組み合わせ、点間隔 3mm では点間隔 5mm 以上（点間隔差 2mm 以上）との組み合わせ、点間隔 4mm では点間隔 7mm 以上（点間隔差 3mm 以上）との組み合わせ、点間隔 5mm では点間隔 8mm 以上（点間隔差 3mm 以上）との組み合わせ、点間隔 6mm では点間隔 10mm（点間隔差 4mm）との組み合わせが識別しやすいと判断された。また、同じ点間隔差の組み合わせで全てがどちらかの条件を満たしたのは、点間隔差が 4mm 以上のときであった。

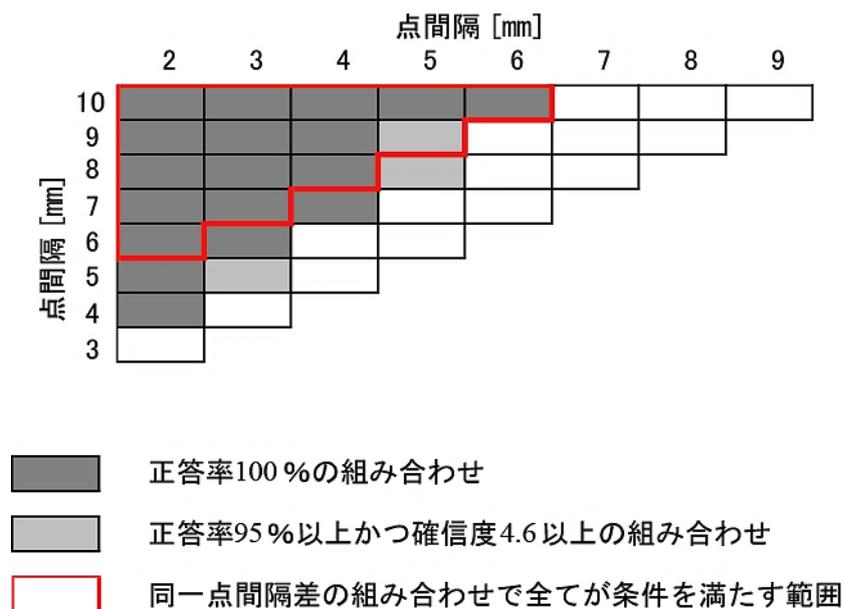


図 2-12 高齢視覚障害者が識別しやすい点間隔の組み合わせ

2.3.5 若年者と高齢者の結果の比較

正答率と確信度を点間隔差でまとめ、晴眼者群と視覚障害者群それぞれについて、若年者と高齢者の結果を比較した。

図 2-13 は若年晴眼者と高齢晴眼者の比較結果である。正答率は、点間隔差 1mm で若年晴眼者が有意に高く ($p<0.05$)，点間隔差 2mm 以上には有意差がなかった。確信度は点間隔差 3mm 以下で高齢晴眼者が有意に高く ($p<0.01$)，点間隔差 4mm 以上には有意差がなかった。若年晴眼者と高齢晴眼者がともに識別しやすいとした点間隔差 5mm 以上では，両者の間に正答率及び確信度の有意差はなかった。また，2.3.2 項で高齢晴眼者は正答率が低い組み合わせでも確信度があまり低下しない結果を示したが，点間隔差ごとの比較においても，高齢晴眼者は若年晴眼者より有意に正答率が低い点間隔差 1mm で若年晴眼者より有意に確信度が高く，同様の傾向が示された。

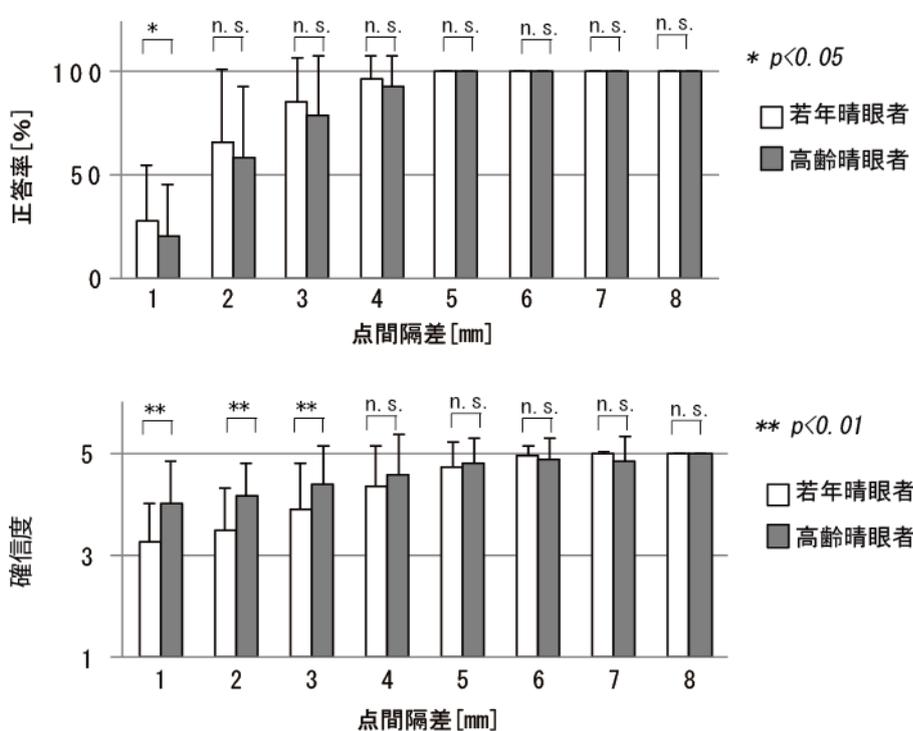


図 2-13 若年晴眼者と高齢晴眼者の結果の比較

図 2-14 は若年視覚障害者と高齢視覚障害者の比較結果である。正答率は、いずれの点間隔差でも有意差は認められなかった。確信度は点間隔差 3mm 以下で高齢視覚障害者が有意に高かった（点間隔差 1mm・2mm : $p < 0.01$, 点間隔差 3mm : $p < 0.05$ ）。若年視覚障害者と高齢視覚障害者がともに識別しやすいとした点間隔差 4mm 以上では、両者の間に正答率及び確信度の有意差はなかった。

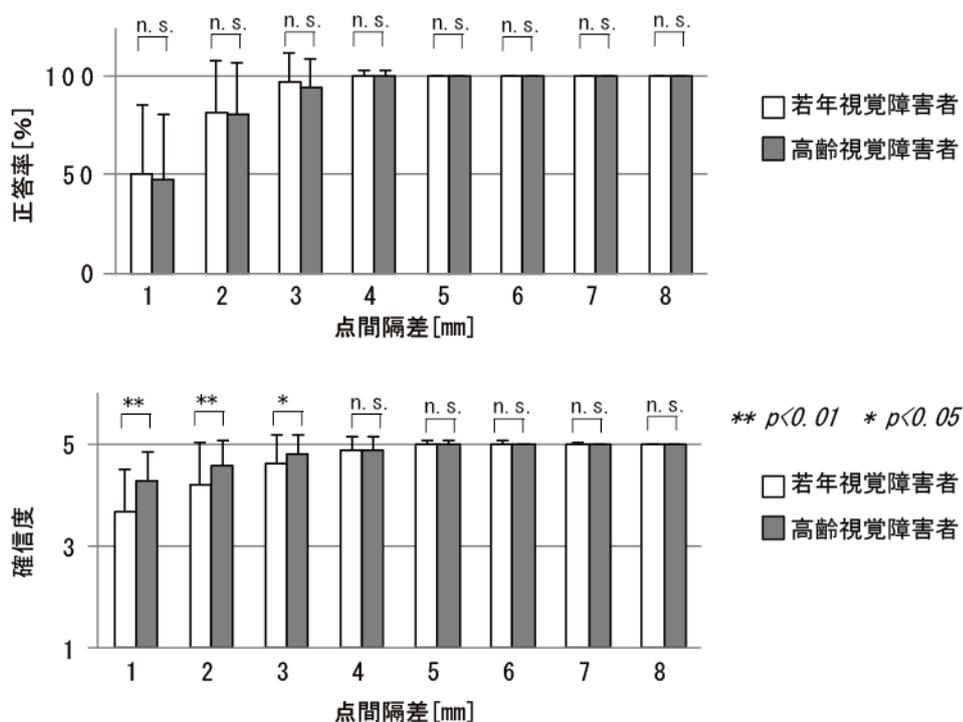


図 2-14 若年視覚障害者と高齢視覚障害者の結果の比較

2.3.6 晴眼者と視覚障害者の結果の比較

正答率と確信度を点間隔差でまとめ、若年者群と高齢者群それぞれについて、晴眼者と視覚障害者の結果を比較した。

図 2-15 は若年晴眼者と若年視覚障害者の比較結果である。正答率は、点間隔差 4mm 以下で若年視覚障害者が有意に高く（点間隔差 3mm 以下： $p<0.01$ ，点間隔差 4mm： $p<0.05$ ），点間隔差 5mm 以上には有意差がなかった。確信度は点間隔差 5mm 以下で若年視覚障害者が有意に高く（ $p<0.01$ ），点間隔差 6mm 以上には有意差がなかった。若年晴眼者では 5mm 以上の点間隔差，若年視覚障害者では 4mm 以上の点間隔差を識別しやすい点間隔差としたが，点間隔差 5mm 以上では点間隔差 5mm の確信度に有意差があった。

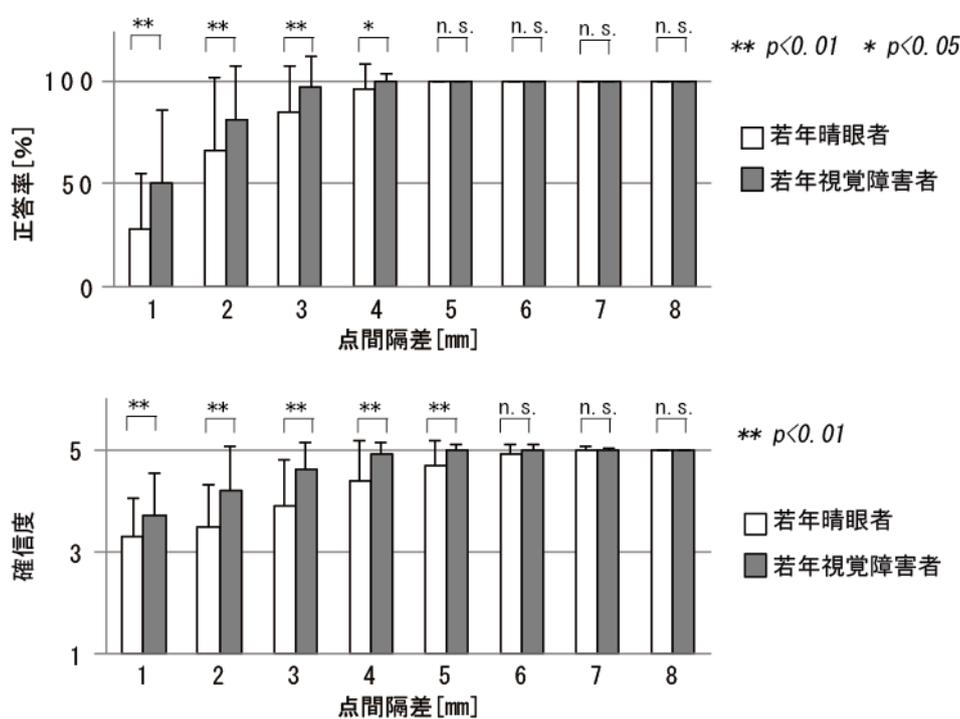


図 2-15 若年晴眼者と若年視覚障害者の結果の比較

図 2-16 は高齢晴眼者と高齢視覚障害者の比較結果である。正答率は、点間隔差 4mm 以下で高齢視覚障害者が有意に高く ($p < 0.01$)，点間隔差 5mm 以上には有意差がなかった。確信度は点間隔差 6mm 以下で高齢視覚障害者が有意に高く (点間隔差 2mm・3mm : $p < 0.01$ ，それ以外 : $p < 0.05$)，点間隔差 7mm 以上には有意差がなかった。高齢晴眼者では 5mm 以上の点間隔差，高齢視覚障害者では 4mm 以上の点間隔差を識別しやすい点間隔差としたが，点間隔差 5mm 以上では点間隔差 5mm と 6mm の確信度に有意差があった。

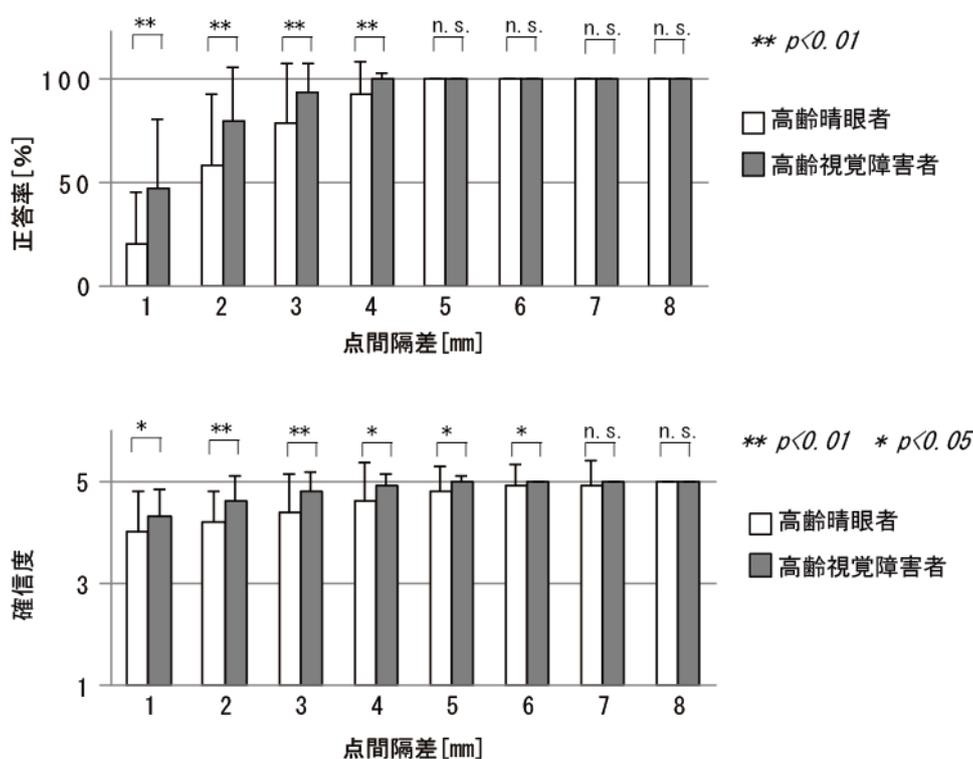


図 2-16 高齢晴眼者と高齢視覚障害者の結果の比較

2.3.7 結果のまとめ

実験参加者群ごとの結果をまとめ、年齢や触読経験によらず、ドットパターンを正確に確信をもって識別できる条件を求める。

晴眼者の結果をまとめる。若年晴眼者の場合、点間隔差が 5mm 以上のとき、正確に確信をもって識別できた。点間隔差が 4mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-5mm, 2-6mm, 3-6mm, 3-7mm, 4-8mm は識別しやすかった。高齢晴眼者の場合も、点間隔差が 5mm 以上のとき、正確に確信をもって識別できた。点間隔が 4mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-6mm, 3-7mm, 4-8mm は識別しやすかった。これより、晴眼者がドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は 5mm 以上であることがわかった。また、点間隔差が 4mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-6mm, 3-7mm, 4-8mm は識別しやすいことがわかった。

視覚障害者の結果をまとめる。若年視覚障害者の場合、点間隔差が 4mm 以上のとき、正確に確信をもって識別できた。点間隔差が 3mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-4mm, 2-5mm, 3-6mm, 4-7mm は識別しやすかった。高齢視覚障害者の場合も、点間隔差が 4mm 以上のとき、正確に確信をもって識別できた。点間隔差 3mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-4mm, 2-5mm, 3-5mm, 3-6mm, 4-7mm, 5-8mm は識別しやすかった。これより、触読経験が豊富な視覚障害者がドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は 4mm 以上であることがわかった。また、点間隔差が 3mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-4mm, 2-5mm, 3-6mm, 4-7mm は識別しやすいことがわかった。

以上から、年齢や触読経験によらず、ドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は 5mm 以上であることが明らかになった。また、点間隔差が 4mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-6mm, 3-7mm, 4-8mm は識別しやすいことがわかった。

2.4 考察

前節で述べた結果から、年齢や触読経験によらず、点間隔差が 5mm 以上であれば、いずれの組み合わせにおいても、ドットパターンを正確に確信をもって識別できることが明らかになった。触読経験が豊富な視覚障害者であれば、点間隔差が 4mm でも正確に確信をもって識別できることもわかった。このことから、視力を失って間もない中途失明者など多様な利用者が想定される公共施設の触知案内図において、複数のドットパターンを併用する場合には、点間隔差が 5mm 以上のドットパターンを使うことが望ましいと考えられる。一方、触読経験が豊富な視覚障害者の利用に限定された触知案内図であれば、点間隔差が 4mm のドットパターンでも使用できる可能性がある。これらは、点間隔差に基準を置いたドットパターン併用に関する提案だが、2.3.7 項で述べたように、点間隔差が 4mm 以下の範囲にも、年齢や触読経験によらず正確に確信をもって識別できる組み合わせがあった。点間隔の組み合わせ 2-6mm、3-7mm、4-8mm は、公共施設の触知案内図においても利用が検討できるであろう。

加齢と触読経験の影響について考察する。晴眼者群と視覚障害者群ごとに行った若年者と高齢者の比較では、晴眼者の場合、高齢晴眼者は若年晴眼者より有意に正答率が低い点間隔差で若年晴眼者より有意に確信度が高かった。表 2-4 に、点間隔差 1mm の結果の内訳を示す。正答率は若年晴眼者が 28%、高齢晴眼者が 19%で若年晴眼者のほうが有意に高かったが、確信度は全体的に高齢晴眼者のほうが有意に高く、誤答に対しても高い確信度であった。高齢晴眼者は若年晴眼者よりもドットパターンの違いに気づかず、確信をもって同じものだと捉えていることがわかる。視覚障害者の場合は、正答率には有意差がなく、確信度は点間隔差が小さいときに高齢視覚障害者は若年視覚障害者より有意に高かった。また、若年者群と高齢者群ごとに行った晴眼者と視覚障害者の比較では、どちらの群でも視覚障害者のほうが晴眼者よりドットパターンを識別できる結果であった。一般に、皮膚の感度は、圧力知覚の感度や空間分解能などの指標で評価される。皮膚感度は加齢により低下するとされ^[2-4, 2-5, 2-6]、点

表 2-4 点間隔差 1mm における晴眼者の回答内訳

	若年晴眼者		高齢晴眼者	
	回答率 [%]	確信度	回答率 [%]	確信度
正答	28	2.8	19	4.1
誤答	72	3.4	81	4.0

字などを長期にわたって使用している視覚障害者にも加齢による低下があったという^[2-7]。また、晴眼者と視覚障害者の空間分解能を比較した研究では、同年代の場合、視覚障害者のほうが優れていたとする報告がある^[2-7, 2-8, 2-9]。本実験で行ったドットパターンの識別結果を一般的な指標と直接結び付けることはできないが、皮膚感度を評価する一つの指標として捉えることはできるだろう。本実験で確認した晴眼者群における加齢効果や若年者群及び高齢者群における視覚障害者の優位性は、空間分解能などに関する先行研究と同様の傾向を示したといえる。一方、視覚障害者群では正答率に加齢の影響がほとんどみられなかった。そこで、加齢効果の有無をさらに詳しく調べるために、全体的に正答率が低い点間隔差 1mm の結果について分析した。

図 2-17 は、点間隔差が 1mm の組み合わせのうち、点間隔が狭い 2-3mm と点間隔が広い 9-10mm について、実験参加者群ごとに回答内訳を示したものである。実験では同じ組み合わせについて 4 試行ずつ行ったため、正答数 0/4, 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 の 5 パターンの回答となった。点間隔 2-3mm については群により回答内訳の様相が異なった。最も正答率が高い若年視覚障害者では 0/4 がなく、4/4 が 90%と、個人内・個人間のばらつきが少ない。次に正答率が高い高齢視覚障害者では、4/4 が 30%で 3/4 と合わせると 80%になるが、0/4 もあり、若年視覚障害者に比べて個人内・個人間のばらつきがあった。若年晴眼者では回答が分かれており、やはり個人内・個人間のばらつきがみられた。最も正答率が低い高齢晴眼者では、0/4 が 60%で 1/4 と合わせると 80%になり、また 4/4 はなく、個人内・個人間のばらつきは少なかった。一方、2-3mm に比べ全体的に正答率が低い 9-10mm の回答内訳をみると、どの群も 0/4 が多く、4/4 はいない。0/4 と 1/4 を合わせた割合は高齢視覚障害者が 70%、それ以外ではほぼ 90%以上であり、個人内・個人間のばらつきが少ないといえる。この回答内訳から、9-10mm についてはほとんどの人が識別できないと考えられる。高齢晴眼者では正答率が低い組み合わせでも確信度がそれほど低下しなかったことを前述したが、正答率が低い 2-3mm と 9-10mm において 0/4 が 60%を占めていたことから、迷いなく確信をもって同じドットパターンだと感じたことが窺える。

点間隔差 1mm の組み合わせについて全体的な傾向をみるために、組み合わせごとの正答率を折れ線グラフで示した(図 2-18 参照)。刺激量と弁別閾の関係を示すウェーバー比の観点から、点間隔差が同じときは点間隔が広い組み合わせになるほど正答率は低くなると予想される。点間隔差 1mm の正答率についても、全体的には点間隔が広い組み合わせになるほど正答率は低くなる傾向を示した。しかし、高齢晴眼者

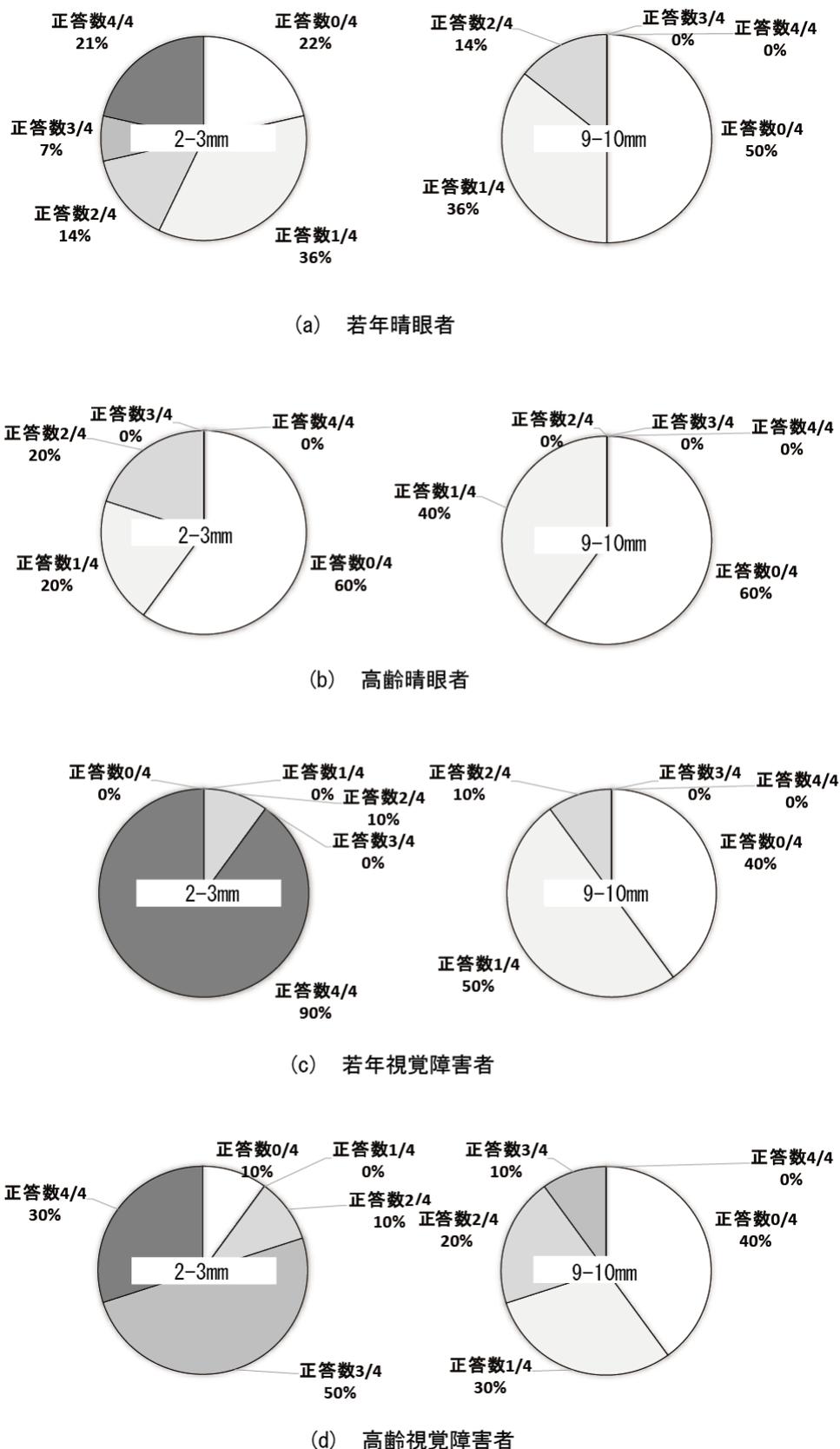


図 2-17 点間隔の組み合わせ 2-3mm 及び 9-10mm における回答内訳

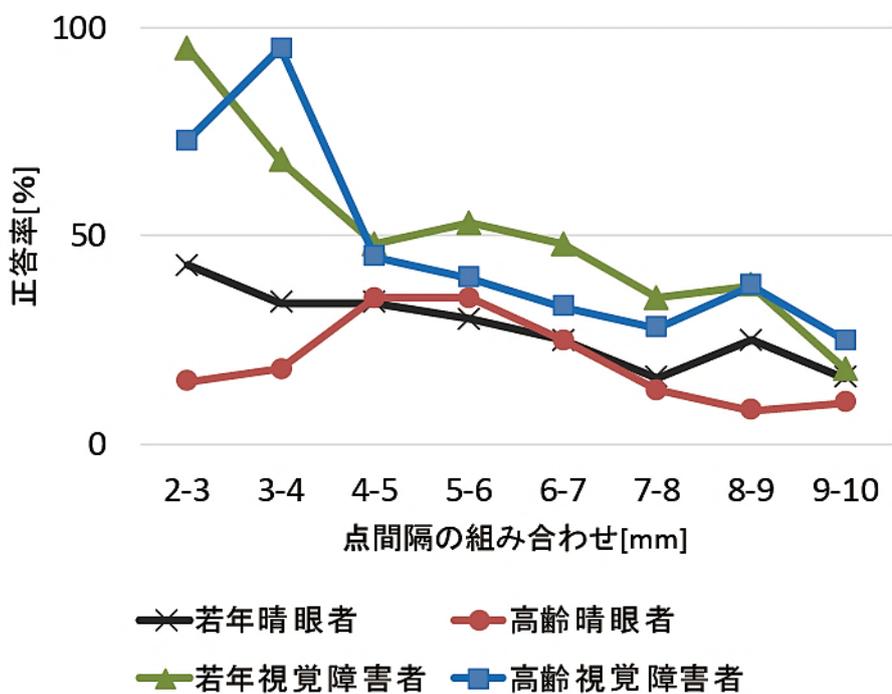


図 2-18 点間隔差 1mm の組み合わせにおける正答率の推移

表 2-5 高齢視覚障害者における 2-3mm と 3-4mm の個人別回答状況

	2-3mm	3-4mm
回答内訳 (人数)	0/4(1名) →	3/4(1名)
	2/4(1名) →	4/4(1名)
	3/4(5名) →	4/4(5名)
	4/4(3名) →	4/4(2名), 3/4(1名)
正答率	73% → * p<0.05	95%

では 2-3mm から 4-5mm にかけて正答率が高くなる傾向があり、高齢視覚障害者の場合も 2-3mm から 3-4mm にかけて大きく上昇していた。高齢視覚障害者の 2-3mm の正答率 73%と 3-4mm の正答率 95%の間に有意差 ($p<0.05$) があったため、高齢視覚障害者について 2-3mm と 3-4mm の個人別の回答状況を表 2-5 にまとめ、回答の推移をみることにした。2-3mm で 0/4 だった 1 名 (実験参加者が 10 名のため 10%は 1 名にあたる) は 3-4mm では 3/4 と上昇した。2-3mm で 2/4 もしくは 3/4 だった 6 名は 3-4mm では 6 名とも 4/4 と高くなった。2-3mm で 4/4 だった 3 名は 3-4mm で 1 名が 3/4 に低下したが、残りの 2 名は 4/4 であった。このように、高齢視覚障害者について個人ごとに 2-3mm の回答と 3-4mm の回答を比較しても、大半に上昇傾向がみられた。同じ点間隔差では点間隔が広くなるほど低くなるはずの正答率が、高齢者では点間隔が狭い範囲で逆の傾向がみられたことから、点間隔が狭いドットパターンにおいて、若年者では成り立ったウェーバー比が高齢者では成り立たなかった可能性が示唆された。

以上の通り、ドットパターンの点間隔と識別特性の関係が明らかになった。また、ドットパターンの識別における加齢効果と触読経験の影響が確認された。これらの知見を踏まえることで、異なる領域を識別しやすいドットパターンで示すことができ、多くの利用者にとってわかりやすい触知案内図になると期待できる。

2.5 小括

本章では、第 1 章で設定した課題 1 (ドットパターンの識別特性に関する課題：複数のドットパターンを併用した場合にどの程度の点間隔差があれば異なる面と感じるか) に対して、定量的に評価することを目的として、ドットパターンの識別実験を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- ① 年齢や触読経験によらず、ドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は 5mm 以上であることが明らかになった。また、点間隔差が 4mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-6mm, 3-7mm, 4-8mm は識別しやすいことがわかった。
- ② 触読経験が豊富な視覚障害者の場合、ドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は 4mm 以上であることが明らかになった。また、点間隔差が

3mm 以下であっても、点間隔の組み合わせ 2-4mm, 2-5mm, 3-6mm, 4-7mm は識別しやすいことがわかった。

- ③ 晴眼者と視覚障害者のどちらにも、加齢効果がみられた。加齢効果は、晴眼者では顕著だったが、視覚障害者では点間隔が狭いドットパターンにおける点間隔差が小さい組み合わせに限られていた。
- ④ 点間隔差が同じとき、通常は点間隔が広いドットパターンの組み合わせになるほど正答率は低くなる。しかし、点間隔差が 1mm のとき、高齢者では点間隔が狭い範囲で逆の傾向がみられた。これより、点間隔が狭いドットパターンにおいて、若年者では成り立ったウェーバー比が高齢者では成り立たなかった可能性が示唆された。

以上の通り、第1章で述べた課題1に対して知見を得ることができた。

第3章

触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

3.1 目的

3.2 方法

3.3 結果

3.4 考察

3.5 小括

概要

第3章では、第1章で設定した課題2（境界線の識別特性に関する課題：ドットパターンが隣り合った場合に、境界線とドットパターンの間にどの程度の隙間があれば境界線をより容易に識別できるか）に対して、定量的に評価することを目的として実施した実験について述べる。

本実験では、若年晴眼者、高齢晴眼者、若年視覚障害者、高齢視覚障害者の4群を実験参加者として、ドットパターンの中に境界線を配置した提示刺激を用いて境界線の識別実験を行った。提示刺激は、紫外線硬化樹脂インクを用いて上質紙の上に印刷した。実験条件は、ドットパターンの点間隔7条件（2, 3, 4, 5, 6, 8, 10mm）、ドットパターンと境界線との隙間5条件（2, 3, 4, 5, 6mm）とした。実験で得られた正答率、確信度、触読時間のデータを評価した結果、それぞれの群における境界線が識別しやすい隙間の条件とともに、年齢や触読経験によらず境界線が識別しやすい隙間条件が明らかになった。また、若年者と高齢者の結果の比較により加齢の影響が認められ、さらに晴眼者と視覚障害者の結果の比較により触読経験の影響が認められた。

3.1 目的

ドットパターンが隣り合った場合に、境界線とドットパターンの間にどの程度の隙間があれば境界線をより容易に識別できるかを明らかにする。触知案内図利用の初心者想定した若年晴眼者と高齢晴眼者、触読経験が豊富な若年視覚障害者と高齢視覚障害者の4群を対象として、境界線の識別実験を行った。

3.2 方法

3.2.1 実験参加者

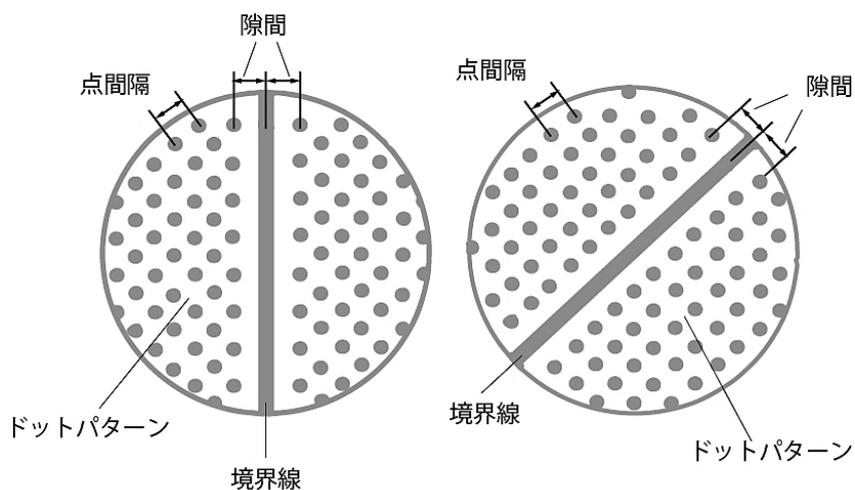
実験は75名の協力を得て実施した(表3-1参照)。内訳は若年晴眼者20名(年齢 20.6 ± 1.5 歳)、高齢晴眼者20名(年齢 69.1 ± 3.3 歳)、若年視覚障害者20名(年齢 26.8 ± 4.0 歳、点字触読歴 17.5 ± 4.1 年)、高齢視覚障害者15名(年齢 68.1 ± 4.4 歳、点字触読歴 56.1 ± 11.7 年)である。実験参加者は全員、指先の皮膚感覚に異常がなく、皮膚に外傷や関連既往症もなかった。なお、本実験は、早稲田大学の「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した(承認番号2013-088, 2014-023)。

表3-1 実験参加者の内訳

実験参加者 (年齢[歳])	人数 [人]	点字触読歴 [年]	性別 [人]		使用した手 [人]		視力
			男	女	右	左	
若年晴眼者 (20.6 ± 1.5)	20	—	8	12	19	1	晴眼
高齢晴眼者 (69.1 ± 3.3)	20	—	16	4	19	1	晴眼
若年視覚障害者 (26.8 ± 4.0)	20	17.5 ± 4.1	7	13	16	4	全盲
高齢視覚障害者 (68.1 ± 4.4)	15	56.1 ± 11.7	5	10	6	9	全盲

3.2.2 提示刺激

ドットパターンの中に境界線を配置したテストピースを印刷して提示刺激とした。境界線両側のドットパターンの点間隔の差異が境界線の識別容易性に影響を及ぼさないように、境界線両側のドットパターンは同じ点間隔のドットパターンとした（図 3-1 参照）。テストピースは、塗布実験で割り出した条件に基づき、冊子タイプの触知案内図に使われることの多い上質紙の上に、紫外線硬化樹脂インクを直接吐出する方式^[3-1]で印刷した。実験条件は、ドットパターンの点間隔を 7 条件、ドットパターンと境界線との隙間を 5 条件とし、点間隔と隙間の組み合わせは 35 条件となった（表 3-2 参照）。35 条件の組み合わせそれぞれについて、境界線を水平、垂直、右下がり（斜め 45 度）、右上がり（斜め 45 度）の 4 通りに配置し、円形くり抜きのあるガイ



触察範囲：直径 60mm

図 3-1 提示刺激

表 3-2 実験条件

点間隔 [mm]	2 3 4 5 6 8 10
隙間 [mm]	2 3 4 5 6

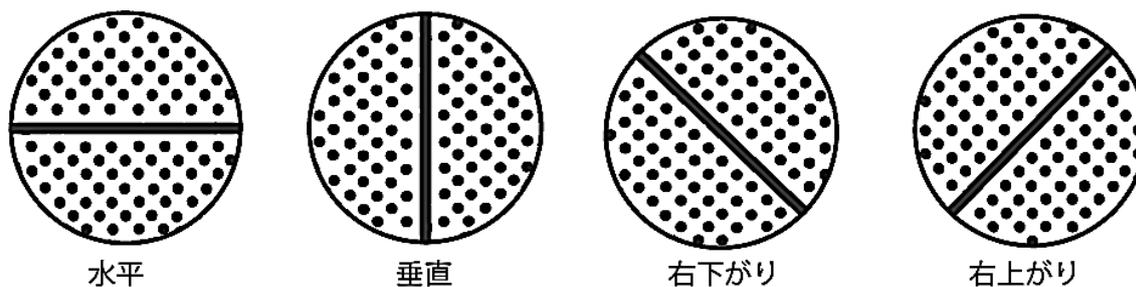


図 3-2 境界線の配置

ドをテストピース上に装着して、ガイドの円内を触察範囲とした（図 3-2 参照）。触察範囲の円は、境界線と両側のドットパターンが十分に収まり、かつ大きく腕を動かさなくても触察できる直径 60mm とした。なお、点間隔の条件は、ドットパターンの粗密感覚特性^[3-2]を踏まえ、各カテゴリから「極端に密」2mm、「かなり密」3mm、「やや密」4mm、5mm、「どちらでもない」6mm、「やや粗」8mm、「かなり粗」10mm の 7 条件を設定した。隙間の条件は、予備実験の結果を踏まえて、2mm～6mm を 1mm 刻みの 5 条件とした。ドットのサイズは一般に触知案内図で使用されているサイズを参考にして、高さ 0.2mm、直径 1mm とし、境界線の高さと線幅もドットサイズに揃えた。

3.2.3 手続き

実験では、裏面にマグネットシートを貼った提示刺激を鉄板の上に固定した。実験中は実験参加者の手元をカーテンで遮蔽し、提示刺激が見えないようにした。開始に先立ち、実験参加者には、ドットパターンの中に境界線がなかったときは「なし」、あったときは境界線の配置を「水平」「垂直」「右下がり」「右上がり」の中から選んでほしいと説明した。境界線が複数本あることはなく、右下がり及び右上がりは斜め 45 度であることもあらかじめ伝えた。開始の合図で、実験参加者は、ガイドの円内に利き手人差し指の指腹を自由に滑らせ、境界線が識別できた時点で指を離してもらった（図 3-3 参照）。指を離した後、境界線について「なし」「水平」「垂直」「右下がり」「右上がり」の 5 肢選択で回答してもらい、併せて、その回答がどの程度確からしいかを 5 段階の等間隔の間隔尺度（1：確信なし～5：確信あり）で答えてもらった。また、試行の都度、触読に掛かった時間を計測した。35 条件の提示刺激



図 3-3 実験の様子

は4通りの配置でランダムに提示し、試行数は全部で140試行となった。なお、本試行の前に練習試行を十分に行い、本試行は適宜休憩をとりながら実施した。

3.2.4 評価方法

点間隔と隙間の組み合わせ条件ごとに、回答が正答であった割合を正答率、主観評価の平均値を確信度、触読に掛かった時間の平均値を触読時間として算出し、評価指標とした。本研究では粗密感の異なるドットパターンを用いて境界線の識別実験を行い、それらを総合評価して点間隔によらず境界線が識別しやすい隙間の条件を明らかにする。識別しやすさについては、それぞれの点間隔において各指標に有意差がみられなくなる隙間条件に基づいて判断した。統計処理については、各評価指標の結果において点間隔ごとに隙間を要因とした一要因分散分析を行い、下位検定としてTukey-Kramer法による多重比較を行った。また、年齢と触読経験の影響を確認するために、各評価指標の点間隔と隙間の組み合わせごとに、若年者・高齢者群間と晴眼者・視覚障害者群間で等分散を前提としないWelchのt検定を行った。

3.3 結果

最初に、若年晴眼者、高齢晴眼者、若年視覚障害者、高齢視覚障害者の順に、各評価指標（正答率、確信度、触読時間）の結果を述べる。次に、年齢に注目した実験参加者間の比較を行い、続けて触読経験に注目した比較を行う。最後に結果をまとめる。各評価指標の結果は、点間隔と隙間の組み合わせによる評価指標の変化が2次元的に把握できるよう、等高線図で示した。また、等高線図とともに、点間隔ごとに行った多重比較の結果を示した。

3.3.1 若年晴眼者の結果

若年晴眼者の正答率の結果を図 3-4 に示す。正答率は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、点間隔が 5mm 以下のときに隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 2mm では隙間 3mm で 90%以上、隙間 4mm で 95%以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 3mm では隙間 4mm で 95%以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 4mm では隙間 4mm で 95%以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm では隙間 2mm で 90%以上、隙間 3mm で 95%以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 6mm 以上では、いずれにおいても正答率は 95%以上であった。これより、どの点間隔においても正答率に有意差がなくなる隙間条件は 4mm 以上であり、このとき正答率は 95%以上であった。

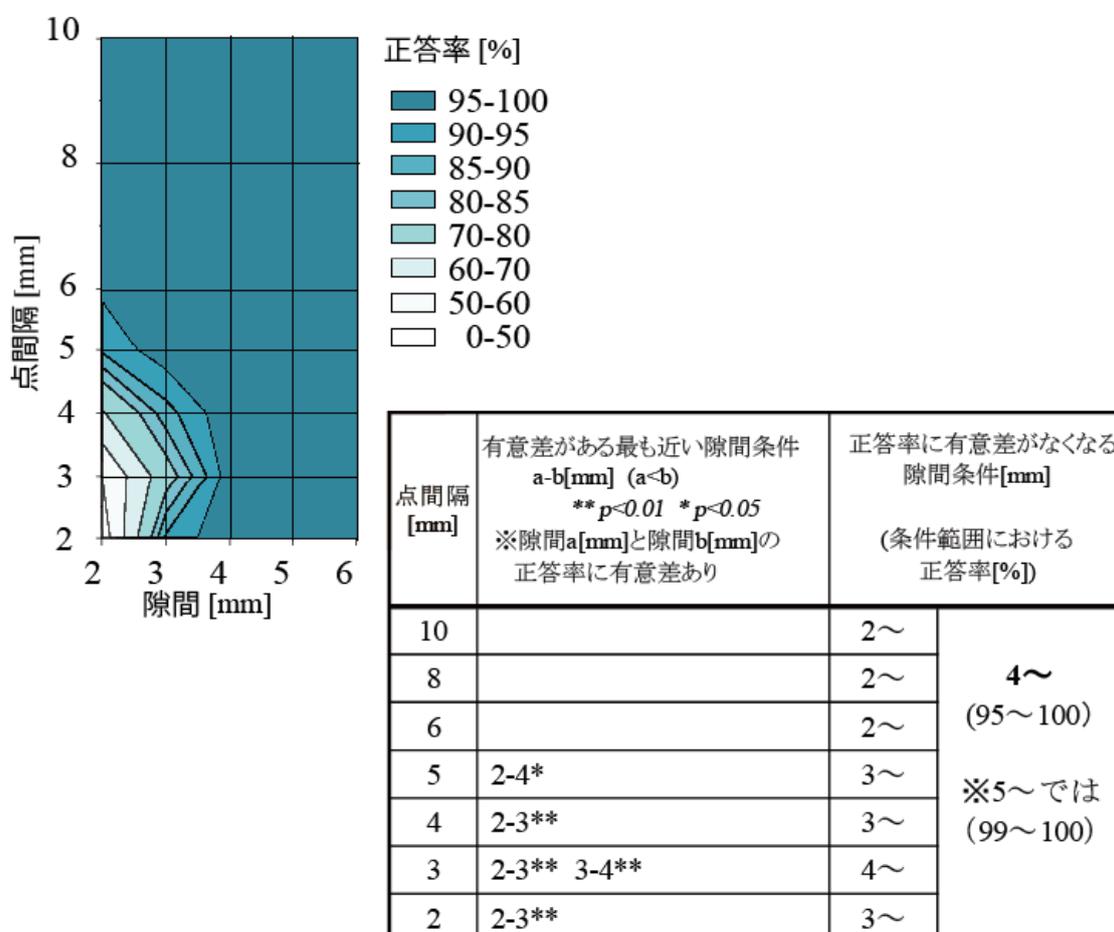


図 3-4 若年晴眼者の正答率の結果

第3章 触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

若年晴眼者の確信度の結果を図 3-5 に示す。確信度は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、すべての点間隔において隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 2mm と点間隔 3mm では隙間 4mm で 4.4 以上、隙間 5mm で 4.6 以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 4mm では隙間 4mm で 4.2 以上、隙間 5mm で 4.4 以上、隙間 6mm で 4.6 以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm では隙間 4mm で 4.2 以上、隙間 5mm で 4.4 以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 6mm では隙間 4mm で 4.2 以上、隙間 6mm で 4.4 以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 8mm では隙間 4mm で 4.2 以上、隙間 5mm で 4.4 以上になり、隙間 5mm 以上には有意差がなかった。点間隔 10mm では隙間 3mm で 4.2 以上、隙間 4mm で 4.4 以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。これより、どの点間隔においても確信度に有意差がなくなる隙間条件は 5mm 以上であり、このとき確信度は 4.3 以上であった。

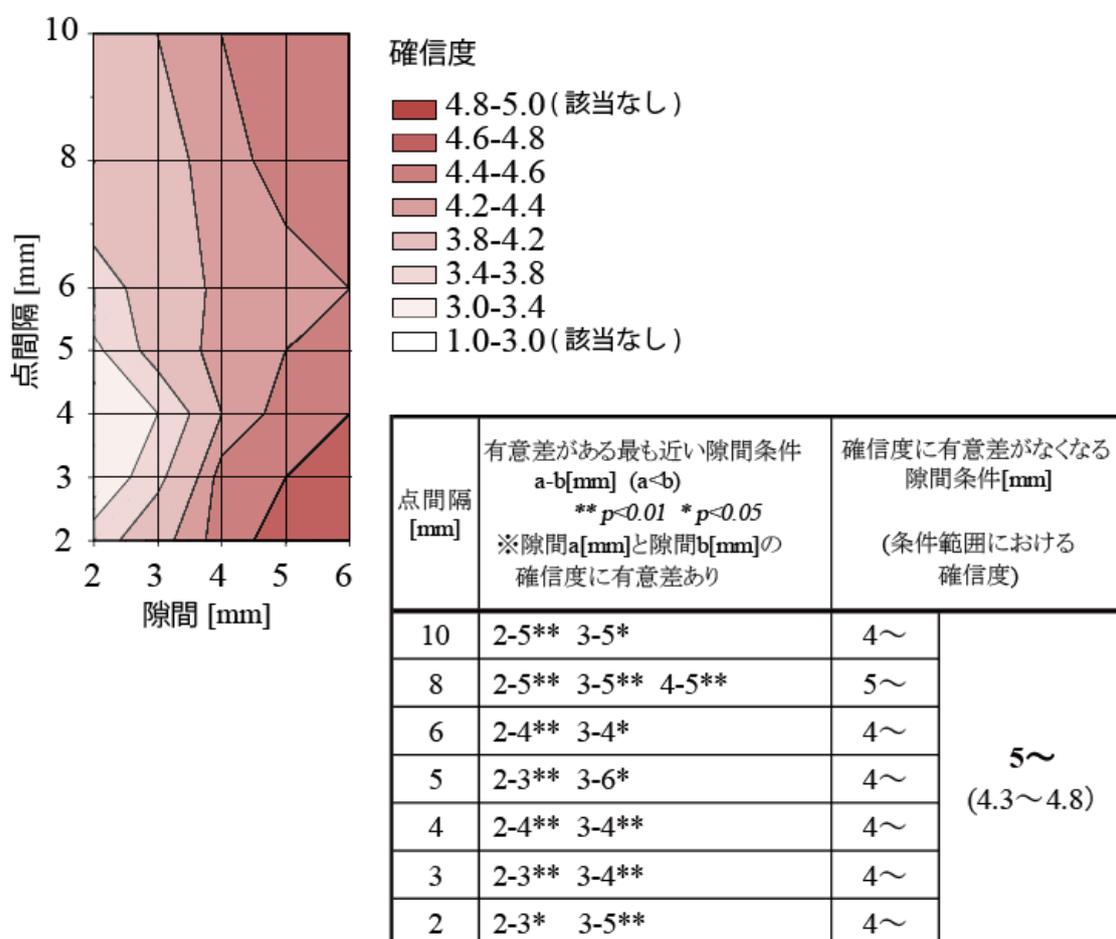


図 3-5 若年晴眼者の確信度の結果

第3章 触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

若年晴眼者の触読時間の結果を図 3-6 に示す。触読時間は全体的に隙間が広がるほど短くなる傾向だった。分散分析の結果、すべての点間隔において隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 5mm では隙間 3mm 以上に有意差がなく、それ以外の点間隔では隙間 4mm 以上に有意差がなかった。これより、どの点間隔においても触読時間に有意差がなくなる隙間条件は 4mm 以上であり、このとき触読時間は 4.1 秒から 5.7 秒の範囲にあった。

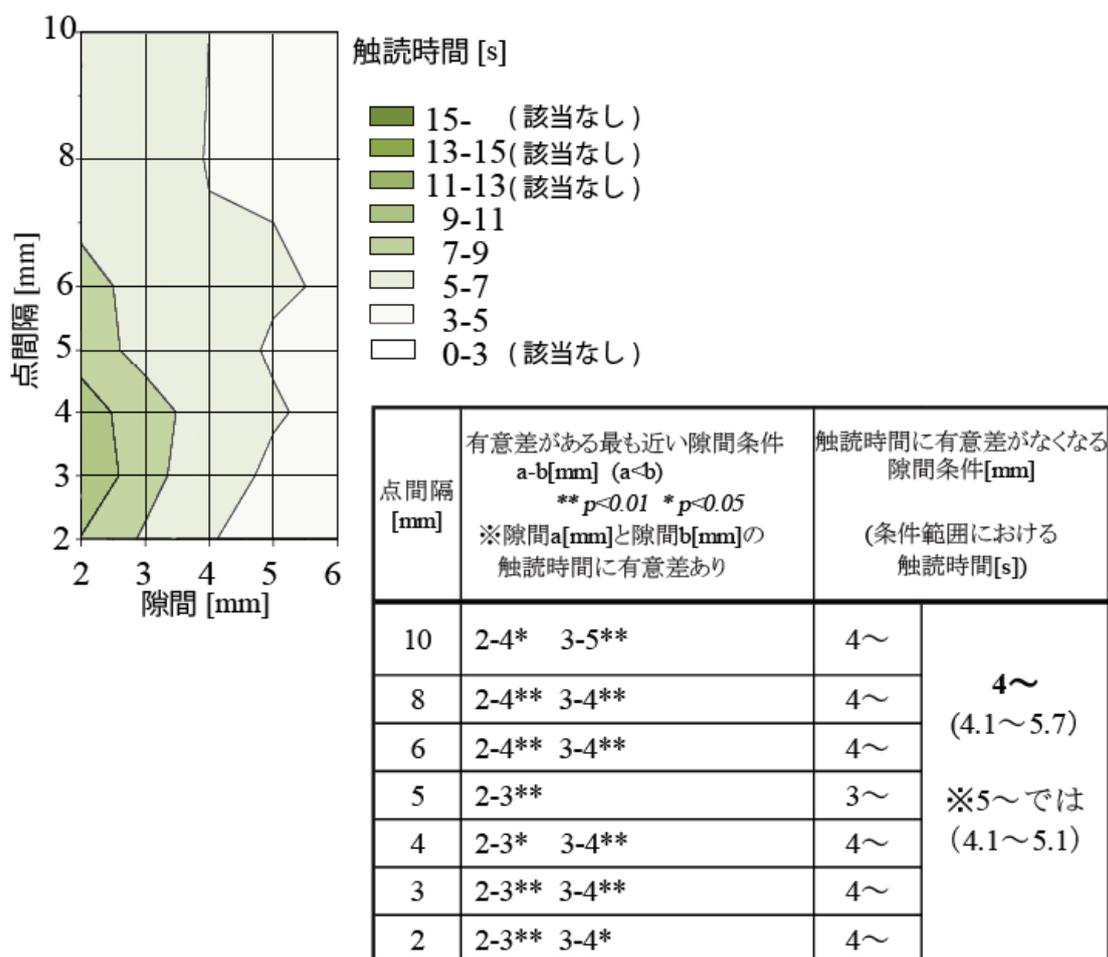


図 3-6 若年晴眼者の触読時間の結果

3.3.2 高齢晴眼者の結果

高齢晴眼者の正答率の結果を図 3-7 に示す。正答率は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、点間隔が 5mm 以下のときに隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 2mm では隙間 4mm で 90%以上、隙間 5mm で 95%以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 3mm では隙間 5mm で 95%以上になり、隙間 5mm 以上には有意差がなかった。点間隔 4mm では隙間 4mm で 95%以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm では隙間 3mm で 90%以上、隙間 5mm で 95%以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 6mm 以上では、いずれにおいても正答率はほぼ 90%以上であった。これより、どの点間隔においても正答率に有意差がなくなる隙間条件は 5mm 以上であり、このとき正答率は 96%以上であった。

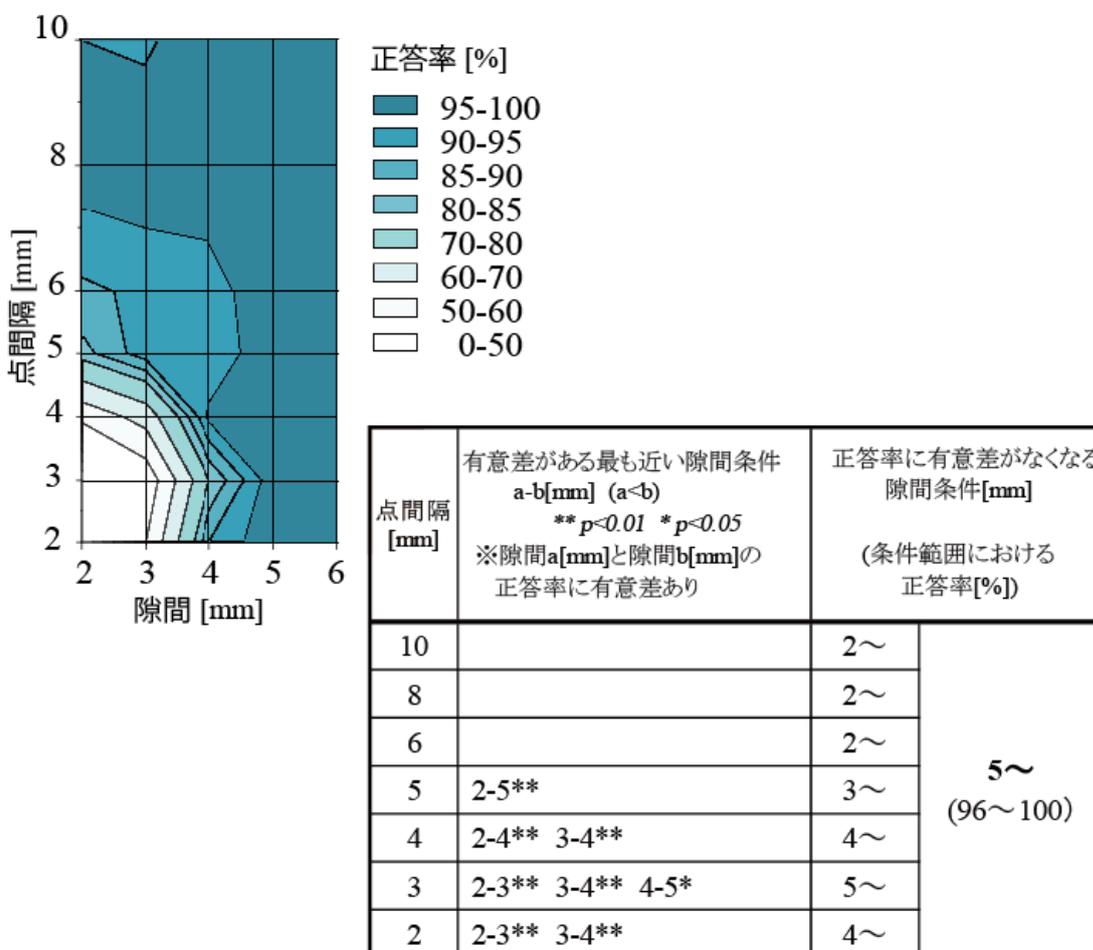


図 3-7 高齢晴眼者の正答率の結果

高齢晴眼者の確信度の結果を図 3-8 に示す。確信度は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、すべての点間隔において隙間の主効果が認められた ($p<0.05$)。点間隔 2mm では隙間 2mm で 4.4 以上、隙間 5mm で 4.6 以上になり、隙間 5mm 以上には有意差がなかった。点間隔 3mm では隙間 2mm で 4.2 を示したが隙間 3mm でやや低下し隙間 4mm で 4.2 以上になり、隙間 5mm で 4.4 以上、隙間 6mm で 4.6 以上になった。隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 4mm では隙間 4mm で 4.2 以上、隙間 5mm で 4.4 以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm では隙間 5mm で 4.4 以上になり、隙間 5mm 以上には有意差がなかった。点間隔 6mm では隙間 6mm で 4.4 以上になり、隙間 5mm 以上には有意差がなかった。点間隔 8mm では隙間 5mm で 4.2 以上になり、隙間 5mm 以上には有意差がなかった。点間隔 10mm では隙間 6mm で 4.2 以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。これより、どの点間隔においても確信度に有意差がなくなる隙間条件は 5mm 以上であり、このとき確信度は 4.1 以上であった。

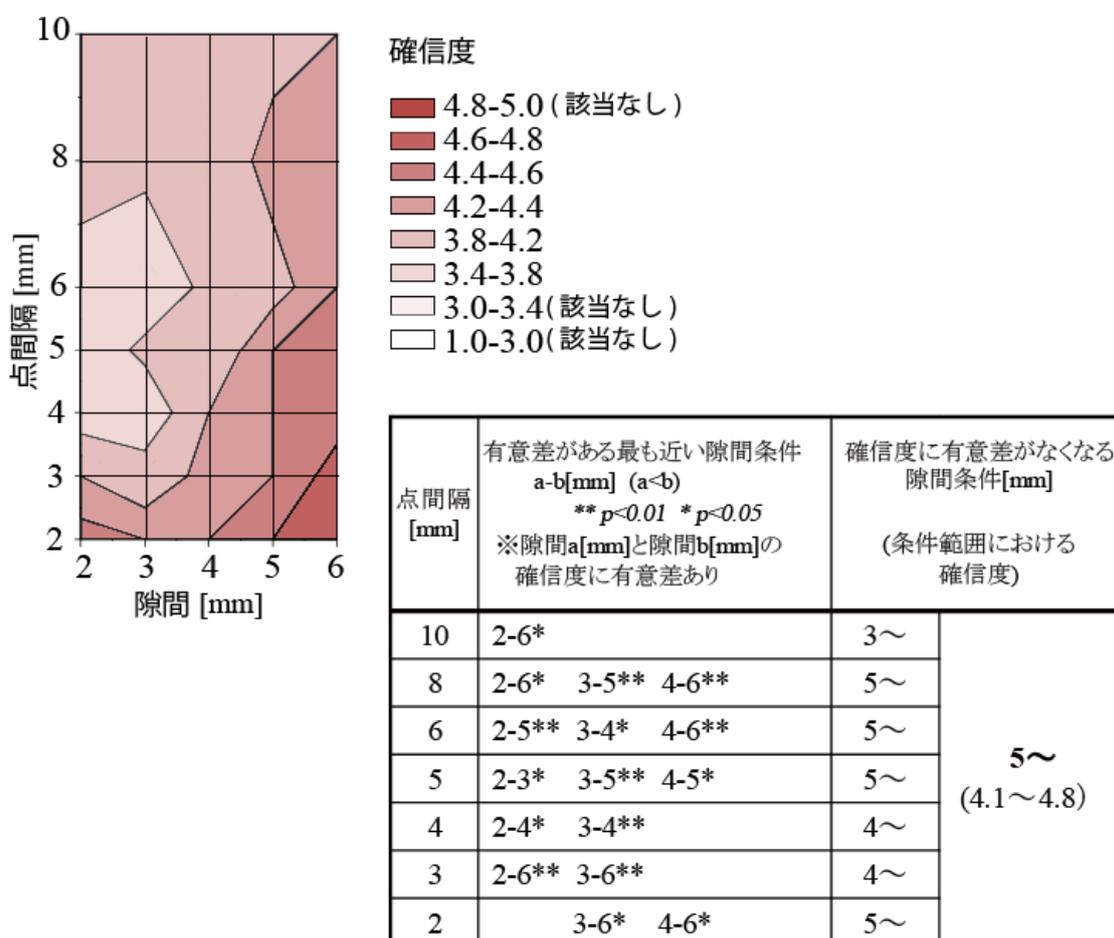


図 3-8 高齢晴眼者の確信度の結果

高齢晴眼者の触読時間の結果を図 3-9 に示す。触読時間は全体的に隙間が広がるほど短くなる傾向だった。分散分析の結果、すべての点間隔において隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 2mm, 3mm, 5mm では隙間 5mm 以上に有意差がなく、それ以外の点間隔では隙間 4mm 以上に有意差がなかった。これより、どの点間隔においても触読時間に有意差がなくなる隙間条件は 5mm 以上であり、このとき触読時間は 7.1 秒から 9.1 秒の範囲にあった。

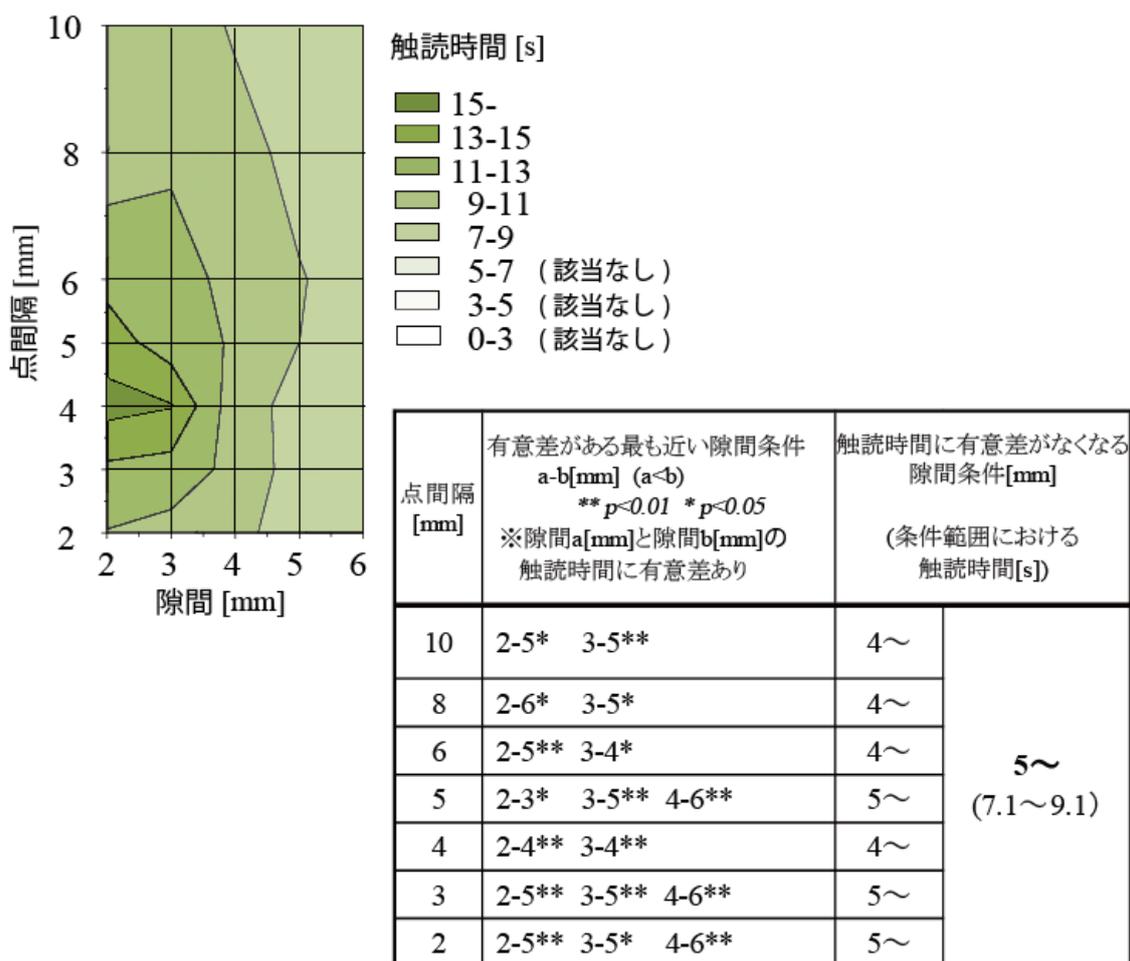


図 3-9 高齢晴眼者の触読時間の結果

3.3.3 若年視覚障害者の結果

若年視覚障害者の正答率の結果を図 3-10 に示す。正答率は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、点間隔が 4mm 以下のときに隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 2mm から点間隔 4mm までは、隙間 3mm で 95% 以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm 以上では、いずれにおいても正答率は 95% 以上であった。これより、どの点間隔においても正答率に有意差がなくなる隙間条件は 3mm 以上であり、このとき正答率は 95% 以上であった。

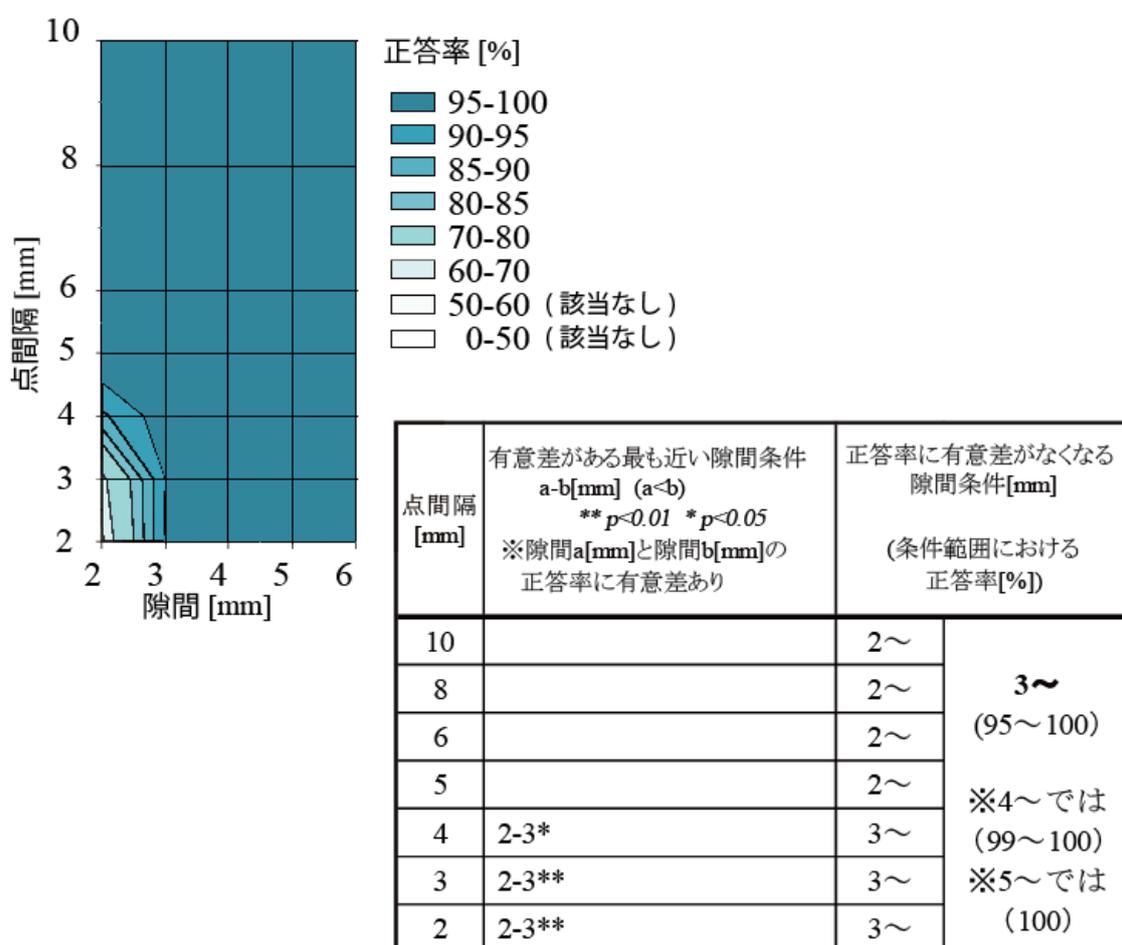


図 3-10 若年視覚障害者の正答率の結果

第3章 触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

若年視覚障害者の確信度の結果を図 3-11 に示す。確信度は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、すべての点間隔において隙間の主効果が認められた（点間隔 6mm： $p<0.05$ ，それ以外 $p<0.01$ ）。点間隔 2mm から点間隔 4mm までは、隙間 3mm で 4.6 以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm では隙間 2mm で 4.4 以上、隙間 3mm で 4.6 以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 6mm ではどの隙間でも 4.6 以上であり、有意差はなかった。点間隔 8mm と点間隔 10mm では、どの隙間でも 4.6 以上であり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。これより、どの点間隔においても確信度に有意差がなくなる隙間条件は 3mm 以上であり、このとき確信度 4.6 以上であった。

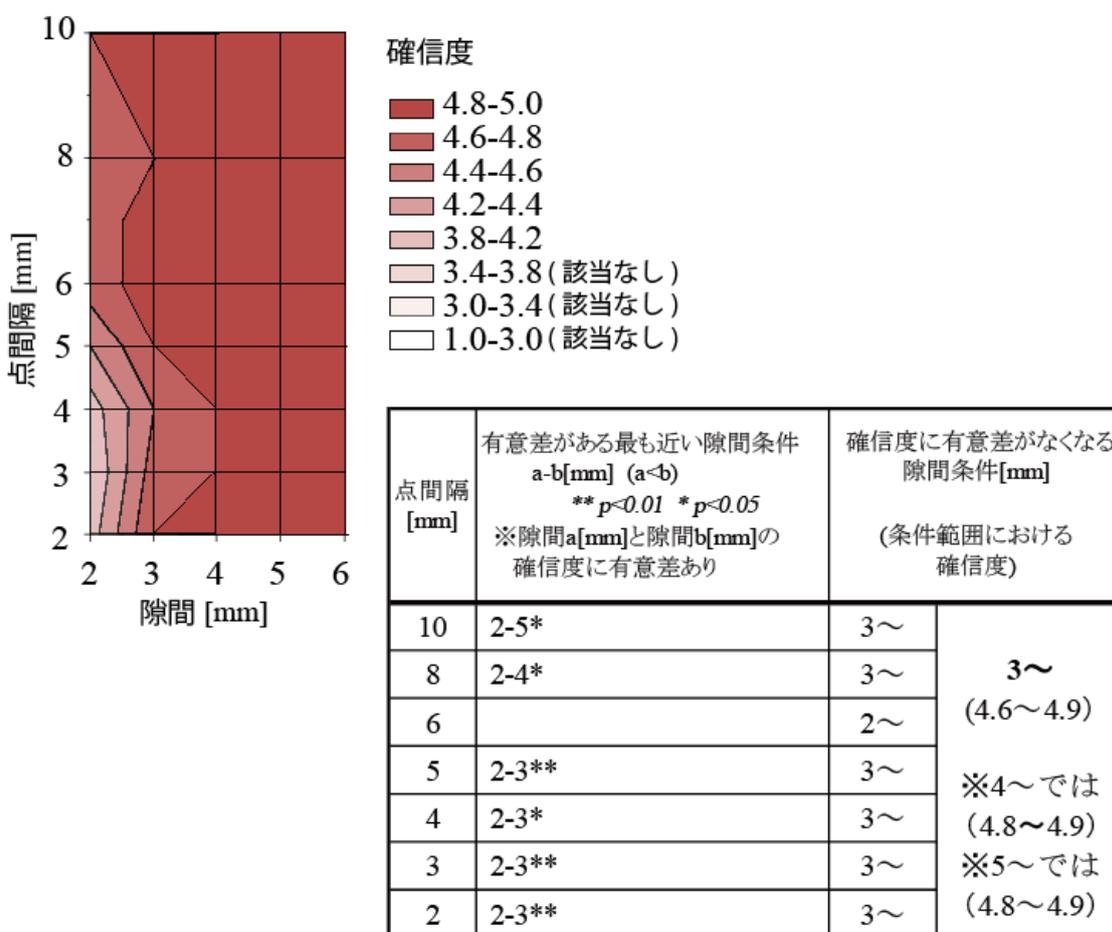


図 3-11 若年視覚障害者の確信度の結果

若年視覚障害者の触読時間の結果を図 3-12 に示す。触読時間は全体的に隙間が広がるほど短くなる傾向だった。分散分析の結果、すべての点間隔において隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 3mm と点間隔 4mm では隙間 4mm 以上に有意差がなく、それ以外の点間隔では隙間 3mm 以上に有意差がなかった。これより、どの点間隔においても触読時間に有意差がなくなる隙間条件は 4mm 以上であり、このとき触読時間は 3.2 秒から 4.3 秒の範囲にあった。

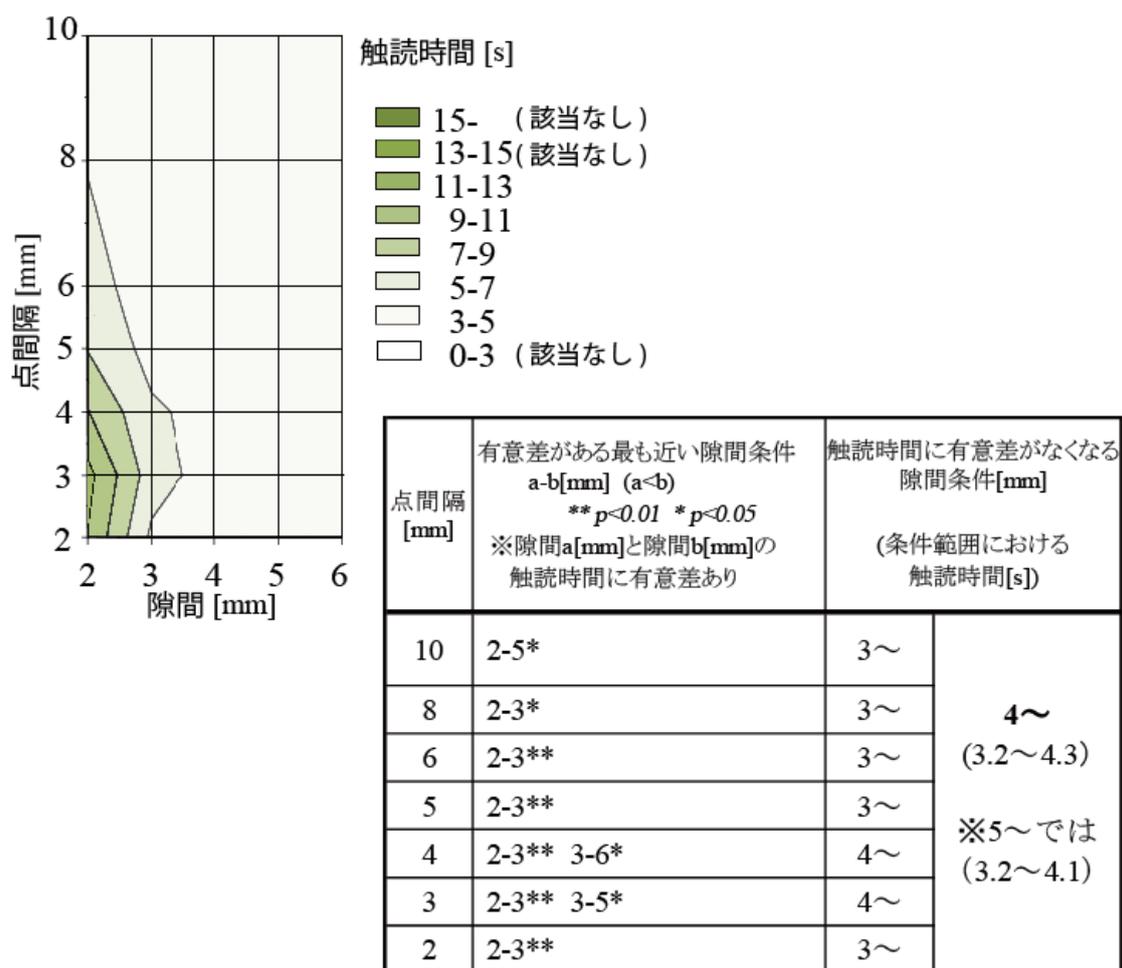


図 3-12 若年視覚障害者の触読時間の結果

3.3.4 高齢視覚障害者の結果

高齢視覚障害者の正答率の結果を図 3-13 に示す。正答率は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、点間隔が 4mm 以下のときに隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 2mm では隙間 3mm で 95%以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 3mm では隙間 4mm で 95%以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 4mm では隙間 3mm で 90%以上、隙間 4mm で 95%以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm 以上では、いずれにおいても正答率は 95%以上であった。これより、どの点間隔においても正答率に有意差がなくなる隙間条件は 3mm 以上であり、このとき正答率は 88%以上であった。

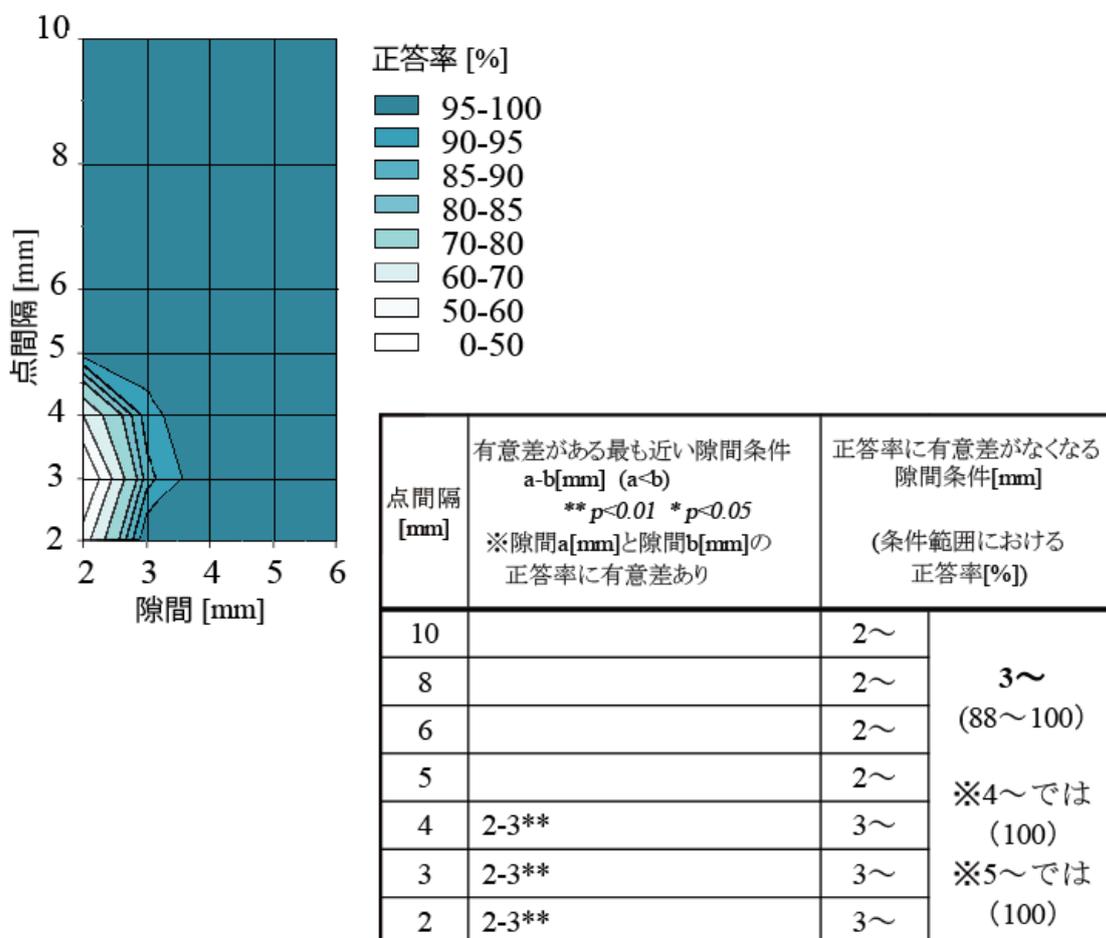


図 3-13 高齢視覚障害者の正答率の結果

第3章 触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

高齢視覚障害者の確信度の結果を図 3-14 に示す。確信度は全体的に隙間が広がるほど高くなる傾向だった。分散分析の結果、点間隔 8mm 以下で隙間の主効果が認められた（点間隔 2-5mm : $p < 0.01$, それ以外 $p < 0.05$ ）。点間隔 2mm では隙間 2mm で 4.2 以上、隙間 3mm で 4.6 以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 3mm では隙間 3mm で 4.6 以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 4mm では隙間 2mm で 4.2 以上、隙間 3mm で 4.6 以上になり、隙間 4mm 以上には有意差がなかった。点間隔 5mm では隙間 2mm で 4.4 以上、隙間 3mm で 4.6 以上になり、隙間 3mm 以上には有意差がなかった。点間隔 6mm 以上ではどの隙間でも 4.6 以上であり、有意差はなかった。これより、どの点間隔においても確信度に有意差がなくなる隙間条件は 4mm 以上であり、このとき確信度 4.9 以上であった。

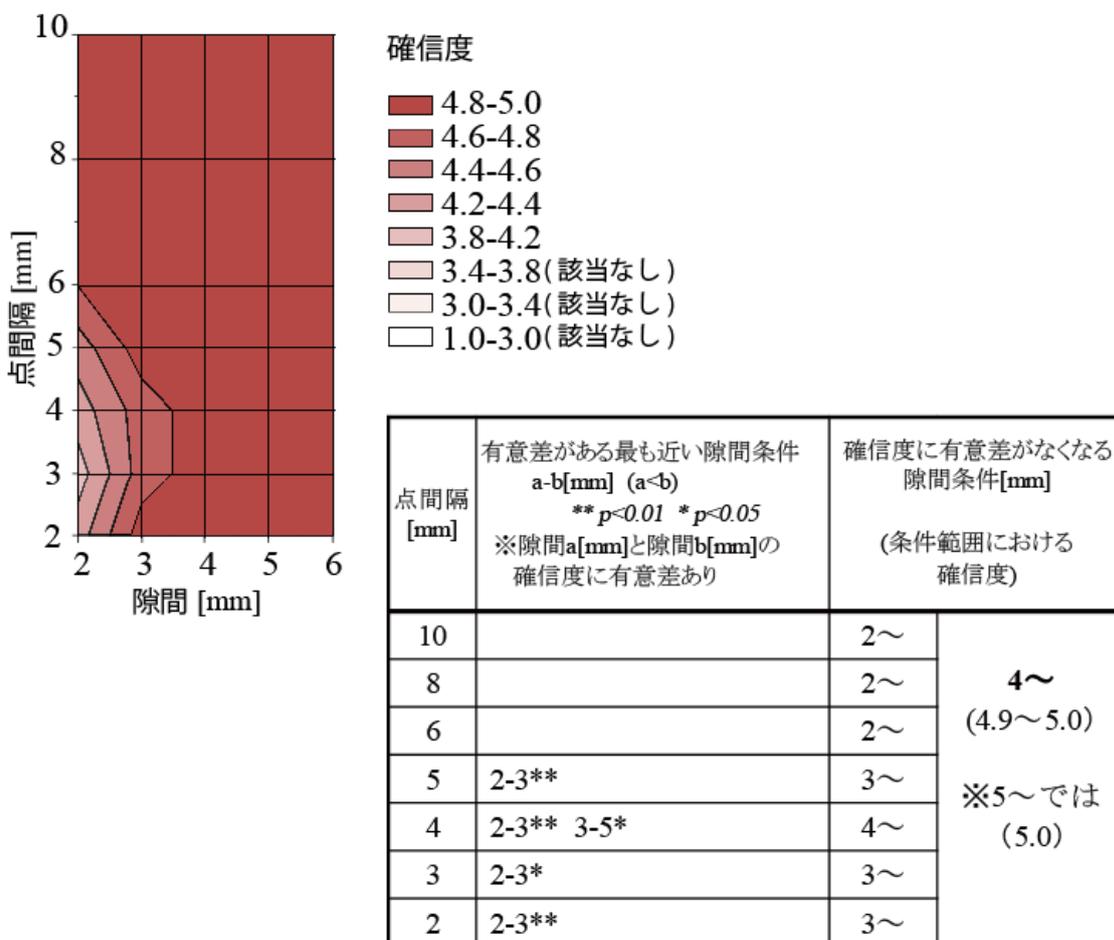


図 3-14 高齢視覚障害者の確信度の結果

第3章 触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

高齢視覚障害者の触読時間の結果を図 3-15 に示す。触読時間は全体的に隙間が広がるほど短くなる傾向だった。分散分析の結果、点間隔 8mm 以下で隙間の主効果が認められた ($p<0.01$)。点間隔 8mm 以下では、点間隔 5mm と点間隔 8mm では隙間 3mm 以上に有意差がなく、それ以外の点間隔では隙間 4mm 以上に有意差がなかった。これより、どの点間隔においても触読時間に有意差がなくなる隙間条件は 4mm 以上であり、このとき触読時間は 2.7 秒から 4.5 秒の範囲にあった。

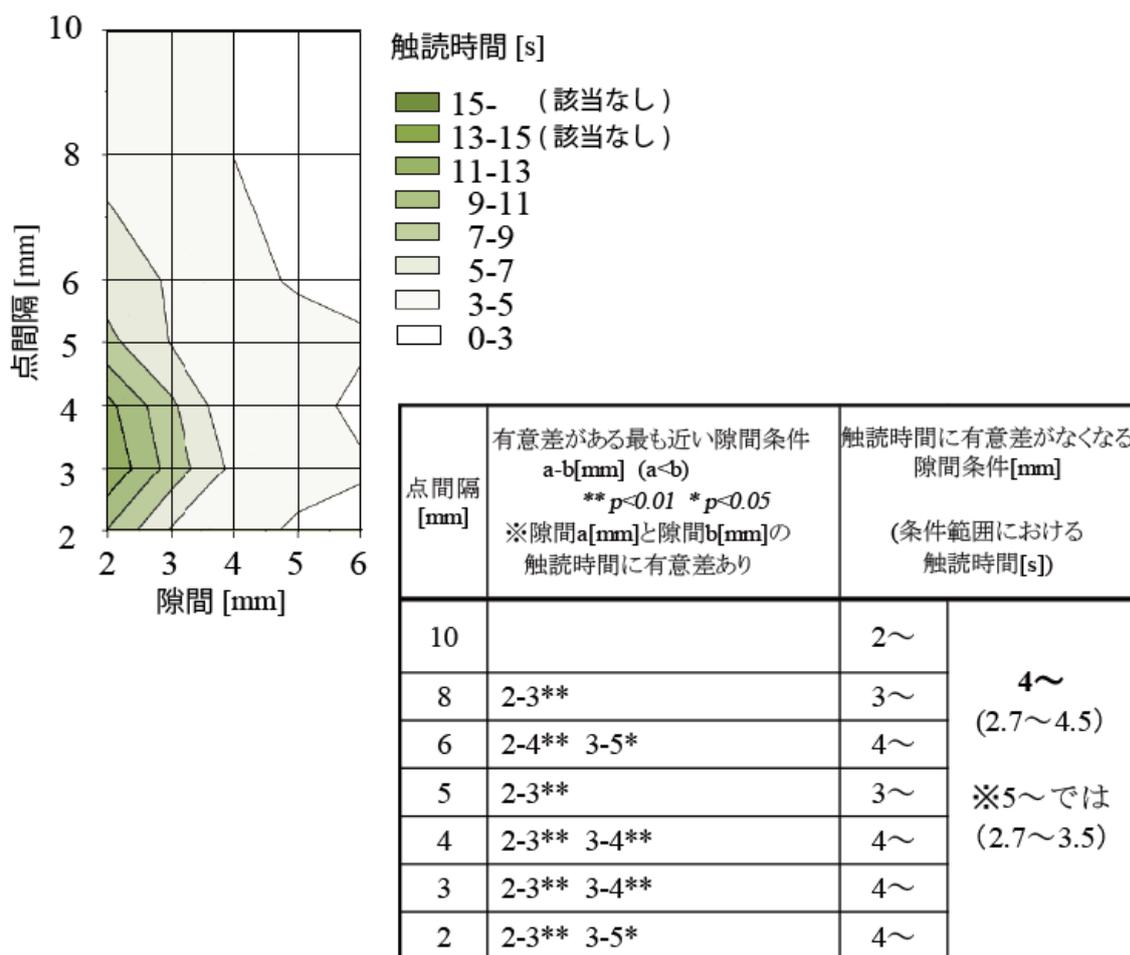
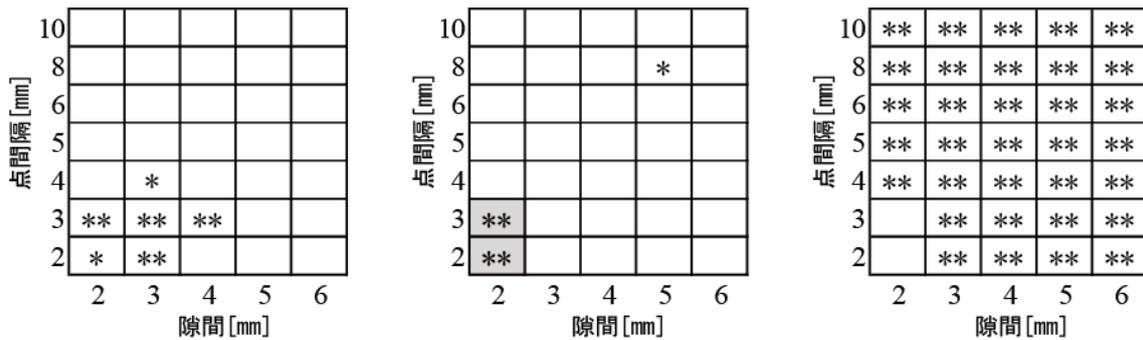


図 3-15 高齢視覚障害者の触読時間の結果

3.3.5 若年者と高齢者の結果の比較

晴眼者群と視覚障害者群それぞれについて、点間隔と隙間の組み合わせにおける正答率、確信度、触読時間ごとに、若年者と高齢者の結果を比較した。

図 3-16 は若年晴眼者と高齢晴眼者の比較結果である。正答率の比較では、点間隔が 4mm 以下で隙間が 4mm 以下の範囲で、若年晴眼者の正答率が高齢晴眼者の正答率より有意に高い組み合わせがあった。確信度の比較では、点間隔が 3mm 以下で隙間が 2mm の組み合わせのとき、高齢晴眼者は若年晴眼者より確信度が有意に高かった。また、点間隔が 8mm で隙間が 5mm の組み合わせのとき、若年晴眼者は高齢晴眼者より確信度が有意に高かった。触読時間の比較では、点間隔が 3mm 以下で隙間が 2mm の組み合わせ以外で、若年晴眼者は高齢晴眼者より触読時間が有意に短かった。特徴的な傾向として、点間隔が 2mm と 3mm で隙間が 2mm の組み合わせのとき、正答率では若年晴眼者が有意に高かったのに対し、確信度では高齢晴眼者が有意に高く、触読時間では両者に有意差がなかったことが挙げられる。



(a) 正答率

(b) 確信度

(c) 触読時間

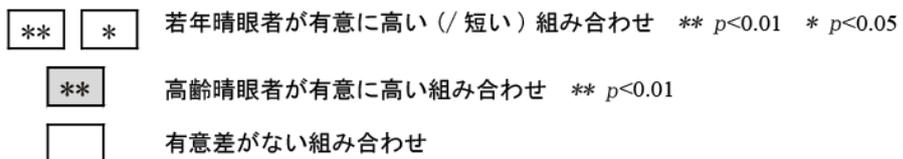
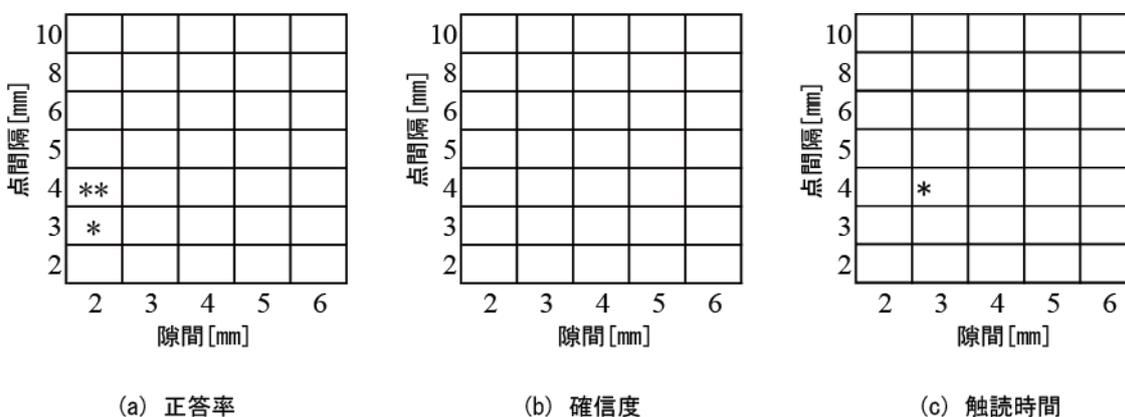


図 3-16 若年晴眼者と高齢晴眼者の結果の比較

図 3-17 は若年視覚障害者と高齢視覚障害者の比較結果である。正答率の比較では、点間隔が 3mm と 4mm で隙間が 2mm の組み合わせにおいて、若年視覚障害者は高齢視覚障害者より正答率が有意に高かった。確信度の比較では、有意差のある組み合わせはなかった。触読時間の比較では、点間隔 4mm 隙間 3mm の組み合わせにおいて、若年視覚障害者は高齢視覚障害者より触読時間が有意に短かった。このように、正答率では点間隔が狭く隙間が狭い範囲で有意差がみられたものの、他の範囲では正答率、確信度、触読時間のいずれにおいても、若年視覚障害者と高齢視覚障害者の間に有意差はほぼなかった。



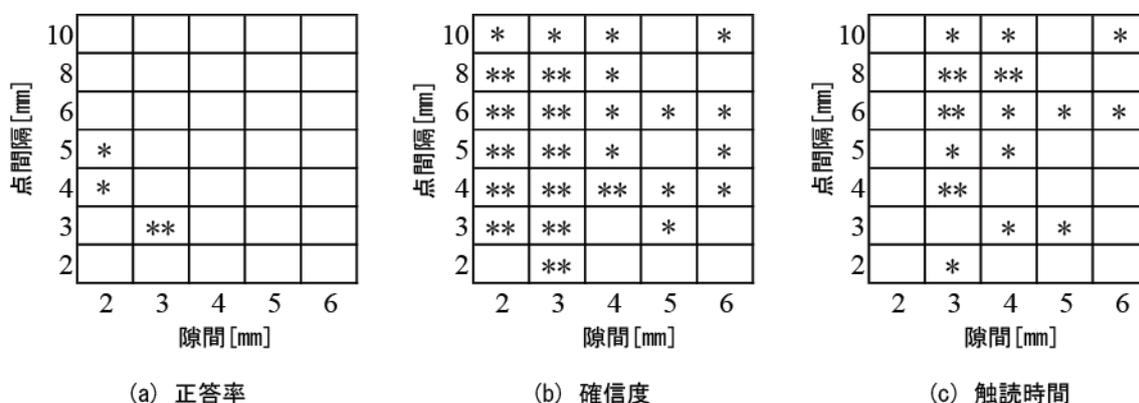
** * 若年視覚障害者が有意に高い (/ 短い) 組み合わせ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$
 有意差がない組み合わせ

図 3-17 若年視覚障害者と高齢視覚障害者の結果の比較

3.3.6 晴眼者と視覚障害者の結果の比較

若年者群と高齢者群それぞれについて、点間隔と隙間の組み合わせにおける正答率、確信度、触読時間ごとに、晴眼者と視覚障害者の結果を比較した。

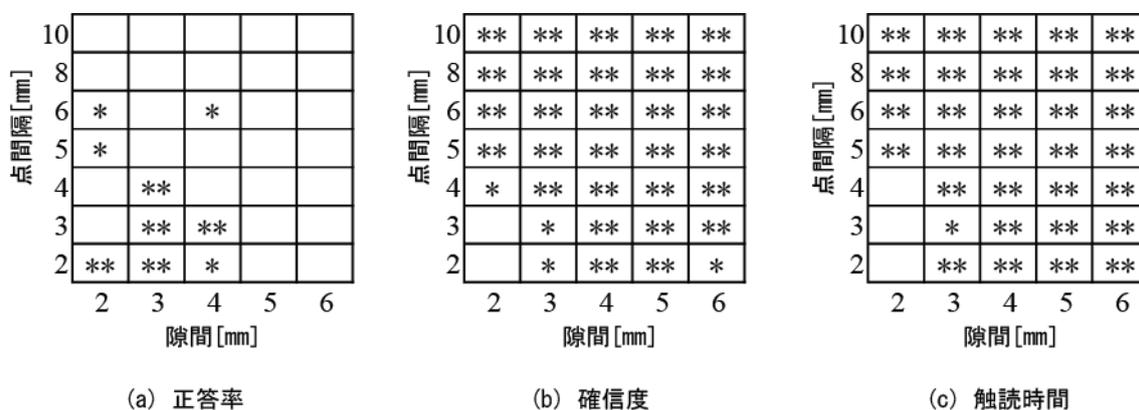
図 3-18 は若年晴眼者と若年視覚障害者の比較結果である。正答率の比較では、点間隔が 4mm と 5mm で隙間が 2mm の組み合わせ、点間隔が 3mm で隙間が 3mm の組み合わせにおいて、若年視覚障害者の正答率は若年晴眼者の正答率より有意に高かった。確信度の比較では、全体にわたり若年視覚障害者の確信度が若年晴眼者の確信度より有意に高い組み合わせがあり、特に隙間が狭いとき顕著であった。触読時間の比較では、隙間が 3mm 以上の範囲で若年視覚障害者の触読時間が若年晴眼者の触読時間より有意に短い組み合わせがあった。これより、若年者間では、隙間が狭いときは正答率と確信度に有意差がみられ、隙間が広いときは確信度と触読時間に有意差がみられる傾向が示された。



** * 若年視覚障害者が有意に高い (/ 短い) 組み合わせ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$
 有意差がない組み合わせ

図 3-18 若年晴眼者と若年視覚障害者の結果の比較

図 3-19 は高齢晴眼者と高齢視覚障害者の比較結果である。正答率の比較では、点間隔が 6mm 以下で隙間が 4mm 以下の範囲において、高齢視覚障害者の正答率が高齢晴眼者の正答率より有意に高い組み合わせがみられた。確信度の比較では、点間隔が 3mm 以下で隙間が 2mm の組み合わせを除き、高齢視覚障害者の確信度は高齢晴眼者の確信度より有意に高かった。触読時間の比較では、点間隔が 4mm 以下で隙間が 2mm の組み合わせを除き、高齢視覚障害者の触読時間は高齢晴眼者の触読時間より有意に短かった。このように、高齢者間の比較では、確信度と触読時間に同様の傾向がみられた。



** * 高齢視覚障害者が有意に高い (/ 短い) 組み合わせ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$
 有意差がない組み合わせ

図 3-19 高齢晴眼者と高齢視覚障害者の結果の比較

3.3.7 結果のまとめ

以上の結果を実験参加者群ごとにまとめ、それらを合わせて年齢や触読経験によらず、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件を求める。

晴眼者の結果を整理する。若年晴眼者では、有意差がなくなる隙間条件は、正答率が4mm以上、確信度が5mm以上、触読時間が4mm以上であった。これより、若年晴眼者が境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は5mm以上となった。このとき、正答率は99%以上、確信度は4.3以上、触読時間は4.1～5.1秒だった。高齢晴眼者では、有意差がなくなる隙間条件は、正答率、確信度、触読時間のいずれでも5mm以上であった。これより、高齢晴眼者が境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は5mm以上となった。このとき、正答率は96%以上、確信度は4.1以上、触読時間は7.1～9.1秒だった。晴眼者の結果をまとめると、晴眼者が境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は5mm以上であることがわかった。このとき、正答率は96%以上、確信度は4.1以上、触読時間は4.1～9.1秒だった。

視覚障害者の結果を整理する。若年視覚障害者では、有意差がなくなる隙間条件は、正答率が3mm以上、確信度が3mm以上、触読時間が4mm以上であった。これより、若年視覚障害者が境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は4mm以上となった。このとき、正答率は99%以上、確信度は4.8以上、触読時間は3.2～4.3秒だった。高齢視覚障害者では、有意差がなくなる隙間条件は、正答率が3mm以上、確信度が4mm以上、触読時間が4mm以上であった。これより、高齢視覚障害者が境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は4mm以上となった。このとき、正答率は100%、確信度は4.9以上、触読時間は2.7～4.5秒だった。視覚障害者の結果をまとめると、触読経験が豊富な視覚障害者が境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は4mm以上であることがわかった。このとき、正答率は99%以上、確信度は4.8以上、触読時間は2.7～4.5秒だった。

以上から、年齢や触読経験によらず、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は5mm以上であることがわかった。このとき、正答率は96%以上、確信度は4.1以上、触読時間は2.7～9.1秒だった。

3.4 考察

前節で述べた結果から、ドットパターンと境界線の上に 5mm 以上の隙間があれば、年齢や触読経験によらず、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できることが明らかになった。この結果を踏まえ、設置タイプ、冊子タイプどちらの触知案内図においても、多様な特性をもつ利用者が想定される触知案内図でドットパターンにより領域を示す際には、ドットパターンと境界線間に 5mm 程度の隙間を設けることが望ましいといえる。また、本実験では、触読経験が豊富な視覚障害者であれば、隙間が 4mm でも境界線が識別しやすいことがわかった。触読熟達者の利用に限定された触知案内図であれば、ドットパターンと境界線との隙間を 4mm 程度にすることも検討できるだろう。しかし、実際の触知案内図の製作を考えたとき、利用者層に合わせて、その都度ドットパターンと境界線間を調整して製作するのは混乱を招くと思われる。隙間を 4mm にすることに特別な利点がないのであれば、利用者の大半が触読熟達者であったとしても、5mm 程度の隙間を設けることが望ましいと考える。

本実験の結果では、若年者群と高齢者群のいずれにおいても、視覚障害者は晴眼者より狭い隙間でも境界線が識別できた。点間隔と隙間の組み合わせごとと比較した結果においても、多くの組み合わせで視覚障害者の優位性が認められた。加齢効果については、晴眼者群と視覚障害者群の両方に加齢による影響が認められた。指先の空間分解能は加齢により閾値が上昇し^[3-3, 3-4]、視覚障害者でも閾値の上昇は確認されている^[3-5]。触 2 点弁別閾などの一般的な皮膚感度の評価実験だけでなく、本実験のような複雑な触察においても同様に加齢効果が示されたといえる。一方で、加齢の影響は晴眼者群では顕著だったが、視覚障害者群では点間隔が狭いドットパターンで隙間が狭いときに限られていた。他分野の研究では、長期的な触覚トレーニングが加齢による手の感覚の低下を防ぐ可能性が指摘されているが^[3-6]、本実験の結果からも同様の可能性が示唆された。また、高齢視覚障害者の結果が若年晴眼者の結果を全体的に上回る傾向だったことから、ドットパターンの中から境界線を見つけ出し、その方向を読み取るような課題解決型の触察には、一般的な皮膚感度の評価実験以上に、日頃の触読経験が影響する可能性が考えられる。

実験結果で示された特徴的な傾向について考察する。一つは、点間隔が 3mm 以下で隙間が 2mm のときにみられた若年晴眼者と高齢晴眼者の違いである。このとき、高齢晴眼者は若年晴眼者より正答率が有意に低く、確信度は有意に高かった。また、他の範囲では若年晴眼者より有意に長かった触読時間が、ここでは若年晴眼者との間

表 3-3 点間隔 3mm 以下・隙間 2mm における晴眼者の回答内訳

		若年晴眼者		高齢晴眼者	
		回答率[%]	確信度	回答率[%]	確信度
正答		47	2.6	20	3.0
誤答	誤った方向を回答	1	3.5	1	4.5
	境界線なしと回答	52	3.9	79	4.7

に有意差がなかった。表 3-3 に、点間隔が 3mm 以下で隙間が 2mm の結果の内訳を示す。若年晴眼者の場合、正答率が 47%、誤った方向を回答した誤答率が 1%、境界線なしと答えた誤答率が 52%で、確信度はそれぞれ 2.6, 3.5, 3.9 であった。高齢晴眼者の場合は、正答率が 20%、誤った方向を回答した誤答率が 1%、境界線なしと答えた誤答率が 79%で、確信度はそれぞれ 3.0, 4.5, 4.7 であった。この内訳から、点間隔が 3mm 以下で隙間が 2mm のとき、高齢晴眼者は若年晴眼者よりも境界線に気づかず、確信をもって境界線がないと判断したことがわかる。点間隔が狭いドットパターンで隙間が狭いときには、加齢による触覚感度の低下がより影響している可能性が考えられる。

点間隔が広いドットパターンにおける各評価指標の傾向の違いも特徴的であった。点間隔が広いとき、正答率には隙間の影響が認められなかった。それに対して、確信度は隙間が狭いとき低い傾向を示し、触読時間は隙間が狭いときに長い傾向があり、隙間の影響がみられた。図 3-20 は点間隔が広く隙間が狭いときのドットパターンと境界線の関係を表したものである。このとき、境界線に接近したドットは、他のドッ

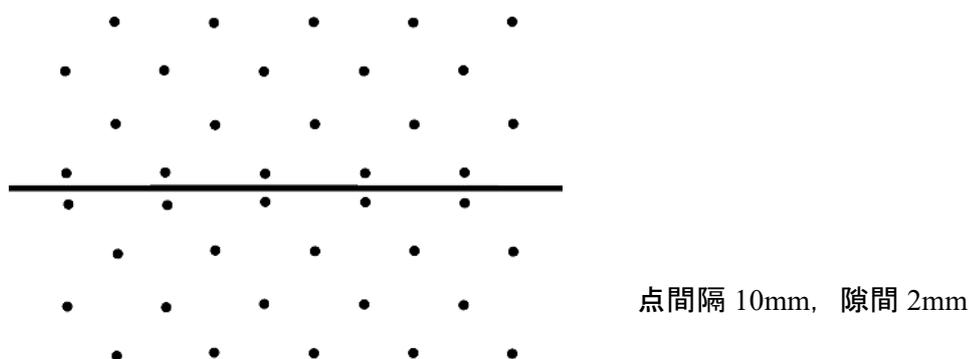


図 3-20 点間隔が広く隙間が狭いときのドットパターンと境界線の関係

第3章 触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

トと群化して面を形成する役割から、境界線と群化し点線として境界線の太さを増す役割に転じたと考えられる。ドットパターンの点間隔が広いと、境界線を見つけ出すのは難しくない。しかし、ドットが接近し太さが増した境界線は、実線であるのか、ドット列であるのかの判断がつきにくくなり、確信度や触読時間に影響を及ぼしたと考えられる。

正答率のグラフにも特徴的な傾向がみられた。図 3-21 で示したように、ドットパターンの点間隔が 3mm のとき、正答率の低い範囲が隙間の広い側に膨らんでいる様子が確認できる。若年視覚障害者では膨らみはないが、点間隔 2mm と同程度に正答率が低い。この現象について、神経反応の特性とマスキング現象により考察を試みる。図 3-22 はドットパターンを走査したときの神経反応の平均値を点間隔ごとに示したものである^[3-7]。この研究では点間隔 1.3, 2.4, 3.2, 4.3, 5.2, 6.2mm のドットパターンが用いられ、グラフから点間隔 2.4mm のとき神経反応がピークに達しているのがわかる。点間隔 2mm と 3mm を比較すると、3mm の神経反応が 2mm と同程度かわずかに上回っていることが確認できる。これより、点間隔 3mm のドットパターンは神経反応的に強い刺激であると考えられる。別の刺激（マスキャ）が提示されることにより、注目すべき刺激（ターゲット）が知覚しづらくなる現象をマスキングという。マスキングの影響が大きくなる要因には、ターゲットとマスキャが時間的に近接し空間的に

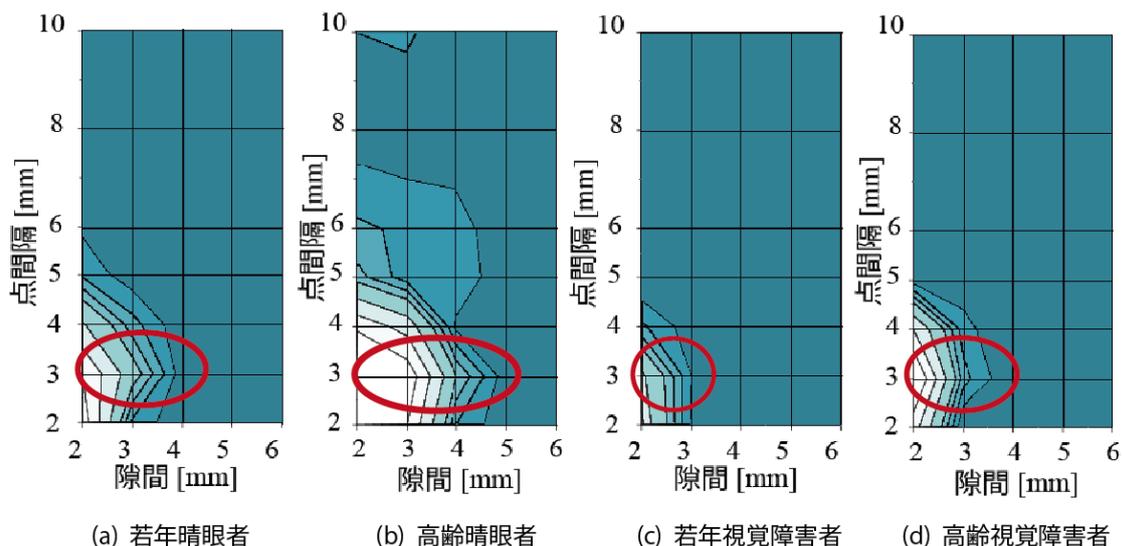
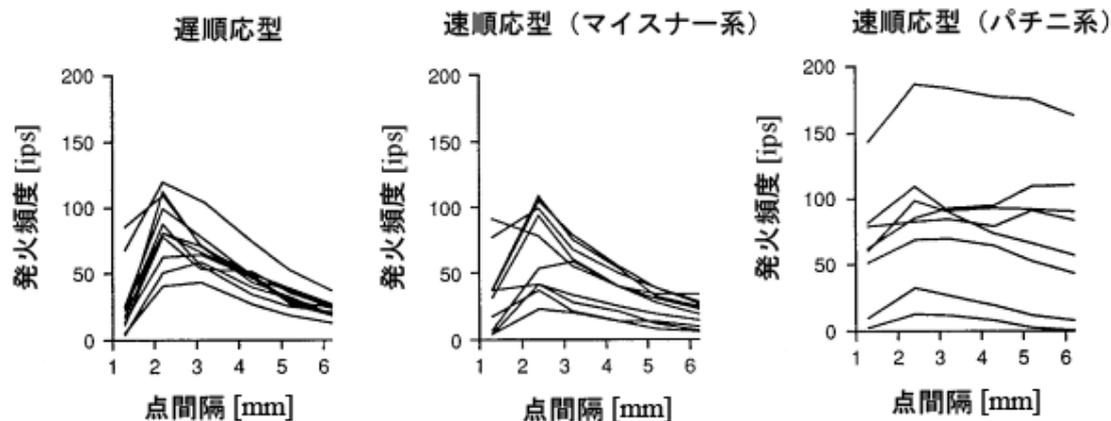


図 3-21 正答率の結果における特徴的な傾向



点間隔 1.3, 2.4, 3.2, 4.3, 5.2, 6.2mm のドットパターン走査における平均発火頻度を個人ごとにプロット。

Connor ら, 1990, Fig.5^[3-7] を改変

図 3-22 ドットパターン走査における神経反応

類似していること、マスクの強度が強いこと、マスクの持続時間が長いこと等が挙げられる^[3-8]。本実験の課題では、ドットパターンがマスク、境界線がターゲットにあたる。点間隔と隙間がともに狭いとき、ターゲットとマスクは類似し、時間的にも近接している。ドットパターンの中から境界線を探し出す課題のためマスクの持続時間も長い。したがって、点間隔と隙間がともに狭いときはマスクの影響で、より境界線に気づきにくい状況になっていると考えられる。特に、強い刺激であると考えられる点間隔 3mm のドットパターンは、マスクとしての強度も強いと推測される。点間隔 3mm において正答率の低い範囲が隙間の広い側に膨らんでいる現象は、このような要因で起きていると考えられる。

以上の通り、触知案内図における境界線とドットパターンとの隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響が明らかになった。また、境界線の識別における加齢効果と触読経験の影響が確認された。これらの知見を踏まえて製作することにより、はっきりと領域情報が伝わる触知案内図になると期待できる。

3.5 小括

本章では、第1章で設定した課題2（境界線の識別特性に関する課題：ドットパターンが隣り合った場合に、境界線とドットパターンの間にどの程度の隙間があれば境界線をより容易に識別できるか）に対して、定量的に評価することを目的として、境界線の識別実験を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- ① 年齢や触読経験によらず、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は5mm以上であることが明らかになった。
- ② 触読経験が豊富な視覚障害者の場合、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は4mm以上であることがわかった。
- ③ 晴眼者と視覚障害者のどちらにも、加齢効果がみられた。加齢効果は、晴眼者では顕著だったが、視覚障害者では点間隔が狭いドットパターンで隙間が狭いときに限られていた。
- ④ 点間隔が広いドットパターンの場合、隙間は正答率には影響しなかったが、確信度と触読時間に影響を及ぼした。境界線に接近したドットが、他のドットと群化して面を形成する役割から、境界線と群化し点線として境界線を補強する役割に転じた可能性が考えられる。
- ⑤ ドットパターンの点間隔が3mmのとき、点間隔2mmに比べて、正答率の低い範囲が広がる傾向がみられた。この現象には、点間隔3mmのドットパターンが神経反応的に強い刺激であることと、マスキング関与の可能性が考えられる。

以上の通り、第1章で述べた課題2に対して知見を得ることができた。

第4章

結論

4.1 本研究のまとめ

4.2 本研究の意義

4.3 今後の展望

概要

本研究では、第1章で取り組むべき課題を設定し、それぞれについて定量的なデータを得るために実験を行った。第4章では、課題1に対応した第2章と、課題2に対応した第3章の研究成果を統括し、本研究で得られた知見と意義についてまとめる。最後に今後の展望について述べる。

4.1 本研究のまとめ

本研究は、わかりやすい触知案内図の普及のために、触知案内図の製作指針となるような定量的データの獲得を目指し、領域情報の触読容易性向上に寄与する知見の獲得を目的として行った。具体的には、設定した二つの課題に対してそれぞれ評価実験を行い、触知案内図の製作において指針となり得る知見を得た。ドットパターンの識別特性に関する課題（課題1）では、複数のドットパターンを併用した場合にどの程度の点間隔差があれば異なる面と感じるかについて明らかにした。境界線の識別特性に関する課題（課題2）では、ドットパターンが隣り合った場合に、境界線とドットパターンの間にどの程度の隙間があれば境界線をより容易に識別できるかについて明らかにした。

本論文の第1章では、序論として、本研究の背景、触知案内図の触読容易性に関する基礎的知見、本論文の目的、及び本論文の構成について述べた。第2章では、課題1に対して行った実験について述べた。第3章では、課題2に対して行った実験について述べた。各実験で得られた知見について、以下に整理する。

- ① 年齢や触読経験によらず、ドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は5mm以上であることが明らかになった。また、点間隔差が4mm以下であっても、点間隔の組み合わせ2-6mm, 3-7mm, 4-8mmは識別しやすいことがわかった。
- ② 触読経験が豊富な視覚障害者の場合、ドットパターンを正確に確信をもって識別できる点間隔差は4mm以上であることが明らかになった。また、点間隔差が3mm以下であっても、点間隔の組み合わせ2-4mm, 2-5mm, 3-6mm, 4-7mmは識別しやすいことがわかった。
- ③ 年齢や触読経験によらず、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は5mm以上であることが明らかになった。
- ④ 触読経験が豊富な視覚障害者の場合、境界線を正確に確信をもって相対的に速い時間で識別できる隙間条件は4mm以上であることがわかった。
- ⑤ ドットパターン識別、境界線識別ともに、晴眼者と視覚障害者のいずれにおいても加齢効果がみられた。加齢効果は晴眼者では顕著だったが、視覚障害者では点間隔が狭いドットパターンにおいて、点間隔差が小さい組み合わせや隙間が狭いときに限られていた。
- ⑥ 境界線識別において、点間隔が広いドットパターンの場合、隙間は正答率には影響しなかったが、確信度と触読時間に影響を及ぼした。境界線に接近したドットが、他のドットと群化して面を形成する役割から、境界線と群化し点線として境界線を補強する役割に転じた可能性が考えられる。
- ⑦ ドットパターン識別において、通常、点間隔差が同じときは点間隔が広いドッ

トパターンの組み合わせになるほど正答率は低くなる。しかし、点間隔差が1mm のとき、高齢者では点間隔が狭い範囲で逆の傾向がみられた。これより、点間隔が狭いドットパターンにおいて、若年者では成り立ったウェーバー比が高齢者では成り立たなかった可能性が示唆された。

- ⑧ 境界線識別において、ドットパターンの点間隔が3mm のとき、点間隔2mm に比べて、正答率の低い範囲が広がる傾向がみられた。この現象には、点間隔3mm のドットパターンが神経反応的に強い刺激であることと、マスキング関与の可能性が考えられる。

これらの知見のうち、①～④は、触知案内図における領域情報の触読容易性向上に直接寄与できる具体的な知見である。⑤と⑥は、触知案内図製作の際に念頭に置くべき知見であると同時に、皮膚感覚特性の研究においても重要な知見だと考える。特に⑤の加齢効果については、高齢者は若年者に比べてドットパターンの違いや境界線の存在に気づきにくいことに加え、気づかない場合に確信をもって誤答する傾向がみられた。判断における高齢者のこのような特徴は、安全性の面からも留意すべき事項である。実験結果を評価する過程で得られた⑦と⑧の知見については、皮膚感覚特性の研究において興味深く、さらに検討が必要だと考える。

4.2 本研究の意義

本研究は、触知案内図の製作指針となるような定量的データの獲得を目指し、標準化を視野に入れて実験方法を設定した。具体的には、実験は中途失明者を想定した若年晴眼者と高齢晴眼者、触読経験が豊富な若年視覚障害者と高齢視覚障害者の4群を対象とし、実際の触知案内図の利用環境を鑑み、厳しい触察環境下でも高い確率で識別できる条件を求めた。また、提示刺激の印刷には、JIS T 0922^[41]において有用性の検証に使われたと記載されている紫外線硬化樹脂インクによる印刷法を採用した。したがって、本研究で得られた知見は、触知案内図の製作指針を検討する際に、十分に参考にできる知見だといえる。また、研究対象にしたドットパターンは、領域情報を示す面パターンの中で最も使用頻度が高く、今後も使われていくと予想される。この点においても、本研究の成果は広く役立つものである。

このように、本研究は標準化に視点を置いた研究であるが、ヒトの皮膚感覚特性の

研究としても意義あるものだろう。実験結果を評価する過程で得られたいくつかの知見は、今後さらに検討を重ねることで、人間工学的に有用な知見になり得ると考える。

4.3 今後の展望

触知案内図は、本研究で対象としたドットパターンに代表される面パターンや、領域を区切る境界線の他に、点字や各種の触知記号で構成されている。これまで、点字については高さ、点間隔、マス間隔などのサイズや、印刷素材と点字の触読性との関係が研究され、触知記号については単純幾何学図形の識別特性が調べられてきた。実際の現場で用いられている触知記号には、単純幾何学図形に加え、幾何学図形を組み合わせた形状の記号もあり、識別特性について十分に研究が進んでいるとはいえない。触知記号は、今後、優先的に取り組むべき課題だと考える。

面パターンについては、ドットパターンとストライプパターンの粗密感覚特性、ストライプパターンの識別特性に加えて、本研究により、ドットパターンの識別特性、及びドットパターンを区切る境界線の識別特性が明らかになった。これらの知見から、一つの触知案内図上で併用可能な面パターンとして、線間隔の差が 6mm 以上ある 2 種のストライプパターンと、点間隔の差が 5mm 以上ある 2 種のドットパターンを組み合わせた最大 4 パターンの組み合わせが考えられる。経験則をまとめた触知案内図のガイドライン^[42, 43, 44]には、面パターンの例として、ドットパターンでは粗と密、ストライプパターンでは縦、横、斜めなど線方向の異なる数種が図示されている。併用できるドットパターンの粗密の組み合わせについては、本研究により定量的に明らかになった。一方、線方向の異なるストライプパターンの併用については、まだ定量的な評価がされておらず、今後の課題である。

本研究を含め、これまでに行われてきた触知案内図の触読容易性に関する研究は、それぞれの構成要素に焦点を当て、触読しやすい条件を求める研究であった。触覚は視覚とは特性が異なり、視覚でわかりやすい図形であっても、そのまま凸状にして触知案内図に用いることはできない。そのため、構成要素に焦点を当て、丁寧に実験を行って定量的なデータを得る研究は、今後も引き続き必要である。

このような個別の構成要素についての研究とともに、次の段階の研究として必要とされるのは、構成要素間の関係に焦点を当てた研究である。各構成要素の位置関係や組み合わせが、それぞれの識別特性に何らかの影響をもたらすことが予想される。位置関係や組み合わせにより、個々の構成要素について識別容易性が高まることも低下

することもあると考えられる。4.1 節に挙げた本研究で得られた知見の⑥は、点間隔が広いドットパターンで境界線が接近としたときの群化の可能性について述べたものである。触知案内図の各構成要素の関係についても、その位置関係や組み合わせにより、新たな群化が起きたり、あるいは今までの群化に変化が起きる可能性があると考えられる。群化現象は、注目すべき刺激（ターゲット）が別の刺激（マスカー）により知覚しづらくなるマスキング現象とともに、触知案内図において誤った情報が読み取られる原因の一つとなり得る。逆にこれらの現象を効果的に利用することで誤認識を防げる可能性も考えられ、検討していきたい課題である。

さらに、触知案内図の素材や製法と、触読性についても検討が必要であろう。UV 点字を上質紙とラミネートフィルムに印刷して、印刷素材の影響を評価した研究^[4-5]では、点字を学習して間もない中途視覚障害者の場合に印刷素材が UV 点字の触読性に影響することが報告されている。触知案内図を構成する他の構成要素についても、素材や製法が触読性に影響している可能性が考えられ、研究課題として今後の取り組みが待たれる。

参考文献

第1章 序論

- [1-1] Marko, H.: Information theory and cybernetics, IEEE spectrum, 4(11), pp.75-83, 1967.
- [1-2] 厚生労働省: 身体障害者障害程度等級表, 身体障害者福祉法施行規則別表第5号, 2003.4 改正.
- [1-3] 国立障害者リハビリテーション病院: ロービジョン訓練, <http://www.rehab.go.jp/hospital/japanese/rb/rb.html>, 2016.9.15 参照.
- [1-4] 日本ロービジョン学会: ロービジョンについて, <https://www.jslrr.org/>, 2016.9.15 参照.
- [1-5] 共用品推進機構: 2010 年度視覚障害者不便さ調査成果報告書, 2011.
- [1-6] 日本点字図書館: 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, 1993.
- [1-7] 共用品推進機構: 弱視者不便さ調査報告書, 2000.
- [1-8] 厚生労働省: 平成 18 年身体障害児・者実態調査結果, 2008.
- [1-9] 厚生労働省: 平成 23 年生活のしづらさなどに関する調査 (全国在宅障害児・者等実態調査) 結果, 2013.
- [1-10] 国税庁: 障害者控除, <http://www.nta.go.jp/taxanswer/shotoku/1160.htm>, 2016.9.15 参照.
- [1-11] 内閣府: 平成 25 年版障害者白書, 2013.
- [1-12] 金子健: 脳科学と視覚障害 -盲者の大脳体性感覚野に関する脳画像による研究について-, 国立特別支援教育総合研究所研究紀要, 37, 2010.
- [1-13] 石田久幸: 盲者の脳の可塑性と機能補償に関する最近の研究, 筑波技術大学テクノレポート, 18(1), pp.66-73, 2010.
- [1-14] 内閣府: 平成 27 年版障害者白書, 2015.
- [1-15] 和気典二, 清水豊, 和気洋美: 触覚による 3 次元的情報の知覚と視覚代行, 人間工学, 16(1), pp.27-35, 1980.
- [1-16] 山本卓, 内田優典, 島田茂伸, 篠原正美, 下条誠, 清水豊: インタラクティブ型触覚グラフィックディスプレイのユーザインタフェース向上とその応用, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 13(1), pp.49-57, 2008.
- [1-17] 国土交通省: バリアフリー法の概要, <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/>, 2016.9.15 参照.
- [1-18] 日本地下鉄協会: 日本地下鉄協会報, 第 199 号, 2013.
- [1-19] 木塚泰弘: 日本の点字 -その過去・現在・未来-, 視覚障害, 日本盲人福祉研究会, 34, pp.4-15, 1977.
- [1-20] 木塚泰弘, 小田浩一, 志村洋: 点字パターン認識を規定する諸要因, 国立特殊教育総合研究所研究紀要, 12, pp.107-115, 1985.

- [1-21] 牟田口辰巳: 点字読み熟達者の読速度に関する研究 -読速度の左右差に焦点を当てて-, 特殊教育学研究, 50(4), pp.343-352, 2012.
- [1-22] 家電製品協会: 家電製品における操作性向上のための音声案内に関するガイド, 2015.
- [1-23] 厚生労働省, プロジェクトゆうあい: 視覚障がい者の歩行移動を支援するための音声案内システムの現状及び今後のあり方に関する調査報告書, 2010.
- [1-24] 日本博物館協会: 誰にもやさしい博物館づくり事業 バリアフリーのために, 2005.
- [1-25] 江草遼平, 保科弘明, 生田目美紀, 小川義和, 小林真, 寺野隆雄, 溝口博, 楠房子, 中瀬勲, 山本哲也, 稲垣成哲: 科学系博物館の展示における情報アクセシビリティの全国調査, 日本科学教育学会研究会研究報告, 29(6), pp.43-46, 2015.
- [1-26] 吉本浩二, 李還幫: 空間情報サービスのユニバーサルデザイン -博物館における視覚障害者誘導システムの現状と課題, 画像電子学会 第7回 視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会発表, 2015.
- [1-27] 日本障害者リハビリテーション協会: 特集 IT 社会における情報バリアフリー, 26, 2006.
- [1-28] 渡辺哲也, 山口俊光, 南谷和範: 視覚障害者の携帯電話・スマートフォン・タブレット・パソコン利用状況調査 2013, 電気通信普及財団 平成 24 年度 研究調査助成 成果報告書, 2014.
- [1-29] 日本工業標準調査会: JIS T 0922 高齢者・障害者配慮設計指針 -触知案内図の情報内容及び形状並びにその表示方法, 日本規格協会, 2007.
- [1-30] 国土交通省, 交通エコロジー・モビリティ財団: 公共交通機関の移動等円滑化整備ガイドライン (旅客施設編), 2013.
- [1-31] 日本盲人社会福祉施設協議会: 視覚障害者の安全で円滑な行動を支援するための点字表示等に関するガイドライン, 2002.
- [1-32] 渡辺哲也: 視覚障害者と触地図, ヒューマンインタフェース学会誌, 10(2), pp.106-107, 2008.
- [1-33] 鹿島教昭, 田村明弘, 太田篤史, 鈴木和子, 小澤繁之: オリエンテーリングを利用した視覚障害者の歩行実験, 横浜市環境科学研究所報, 32, pp.112-119, 2008.
- [1-34] 福岡空港: お体の不自由なお客様へ,
http://www.fuk-ab.co.jp/barrierfree_guide_board/, 2016.9.15 参照.
- [1-35] 東京ディズニーリゾート: 視覚に障がいがある方へ,
<http://www.tokyodisneyresort.jp/bfree/view.html>, 2016.9.15 参照.
- [1-36] 京葉高速道路: 通知資料 (「触知図案内板」の設置及び「構内触知案内図ガイド」の作成), 2014.
- [1-37] 加藤宏: 点字使用者は触図を含む文章をどのように読解しているのか -センター試験解答行動に見る触図活用-, 筑波技術短期大学テクノレポート, 11(1), pp.47-52, 2004.

- [1-38] Loomis, J.M., Klatzky, R.L. and Lederman, S.J.: Similarity of tactual and visual picture recognition with limited field of view, *Perception*, 20, pp.167-177, 1991.
- [1-39] Loomis, J.M., Tactile pattern perception, *Perception*, 10, pp.5-27, 1981.
- [1-40] 金子健, 大内進: 点字教科書における図版の触図化について -触図作成マニュアルの作成に向けて-, 国立特殊教育総合研究所紀要, 32, 2005.
- [1-41] 金子健: 触覚の特性と触図の認知について, 国立特殊教育総合研究所 平成 14 年度視覚障害教育部一般研究成果報告書, pp.2-5, 2003.
- [1-42] 牟田口辰巳: 熟達者の点字読みにおける手の使い方に関する研究 -画像解析による非読書時間と同時読みの検討-, 障害科学研究, 37, pp.183-195, 2013.
- [1-43] 大内進: 両手を効果的に活用した点字触読指導法の開発に関する研究 -事例研究を通して-, 国立特殊教育総合研究所研究紀要, 30, pp.71-80, 2003.
- [1-44] 西脇智子: 『図書館史』における「本間一夫と日本盲人図書館」の史実を探る, 実践女子短期大学紀要, 35, 2014.
- [1-45] 杉山和子: 手書き触図の手引き -私の経験を通して-, 大活字, 2007.
- [1-46] 筑波技術大学: エーデルをはじめよう! -Web 編-, <http://www.ntut-braille-net.org/EDEL-Web/>, 2016.9.15 参照.
- [1-47] 国立特別支援教育総合研究所: 真空成型法による立体教材作製ガイド (2009 年 10 月改訂版), 2009.
- [1-48] 渡部謙, 渡辺哲也, 山口俊光, 秋山城治, 南谷和範, 宮城愛美, 大内進, 高岡裕, 菅野亜紀, 喜多伸一: 点図触地図自動作成システムの開発と地図の触読性の評価, 電子情報通信学会論文誌, J95-D(4), pp.948-959, 2012.
- [1-49] 土井幸輝: 無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する製作システムの開発とそれらの触読性評価に関する研究, 国立特別支援教育総合研究所平成 21~22 年度研究成果報告書, 2011.
- [1-50] 国立特別支援教育総合研究所: i ライブラリー 平成 22 年度アクセシブルデザインパンフレット, http://forum.nise.go.jp/ilibrary2/htdocs/?page_id=43, 2016.9.15 参照.
- [1-51] Kwok, M.G., 福田忠彦: 感覚特性に基づく触地図作製法の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, 103(590), pp.55-62, 2004.
- [1-52] 和田勉: 街で見かける点字サイン・その問題点, 視覚障害, 161, pp.1-22, 1999.
- [1-53] 日本工業標準調査会: JIS Z 8071 規格作成者のための高齢者・障害のある人たちへの配慮設計指針, 日本規格協会, 2003.
- [1-54] 日本工業標準調査会: 高齢者・障害者への配慮に係る標準化の進め方について (提言書), 2003.
- [1-55] 共用品推進機構: 高齢者・障害者配慮分野の調査研究又は JIS 原案作成 調査報告書, 2008.
- [1-56] 日本標準調査会: JIS T 0921 高齢者・障害者配慮設計指針 -点字の表示原則及び点字表示方法- 公共施設・設備, 日本規格協会, 2006.

- [1-57] 日本標準調査会: JIS T 9253 紫外線硬化樹脂インキ点字 -品質及び試験方法, 日本規格協会, 2004.
- [1-58] 岩村吉晃: 能動的触知覚 (アクティヴタッチ) の生理学, バイオメカニズム学会誌, 31(4), pp.171-177, 2007.
- [1-59] 福田忠彦: 生体情報論, 朝倉書店, 1997.
- [1-60] Vallbo, A.B. and Johansson, R.S.: Properties of cutaneous mechanoreceptors in the human hand related to touch sensation, *Human Neurobiology*, 3, pp.3-14, 1984.
- [1-61] Stevens, J.C.: Aging and spatial acuity of touch, *Journals of Gerontology*, 47(1), pp.35-40, 1992.
- [1-62] 嶋脇聡, 酒井直隆, 鈴木章之: 手掌面における静的・動的触覚の計測, 日本機械学会論文集 (c 編), 71(704), pp.1322-1326, 2005.
- [1-63] Loomis, J.M.: An investigation of tactile hyperacuity, *Sensory Processes*, 3, pp.289-302, 1979.
- [1-64] 嶋脇聡, 酒井直隆: 静的および動的二点識別法による視覚障害者と晴眼者の手掌面触覚の比較, 日本機械学会論文集 (c 編), 72(715), pp.829-834, 2006.
- [1-65] Goldreich, D. and Kanics, I.M.: Performance of blind and sighted humans on a tactile grating detection task, *Perception & Psychophysics*, 68(8), pp.1363-1371, 2006.
- [1-66] Grant, A.C., Thiagarajah, C. and Sathian, K., Tactile perception in blind braille readers: a psychophysical study of acuity and hyperacuity using gratings and dot patterns, *Perception & Psychophysics*, 62 (2), pp.301-312, 2000.
- [1-67] Verrillo, R.T.: Investigation of some parameters of the cutaneous threshold for vibration, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 34(11), pp.1768-1773, 1962.
- [1-68] Bolanowski, S.J., Gescheider, G.A., Verrillo, R.T. and Checkosky, C.M.: Four channels mediate the mechanical aspects of touch, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(5), pp.1680-1694, 1988.
- [1-69] Phillips, J.R. and Johnson, K.O.: Tactile spatial resolution. III.: A continuum mechanics model of skin predicting mechanoreceptor responses to bars, edges, and gratings, *Journal of Neurophysiology*, 46(6), pp.1204-1225, 1981.
- [1-70] Connor, C.E., Hsiao, S.S., Phillips, J.R. and Johnson, K.O.: Tactile roughness: neural codes that account for psychophysical magnitude estimates, *The Journal of Neuroscience*, 10(12), pp.3823-3836, 1990.
- [1-71] Hollins, M., Bensmaia, S.J. and Washburn, S.: Vibrotactile adaptation impairs discrimination of fine, but not coarse, textures, *Somatosensory & Motor Research*, 18(4), pp.253-262, 2001.
- [1-72] 内川恵二: 感覚・知覚の科学 3 聴覚・触覚・前庭感覚, 朝倉書店, 2008.
- [1-73] 昆陽雅司, 前野隆司: 微細テクスチャ触感の評価のための精密なヒト指腹部有限要素モデルの構築, 計算力学講演会講演論文集, 2005(18), pp.707-708, 2005.

- [1-74] Bolton, C.F., Winkelmann, R.K. and Dyke, P.J.: A quantitative study of meissner's corpuscles in man, *Neurology*, 16(1), pp.1-9, 1966.
- [1-75] Bruce, M.F.: The relation of tactile thresholds to histology in the fingers of elderly people, *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 43, pp.730-734, 1980.
- [1-76] Bhat, G.M. Itoo, M.S., Shah, B.A., Shah, N.A., banno, S. and Hussain, T.: Quantitative and qualitative changes in human meissner's corpuscle at different ages: a light microscopic analysis, *International Journal of Research in Medical Sciences*, 2(3), pp.852-856, 2014.
- [1-77] Gescheider, G.A., Beiles, E.J., Checkosky, C.M., Bolanowski, S.J. and Verrillo, R.T.: The effects of aging on information-processing channels in the sense of touch: II. Temporal 3 summation in the P channel, *Somatosensory & Motor Research*, 11(4), pp.359-365, 1994.
- [1-78] Gellis, M. and Pool, R.: Two-point discrimination distances in the normal hand and forearm: application to various methods of fingertip reconstruction., *Plastic and Reconstructive Surgery*, 59(1), pp.57-63, 1977.
- [1-79] Kenshalo, D.R.: Somesthetic sensitivity in young and elderly humans, *The Journals of Gerontology*, 41(6), pp.732-742, 1986.
- [1-80] Stevens, J.C. and Choo, K.K.: Spatial acuity of the body surface over the life span, *Somatosensory & Motor Research*, 13(2), pp.153-166, 1996.
- [1-81] Stevens, J.C., Alvarez-Reeves, M., Dipietro, L., Mac, G.W. and Green, B.G.: Decline of tactile acuity in aging: a study of body site, blood flow, and lifetime habits of smoking and physical activity, *Somatosensory & Motor Research*, 20(3-4), pp.271-279, 2003.
- [1-82] Stevens, J.C. and Cruz, L.A.: Spatial acuity of touch: ubiquitous decline with aging revealed by repeated threshold testing, *Somatosensory & Motor Research*, 13(1), pp.1-10, 1996.
- [1-83] Golbe, A.K., Collins, A.A. and Cholewiak, R.W.: Vibrotactile threshold in young and old observers: The effects of spatial summation and the presence of a rigid surround, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 99(4), pp.2256-2269, 1996.
- [1-84] Verrillo, R.T.: Change in vibrotactile thresholds as a function of age, *Sens Processes*, 3(1), pp.49-59, 1979.
- [1-85] Thornbury, J.M. and Mistretta, C.M.: Tactile sensitivity as a function of age, *Journal of Gerontology*, 36(1), pp34-39, 1981.
- [1-86] Depeault, A.D., Meftah, E.M. and Chapman, C.E.: Tactile speed scaling: contributions of time and spac, *Journal of Neurophysiology*, 99(3), pp.1422-34, 2008.
- [1-87] 赤松幹之, 貞本洋一: 表面あらさ判別における触運動の役割 -触運動の速度・押圧力・運動方向の影響-, *人間工学*, 25(3), pp.183-191, 1989.

- [1-88] Vega-Bermudez, F., Johnson, K.O. and Hsiao, S.S.: Human tactile pattern recognition: active versus passive touch, velocity effects, and patterns of confusion, *Journal of neurophysiology*, 65(3), pp.531-546, 1991.
- [1-89] Phillips, J.R., Johansson, R.S. and Johnson, K.O.: Representation of braille characters in human nerve fibres, *Experimental Brain Research*, 81, pp.589-592, 1990.
- [1-90] Hollins, M. and Risner, S.R.: Evidence for the duplex theory of tactile texture perception, *Perception & Psychophysics*, 62(4), pp.695-705, 2000.
- [1-91] 土井幸輝, 小田原利江, 林美恵子, 藤本浩志: UV 点字パターンの識別容易性評価に関する研究, *日本機械学会論文集 (c 編)*, 70(699), pp.3286-3291, 2004.
- [1-92] 土井幸輝, 西村崇宏, 河野勝, 梅沢侑実, 松森ハルミ, 和田勉, 藤本浩志: 紫外線硬化樹脂点字の新規作成装置を用いた触読し易い点字縦横間隔の評価, *日本機械学会論文集*, 81(831), p.15-00381, 2015.
- [1-93] 土井幸輝, 西村崇宏, 藤本浩志, 和田勉, 田中良広, 澤田真弓, 大内進, 金子健, 金森克浩: 紫外線硬化樹脂点字のマス間隔比が触読性に及ぼす影響, *国立特別支援教育総合研究所研究紀要*, 41, 2014.
- [1-94] 土井幸輝, 岩崎亜紀, 藤本浩志: 印刷素材が UV 点字の触読性に及ぼす影響に関する研究, *日本機械学会論文集 (c 編)*, 72(716), pp.1230-1236, 2006.
- [1-95] 土井幸輝, 荻野愛実, 和田勉, 藤本浩志: 加齢がスクリーン印刷による触知記号の識別特性に及ぼす影響に関する研究, *ライフサポート*, 21(4), pp.164-171, 2009.
- [1-96] 和田勉, 土井幸輝, 天野真衣, 片桐麻優, 藤本浩志: 触知案内図のドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性に関する研究, *日本機械学会論文集 (c 編)*, 75(752), pp.1041-1046, 2009.
- [1-97] 和田勉, 土井幸輝, 片桐麻優, 藤本浩志: 触知案内図のストライプパターンの線間隔が識別特性に及ぼす影響, *日本感性工学会論文誌*, 12(3), pp.441-446, 2013.
- [1-98] 和田勉, 土井幸輝, 片桐麻優, 藤本浩志: 視覚障害者を対象とした触知案内図におけるストライプパターンの線間隔が識別容易性に及ぼす影響, *日本生活支援工学会誌*, 13(2), pp.17-22, 2013.

第2章 触知案内図におけるドットパターンの点間隔が識別特性に及ぼす影響

- [2-1] 土井幸輝: 無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する製作システムの開発とそれらの触読性評価に関する研究, *国立特別支援教育総合研究所平成 21~22 年度研究成果報告書*, 2011.

- [2-2] 和田勉, 土井幸輝, 天野真衣, 片桐麻優, 藤本浩志: 触知案内図のドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性に関する研究, 日本機械学会論文集 (c 編) , 75(752), pp.1041-1046, 2009.
- [2-3] 日本標準調査会: JIS T 9253 紫外線硬化樹脂インキ点字 -品質及び試験方法, 日本規格協会, 2004.
- [2-4] Stevens, J.C.: Aging and spatial acuity of touch, *Journals of Gerontology*, 47(1), pp.35-40, 1992.
- [2-5] Stevens, J.C. and Cruz, L.A.: Spatial acuity of touch: ubiquitous decline with aging revealed by repeated threshold testing, *Somatosensory & Motor Research*, 13(1), pp.1-10, 1996.
- [2-6] Thornbury, J.M. and Mistretta, C.M.: Tactile sensitivity as a function of age, *Journal of Gerontology*, 36(1), pp34-39, 1981.
- [2-7] Goldreich, D. and Kanics, I.M.: Performance of blind and sighted humans on a tactile grating detection task, *Perception & Psychophysics*, 68(8), pp.1363-1371, 2006.
- [2-8] Grant, A.C., Thiagarajah, C. and Sathian, K., Tactile perception in blind braille readers: a psychophysical study of acuity and hyperacuity using gratings and dot patterns, *Perception & Psychophysics*, 62 (2), pp.301-312, 2000.
- [2-9] 嶋脇聡, 酒井直隆: 静的および動的二点識別法による視覚障害者と晴眼者の手掌面触覚の比較, 日本機械学会論文集 (c 編) , 72(715), pp.829-834, 2006.

第3章 触知案内図におけるドットパターンと境界線との隙間が境界線の識別特性に及ぼす影響

- [3-1] 土井幸輝: 無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する製作システムの開発とそれらの触読性評価に関する研究, 国立特別支援教育総合研究所平成 21~22 年度研究成果報告書, 2011.
- [3-2] 和田勉, 土井幸輝, 天野真衣, 片桐麻優, 藤本浩志: 触知案内図のドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性に関する研究, 日本機械学会論文集 (c 編) , 75(752), pp.1041-1046, 2009.
- [3-3] Stevens, J.C.: Aging and spatial acuity of touch, *Journals of Gerontology*, 47(1), pp.35-40, 1992.
- [3-4] Stevens, J.C. and Cruz, L.A.: Spatial acuity of touch: ubiquitous decline with aging revealed by repeated threshold testing, *Somatosensory & Motor Research*, 13(1), pp.1-10, 1996.
- [3-5] Goldreich, D. and Kanics, I.M.: Performance of blind and sighted humans on a tactile grating detection task, *Perception & Psychophysics*, 68(8), pp.1363-1371, 2006.

- [3-6] Schmauss, D., Megerle, K., Weinzierl, A., Agua, K., Cerny, M., Schmauss, V. Lohmeyer, J.A., Machens, H. and Erne, H.: Microsurgeons do better - tactile training might prevent the age-dependent decline of the sensibility of the hand, *Journal of the Peripheral Nervous System*, 20(4), pp.392-396, 2015.
- [3-7] Connor, C.E., Hsiao, S.S., Phillips, J.R. and Johnson, K.O.: Tactile roughness: neural codes that account for psychophysical magnitude estimates, *The Journal of Neuroscience*, 10(12), pp.3823-3836, 1990.
- [3-8] 内川恵二: 感覚・知覚の科学 3 聴覚・触覚・前庭感覚, 朝倉書店, 2008.

第4章 結論

- [4-1] 日本工業標準調査会: JIS T 0922 高齢者・障害者配慮設計指針 -触知案内図の情報内容及び形状並びにその表示方法, 日本規格協会, 2007.
- [4-2] 日本盲人社会福祉施設協議会: 歩行用触地図製作ハンドブック, 1984.
- [4-3] 運輸省: 視覚障害者のための公共交通機関利用ガイドブック・作成マニュアル, 1984.
- [4-4] 日本点字図書館: 点訳のための触図入門, 1986.
- [4-5] 土井幸輝, 岩崎亜紀, 藤本浩志: 印刷素材が UV 点字の触読性に及ぼす影響に関する研究, *日本機械学会論文集 (c 編)*, 72(716), pp.1230-1236, 2006.

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なご指導とご教示を賜りました早稲田大学人間科学学術院 藤本浩志教授に深く感謝し、心より御礼申し上げます。学部のゼミ演習、卒業研究から博士後期課程までの7年間、研究活動以外の面においてもご指導、ご鞭撻を賜りましたことに、重ねて深く感謝し、御礼申し上げます。また、本論文をまとめるにあたり、副査として適切なお指導を賜りました早稲田大学人間科学学術院 野嶋栄一郎教授、畠山卓朗教授、百瀬桂子准教授に深く感謝いたします。そして、卒業研究から現在に至るまで、適切なお指導、ご鞭撻を賜りました国立特別支援教育総合研究所研究企画部主任研究員 土井幸輝様に心より御礼申し上げます。

本論文でまとめた研究には、日本点字図書館 和田勉様、経済産業省 高橋玲子様をはじめ、多くの皆様からご意見やご助言を賜りました。心より御礼申し上げます。また、本研究の実験に対してご協力いただきました実験参加者の方々に深く感謝いたします。

大学院修士課程、博士後期課程を通し、切磋琢磨して研究に取り組んだ梅沢侑実様に深く感謝いたします。また、本研究に関する実験を共に遂行していただいた相馬健作様、藤永凌平様をはじめ、早稲田大学藤本研究室の皆様には厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金（No.22300202, No.25282179, No.16H03213）の助成を受けております。記して感謝の意を表します。

最後に、研究活動を応援し支えてくれた家族に、心より感謝いたします。

2016年10月17日

松森ハルミ