

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

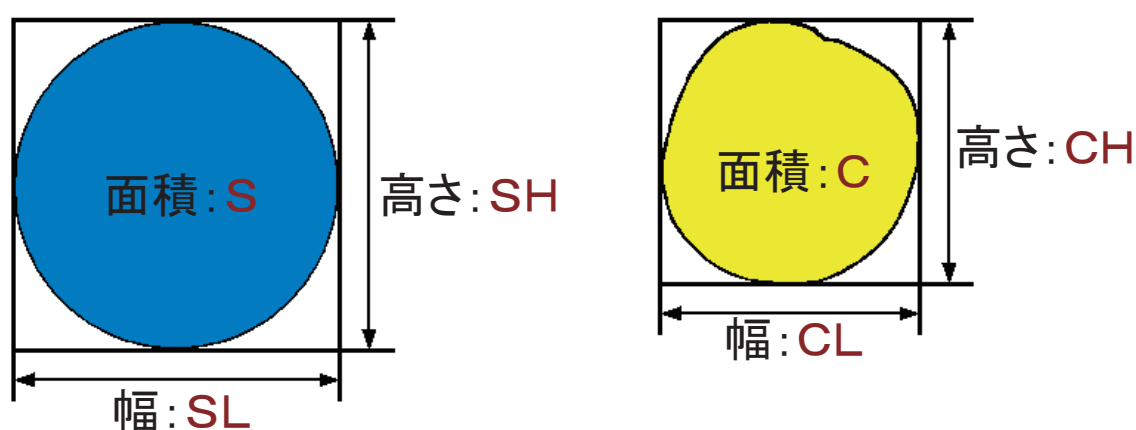
(1) 面積、高さ、幅の評価

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 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。

面積比: $Z = (1 - C/S) \times 100$ [%]

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

幅の比: $X = (1 - C_L/S_L) \times 100$ [%]

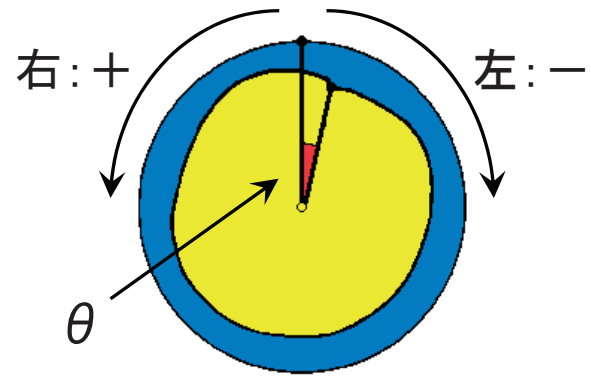


サンプル図の面積: S 模写図の面積: C
サンプル図の高さ: S_H 模写図の高さ: C_H
サンプル図の幅: S_L 模写図の幅: C_L

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、サンプル図(S)の面積で除して形状正確度を求める。

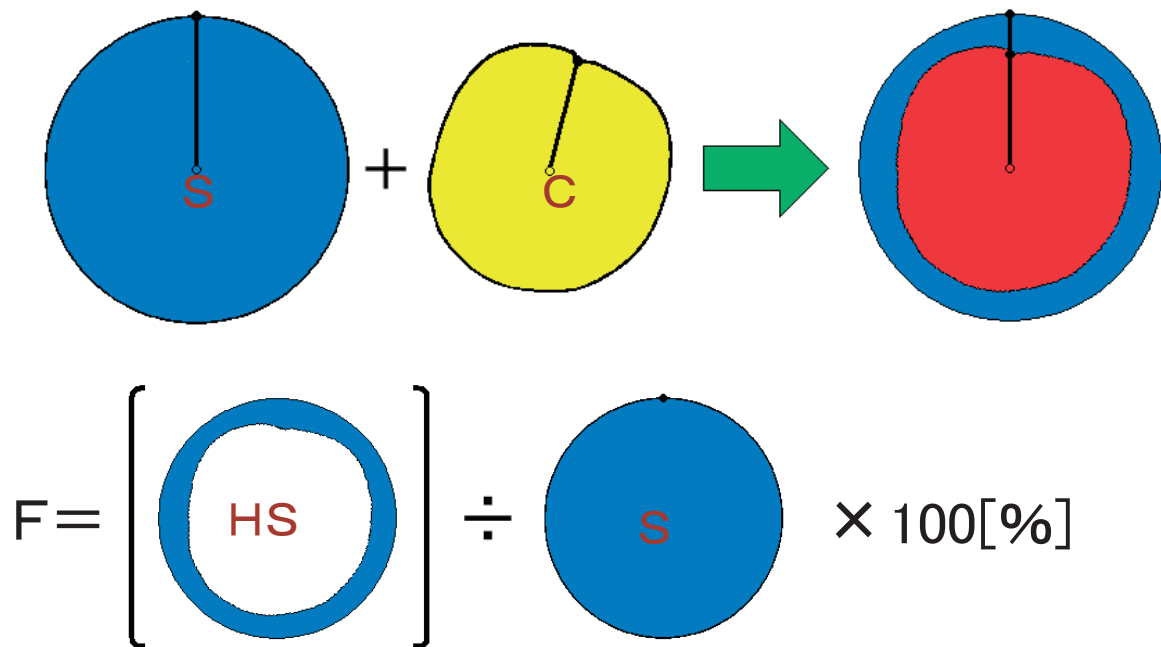


図2-3 合同条件による形状正確度

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。

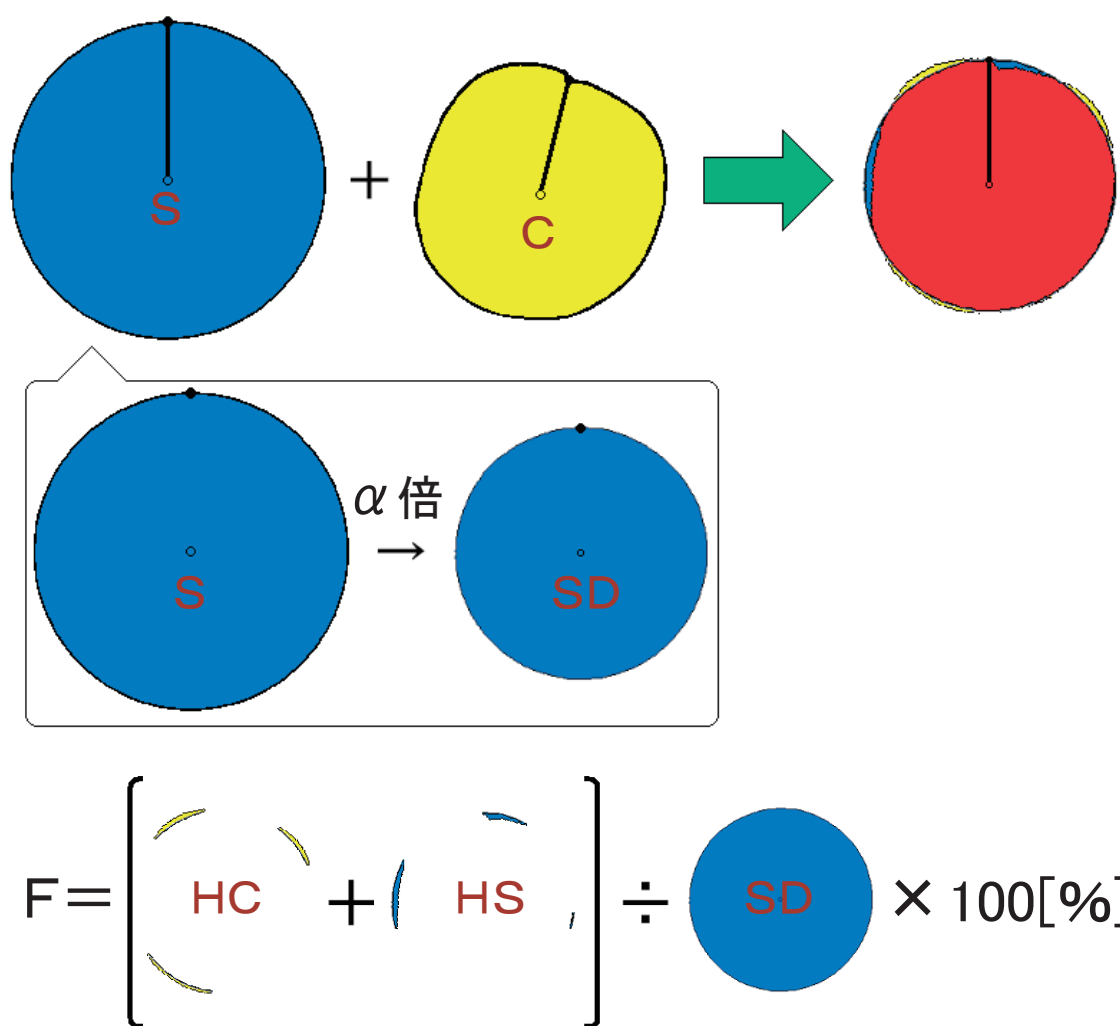
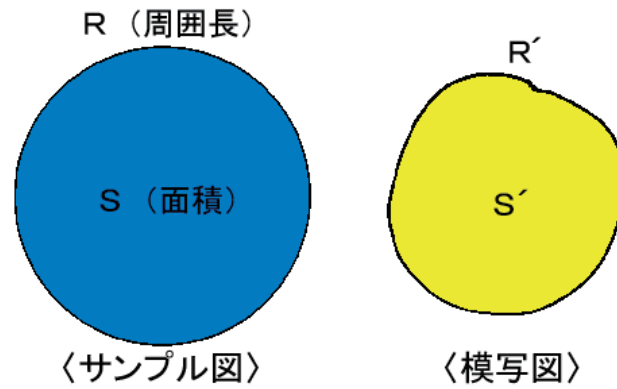


図 2-4 相似条件による形状正確度

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：H S

はみ出した模写図の面積：H M

サンプル図の円形度：S R

模写図の円形度：M R

としたとき、

1) 合同条件及び相似条件での評価の計算式

$$F = (H S + H M) / S \times 100 (\%)$$

2) 円形度による評価の場合の計算式

$$F = (1 - M R / S R) \times 100 (\%)$$

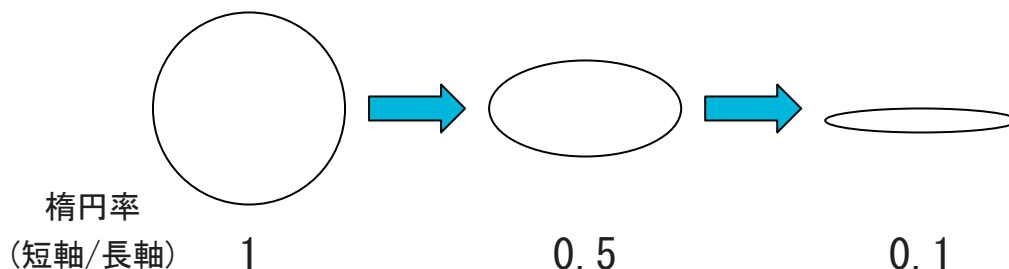


図2-6 楕円率による円の変化

（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。

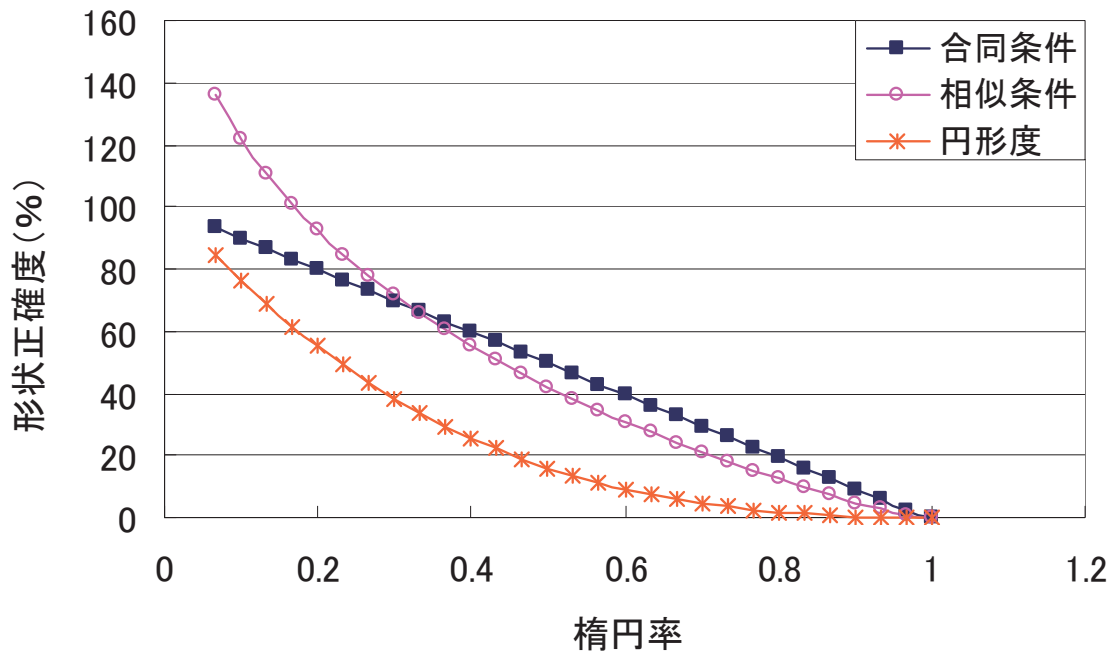


図2-7 楕円率の違いで変化する形状正確度

(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。

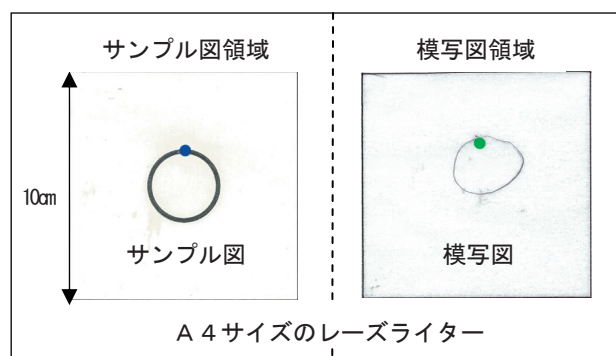
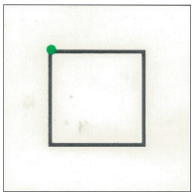
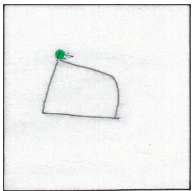


図2-9 サンプル図と模写図の例

(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

↑

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

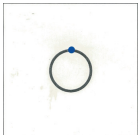
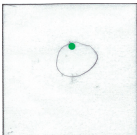
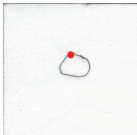
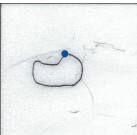
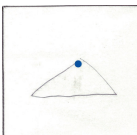
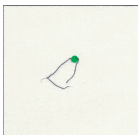
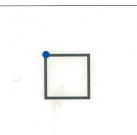
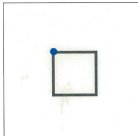
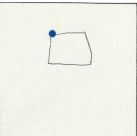
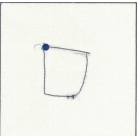
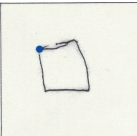
1: 全くサンプル図と違う

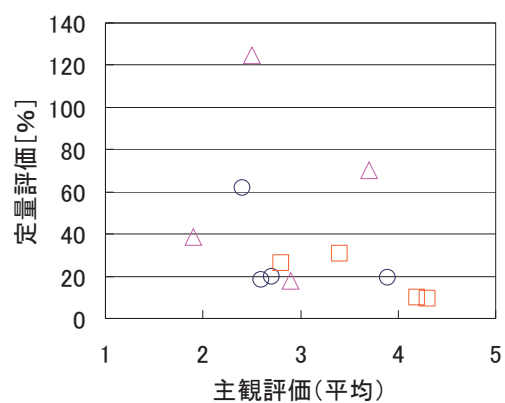
図 2 - 10 評価表の例、及び 5 段階評価の選択肢

(2) 測定結果

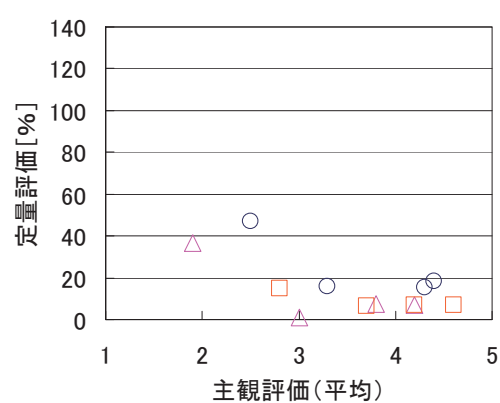
各項目での定量評価と主観評価の相関図を図2-11に示す。縦軸は定量評価値で、値が0に近づくほどサンプル図が模写図に近い形であることを示している。大きさの要素である面積、高さ、幅は、サンプル図に対して模写図のズレ量で相関を調べるため、大きさの値の絶対値とした。なお、値が100以上の場合はサンプル図より模写図の要素が2倍以上の大きさであることを示す。同様に傾きも傾斜方向成分を考慮せず、傾斜値の絶対値とした。横軸は主観評価値で、各プロット点は10名の平均値である。図2-11より児童たちの傾向として、正方形と真円が描きやすく、正三角形の描画が苦手としている印象を受ける。また、高さ、幅、形状のプロット点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

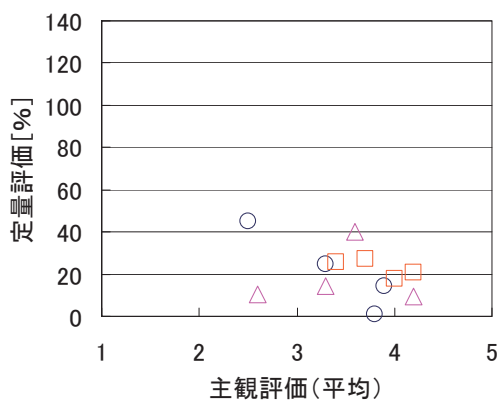
	①児童名 ②学年 ③利き手 ④使用文字		
サンプル図	①A児 ②小4年 ③左利き ④点字	①B児 ②小3年 ③右利き ④点字	①C児 ②小4年 ③右利き ④点字
 真円 直径 3 cm			
面積	19.06	61.75	15.21
高さ	14.29	44.90	24.75
幅	0.00	28.28	- 18.18
傾き	15.71	19.16	16.23
形状	10.01	30.30	45.30
 正三角形 一辺 3 cm			
面積	- 124.49	38.74	- 70.34
高さ	- 9.64	14.46	- 40.00
幅	- 109.57	73.40	- 12.77
傾き	10.91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



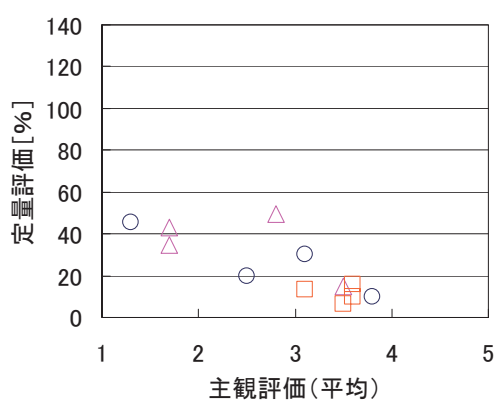
(A) 面積



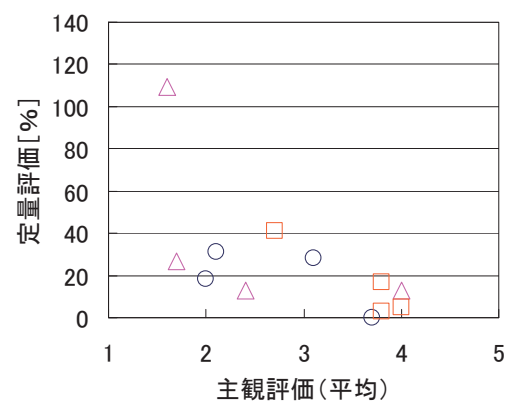
(D) 傾き



(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。