

全盲児童の図形表象の 評価に関する研究

(平成18年度～19年度)

共同研究成果報告書

平成20年3月

独立行政法人
国立特別支援教育総合研究所

ま え が き

この報告書は、平成18年度から平成19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。近年このことが広く理解されるようになり、点字教科書においても触図版が多く取り入れられるようになるなどの変化が起きてきています。

一方、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り、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が続いていました。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だといえます。

本研究では、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ました。

実用に供するためには、さらに検討しなければならない点もありますが、この報告書が視覚障害教育の領域における2次元情報の活用に寄与できる事を願っています。

この分野のさらなる進展のために忌憚のないご意見をいただければ幸いです。

最後に、本研究を進めるにあたって、数々のご協力をいただいた共同研究機関および研究協力者の皆様に、深く感謝いたします。

平成20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18年度～19年度
所内研究分担者	
大内 進	独立行政法人国立特殊教育総合研究所 企画部 上席総括研究員
金子 健	独立行政法人国立特殊教育総合研究所 企画部 主任研究員
共同研究分担者	
久米 祐一郎	東京工芸大学 工学部 メディア画像学科 教授
栗林 英 範	東京工芸大学 工学部 メディア画像学科 助教
橘田 未 有	東京工芸大学 大学院工学研究科 光工学専攻 大学院生
連携研究協力者	
佐藤 知 洋	筑波大学附属視覚特別支援学校 教諭
増岡 直 子	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

はじめに ー本研究の概要ー	1
I 本研究の背景	3
II 全盲児の図形理解と描画	5
III 視覚障害児のための図形模写評価システムの開発	8
おわりに	25
資料 図形模写評価システムの操作マニュアル	

はじめに

本研究の概要

1. 研究の全体構想

(趣旨及び目的)

①研究の全体構想及びその中での本研究課題の具体的な目的

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られるようになるなどの変化が起きてきている。図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らなければならない。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しかもより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。そこで本研究では、できるだけ児童自身の自発的な活動を尊重しながら、光情報工学分野と連携することにより、その活動の結果がより客観的、定量的に評価できるようにする方法を検討しようとするものである。

②本研究の教育現場におけるニーズ、意義、緊急度、および、教育現場への還元

これまで、視覚障害教育において経験的に行ってきた活動を、より科学的に定量的に評価しようとするものであり、これまで経験的、定性的な評価にとどまっていたレベルからより客観的なレベルへ高めることができる。また、学習活動を広げることにも寄与できる。

③当該研究分野における国内外の研究動向、当該研究の独創性、特色

この分野での研究はこれまで取り組まれていない。弱視児童の描画の評価に関して国立特殊教育総合研究所の盲教育研究領域と東京工芸大で取り組んできた経緯があり、本研究はの発展的な研究として位置づけられる。

④本研究が、国の政策における意義

本研究は、視覚障害教育に焦点化して実施されるものであるが、この研究成果は、現在大きな課題となっている発達障害教育の分野でも応用できるものであると確信しており、広く特別支援教育の指導法の改善に貢献できるものと思われる。

(期待する成果)

平成18年度中に触覚的に図形を認知し、それを再生(表現)する活動において、大きさ及び形状の正確さを定量的に評価するためのソフトウェアのプロトタイプを開発した。

平成19年度においては、18年度の研究結果を踏まえて、評価ソフトを改良し、完成させる。それを用いて実際の活用法に関して、事例研究をすすめる、その成果をふまえてマニュアルの作成をめざす。

全盲児童の図形表象の評価に関する研究

平成18年度

触覚的に図形を認知し、それを再生（表現）する活動において、大きさ及び形状の正確さを定量的に評価するためのソフトウェアのプロトタイプを18年度中に開発する。さらにその試作物を用いて、実際に評価活動を事例的に試み、その有効性及び課題点を明らかにする。

平成19年度

18年度の研究結果を踏まえて、評価ソフトを改良し、完成させる。それを用いて実際の活用法に関して、事例研究をすすめる、その成果をふまえてマニュアルを作成する。

研究成果の公表

[1] 橋田未有, 三宅由理, 栗林英範, 久米祐一郎, 大内進, 増岡直子, 佐藤知洋:

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, 21-24, 2006.

[2] 橋田未有, 栗林英範, 久米祐一郎, 大内進, 増岡直子, 佐藤知洋, 宮崎善郎,

山田毅: 視覚障害教育用図形模写評価システムの活用, 第33回感覚代行シンポジウム, 1-4, 2007.

I 本研究の背景

(1) これまでの全盲児童生徒への書字・描画指導の考えかた

触覚を活用した書字・描画の指導の基本的な考え方について「特殊教育諸学校学習指導要領解説－盲学校編－」（平成4年版）をもとに、初等教育段階の盲学校（特別支援学校）での書字・描画指導の考えかたを概観しておくことにする。

国語科では、点字を用いて学習する児童に対しては「漢字や漢語についての興味や関心を促し、理解を深めさせるよう配慮することが大切である」としながら、「字形についての指導は、慎重に行わなければならない」と述べており、字形指導については「児童の意欲や能力などに応じて計画され」、「負担過重」にならないように計画することが大切であることが強調されている。

小学校段階の図画工作科については、「触覚的に確かめたり、観察がしやすい立体的な内容に重点をおいて自分の表現製作の方法で作出す喜びを味わうように配慮する」ことが重視されている。絵や版画に関しても「自分の表現した結果を触覚的に確かめられる材料や用具、たとえば、粘土、クレヨン、発泡インク、表面作図器などを活用した多様な立体造形活動やそれらの作品の鑑賞の機会を偏りのないよう計画する」と立体造形が重視されている。

自立活動では、「表面作図器などによる作図や描画」の能力、「触知できる状態で提示された平仮名、片仮名又は漢字などを読み取り、理解できる能力」が重視されている。また、「書字」で要求されているのは「署名（サイン）などが手書きできる」能力までである。

以上の視覚活用が困難な全盲生徒に対する教科等の指導事項を整理すると、これまでの視覚活用が困難な全盲生徒への教育では、普通文字や絵については、どちらかというとその理解に重点を置かれており、「普通文字の書字」や「描画」などの表出に関しては積極的に扱われていなかったといえる。こうした背景には、これらの学習活動においては、指導者、学習者のどちらにも負担がかかり、それに見合う成果をあげることが難しかったという実態がある。また、これらの学習には個人差が大きく、習得が困難な児童も多く、カリキュラムとして体系づけることが困難だったということも考えられる。

(2) 触覚活用を促す環境の変化と図形

このように普通文字の表記や描画については、慎重な対応が続いていたが、全盲児童をとりまく環境に変化がこうした姿勢を変えようとしている。これに関して大きく3つの観点から考えることができる。

1) 凸図の普及と触覚活用メディアの開発

一つは、凸図を表すメディアが豊かになってきているという変化である。従前は、図を表すための手段としては紙にエンボスをつける点図、薄いプラスチックシートを成型したサーモフォームなどが中心で、凸図を作成する労力も大変なものであった。しかし、近年になって立体コピーシステムが開発され、特殊な用紙に図をコピーし、現像機にかけて表面を熟するだけで凸図が簡便に作成できるようになってきた（簡単にできるため、その弊害も生じてきているという課題も生じている）。また、各種の立体インクも開発され、凸図の印刷技術の向上もあいまって、視覚障害児のための点字と凸図を主体とした絵本まで発行されるようになってきている。このように凸図を日常的に楽しめる環境が広がりつつあり、こうした中から、ハプティックシステムを活用し触覚的に二次元的なパターンを上手に読みとったり表現したりすることができる児童生徒

が育ってきているのである（志村 1994）。

2) ノーマライゼーションの進展

近年、ノーマライゼーションの理念の浸透や児童数の減少化などがあるが、全盲児童が一般の小学校の通常の学級で受け入れられるケースが多くなってきている。このようないわゆる統合教育を受けている児童の中には、特別な配慮は一切しないという条件で在籍していたり、健常児と同じ環境で同じ内容の教育を受けたいという強い希望から教科活動でも晴眼児と同じ条件で学習に取り組んでいたりと、点字だけでなく触覚的に普通文字も用いて学習しているものもある。普通文字のみでの学割課程、全盲児にとっては大変負担が大きく、無理な点も多いのであるが、中にはこうした困難を乗り越えて、ハブティツクシステム十分に使いこなし、普通文字が読み書きできたり、絵を線画で表現できたりする力をつけてきた児童もいる。こうした事例についてはいくつかの出版物でも紹介されている（平林 1981、大内 2001）

3) 情報技術の進展

かつては、視覚障害者、特に全盲の方が普通文字（以下「墨字」）の文章を読んだり書いたりすることは困難なことであった。しかし、最近の情報機器の発達により、パソコンやスキャナを活用して墨字の本を読んだり、墨字の手紙を書いたりすることが可能になった。また、インターネットも画面音声化ソフトを活用することにより、視覚活用が出来る人と同じように多くの情報を得ることができるようになってきた。また、音声ワープロソフトを活用することにより、墨字の文書を作成したり、電子メールをやりとりすることも日常的に利用できるようになった。このように情報技術の進展により、これまでの点字中心の世界から漢字や仮名を使った墨字活用への道が開けたといえる。一方、漢字の読み書きは視覚活用ができるものでも容易に習得できるものではなく、視覚障害者にとって新たな課題が生まれたということにもなる。

4) 現在の視覚障害教育での対応

こうした環境の変化もあって、近年では視覚障害教育においても2次元情報に丁寧に対応するようになってきた。

例えば、点字使用の児童生徒に対する漢字教育では、従前は漢字の3要素である「形・声・義」のうちの「形」にあたる字形や書きは無視して、「音訓」という読み方に重点がおかれていたのに対し、現在発行されている点字教科書では、基本的な漢字については、その字形も凸図で示されるようになって来ていることなどをあげることができる（筑波附属盲学校 1988）。

Ⅱ 全盲児の図形理解と描画

1. 触図の読み取りの可能性

全盲であっても、子どもの力や指導の在り方次第で触覚を活用して図や普通文字の読み書きが可能であることを示すために、A児の事例を紹介しておきたい。

(1) 描画を得意とするA児

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、地域の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。

地域の小学校には、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。教科書のテストもクラスメートと同じ内容の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ズライター*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ズ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、レーズ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。

* 8ページの「レーズライター」を参照

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。



図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2 A児の描いた模写

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421.1秒、右手が同じく449.0秒であった。描画の所要時間は累計で左手が431.9秒、右手が398.8秒であった。

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ザー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。

2. 盲学校でのレーザーライター指導

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ザー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。

レーザー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、レーザーライターを使って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。

3. 描画の評価

その際に、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）は図形模写成績と精神年齢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。

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. 枠の中にカタカナ五十音を書く
		2. カタカナ五十音を書く(枠なし)
		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. 三学年程度の漢字を書く

Ⅲ 視覚障害児のための図形模写評価システムの開発

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）の図形をレーザーライターで模写して形状を学習する。模写した図形の評価は教師の主観に委ねられているが、児童が模写した図形の形状や大きさの簡便な定量的評価が求められている。

現在、視覚障害児による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〔1〕や図形認識を効果的に促すための教材作成の検討〔2〕等が行なわれているが、模写した図形を定量的に評価している例は少ない。

そこで、本研究では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。

本研究では、サンプル図と模写図の大きさと形状の正確度をPCを使って定量評価するシステムを開発し、評価尺度を検討することを目的とした。

1. レーズライター

レーズライターとは、シリコンゴム板の上に特殊な用紙をのせて上からボールペン等で字などを描くと、その筆圧によって書いた形が浮き出る手書き補助具である。これにより、描きながら指先の触覚で線をなぞり、形状等を認識することが可能となる（図3）。

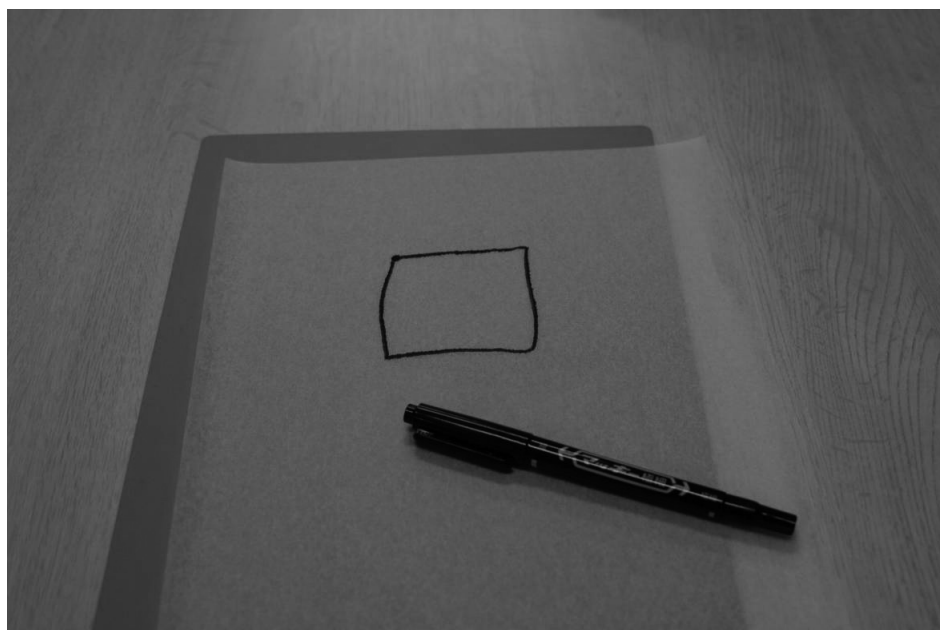


図3 レーズライター

2. 評価作業全体の流れ

評価作業全体の流れを Fig.4 に示す。ピンクの枠線で囲まれた部分が、児童の行なう模写の作業、青い枠線で囲まれた部分がコンピュータ上で処理する前の作業、そして赤い線で囲まれた部分がコンピュータ上で計算、比較する作業となっている。

- ① 手本の図、サンプル図は事前にパソコンに取り込んでおく。
- ② 児童はサンプル図を描き始める始点から触覚的に観察し、それと同じ形をレーザーライターにサンプル図と同じ位置の始点から模写する。(図4 参照)
- ③ 盲児童が描いた図、模写図は必ずしも閉領域になっているとは限らないので、描いた図の上を黒マーカーでなぞり、輪郭線で閉じられた図形にする。(図5 参照)
- ④ 修正した模写図をスキャナーで取り込み、比較、定量化の検討を行う。

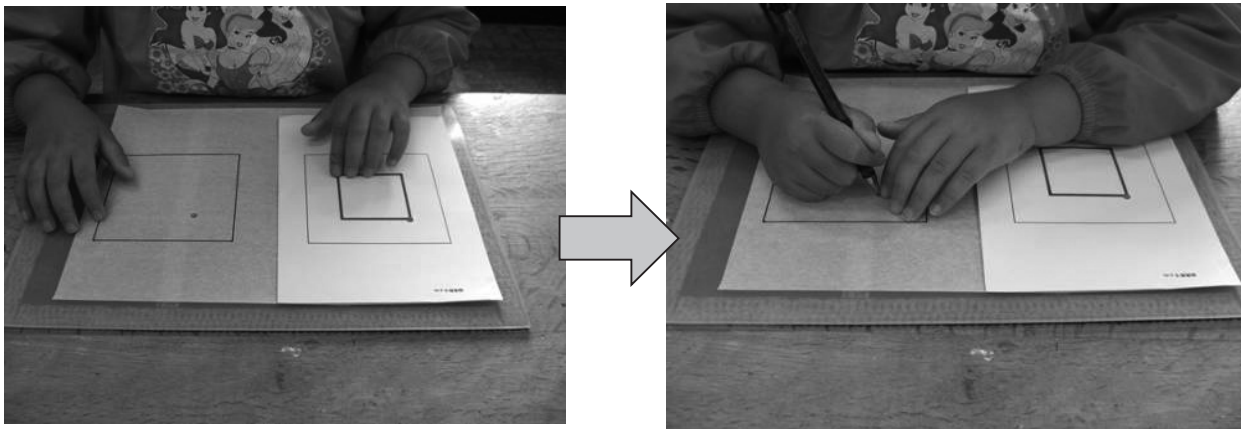


図4 サンプル図の触覚的観察、およびその模写

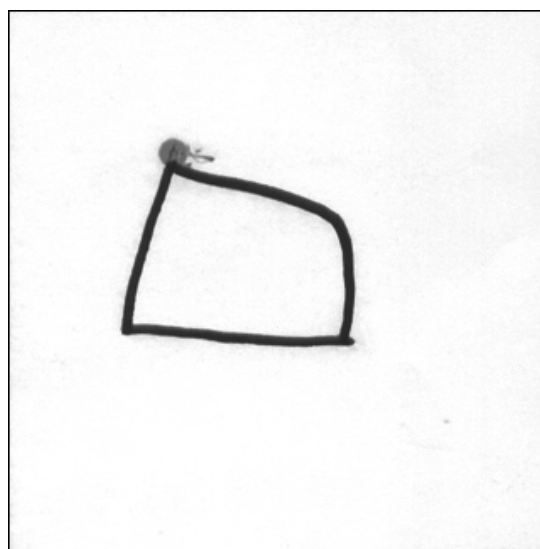


図5 黒マーカーによって閉じられた図形

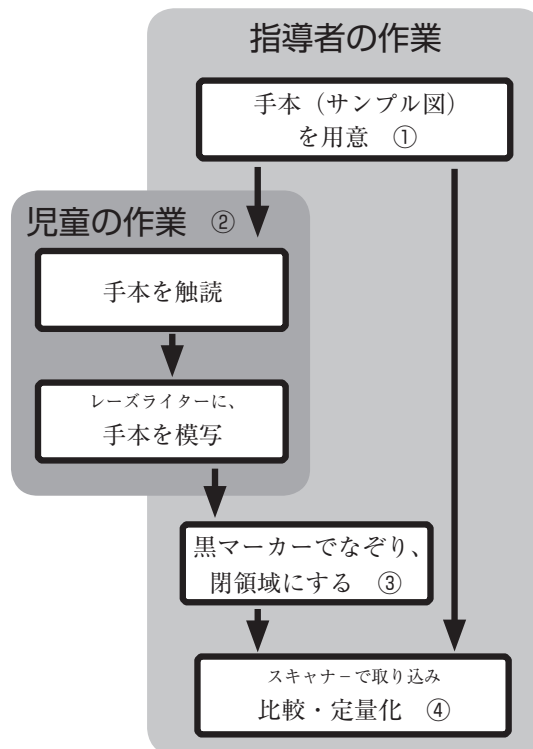


図6 評価作業全体の流れ

3. 模写の前提条件

(1) サンプル図

サンプル図と模写図の例を図7に示す。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、一辺10cm四方の枠内にサンプル図とフェルト生地で作られた直径5mmの始点を提示した。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。描く際の前提条件として、必ず始点から模写を開始し、輪郭線は黒、図形は一つの閉領域からなるものとする。

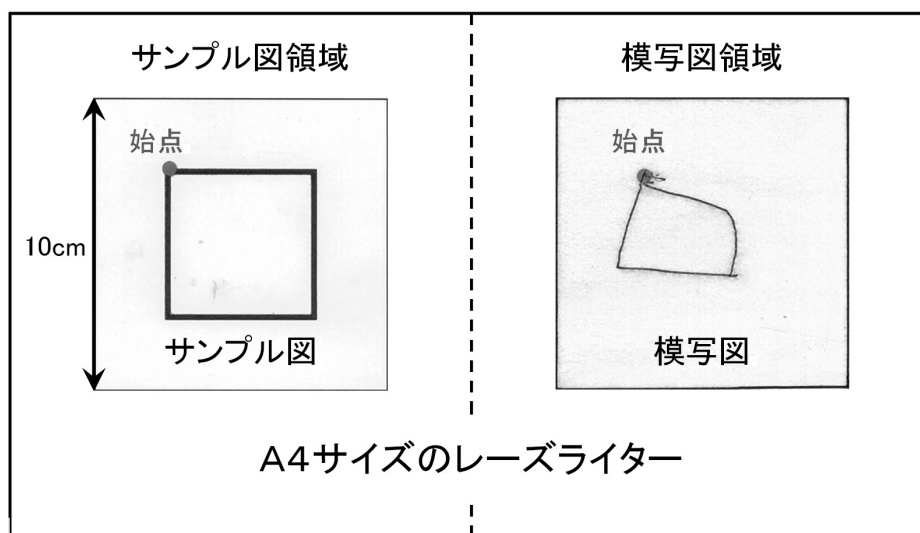


図7 サンプル図と複写図の例

(2) 模写の手順

児童が図形を模写する手順を以下に示す（図8）。

- ① サンプル図の凸部分を触読
- ② 模写図を描く際の始点を確認
- ③ 始点を基準として図形の模写を行なう
- ④ 同時にサンプル図を触読しながら模写を行なう。このとき児童にとって最も描きやすい方法で模写を行なわせるため、予め児童の利き手や姿勢などの癖を把握しておく。
- ⑤ 模写図の完成

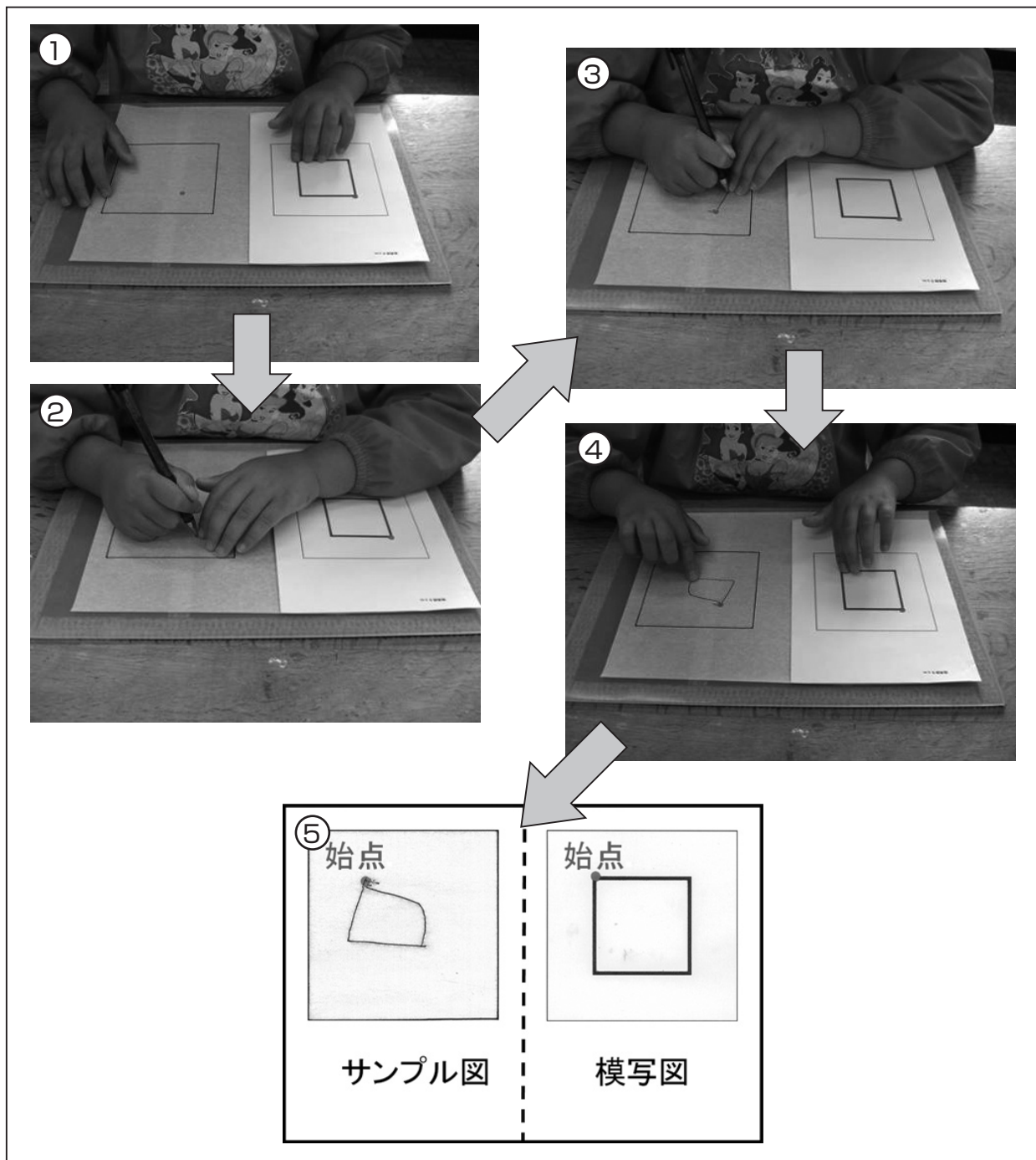


図8 模写の手順

(3) システムの前提条件

本システムでの評価のための描画課題及び電子画像データ化に際しては、以下のような条件に基づいた。

- ① PCへ取り込む画像サイズは一般的なスキャナーの最大サイズのA4とする。
- ② 解像度72pixels/inchでデジタル化する。
- ③ 描いた図はマーカーでなぞり黒とする。
- ④ 模写評価する図形は1つの閉領域からなるものとした。(図9参照)

(4) 取り込んだ図の前処理

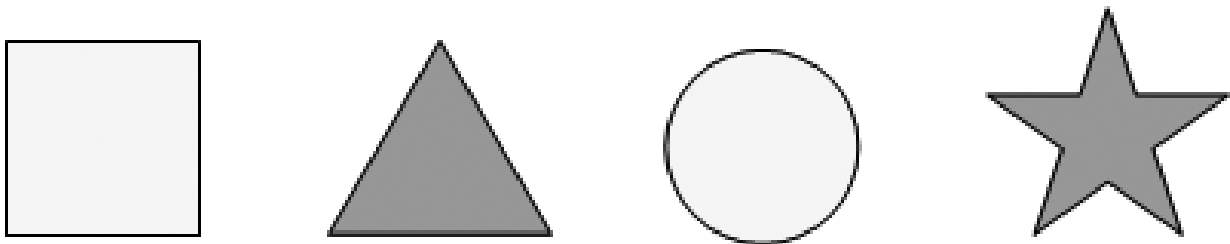


図9 閉領域からなる図形の例

前提条件に基づいてサンプル図、模写図の2枚を処理するために必要な前処理とデータ算出を以下の手順のプログラムで行う。

- ① 背景を白、輪郭線を黒にして2値化する。
- ② 始点の座標をマウスによる手作業で取得する。
- ③ Hilditch 細線化法により輪郭線細線化する。
- ④ 閉領域内のどこか1点をマウスでクリックして、シードピクセルを指定する。
- ⑤ 輪郭線で囲まれた閉領域内を塗りつぶして重心の座標を算出する。
- ⑥ 閉領域内のピクセル数—面積を算出する。

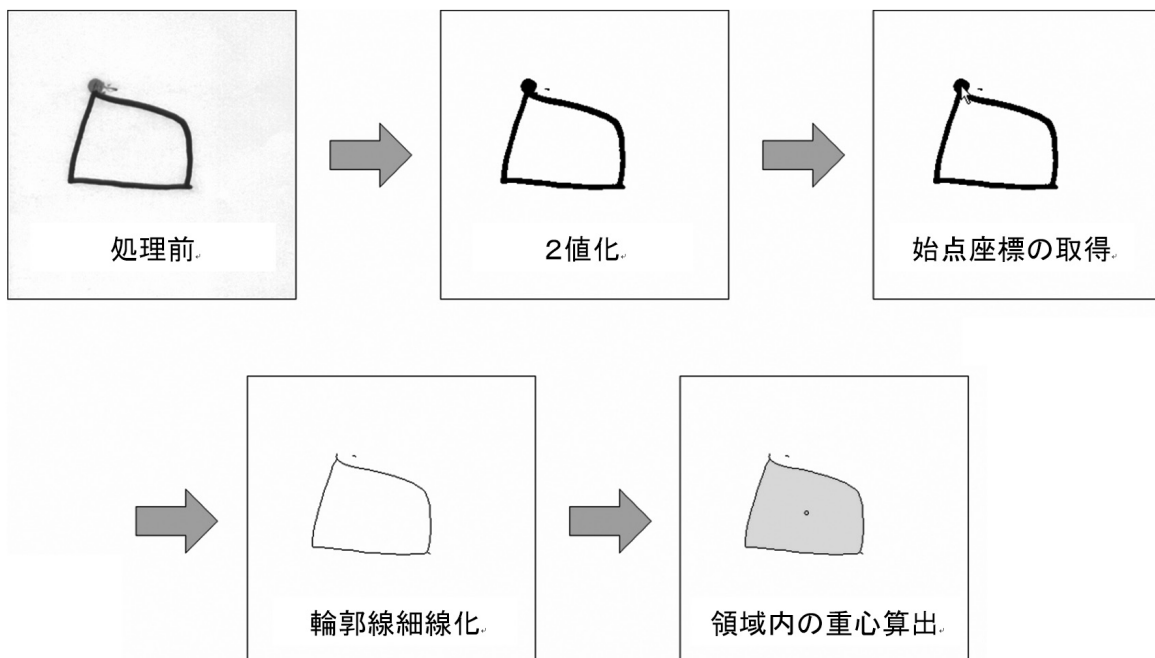


図10 前処理のフローチャート

4. 定量評価方法

(1) 面積、高さ、幅の評価

図 11 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 S_H と C_H 、幅を S_L と C_L 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。

$$\text{面積比} : Z = \left(1 - \frac{C}{S}\right) \times 100 [\%]$$

$$\text{高さの比} : Y = \left(1 - \frac{C_H}{S_H}\right) \times 100 [\%]$$

$$\text{幅の比} : X = \left(1 - \frac{C_L}{S_L}\right) \times 100 [\%]$$

サンプル図	模写図
面積 : S	面積 : C
高さ : S_H	高さ : C_H
幅 : S_L	幅 : C_L

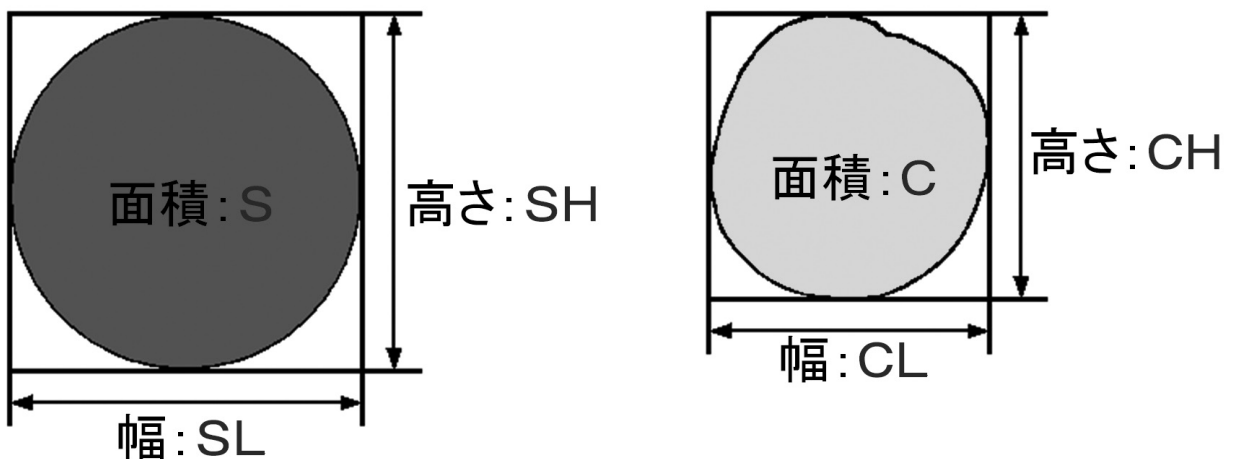
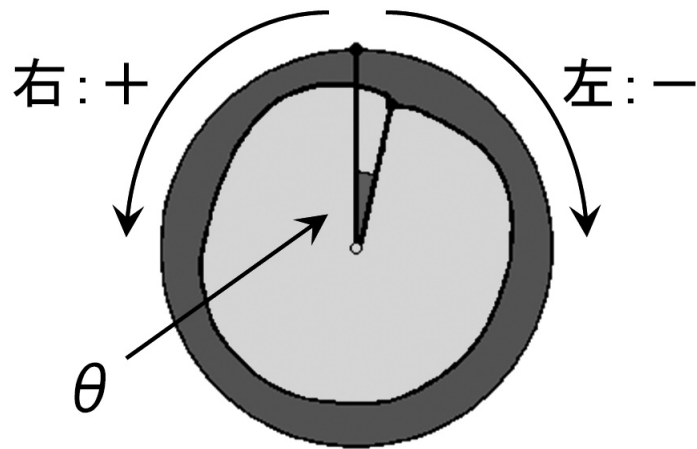


図 11 面積、高さ、幅の評価

(2) 傾きの評価

傾きの評価は、図 12 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 12 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 13)

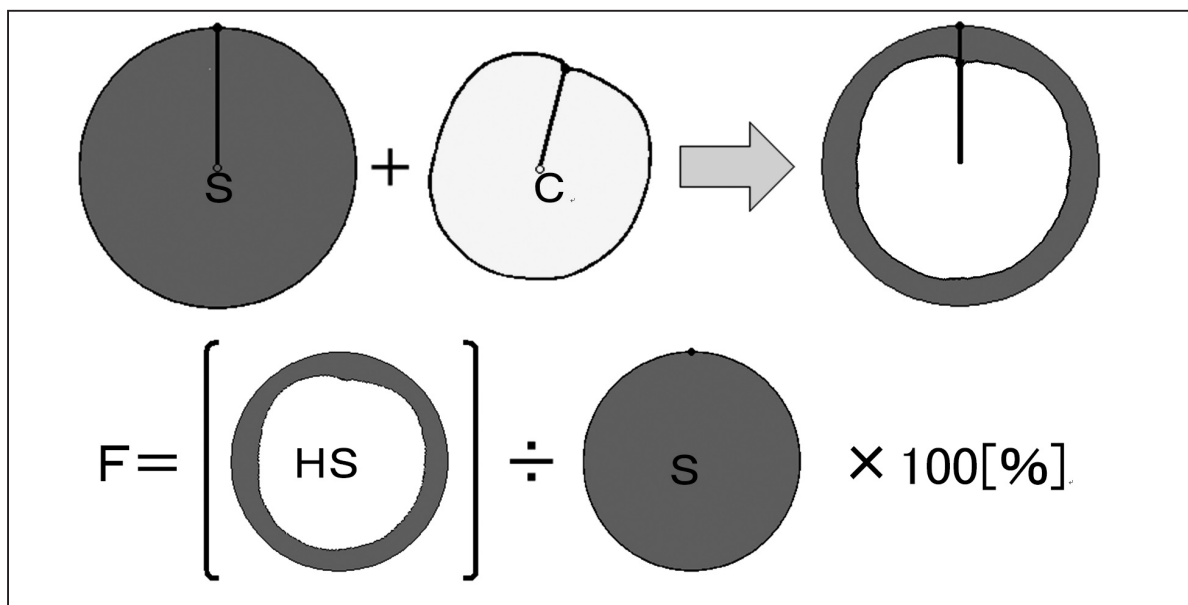


図 13 合同条件による形状正確度

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14に面積比と拡大・縮小したサンプル図の算出方法、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、値が大きいくほど形状が異なる。

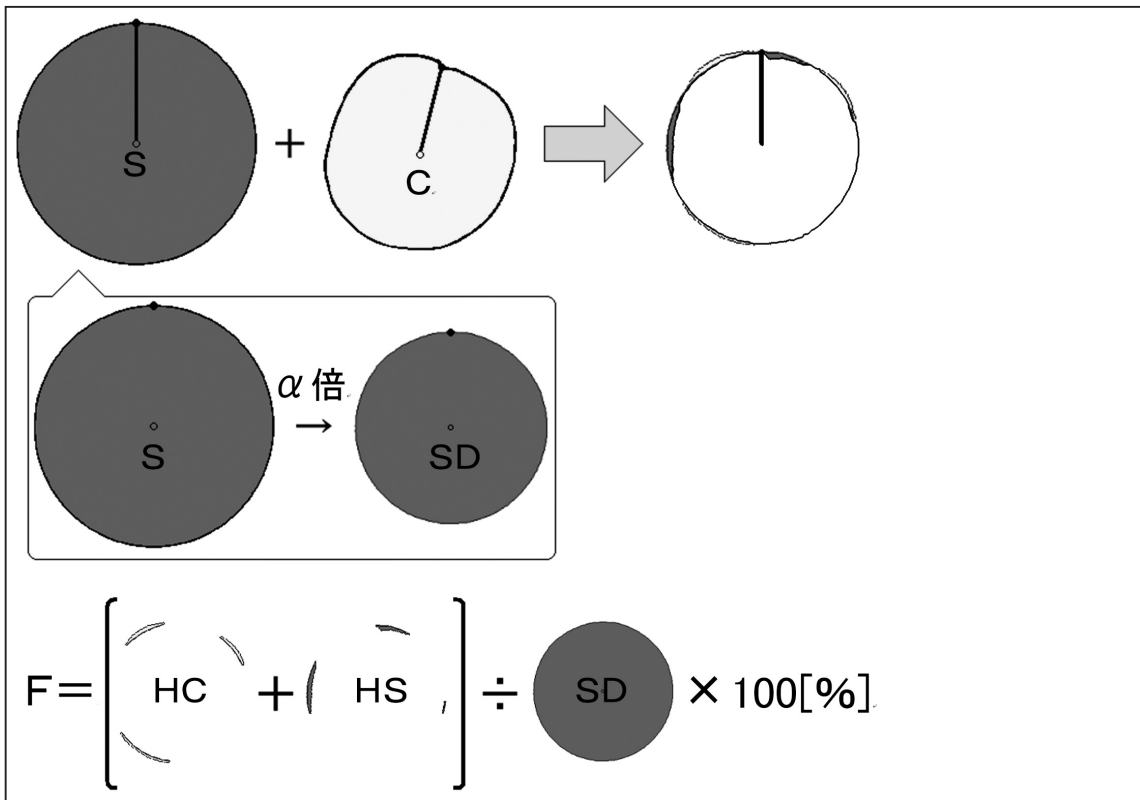


図14 相似条件による形状正確度

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。

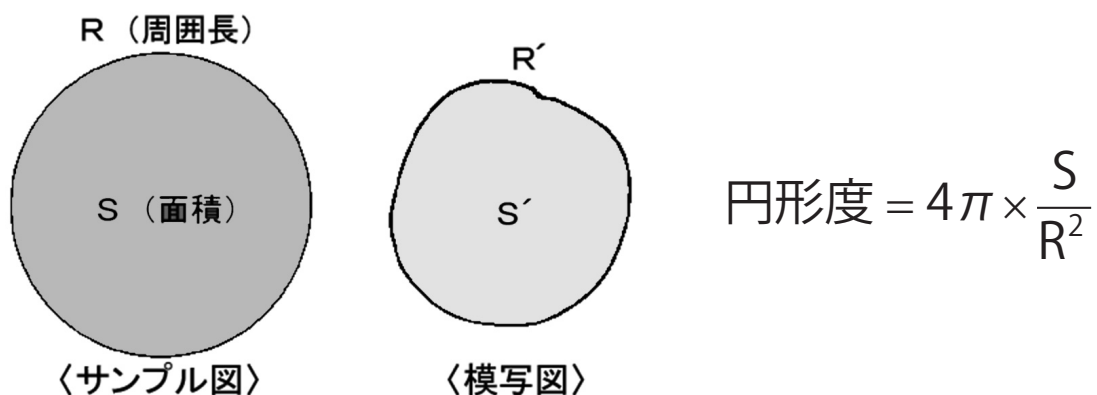


図15 円形度による形状正確度

5. 評価実験 (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。

F : 形状正確度

S : サンプル図の面積

HS : はみ出したサンプル図の面積

HM : はみ出した模写図の面積

SR : サンプル図の円形度

MR : 模写図の円形度

としたとき、

1) 合同条件及び相似条件での評価の計算式

$$F = \left(\frac{HS + HM}{S} \right) \times 100 [\%]$$

2) 円形度による評価の場合の計算式

$$F = \left(1 - \frac{MR}{SR} \right) \times 100 [\%]$$

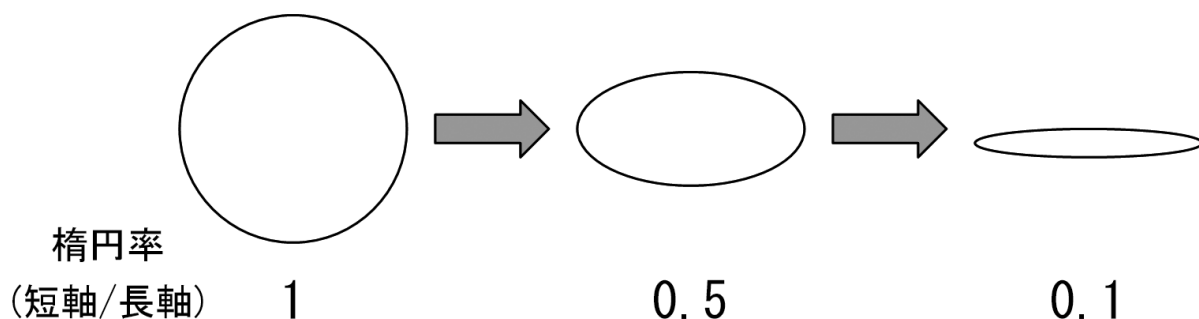


図 16 楕円率による円の変化

(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17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。

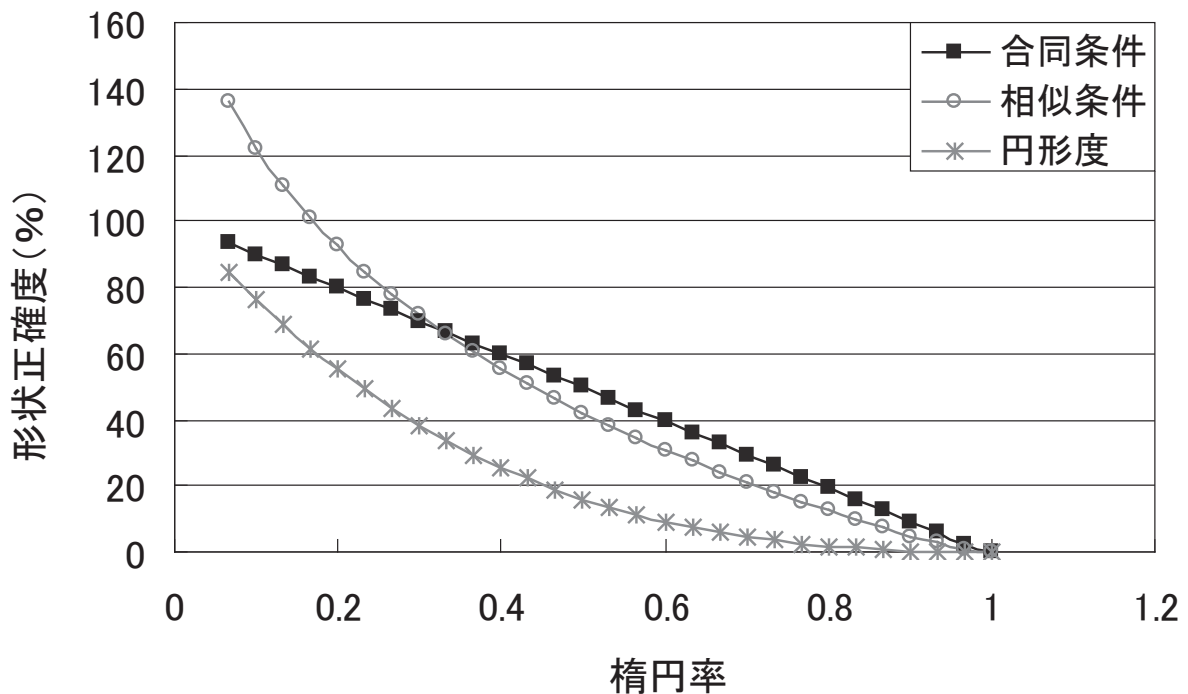


図17 楕円率の違いで変化する形状正確度

(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ことの原因として、各評価方法の特徴があげられる。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。そのため、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の評価に適していると思われる。

円形度の評価は他の2条件と異なり、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。形状だけを評価するのであれば、この評価が最も妥当な評価方法であるように思える。しかし、実際に児童が描いた図を用いた評価結果から、円形度の評価では図形の細かい所までは評価できないことが判明した。その原因としては、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未満に留まってしまう。そのため他の条件と比べて、円形度では形状の細部まで評価することができないということになる。

これらのことから、形状の類似度を評価する方法としては、相似条件が適していると考えられる。

6. 評価実験 (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い、合わせて主観による評価を行い。定量的な評価の妥当性を検証した。

(1) 方法

全盲児童にサンプル図を触知して模写する課題を課した。模写した図について面積、高さ、幅、傾きの評価と相似条件による形状の評価の5種類の定量的評価を行った。評価を実施するまでの手順は「3. 模写の前提条件」に、評価方法は「4. 定量評価方法」と同様に実施した。

1) 被検児 盲学校小学部中学年 全盲児童4名

2) 模写サンプル図 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。図18に真円、正三角形、正方形のサンプル図を示す。

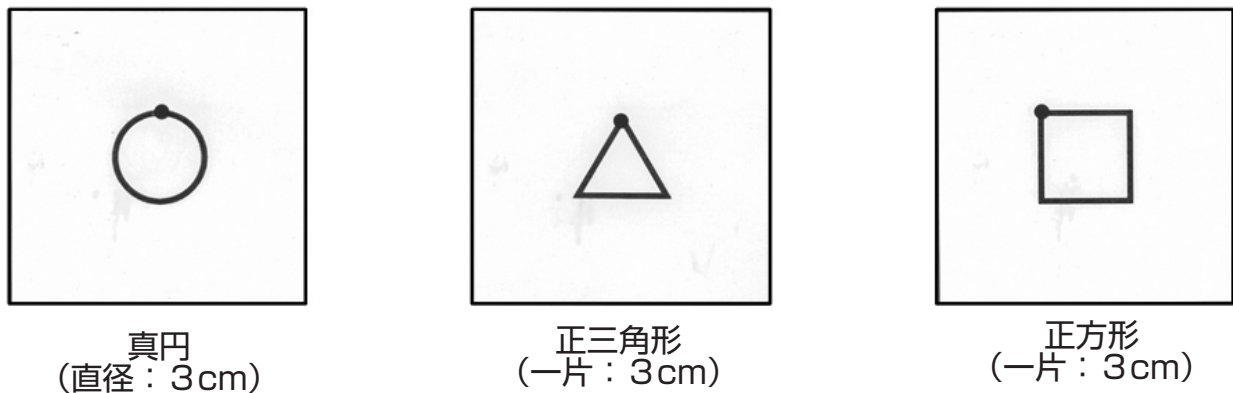


図 18 サンプル図

3) 方法 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19にサンプル図と模写図の例を示す。

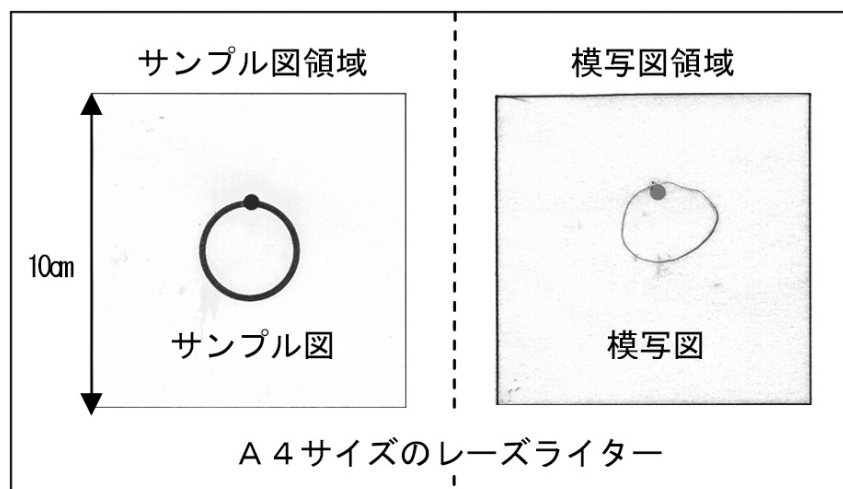


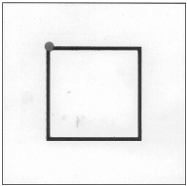
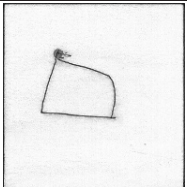
図 19 サンプル図と模写図の例

全盲児童の図形表象の評価に関する研究

A4サイズのレーズライターの半分をサンプル図領域とし、一辺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。

(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20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
 ↑ 4：ややサンプル図に近い
 評価 3：見本に見えなくもない
 ↓ 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20 評価表の例、及び5段階評価の選択肢

(2) 測定結果

サンプル図と4名の児童による模写図及び評価システムによる定量評価と主観による評価の結果を表1に示した。

模写図の特徴から正方形及び真円に比べて、正三角形が描きにくかったという印象を受ける。

表1の模写図について、面積、高さ、幅、傾き、形状の評価項目ごとに定量評価と主観評価の相関をみるために相関図で表したものが図21である。

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している。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。

極端に他と異なるプロット点を除外して相関係数を算出したところ、面積については $R^2=0.14$ であった。プロットした点がばらついている傾向が示された。高さは、 $R^2=0.15$ であった。点が固まっており相関関係が高いとは認められなかった。幅、傾き、形状の R^2 はそれぞれ0.38、0.4、0.61であった。これらはプロット点がほぼ直線状になっており、主観と定量評価の相関が高いことを示している。特に形状については見解の一致度高かったといえる。

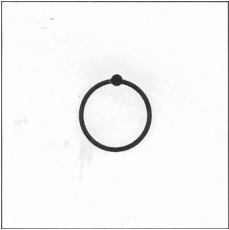
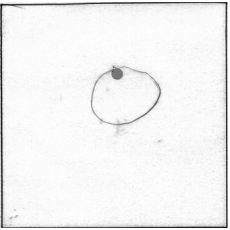
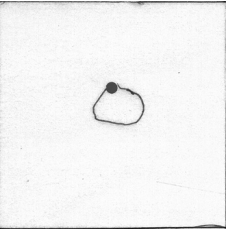
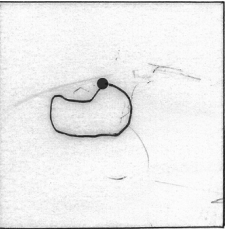
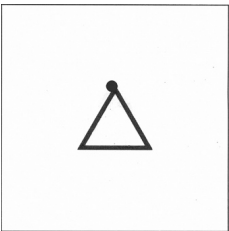
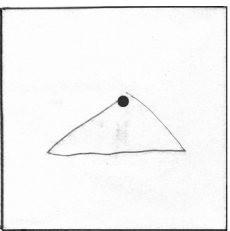
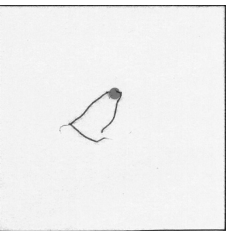
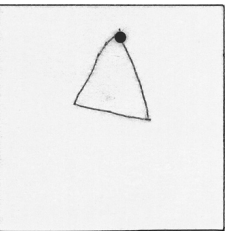
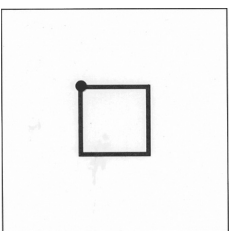
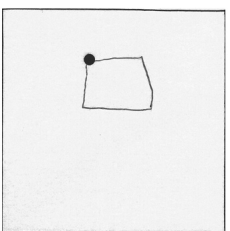
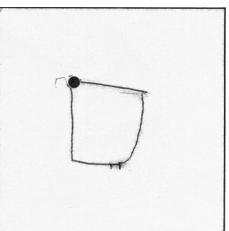
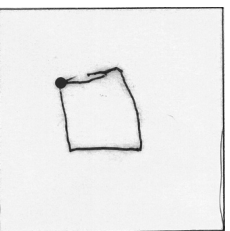
	①児童名 ②学年 ③利き手 ④使用文字		
サンプル図	①A児 ②小4年 ③左利き ④点字	①B児 ②小3年 ③右利き ④点字	①C児 ②小4年 ③右利き ④点字
 <p>真円 直径3cm</p>			
面積	19.06	61.75	15.21
高さ	14.29	44.9	24.75
幅	0.00	28.28	-18.18
傾き	15.71	19.16	16.23
形状	10.01	30.30	45.30
 <p>正三角形 一辺3cm</p>			
面積	-124.49	38.74	-70.34
高さ	-9.64	14.46	-40.00
幅	-109.57	73.40	-12.77
傾き	10.91	36.81	5.41
形状	49.68	43.23	14.93
 <p>正方形 一辺3cm</p>			
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

表1 サンプル図、及び児童が描いた模写図

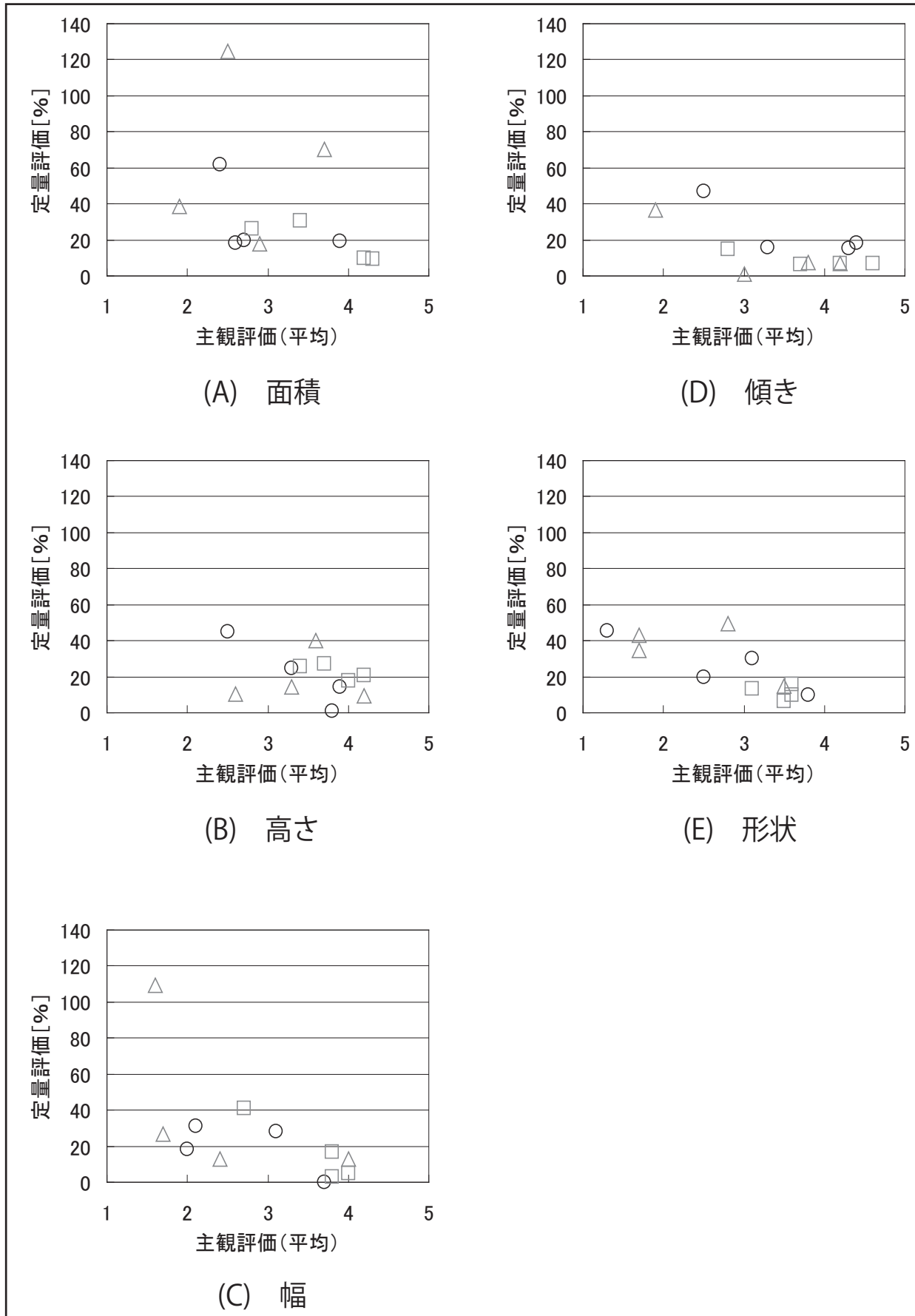


図 21 定量評価と主観評価の相関図

(3) 考察

1) 各評価方法に対する考察

実際に盲児童が描いた真円、正三角形、正方形を面積、高さ、幅、傾きと相似条件による形状の評価の5種類で定量評価し、その結果と晴眼者による主観的評価と比較して、定量評価の妥当性を検証した。

形状、高さ、幅、傾きの評価項目については、主観と定量の評価の見解の間に相関関係が認められた。とくに、形状については、図形によって多少のばらつきはみられるものの、評価項目の中で最も高い相関関係が示され、定量と主観の一致度が高いことが認められた。このことは、相似条件による形状の評価が評価尺度の中ではもっとも正確な評価が可能であることを示しているといえる。

逆に面積では相関関係が低く、主観と定量評価の見解が一致しにくく、本システムでの評価法として適していないことがわかった。面積が同じであっても、形状に依存してしまうために正確な評価が困難になるものと考えられる。

2) 各図形について

正四角形、正三角形、真円の各図形の評価の結果から、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り、逆に描画しにくい図形は斜め成分が多い正三角形や、曲線である真円であることがわかった。これは、久保田（1970）が幼児を対象に実施した図形模写の実験結果と同様の傾向であった。このことは全盲児童への図形描画の指導においても、水平・垂直成分を多く含む図形で経験を積ませ、その上で斜め成分や曲線の成分を含む図形へと発展させていくことが望ましいということを示唆している。

おわりに

本研究では、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の開発に取り組んだ。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。その結果、それらの中では、相似条件による形状の評価が適切であるとわかった。更に実際に盲児童が描いた真円、正三角形、正方形を面積、高さ、幅、傾きと相似要件による形状の評価の5種類で定量評価し、その結果と晴眼者による主観的評価と比較して、定量評価の妥当性を検証した。

その結論として形状、高さ、幅、傾きの評価項目は、主観と定量的評価で見解が一致し、逆に面積では一致しなかった。児童が学習をする上で重要である形状について、この定量評価方法で正確に評価が可能であることがわかった。逆に、面積の評価では主観と定量的の見解が正方形を除いて一致しないことが示され、実際の学習活動において、この評価法を用いることは望ましくないと思われた。

今後の課題として、現在の評価方法の妥当性を確認するために、現行の基本図形だけではなく複雑な図形による評価数の増加などを行なう必要がある。さらに今回開発したシステムの評価作業過程ではシステムを利用する前に模写図を修正したりスキャナーで取り込むなどの操作が入ったりして、作業が多く繁雑であることから、操作性の向上や作業時間の短縮などを考慮した評価システムの改善に努めていく必要がある。

また今回、形状を評価するために検討した尺度は合同条件、相似条件、円形度など主に面積から形状を算出するものであったが、Shape Context(Belongie, S. Malik, J. Puzicha 2002)のような図形の輪郭情報から形状の評価を行なうものなど、様々な図形の相似性を評価する尺度がある。現行の評価尺度との比較、検討を進め、さらに正確に評価でき、使い勝手の良い評価システムの開発を進めていきたい。

謝 辞

本研究の主目的である図形模写評価システムのアイデアが実際に構築できたのは、共同研究分担者である東京工芸大学チームの貢献によるものです。とくに、橘田氏の精力的な努力によって本システムが日の目を見ることが可能となったといっても過言ではありません。また、付録の視覚障害教育用図形模写評価システムの使用法マニュアルは橘田氏によってまとめられたものです。東京工芸大学久米祐一郎先生、栗林秀範氏、橘田未有氏のご尽力に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] Belongie, S. Malik, J. Puzicha : Shape Matching and Object Recognition Using Shape Context, IEEE PAMI 24(24), 509-522, 2002.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 平林 浩 : 『しのぶちゃん日記～目が見えなくても、みんなといっしょ～』, 太郎次郎社, 1981
- [7] 井上誠喜 他 : C 言語で学ぶ実践画像処理, オーム社
- [8] 香川邦生 : 小学部における年間指導計画, 東京教育大学附属盲学校 養護・訓練公開授業資料「本校における養護・訓練＝その歩みと方向に」15-42, 1975
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 平林 雅英 : Windows プログラムを 10 倍強力に作る. 共立出版
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 大内 進 : 全盲児の触図模写とハプティック知覚, 日本特殊教育学会第 39 回大会発表論文集, 2001.
- [19] 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.
- [20] 眞田英進 : 精神遅滞児における描画能力に関する研究 : 人物描画とバンダー図形模写からの検討. 研究論文集
- [21] 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.

[22] 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.

[23] 筑波大学附属盲学校小学部盲教育研究グループ：盲児用基本漢字学習辞典「漢字入門」の作成. 筑波大学附属盲学校研究紀要, 7-12, 1988

視覚障害児教育用
図形模写評価システムの使用法

マニュアル

1. 概要

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（以下サンプル図）の図形をレーザーライター（表面作図器）で模写して形状を学習する。現在、模写した図形の評価は指導者の主観に委ねられているが、より客観的な評価に基づいた的確なフィードバックをするためには、児童が模写した図形の形状や大きさの簡便な定量的評価が望まれる。

本ソフトウェアはPCを用いてサンプル図と児童が描いた模写図の面積、高さ、幅、図形の傾き、形状の正確性を客観的に定量評価する。

2. 評価作業全体の流れ

評価作業全体の流れを Fig.1 に示す。ピンクの枠線で囲まれた部分を児童が手作業で行なう作業、青い点線で囲まれた部分を指導者が手作業で行なう作業、赤い2重線で囲まれた部分を指導者がPC上で行なう作業とする。

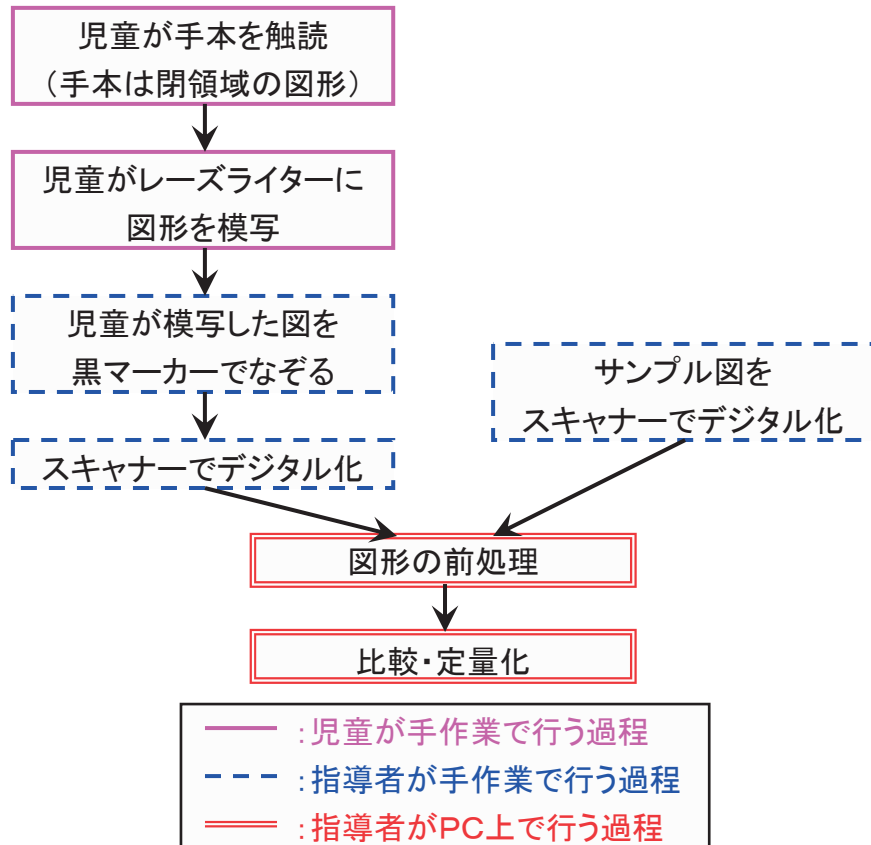


Fig.1 評価作業全体の流れ

3. 児童が手作業で行なう過程

児童が手作業で行なう過程として、模写図を描く前の準備、模写の手順と分けて以下に詳しく説明する。

3-1 模写図を描く前の準備

サンプル図と模写図の例を Fig.2 に示す。A4サイズのレーズライターの半分をサンプル図領域とし、一辺 10cm 四方の枠内にサンプル図とフェルト生地で作られた直径 5mm の始点を提示する。残り半分を模写図領域とし同様に枠と始点を提示する。これは児童が大きさを認識して描くためである。描く際の前提条件として、必ず始点から模写を開始し、図形は輪郭線が 1 色、一つの閉領域からなるものとする。

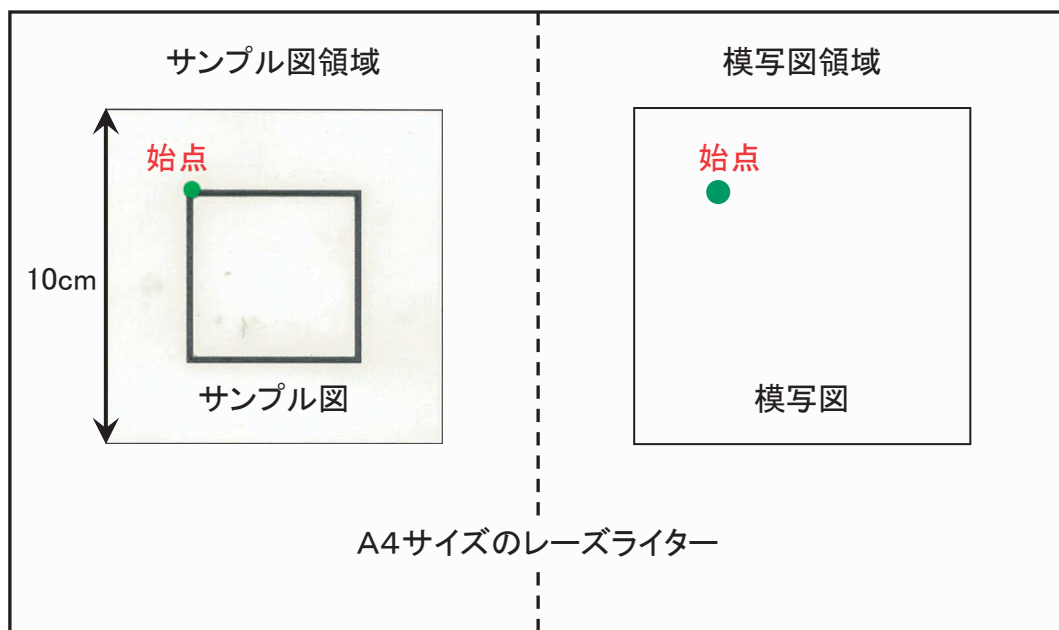


Fig.2 サンプル図と模写図の例

3-2 模写の手順

児童が図形を模写する手順を Fig. 3 に示す。

- ① サンプル図の凸部分を触読
- ② 模写図を描く際の始点を確認
- ③ 始点を基準として図形の模写を行なう
- ④ 同時にサンプル図を触読しながら模写を行なう。このとき児童にとって最も描きやすい方法で模写を行なわせるため、予め児童の利き手や姿勢などの癖を把握しておく。
- ⑤ 模写図の完成

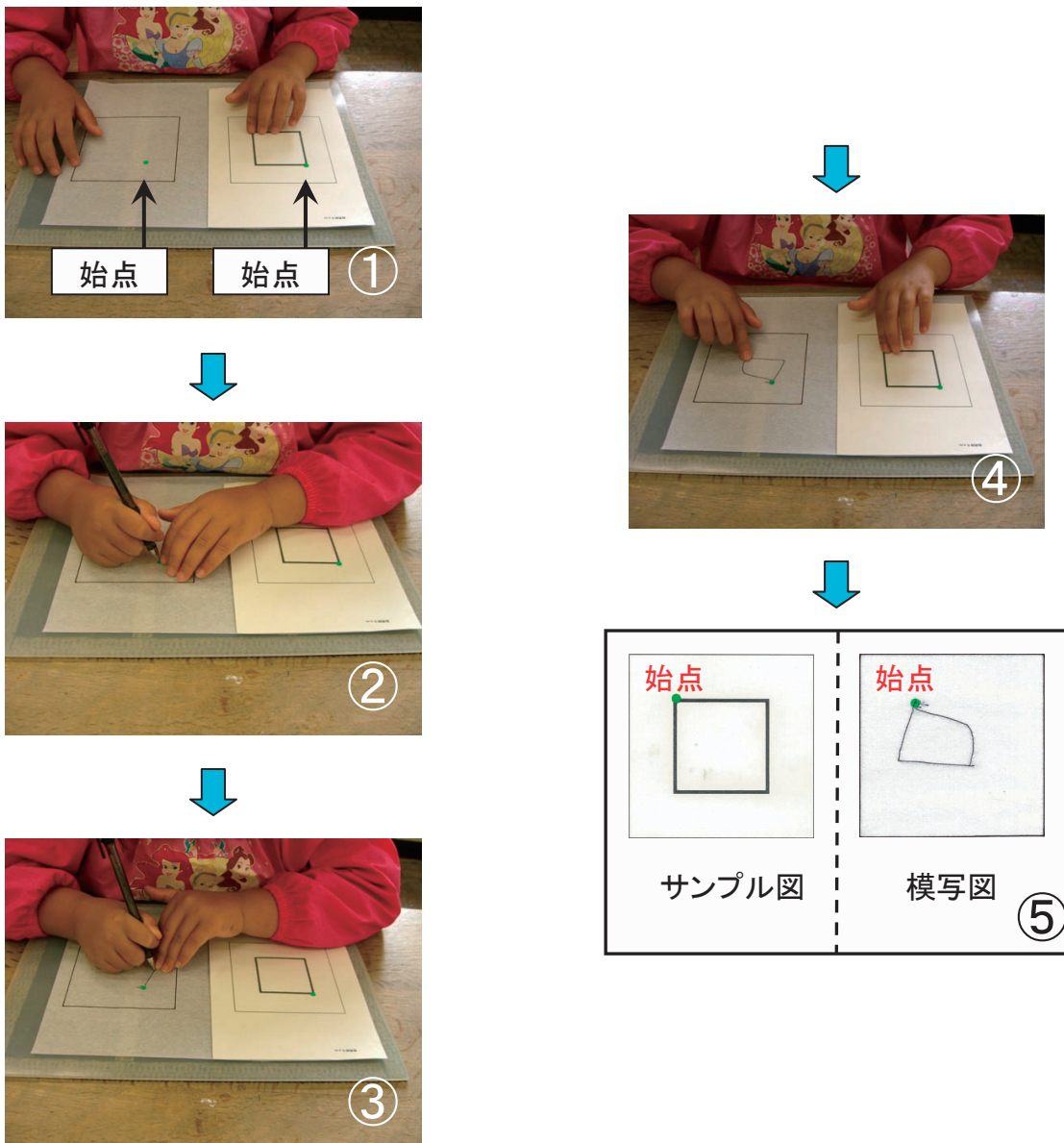


Fig. 3 模写の手順

4. 指導者が手作業で行なう過程

指導者が手作業で行なう過程のフローチャートを Fig.4 に示す。サンプル図、模写図を PC へ取り込む手順について詳しく説明する。

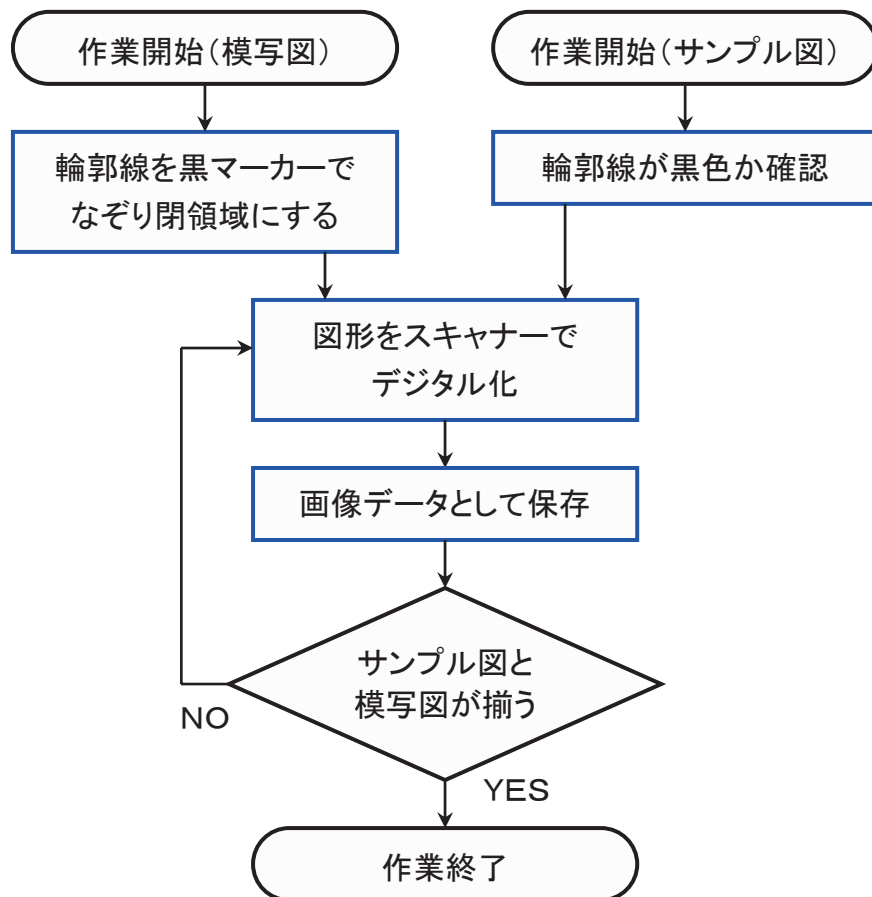


Fig. 4 指導者が手作業で行なう過程

4-1 サンプル図をPCへ取り込む手順

- ① PCのデスクトップ上に新しくフォルダを作る。
- ② サンプル図の輪郭線が黒であり、1つの閉領域からなる図形であることを確認する。
黒でない場合は黒マーカーで輪郭線をなぞる。
- ③ 3-1のFig.2におけるレーズライターのサンプル図領域を24ビット、フルカラーモードにしてスキャナーで取り込む。
- ④ 「画像解像度」を85.3pixel/inchに設定する。
- ⑤ 「画像サイズ」をA5サイズにする。
- ⑥ 画像はファイル名をつけてビットマップ形式(bmp)として①で作ったフォルダに保存する。

4-2 模写図をPCへ取り込む手順

- ① レーズライターの模写図の輪郭線を黒マーカーでなぞり、1つの閉領域からなる図形にする。

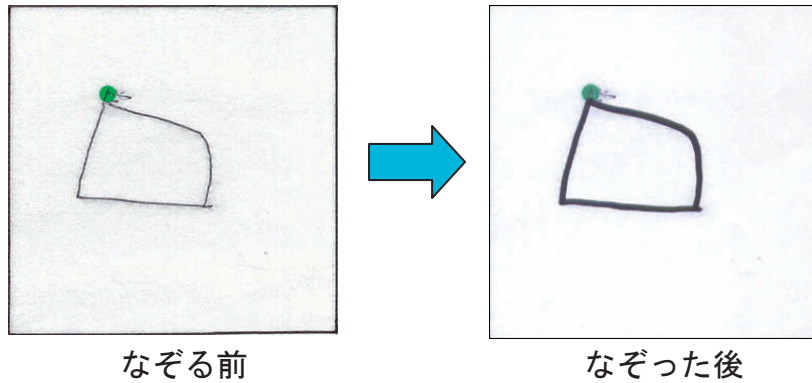


Fig. 5 輪郭線を黒マーカーでなぞる

- ② 3-1のFig. 2におけるレーズライターの模写図領域を24ビット、フルカラーモードにしてスキャナーで取り込む。
- ③ 「画像解像度」を85.3pixel/inchに設定する。
- ④ 「画像サイズ」をA5サイズにする。
- ⑤ 画像はファイル名をつけてビットマップ形式(bmp)として4-1の①で作ったフォルダに保存する。

5. 指導者がPC上で行なう過程

指導者がPC上で行なう過程は、定量評価プログラムによるものである。定量評価プログラムは形状の評価尺度ごとに合同条件、相似条件、円形度の3種類とする。ここでは定量評価を行なう前のPCの準備、定量評価項目の概要、合同条件、相似条件、円形度の定量評価のプログラムの手順について詳しく説明する。

5-1 定量評価を行なう前のPCの準備

- ① CD-ROMに入っているプログラム(『評価尺度の名前』.exe)を4-1の①で作ったフォルダに保存する。これは被験者毎にフォルダを分けると便利である。
- ② 使用するパソコンの色の設定が「True Color(24ビットもしくは1677万色以上)」になっているか確認する。

※ 色の設定の確認方法

起動画面上(デスクトップ)で右クリック → 「プロパティ」を選択 → 「画面のプロパティ」の「設定」を選ぶ → 次ページ図1のような画面が出現する → 「色」から「True Color(24ビット)」を選択(図1の丸で囲まれた部分) → 「OK」を選択。

「True Color(24ビット)」が無い場合は24ビット以上の色数(例として「True Color(32ビット)」)を選択する。(Fig.6を参照)

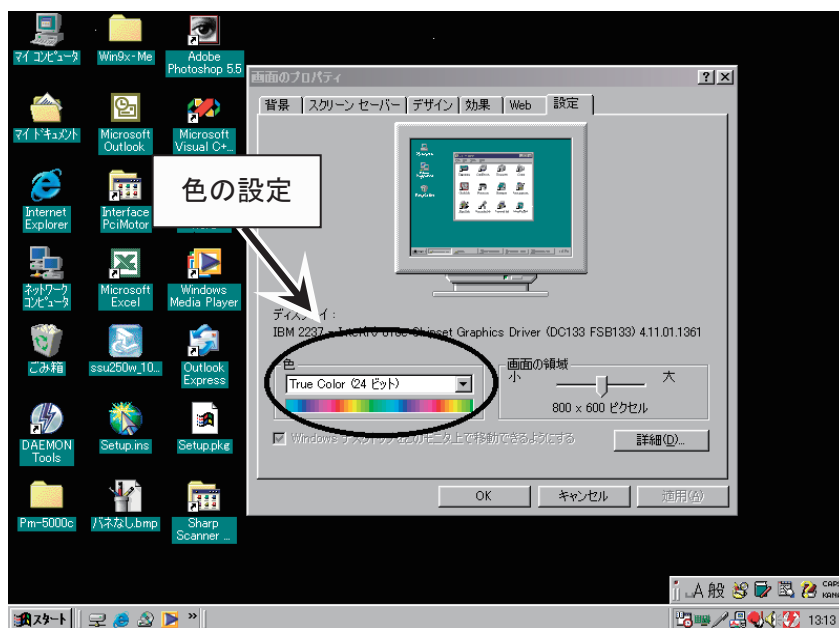


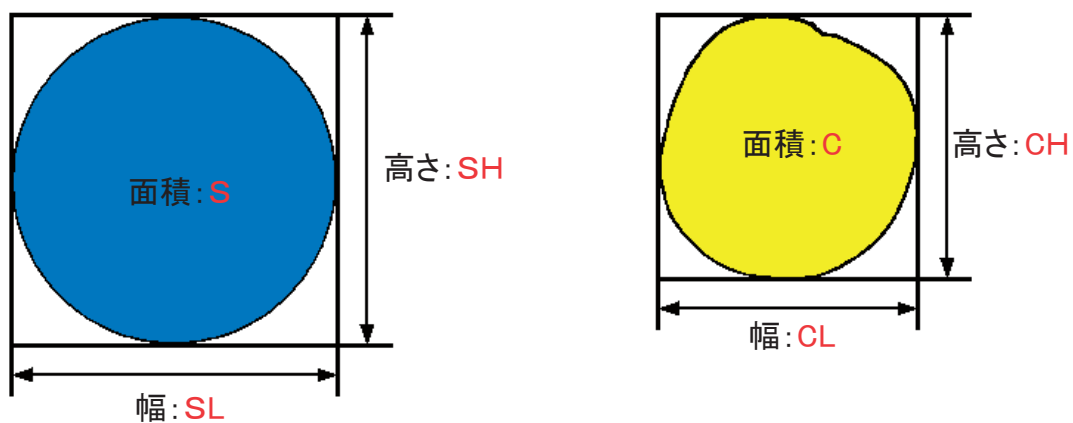
Fig.6 画面のプロパティの設定

5-2 定量評価項目の概要

ここではサンプル図と模写図を定量評価する評価項目の概要を説明する。評価項目は面積、高さ、幅、傾き、形状の5種類とする。更に形状の評価は合同条件、相似条件、円形度の3種類とする。

5-2-1 面積、高さ、幅の評価

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。Fig.7に面積、高さ、幅の算出方法を示す。図形同士各要素が同じとき基準の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。



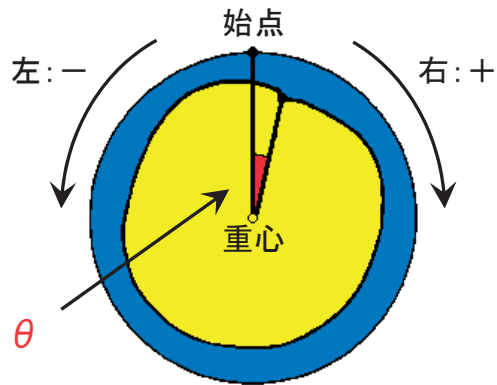
サンプル図の面積 : S 模写図の面積 : C
サンプル図の高さ : SH 模写図の高さ : CH
サンプル図の幅 : SL 模写図の幅 : CL

面積比 : $Z = (1 - C/S) \times 100$ [%]
高さの比 : $Y = (1 - CH/SH) \times 100$ [%]
幅の比 : $X = (1 - CL/SL) \times 100$ [%]
(範囲 : $-\infty \sim 100$)

Fig.7 面積、高さ、幅の評価

5-2-2 傾きの評価

サンプル図と模写図の重心を重ね合わせる。このときサンプル図の始点—重心間のベクトルに対して模写図のベクトルの作る角度を θ とし、図形の傾きの評価とする。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。(Fig. 8 参照)

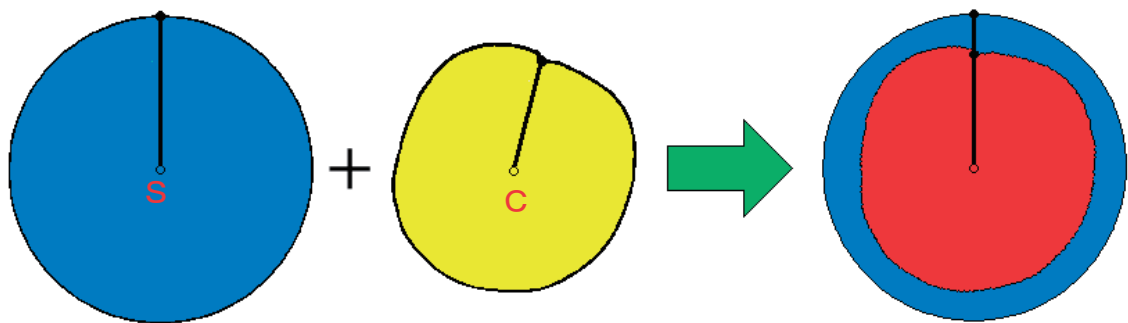


サンプル図に対して模写図が傾いている角度： θ （範囲： $-180^\circ \sim 180^\circ$ ）

Fig. 8 傾きの評価

5-2-3 合同条件による形状の評価

サンプル図(S)と模写図(C)のそれぞれの重心を基準とし、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)とはみ出た模写図(HC)の面積を算出し、サンプル図(S)の面積で除して形状の評価(F)を求める。Fig.9 に形状の評価の算出方法を示す。図形同士の形状が合同のときを基準の0とし、値が大きいくほど形状が異なる。なお値が100を超えたときは、はみ出た部分の面積(HS+HC)がサンプル図の面積(S)より2倍以上であることを示している。



はみ出たサンプル図の面積 : HS
はみ出た模写図の面積 : HC (下図ではHSのみ)
形状の評価 (合同条件) : F (範囲 : 0~∞)

$$F = \left[\text{HS} \right] \div \text{S} \times 100[\%]$$

Fig.9 合同条件による形状の評価

5-2-4 相似条件による形状の評価

5-2-3で述べた方法では、形状が類似でも大きさが異なると評価値が悪くなる。これは大きさと形状を同時評価しているためである。しかし大きさが異なっても形状を正しく模写できる場合も多い。そこで大きさの要素を取り除き、形状のみの評価を行なうために以下の評価尺度を考案した。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の評価を求める。

Fig. 10 に面積比と拡大・縮小したサンプル図の面積の算出方法、及び形状の評価の算出方法を示す。図形同士の形状が同じ、すなわち相似のときを基準の0とし、値が大きいほど形状が異なる。なお値が100を超えたときは、合同条件の形状の評価と同様に、はみ出た部分の面積(HS+HC)がサンプル図の面積(S)より2倍以上であることを示している。

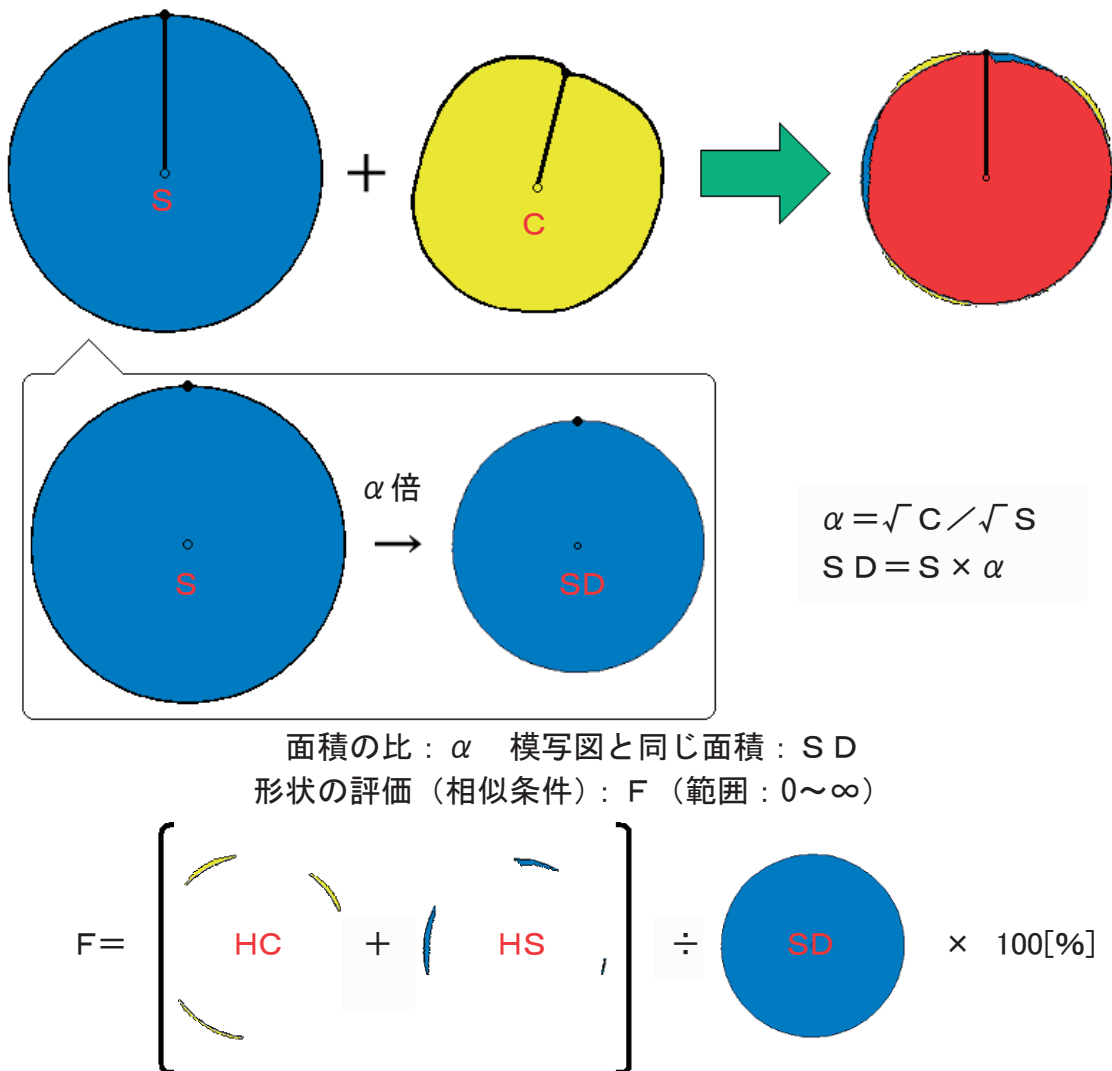
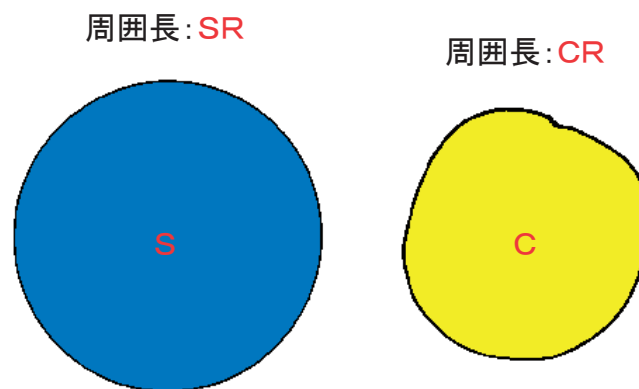


Fig. 10 相似条件による形状の評価

5-2-5 円形度による形状の評価

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、その比を形状の評価とする。図形の面積を周囲長の2乗で除し、 4π を乗じたものを円形度の算出方法とする。

サンプル図、模写図共に円形度を算出し、模写図の円形度をサンプル図の円形度で除して形状の評価を求める。Fig. 11 に円形度の算出方法、及び形状の評価の算出方法を示す。なお他の形状の評価方法と同様に基準を0に統一するため、算出方法を以下のようにした。なお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るので、比にしたときの形状の評価の範囲は他2つの評価と違い、0から100未満しかない。



サンプル図の周囲長 : SR 模写図の周囲長 : CR

サンプル図の円形度 : $SE = 4\pi \times S / (SR)^2$

模写図の円形度 : $CE = 4\pi \times C / (CR)^2$

(円形度の最大値=1)

形状の評価 (円形度) : $F = (1 - CR / SR) \times 100[\%]$ (範囲 : 0~100)

Fig. 11 円形度による形状の評価

5-3 定量評価プログラムの手順

形状の評価尺度は合同条件、相似条件、円形度と3種類あるが、算出方法がそれぞれ異なりプログラムが個別となっている。ここではプログラム別に手順を説明する。なお面積、高さ、幅、傾きの評価項目は合同条件のプログラム手順から算出する。

5-3-1 合同条件による定量評価プログラムの手順

① プログラムの起動

① 4-1の①で作ったフォルダを開いて、合同条件.exe をダブルクリックし、プログラムを開く。

② サンプル図のデータ算出

②-1 サンプル図のファイル名を入力して画像を表示する。

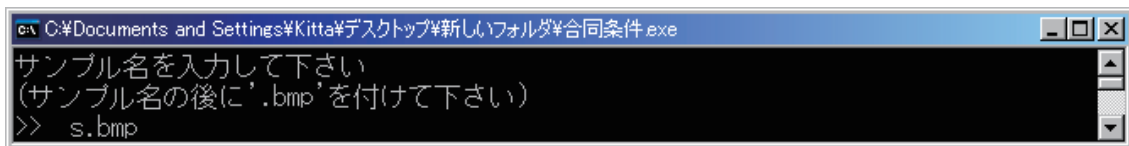


Fig. 12 サンプル図のファイル名入力

②-2 【自動処理】背景を白(255, 255, 255)、輪郭線を黒(0, 0, 0)の2値化する。

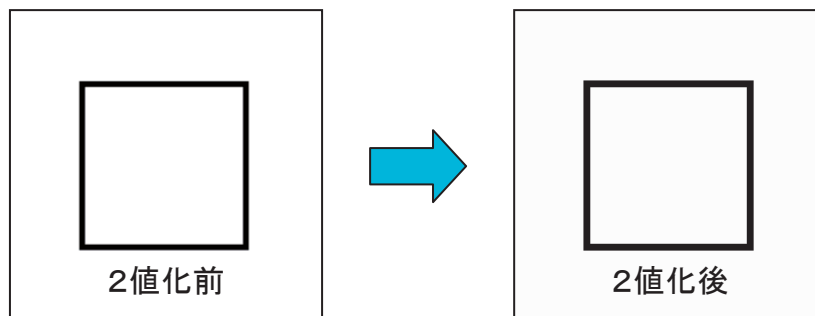


Fig. 13 サンプル図の2値化

②-3 サンプル図の始点をマウスでクリックして始点の座標を取得する。

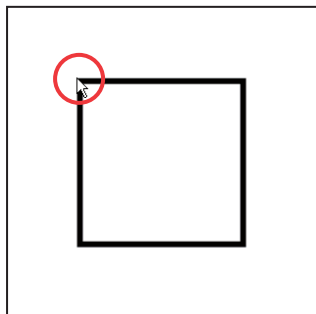
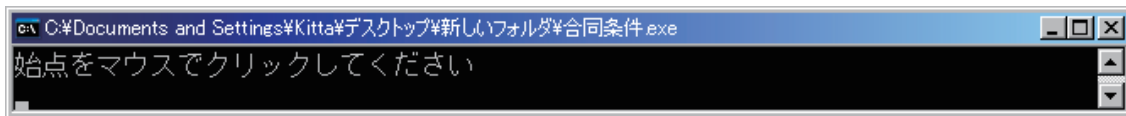


Fig. 14 サンプル図の始点座標の取得

②-4 【自動処理】 Hilditch の細線化法により輪郭線を細線化する。

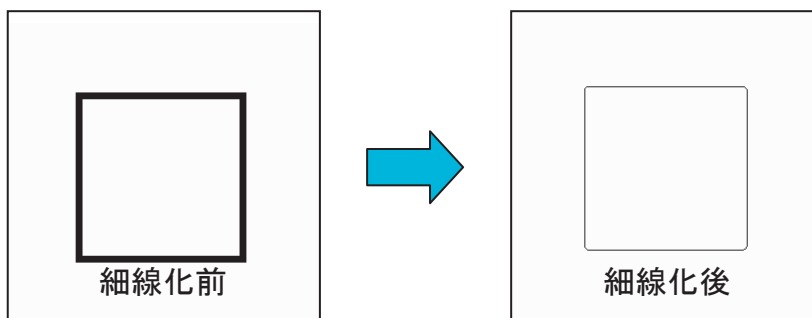


Fig. 15 サンプル図の輪郭線細線化

②-5 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。

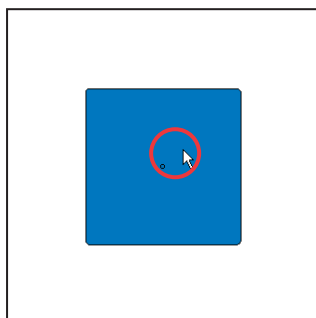
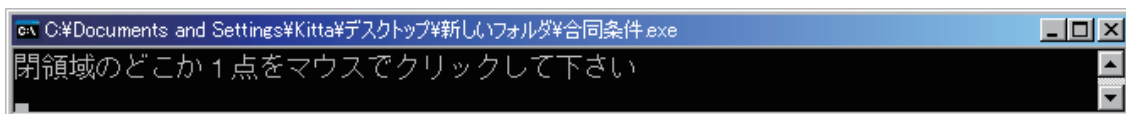


Fig. 16 サンプル図の閉領域内塗りつぶし

- ②-6 【自動処理】 閉領域の重心の座標を算出する。
- ②-7 【自動処理】 閉領域内のピクセル数(面積)を算出する。
- ②-8 【自動処理】 高さと幅を算出する。

③ 模写図のデータ算出

- ③-1 模写図のファイル名を入力して画像を表示する。

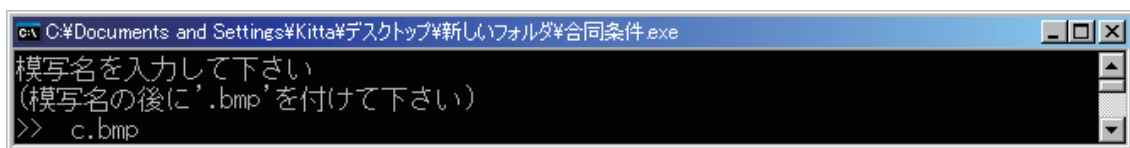


Fig. 17 模写図のファイル名入力

- ③-2 【自動処理】 背景を白(255, 255, 255)、輪郭線を黒(0, 0, 0)の2値化する。

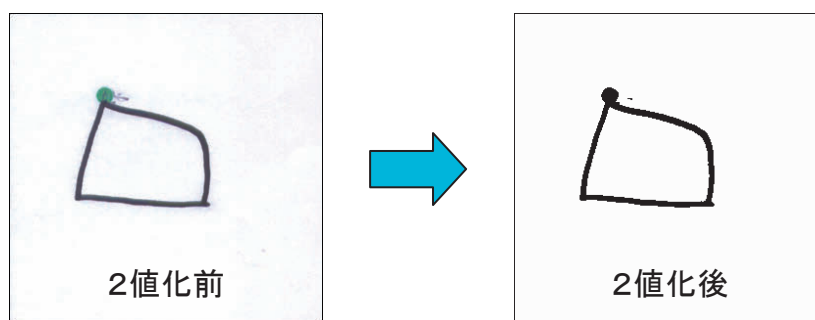


Fig. 18 模写図の2値化

- ③-3 始点をマウスでクリックして始点の座標を取得する。

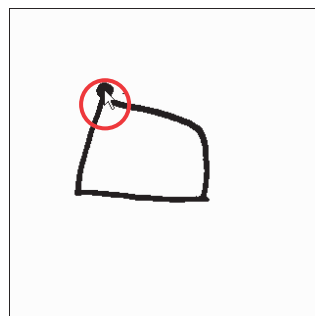
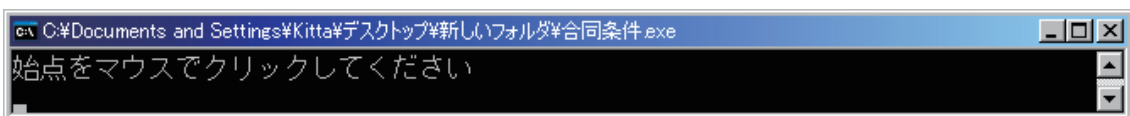


Fig. 19 模写図の始点座標の取得

③-4 【自動処理】 Hilditch の細線化法により輪郭線を細線化する。

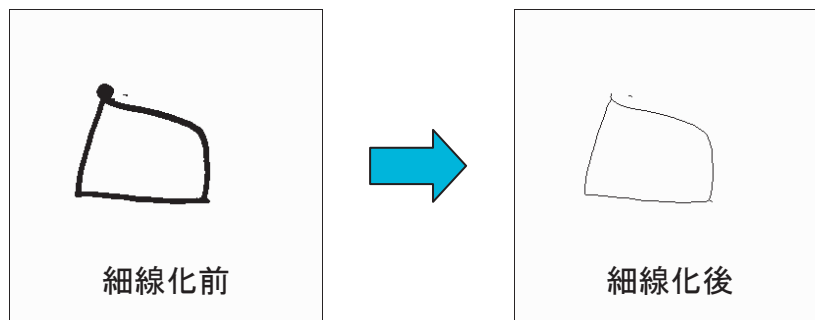


Fig. 20 模写図の輪郭線細線化

③-5 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。

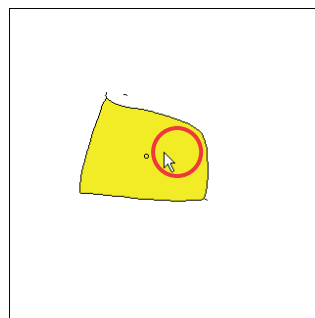
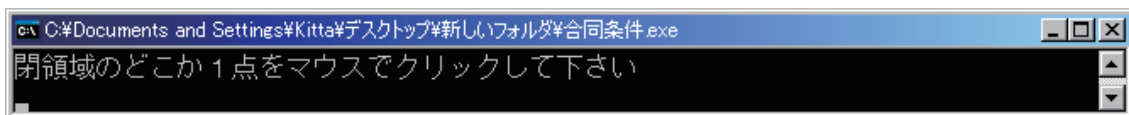


Fig. 21 模写図の閉領域内塗りつぶし

③-6 【自動処理】 閉領域内の重心の座標を算出する。

③-7 【自動処理】 閉領域内のピクセル数(面積)を算出する。

③-8 【自動処理】 模写図の高さと幅を算出する。

④ サンプル図と模写図の重ね合わせ

④-1 【自動処理】 サンプル図と模写図の角度差を算出する。

④-2 【自動処理】 模写図の回転。

④-3 【自動処理】 模写図の移動。

④-4 【自動処理】 2枚の図を重ね合わせる。

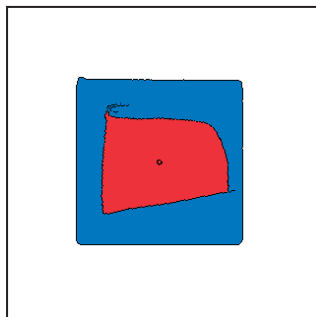


Fig. 22 サンプル図と模写図の重ね合わせ

⑤ 定量評価値の算出

⑤-1 【自動処理】 面積、高さ、幅の評価を算出する。

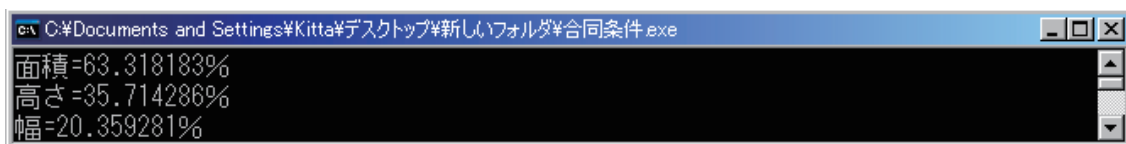


Fig. 23 面積、高さ、幅の評価

⑤-2 【自動処理】 傾きの評価を算出する。

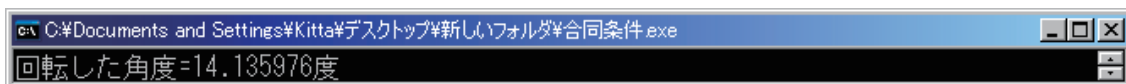


Fig. 24 傾きの評価

⑤-3 【自動処理】 合同条件による形状の評価を算出する。



Fig. 25 合同条件による形状の評価

⑥ データの保存

⑥-1 評価項目のデータを CSV 形式でフォルダ内に書き出し保存する。

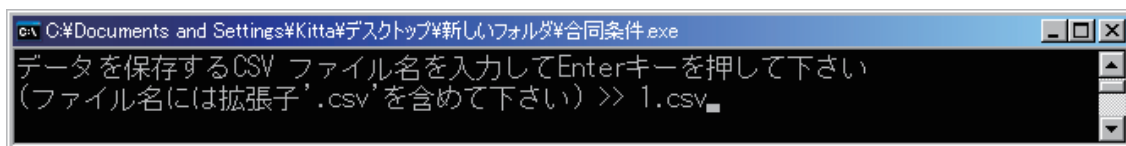


Fig. 26 データの保存 1

⑥-2 Fig. 26 のように表示されるので>>の後に保存ファイル名をつけ “.csv” を付けて入力し「Enter」キーを押す。

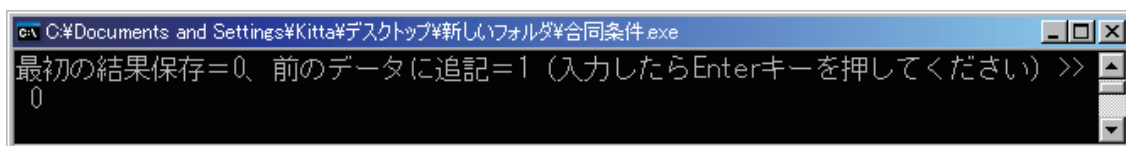


Fig. 27 データの保存 2

⑥-3 その後、Fig. 27 のように「最初の結果=0 前のデータに追記=1」と表示されるので、初めての結果の場合「0」、2回目以降で前回と同じファイルに保存したい場合「1」と打ち込み、「Enter」キーを押す。「0」を入力した場合にはデータ項目名が書かれる。「1」を入力した場合にはデータのみが追記される。

⑥-4 CSV ファイルの記録が終了すると「SUCCESS! Hit [Enter] to end」と表示されたら「Enter」キーを押す。その後「Press any Key to continue」と表示されたら「Enter」キーを押す。DOS 窓が閉じてプログラムは終了する。

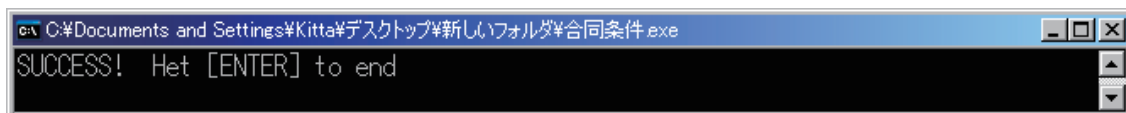
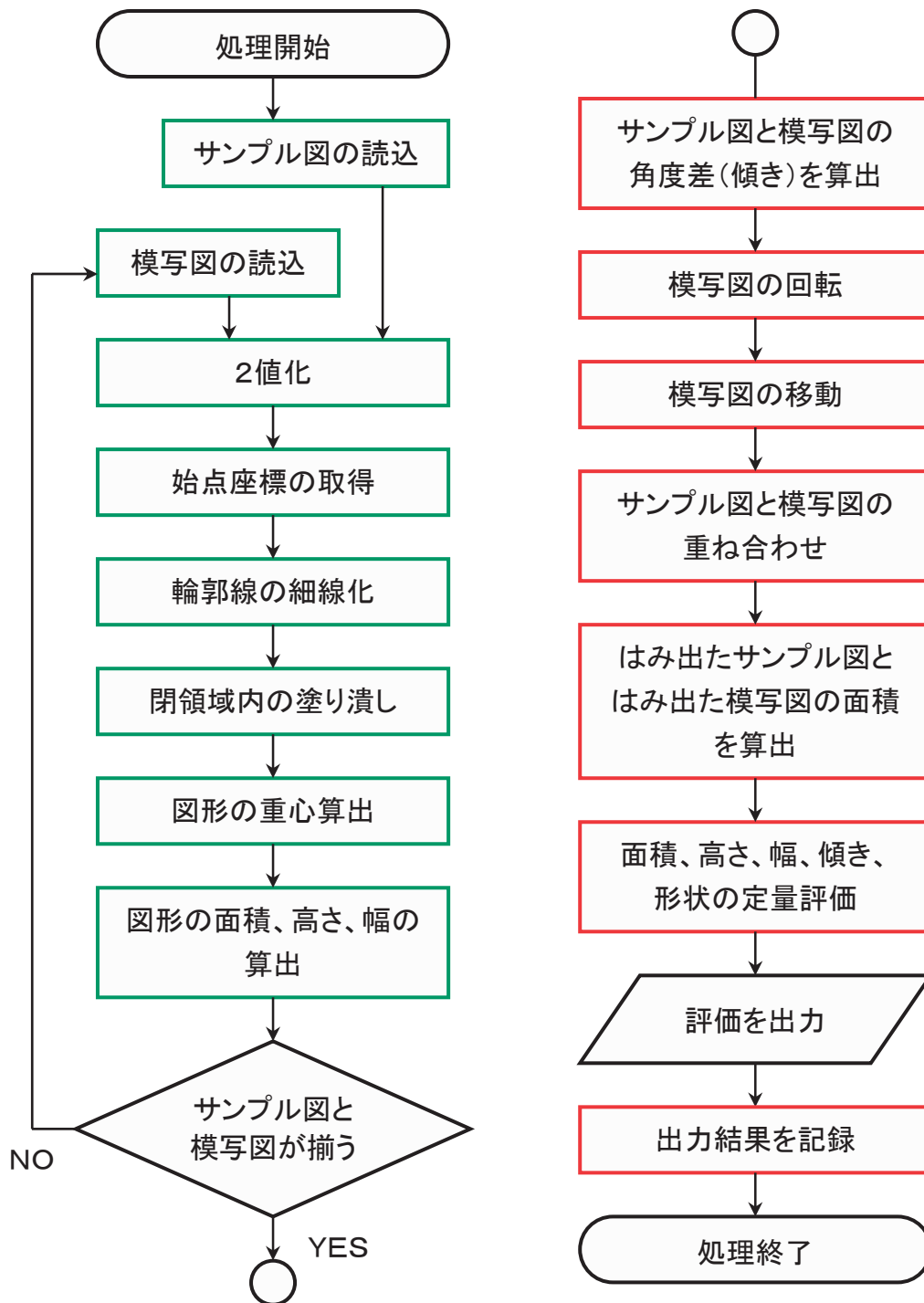


Fig. 28 プログラムの終了

⑥-5 CSV 形式で保存したデータを編集する際は EXCEL 等で開くことができる。



緑：読み込んだ図の前処理

赤：読み込んだ図の比較、定量化

Fig. 29 合同条件による定量評価プログラムのフローチャート

5-3-2 相似条件による定量評価プログラムの手順

① プログラムの起動

- ① 4-1の①で作ったフォルダを開いて、相似条件.exe をダブルクリックし、プログラムを開く。

② サンプル図のデータ算出

- ②-1 サンプル図のファイル名を入力して画像を表示する。

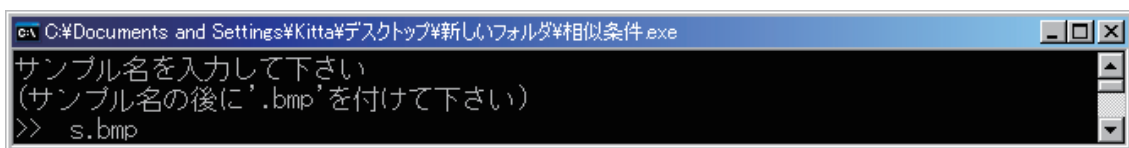


Fig. 30 サンプル図のファイル名入力

- ②-2 【自動処理】背景を白(255, 255, 255)、輪郭線を黒(0, 0, 0)の2値化する。

- ②-3 サンプル図の始点をマウスでクリックして始点の座標を取得する。

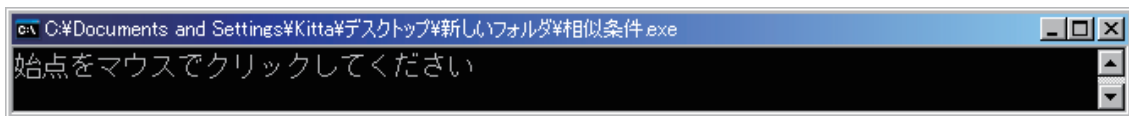


Fig. 31 サンプル図の始点座標の取得

- ②-4 【自動処理】Hilditchの細線化法により輪郭線を細線化する。

- ②-5 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。

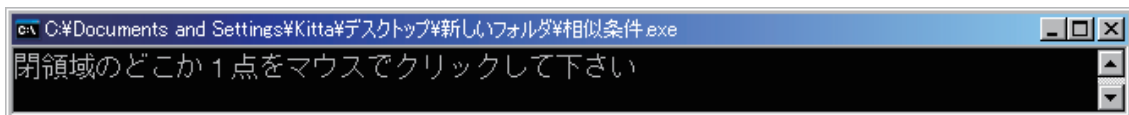


Fig. 32 サンプル図の閉領域内塗りつぶし

- ②-6 【自動処理】閉領域の重心の座標を算出する。

- 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 模写図のファイル名を入力して画像を表示する。

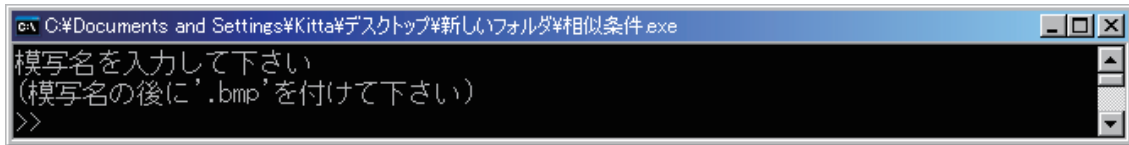


Fig. 33 模写図のファイル名入力

③-2 【自動処理】背景を白(255, 255, 255)、輪郭線を黒(0, 0, 0)の2値化する。

③-3 始点をマウスでクリックして始点の座標を取得する。

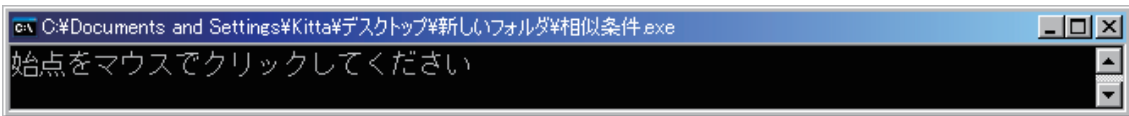


Fig. 34 模写図の始点座標を取得

③-4 【自動処理】Hilditchの細線化法により輪郭線を細線化する。

③-5 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。

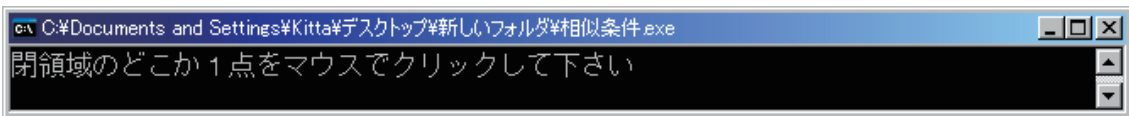


Fig. 35 模写図の閉領域内塗りつぶし

③-6 【自動処理】閉領域内の重心の座標を算出する。

③-7 【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

- 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】 サンプル図を模写図の面積比に合わせて拡大・縮小する。
- ④-3 【自動処理】 サンプル図と模写図の角度差を算出する。
- ④-4 【自動処理】 模写図の回転。
- ④-5 【自動処理】 模写図の移動。
- ④-6 【自動処理】 2枚の図を重ね合わせる。

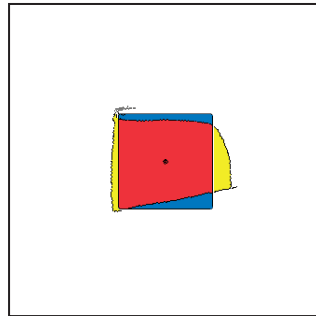


Fig. 36 サンプル図と模写図の重ね合わせ

⑤ 定量評価値の算出

- ⑤-1 【自動処理】 相似条件による形状の評価を算出する。

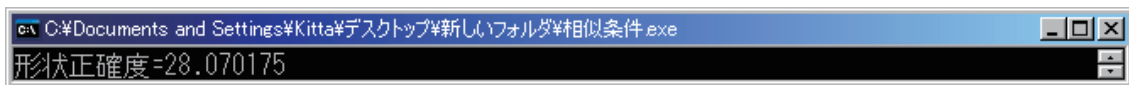


Fig. 37 相似条件による形状の評価

⑥ データの保存

⑥-1 形状の評価のデータを CSV 形式でフォルダ内に書き出し保存する。

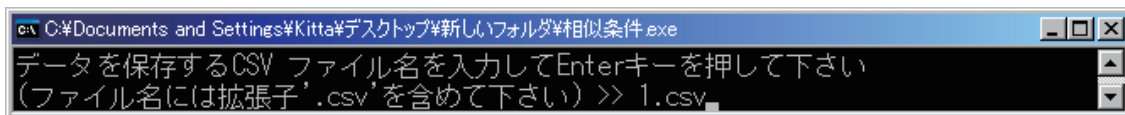


Fig. 38 データの保存 1

⑥-2 Fig. 38 のように表示されるので>>の後に保存ファイル名をつけ “.csv” を付けて入力し「Enter」キーを押す。

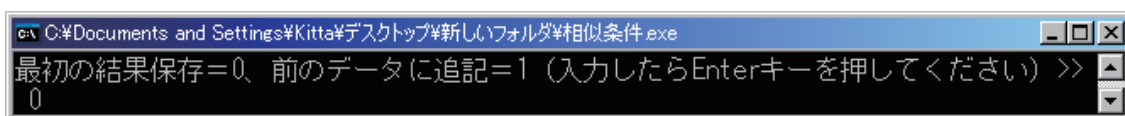


Fig. 39 データの保存 2

⑥-3 その後、Fig. 39 のように「最初の結果=0 前のデータに追記=1」と表示されるので、初めての結果の場合「0」、2回目以降で前回と同じファイルに保存したい場合「1」と打ち込み、「Enter」キーを押す。「0」を入力した場合にはデータ項目名が書かれる。「1」を入力した場合にはデータのみが追記される。

⑥-4 CSV ファイルの記録が終了すると「SUCCESS! Hit [Enter] to end」と表示されたら「Enter」キーを押す。その後「Press any Key to continue」と表示されたら「Enter」キーを押す。DOS 窓が閉じてプログラムは終了する。

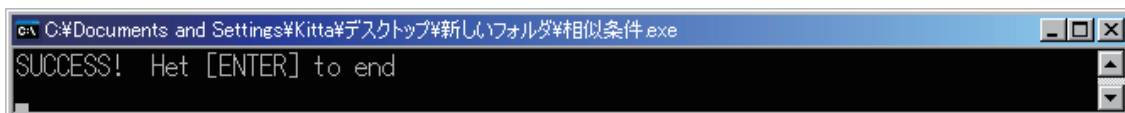


Fig. 40 プログラムの終了

⑥-5 CSV 形式で保存したデータを編集する際は EXCEL 等で開くことができる。

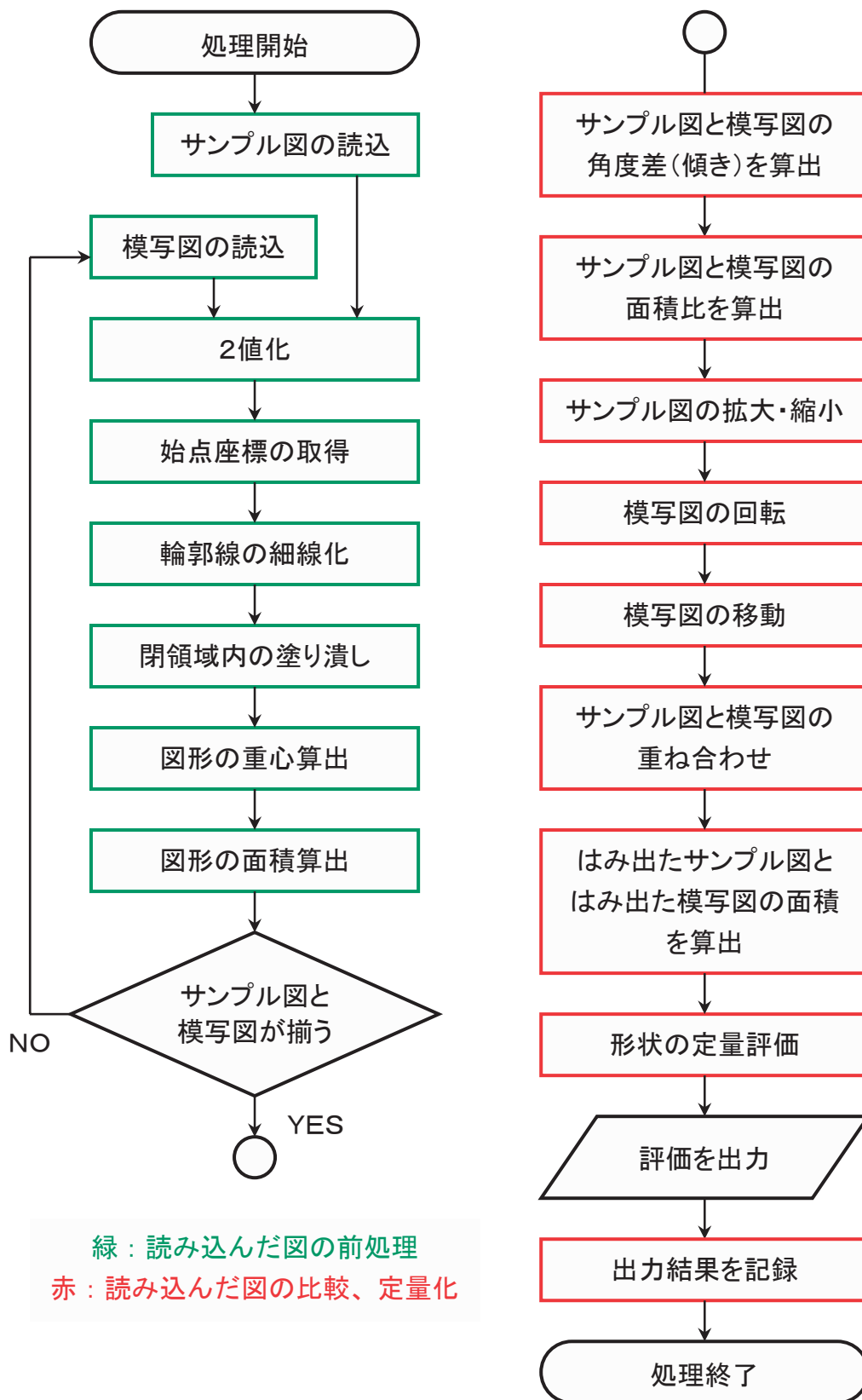


Fig. 41 相似条件による定量評価プログラムのフローチャート

5-3-3 円形度による定量評価プログラムの手順

① プログラムの起動

- ① 4-1の①で作ったフォルダを開いて、円形度.exe をダブルクリックし、プログラムを開く。

② サンプル図のデータ算出

- ②-1 サンプル図のファイル名を入力して画像を表示する。

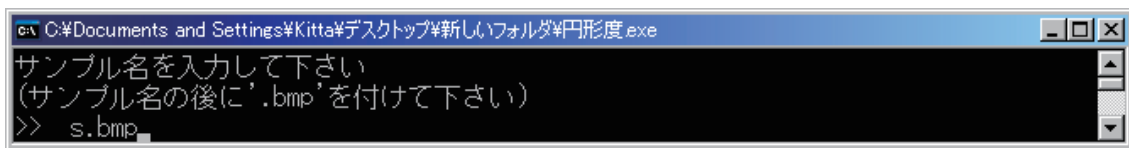


Fig. 42 サンプル図のファイル名入力

- ②-2 【自動処理】背景を白(255, 255, 255)、輪郭線を黒(0, 0, 0)の2値化する。
- ②-3 【自動処理】Hilditchの細線化法により輪郭線を細線化する。
- ②-4 【自動処理】輪郭線の画素値を計算し、周囲長を算出する。
- ②-5 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。

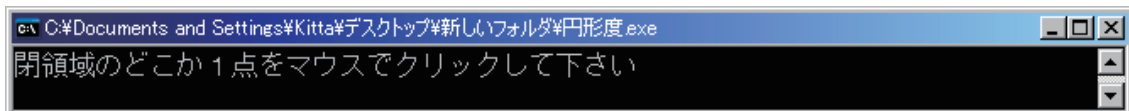


Fig. 43 サンプル図の閉領域内塗りつぶし

- ②-6 【自動処理】閉領域内のピクセル数(面積)を算出する。
- ②-7 【自動処理】サンプル図の円形度を算出する。

③ 模写図のデータ算出

③-1 模写図のファイル名を入力して画像を表示する。。

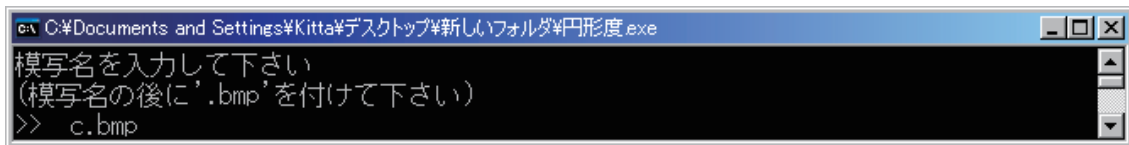


Fig. 44 模写図のファイル名入力

③-2 【自動処理】背景を白(255, 255, 255)、輪郭線を黒(0, 0, 0)の2値化する。

③-3 【自動処理】Hilditchの細線化法により輪郭線を細線化する。

③-4 【自動処理】輪郭線の画素値を計算し、周囲長を算出する。

③-5 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。

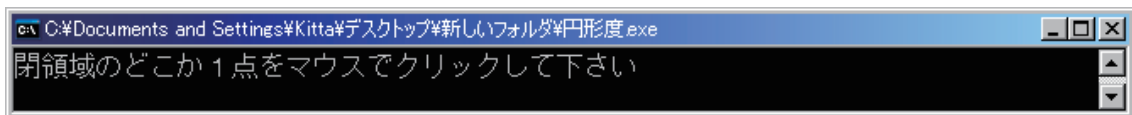


Fig. 45 模写図の閉領域内塗りつぶし

③-6 【自動処理】閉領域内のピクセル数(面積)を算出する。

③-7 【自動処理】模写図の円形度を算出する。

④ 定量評価値の算出

④-1 【自動処理】円形度による形状の評価を算出する。

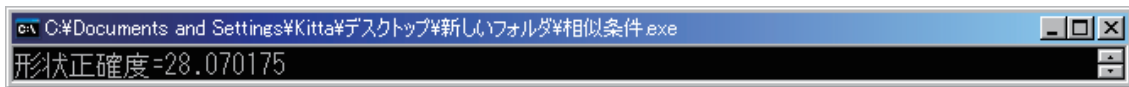


Fig. 46 円形度による形状の評価

⑤ データの保存

⑤-1 形状の評価のデータを CSV 形式でフォルダ内に書き出し保存する。

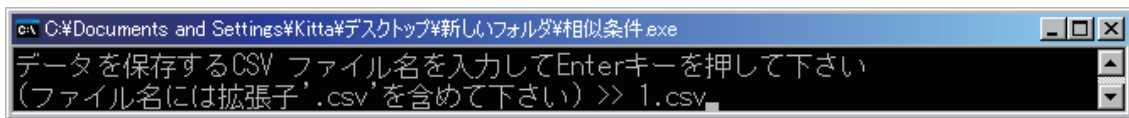


Fig. 47 データの保存 1

⑤-2 Fig. 47 のように表示されるので>>の後に保存ファイル名をつけ “.csv” を付けて入力し「Enter」キーを押す。

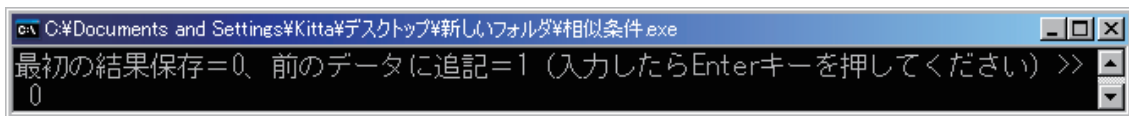


Fig. 48 データの保存 2

⑤-3 その後、Fig. 48 のように「最初の結果=0 前のデータに追記=1」と表示されるので、初めての結果の場合「0」、2回目以降で前回と同じファイルに保存したい場合「1」と打ち込み、「Enter」キーを押す。「0」を入力した場合にはデータ項目名が書かれる。「1」を入力した場合にはデータのみが追記される。

⑤-4 CSV ファイルの記録が終了すると「SUCCESS! Hit [Enter] to end」と表示されたら「Enter」キーを押す。その後「Press any Key to continue」と表示されたら「Enter」キーを押す。DOS 窓が閉じてプログラムは終了する。

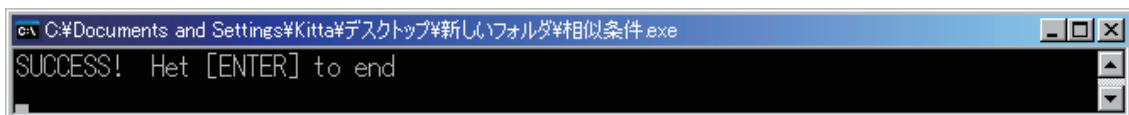
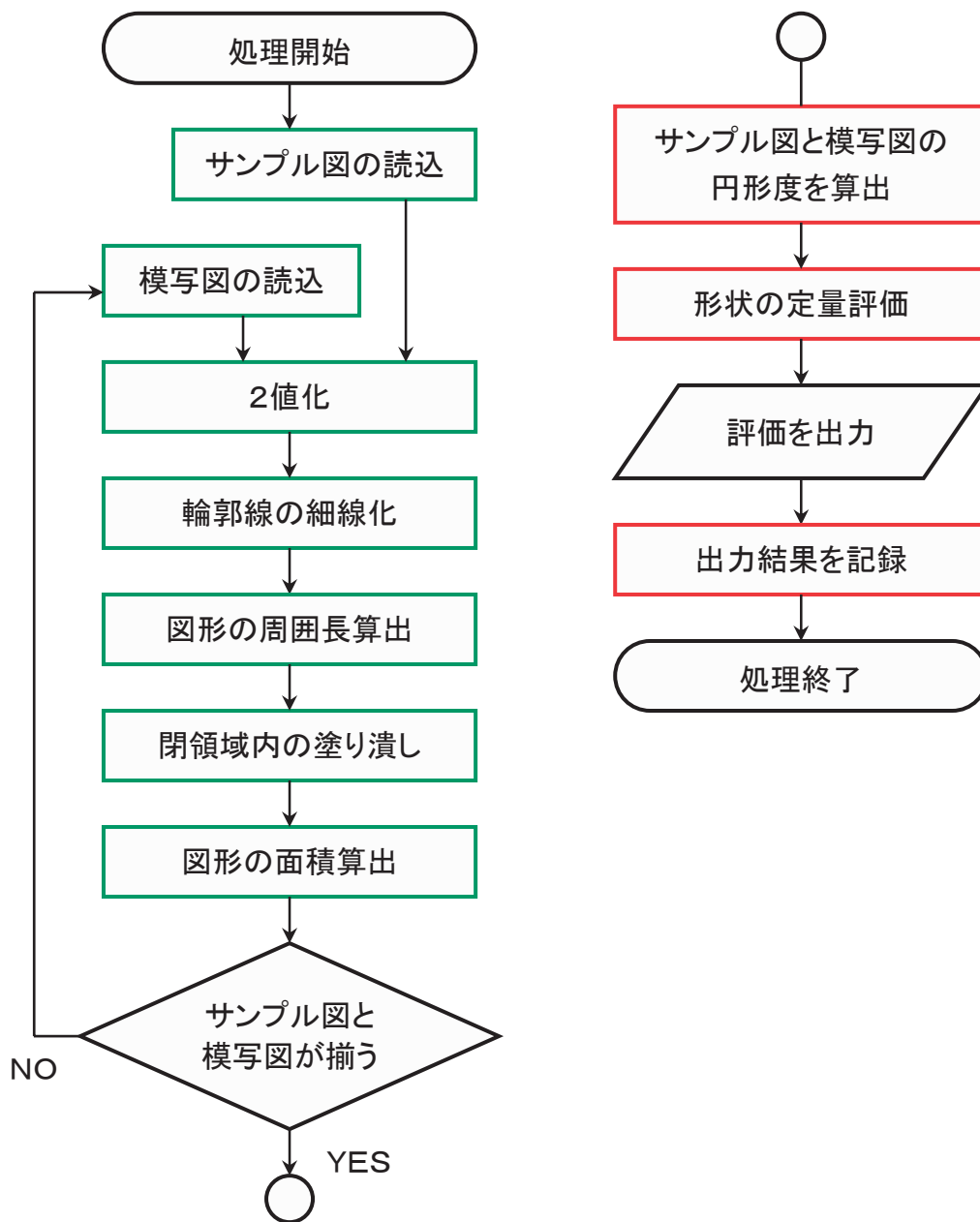


Fig. 49 プログラムの終了

⑤-5 CSV 形式で保存したデータを編集する際は EXCEL 等で開くことができる。



緑：読み込んだ図の前処理

赤：読み込んだ図の比較、定量化

Fig. 50 円形度による定量評価プログラムのフローチャート

平成 18 年度～平成 19 年度 共同研究報告書
全盲児童の図形表象の評価に関する研究

平成 20 年 3 月 発行

編 集 研究代表者 大 内 進
発行元 独立行政法人 国立特別支援教育総合研究所
住 所 〒 239-8585 神奈川県横須賀市野比 5-1-1
電 話 046-839-6836
ファックス 046-839-6909
URL <http://www.nise.go.jp>
