

## 7 触覚的に認知しやすい点字プリンタ出力による エンボス点図

笹沼 正利  
(栃木県立盲学校)

はじめに

近年の情報技術（IT）の進展はめざましく、盲学校においてもマルチメディア対応のパソコンが普及し、インターネットの接続率も高くなり、情報ネットワーク活用環境が整ってきた。現在では、大部分の職員が教材を電子データ化し活用している。また、「盲学校点字情報ネットワーク」ができたことにより、電子データ化された点訳本や教材を盲学校間相互で活用することも可能になってきた。しかし、それらの大部分は文字情報（点字データ）で、グラフィック情報（触図データ）は十分活用されていない状況にあった。現在では、グラフィック情報も電子データ化でき、エンボス点図（以下点図と省略）として点字プリンタで出力できる。点図は教科書などでも使われ、児童生徒にとって最も触れる機会の多いグラフィック情報でもある。これまで、この電子データ化された点図の情報が十分活用されなかった理由としては次の諸点が考えられる。点図のデータをやりとりするネットワークの環境が整っていなかったこと。次に点図を電子データ化する技術がまだ多くの人に普及していなかったこと。点図を作成するには触覚の特性に配慮する必要があるが、そのためのガイドラインが示されていなかったことなどである。しかし、現在では点図作成ソフトや点字プリンタの性能は格段に進歩し、数学の点字教科書に出てくる程度の図であれば、ほぼ自作することが可能である。また、点図作成ソフトと点字プリンタの普及も進み、視覚障害教育関係者や点訳ボランティアなど、多く人が手軽に点図を作ることができるようになりつつある。さらに「盲学校点字情報ネットワーク」でも点図のデータが相互利用できるようになってきている。こうした変化に伴って、これからは自作した点図を多くの人が共有できるようになり、多くの人が電子データ化された点図を活用していくことになるかと予想される。そこで課題となるのが、点図作成にあたってのガイドラインが明確に示されていないことである。こうした点を踏まえて本研究では、点図作成のためのガイドラインを策定するための資料を得るために、教科書に出てくる図形を元にして、現状のハードとソフトでを利用して、どの程度まで忠実な図が再現されるかを検証した上で、出力された点図の認識のしやすさについて、実験的な手法を用いて検証することにした。その検証にあたっては、「線種の組み合わせ」、「線（点）と線（点）の距離」の2点について見ていくこととした。

## 1 触覚的に認識しやすいエンボス点図のための実験的検証

### (1) 実験 1

#### 1) 目的

現在の点図作成ソフトや点字プリンタの機能には、点の大きさや点間の距離を変えられることができたり、基本的な図形が既に登録されているなど、作図が大変容易になっている。またインターネットの普及により、豊富な点図のデータを多くの人が共有することも可能になってきた。それらの機能を有効に活用することは大事であるが、そのための基準が明らかにされていない。

本研究では、教科書の図を参考にして、パソコンと点図作成ソフト用い点図を電子データ化し、それを点字プリンタで出力する。その際、できるだけ忠実に再現するよう努め、どれだけ意図したように表現できるか、限界点を明らかにする。また、出力された点図が触覚的に認識しやすいものであるかを実験的な手法で検証する。考察の観点は次の2点とする。

- ① 複合図形において、教科書と同じ「線種の組み合わせ」で触覚的に認識できるか。また、「線種の組み合わせ」を変えた場合認識できるか。
- ② 「線（点）と線（点）の距離」を配慮することにより、図形の認識に効果が現れるか。

#### 2) 方法

##### (1) 被験者

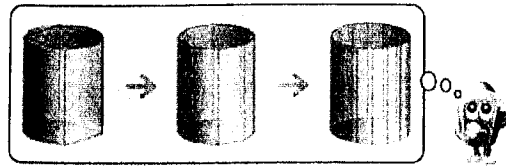
被験者は表1の通りである。

表1 実験1の被験者

被験者	性別	年代	職	業	使用文字
A	女	20	盲学校小学部教員		墨字（晴眼者、アイマスク着用）
B	女	20	盲学校小学部教員		墨字（晴眼者、アイマスク着用）
C	女	20	盲学校小学部教員		墨字（晴眼者、アイマスク着用）
D	女	20	盲学校小学部教員		墨字（晴眼者、アイマスク着用）
E	女	30	盲学校理療科教員		点字
F	男	50	盲学校理療科教員		点字
G	男	20	盲学校理療科教員		点字
H	男	40	盲学校理療科教員		点字

##### (2) 刺激図形

図形の認識しやすさを明らかにするために、刺激図形として、盲学校小学部6年の算数の平成12年度使用の教科書に出てくる円柱に内接する八角柱（図3）を上から見た図（6-3、137ページ、図4）を参考にして、点図作成ソフト、エーデルと点字プリンタESA721を用い、点図を作り出力した。



円柱の中にきちんとはいる角柱の底面の辺の数を上の図のようにふやしていくと、円柱になると考えられます。

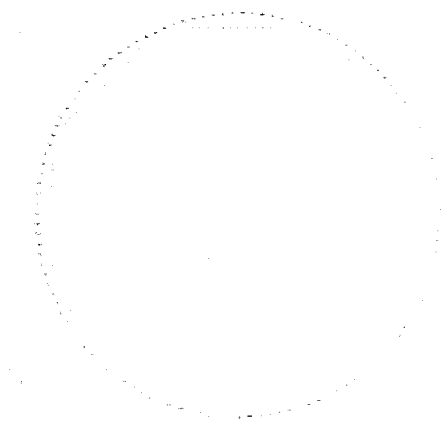


図1 算数教科書及び点字算数教科書の図

図1の点図では、点の大きさと点間の距離は表2のようだった。測定には電子ノギスとシックスゲージを用いた。また、過年度の教科書を測定したために、製版当初とは（特に高さが）若干の誤差が生じていることが考えられる。

表2 点字教科書のの点間の距離と点の高さ（単位 mm）

	直径	点間の距離	点の高さ
中点	1.5	1.8	0.26
小点	1.0	1.4	0.15

自作した図では、教科書に近い点間にしようとすると、線に歪みが生じたため、改善するために点間をやや広くとり、表3のようにした。（点の大きさはESA721の性能による）

表3 自作した点図の点間の距離と点の高さ（単位 mm）

	直径	点間の距離	点の高さ
中点	1.5	2.7	0.33
小点	0.6	1.9	0.16

対象児のおおよその認知レベルを把握するために、志村（前出）が「簡単な知覚評価の評定法」として紹介している「鼓型図形」（図2）を用いることにした。この結果は、描画と言語表現による再生を分析する際、参考にした。

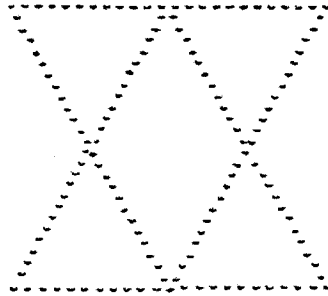


図2 実験図版① 鼓型複合図形

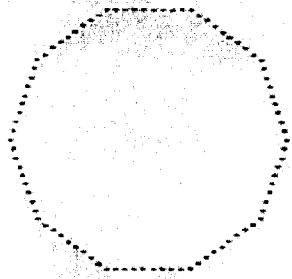
はじめに単一の図形での認識のしやすさを調べ、次に複合図形について調べた。

刺激図形の種類は、19種類を用意した。⑬・⑮・⑰・⑲の円と八角形の頂点との距離は点の端から端の最短距離を表すものとする。

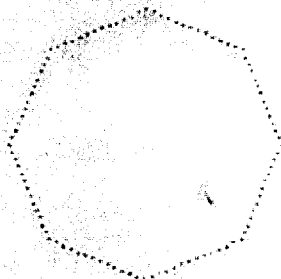
図版は以下の鳥である。

- 1) 知覚レベルを知るための鼓型図形（実験図版①）
- 2) 実験図版② 中点を用いた十角形
- 3) 実験図版③ 小点を用いた八角形
- 4) 実験図版④ 中点を用いた円
- 5) 実験図版⑤ 小点を用いた十角形
- 6) 実験図版⑥ 小点を用いた円
- 7) 実験図版⑦ 中点を用いた八角形
- 8) 実験図版⑧ 教科書に忠実に再現した図（頂点がなく接点のところを若干離れている）
- 9) 実験図版⑨ 実験図版⑧の図形で内側の八角形も中点にした図
- 10) 実験図版⑩ 学習効果を排除するために用意した図。両方とも円で内側に小点、外側に中点を用いた図
- 11) 実験図版⑪ 実験図版⑧の図形で円と八角形の使う点を逆にした図
- 12) 実験図版⑫ 実験図版⑧の図形で外側の円も小点にした図
- 13) 実験図版⑬ 実験図版⑧の図形で八角形の頂点と円との距離を約1mmとった図
- 14) 実験図版⑭ 学習効果を排除するために用意した図。円の外側で六角形が接している図
- 15) 実験図版⑮ 実験図版⑬の図形で両方とも中点を用いた図
- 16) 実験図版⑯ 学習効果を排除するために用意した図。円の内側で八角形が接している図

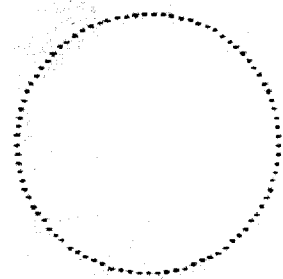
- 17) 実験図版⑰ 実験図版⑬の図形で円と八角形の使う点を逆にした図  
 18) 実験図版⑱ 学習効果を排除するために用意した図。円の外側で八角形が接している図  
 19) 実験図版⑲ 実験図版⑬の図形で両方とも小点を用いた図  
 外側にある円は、教科書の円と同様に直径が7 cm になるようにした。



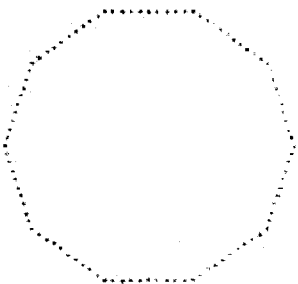
実験図版②



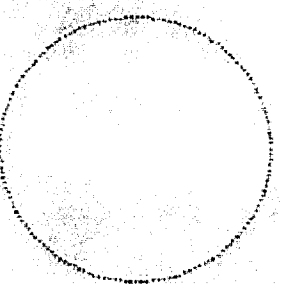
実験図版③



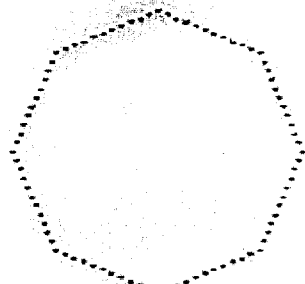
実験図版④



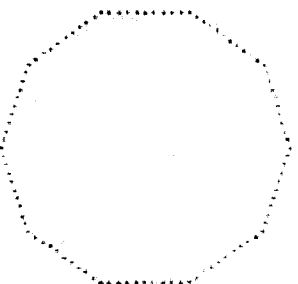
実験図版⑤



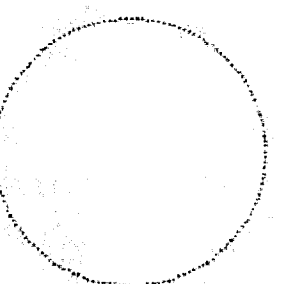
実験図版⑥



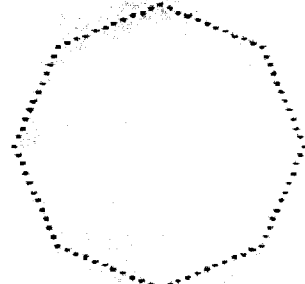
実験図版⑦



実験図版⑧

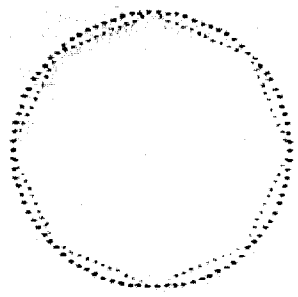


実験図版⑨

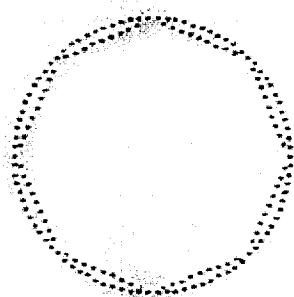


実験図版⑩

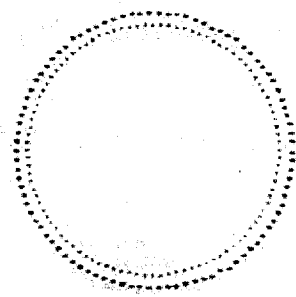
図3 実験図版 (単一図形)



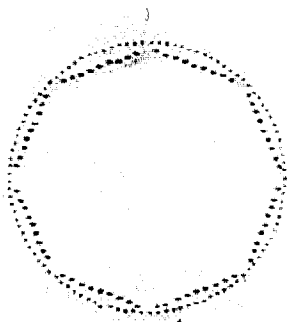
実験図版⑪



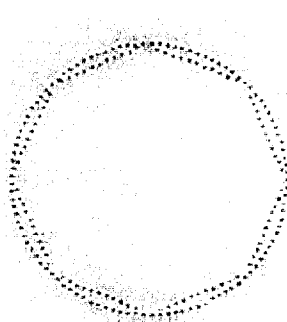
実験図版⑫



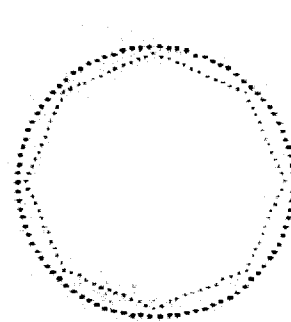
実験図版⑬



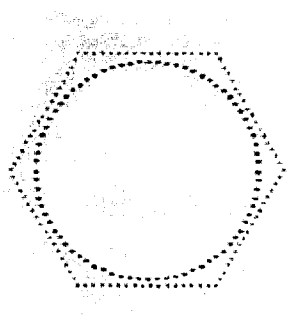
実験図版⑭



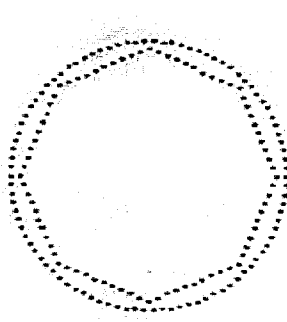
実験図版⑮



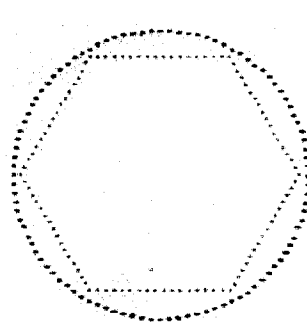
実験図版⑯



実験図版⑰



実験図版⑱



実験図版⑲

図4 実験図版（複合図形）

### (3) 手続き

実験は実験者と各被験者の2名のみで行った。被験者が長机のほぼ中央を前にして、座った。実験者は被験者の右斜め前の約1 m先に着席するか立っていた。被験者の正面約1 m先にビデオカメラを三脚で設置し、前方上方より手元のみが写るように録画した。録画は実験のはじめから終了まで行い、会話も録音した。

以下の順番で実験を進めた。

① はじめに実験の目的と内容について理解してもらうために、次のような教示をした。

「これは触って分かりやすい図形をどのように描くかを明らかにするための実験です。決して、個人の触察の優劣を調べるためのものではありません。これからいくつかの点 図を触察してもらいます。まず、どんな形か、よく触ってください。そして、どんな形が分かったら、『わかった』と教えてください。次に、その形をどんな形と感じたかをレーザーライタに描いてもらいます。その後で、その形が、どんな形だったかを言葉で説明してください。」

「1枚目の点図はこれです。よく触って、どんな形が分かったら、『分かった』と教えてください。」

教示に続いて、点図（実験図版①）を被験者の胸元約 10cm 前の机上に置いた。

② 被験者は自由に触察し、どんな形が分かった時点で、「分かりました。」と教えてくれた。

触察の仕方については、点図を移動させることも、回転等させることも、触る順番についても特に制限しなかった。

③ 「ではどんな形を感じたかをレーザーライタに描いてください。」

教示に続いて、レーザーライタを②の点図と同じ場所に置き、その右側にボールペンを置いた。

④ 被験者は自由に描画をし、描画が完成した時点で、「終わりました。」と教えてくれた。

描画の仕方についても、レーザーライタを動かしても、どこから描き始めるかも全て自由にし、制限しなかった。

教示の後で、被験者に言語表現をしてもらった。

⑥ ①～⑤までの手続きを図①から図⑩まで繰り返した。

被験者の疲労度により、5分程度の休憩を1～2回とった。

### 3) 結果

レーザーライタへの再生と言語表現の結果は、表5のようであった。

また、作図と言語表現のそれぞれについて、以下の観点別に評価し、図10のような結果になった。

- ・単一の図形についてはそれぞれの図形の属性を表現できているか。
- ・複合図形においては二つの図形であることを表現できているか。
- ・複合図形のそれぞれが円と八角形であることを表現できているか。
- ・円と八角形の距離は接していると感じているか。

(1) 鼓型図形（知覚レベルを知るための図）について

①の結果を志村のいう分節に当てはめてみると、A, E, F, Gが $\alpha$ タイプを示し、認知レベルの分節になる。B, C, E, HはTFタイプを示し、知覚レベルの分節ということになる。Dは形を正確に捉えることができなかったが、菱形の周りに三角形があると感じている点はTFタイプに近いといえる。

(2) 単一の図形について

実験図版② (中点を用いた正十角形)

A, F, Hの3名が十角形と答えている。BやEも違和感を感じているが、円と答えている。8名中5名が円と捉えて、Aも最初は円と感じている。円に認識されやすい形といえる。

実験図版③ (小点を用いた正八角形)

Bが頂点を8個感じていることも含めて、8名中6名が八角形と捉えていた。

実験図版④ (中点を用いた円)

全員が円と捉えられていた。

実験図版⑤ (小点を用いた正十角形)

A, D, G, Hの4名が十角形と答えている。BとFも角を5~6個感じていた。

実験図版⑥ (小点を用いた円)

BとFがややいびつさを感じているが、全員が円と捉えていた。

実験図版⑦ (中点を用いた正八角形)

Cを除く7名が八角形と捉えていた。

(3) 複合図形について

実験図版⑧ (教科書を忠実に再現するよう努めた図。頂点がなく接点のところでは少し離れている。内側の八角形に小点を、外接する円に中点を用いていた図。)

GとHは円の中に八角形があると感じることができた。B, E, Fは二重の線の円または多角形(六角形と八角形)と捉えた。A, C, Dは二重の線が何カ所かで交わっている円または八角形と感じている。

実験図版⑨ (⑧の図で、円と八角形両方に中点を用いた図)

A, D, G, Hの4名が円の中に八角形があると感じることができた。Aは円と八角形が接していることも指摘した。B, C, E, Fは二重の円または多角形と捉えた。そのうち、CとFは二重の円または八角形が何カ所かで交わっていると感じている。

実験図版⑩ (学習効果を避けるための二重円)

Bが二重の楕円と感じているが、他は二重の円と捉えた。

実験図版⑪ (⑧の図で、八角形に中点、円に小点を用いた図)

(Aは八角形のようなものと感じているが、)A, D, Gの3名が円の中に八角形と捉えた。B, E, F, Hは二重の円または多角形と捉えている。CとFは円の中で二重の線が何カ所かで切れているのを感じている。Cは八角形の頂点の部分で少し離れていることも指摘している。

⑫実験図版 (⑧の図で、円と八角形両方に小点を用いた図)

A, D, G, Hの4名が円の中に八角形と捉えることができた。Aは円と八角形が接していることも指摘した。BとEは二重の円または八角形と捉えている。Cは円の中に多角形があると捉え、何カ所かで接していることを指摘した。Fは二重の円と捉えたが、接している部分を(45度おきの8カ所の)単線と表現している。



実験図版⑬ (⑧の図で、八角形の頂点と円の距離を1mm程度とった図)

A, D, G, Hの4名が、円の中に八角形があると捉えた。AとDは円と八角形が接していないことを指摘している。Bは内側が六角形で、円と接していると感じている。C, E, Fは二重の円と捉えているが、Eは今までよりも距離が離れていることを、CとFは距離が離れたり近づいたりしていることを指摘している。

実験図版⑭ (学習効果を避けるための正六角形に円が内接している図)

E以外は六角形に円が内接していると捉えた。Eは二重の六角形で、内側の六角形の頂点と、外側の六角形の辺の midpoint が接していると感じた。

実験図版⑮ (⑬の図で、円と八角形両方に中点を用いた図)

A, B, E, G, Hの5名が円の中に八角形があると捉えた。A, B, Eの3名は円と八角形が接していることも指摘している。Dは円の中に九角形があると感じている。Cは円の中にグニャグニャした円に近いものがあると感じ、Fは二重の八角形と感じた。Fは頂点のところで近づいていることも指摘している。

実験図版⑯ (学習効果を避けるための円に正六角形が内接している図)

B以外は円の中に六角形があると捉えることができた。Bは円を八角形と感じた。

実験図版⑰ (⑬の図で、八角形に中点、円に小点を用いた図)

A~Hの8名全てが円の中に八角形があると捉えることができた。D, E, Fの3名が円と八角形が接していると指摘し、Aは接していないと指摘している。

実験図版⑱ (学習効果を避けるための八角形に円が内接している図)

A~Hの8名全てが八角形の中に円があると捉えることができた。

実験図版⑲ (⑬の図で、円と八角形両方に小点を用いた図)

A~Hの8名全てが円の中に八角形があると捉えることができた。A, B, Eの3名が接していると指摘し、CとFは接していないと指摘している。

#### 4) 考察

##### (1) 点字プリンター出力による点図の精度について

教科書の図をできるだけ忠実に再現するために、点間の距離を中点が1.8mm、小点が1.4mmで設定し、作図を行い点字プリンターで出力をしてみた。結果は図8のように、円周がややいびつになった。また斜め線でもやや滑らかさに欠ける傾向があった。

そこで点間をやや広めに中点が2.7mm、小点が1.9mmとすることにした。この点間が狭い場合の円周のいびつさは単一の図形でも見られた。また点間を広くとった場合にもいえるが、円の右下の部分がやや外側にふくらむ傾向があり、内側の線と円との距離を全て均等にするのは難しかった。

点と点の距離の調整は0.5mm程度までは可能だが、それ以下だと調節は思うようにいかな

表5-1 実験1における言語表現1

	A	B	C	D
①	2つの三角形が、それぞれ上下逆になった形で重なっている。	菱形の周りに、三角形が上は下向き、下は上向きに四つある。	菱形の周りに上に2つ三角形、下に2つ三角形がある。	中央に菱形があって、その上の部分に（菱形の上の頂点にくっつくように）三角形が三つ、下の部分は菱形の辺にくっつくように三角形が二つ。
②	はじめに触ったときは丸かと思ったが、触っているうちにちよつとした角度を感じて、それが10個あったので、十角形ではないか。	少しいびつな円で左側の方が細長くなっているような気がした。	円	円
③	八角形	頂点が8個ある感じで右側の方が頂点が丸くなくはっきりしている。	円の上の部分が少し切れている	八角形
④	円	円の左下の方が切れている	円	円
⑤	十角形	頂点が丸くなった六角形のような感じがした。	円	十角形
⑥	円	円の下の方が少し真っ直ぐになっている。	円	円
⑦	八角形	頂点が8個あって、右側の頂点の方が角張って左側の方が丸くなっている。	円のような菱形のようなくにやくにゃした形。	八角形
⑧	八角形のそれぞれの辺の内側にもう一本線があって、鎖でできた八角形のように。	二重の線で円に近い頂点が6個ぐらいあるよう。	丸の中に八カ所二重になっているところがある。八カ所で交わって、その他のところは二重になっている。	円の中に円の一部分が内側に出ている。花びらの逆のような形。

E	F	G	H
三角形があって、その上の辺の真ん中から左右に2辺の真ん中かを通して延びていて、三角形の下の角だったところとつながっている。	二つの三角形があって、上に頂点がある三角形と下に頂点のある三角形が重なっている。	三角形が上下逆でくっついている。	右上、右下、左上、左下に三角があって、真ん中に菱形。
多少角があるかと思うような円	角がはっきりしていない十角形。	円	十角形
円に近くて、角が四つぐらいあるよう。	八角形	八角形	八角形
きちんとした円でもないような気がするが、ほぼ円。	円	円	円
円のような気もするし、円でないような気もするが、さっき(1枚前)との差は分からない。	円に近くて角が五つある。	十角形	十角形
円	上と下が円、右と左が直線。	円	円
角が8カ所ぐらいある。	八角形。	八角形	八角形
円が二重	八角形が二重になっている。	円の中に八角形がある。	円の中に八角が入っている。

表5-2 実験1における言語表現2

	A	B	C	D
⑨	円の中に八角形が接している。(八角形が円に接している)	二重の線で左側は縦長の楕円、右側の方は頂点が三つくらいあったよう。二本の線の距離は同じのような気がしたが、右下のところは少し近づいている気がする。	丸の中にグニャグニャした丸がある。所々くっついている。	円の中に八角形が入っている。
⑩	大きな円の中にそれより直径が3mmくらい小さな円が入っている。	横に長めの二重の楕円。	円の中にもう一つ円がある。	円の中に一回り小さい円が入っている。
⑪	完全な八角形ではない八角形のようなものが、円の内側にあって、接している角もあれば、接していない角もある。	二重線で左側は丸くカーブしている。右側の方には頂点が4・5個あった。	丸の中に所々切れた線がある。円にくっつくときに隣の線と切れてい	円の中に八角形。
⑫	八角形が円に接した形で円の中にある。	二重線の八角形。	丸の中に線と線がくっついた何角形かの図形がある。	円の中に八角形
⑬	円の中に八角形があって接してはいない。	円の中に六角形があった。(接している)	外に丸があり、中の線が近くなったり、遠くなったりしている。	円の中に、八角形が接しているのではなく入っている。
⑭	六角形の中に円がある。	六角形の中に円がある。(接している)	六角形の中に円が入っている。	六角形の中に円が接している。
⑮	円の中に八角形が接してある。	円の中に八角形が接している。	丸の中に、丸にくっつかないようにクニャクニャした丸に近いものがある。	円の中に九角形。
⑯	円の中に六角形がある。	内側に六角形、外側に接するように八角形。	丸の中に六角形が入っている形。	円の中に六角形が接している。

E	F	G	H
円に近いものが二重。角がはっきり分らない。	八角形で、左右上下の四カ所が単線になっていて、他は二重。	円の中に八角形がある。	円の中に八角が入っている。
二重の円	上が平らな二重の円	円の中に円がある。	円の中に円が入っている。
円に近いものが二重。角がいくつあるかは分からない。	丸があって、二重線の内側が45°おきに切れている。切れているところで角ができてい	円の中に八角形がある。	八角形の二重
円に近いものが二重。1枚前より角が少なく、より円に近いような気がする。	45度おきに単線になっている二重の丸で、弱冠上下につぶれている。	円の中に八角形がある。	円の中に八角がある。
二重の円。今までよりも中の円が離れている。	二重の円で、8カ所で線が近づいている。右の上の8分の1が平らなような気がする。	円の中に八角形がある。	円の中に八角
外と内に六つの角があり、内側の頂点が外側の辺の真ん中にある。	六角形に内接している円。	六角形の中に円がある。	六角の中に円。
円の中に八角形が接している。	二重の八角形で、頂点のところで線が近づいている。	円の中に八角形がある。	円の中に八角
円の中に六角形が接している。	六角形の周囲に円がある。	円の中に六角形がある。	円の中に六角形がある。

表5-3 実験1における言語表現3

	A	B	C	D
⑰	円の中に八角形があ って接していない。	円の中に八角形があ る。	丸の中に八角形が 入っている。	円の中に八角形が接 している。
⑱	八角形の中に円があ る。	八角形の中に接する ように円がある。	八角形の中に丸があ る。	八角形の中に円が接 している。
⑲	円の中に八角形が接 して存在する。	円の中に接するよう に八角形がある。	丸の中にくっつかな いようにして八角形 がある。	円の中に八角形があ る。
線の種類 の違いに よって、 図の分か りやすさ に違いは あったか。	線が2種類ある方が 分かりやすかった。 線が並んであるとき に、平行にあるのか 湾曲しているのか分 かりにくかった。	太い線と細い線が あったのは気がつか なかった。	太い線同士よりも細 い線同士の方が分か りやすいような気が した。	内側と外側が同じ線 のとき、別の図形と 捉えにくい。外側が 太い線の方が、概観 を捉えてから模様を 探るように捉えやす かった気がする。

E	F	G	H
円に近いものが二重。角がはっきり分らない。	八角形で、左右上下の四カ所が単線になっていて、他は二重。	円の中に八角形がある。	円の中に八角が入っている。
二重の円	上が平らな二重の円	円の中に円がある。	円の中に円が入っている。
円に近いものが二重。角がいくつあるかは分からない。	丸があって、二重線の内側が45°おきに切れている。切れているところで角ができてい	円の中に八角形がある。	八角形の二重
円に近いものが二重。1枚前より角が少なく、より円に近いような気がする。	45度おきに単線になっている二重の丸で、弱冠上下につぶれている。	円の中に八角形がある。	円の中に八角がある。

表6-1 実験1における認知の観点別評価1

○……認識している  
△……一部認識している

		A	B	C	D	E	F	G	H	○の数 (△の数)
① 	αタイプ	○				○	○	○		/
	γタイプ									
	TFタイプ		○	○					○	
	TOタイプ									
	Uタイプ									
② 中点を用いた十角形	作図による再生 (10個の角、10本の辺を表現できているか。)	○							○	2
	言語表現による再生 (10個の角があること、10本の辺があることを表現できているか。)	○							○	2
③ 小点を用いた八角形	作図による再生 (8個の角、8本の辺を表現できているか。)	○	○		○	△		○	○	5 (1)
	言語表現による再生 (8個の角があること、8本の辺があることを表現できているか。)	○	○		○	△	○	○	○	6 (1)
④ 中点を用いた円	作図による再生 (曲線を環状に表現できているか。)	○	○	○	○	○	○	○	○	8
	言語表現による再生 (曲線が環状になっていることを表現できているか。)	○	○	○	○	○	○	○	○	8
⑤ 小点を用いた十角形	作図による再生 (10個の角、10本の辺を表現できているか。)	○	△		○			○	△	3 (2)
	言語表現による再生 (10個の角があること、10本の辺があることを表現できているか。)	○	△		○			○	○	4 (1)
⑥ 小点を用いた円	作図による再生 (曲線を環状に表現できているか。)	○	○	○	○	○	△	○	○	7 (1)
	言語表現による再生 (曲線が環状になっていることを表現できているか。)	○	○	○	○	○	△	○	○	7 (1)
⑦ 中点を用いた八角形	作図による再生 (8個の角、8本の辺を表現できているか。)	○	○		○	○	△	○	△	5 (2)
	言語表現による再生 (8個の角があること、8本の辺があることを表現できているか。)	○	○		○	○	○	○	○	7



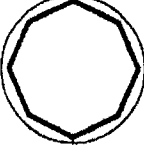
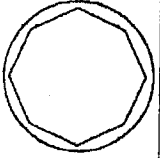
表 6-2 実験 1 における認知の観点別評価 2

		A	B	C	D	E	F	G	H	合計	
⑧	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。		○			○	○	○	○	5
		外側を円と表現できているか。		△	○	○	○		○	○	5 (1)
		内側を八角形と表現できているか。	○	△				△	○	△	2 (3)
		2つの図形が接していることを表現できているか。							○		1
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。		○			○	○	○	○	5
		外側を円と表現できているか。		△	○	○	○		○	○	5 (1)
		内側を八角形と表現できているか。	○	△				○	○	○	4 (1)
		2つの図形が接していることを表現できているか。									
⑨	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	△	○	○	△		○	○	5 (2)
		内側を八角形と表現できているか。	○	△		○		△	○	△	3 (3)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○						○		2
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	△	○	○	△		○	○	5 (2)
		内側を八角形と表現できているか。	○	△		○		○	○	○	3 (3)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○								2
⑩	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	△	○	○	△	○	○		5 (2)
		内側を八角形と表現できているか。	△	△		○		△	○	△	2 (4)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	△						○		1 (1)
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	△	○	○	△	○	○		5 (2)
		内側を八角形と表現できているか。	△	△		○		○	○	○	4 (2)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	△								(1)

表 6-3 実験 1 における認知の観点別評価 3

		A	B	C	D	E	F	G	H	○の数 (△の数)	
⑫	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○		○	○	△	○	○	○	5 (1)
		内側を八角形と表現できているか。	○	△	△	○			○	○	4 (2)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○		○				○		3
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○		○	○	△	○	○	○	6 (1)
		内側を八角形と表現できているか。	○	○	△	○			○	○	5 (1)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○		○						2
⑬	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		内側を八角形と表現できているか。	○	△	△	○		△	○	○	4 (3)
		2つの図形が接していることを表現できているか。		○					○		2
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		内側を八角形と表現できているか。	○	△		○			○	○	4 (1)
		2つの図形が接していることを表現できているか。		○							1
⑭	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		内側を八角形と表現できているか。	○	○		△	△	△	○	○	4 (3)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○	○		○	○		○		5
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○		○	○	7
		内側を八角形と表現できているか。	○	○		△	○	○	○	○	6 (1)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○	○			○				3

表 6-4 実験 1 における認知の観点別評価 4

		A	B	C	D	E	F	G	H	○の数 (△の数)	
<p>⑩</p> 	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	8	
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		内側を八角形と表現できているか。	○	○	○	○	○	△	○	△	6 (2)
		2つの図形が接していることを表現できているか。		○		○	○		○		4
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		内側を八角形と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		2つの図形が接していることを表現できているか。					○	○			2
<p>⑪</p> 	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	8	
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		内側を八角形と表現できているか。	○	○	○	○	○	△	○	△	6 (2)
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○	○			○		○		4
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		内側を八角形と表現できているか。	○	○	○	○	○	○	○	○	8
		2つの図形が接していることを表現できているか。	○	○			○				3
作図による再生の○の数 (△の数) (接していると表現しているかの○は集計しなかった。)		27 (1)	19 (10)	19 (2)	26 (1)	18 (5)	15 (9)	29	22 (7)		
言語表現による再生の○の数 (△の数) (接していると表現しているかの○は集計しなかった。)		27 (1)	20 (8)	19 (2)	26 (1)	19 (4)	22 (1)	29	29		

かった。また0.1mm～0.3mm程度の誤差は出力するごとに起こる場合が多い。

画面上で円と八角形を均等な距離でつくっても、出力してみるとややずれていることが多かった。それを考慮して微調整の必要があった。

実線を表す場合の点間の距離は2.7mm程度が適当であることが分かる。また0.5mm程度の調節は可能なことから目的に応じて微調整をする必要がある。何回か出力した中から目的を満たすものを選ぶ作業も必要かもしれない。メニューに設定されている基本図形は画面上のイメージと実際出力した図との誤差を検証しておく必要がある。

### (2) 単一の図形について

円はどちらの点を用いても、8名全員が認識できている。円の認識には点の大小はあまり影響しないといえる。八角形の認識においても点の大小による影響はほとんど見られなかった。十角形は認識しにくい傾向があったが、中点を用いた場合より小点を用いた方が認識率が高かった。中点の場合は2名だったが、小点の場合は4名が認識できた。

### (3) 複合図形について

表6に示した実験1の作図と言語表現の結果を整理すると表7のようになる。

表7 実験1の作図と言語表現のまとめ

	円	八角形	作図による再生	言語表現による再生
線と線が距離が接近している複合図形				
⑧	中点	小点	1	2
⑨	中点	中点	3	4
⑩	小点	中点	2	3
⑪	小点	小点	4	4
線と線がやや離れている複合図形				
⑬	中点	小点	4	4
⑮	中点	中点	4	5
⑯	小点	中点	6	8
⑰	小点	小点	6	8

この結果から、線と線が接近している図の中で、最もよく認知されていたのは、円と八角形両方に小点を用いている⑩だった。しかしその認知の割合は被験者8名中4名にとどまっていた。このことから線と線の接近している複合図形は全般的傾向として認知しにくいということが認められた。特に⑧の円が中点、八角形に小点を用いられている複合図形は言語による正答がわずか2名で、この中で最も認知しにくい図形であることが明らかになった。この⑧の図形は算数の教科書に採用されている複合図形の表し方であった。この結果から点字

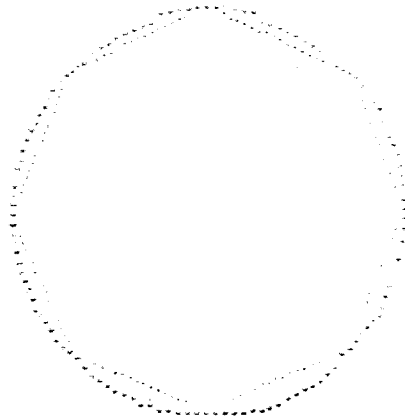


図5 微調整前の図

プリンターで複合図形を作図する場合は、教科書で用いられているような表現方法は避けた方が無難であるということがいえそうである。

線と線のやや離れている複合図形の認知の結果について検討する。線と線がやや離れている場合は最も認知しにくかったのが図形が③の円が中点、八角形が小点の複合図形であった。また最も認知しやすい図形は⑩の円と八角形両方に小点を用いた図形で、言語表現では8人全員が正答し、作図による再生も描画の苦手な2人を除く全員が正しく表現することができた。このことから、まず線と線の離れている図形の方が、線と線が接近している図形より、認知しやすいということが分かる。また、その中でも小点と小点の組み合わせの図形が最も認知しやすい図形であるということもいえそうである。さらに円に小点、八角形が中点の図形も認知度が良好であった。これについては外側に小点があることで、線が並んだときにおきやすいマスキング現象が生じにくく、二つの図形が認知されやすくなったものと推測される。以上のことから、今回の実験で用いた複合図形程度の複雑さを示す図形を点字プリンターで出力する場合には小点を用いることが効果的であるということが示唆された。

## (2) 実験2

### 1) 目的

実験1の結果から、点字プリンタで出力した図では、教科書と同じように円に中点、八角形に小点を用いた図は認識しにくく、円に小点、八角形に中点を用いた図と、円と八角形両方に小点を用いた図が認識しやすいことが分かった。さらに八角形の頂点と円の距離を1 mm程度とった図は、より認識しやすかった。この傾向が、児童を対象にした場合もいえるかを明らかにする。

### 2) 方法

#### (1) 被験者

被験者は盲学校小学部在籍の点字使用児童である(表8)。

表8 実験2の被験者

氏名	性別	学年	使用文字
I	男	盲学校小学部2年	点字
J	女	盲学校小学部2年	点字
K	女	盲学校小学部2年	点字
L	女	盲学校小学部2年	点字

#### (2) 刺激図形

実験1で用いた図①, ⑧, ⑩, ⑮, ⑰, ⑱, ⑲を刺激図形とした。

#### (3) 手続き

実験1と同様に行った。実験の参加者は、実験者と各被験者の2名のみだった。被験者が長机のほぼ中央を前にして、座った。実験者は被験者の左斜め前の約1 m先に着席するか立っていた。被験者の正面約1 m先にビデオカメラを三脚で設置し、前方上方より手元のみが写るように録画した。録画は実験のはじめから終了まで行い、会話も録音した。

以下の順番で実験を進めた。

①はじめに実験の目的と内容について理解してもらうために、次のような教示をした。

「これは触って分かりやすい図形をどのように描くかを明らかにするための実験です。決して、個人の触察の優劣を調べるためのものではありません。これからいくつかの点図を触察してもらいます。まず、どんな形か、よく触ってください。そして、どんな形か分かったら、『わかった』と教えてください。次に、その形をどんな形と感じたかをレーザーライタに描いてもらいます。その後で、その形が、どんな形だったかを言葉で説明してください。」

「1枚目の点図はこれです。よく触って、どんな形か分かったら、『分かった』と教えてください。」

教示に続いて、点図（図形①）を被験者の胸元約 10cm 前の机の上に置いた。

②被験者は自由に触察し、どんな形が分かった時点で、「分かりました。」と教えてくれた。

触察の仕方については、点図を移動させることも、回転等させることも、触る順番についても特に制限しなかった。

③「ではどんな形に感じたかをレーザーライタに描いてください。」

教示に続いて、レーザーライタを②の点図と同じ場所に置き、その右側にボールペンを置いた。

④被験者は自由に描画をし、描画が完成した時点で、「終わりました。」と教えてくれた。

描画の仕方についても、レーザーライタを動かしても、どこから描き始めるかも全て自由にし、制限しなかった。

教示の後で、被験者に言語表現をしてもらった。

⑥ ①～⑤までの手続きを図①から図⑯まで繰り返した。

刺激図形の提示順序は①→⑧→⑮→⑩→⑰→⑱の順に提示した。触察・再生の様子はビデオカメラで記録した。

### 3) 結果

被験者のうち I については、作図と言語表現の結果から認識の可否を判断することが困難だったので、分析は行わなかった。

レーザーライタへの再生と言語表現の結果は、図 6 のようであった。

実験 1 と同様に、作図と言語表現について評価した結果が図 7 のようになった。

(1) 鼓型図形（知覚レベルを知るための図）について

図①の結果を志村（1998）の示す分節に当てはめてみると、L は  $\alpha$  タイプを示し、認知レベルの分節となる。J は T F タイプを示し、知覚レベルの分節ということになる。K は作図はできなかったが、言語表現から T O タイプと判断した。知覚レベルの発達初期の分節ということになる。

(2) 複合図形について

⑧（教科書を忠実に再現するよう努めた図。頂点がなく接点のところで少し離れている。内側の八角形に小点を、外接する円に中点を用いていた図）

J と L が二重円と捉えている。K は単一の円で、太い線で描かれているように感じている。

⑩（学習効果を避けるための二重円）

三人とも二重円と捉えることができた。

⑮（⑬の図で、円と八角形両方に中点を用いた図）

L は二重円と捉えているが、接点を「重なっているところ」と表現して、感じ取っている。J も二重円と捉えているが、接点は 1・2 カ所のみ感じている。

⑰（⑬の図で、八角形に中点、円に小点を用いた図）

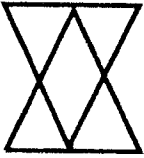



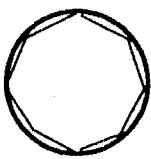

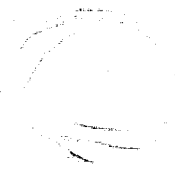
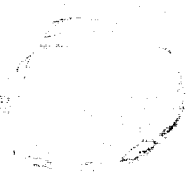

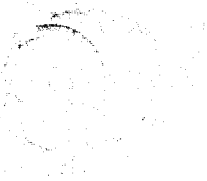
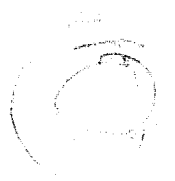
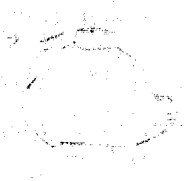
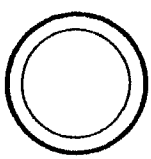
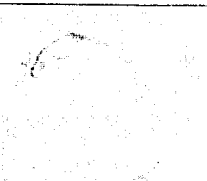


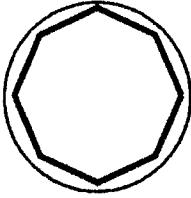
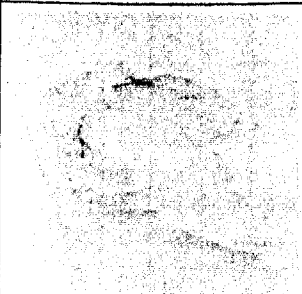
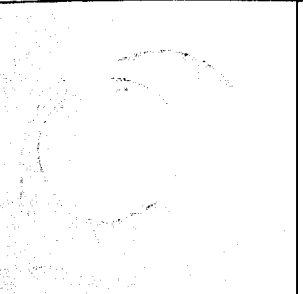
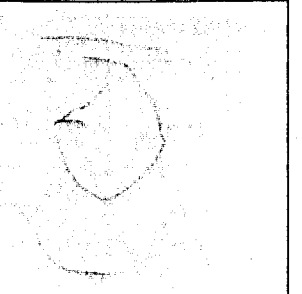
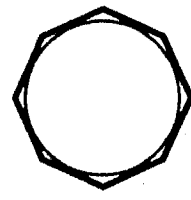
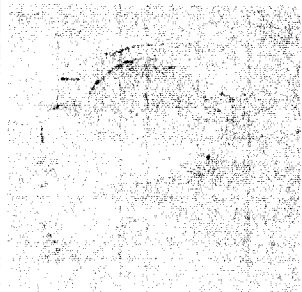
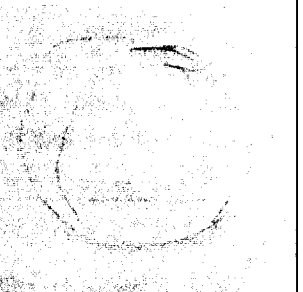
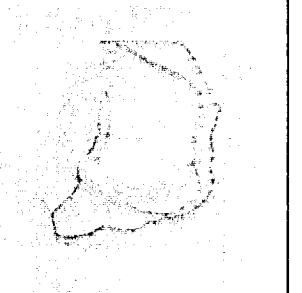
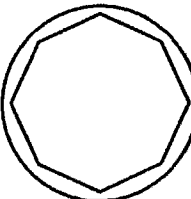
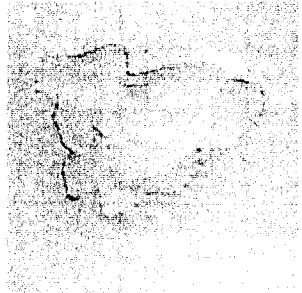
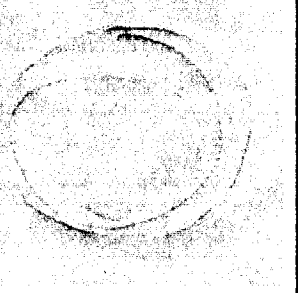
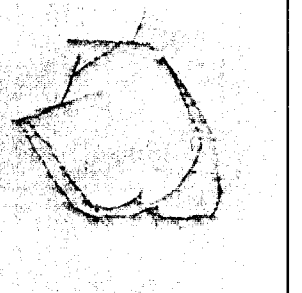
	J (3年生)	K (4年生)	L (6年生)
<p>①</p> 	 <p>(左右とも) 上の三角形が下を向いて、下のが上を向いて、それがつながって、四角みたになっていました。</p>	 <p>線をたどっていくと三角形があった。四つあった。</p>	 <p>左右に2個ずつ三角形があって、上のは頂点が下を向いて、下のは頂点が上を向いてる。間のところは平行四辺形になっている。</p>
<p>⑧</p> 	 <p>丸の外側に少し大きめの丸があった。</p>	 <p>円が点字の「め」みたいなぶつぶつの線が円になっていた。</p>	 <p>大きい円の中に小さい円が入っている。重なっているところやずれているところがある</p>
<p>⑮</p> 	 <p>中の丸と外の丸が二カ所でくっついていた。</p>	 <p>円が二重になっている。</p>	 <p>大きな円の中に小さな円が入っていて、重なっているところが七つか八つくらいある。重なっている部分と重なっている部分の間が少し離れている。</p>
<p>⑩</p> 	 <p>大きめの丸が外側にあって、少し小さめの丸が中側にあった。</p>	 <p>前に見た二重丸と、「め」で描いた二重丸が重なっている感じ。</p>	 <p>二つ目にやったののように、大きな円の中に小さな円が入っている。間が少しあいている。</p>

図6 実験2における作図と言語表現



	J (3年生)	K (4年生)	L (6年生)
<p>①7</p> 	 <p>丸が中であって、五カ所くらいくっついているところがあった。</p>	 <p>さっきの丸とちょっと違った。へこんでいる部分と盛り上がっている部分があった。外側の円がへこんでいる部分があった。</p>	 <p>円の中に八角形が入っている。角のところが円と重なっている。</p>
<p>①8</p> 	 <p>六角形みたいな形で、中は普通の丸。離れているところが5・6カ所あった。</p>	 <p>円の下のところは点字の「れ」みたいだった。内側の円が太かった。</p>	 <p>八角形の中に円が入っていて、八角形の角のところだけ隙間があいていて、辺のところだけ円と接している。</p>
<p>①9</p> 	 <p>くっついているところが4・5カ所あって、中の丸が少し小さめだった。角みたいなところがくっついていていた。</p>	 <p>前の前に触った二重丸みたい。</p>	 <p>大きな円の中に八角形が入っていて、角のところだけ接していて、辺のところは隙間があいている。</p>

○……認識している、 △……一部認識している

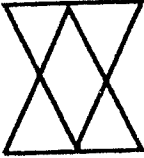


		J	K	L	(その他)			
①		aタイプ				/		
		yタイプ						
		TFタイプ	△		○			
		TOタイプ						
		Uタイプ						
⑧		作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。		○	○	2	
		外側を円と表現できているか。	○		○	2		
		内側を八角形と表現できているか						
		2つの図形が接していることを表現できているか。						
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。		○		○	2	
		外側を円と表現できているか。		○		○	2	
		内側を八角形と表現できているか						
		2つの図形が接していることを表現できているか。						
⑯		作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。		○	○	○	3
		外側を円と表現できているか。			○	○	2	
		内側を八角形と表現できているか						
		2つの図形が接していることを表現できているか。				△	(1)	
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。		○	○	○	3	
		外側を円と表現できているか。		○	○	○	3	
		内側を八角形と表現できているか						
		2つの図形が接していることを表現できているか。		△		△	(2)	

図7 実験2における認知の観点別評価

		J	K	L	○の数 (△の数)	
<p>⑱</p> 	作図による再生	2つの図形であることを表現できているか。		○ ○	2	
		外側を円と表現できているか。		○ ○	2	
		内側を八角形と表現できているか			○	1
		2つの図形が接していることを表現できているか。				
	言語表現による再生	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	3
		外側を円と表現できているか。		○	○	2
		内側を八角形と表現できているか			○	1
		2つの図形が接していることを表現できているか。	△		○	1 (1)
<p>⑲</p> 	作図による表現	2つの図形であることを表現できているか。		○ ○	2	
		外側を円と表現できているか。		○ ○	2	
		内側を八角形と表現できているか			○	1
		2つの図形が接していることを表現できているか。			○	1
	言語表現	2つの図形であることを表現できているか。	○	○	○	3
		外側を円と表現できているか。	○	○	○	3
		内側を八角形と表現できているか			○	3
		2つの図形が接していることを表現できているか。	△		○	3

Lは円に内接する八角形と正確に捉えることができた。Jも⑧と比較して多くの接点を感じ取れた。Kも円と八角形の距離について少し感じ取っていた。

⑧（学習効果を避けるための八角形に円が内接している図）

Lは円に外接する八角形と正しく捉えることができた。Jも内側の円は正しく捉えることができ、外側も角を5・6カ所感ずることができた。

⑨（⑧の図で、円と八角形両方に小点を用いた図）

Lは円に内接する八角形と正確に捉えることができた。Jも⑩と同様に接点を4・5カ所感じ取れたが、接していることについても言語表現している。Kは二重円と感じていた。

#### 4) 考察

図7に示した実験2における認知の観点別評価の結果を整理すると表9のようになった。

表9 実験2における認知の観点別評価のまとめ

	円	八角形	作図による再生	言語表現による再生
線と線が距離が接近している複合図形				
⑧	中点	小点	0	0
線と線がやや離れている複合図形				
⑮	中点	中点	0	0
⑰	小点	中点	1	1
⑲	小点	小点	1	1

表7の結果から、線と線の距離が接近している複合図形で、円に中点、八角形に小点を用いている⑧は認知できる児童がいなかった。今回の実験は被験者が少なく信頼度は低いが、実験1で示唆された線と線の接近している複合図形は全般的傾向として認知しにくいという傾向は見られた。

線と線がやや離れている複合図形では、円に小点、八角形に中点を用いた⑰と両方に小点を用いた⑲を3名中1名が認知することができた。また、もう1名は⑰と⑲で八角形の1部と円を認知した。このことから、児童においても実験1で見られた両方とも小点を使った複合図形が認知しやすそうであるという傾向が見られる。

#### (3) 総合考察

実験1においては点字プリンタで出力した単一図形と複合図形について認知度を実験的に検討した。単一図形に関しては、円と八角形と十角形について点の大きさが図形の認知に及ぼす影響について調べた。

円と八角形の形の認知については、点の大小による影響は見られなかった。しかし、十角

形になると、中点を用いた場合より小点を用いた図の方が認識率が高かった。

複合図形については、円に内接する八角形の複合図形を刺激図形とした。この図形は小学部6年生の点字教科書に出てくる図を参考にしてものである。この複合図形について、線種の組み合わせと線と線の距離が図形の認知に及ぼす影響について調べた。線と線が接近している図の中で、最もよく認知されていたのは、円と八角形両方に小点を用いている②だった。線と線の接近している複合図形は全般的傾向として認知しにくいということが認められた。教科書で用いられている、この図は頂点がなく接点のところでも少し離れている図であった。点字プリンターで複合図形を作図する場合は、教科書で用いられているような表現方法は避けた方が無難であるということがいえそうである。

線と線のやや離れている複合図形についての認知の結果については、まず線と線の離れている図形の方が、線と線が接近している図形より、認知しやすいということが分かった。これは「歩行地図製作ハンドブック」(1981)や「TACTILE GRAPHICS」(1992)で2線間の距離は最低2mmは必要であると言っていることを裏付けている。

また、その中でも小点と小点の組み合わせの図形が最も認知しやすい図形であるということも示された。このことから、今回の実験で用いた複合図形では小点を用いることの有効性が示唆された。これは今まで経験的に使われていた点の使い方とは異なる結果であった。

一般に点が大きくなると認知しやすくなると思われがちだが、複雑な図形においては点が大きくなると、1点1点の鮮明度が低くなっていくため、形状の認知度が低くなり、小点の方がより鮮明に形が捉えられるのではないだろうか。この点についてはEdman(1992)が点の鋭さが図形の認知に強く影響することを指摘しているが、小点が認知しやすかったことは、このことも関係しているかもしれない。

実験1は成人を対象にしたものだったが、同じ傾向が小学生でもみられるかを実験2で検証した。被験者の数が少なく明確な結論を出すまでには至らなかったが、小学校6年生の1名の児童において、成人の場合と同様な傾向が認められた。

実験1と実験2の結論から、「線と線の距離」については従来言われていたような配慮をすることが再確認されたが、さらに「線種の組み合わせ」については、特に複雑な図形の認知においては、小点による線で表されたものの方が認知しやすいという傾向も認められた。このことから、点字プリンタ出力による点図の作成にあたっては、小点を活用することの可能性について積極的に検討していく必要があると考えられる。

#### (4) おわりに

本研究において、点字プリンタ出力による点図では、小点を有効に活用することにより図形が認識しやすくなる場合があることが分かった。今回の実験では「線種の組み合わせ」と「線と線の距離」の2点について検証したが、点字プリンタ出力による点図を作成するための観

点としてはこの他に「点間の距離」や「図の大きさ」が考えられる。これらについては今後検証していきたい。また今回用いた図は交点がなかったが、交点をもつ複合図形についても検証する必要がある。

実際に図を呈示する場合には、それぞれの図の目的や意図に応じた表し方が重要となってくる。今回の結果を踏まえつつも、読み手が分かりやすい図になるように柔軟に対応していくことも大事なことだといえる。

#### 引用文献及び参考文献

- 1) 文部省検定済教科書小学校算数科用 新版算数6年上. 新興出版社啓林館, 1999.
- 2) 盲学校小学部算数6-3. 東京ヘレンケラー協会, 2000.
- 3) 香川邦生編著: 視覚障害に携わる方のために. 慶應義塾大学出版会, 2000.
- 4) 佐藤泰正: 視覚障害心理学. 学芸図書, 1996.
- 5) 佐藤泰正: 視覚障害学入門. 学芸図書, 1999.
- 6) 佐藤泰正: 視覚障害児の心理学. 学芸図書, 1974.
- 7) 金子 健: 平成13年度国立特殊教育総合研究所視覚障害研究部長期研修員講義. 2001.6.14.
- 8) 木塚泰弘: 点字研究の軌跡—木塚泰弘退官記念論文集—. 1999.
- 9) 小柳恭治: 触覚の世界. 光生館, 1978.
- 10) 小柳恭治: 視覚障害児のパターン認識における諸問題. 国立特殊教育総合研究所研究紀要, 14, 1967.
- 11) 山根清道: 触運動的図形知覚に就いての実験的研究. 心理学研究, 10(3), 1935.
- 12) 山梨正雄・山県浩・志村洋: 盲教育における『立体コピー』の活用に関する研究. 日本特殊教育学会大会発表論文集 18, 1980.
- 13) 梅津八三・鳥居修晃: 先天盲における触運動的な形の知覚. 日本心理学会第29回大会発表論文集, 1965.
- 14) 木村允彦: 触運動による組み合わせ図形の知覚. 心理学研究, 43(1), 1-12, 1972.
- 15) 全国盲学校長会編: 視覚障害教育入門Q & A. ジアース教育新社, 2000.
- 16) 鳥居修晃: 視覚障害と認知. 放送大学教育振興会, 1993.
- 17) 日本盲人社会福祉施設協議会 点字出版部会 点字地図記号研究委員会: 歩行用触地図製作ハンドブック. 社会福祉法人 日本盲人社会福祉施設協議会, 1981.
- 18) 日本点字図書館点字製作課: 点訳のための触図入門. 社会福祉法人日本点字図書館, 1996.
- 19) 村中義男: 盲人の触運動による線図形認知. 日本オプタコン委員会, 1989.
- 20) 志村 洋: 手で形を見て楽しむために—ハプティック技能の学習— (試案). 国立特殊教育総合研究所, 1998

- 21) 長崎郁夫：盲児に図形知覚を効果的に促す図形教材の提示について（Ⅱ）. 第22回  
感覚代行シンポジウム発表論文集, 29-33, 1996.
- 22) Polly K.Edman : TACTILE GRAPHICS. AFB PRESS, 1991.
- 23) Morton A.Heller, William Schiff : The Psychology of touch. Lawrence Erlbaum  
Associates, 1991.
- 24) William Schiff and Emerson Foulke : Tactual perception:a sourcebook. Cambridge  
University Press, 1982.
- 23) 点訳ネットワーク「麦」: はじめてのエーデル. [http://member.nifty.ne.jp/mugi-owl/  
hajimete/](http://member.nifty.ne.jp/mugi-owl/hajimete/), 2002.