

点字習熟度からみた視覚障害者のタッチパネルを用いた図形認知特性の解明

尚永久美[†] 高野将充^{††} 矢入郁子^{†††}

障害者の社会参加と権利擁護は重要な社会的課題である。特に視覚障害者の社会参加の機会を広げるためには、自立的移動を可能とする手段として地図利用の支援が不可欠であるが、視覚障害者の利用に配慮された地図の開発例は少ない。そこで筆者らはこれまで、建物や会場の案内所で携帯電話、PDA、PCといった一般に普及した機器にダウンロードして利用されたり、壁掛式ディスプレイやテーブルトップディスプレイを直接操作して利用されるインタラクティブ地図の、視覚障害者にも配慮したユニバーサルデザインの研究を行ってきた。具体的にはタッチパネルと音声を用いた直感的な図形の提示方法として、オクターブインタフェース (OOSI) を提案し、図形認知実験や地図認知実験を通して評価・改良を行ってきた。本稿では、点字の習熟度が初・中・上級者 11 名に対して 8 つの図形をノードの位置が違う 3 パターンに分けて提示し、視覚障害者の点字習熟度と図形の認知特性の関係について解明する。

Investigate of figural recognition with touch panel of visual impaired people from the perspective of braille proficiency

KUMI NAOE[†] MASAMITSU TAKANO^{††}
IKUKO EGUCHI YAIRI^{†††}

Protecting the lives and the rights of the impaired people and having them able to participate more in society is a paramount principle today. Especially for the people who are visually impaired, we need to support their mobility in order for them to have more opportunity in social participation. To support their mobility, improvements on map usage and route recognition are indispensable. So we have been developing a new method which visually impaired people can intuitively recognize the map. In the method, we use audio and touch panels which are recently seen in PCs and smart-phones; OOSI. In this study, we clarified the relation between visually handicapped person's braille proficiency and the acknowledgment characteristic in the figure.

1. はじめに

視覚障害者の自立的な移動の支援は社会参加の促進と権利擁護のためには必要不可欠である。自立的移動支援の手段の一つに、地図利用支援がある。現在、重度視覚障害者が地図を利用するためには、点字を用いた触地図、紙の触地図に音声読み上げソフトを対応させた装置^[1]、音声と触覚フィードバックを用いた装置^[2]などが存在する。しかし、これらの装置は、解像度が低い場合情報量が少なかったり、障害者専用のシステムであるため高価であったり、触覚フィードバック装置と専用ソフトウェアを用いるため利用場面が限られたり、普及が困難な問題点があった。そこで我々は、視覚障害者が晴眼者とともに利用でき、直観的に空間配置が認識できる地図提示方法を開発することを目的として研究を行ってきた。具体的には、PC や PDA、スマートフォンなどへ急速な組み込みが進んでいるタッチパネルと音声とを用い、ブラウザのプラグインのようにダウンロードして、いつでもどこでも利用できる技術の開発を目指している。

以降、本稿では、2章に筆者らが考案した視覚障害者へのタッチパネルを用いた図形提示インタフェースについて説明し、3章で被験者として点字習熟者を選定した経緯および図形認知特性の解明についての考え方を示す。そして、4章ではその考えに基づいて行った実験の概要を、5章でその実験の結果と考察、6章において将来の課題と結論を述べる。

2. 視覚障害者へのタッチパネルを用いた図形・地図提示インタフェース

2.1 オクターブインタフェース

本研究で対象とするのは、公共の地図には載っていない建物や施設の内部の地図である。これらは、施設やイベントのウェブサイトや建物や会場の案内所で、携帯電話、PDA、PC といった一般に普及した機器でダウンロード利用されたり、壁掛式ディスプレイやテーブルトップディスプレイを直接操作して利用される。視覚障害者の立場からの現状の問題点は、これらの地図が視覚情報を中心に美観を重視して作成され、読上げソフトに未対応であることが第一に挙げられるが、読上げソフトに対応することは根本的解決にはならない。何故なら、建物や施設が多階層、複雑な形状の場合は、視覚障害者だけでなく晴眼者にとっても、拡大縮小・回転も含めて、インタラクティブな地図提示機能が必要となり、それを実現した場合に、現状よりさらに視覚情報を中心とし、美観を重視した地図表現が利用されることが予想されるからである。すなわち、視覚障害者の利用にも配慮したインタラクティブ性を実現することこそが、問題の根本的解決となる。そこで本研究は、視覚障害者の利用にも配慮したインタラ

クティブ地図の実現を目指す。具体的にはインタラクティブ地図コンテンツの開発環境として、Adobe Flash を用いる。そして、将来的に壁掛式ディスプレイやテーブルトップディスプレイだけでなく、タッチパネルがついているスマートフォン、PDA、PCにも普及することを想定し、視覚・音声・触覚を融合した地図表現の実現を目指す。

これまで筆者らはタッチパネルと音声を用いた直観的なユニバーサルデザインの地図の提示方法として、オクターブインタフェース（以下、OOSI）を提案してきた。筆者らの基本的な地図表現の考え方を図1に示す。ユーザはディスプレイ上の聴取領域を手指やスタイラスなどで“触る”ことで音声情報を聴取することができる。音声聴取領域は二種類ある。スポット状聴取領域は、分岐点・端点（ノード）と目印（ポイント）を表し、地点毎の音声案内が再生される。線状聴取領域は、ノードとノードの間の直線または曲線（パス）と部屋・領域などの端（エッジ）を表す。ユーザは音のオンオフ、種類、内容で線状の領域を認識する。

図2に線状聴取領域を表現するインタフェースとして開発されたOOSIの概要を示す。OOSIはノード間の線を8等分し、1オクターブのドレミファソラシドの音階が鳴るようになっている。ユーザはドの次はレを、レの次はミを、と音階の連続性に基づき、線を探していき、ノードに接続された別の線へと指を移動していくことにより経路や図形を把握することができる。OOSIの特徴は、ユーザのパス上での指先の位置把握、音の間隔からのパスの長さ把握、なぞっているパスの順路の直感的な把握を可能とすることである。また、スポット状聴取領域を分岐点に設けなくとも、ノード付近で経路から指先が外れた際に、接続するパスとのオクターブの音程の違い、複数の接続パスの音の間隔の違いから、経路の形状が認識可能となることである。同様にスポット状聴取領域を端点に設けなくとも、オクターブ音程が異なるパスがみつからないことによって、端点であることを認識可能とする。また、パスの長さによって距離を表すこともできる。例えば、距離が長ければパスも長くなり、音階が鳴る速度が遅くなる。逆に距離が短ければパスも短くなり、音階が鳴る速度が速くなる。

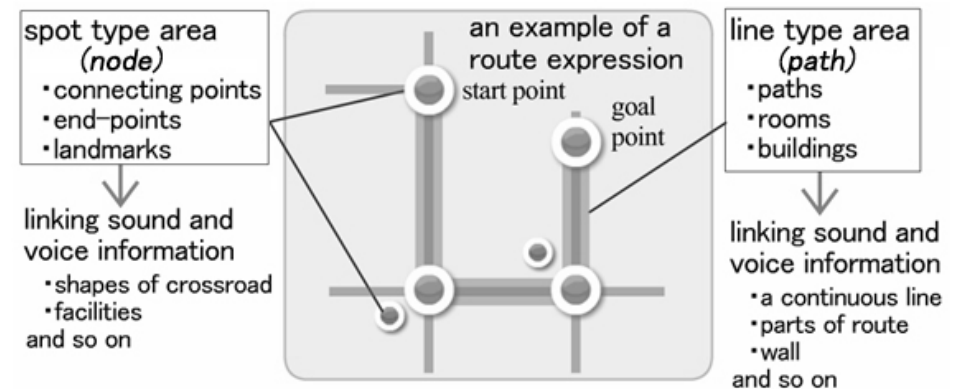


図1 視覚、聴覚、触覚を組み合わせた地図表現

Figure 1 The basic idea of the map expression with vision, audio and tactics.

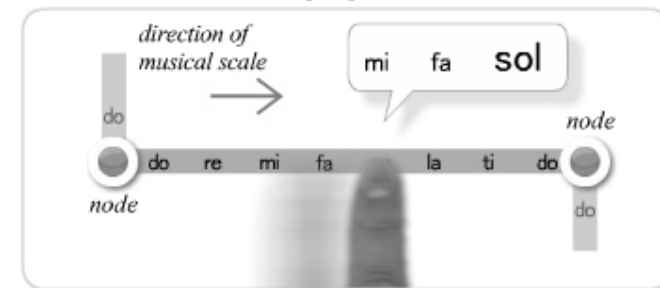


図2 オクターブインタフェース

Figure 2 The One Octave Scale Interface.

2.2 OOSIを用いたこれまでの実験

我々は、開発されたOOSIを使って音声と触覚による経路提示のためのデザインの詳細化を行うため図形を提示して外形を認識する実験と地図を提示して経路を把握する実験を行った。実験の被験者は全て重度視覚障害者である。

図形を単純なビープ音で表現した場合に、ユーザは縦・横方向の直線の読み取りは可能だが、曲線と斜線の読み取りが不可能であることがわかった^[3]。また、分岐点・端点で聴取領域から手指が外れて復帰した際に図形のどこに復帰したのか把握ができなかったため、線の分岐点・端点の認識も困難であった。これらの問題を解決するためにOOSIを導入した結果、曲線と斜線を含む図形の認識が可能となることがわかった^[3]。ここで、筆者らは図3のように経路案内図を作成・提示し、視覚障害者の被験

者が経路を理解したうえで、1人で出発地から目的地まで到達可能かどうかを評価する歩行実験を行った。その結果、被験者は歩行中に分岐点を間違えたり、立ち止まって迷う行動が見られたが、正しい経路に自己復帰し目的地および目的地至近に到達することが可能であった。しかし、タッチパネルを使用した地図の経路把握において経路を見失ったときの復帰は重要な要素である。そこでこれらの問題を解決するために、座標の抽出し経路の再配置を用いてスクロールすることができる機能とシーン間移動による復路の回転表現をすることができる機能をつけた。実験の結果、ほぼ完璧に経路を把握することができた。これらの地図の認識実験は、直線的な経路だったが、曲線や斜線を含む経路案内を想定しなければならない。そこで筆者らは曲線や斜線を含む図形を提示して認識率を調べる実験を行った。

曲線と斜線の認識率を向上させるための工夫として、適切なノードの位置や数を調査する実験を行った。その結果、ノードの位置や数によって同じ図形であっても異なる図形として認識されること、例えば、提示図形が○のときノードが1つのときは○を描いたが、ノードが4つのときは□を描くなどの興味深い結果が得られた。また、被験者の体格の違いによってタッチパネル上の適正な表示位置が異なり、認識結果に影響を及ぼすことがわかった。そこで筆者らは、体格の影響による問題点を解決するために、図形展開位置をユーザが自分の意思で設定可能にする方法を導入した。具体的には、図形の展開が可能領域を触れると、“スタート範囲です。クリックして下さい。”とアナウンスが流れるシーンを用意し、クリックすると、その地点をスタートノードとして図形を展開することができる。他にも、図形認識のスピードや正確さを向上させるための工夫として、ステレオ効果による指の左右の位置情報の付加を行った。

以上の実験より、OOSIはタッチパネルを用いた図形や地図を提示する方法として有用であり、インタラクティブな地図の表現が可能経路案内システムとして多大な貢献が期待できることが確認された。

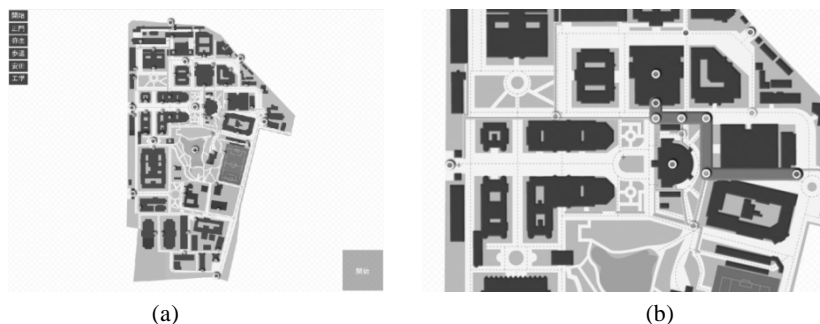


図3 作成された経路図
 Figure 3 Developed Route Map.

3. 点字習熟者の図形認知特性

3.1 点字習熟者別調査の必要性

OOSIの評価と改良を行った結果、OOSIは図形と地図を提示するシステムとしてのベースを築いた。しかし、OOSIには図形、地図を提示する上でノードやパスなどの位置や距離などに規則性が存在しない。これらに規則性をもたせるためにはタッチパネルを利用した視覚障害者の認知特性の解明が重要となる。何故なら、認知特性を解明することができれば、今後、タッチパネルを利用した図形や地図の提示のシステムを開発、改良する上で大きな指標となる。本実験では視覚障害者の中でも点字習熟者に着目した。点字習熟者は点字を読むときに指、すなわち触覚を用いて情報を取得する。点字に触れる指の動きはタッチパネルに触れるときの指の動きに通じるものがある。点字習熟度が高い上級者であれば、その指の動きが正確かつ俊敏であるため、タッチパネルを利用した図形認識においても認識結果に期待される。また、点字中級者、初級者の指の動きからもシステムの発展の手がかりを得られることを期待している。本研究では、点字の習熟度によりタッチパネルに提示された図形の認識率の関係について解明する。

3.2 OOSIの規則性導入の検討

2章で説明したように、前実験でOOSIのパフォーマンスを上げるために3つの図形の提示パターンを提案して改良を行った。実験を行った結果、ユーザが図形の展開位置を自由に決められるパターン3が最も図形の認識率を上げることができたので、本実験もその方法を採用した。更に本実験ではノードの位置や数に着目して図形を以下の3つのパターンに分けて実験を行った。(図3)

パターン1: 図形の分岐点にのみノードを置く。前実験と同様の提示方法である。分岐点にのみノードが存在するので必要最低限のノード数となる。

パターン2: ノードを9つ、3×3の等間隔で固定し、パスが通るノードのみ音が鳴るようにする。前実験までは、ノードの位置が図形を基準にした分岐点にのみ配置されていて幅や高さなどに規則性がなかったため、図形の展開範囲が想像しにくかった。そのためノードの位置を固定することにより座標の役割をもたせ、図形の認識に影響があるか調べる。

パターン3: パターン2と同様にノードを9つ固定し、パスが通らないノードに対してエラー音が鳴るようにする。エラー音を鳴らすことにより、座標上のどの位置にいるのかわかるようにし、図形の認識率に変化があるか調べる。

実験に使用した図形を図4に示す。パターン1は2つ、パターン2は4つ、パターン3は2つであり、全て一筆書きで書ける図形である。そして同一もしくは類似図形を提示することで認識率の差を確かめることを目的としている。4章でこれらの図形

を用いた実験の概要を述べる。

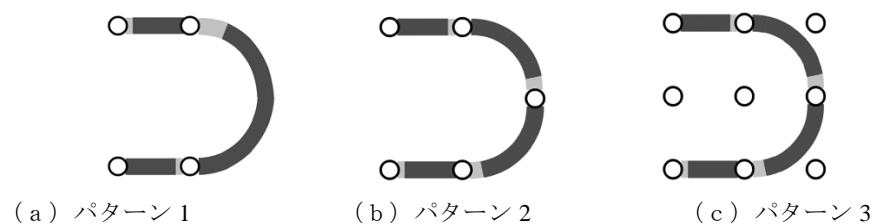


図 3 図形の提示パターン

Figure 3 Presentation Patterns of Figure.

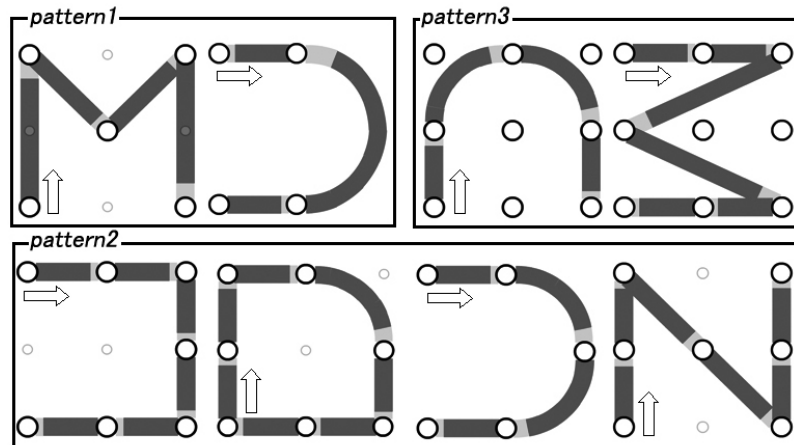


図 4 実験に使用した図形

Figure 4 Primitive figures tested by examinees.

4. 実験

4.1 本実験の目的

本実験の目的は、指の動きが正確かつ俊敏である点字習熟者に着目し、タッチパネルを用いて点字習熟度から視覚障害者の図形認知特性を解明することと、今まで位置

や数などに規則性のなかったノードに対して規則性を持たせることにより図形認識の変化を探ることである。

実験の被験者は全盲（8名）と弱視（3名）の視覚障害者11名である。全員点字習熟者であり、点字上級者が4名、中級者が4名、初級者が3名である。表1に被験者の性別、年齢、障害の内容、現在の状態になった時期、点字習熟度などの属性を示す。

表 1 被験者の属性

Table 1 Attribute of Examinee.

被験者	性別	年齢	障害の内容	現在の状態になった時期	点字習熟度
Ba	女性	65	全盲	57年前	上級
Bb	男性	38	全盲	33年前	上級
Bc	女性	30代	全盲	30年前	上級
Bd	女性	60代	全盲	60年前	上級
Be	女性	62	全盲	17年前	中級
Bh	女性	60	全盲	20年前	中級
Lg	女性	62	視野欠損	35年前	中級
Lh	女性	49	視野欠損	数ヶ月前	中級
Bi	男性	50	全盲	6年前	初級
Bj	女性	33	全盲	5年前	初級
Lk	男性	66	視野欠損	9年前	初級

次に実験の手順を以下に示す。

- 1) タッチパネル PC のディスプレイ上に図形を提示する。
- 2) 被験者は音を頼りに図形をなぞることにより図形を把握する。
- 3) 認識した図形をペンで紙に書く。

図形の大きさは約 10cm 四方であり、全部で 8 つ提示する。提示の順番はパターン内でランダムに提示するようにし、3章で述べたように同じ図形をいくつか含めている。被験者が図形を把握する時間を 4 分とし、4 分を過ぎた場合、その時点で認識している図形を紙に書く。全盲の被験者は認識した図形を口頭や手の動きで説明し、実験の協力者が紙に書いた。また、弱視の被験者は全盲の人と視覚の状態を平等にするためにアイマスクをして実験を行った。

被験者には以下のことを伝えて実験を行った。

- ・ 図形は全部で 8 つ提示され、同じ図形が出る可能性があること。
- ・ 図形の大きさが約 10cm 四方であること。
- ・ 図形の 3 つのパターンの特徴、それぞれいくつか出てくるかということ。
- ・ 全て一筆書きで書ける図形であること。

- ・ ループする図形はスタートノードに戻ってくること。
- ・ 音の種類（ノードの音、パスの音）

実験前に練習用の図形を5分程触ってもらった。このとき触ってもらった図形は実験では出てこない曲線と直線を含んだ図形であり、パターン3の図形の特徴を持つ。

4.2 実験環境

実験装置に使用した機器は APD 社製の Fairly Vista Express タッチパネル PC (190×250) であり感圧式である。使用したソフトは Adobe FLASH CS4 である。図 5 のように被験者はテーブル上の装置に正対して座り操作する。

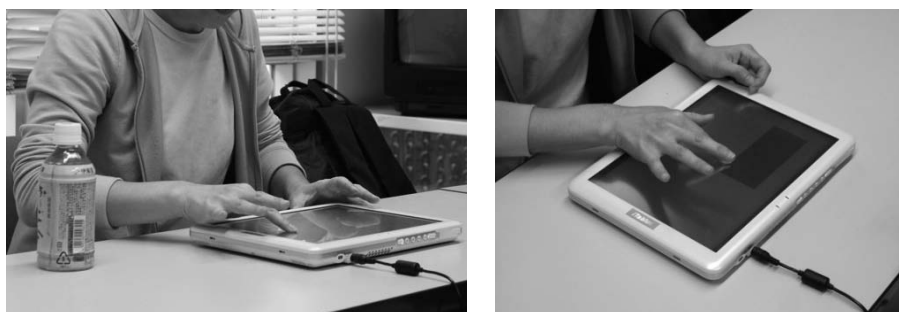


図 5 実験風景
Figure 5 Snap shot of the examination.

5. 実験結果

5.1 認識結果の定量化









実験の結果を表 2、図形の認識結果を定量化した結果を表 3、定量化の方法を図 6 に示す。まず定量化の方法について述べる。図形を4つの領域に分け、認識した図形の線分が正しい領域にあれば+1、更にその線分が直線、曲線、斜線と正しく認識されていれば+1とする。ただし、領域内に余計な線分がある場合、-1とする。この方法では、図形によって満点が変わってしまうため、どの図形も満点が10点になるように調整した。表3の図形の隣の数字は図形番号であり、()内の数字は10点満点にしたときの点数である。

表 2 実験の結果

Table 2 Results of the experiment.

	パターン1		パターン2			パターン3	
Ba 上級							
Bb 上級						認識 不能	
Bc 上級							
Bd 上級							
Be 中級							
Bf 中級							
Lg 中級							
Lh 中級							
Bi 初級							
Bj 初級							
Lk 初級							

表 3 結果の定量化
Table 3 Quantification of Results.

								
満点	12(10)	8(10)	12(10)	14(10)	8(10)	12(10)	12(10)	8(10)
Ba	10(8.3)	3(3.8)	12(10)	13(9.3)	8(10)	12(10)	10(8.3)	4(5.0)
Bb	6(5.0)	8(10)	12(10)	12(8.6)	7(8.8)	12(10)	0(0)	4(5.0)
Bc	12(10)	4(5.0)	10(8.3)	10(7.1)	6(7.5)	12(10)	11(9.1)	6(7.5)
Bd	5(4.2)	8(10)	8(6.7)	13(9.3)	6(7.5)	4(3.3)	5(4.2)	3(3.8)
Be	6(5.0)	6(7.5)	12(10)	7(5.0)	7(8.8)	12(10)	9(7.5)	4(5.0)
Bf	10(8.3)	6(7.5)	12(10)	9(6.4)	6(7.5)	6(5.0)	12(10)	6(7.5)
Lg	12(10)	2(2.5)	2(1.7)	6(4.3)	2(2.5)	12(10)	4(3.3)	6(7.5)
Lh	11(9.2)	4(5.0)	1(1.0)	10(7.1)	6(7.5)	12(10)	6(5.0)	6(7.5)
Bi	10(8.3)	7(8.8)	10(8.3)	8(5.7)	8(10)	12(10)	12(10)	5(6.3)
Bj	4(3.3)	6(7.5)	12(10)	7(5.0)	8(10)	6(5.0)	12(10)	4(5.0)
Lk	6(5.0)	6(7.5)	6(5.0)	10(7.1)	4(5.0)	12(10)	10(8.3)	6(7.5)

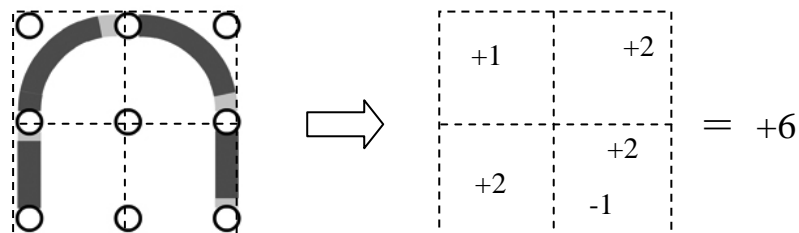


図 6 定量化の方法
Figure 6 How to Quantification.

5.2 認識結果

提示図形ごとにみた点数の分布を図 7, 被験者ごとにみた点数の分布を図 8, 図形のパターン・点字の習熟度ごとにみた点数の分布を図 9 に示す. これらの箱ひげ図は統計解析に優れているソフト SPSS Statistics 18.0 を用いて作成したものである. 箱ひげ図は分布の中心や分布の対称性を知ることができる統計学的グラフである. 両ひげの先端はデータの最小値と最大値を表しており, 箱はデータを小さい方から順に並べて, データ全体を 4 等分したときの第 1 四分位数 (25%) から第 3 四分位数 (75%)

までを囲んでいる. 箱の中に引かれている線は中央値である. そしてひげの外側にあるプロットは外れ値であり, 第 3 四分位数と第 1 四分位数の差を取ったものを IQR とし, 第 1 四分位数が 1.5IQR から 3IQR だけ下にある値である.

はじめに提示図形ごとにみると図 7 より, 点数の分布の範囲がもっとも広いのは図形 7 であり, もっとも狭いのは図形 8 である. また, 満点が出ず, 平均値 6.1, 中央値 6.3 の図形 8 と平均値 6.8, 中央値 7.1 の図形 4 は平均値と中央値が低いため, 図形としての難易度が高かったと言える. 図形 4 と図形 8 はいずれも曲線を含んでおり, 曲線部分のみに着目するとほとんどの被験者が認識できなかった. 同様に, 図形 8 と角度が違う図形 2 と図形 5 の曲線部分は 40% 近くの被験者が認識できていることから, 曲線の向きと距離によって認識のしやすさに差が出たと考えられる. 具体的に述べると, 図形 5 のように曲線が上から下と描かれるよりも図形 8 のように左から右と描かれていく方が認識は難しく, 図 4 のように上から右といったように距離が短いと認識が困難になると思われる. また, パターンごとにみるとパターン 2 が最も認識率が良く, その次にパターン 1, 最後にパターン 3 という結果になった. パターン 3 は難易度が高い図形 8 が含まれていること, 被験者 Bb が図形 7 でパスを見失い認識不能になり, 図形の認識ができなくなったため図形 7 に対する分布と平均値に影響が出たと考えられる.

次に, 被験者ごとにみると図 8 より, 被験者によって分布に差が出た. 被験者 Bb はパスを見失いにより分布が広くなり平均値が下がったが, 他の図形の認識は高い傾向がある. このことを考慮に入れると, 点字上級者は図形認識が高い傾向がある. 点字中級者は分布と平均値, 中央値が安定しており, 点字初級者はばらつきが見られた. 個別にみると, 点字初級者の Bi がもっとも分布が狭く安定しており, 平均値 8.4, 中央値 8.6 と認識率が高い結果であった. また, Bc と Bf も分布が狭く安定しており, 平均値, 中央値が高い. Bi は点字初級者, Bc は点字上級者, Bf は点字中級者であることから, 点字上級者の図形認識が高い傾向があるが, 必ずしも点字の習熟度が図形の認識率に影響を及ぼすとは言えない結果となった. 図形の認識率が高い被験者はタッチパネルディスプレイ上でゆっくりと正確に指を動かしていき, パスから外れても方向を修正してすぐにパスに戻る傾向が見られた.

最後に点字習熟度と図形のパターンごとにまとめてみると図 9 から, パターン 1 では点字中級者がもっとも分布が狭く認識率が安定しており, パターン 2 では点字上級者, パターン 3 では点字初級者が同様の結果となった. このことからパターン 2 は現在の点字の手法と共通点がある可能性がある. そしてパターン 3 は点字初級者や点字を習ったことのないような指で何かをなぞるといった行為に慣れていない人たちに対して有効な提示方法だと考えられる.

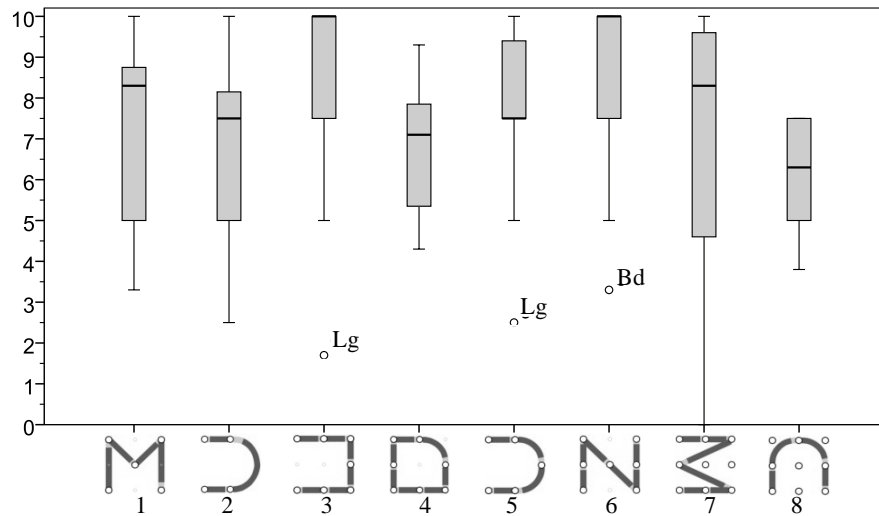


図 7 提示図形と点数の分布
 Figure 7 Distribution of Presentation Figure and Mark.

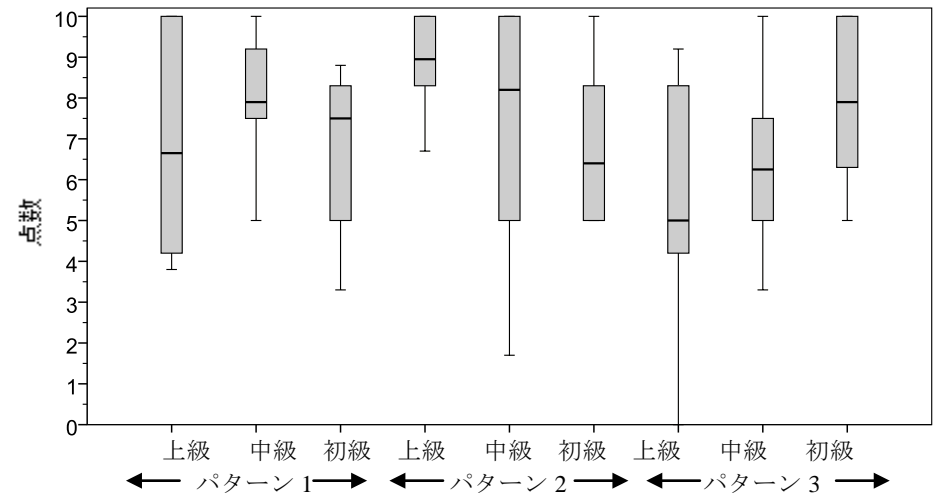


図 9 点字習熟度・図形のパターンと点数の分布
 Figure 9 Distribution of Braille Proficiency and Patterns of Figure and Mark.

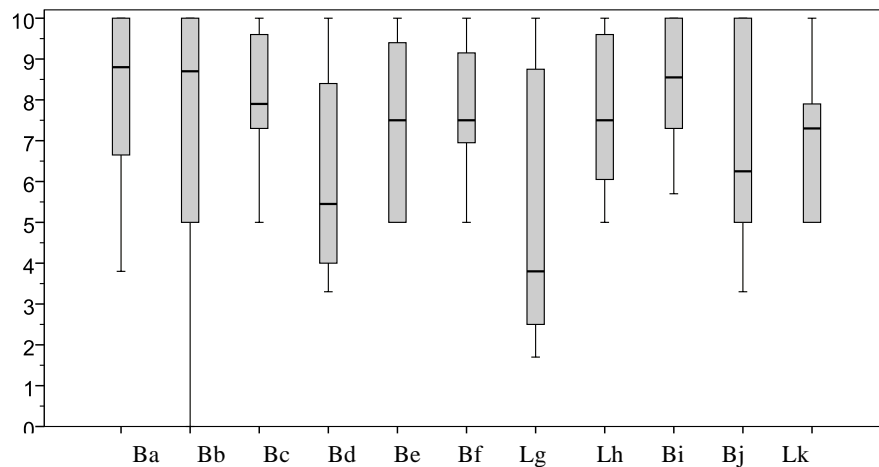


図 8 被験者と点数の分布
 Figure 8 Distribution of Examinee and Mark.

6. おわりに

本実験により、点字の習熟度が高い上級者の方が図形認識は高い傾向がみられたが、はっきりと点字の習熟度とタッチパネルを用いた図形認識にはっきりと関連があると結論づけることはできなかった。しかし、図形のパターンに関しては、ノードを固定化したパターン2は点字上級者の認識率が高いことから、現在の点字の手法と共通点を含んでいる可能性があることがわかった。ノードを座標化したパターン3では、エラー音は何回か使われたが、感覚が広いためゆっくりと正確に指を動かす点字上級者にとってはあまり手助けにならなかったが、点字初級者に対しては有効な提示方法だと結論づけられる。以上より、点字の習熟度が高いことが必ずしも認識率が良いという結果ではなかったが、習熟度に応じて合うパターンがあることを示した。