

共同研究

全盲児童の図形表象の評価に関する実際的研究

(平成21～22年度)

研究成果報告書

平成23年3月



独立行政法人
国立特別支援教育総合研究所

は し が き

この報告書は、平成 21 年度から平成 22 年度にかけて行われた共同研究「全盲児童の図形表象の評価に関する実際的研究」の研究成果をまとめたものです。

視覚に障害があっても触覚を効果的に活用することにより 2 次元的な空間を十分に理解することが可能であることが、近年になって広く理解されるようになり、点字教科書においても触図版が多く取り入れるようになるなどの変化が起きてきています。一方、視覚活用が困難な児童生徒の 2 次元情報活用能力は、自然に育っていくことは期待できません。意図的に適切な働きかけを継続的に行っていくことによって、こうした力が育っていくのです。

こうした観点から筆者らは平成 18 年度～ 19 年度において、東京工芸大学との共同研究で「全盲児童の図形表象の評価に関する研究」に取り組んできました。

2 次元情報を使いこなすためには、触覚的に認知すると共に認知したことをできるだけ正確に表できる力を育てていくことが不可欠で、幼少の段階からの適切な対応が大変重要になってきます。しかしながら、触覚活用による図形の形状や大きさの理解とその表現を客観的に評価することが困難な状況にありました。視覚障害児童の図形理解や図形表象力を育てていくためには、子どもの実態を客観的に評価し、本人にわかりやすく伝えていくことが求められます。また、こうした活動は、日常的な活動の中で児童が遊び感覚で気軽にしかもより正確な認知と表現ができるような対応を心がけていくことも重要なことです。

この研究では、こうした点を鑑みて、光情報工学分野と連携することにより、図形描画をできるだけ客観的定量的に評価し、その結果を児童にわかりやすくフィードバックする方法を検討し、基本的なモデルをまとめました。

しかし、実用に供するためには、データの処理手続きの簡便化や学校現場の先生が容易に操作できるようなシステムの改善が必要でした。本研究では、評価プログラムの改善をはかるとともに、こうした実用に供することのできる図形模写評価のシステムの開発と活用に関する研究に取り組んできました。

この報告書が視覚障害教育の場で、2 次元情報が活用できる児童生徒の育成のために活用されることを願っております。

平成 23 年 3 月

研究代表者

独立行政法人

国立特別支援教育総合研究所

大 内 進

研 究 の 組 織

研究形態 共同研究

研究代表者 大内 進

共同研究の相手方 東京工芸大学

研究期間 平成 21 年度 ～ 22 年度

所内研究分担者

大 内 進 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所
教育支援部 上席総括研究員

共同研究分担者

久 米 祐一郎 東京工芸大学工学部 メディア画像科 教授
水 野 統 太 東京工芸大学工学部 メディア画像科 助教
日比野 隆 典 東京工芸大学工学部 メディア画像科

研究協力者

佐 藤 知 洋 筑波大学附属視覚特別支援学校 教諭
宮 崎 善 郎 筑波大学附属視覚特別支援学校 教諭
山 田 毅 筑波大学附属視覚特別支援学校 教諭

目 次

はしがき

研究の組織

研究の趣旨と目的	1
I 全盲児の触覚による図形の読み取りと描画	3
II 視覚障害児のための図形模写評価システムの開発	13
III 本研究における定量評価プログラムの開発	29
IV 新たに開発した円形定量評価プログラムの操作手順（操作マニュアル）	35
V まとめ	43

研究の趣旨と目的

1 研究の趣旨

視覚に障害があっても触覚を効果的に活用することにより2次元的な空間を十分に理解することができる。近年このことが広く理解されるようになり、点字教科書にも図版が多く取り入れるようになるなどの変化が起きてきている。図や絵などの2次元情報を使いこなすためには、触覚的に認知すると共に認知したことをできるだけ正確に表現できる力を育てていくことが不可欠である。しかしながら、触覚活用による図形の形状や大きさの理解とその表現を評価するためには現状では、教員や親などの他者の力を頼っているのが一般的である。全盲児童生徒の描画活動の指導において重要なことは、確かな評価をしていくことである。描画能力の向上をめざした模写指導においては、形状や大きさあるいは線の方向などの正確さをできるだけ客観的な尺度で評価し、それらを基にして次の指導に発展させていくことが望まれる。

また、こうした活動をより日常的なものにするためには、児童が遊び感覚で気軽に、且つ正確な認知と表現ができるような活動ができる状況を設定できるようにしていく必要もある。特別な知識や技能がなくても利用できるツールに仕上げていくことが求められる。

こうした観点から、平成18年～19年の2カ年の共同研究においては図形描画を定量的に評価するためのプログラムの開発に取り組み、基本的なシステムを構築した。本研究では、先行研究で開発した基本的なシステムを検証し直すことにより、より簡単な操作でより客観的な図形模写評価ができる実用的なツールを開発し、学校現場での活用を提案することを目指して2年計画で取り組む。これにより全盲児童の描画能力の向上に側面から寄与できることが期待される。

2 研究の目的

学校等で実際に活用するためには、平成19年度までの研究で開発したシステムを再検証し、評価の信頼性、妥当性をさらに高めるとともに、容易な操作で評価できるシステムを実用化していくことが求められる。

本研究では、このような観点から平成19年度までに開発した「全盲児の図形模写評価システム」を基に、容易な操作で、学校の教室等で手軽に評価できる実用的なシステムを開発すること、およびマニュアル及びガイドブックを報告書としてまとめることを目的として2年計画で取り組む。

I 全盲児の触覚による図形の読み取りと描画

1. 全盲児の触図の読み取りの可能性

視覚を活用することが困難な児童であっても、子ども自身の興味関心や幼少期の環境、指導面での適切な配慮等によって、触覚を活用した図や普通文字の読み取りや描画あるいは書字が可能である。その一つとして、「全盲児童の図形表象の評価に関する研究」においてA児の事例を紹介したが、本稿においてはさらに詳細に手指の活用の状況までも含めて紹介する事にしたい。

(1) 描画を得意とするA児の描画事例

1) A児のプロフィール

A児は網膜芽細胞腫により6カ月で片眼摘出、3才でもう一眼を摘出した。以後視覚活用の経験はない。視覚以外の障害は有していない。地域の幼稚園を経て地域の小学校の通常学級に入学した。小学校には4年次まで在籍した。小学5年生から家庭の都合により公立盲学校に転入している。通常学級に在籍していた期間は、盲学校に定期的に通い、通級指導的に位置づけられた盲学校の教育相談を受けた。通級指導では、点字、算盤、歩行、理科の観察、点字楽譜などの指導を受けていた。ここで示す事例は、小学校に在籍していた小学4年次の1学期のものである。

小学校には、視覚障害に関する特別な配慮はしないという条件で入学した。そのため、教科学習は普通文字を主に用いなければならない環境であった。教科書などの教材は母親が点訳した教材を中心に点字で読んだが、担任への提出するもの（ノート）などはすべて普通文字（墨字）で書くことになっていた。テストもクラスメートと同じものを凸文字で読んだり、口頭で読み上げられたものをレーザーライターを用いて普通文字で解答したりしていた。国語科での漢字もクラスメートと同じ内容の学習をしており、通常の学級に在学している間、A児は学校での学習活動におけるライティングのほとんどをレーザーライターによる普通文字で行っていた。そうした通常の学校への適応を図るための日常的な努力の積み重ねの所産として、レーザーライターを活用しての凸線による文字や絵の表現及び認知力が向上する事となったのである。

2) A児の図の読み取りと描画

A児の図の読み取りと描画力を確認するために、アニメのキャラクターを表した塗り絵の線図を立体コピーシステムで凸図にしたものを模写見本材料として提示し、それを触覚で観察して、レーザーライターを使って模写してもらった。本記録は、小学4年次の1学期のものである。

A児の模写した凸図は、図2に示したとおりである。作業を開始してから、描画作業を終了するまでの所要時間は14分58秒であった。A児は見本図版の探索においても描画活動においても両手を協応させて活用し、必要に応じて左右の手が独立した動きをしていた。左右それぞれについて、探索及び、描画模写に要した時間を計測したところ、模写見本の探索時間が左手が累計で421.07秒（平均10.03秒，SD8.23秒）、右手が同じく449.01秒（平均10.44秒，SD8.27秒）であった。描画の所要時間は累計で左手が431.87秒（平均10.57秒，SD9.6秒）、右手が398.73秒（平均9.49秒，SD9.25秒）であった。



図1-1 模写課題として用いた「おりんちゃん」の塗り絵用線図



図1-2 A児の描いた模写

3) A児の描画プロセスの分析

アニメキャラクター「おりんちゃん」の塗り絵の線図を立体コピーで凸図にしたものを模写見本として、見本を自由に触覚的に探索し、レーザーライターで模写再生しときの見本を探索する手指の動きと描画の過程を上部からビデオ撮影した。その画像を1/30秒単位で再生し、見本の探索及び描画中の手指の動きと描かれた線描を中心に分析した。結果は図3に示したとおりである。

サンプル図の手指による観察および模写描画作業は人物の頭部から身体部へ、さらに詳細にみると上半身から下半身へ順序だって進められた。観察と描画は42の対で展開され、模写に要した時間は14分58秒であった。それぞれの場面で探索時の手の使い方と描画の過程を図3に示した。1場面の平均探索時間は10.56秒(SD8.33)で、描画は10.6秒(SD9.49)だった。描画作業は部分的に細かな観察を重ねながら系統的に積み重ねられていったことがわかった。

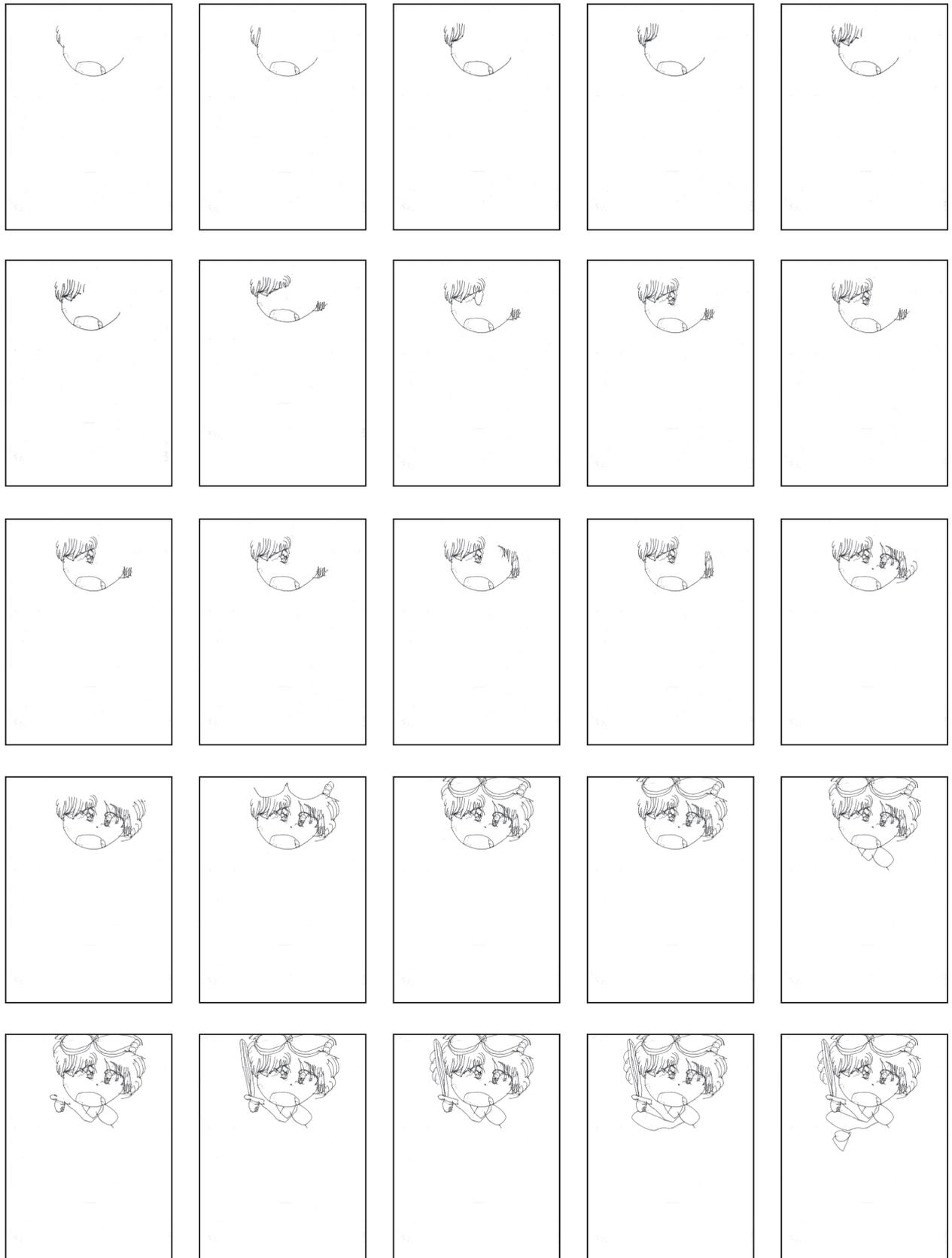




図1-3 描画のプロセス

4) 探索時の手指の使い方

A児は見本の探索でも描画活動でも両手を協応させて活用し、必要に応じて左右の手が独立した動きをしていた。Lederaman & Klatzky (1998) の分類 (Exploratory Procedures) に従って各探索場面での手指の使い方を分析した結果、Contour Following (CF) と Lateral Motion (LM) の2種類のEPs が用いられていた (Fig.3)。探索の8割近くでCFが用いられ、線が込み入っている部分でLMが出現した。これはLMがCFでは認知しにくい部分で用いられたことを示している。

CFでは人差し指の指頭を用いるのが一般的だが、A児では人差し指だけでなく親指を含めて他の指も活用するという特徴的な手指の使い方が認められた。親指を固定し、残りの4指を親指から遠ざけたり近づけたりする連続運動で、触野を広げるとともに親指を準拠点として二次元的な探索を行い、方向と距離の認知をより明確にしていると推測された。また、親指と他の1指を作図具のデバイダのように用いる測定具としての手指の活用も観察された。描かれた模写の主な部位のプロポーションは、原図を基準とした比率で0.87から1.06の範囲に入っており、原寸に近い大きさで模写されていたといえるが、こうした手指の使い方が、大きさやパターンの正確な模写に寄与していることが示唆される。本研究の課題ではないが、今後こうした手指の使い方についてさらに追究していく必要があると認識している。

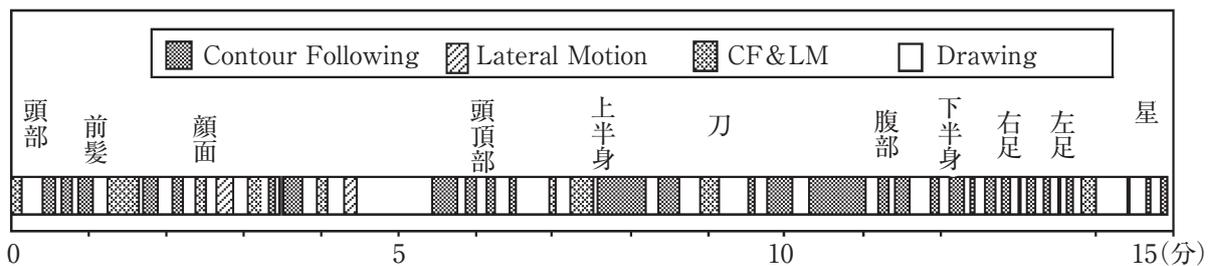


図1-4 模写のプロセスとサンプル図を観察している時の手指の使い方

紹介した事例のように詳細な描画が出来る児童は、きわめて特異な例であるが、通常の小学校等に在籍していて日常的に2次元情報に接している児童の中には、本事例ほどの巧緻性はないがレーズライターを使用して普通文字を書いたり図を描いたりすることのできる児童が出てきている。また、近年では盲学校においても意図的な書字活動の効果も示されている (道村, 発表年)。

2. 盲学校でのレーズライター指導

現在、盲学校等の視覚障害教育の「自立活動」等で行われているレーズライター指導の原型を築いたのは香川ら（1975）の実践である。表1にその基本的な指導計画を示した。

レーズライターを利用したの基本的な線描の仕方、作図用具の活用による作図の仕方、漢字などの普通文字の書き等が重点的に扱われている。

こうした指導は基本的なものであり、基礎的な内容が押さえられているといえるが、フリーハンドでの描画についての項目は限られている。将来、レーズライターを使って2次元的な線描をする力を育てていくためには、その運筆練習や図形学習の基礎として、手本を触りながら線や形を正確に描き写すフリーハンドでの描画活動を取り入れることが望まれる。

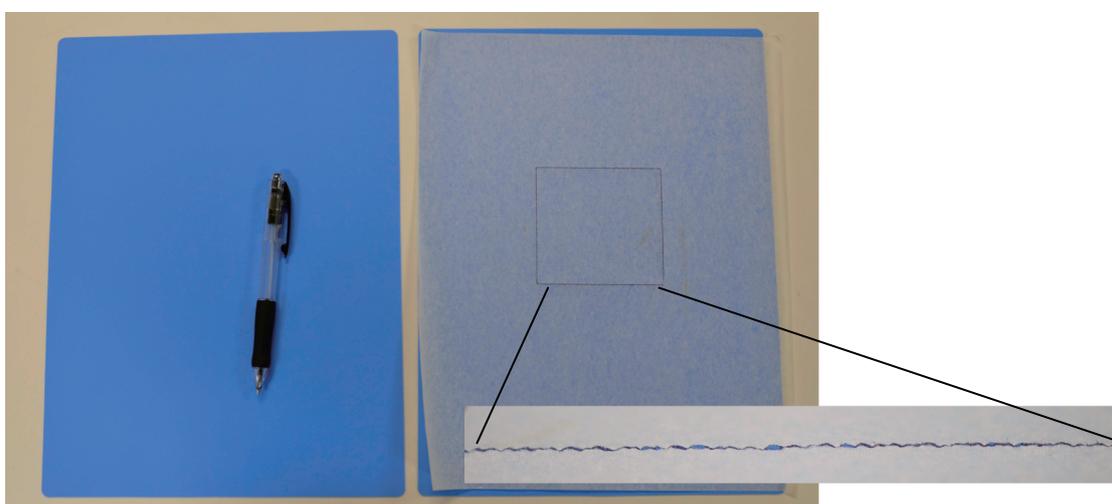
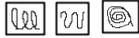


図1-5 レーズライター用の下敷き（シリコンマット）と用紙、凸部の拡大

表1 レーズライターの活用能力の向上

単元	項目および教具	指導要素	
A 基礎技能の習得	基礎練習 レーズライター	1. ボールペンをしっかりと支えて握る 2. きれいな凸線が出るように線を描く 3. 紙をレーズライターの上にきれいにのせる 4. 進む方向にボールペンをねかせて横線を引く 5. 進む方向にボールペンをねかせて線を引く 6.  などの線を描く	
	図形の練習 ・メタルインセット ・三角定規 ・ものさし ・コンパス ・分度器	7. メタルインセットの外枠で丸、三角、四角の線をたどる	
		8. メタルインセットの形で丸、三角、四角の線をたどる	
		9. フリーハンドで丸、三角、四角などを描く	
		10. 定規を使って直線を引く	
		11. 定規を使って自由に図形を描く	
		12. 定規を使って一定の長さの直線を引いたり測ったりする	
	B 用具の活用	用具の活用 ・三角定規 ・コンパス ・分度器	1. 三角定規を使って直角を描く
			2. コンパス等を使って円を描く
			3. コンパスで直線を等分する
			4. 三角定規やコンパスを使って三角形や四角形を描く
			5. 三角定規を2枚使って平行線を引く
6. 分度器を使って角度を測ったり描いたりする			
C 普通文字	普通文字 ・カタカナ、ひらがな、漢字 などの凸図手本 ・行間枠	1. カタカナ五十音を書く（枠なし）	
		2. 枠の中にカタカナ五十音を書く	
		3. レーズライターで書いたカタカナを読む	
		4. ひらがな五十音を書く（枠なし）	
		5. 自分の名前を漢字で書く	
		6. 3学年程度の漢字を書く	

3. 描画の評価

全盲児童生徒の描画活動の指導において重要なことは、確かな評価をしていくことである。図形模写に関する研究は以前から取り組まれており、例えば久保田（1965, 1970）は図形模写成績とMAの関係や図形模写能力の発達について報告している。しかしながら、これらの研究における模写の正確度の評価は、実験者らの主観によるものであり、しかも形状の模倣の正確さに重点が置かれていて、大きさには触れられていない。

描画能力の向上をめざした模写指導においては、形状や大きさあるいは線の方向などの正確さをできるだけ客観的な尺度で評価し、それを次の指導計画に発展していくことが望まれる。こうした観点から、先行研究では図形描画を定量的に評価するためのプログラムの開発に取り組んできた。

Ⅱ 視覚障害児のための図形模写評価システムの開発

1. はじめに

視覚障害児の教育において、図形模写の技能が形状を学ぶ基礎学習として重要であり、児童は触図で示された手本(サンプル図)の図形をレーズライターで模写して形状を学習している。こうした模写図形がどれだけ正確に描かれているかという評価は、現状では、指導者の主観に委ねられている。このような評価では、自分の模写した図形の大きさがサンプル図と比較して大きいのか小さいのか、また、模写した図形の形をサンプル図と比較したときにどこが共通しておりどこが異なっているのかということなどについて、児童自身が明確な把握をすることは困難である。

これまでの視覚障害児を対象とした図形模写の研究では、図形描画過程での触運動操作の観察(大庭, 1991)や図形認識を効果的に促すための教材作成の検討(長崎, 1995)等が中心であり、模写図形の定量的な評価に関する研究はみあたらない。

そこで、平成18年度～19年度に実施した、東京工芸大学との共同研究「全盲児童の図形表象の評価に関する研究」では、図形の形状の評価方法について検討した。サンプル図と模写図の面積、高さ、幅、図形の傾き、形状の正確性を定量評価するシステムを開発し、視覚障害児の模写図を評価した結果と晴眼者の主観的評価と比較し、提案する定量評価方法の妥当性を検討した。

本章では、「全盲児童の図形表象の評価に関する研究」で開発した図形の形状の正確度を定量的に評価するプログラムについて概括し、定量的評価の課題点について整理する。

2 前研究における定量評価プログラムの開発

2.1. 定量評価方法の検討

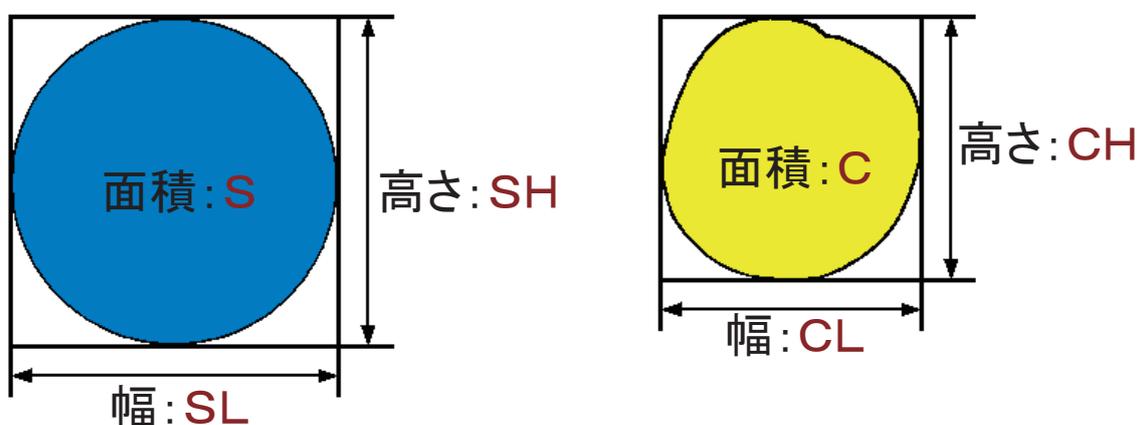
(1) 面積、高さ、幅の評価

図2-1に面積、高さ、幅の算出方法を示した。サンプル図と模写図の面積をSとC、高さをSHとCH、幅をSLとCLとし、サンプル図と模写図の比によって評価する。以下に面積、高さ、幅の評価算出方法を示す。図形同士の各要素が同じときを基準の0とし、値が正の場合はサンプル図より模写図の要素が小さく、逆に負の場合は模写図の要素が大きい。

面積比: $Z = (1 - C/S) \times 100$ [%]

高さの比: $Y = (1 - CH/SH) \times 100$ [%]

幅の比: $X = (1 - CL/SL) \times 100$ [%]

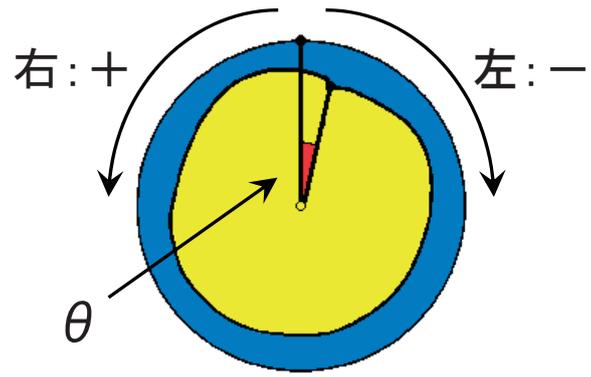


サンプル図の面積: S 模写図の面積: C
サンプル図の高さ: SH 模写図の高さ: CH
サンプル図の幅: SL 模写図の幅: CL

図2-1 面積、高さ、幅の評価

(2) 傾きの評価

傾きの評価は、図2-2に示したとおりである。サンプル図と模写図の重心を基準とし、始点の方向で重ね合わせる。このときサンプル図に対して模写図が傾いている角度 θ を図形の傾きとする。図形同士の傾きが同じとき 0° とし、 -180° から 180° までを範囲とする。値が正の場合は右側、負の場合は左側へ傾いていることを示す。



θ : サンプル図に対して模写図が傾いている角度

図2-2 傾きの評価

(3) 形状の評価

1) 合同条件での形状の評価

サンプル図と模写図それぞれの重心を基準とし、始点の方向に図形同士を重ね合わせ、サンプル図と模写図のはみ出した領域を算出する。はみ出したサンプル図(HS)と同様にはみ出した模写図(HC)の面積を算出し、サンプル図(S)の面積で除して形状正確度を求める。

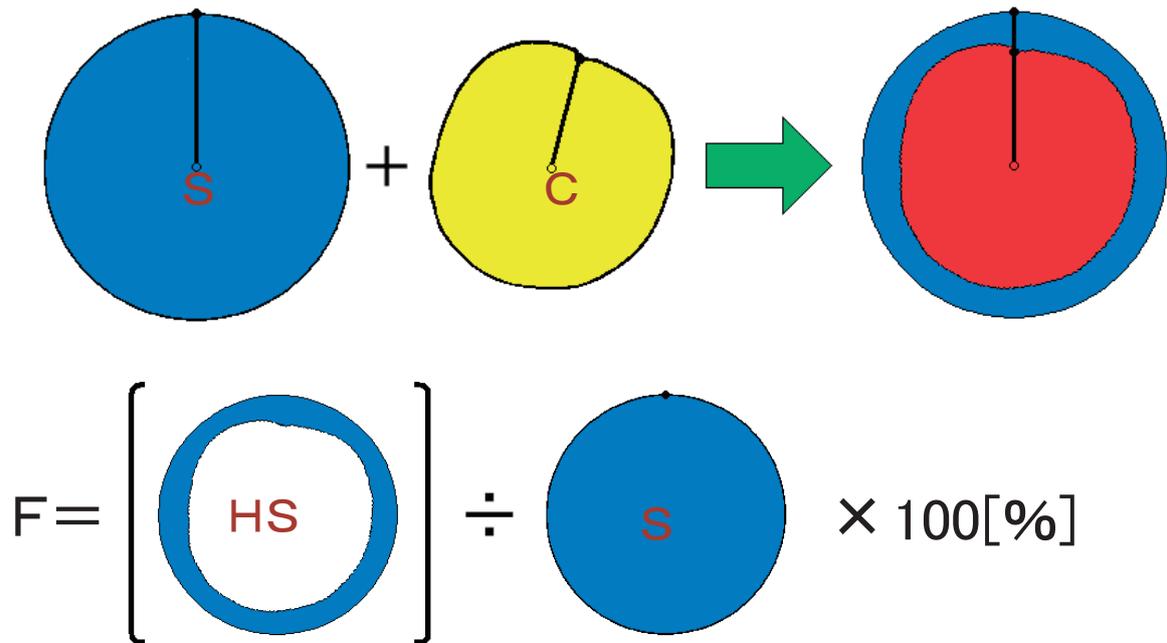


図2-3 合同条件による形状正確度

2) 相似条件での形状の評価

大きさの要素を取り除き、形状のみの評価を行うためにサンプル図 (S) と模写図 (C) の面積比の平方根を算出し、サンプル図をこの比に合わせて拡大・縮小する。さらに拡大・縮小したサンプル図 (SD) と模写図の重心を基準とし、始点の方向に図形を重ね合わせる。はみ出たサンプル図 (HS) と同様にはみ出た模写図 (HC) の面積を算出し、拡大・縮小したサンプル図 (SD) の面積で除して形状正確度を求める。図2-4に面積比と拡大・縮小したサンプル図の面積の算出方法、及び形状正確度の算出方法を示す。図形同士の形状が同じときを基準の0とし、値が大きいほど形状が異なる。

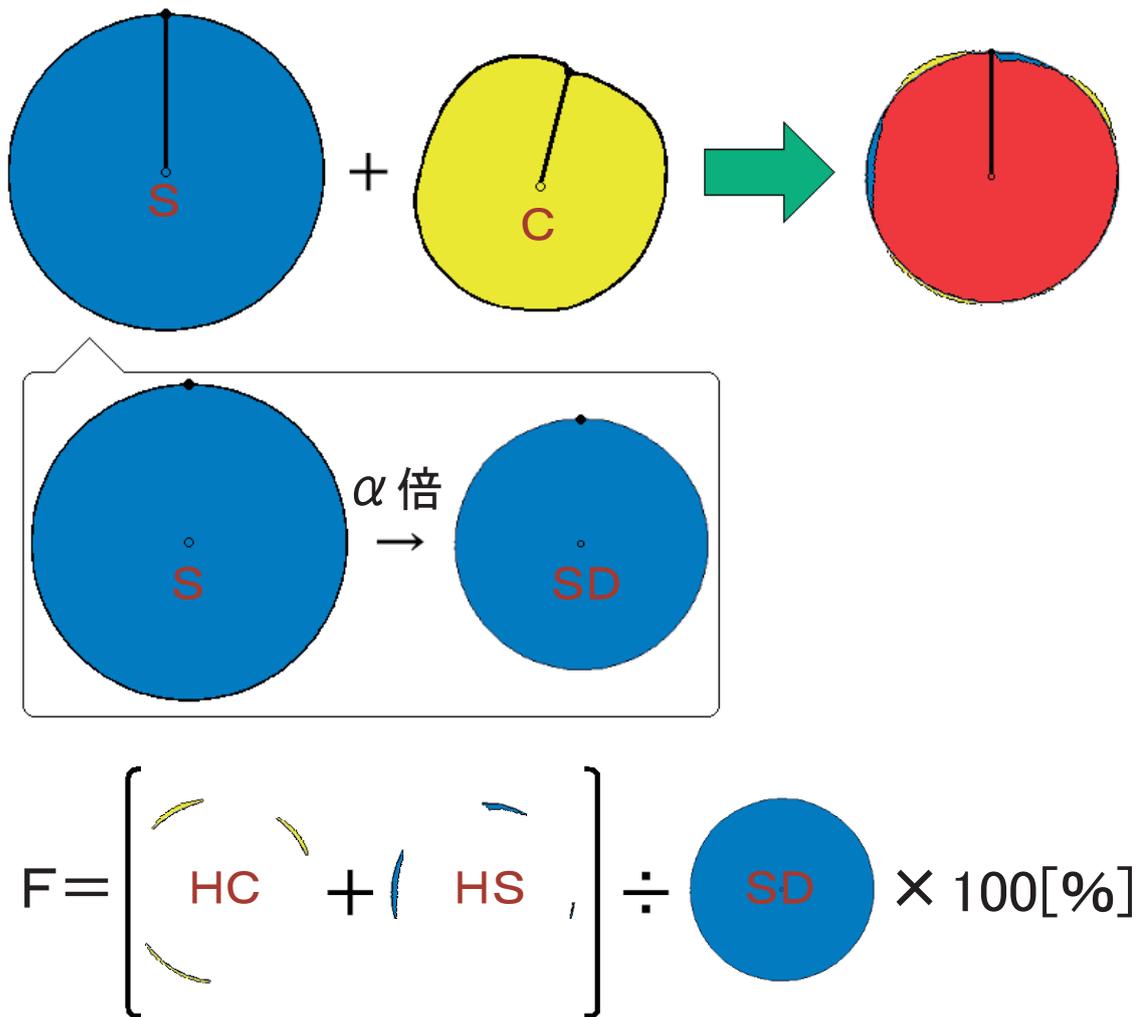
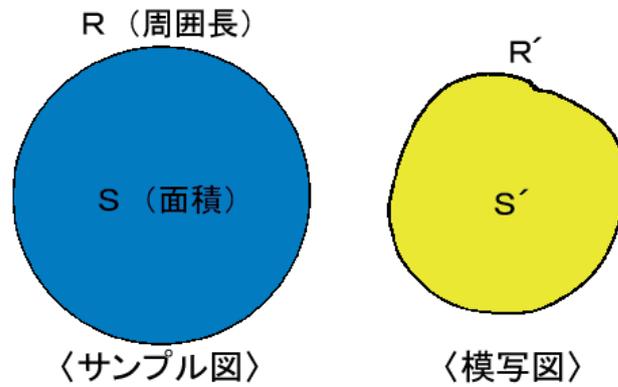


図2-4 相似条件による形状正確度

3) 円形度による形状の評価

図形の面積と周囲長から形状を測る円形度と呼ばれる特徴量をサンプル図と模写図から算出し、その比から形状正確度を算出する。



$$\text{円形度} = 4 \pi \times S / (R)^2$$

図2-5 円形度による形状正確度

2.2. 評価実験と結果 (1)

サンプル図に対しての模写図の形状正確度がどのように変移するのかを調べるために、サンプル図を基本的な図形の真円に固定し、模写図の長軸を一定として楕円率を変化させ、これら3つの条件による評価値の比較を行なった。

形状正確度の計算方法は以下のとおりである。なお、合同条件と相似条件の場合の形状正確度は、

2つの図形が重ならない部分、すなわちサンプル図と模写図のはみ出した面積が多いほど両者の形状が異なる。従って、0に近いほど模写した図はサンプル図に形状が近づく。このとき形状正確度が100を超えた時は、はみ出した部分面積が、サンプル図より2倍以上の面積であることを示している。また基準を0に統一するために円形度における形状正確度の算出方法を以下のようにした。サンプル図としては、画像ソフトで作成した半径150ピクセルの円を用いた。

(1) 評価算出方法

図形評価の算出は以下のように行った。

形状正確度：F

サンプル図の面積：S

はみ出したサンプル図の面積：HS

はみ出した模写図の面積：HM

サンプル図の円形度：SR

模写図の円形度：MR

としたとき、

1) 合同条件及び相似条件での評価の計算式

$$F = (HS + HM) / S \times 100 (\%)$$

2) 円形度による評価の場合の計算式

$$F = (1 - MR / SR) \times 100 (\%)$$

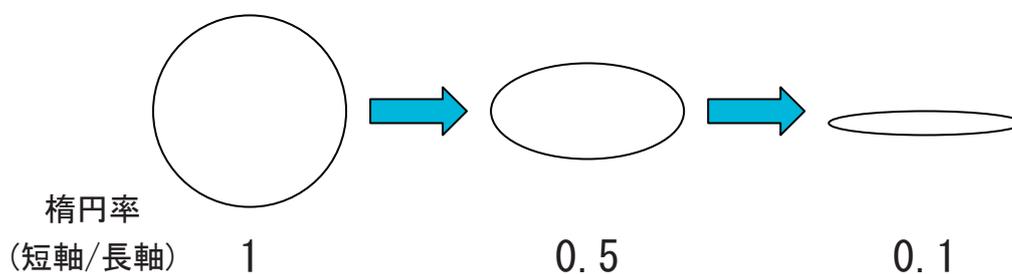


図2-6 楕円率による円の変化

(2) 評価実験1の結果

各評価方法による形状正確度の結果例を図2-7に示す。横軸は楕円が変移する楕円率(最大1)、縦軸を形状正確度としている。模写図の楕円率が減少することによって、全ての評価方法ともに形状正確度が0から変化していくことがわかる。合同条件の評価では、面積一定のサンプル図と楕円

率で変化する模写図と重ね合わせており、はみ出る面積をサンプル図で除しているため形状正確度が直線的に変化している。一方、相似条件の評価ではサンプル図面積を模写図面積の比を用いて拡大・縮小している。楕円率が大きいときは、はみ出る部分の面積が小さく、形状正確度が0に近い。しかし楕円率が低くなるにつれ、形状が変化するとはみ出る部分の面積が大きくなるため、形状正確度の変化が大きくなる。そのため、楕円率 0.3 付近から合同条件の形状正確度の数値を上回っている。円形度の評価は楕円率が 0.8 付近までは真円の形状正確度とあまり変わらないが、形状の変化が大きく異なるにつれ形状正確度も変化していくことがわかる。

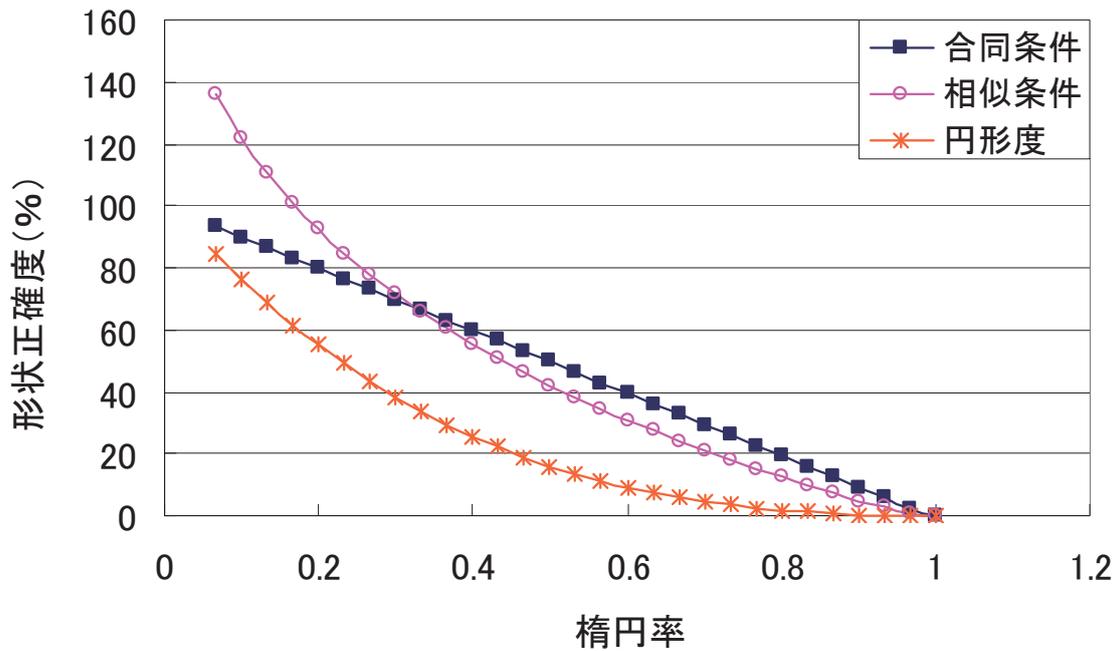


図2-7 楕円率の違いで変化する形状正確度

(3) 評価実験(1)の考察

評価方法の違いによって形状正確度に大きく差が出る原因として、各評価方法の特徴が挙げられる。合同条件の評価は面積の大きさから形状正確度を考えるため、サンプル図に対して模写図の形状がほぼ同形状であっても、面積の大きさが異なれば形状正確度は異なってしまう。そのため、大きさを含めて形状を評価するときは適しているが、大きさが異なる場合に形状を評価するには適していないと考えられる。

相似条件の評価は、サンプル図の面積を模写図の面積の比に拡大・縮小して模写図と重ね合わせるため、合同条件と違いサンプル図と模写図の形状が似ている場合には適していると思われる。

円形度の評価は他2つと違い、面積と周囲長からサンプル図と模写図の円形度を比で表したものを形状正確度に行っているため、形状だけを見ればこの評価が一番妥当のように思える。ただ実際に児童が描いた図を用いた評価結果より、円形度の評価では図形の細かい所までは評価できない。原因として円形度による形状正確度の数値の範囲が、0から無限の範囲をとる合同条件や相似条件に比べ、狭いことにあると考えられる。サンプル図の真円の円形度が最高値1に対して模写図の円形度は必ずサンプル図より下回り、比にしたときの形状正確度の範囲は0から100未満しかない。よって形状の細部までの評価は他の条件と比べて反映されない。

2.2. 評価実験と結果 (2)

評価実験1により、形状の評価方法では相似条件の評価が適切であることが判明した。そこで先に述べた面積、高さ、幅、傾き、形状の5種類の評価方法で児童が描いた模写図の定量評価を行なった。ここでは被験者数を4名、サンプル図を直径3cmの真円、一辺を3cmの正三角形と正方形の3種類とした。また同時に主観による評価との比較を行ない、定量評価の妥当性を検証した。図2-8に真円、正三角形、正方形のサンプル図を示す。



図2-8 図のサンプル

これらのサンプル図を全盲児童に触読させたのち、レーザーライターを使って模写する課題を課した。図2-9にサンプル図と模写図の例を示す。A4サイズのレーザーライターの半分をサンプル図領域とし、1辺10cm四方の枠内にサンプル図と始点を提示した。残り半分を模写図領域とし、同様に枠と始点を提示した。これは児童が大きさを認識して描くためである。指導者は児童が描く際の利き手、始点の位置、姿勢などの癖を予め把握しておき、児童にとって最も描きやすい環境で模写を行なわせている。サンプル図は真円、正三角形、正方形の3種類とした。

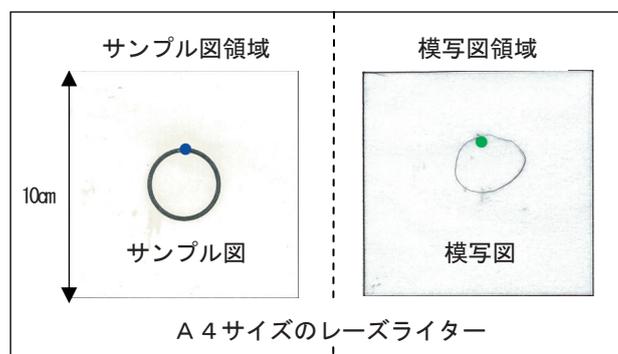
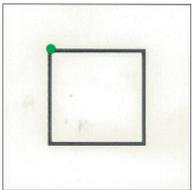
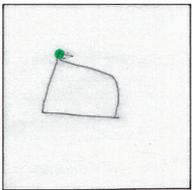


図2-9 サンプル図と模写図の例

(1) 主観評価方法

定量評価の妥当性を検討するために、サンプル図に対して模写図の正確性を主観的に評価した。評価者を成人の晴眼者 10 名とし評価方法は面積、高さ、幅、傾き、形状の 5 項目を以下の 5 段階より評価した。図 2 - 10 に主観評価を行なう際に用いた評価表の例と、5 段階の選択肢を示す。全ての評価項目において数字が大きいほどサンプル図に近く、小さいほどサンプル図と違うことを示している。

児童名		
模写した日付		
サンプル図		
模写図		
評価表	面積	
	高さ	
	幅	
	傾き	
	形状	

5段階評価の選択肢

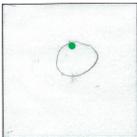
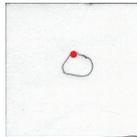
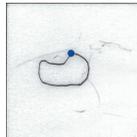
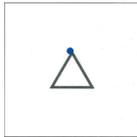
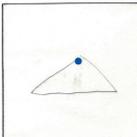
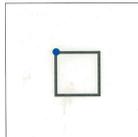
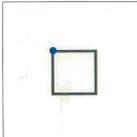
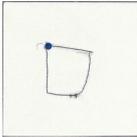
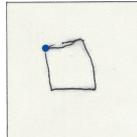
良い 5: ほぼサンプル図に近い
↑
評価 4: ややサンプル図に近い
↓
悪い 3: 見本に見えなくもない
↓
悪い 2: ややサンプル図と違う
↓
悪い 1: 全くサンプル図と違う

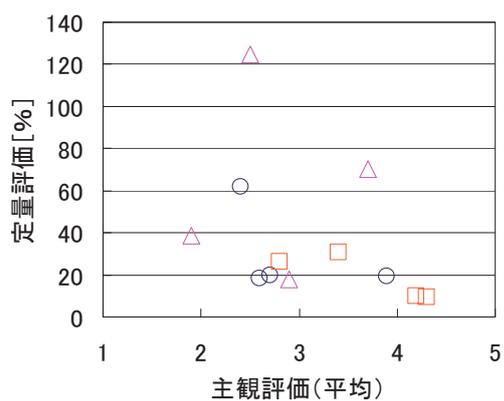
図 2 - 10 評価表の例、及び 5 段階評価の選択肢

(2) 測定結果

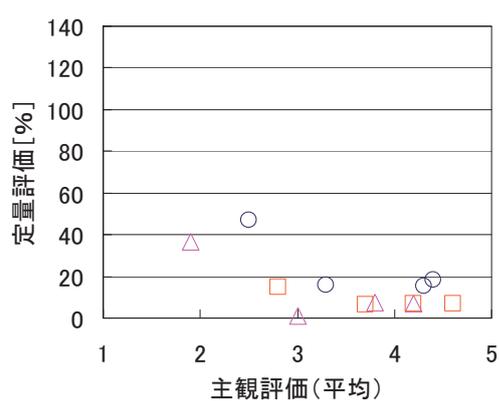
各項目での定量評価と主観評価の相関図を図2-11に示す。縦軸は定量評価値で、値が0に近づくほどサンプル図が模写図に近い形であることを示している。大きさの要素である面積、高さ、幅は、サンプル図に対して模写図のズレ量で相関を調べるため、大きさの値の絶対値とした。なお、値が100以上の場合はサンプル図より模写図の要素が2倍以上の大きさであることを示す。同様に傾きも傾斜方向成分を考慮せず、傾斜値の絶対値とした。横軸は主観評価値で、各プロット点は10名の平均値である。図2-11より児童たちの傾向として、正方形と真円が描きやすく、正三角形の描画が苦手としている印象を受ける。また、高さ、幅、形状のプロット点がほぼ直線状になっているのに対して、面積についてはばらついている。少なくとも高さと形状に関しては定量と主観の評価がほぼ一致していると考えられる。傾きはサンプル図に対して殆どの模写図が傾いていないため、相関図では定量、主観評価共に高評価となっている。

表2-1 サンプル図、及び児童が描いた模写図

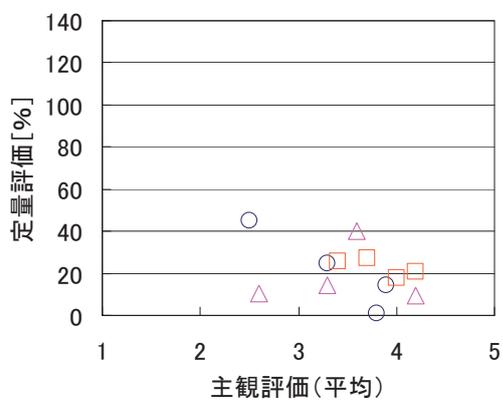
	①児童名 ②学年 ③利き手 ④使用文字		
サンプル図	①A児 ②小4年 ③左利き ④点字	①B児 ②小3年 ③右利き ④点字	①C児 ②小4年 ③右利き ④点字
 真円 直径3cm			
面積	19.06	61.75	15.21
高さ	14.29	44.90	24.75
幅	0.00	28.28	-18.18
傾き	15.71	19.16	16.23
形状	10.01	30.30	45.30
 正三角形 一辺3cm			
面積	-124.49	38.74	-70.34
高さ	-9.64	14.46	-40.00
幅	-109.57	73.40	-12.77
傾き	10.91	36.81	5.41
形状	49.68	43.23	14.93
 正方形 一辺3cm			
面積	30.87	-9.98	-9.16
高さ	25.96	-20.79	-17.82
幅	-3.03	-5.00	-16.83
傾き	7.07	6.31	7.06
形状	15.83	9.69	6.46



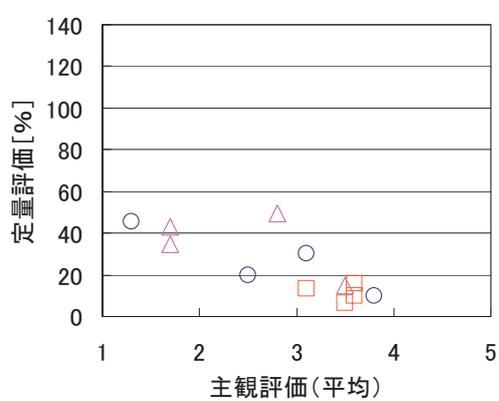
(A) 面積



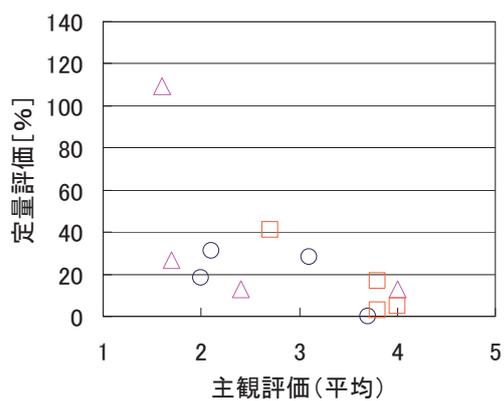
(D) 傾き



(B) 高さ



(E) 形状



(C) 幅

図2-11 定量評価と主観評価の相関図

(3) 定量評価結果の考察と検討課題

本章では、前研究で開発した図形模写の定量的評価法について概括した。前研究では、視覚に障害がある児童が模写した図形の正確度を定量的に評価するために、情報処理の技術を活用した評価システムを開発した。評価する項目として、面積、高さ、幅、傾き、形状を取り上げた。形状の評価尺度としては合同条件、相似条件、円形度の3種類を考案した。それらによって形状の評価の適切性を検討した。晴眼者による主観的な評価と比較結果も参考にした。

晴眼者による主観的な評価の結果では、高さ、幅、傾き、相似条件による形状の評価では、概ね開発したシステムによる定量的な評価結果と、主観的な評価の傾向がほぼ一致することが確かめられた。形状については、全盲児童が図形を学習する上で重要な要素であり、この属性の評価について、晴眼者による主観的な評価と近似の傾向が示されたことは意味あることだといえる。一方、図形の面積の同一性に関する評価では定量的評価と主観的な評価の結果が正方形以外では一致しないことが認められた。この結果は、実際の学習活動において、面積を対象とした評価法を用いることが望ましくないことを示している。また、形状の比較では、相似条件による形状評価が適切であることが明らかになった。

また、前研究の結果からは、全盲児童が比較的描画しやすい図形は水平・垂直成分が多い正方形であることが認められた。これは、久保田（1970）が幼児を対象に実施した図形模写の結果と同様の傾向であった。次いで真円の描画の評価が高かった。これは児童の学習過程において真円が最も描く機会が多いことに起因すると思われる。

Ⅲ. 本研究における定量評価プログラムの開発

(担当：東京工芸大学)

1. 基本的な考え方

前研究では、評価プログラムの設計に当たって、合同条件、相似条件、円形度の3つの評価方法について検討した。合同条件では、形状と面積が評価要素となりそれらを同時に評価することができた。相似条件では形状のみが評価できた。円形度条件では、縁の形の正確さが評価できた。それぞれの条件について基本的な図形の描画結果について評価を試み、定量評価プログラムにおけるどの方法を採用するのが適切か検討した。

その結果、いずれの方法にもそれぞれ、利点及び問題点があることが明らかになった。合同条件の評価は面積の大きさが評価に影響するため、描画結果の形状がほぼ同形状であっても、面積の大きさが異なると形状正確度としては高い評価が示されなくなってしまうことになる。そのため、大きさと形状を合わせて評価するときは適しているが、形状のみの評価には適していないということになる。

相似条件では、サンプル図の面積を模写図の面積の比に拡大・縮小して模写図と重ね合わせて比較するため、形状のみの評価には適していることになる。

円形度は、面積と周囲長からサンプル図と模写図の円形度を比で表して形状正確度として算出している。形状評価のみであれば、この方法が最も妥当のように思われる。問題点としては、この方法では図形の細かい所までは評価できない点があげられる。円形度による形状正確度の数値の範囲が、合同条件や相似条件に比べて狭いためである。真円の円形度が最高値1に対して模写図の円形度は必ずサンプル図より下回り、比にしたときの形状正確度の範囲は0から100未満しかないので細部の評価が反映されないのである。

実際に評価プログラムを活用するにあたっては、学校教育における描画能力の向上をめざした指導という観点からは、晴眼の多くの人が見て的確に表現されていると思われるプログラムになっている事が何よりも求められる。そこで、三つの評価方法のいずれにも課題点があるわけであるが、できるだけ主観的な評価と合致する定量プログラムを選択することが望ましいと判断した。そして、そのためには、評価対象とする図を限定することも、現時点ではやむを得ないという結論を導くに至った。本研究ではこうした、限定的な観点から、実際の指導で十分に活用できる定量評価プログラムを開発することにした。

2. 評価対象の図形と評価方法との選択

子どもの描画の発達については古くから研究されているが、田中（1966）によると、円の描画が発達的には最も早く出現し、3歳頃までに殴り書きや円形の錯画が見られるようになり、3歳から3歳6ヶ月頃まで円形の描画が可能になるとされている。4角形などの多角形が模写できるようになるのは、4歳以降である。前研究では、全盲児童が比較的描画しやすい図形は、水平・垂直成分

が多い正方形であることが確かめられたが、こうした図形描画の発達に関する知見から描画能力のレベル差が大きい全盲幼児児童を対象とする場合には基本的な図形の中で最も習得しやすい円形の模写評価から取り組んでいくのがもっとも望ましいのではないかと判断した。

次に評価対象を円形に限定した場合に定量的評価プログラムの方法としてはどの方法が適切であるかを判別するために評価実験を行った。

児童が描いた円の描画結果について、合同条件、相似条件、円形度の3つの評価プログラムと主観評価の結果をそれぞれ比較検討した。

評価に用いた模写図は図3-1に示した。盲学校小学部在学中の全盲児2名が描いた模写図である。

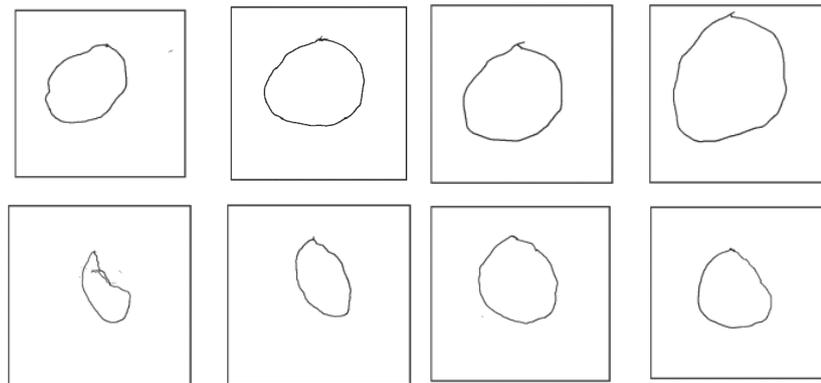


図3-1 評価に用いた模写図

これらについて、前研究で開発した合同条件、相似条件、円形度の3つの評価プログラムで算出した結果と主観評価の結果を比較した。

主観評価は、児童が描いた8枚の図を Thirstone 一対比較法で円に近いと思われるものを選択させる作業を繰り返し、順位付けをした(図3-2)。評価者は晴眼の大学生6名であった。

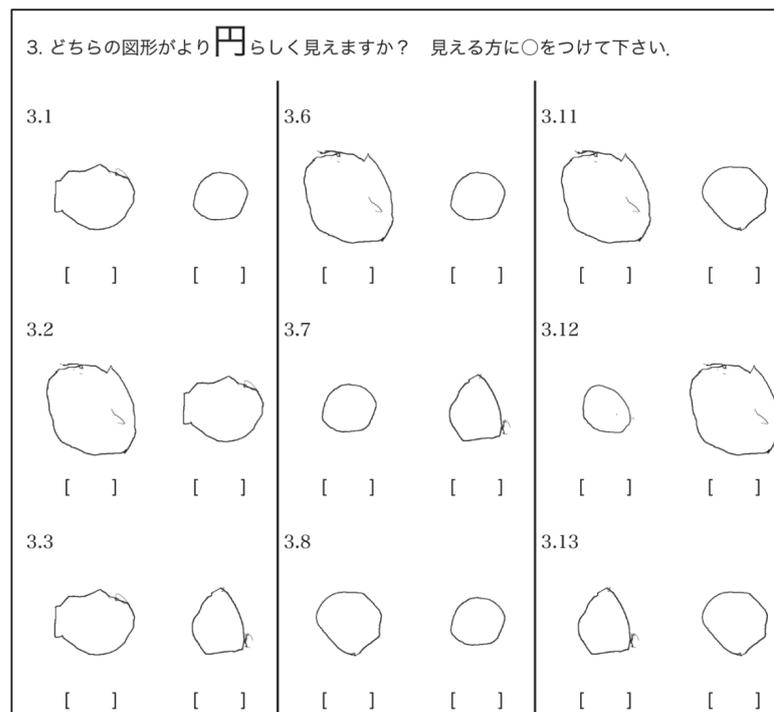


図3-2 一対比較法による選択作業

3 評価結果

主観評価と各条件毎のプログラムの評価結果とを比較する。図3-3で赤い線で囲んだ図が主観評価の結果と評価プログラムが算出した結果と一致したものである。相似条件では、全図版8枚中、1、2、3、7、8の5図版が主観評価と一致していた。合同条件では、一致した図版が1枚もなかった。円形度条件では、図版4、7、8の3枚が一致していた。相似条件では、高い評価の図版と低い評価の図版で一致度が高く、中間のれべるで順位が対応していなかった。評価の水準を高中低の3段階で区分すれば、主観評価と一致していたということになる。それに対して円形度条件では、評価の低いレベルでの一致度は高かったが中及び高レベルではほとんど一致していなかった。合同条件については、全く一致していなかっただけでなく、3段階区分でも共通性が認められなかった。

この結果から、主観的評価と近似した評価がなされたのは、相似条件、円形度条件、合同条件の順になる。このことから本システムでは評価プログラムとして相似条件に基づくアルゴリズムが適切であると判断した。そこで、このプログラムを用いたGUIアプリケーションの開発に取り組むこととした。

新たに開発した円の描画を定量的に評価するプログラムの操作手順については、IVのマニュアルの中で解説した。

評価結果	低い ←						→	高い
順位	8	7	6	5	4	3	2	1
主観評価								
得点	-2.04	-1.45	-0.19	-0.06	0.36	0.99	0.99	1.39
円形度								
得点	32.54	12.56	6.49	5.44	5.40	5.04	4.37	3.19
合同条件								
得点	356.03	114.96	83.26	82.09	44.16	35.64	21.76	21.56
相似条件								
得点	49.60	30.48	17.76	12.09	11.3	9.28	9.19	7.30

図3-3 主観評価と各条件毎のプログラムの評価結果の比較

4. 入力デバイスの開発の試み

(1) 基本的な考え方

従前の評価システムでは、児童が描いた図形描画の結果を、線の途切れなどを補正の上、スキャナーで読み取って電子データ化するというプロセスを取っていた。この方法では、電子データへの変換の手間がかかる上、いくつかの作業工程があるために、即時的な評価が難しいという課題があった。

児童の描画作業と同時に電子データ生成ができると、電子データへの変換のプロセスが省略できる上、評価作業の自動化も進めやすくなる。

(2) 入力デバイスの検討

そこで全盲児童でも操作可能な入力デバイスを使った入力を試みた。試用したデバイスシステムは以下の通りである。

使用システム

ペン型入力デバイス

TAXAN デジタルインクペン (Digital Pen & USB Flash Drive) KG-DP201

デスクトップパソコン

OS: WindowsXP

このデジタルペンは、手書の文字や絵をデジタルで保存する事ができる。1GB のメモリーを内蔵しており、紙ベースであれば数千枚に及ぶメモを保存する事が可能である。

使用方法は簡便で、日常使用しているノートやペーパーホルダーなどに受信部分である小型装置を挟んで電源を入れるだけである。準備が整ったらデジタルペンを使って書くだけでよい。これだけの手順で描画結果をデジタルとして保存する事ができる。

このデータが使えれば、PC に移行して定量評価プログラムでの処理が手間をかけることなくできることになる。

(3) 試用結果

実際に全盲児童を対象として、このデジタルペンを利用して図形描画作業を試みた。ペーパーホルダーにデジタルペン受信装置をセットすると共にレーザーライター用シリコンマットを敷き、その上にレーザーライター用紙を挟んだ。

児童は、通常のレーザーライター用紙に図を書く場合と全く同じ条件で、作図作業を行った。デジタルペンを使うことによる支障はなかった。レーザーライターを利用することにより、凸図も描け、その2次元描画情報も取得できることが確かめられた。作業結果は図3-5及び図3-6に示した通りである。

デジタルデータ取得が可能であることが確かめられたが、取得したデジタルデータが実際の描画データとの誤差が評価においては大きな問題となる。この観点から検証したところ、図に示したように、無視できない誤差が生じることが判明した。

そのため、本研究での描画評価用のデバイスとして使用することは断念した。

評価に際しては、従前の方法に従って、レーザーライターに描いた図形をスキャナーで読み込み、

デジタルデータに変換し、その上で評価プログラムにかけることとした。

(4) 考 察

評価用データとしての信頼性が低かった。全盲の児童でも入力デバイスを使って電子データを直接生成することが可能であることが確かめられたが、精度的には誤差が大きすぎた。

したがって、本研究でのデータ収集のためのツールとして、本入力デバイスを使うことができなかった。

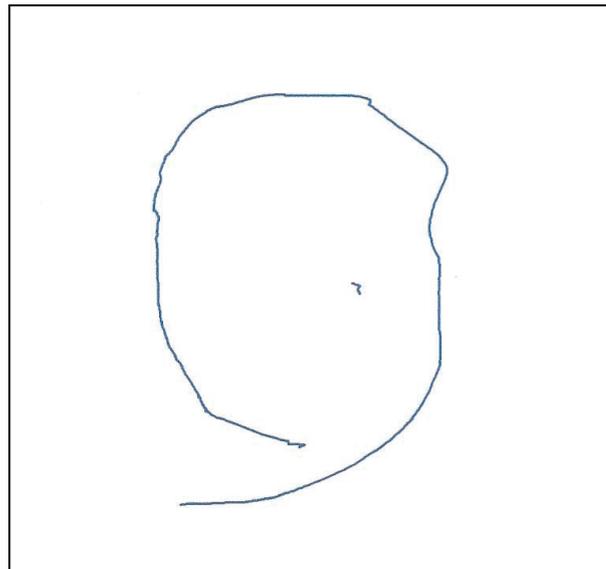


図3-5 児童の描画をスキャンして印刷した画像

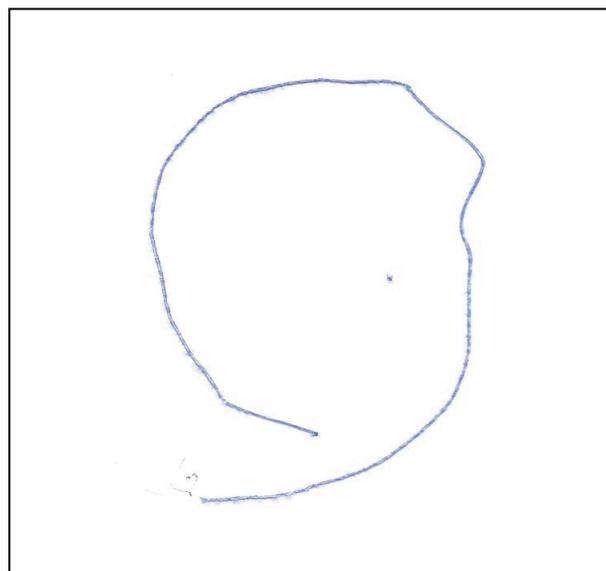


図3-6 デジタルペンで直接取得した描画データを印刷した画像

IV 新たに開発した円形定量評価プログラムの操作手順 (操作マニュアル)

1 プログラムの起動

- ① Diagram.exe をダブルクリックし、プログラムを起動する。

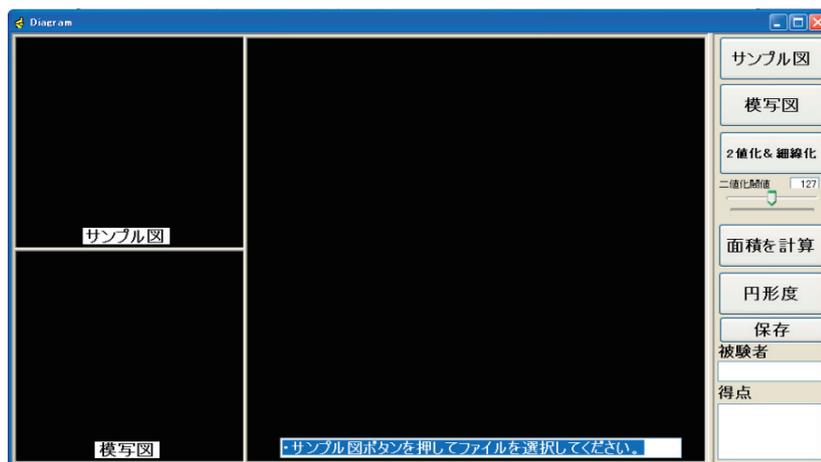


図4-1 本プログラムの初期画面

2 サンプル図のデータ算出

- ②-1 サンプル図のボタンをクリックし、表示されたダイアログからサンプル図のファイルを選択し表示する。

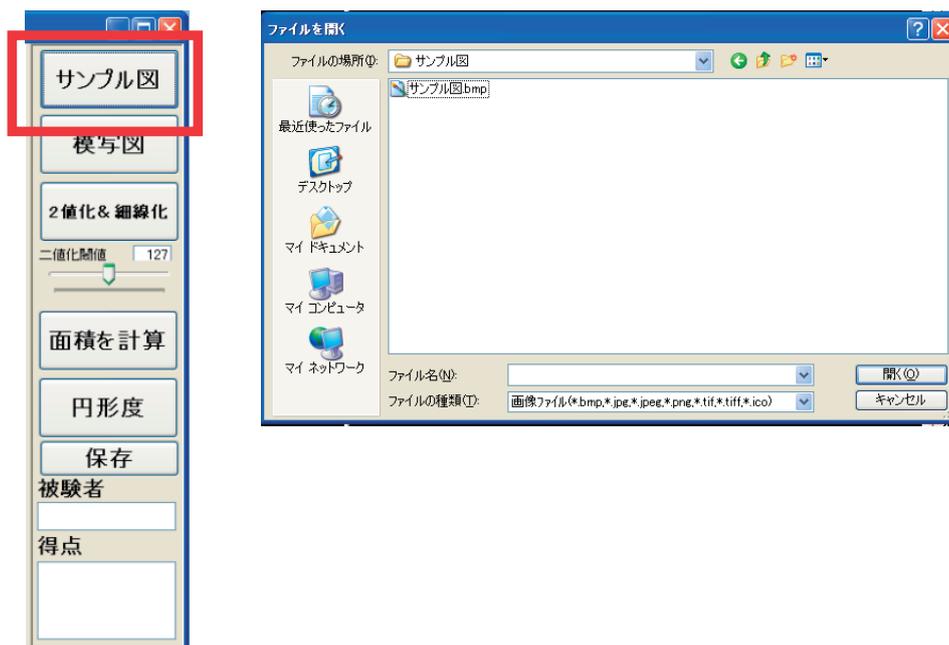


図4-2 サンプル図選択ダイアログの表

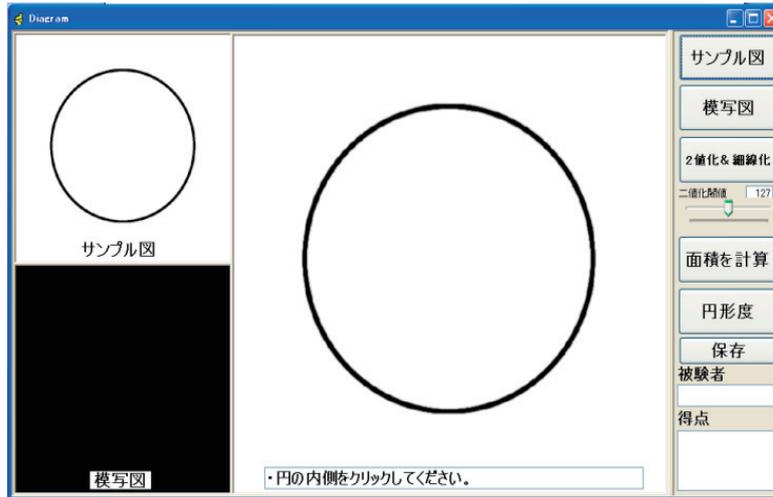


図4-3 サンプル図の表示

- ②-2 トラックバーで2値化の際の閾値を設定後、2値化&細線化のボタンをクリックしサンプル図に2値化と輪郭線の細線化をする。



図4-4 トラックバーと2値化&細線化のボタン

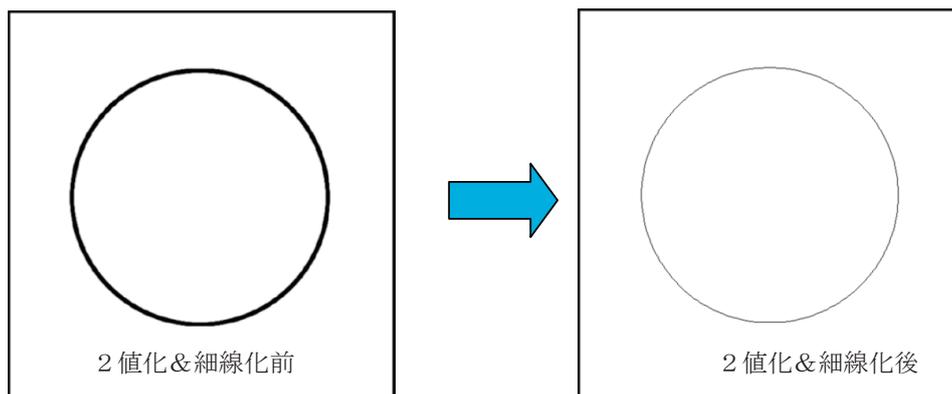


図4-5 サンプル図の2値化と輪郭線細線化

- ②-3 サンプル図の閉領域内のどこか1点をマウスでクリックして、輪郭線で囲まれた閉領域内を塗りつぶす。

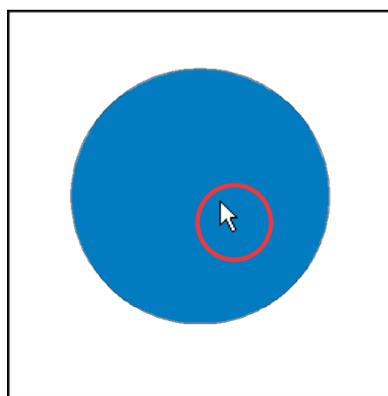


図4-6 サンプル図の閉領域内塗りつぶし

- ②-3 面積を計算のボタンをクリック。



図4-7 面積を計算のボタン

- ②-4 【自動処理】閉領域の重心の座標を算出する。
- ②-5 【自動処理】閉領域が画像の中心になるように移動。
- ②-6 【自動処理】画像を複製し、閉領域を中心に大きさを 540 * 540pixel に変更。
- ②-7 【自動処理】閉領域内のピクセル数（面積）を算出する。

3 模写図のデータ算出

- ③-1 模写図のボタンをクリックし、表示されたダイアログから模写図のファイルを選択し表示する。

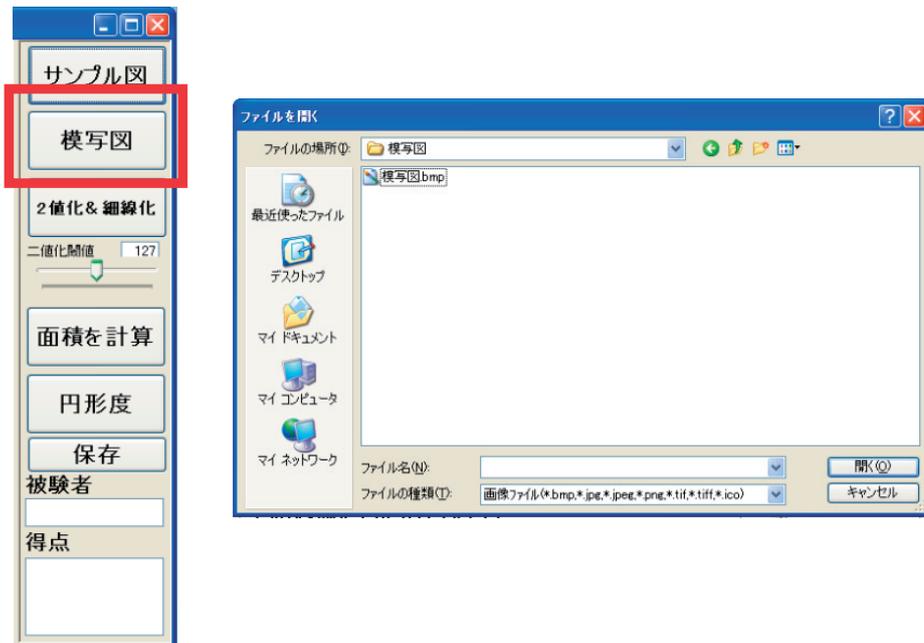


図4-8 模写図選択ダイアログの表示

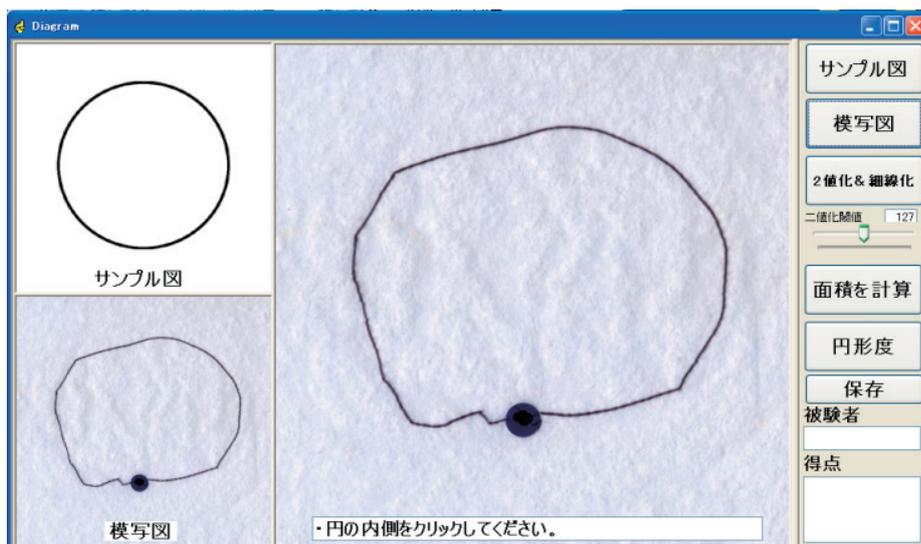


図4-9 サンプル図の表示

- ③-2 トラックバーで2値化の際の閾値を設定後、2値化&細線化のボタンをクリックし模写図に2値化と輪郭線の細線化をする。

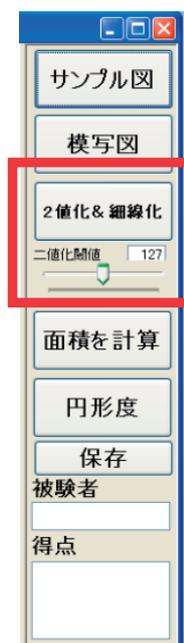


図4-10 トラックバーと2値化&細線化のボタン

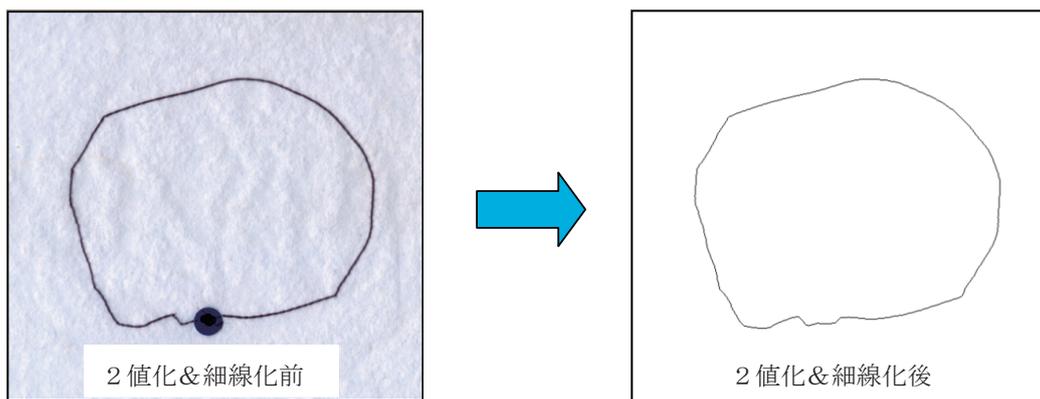


図4-11 模写図の2値化と輪郭線細線化

- ③-3 サンプル図の閉領域内のどこか1点をマウスでクリックして、輪郭線で囲まれた閉領域内を塗りつぶす。

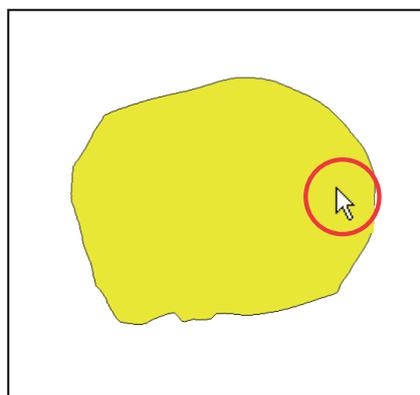


図4-12 模写図の閉領域内塗りつぶし

- ③-4 サンプル図の時と同様に面積を計算のボタンをクリック。
- ③-5 【自動処理】 閉領域の重心の座標を算出する。
- ③-6 【自動処理】 閉領域が画像の中心になるように移動。
- ③-7 【自動処理】 画像を複製し、閉領域を中心に大きさを 540 * 540pixel に変更。
- ③-8 【自動処理】 閉領域内のピクセル数（面積）を算出する。

4 サンプル図と模写図の重ね合わせと評価結果の算出

④-1 円形度のボタンをクリックする

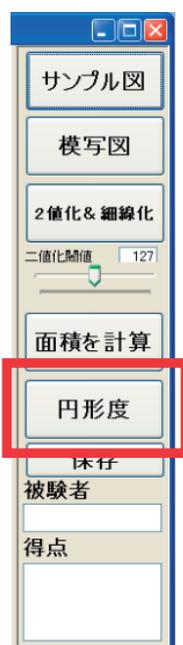


図4-13 円形度のボタン

④-1 【自動処理】 サンプル図と模写図の面積比を算出する。

④-2 【自動処理】 2枚の図を重ね合わせる。

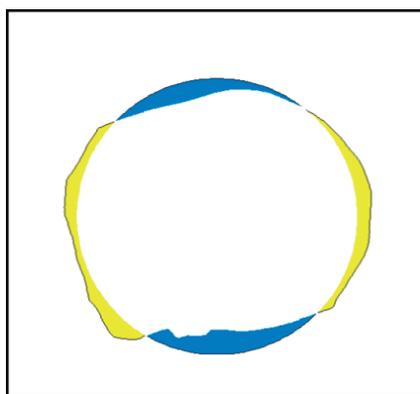


図4-14 サンプル図と模写図の重ね合わせ

④-3 【自動処理】 相似条件による形状の評価を算出する。

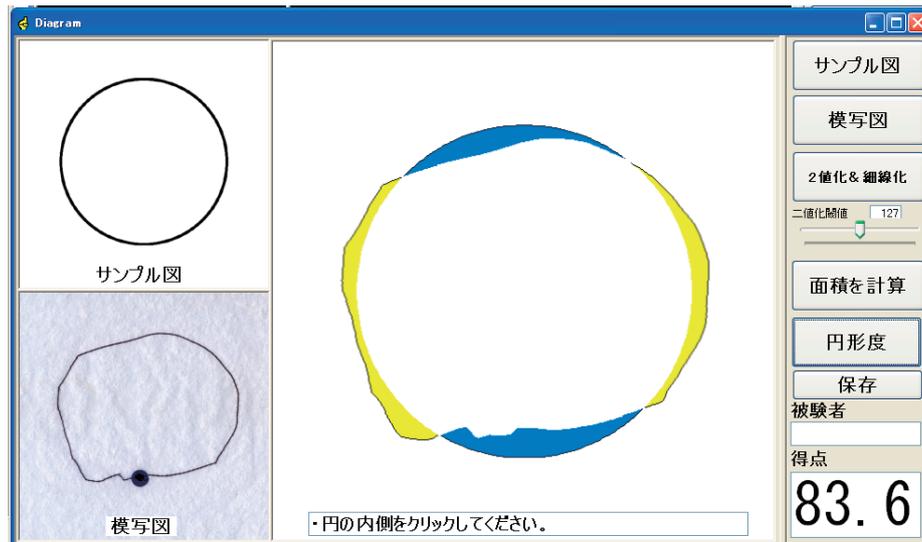


図4-15 相似条件による形状の評価

円形模写評価プログラムに関する注意点

- ・画像はビットマップ形式 (bmp) とする。
- ・②-3、③-3において、図形の閉領域外をクリックした場合、評価が出来なくなるので、もう一度画像を呼び出す必要がある。

V まとめ

全盲児童が2次元情報を使いこなすためには、触覚的に2次元情報を認知する力を育むと共に認知したことや思い描いたイメージ等をできるだけ正確にあるいは思い通りに表現できる力を育てていくことが不可欠である。こうした力を身につけさせるためには幼少の段階からの適切な対応が大変重要になってくる。こうした観点から筆者らは平成18年度～19年度において、東京工芸大学との共同研究で「全盲児童の図形表象の評価に関する研究」に取り組んできた。

この研究では、メディア画像工学分野と連携することにより、情報処理技術を活用して図形描画をできるだけ客観的定量的に評価し、その結果を児童にわかりやすくフィードバックする方法を検討し、基本的なプログラムをまとめた。しかし、実用に供するためには、データの処理手続きやシステムの操作の簡便性などの点で課題点があった。

そこで、本研究では、評価プログラムについて再検証するとともに、実際の指導場面での実用に供することのできる図形模写評価のシステムの開発に取り組んだ。前研究では、評価プログラムの設計に当たって、合同条件、相似条件、円形度の3つの評価方法について検討した。再検証の結果、いずれの方法にもそれぞれ、利点及び問題点があることが明らかになった。しかし、形状の評価に限定した場合、サンプル図の面積を模写図の面積の比に拡大・縮小して模写図と重ね合わせて比較する相似条件が、最も評価には適していることが確認できた。また、実際に評価プログラムを活用するにあたっては、学校教育における描画能力の向上をめざした指導という観点からは、晴眼の多くの人が見て的確に表現されていると思われるプログラムになっている事も大切なことである。この点からも形状について主観的な評価と合致する相似条件を選択することが望ましいと判断した。さらに、学校等で活用するためには、評価対象となる図形を限定することも、現時点ではやむを得ないという結論を導くに至った。描画能力のレベル差が大きい全盲幼児児童を対象とすることもあり、基本的な図形の中で最も早期に習得しやすい円形を模写評価の対象として選択した。

以上のような条件に基づいて、図形模写評価システムを開発した。その概要は第IV章に示した。入力デバイスを評価システムに組み込むことができず、計画通りのシステムを構築することはできなかったが、前研究のシステムと比較すると、パソコンとスキャナーがあればG U I環境で簡便に操作できるようになり、操作性が向上するとともに評価作業に要する時間を短縮することができるようになった。今後、円形の描画評価について実際の指導で活用し、定量的な評価による描画結果の児童へフィードバックが児童の描画技能の向上に果たす効果について検証していきたい。

謝 辞

本研究が遂行できたのは、共同研究分担者である東京工芸大学チームと筑波大学附属視覚特別支援学校チームの貢献によるものです。東京工芸大学久米祐一郎教授、水野統太助教、日比野隆典氏及び筑波大学附属視覚特別支援学校佐藤知洋教諭、宮崎善郎教諭、山田毅教諭、各氏のご尽力に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 福島佳子, 山口宏子: 脳障害児の視知覚発達に関する研究: 図形模写からの検討, 横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, 3, 13-24, 1987.
- [2] 郷間英世: 現代の子どもの発達の特徴とその加齢に伴う変化—1983年および2001年のK式発達検査の標準化資料の比較. 奈良教育大学障害児教育, 2006.
- [3] 日月英昭: 量形態・格子図形模写における分節能力の要因分析. 日本数学教育学会誌, 56, 56-58, 1974.
- [4] 石井仁, 飯塚慎司, 築田明教, 川端秀仁, 長嶋祐二: 軽度発達障害児における形態模写過程の基礎的解析. 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, 2007.
- [5] 井上 誠喜 他 C 言語で学ぶ実践画像処理, オーム社
- [6] 橘田未有 他: 視覚障害児のための図形模写評価システムの開発, 第32回感覚代行シンポジウム発表論文集, 21-24, 2006.
- [7] 小柳恭治: 触覚の世界 (心身のはたらきとその障害シリーズ), 光生館, 1979.
- [8] 平林 雅英 Windows プログラムを10倍強力に作る. 共立出版
- [9] 久保田正人: 図形模写能力の発達に関する一考察. 教育心理学研究, 18, 57-64, 1970.
- [10] 久保田正人: 普通児および精薄児の図形模写能力. 日本教育心理学研究, 13 (1), 54-58, 1965.
- [11] 黒田佳世子, 田中敏隆: 幼児の図形模写に関する発達的研究: 縦断的研究を中心にして. 神戸女子大学紀要 文学部篇, pp. 221-231. 1992.
- [12] 眞下かほる: 精神薄弱児と正常児とにおける図形模写について. 日本教育心理学会総会発表論文集, 236, 40-41, 1965
- [13] 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, 第21回感覚代行シンポジウム発表論文集, 103-108, 1995.
- [14] 大庭重治: 視覚障害児の描画表現過程における触運動操作, 上越教育大学研究紀要, Vol.11 No.1 91-100, 1991.
- [15] 岡本夏木, 野村庄吾, 千原孝司: 図形模写にあらわれた認知発達: 日本とインドネシアの幼児における比較研究 (予備調査報告). 京都教育大学紀 A 人文・社会, 1-7, 1978.
- [16] 大内進 共同研究報告書 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所, 2009.
- [17] Piaget, J. and Inhelder, B. The child's conception of Space. Routledge and Kegan Paul, London, 1956.
- [18] 眞田英進: 精神遅滞児における描画能力に関する研究: 人物描画とベンダー図形模写からの検討. 佐賀大学研究論文集, 28 (2), 217-223, 1980.
- [19] 田寺篤雄, 小畑佳子, 二宮サチ子, 南美子: 幼児における簡単図形模写の発達 大阪樟蔭女子大学児童学研究, 13, 1-18, 1983.
- [20] 豊田弘司: MSCA における " 図形模写 " の発達的变化. 日本保育学会大会発表論文抄録, 39, pp. 488-489, 1986.
- [21] 田中敏隆: 図形認知の発達心理学. 講談社. 1966.
- [22] 滝沢武久: 知的発達の心理学. 第三文明社. 1981.
- [23] 道村静江: 口で言えば漢字は書ける! 盲学校から発信した漢字学習法. 小学館. 2010.

共同研究

全盲児童の図形表象の評価に関する実際的研究

平成 21 年度～平成 22 年度

研究成果報告書

研究代表者 大内 進

平成 23 年 3 月

著作 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所

発行 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所

〒239-8585

神奈川県横須賀市野比 5 丁目 1 番 1 号

TEL : 046-839-6803

FAX : 046-839-6918

<http://www.nise.go.jp>