

触覚による図形輪郭の認知に影響を与える要因の調査

佐々木 萌音^{1,a)} 鈴木 優^{1,b)}

概要：触覚によって情報を提供するためにイラストに施す隆起印刷において、触覚による図形認知の特性を考慮せずに隆起が作成されていることが多く、情報を正しく伝達できていないことがある。そこで、本研究では図形の形状、大きさ、高さの3つの要因に着目し、触覚において図形輪郭の認知に影響を与える要因を明らかにすることを旨とする。3つの要因それぞれを段階的に変化させた試料による触察実験を行い、識別できた図形の形状、確信度、識別時間を評価した。その結果、円と三角形と四角形は大きさ10mm～30mm、高さ0.3mm～1.5mmの範囲であればいずれの組み合わせでも正しく認知することができることが明らかとなった。また、対象とした全ての図形において、高さ1.5mmは0.3mmに比べて識別しやすいことが明らかとなった。

1. はじめに

触覚から情報を提示する媒体として、点字や触知記号が挙げられる。これらは日本産業規格 (JIS) による規定が存在する。点字は、縦3点、横2点と合計6点の組み合わせで文字を表す。一度に6点を指先で読み取ることを想定し設計されており、配置や大きさ、高さが規定されている [1]。一方で、イラストを凹凸表現で情報を伝達する触知記号は大きさ、線幅、高さは明確に定められていない。

触覚で視覚と同等の情報を提供するためにの様々な工夫が存在する。たとえば、東京オリンピック・パラリンピックのピクトグラムには隆起印刷が施された。ピクトグラムでは、競技を表す選手の頭や胴体、ボールやラケットなどの競技器具と複数のパーツの組み合わせで構成されるが、これらは視覚でイラストを捉える場合の想定であるため、デザインを変更せずに隆起印刷を施すだけでは、触覚でピクトグラムを正確に読み取ることは難しい。その原因は、頭や胴体のパーツが分かれていることで、それらの組み合わせで1つのまとまりとして意味をもつことが伝達できなかったためであると予想される。

また、絵の部分に隆起印刷が施された点字つきさわる絵本も市販されている。絵本の中には、イラストと隆起印刷がずれて表記されている箇所が存在する。これは複数の図形の重なりがある絵が持つそれぞれのパーツを触覚で理解できるように行われた工夫である。たとえば、犬の四肢の境界が不明瞭であった際には、足の境界を1本ずつ読み取

ることができるデザインに変更が見られる。このような隆起印刷の表現は、触覚の図形認知の要因に基づいたものではないため、伝えたい情報を正確に伝達できていないことがある。視覚は視界に映る多くの情報を同時に処理することで全体を捉えることができる。触覚は触れている範囲に限りため、一度に得ることができる情報は少なく、範囲も狭い。たとえば、複雑な形状をした触知記号を触察する場合、大きな図形では、指が記号に触れ始めた場所から全体を一周するまでに、触れてきた部分の情報を記憶しておく必要がある。また、小さい図形では、繊細な表現が指の大きさに対して不適切なため読み取ることができない。

そこで、本研究では、触覚による図形輪郭の認知に影響を与える要因を明らかにすることを目的とする。

2. 先行研究

2.1 触覚における図形認知の領域

本研究では、触覚における図形の認知には「図形のまとまりの認知」と「図形輪郭の認知」に分類できると考えた。図形のまとまりの認知は、東京五輪・パラリンピックで使用されたピクトグラムの例のように、いくつかのパーツの組み合わせによって意味を持つことを示す。図形輪郭の認知は、構成するパーツそれぞれの形状を理解することである。この2つの側面から、先行研究と本研究の位置づけを説明する。

2.2 触覚における図形のまとまりの認知に関する研究

視覚において、図形のまとまりを認知をする傾向を示したゲシュタルトの法則がある。この法則には近接、類同、

¹ 宮城大学, Miyagi University, 1-1

^{a)} p2020090@myu.ac.jp

^{b)} suzu@myu.ac.jp

連続, 閉合, よい連続, 対称, 共通運命の6つの要因が存在する. 先行研究では, 視覚だけではなく, 触覚においても引き起こされるゲシュタルトの法則の要因について報告している.

Dempsey ら [2] は, 触覚においてグループを決定する際に類似と近接の要因が働くことを明らかにした. 近接の要因は空間的, 時間的に近いものがまとまること, 類同の要因は色や形などの類似性の高いものがまとまることを指す. Krista ら [3] は, 触覚においてグループを決定する際に類同と連続の要因が働くことを明らかにした. 連続の要因は, なめらかに特性が変化する情報が同一のものと認識するを指す. これらの研究より, 触覚においても図形のまとまりの認知が働き, ゲシュタルトの法則に該当する近接, 類似, 連続の要因が影響することが明らかになっている.

2.3 触覚における図形輪郭の認知に関する研究

土井ら [4] は, エッジの明瞭性が触知記号の識別容易性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実験を行った. 呈示刺激として, アクリル板 (50mm × 50mm × 5mm) の上にエッジの明瞭性, 形状, 大きさを変化させた試料を用意した. エッジの明瞭性は, 無色透明な紫外線硬化樹脂をスクリーンから切削加工で形成したエッジが明瞭であるものと, スクリーン印刷方式で印刷した不明瞭であるものを2条件とした. 形状は, 円形, 正三角形, 正方形の3条件を用意した. また, 大きさは, 呈示刺激の量を形状間で統制をとるため面積を7条件で変化させた. 評価項目は, 1つの試料ごとに図形の形状 (円形, 正三角形, 正方形), その回答に対しての確信度を5段階で求めた. 実験の結果から, サイズが小さい場合にエッジの明瞭性が触知記号の識別容易性に影響を及ぼすことを明らかにした.

2.4 本研究の立ち位置

先行研究は, ゲシュタルトの法則に従った触覚における図形のまとまりの認知と, 図形輪郭の識別へのエッジの明瞭性, 大きさ, 形状の影響を明らかにしたものである. 本研究では, 触覚における図形輪郭の認知のなかでも形状, 大きさ, 高さに着目し, 触覚の図形輪郭の認知においてこれらの要因を明らかにすることを目指す.

2.5 触覚における図形認知に関する研究

上田ら [5] らは, 触知ピクトグラムのサイズを予備的に検討することを目的に実験を行った. 実験には, 日本産業規格化された標準案内用図記号の中から, 理解度の平均が80点以上であった14個と, 水戸ら [6] の研究で使用された6個の合計20個を用いた. これら20個に対して立体印刷を施し, 大きさを30, 60, 90, 120, 150mm²の大きさを用意し, 触察実験を行った. それぞれの触察に対して, 触察に係る種々の行動指標である, 触知正答率, 触認知時

間, 触複雑度, 分かりにくさ, 確信度の回答を被験者に求めた. 実験の結果から触知ピクトグラムの最適サイズは120~150mm²の間であることが示唆された. 上田らのように, 案内用図記号のようなイラスト状の試料や刺激を使用した研究は, 先ほど我々が分類した触覚における図形認知の領域では, 図形のまとまりの認知と輪郭の認知との複合的な分野と捉えることができる.

3. 触察実験

3.1 概要

本実験の目的は, 形状, 大きさ, 高さの3つの要因が, 図形輪郭の認知に与える影響を明らかにすることである. 形状は9条件, 大きさは3条件, 高さは3条件で組み合わせさせた試料を用意し, 指先の触知実験を対面で行った. 1つの試料ごとに, 図形の形状とその回答に対しての確信度の回答を口頭で求めた. また, 図形の識別に要した時間を計測した.

3.2 試料の設定

実験には, 図形の形状, 大きさ, 高さの3つ要因をそれぞれ段階的に変化させた試料を使用した. 形状は, 図1のように, 円形, 三角形, 四角形, 五角形, 六角形, 七角形, 八角形, 九角形, 十角形と頂点数を変化させた. また, 触知記号について日本産業規格 (JIS) [7] で規定されている大きさは10mm以上30mm以下, 高さは, 0.3mm~1.5mmの範囲を参考に3段階で変化させた. 図2のように, 大きさは正多角形の外接円の直径を10, 20, 30mmの3段階, 高さは0.3, 0.9, 1.5mmの3段階とする. 形状9条件×大きさ3条件×高さ3条件の合計81条件でこれら試料を出力し, 実験に使用した.

試料は, 3次元CADソフトであるRhino7で3Dデータを作り, ANYCUBIC社の光造形3DプリンタPhoton M3 PlusでUV硬化性樹脂 (レジン) を用いて製作した. 3Dプリンタのスペックは, XY解像度34μm, Z軸精度0.01mmである. 50mm × 50mm × 3mmの基盤の上に図形を印刷した.

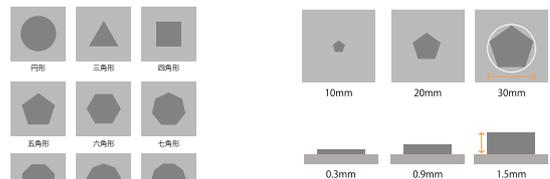


図1: 形状9条件

図2: 大きさ3条件, 高さ3条件

3.3 実験手法

本研究では, 視覚からの影響を避けるため, 図3のよう

にボックスの中に試料を配置した。触察の際には、ボックスの中は見えない状態で試料に触ることを指示した。

ボックスの中に触察前の指の待機場所と試料の呈示場所の移動をスムーズに行うための実験台を用意した。また、識別時間を自動で計測するために、光センサとマイコンで実装した。具体的な識別時間計測のプロセスの仕組みを図4に以下に示す。

- (1) 実験者の指示があるまで待機場所に利き手人差し指の指腹を置く
- (2) 開始の指示を受け、触察に移る
(待機場所から指が離れると時間計測を開始する)
- (3) 図形の輪郭を識別できるまで触察を行う
- (4) 識別終了後、待機場所に指を戻す
(待機場所に指が戻ると時間計測を終了する)

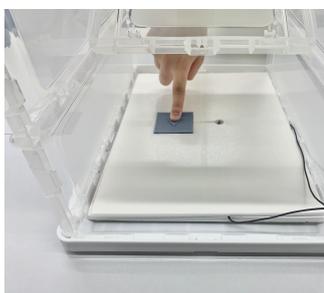


図 3: 実験の様子

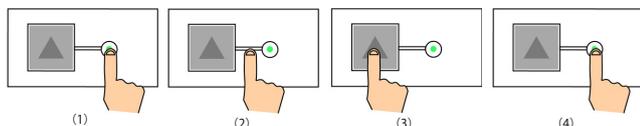


図 4: 識別時間の計測プロセス

3.4 評価方法

被験者に対して試料を1つずつ呈示し、形状を認知できるまで触察してもらった。被験者は認知した図形の形状と確信度を回答した。同時に、識別にかかった時間を計測した。形状の回答は、円、三角形、四角形、五角形、六角形、七角形、八角形、九角形、十角形、分からない、の10択で、確信度は、5段階（1: 確信なし～5: 確信あり）による間隔尺度で回答を求めた。形状での回答で分からないを選択した場合には、確信度の回答は求めないこととした。識別時間は、被験者が試料の識別に要した時間と定義し、自動で計測した。本研究では、認知した図形の形状の回答の分布と数に着目し、確信度と識別時間はこれを裏付けるために使用した。

3.4.1 手順

被験者には、あらかじめ試料、実験手法、評価項目、触察方法の説明を行った。触察する際には、爪を立てず利き手の人差し指の指腹を滑らせ、指腹以外は浮かせた状態で識別してもらうように指示した。触察を終え、待機場所に指を戻した際に形状と確信度についての回答を求めた。指先の触覚が正常な状態で触察を行えるよう、1人に対して呈

示する試料の最大個数を明らかにするため予備実験を行った。結果から試料の個数は最大を18個とした。しかしながら、実験の途中で指腹での触察に限界が生じた際にはその時点で実験を終了とする。本実験に入る前に、待機場所から試料の呈示場所への移動練習を行った。実験は制限時間を設けずに行い、実験した。

被験者は21～22歳の23名（男性5名、女性18名）で行った。試行回数は、形状9条件×大きさ3条件×高さ3条件の合計81条件で、条件につき5試行ずつ、合計405試行を実施し、試料はランダムに呈示した。また、図形の形状によっては頂点の位置が識別に影響する可能性があるため、その都度ランダムに試料を90か180度に回転させて呈示した。

3.5 結果

3.5.1 分析方法

評価項目である形状の回答に対しては、図形の形状、大きさ、高さを要因とするカイ二乗分析、確信度と識別時間に対しては3要因分散分析を実施した。形状の回答の分布に対して図形の形状×大きさ×高さ交互作用に有意差が見られたことから、3つの要因は図形輪郭の認知に影響することが明らかになった。表1～表10はカイ二乗分析の検定結果を示しており、表中のAは形状、Bは大きさ、Cは高さを指す。それぞれ試料に対して、表1～表10は、回答の分布、表11～表13は回答数で分析を行った。以下に図形ごとで有意差が見られた項目から明らかになった結果を述べる。

3.5.2 円形の場合

表1の結果から、円形ではすべての大きさと高さの組み合わせで形状の回答の分布に有意差が見られたことから、大きさが10～30mm、高さが0.3～1.5mmの範囲であれば正しく形状を認識できるといえる。また、表10の結果から、三角形～六角形と誤答した回答数が有意に少なかったことから、円形は三角形～六角形と誤答しづらいことが明らかとなった。

表 1: 円形の試料に対する形状の回答の分布 (* $p < .05$)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(0, 10, 0.3)	4*	0	0	0	0	0	0	0	1	
(0, 10, 0.9)	4*	0	0	0	1	0	0	0	0	
(0, 10, 1.5)	5*	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0, 20, 0.3)	5*	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0, 20, 0.9)	5*	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0, 20, 1.5)	5*	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0, 30, 0.3)	5*	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0, 30, 0.9)	5*	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0, 30, 1.5)	5*	0	0	0	0	0	0	0	0	

3.5.3 三角形の場合

表2の結果から、三角形ではすべての大きさと高さの

組み合わせで形状の回答の分布に有意差が見られたことから、大きさが10～30mm、高さが0.3～1.5mmの範囲であれば正しく形状を認識できるといえる。また、表10の結果から、他の図形と誤答した回答数が有意に少なかったことから三角形は他の形状と誤答しづらいことが明らかとなった。

表 2: 三角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(3, 10, 0.3)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 10, 0.9)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 10, 1.5)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 20, 0.3)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 20, 0.9)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 20, 1.5)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 30, 0.3)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 30, 0.9)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	
(3, 30, 1.5)	0	5*	0	0	0	0	0	0	0	

3.5.4 四角形の場合

表 3 の結果から、四角形ではすべての大きさと高さの組み合わせで形状の回答の分布に有意差が見られたことから、大きさが10～30mm、高さが0.3～1.5mmの範囲であれば正しく形状を認識できるといえる。また、表10の結果から、他の図形と誤答した回答数が有意に少なかったことから四角形は他の形状と誤答しづらいことが明らかとなった。

表 3: 四角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(4, 10, 0.3)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 10, 0.9)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 10, 1.5)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 20, 0.3)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 20, 0.9)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 20, 1.5)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 30, 0.3)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 30, 0.9)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	
(4, 30, 1.5)	0	0	5*	0	0	0	0	0	0	

3.5.5 五角形の場合

表 4 の結果から、五角形ではすべての大きさと高さの組み合わせで形状の回答の分布に有意差が見られたことから、大きさが10～30mm、高さが0.3～1.5mmの範囲であれば正しく形状を認識できるといえる。また、表10の結果から、円形～四角形、七角形と誤答した回答数が有意に少なかったことから五角形は、他の形状と誤答しづらいことが明らかとなった。下位検定の表11の結果からは大きさが20mm、表12の結果からは高さが1.5mmの際に正答数が多いことに有意差が見られた。このことから、五角形は大きさが20mm、高さが1.5mmの際に最も識別しやすいことが明らかとなった。

表 4: 五角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(5, 10, 0.3)	0	0	0	4*	0	0	0	0	0	
(5, 10, 0.9)	0	0	0	4*	1	0	0	0	0	
(5, 10, 1.5)	0	0	0	5*	0	0	0	0	0	
(5, 20, 0.3)	0	0	0	5*	0	0	0	0	0	
(5, 20, 0.9)	0	0	0	5*	0	0	0	0	0	
(5, 20, 1.5)	0	0	0	5*	0	0	0	0	0	
(5, 30, 0.3)	0	0	1	4*	0	0	0	0	0	
(5, 30, 0.9)	0	0	0	4*	1	0	0	0	0	
(5, 30, 1.5)	0	0	0	5*	0	0	0	0	0	

3.5.6 六角形の場合

表 5 の結果から、六角形は大きさと高さの組み合わせが(30mm, 0.3mm)の際に五角形の回答の分布に有意差が見られたことから、この組み合わせでは五角形と誤答しやすいことが明らかとなった。その他の*で示した部分は、六角形と正しく認識できている。また、表10の結果から、円形～五角形と誤答した回答数が有意に少なかったことから六角形は、これらの形状と誤答しづらいことが明らかとなった。下位検定の表11の結果から大きさが20mm、表12の結果からは高さが1.5mmの際に正答数が多いことに有意差が見られた。このことから、六角形は大きさが20mm、高さが1.5mmの際に最も識別しやすいことが明らかとなった。

表 5: 六角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(6, 10, 0.3)	1	0	0	2	1	1	0	0	0	
(6, 10, 0.9)	1	0	0	2	2	0	0	0	0	
(6, 10, 1.5)	0	0	0	0	5*	0	0	0	0	
(6, 20, 0.3)	0	0	0	0	5*	0	0	0	0	
(6, 20, 0.9)	0	0	0	0	4*	1	0	0	0	
(6, 20, 1.5)	0	0	0	0	5*	0	0	0	0	
(6, 30, 0.3)	0	0	0	3*	2	0	0	0	0	
(6, 30, 0.9)	0	0	0	0	5*	0	0	0	0	
(6, 30, 1.5)	0	0	0	1	4*	0	0	0	0	

3.5.7 七角形の場合

表 6 の結果から、七角形は大きさと高さの組み合わせが(10mm, 0.3mm)の際に円形、(20mm, 0.3mm)、(30mm, 0.3mm)、(30mm, 0.9mm)の際に六角形の回答の分布に有意差が見られたことから、この組み合わせではこれらの形状と誤答しやすいことが明らかとなった。その他の*で示した部分は、七角形と正しく認識できている。また、表10の結果から、円形～五角形と誤答した回答数が有意に少なかったことからこれらの形状と誤答しづらいことが明らかとなった。下位検定の表11の結果から大きさが10mm、表12の結果からは高さが0.3mmの際に誤答数が多いことに有意差が見られた。このことから、七角形は大きさが10mm、高さが1.5mmの際に最も識別しにくいことが明らかとなった。

表 6: 七角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(7, 10, 0.3)	3*	0	0	0	0	1	0	0	0	
(7, 10, 0.9)	1	0	0	1	2	1	0	0	0	
(7, 10, 1.5)	0	0	0	0	0	4*	0	1	0	
(7, 20, 0.3)	0	0	0	0	4*	0	0	0	0	
(7, 20, 0.9)	0	0	0	0	0	4*	1	0	0	
(7, 20, 1.5)	0	0	0	0	2	3*	0	0	0	
(7, 30, 0.3)	0	0	0	0	3*	2*	0	0	0	
(7, 30, 0.9)	0	0	0	0	3*	2*	0	0	0	
(7, 30, 1.5)	0	0	0	0	0	4*	1	0	0	

3.5.8 八角形の場合

表 7 の結果から、八角形は大きさと高さの組み合わせが (10mm, 0.3mm) の際に円形, (10mm, 1.5mm), (20mm, 0.9mm), (30mm, 0.9mm) の際に七角形, (10mm, 0.9mm) の際に九角形の回答の分布に有意差が見られたことから、この組み合わせではこれらの形状と誤答しやすいことが明らかとなった。また、表 10 の結果から、円形～六角形と誤答した回答数が有意に少なかったことからこれらの形状と誤答しづらいことが明らかとなった。その他の*で示した部分は、八角形と正しく認識できている。下位検定の表 11 の結果から大きさが 10mm, 表 12 の結果からは高さが 0.3mm, 0.9mm の際に誤答数が多いことに有意差が見られた。高さは 0.3mm が 1.5mm に比べて誤答数が多いことから、八角形は大きさ 10mm, 高さが 0.3mm の際に最も識別しにくいことが明らかとなった。

表 7: 八角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(8, 10, 0.3)	4*	0	1	0	0	0	0	0	0	
(8, 10, 0.9)	1	0	0	1	0	0	0	2*	0	
(8, 10, 1.5)	0	0	0	0	2	2*	1	0	0	
(8, 20, 0.3)	2	0	0	1	0	0	2*	0	0	
(8, 20, 0.9)	0	0	0	0	0	2*	3*	0	0	
(8, 20, 1.5)	0	0	0	0	2	1	2*	0	0	
(8, 30, 0.3)	1	0	0	1	0	1	1	0	1	
(8, 30, 0.9)	0	0	0	0	0	2*	3*	0	0	
(8, 30, 1.5)	0	0	0	0	0	0	4*	1	0	

3.5.9 九角形の場合

表 8 の結果から、九角形は大きさと高さの組み合わせが (10mm, 0.3mm) の際に円形, (30mm, 0.3mm) の際に八角形, (10mm, 0.9mm), (30mm, 0.3mm) の際に十角形回答の分布に有意差が見られたことから、この組み合わせではこれらの形状と誤答しやすいことが明らかとなった。その他の*で示した部分は、九角形と正しく認識できている。下位検定の表 11 の結果からすべての大きさ, 表 12 の結果からは高さは 0.3mm, 1.5mm の際に誤答数が多いことに有意差が見られた。大きさは 10mm の場合に誤答数が最も多く、高さは 0.3mm が 1.5mm に比べて誤答数が多いことから、九角形は大きさが 10mm, 高さが 0.3mm の際に最も識別しにくいことが明らかとなった。

表 8: 九角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(9, 10, 0.3)	4*	0	0	0	0	0	1	0	0	
(9, 10, 0.9)	2	0	0	0	0	0	0	1	2*	
(9, 10, 1.5)	1	0	0	0	0	1	1	2*	0	
(9, 20, 0.3)	1	0	0	2	0	1	1	0	0	
(9, 20, 0.9)	0	0	0	0	0	1	1	3*	0	
(9, 20, 1.5)	1	0	0	0	1	0	1	1	1	
(9, 30, 0.3)	0	0	0	0	0	0	2*	0	1*	
(9, 30, 0.9)	0	0	0	0	0	1	1	3*	0	
(9, 30, 1.5)	0	0	0	0	0	1	1	3*	0	

3.5.10 十角形の場合

表 9 の結果から、十角形は大きさと高さの組み合わせが (10mm, 0.3mm), (10mm, 0.9mm) の際に円形, (20mm, 0.3mm), (20mm, 0.9mm) の際に八角形, (10mm, 0.9mm), (30mm, 0.3mm) の際に九角形の分布に有意差が見られたことから、この組み合わせではこれらの形状と誤答しやすいことが明らかとなった。その他の*で示した部分は、九角形と正しく認識できている。下位検定の表 11 の結果から大きさは 10mm, 20mm, 表 12 の結果からは高さが 0.3mm, 0.9mm の際に誤答数が多いことに有意差が見られた。大きさは 10mm の場合に 20mm 比べて、高さは 0.3mm の場合に 0.9mm に比べて誤答数が多い。このことから、十角形は、大きさが 10mm, 高さが 0.3mm の際に最も識別しにくいことが明らかとなった。

表 9: 十角形の試料に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

(A,B,C)	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
(10, 10, 0.3)	4*	0	0	0	0	0	0	0	0	
(10, 10, 0.9)	2*	0	0	0	0	0	0	1*	0	
(10, 10, 1.5)	1	0	0	0	1	1	1	0	1	
(10, 20, 0.3)	1	0	0	1	1	0	2*	0	0	
(10, 20, 0.9)	0	0	0	0	0	0	3*	1	1	
(10, 20, 1.5)	0	0	0	1	0	0	1	0	3*	
(10, 30, 0.3)	0	0	0	0	2	1	0	2*	0	
(10, 30, 0.9)	0	0	0	0	1	0	0	0	4*	
(10, 30, 1.5)	0	0	0	0	0	0	0	1	4*	

表 10: 形状に対する形状の回答の分布 (*p<.05)

A	回答の分布									
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	43*	0*	0*	0*	1*	0*	0*	0	1	
3	0*	45*	0*	0*	0*	0*	0*	0	0	
4	0*	0*	45*	0*	0*	0*	0*	0	0	
5	0*	0*	1*	41*	2*	0*	0*	0	0	
6	2*	0*	0*	8	33*	2	0*	0	0	
7	4	0*	0*	1*	14*	21*	2	1	0	
8	8	0*	1*	3	4	8*	16*	3	1	
9	9	0*	0*	2	1*	5	9*	13*	4	
10	8	0*	0*	2	5	2	7*	5	13*	

4. 考察

表 5～表 9 の結果から、六角形以降は頂点数が 1 つ少ない形状で回答する傾向が見られる。また、表 6～表 9 から、七角形よりも頂点数が多い図形は、大きさ 10mm, 高さ 0.3mm の際に円形と回答する数が有意に多いことから、

表 11: 形状と大きさの組み合わせに対する正答と誤答の分布 (*p<.05)

(A, B)	回答数		(A, C)	回答数	
	正答	誤答		正答	誤答
(0, 10)	14*	1*	(0, 0.3)	14*	1*
(0, 20)	15*	0*	(0, 0.9)	15*	0*
(0, 30)	15*	0*	(0, 1.5)	15*	0*
(3, 10)	15*	0*	(3, 0.3)	15*	0*
(3, 20)	15*	0*	(3, 0.9)	15*	0*
(3, 30)	15*	0*	(3, 1.5)	15*	0*
(4, 10)	15*	0*	(4, 0.3)	15*	0*
(4, 20)	15*	0*	(4, 0.9)	15*	0*
(4, 30)	15*	0*	(4, 1.5)	15*	0*
(5, 10)	13	2	(5, 0.3)	13	2
(5, 20)	15*	0*	(5, 0.9)	13	2
(5, 30)	13	2	(5, 1.5)	15*	0*
(6, 10)	8	7	(6, 0.3)	8	7
(6, 20)	14*	1*	(6, 0.9)	11	4
(6, 30)	11	4	(6, 1.5)	14*	1*
(7, 10)	6*	9*	(7, 0.3)	3*	12*
(7, 20)	7	8	(7, 0.9)	7	8
(7, 30)	8	7	(7, 1.5)	11	4
(8, 10)	1*	14*	(8, 0.3)	3*	12*
(8, 20)	7	8	(8, 0.9)	6*	9*
(8, 30)	8	7	(8, 1.5)	7	8
(9, 10)	3*	12*	(9, 0.3)	0*	15*
(9, 20)	4*	11*	(9, 0.9)	7	8
(9, 30)	6*	9*	(9, 1.5)	6*	9*
(10, 10)	1*	14*	(10, 0.3)	0*	15*
(10, 20)	4*	11*	(10, 0.9)	5*	10*
(10, 30)	8	7	(10, 1.5)	8	7

表 12: 大きさと高さの組み合わせに対する正答と誤答の分布 (*p<.05)

(A, C)	回答数		(A, B)	回答数	
	正答	誤答		正答	誤答
(0, 0.3)	14*	1*	(0, 10)	14*	1*
(0, 0.9)	15*	0*	(0, 20)	15*	0*
(0, 1.5)	15*	0*	(0, 30)	15*	0*
(3, 0.3)	15*	0*	(3, 10)	15*	0*
(3, 0.9)	15*	0*	(3, 20)	15*	0*
(3, 1.5)	15*	0*	(3, 30)	15*	0*
(4, 0.3)	15*	0*	(4, 10)	15*	0*
(4, 0.9)	15*	0*	(4, 20)	15*	0*
(4, 1.5)	15*	0*	(4, 30)	15*	0*
(5, 0.3)	13	2	(5, 10)	13	2
(5, 0.9)	13	2	(5, 20)	15*	0*
(5, 1.5)	15*	0*	(5, 30)	13	2
(6, 0.3)	8	7	(6, 10)	8	7
(6, 0.9)	11	4	(6, 20)	14*	1*
(6, 1.5)	14*	1*	(6, 30)	11	4
(7, 0.3)	3*	12*	(7, 10)	6*	9*
(7, 0.9)	7	8	(7, 20)	7	8
(7, 1.5)	11	4	(7, 30)	8	7
(8, 0.3)	3*	12*	(8, 10)	1*	14*
(8, 0.9)	6*	9*	(8, 20)	7	8
(8, 1.5)	7	8	(8, 30)	8	7
(9, 0.3)	0*	15*	(9, 10)	3*	12*
(9, 0.9)	7	8	(9, 20)	4*	11*
(9, 1.5)	6*	9*	(9, 30)	6*	9*
(10, 0.3)	0*	15*	(10, 10)	1*	14*
(10, 0.9)	5*	10*	(10, 20)	4*	11*
(10, 1.5)	8	7	(10, 30)	8	7

表 13: 大きさと高さの組み合わせに対する正答と誤答の分布 (*p<.05)

(B, C)	回答数	
	正答	誤答
(10, 0.3)	20*	25*
(10, 0.9)	23*	22*
(10, 1.5)	33	12
(20, 0.3)	27	18
(20, 0.9)	35	10
(20, 1.5)	34	11
(30, 0.3)	24*	21*
(30, 0.9)	36*	9*
(30, 1.5)	39*	6*

識別が難しく適切ではないといえる。

表 10 の結果から、円形～四角形は、回答の分布が正答数の多さに有意差が見られた。また、識別時間の短さ、確信度の高さに有意差が見られ、これを裏付けることができる。以上のことから、大きさ 10mm～30mm、高さ 0.3mm～1.5mm の範囲であればいずれの組み合わせでも正しく認知することができること明らかになった。

表 1～表 9 の結果から、すべての形状に関して大きさが 30mm の際に高さが 1.5mm を 0.3mm と比較した際の正答数が多く、表 13 の結果も、大きさと高さの組み合わせが (30mm, 1.5mm) の場合に (30mm, 0.3mm) よりも正答数が多いことに有意差が見られる。また、高さ 1.5mm は

識別時間の短さ、確信度の高さに有意差が見られた。このことから、円形～十角形の高さ 1.5mm は 0.3mm よりも識別しやすいということが明らかになった。

5. まとめと今後の展望

本研究では、図形輪郭を識別できる限界とその認知に影響を与える要因を明らかにすることを目的に、形状を 9 条件 (円形, 三角形, 四角形, 五角形, 六角形, 七角形, 八角形, 九角形, 十角形)、大きさを 3 条件 (10, 20, 30mm)、高さを 3 条件 (0.3, 0.9, 1.5mm) で組み合わせた試料を用意し、指先の触知実験を対面で行った。実験では、各試料に対し形状、確信度、識別時間を評価項目とした。実験から得ることができた図形の形状に関する回答の分布から、六角形以降は頂点数が 1 つ少ない形状で回答する傾向が見られる。また、七角形よりも頂点数が多い図形は、大きさ 10mm、高さ 0.3mm の際に円形と回答する数が有意に多いことから、識別が難しく適切ではないといえる。円形～四角形は、図形の形状、確信度、識別時間の交互作用からは、大きさ 10mm～30mm、高さ 0.3mm～1.5mm の範囲であればいずれの組み合わせでも正しく認知することができること分かった。また、円形～十角形の高さ 1.5mm は 0.3mm よりも識別しやすいことが明らかになった。

本研究では十角形までの形状を対象としていたが、今後はさらに頂点数を増やし、図形の複雑度を上げることによって、触覚で認知できる図形輪郭の限界を明らかにすることができるかと予想される。

参考文献

- [1] 日本産業規格編. JIS T0921 アクセシブルデザイン－標識、設備及び機器への点字の適用方法, 2017.
- [2] Dempsey Chang, Keith V. Nesbitt, and Kevin Wilkins. The gestalt principles of similarity and proximity apply to both the haptics and visual grouping of elements. *Proceedings of the eight Australasian conference on User interface*, Vol. 64, pp. 79–86, 2007.
- [3] Krista E. Overvliet, Ralf Th. Krampe, and Johan Wage-mans. Perceptual grouping in haptic search: The influence of proximity, similarity, and good continuation. *Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 38, pp. 817–821, 2012.
- [4] 土井幸輝, 和田勉, 藤本浩志. 触知記号のエッジの明瞭性が識別容易性に及ぼす影響. 日本機械学会論文集 (C 編), pp. 228–237, 2011.
- [5] 上田篤嗣, 澤田陽一, 村上貴英, 齋藤真, 筒井澄栄. 中途障害者の移動支援に役立つ触知ピクトグラムの最適サイズの予備的検討. 日本デザイン学会デザイン論文集, pp. 29–36, 2016.
- [6] 水戸和幸, 相賀健, 板倉直明. ピクトグラムの大きさと複雑さが触認知に与える影響. 信学技報, pp. 25–28, 2010.
- [7] 日本産業規格編. JIS S0052 高齢者・障害者配慮設計指針－触覚情報－触知図形の基本設計方法, 2011.