原著論文

色付き図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果

佐藤 敬子*, 尾田 政臣**

* 香川大学, ** 立命館大学

Effect of Color and Shape on Aesthetic Evaluations of Colored Shapes

Keiko SATO* and Masaomi ODA**

* Kagawa University, 2217-20 Hayashi-cho, Takamatsu, Kagawa 761-0396, Japan

** Ritsumeikan University, 56-1 Kitamachi, Toji-in, Kita-ku, Kyoto 603-8577, Japan

Abstract : This study examined how the aesthetic evaluation of a colored shape is affected by its color and shape. Two groups of participants were asked to rate 8 shapes, 6 colors, and 48 colored shapes on three scales of aesthetic evaluation (beautiful-ugly, pleasant-unpleasant, and like-dislike). We applied multiple regression analysis to the experimental data in order to predict the aesthetic evaluation values of colored shapes based on the evaluation values obtained for colors and shapes separately. The results indicated that the prediction was accurate, and that the shape component had a stronger influence than the color component on the aesthetic evaluation value of the colored shape. In addition, we discussed the effects of colors and shapes based on their physical features such as curvedness, regularity, complexity, and CIE-L*a*b* color feature.

Keywords : colored shape, aesthetic evaluation

1. はじめに

造形の美しさは、色彩及び形態の美が統合されて生まれる。色彩及び形態については、どのような色彩や形態が美しいかという問題として古くから多くの関心が向けられ、様々な研究が行われてきた。特に、色彩、形態それぞれを対象にその感情（美しさを含む）を測定する試みは、Osgoodの考案したSemantic Differential法（以下SD法と略記する）によってなされてきた[1]。SD法とは、感情を表現する形容詞対を対極とし（例えば、美しい－醜い）、中間を数分割した物差しに従い、ある対象を観察したときの感情を評定する方法である。この手法により、色彩及び形態それぞれの感情値に関する知見はある程度明らかになっている。感情値の中において、「美しさ」という概念はOsgoodによって示される評価性因子（Evaluation Factor）に含まれることが多く、この因子は快さ、美しさ、好ましさ、良さなどを中心に成り立つことが知られている。評価性因子と色彩の関連については、かなり多くの研究例があり、性別や国籍によって知見は大きく異なるが、日本人では、一般的に青系、緑系、黄系の評価が高いとされている[2]。また、色彩の物理的特性である、色相との関連を示したものでは、黄色から青色までの有彩色及び白色については評価が高いが、紫色から赤色までの有彩色及び黒色の評価が低いことが示されている[3]。一方、形態の美しさについては、色彩ほど多くの研究例はないが、実験美学の分野において、バーコフが形態の美しさは秩序と複雑さから導き出されると述べていることはよく知られている[4]。また、SD法を用いて形態の感情値を分析した研究例においても、価値に関する尺度（評価性因子と同定義）と規則性と

の関連を見出し、規則的な図形ほど価値が高いことが示されている[5-7]。

では、色彩と形態が組み合わさった色付き図形（合成図形）の美しさはどのようなようになるのであろうか。この先行研究としてはあまり数多くない。その中では、先に述べたようにSD法を用いて色彩のみの感情値、形態のみの感情値、およびその2つを組み合わせた合成図形の感情値を比較検討し、合成図形の感情値が色彩及び形態それぞれの刺激からどのような影響を受けているかを数量的に分析した事例がいくつかある[8-13]。これに関連した研究として最も古いものは、大山・芳賀（1961）、大山（1962）の報告であり、色彩の効果と形態の効果の一次結合により合成図形の尺度値が成立するという以下のモデル式

$$z_{ij} = b_1 x_i + b_2 y_j + c \quad (1-1)$$

を立てたものである[8,9]。ここで、 z_{ij} は*i*色で塗りつぶされた*j*の形態を持つ合成図形の尺度値、 x_i は色彩*i*の尺度値を、 y_j は形態*j*の尺度値を示す。そして、係数 b_1 、 b_2 を求めることで、合成図形の感情値を色彩及び形態の感情値から予測できることを示している。その後、このモデル式にならない、中野（1972）が形態と色彩の合成図形がもたらす感情値について、形態と色彩の感情値のどちらが予測的であるかを実験データに重回帰分析を施して検討している[10]。その結果、多くの尺度において色彩の方が形態よりも効果が高いことを示している。特に「美しさ」「好ましさ」の尺度においては、主に色彩の影響を受けるという結果が得られている。しかし、中野の実験刺激は、色彩刺激として有彩色と無彩色をベースに彩度を変化させた12色を用いてお

り、色彩特性の変化範囲が大きいものに対して、形態刺激については選定基準が曖昧であった。具体的には、円や正方形といった単純で規則的な図形が中心の4種類のみであり、これが色彩の効果が強く出た結果につながっていると考察されている。次に、Oyama, Tanaka, & Iwasawa (1998)の研究においては、刺激数のバランスを同等とし、色彩5色、形態5種類、そして全ての組み合わせである25種類の合成図形を用いて同様の分析を行っている。その結果、評価性因子（健康な－不健康な、美しい－醜い、良い－悪い、の3つ）の予測については色彩と形態の尺度値からは困難であり、また、色彩と形態が合成図形の尺度値に及ぼす影響も低いという結果が示されている[11]。さらに、椎名・王(2000)は、色彩刺激を、赤・緑・青・黄の4色、形態刺激を三角形・円・雲形・棘型の4形態を用いて同様の実験と分析を行った[12]。これは、先に述べた中野の研究における刺激選択の問題点を踏まえたものであり、形態刺激として単純－複雑、直線－曲線の2つの特性に基づき選定している。その結果、全体的に形態要因が色彩要因よりもはるかにウェイトが大きくなり、中野の研究結果とは反対の結果を示した。特に、「美しさ」の尺度においては、ある程度色彩の効果も見られたが、形態の影響の方が大きい結果となっている。しかし、色彩刺激は基本4色のみで特性の変化に乏しい。特にこの4色は、元々評価性が高いとされる色彩であり[2,3]、この色彩刺激のみで、形態要因の強さを結論付けることは難しいと考えられる。その後、木村・和田・野口(2006)は、色彩と形態の感情の類似が合成図形の調和に及ぼす影響について調べており、その中で、9種類の形態と36色彩刺激、その中から9種類の合成図形を用いて同様に重回帰分析を適用し、合成図形の評価性因子を予測する分析を行っている[13]。その結果、評価性因子における予測は色彩と形態の評価性尺度値からは困難であったことを示している。

このように、上記に挙げた先行研究は、合成図形の美しさを含む評価性因子が、色彩と形態のどちらの評価性に強く影響されるのかを調べたものであるが、その結果は一貫しておらず、またこれら以外にこの種の研究報告はみあたらない。結果が一貫していない理由としては、使用された形容詞の違いや、分析方法の違いもあるが、第1に使用された刺激数が少ないこと、第2に色彩刺激と形態刺激の選定基準が曖昧で一貫していないことが考えられる。色彩や形態の感情価は、色彩の場合は色相・彩度・明度との関連が、形態の場合は、複雑性・規則性・曲線性という心理的属性との関連が主に見いだされており、この点を考慮することは非常に重要であると考えられる。そこで、本論文では、上記に示した2点に基づいて、色彩と形態の特性を考慮した刺激を用いて、より明確な結果を得ることを目的とする。特に、色彩と形態の合成図形の美しさが、色彩及び形態からどのような影響を受けるのかを明らかにするとともに、先行研究では検討されてこなかった、色彩及び形態の物理的特性を踏まえ分析を行う。ひとことで色彩及び形態の効果といっても、それぞれの物理的特性（色彩でいえば明るさ、形態でいえば規則図形か不規則図形か、など）によってその効果は変化することが予想される。この点を検討することで、どのような色彩と形態を組み合わせれば合成図形の美しさが増大するのかなどを明らかにすることができる。本論文により、色彩、形態それぞれの美しさだけでなく、それらを組み合わせることで生じる美しさ、及び形態と色彩の美的関係に影響する特性などを明らかにすることによって、美術・デザイン分野に寄与する部分も大きいと考えられる。

本論文の位置づけを、前述した先行研究の詳細を踏まえてまとめたものを表1に示す。本論文では、色彩刺激として色相及び明るさ特性を考慮した12色を、形態刺激として複雑性・規則性・曲線性の3種類を考慮した16種類、そしてこ

表1 先行研究と本研究との比較

著者	刺激の種類	結果	方法
中野(1972)	12色(赤系5色, 青系4色, 白, 灰, 黒)	Shape < Color	「美しい」「好き」を含む20尺度を使用し、重回帰分析を適用
	4図形(正円, 正三角形, 正方形, 正六角形, 曲線図形)		
	48合成図形		
Oyama, Yamada, & Iwasawa(1998)	5色(赤, 黄, 緑, 青, 紫)	Shape $\approx$ Color	「美しい」「良い」を含む評価性因子に重回帰分析を適用(予測は困難)
	5図形(コンピュータ生成されたランダム図形で、五角形以外は複雑な図形)		
	25合成図形		
椎名, 王(2000)	4色(赤, 黄, 緑, 青)	Shape > Color	「美しい」を含む16尺度を使用し、重回帰分析を適用
	4図形(正円, 正三角形, 棘型図形, 雲形図形)		
	16合成図形		
木村, 和田, 野口(2006)	36色(PCCSより赤, 黄, 緑, 青を基本に明度と彩度の高低を包括し選定)	Shape < Color	「美しい」「好きな」を含む評価性因子に重回帰分析を適用(予測は困難)
	9図形(正円, 正三角形, 正方形, ランダム図形, 複雑図形)		
	各因子ごとに9合成図形(上記の色&図形から選択)		
本論文	12色, 16図形, 96合成図形	?	美的評価尺度「美しい」「快い」「好き」に重回帰分析を適用

色付き図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果

れらを組み合わせた合成図形を用いる。本論文では、SD法による実験（各刺激の美しさ、快さ、好ましさの評定を行う）によって得られたデータに重回帰分析を適用し、色彩と形態の合成図形の「美」の評価式を導くことによって、色彩及び形態の効果を明らかにする。さらに、色彩の物理的特性（CIE-L*a*b*空間）及び形態の物理的特性（曲線性、複雑性、規則性）を踏まえながら評価式を検討していく。

2. 実験方法

2.1 実験刺激

使用する色彩刺激は、マンセル表色系に基づいて選びだした、有彩色（純色）10色と無彩色2色の合計12色であり、表2に示した。これらの色彩刺激は先行研究で用いられている基本色彩を中心に、色相と感情値の関係性を調査した文献に基づいて選択している[14]。表2には各色のRGB値及びCIE-L*a*b*値（詳細は3.4に記述）を示した。色彩刺激は図1左に示すように長方形とし、背景は白色で、形による効果を弱めるため、周りの輪郭をぼかしたものを使用した。

形態刺激は、形の心理学的特性が系統的に操作されている点を考慮し、山口・王・椎名(2004)が図形の心理物理的特性と意味的特性の対応関係を分析した研究で用いた図形刺激16図形を使用した[6]。これらの刺激は、曲線性（直線・曲線）、複雑性（単純・複雑）、規則性（規則・不規則）の3つの特性軸を持つ。図形はいずれも一筆書きができ、辺の交差がない。直線図形は直線のみ、曲線図形は曲線のみで構成される。こちらも背景は白色とした。使用した16図形を図2に示す。

色彩と形態の合成図形は、上記の色彩刺激、形態刺激を組み合わせて作成した。全てを組み合わせると膨大な数になってしまうため、まず、色彩刺激及び形態刺激をAとBの2つ

のグループに分類した（表2に示した色彩1a-6a及び1b-6b、図2に示した形態1a-8a及び1b-8b）。この時、色彩刺激に関してはできるだけ色相環上で等間隔になるように、形態刺激は3つの特性を全て含むように配慮し、それぞれのグループにおける刺激特性に差異が出ないように考慮した。そして、色彩1a-6aと形態1a-8a（Aグループ）、色彩1b-6bと形態1b-8b（Bグループ）をそれぞれ組み合わせて合成図形を作成した。合成図形の例を図1中と右に示した。合成図形は、各グループで6色彩×8形態の全ての組み合わせ、48個の合成図形が作成されるので、グループ合計で96図形を分析に使用することになる。なお、すべての刺激はAdobe Illustrator CS4により作成した。

2.2 使用尺度

本論文では、感情価として「美しさ」を対象とする。先行研究において、美しさ（美しい－醜い）は評価性因子の一つとしてとらえられ、他に、好ましさ（好き－嫌い）、快さ（快い－不快）などの形容詞が含まれることはほぼ全ての研究において共通して確認されている。つまり表現する語彙こそ異なっても、基本的な判断軸は同じであり、上記に挙げた形容詞は一元的なものとして分析されている。また、Berlyneによって提案されているヘドニクtoon因子（美し

図1 色彩刺激、合成図形の例
(左：色彩刺激、中・右：合成図形)

表2 色彩刺激

Group	No.	Color	RGB			CIE-L*a*b*		
			R	G	B	L*	a*	b*
A	1a	赤色	230	0	18	48.09	74.26	56.85
	2a	黄色	255	251	0	96.10	-19.64	93.72
	3a	緑色	0	153	68	55.28	-53.40	34.84
	4a	青色	0	104	183	43.24	5.52	-48.65
	5a	灰色	126	122	128	51.63	2.76	-2.70
	6a	黒色	0	0	0	0.00	0.14	0.14
B	1b	橙色	243	152	0	70.53	25.72	75.38
	2b	黄緑色	143	195	31	72.87	-38.55	68.30
	3b	青緑色	0	158	150	58.65	-36.08	-5.72
	4b	紺色	29	32	136	20.33	36.42	-57.50
	5b	紫色	146	7	131	33.78	61.68	-31.81
	6b	桃色	228	0	127	49.53	78.74	-3.79

図2 形態刺激

さ、好ましさ、快さ)もこの評価性因子に対応している[15]。そこで、本論文でも、美しさの概念として「美しい-醜い」「快い-不快な」「好きな-嫌いな」以上3つの尺度を採用した。尺度は両極性であり、「美しい-醜い」の場合、非常に美しい、かなり美しい、やや美しい、どちらでもない、やや醜い、かなり醜い、非常に醜い、の7件法で回答を求めた。

2.3 実験参加者と実験手続き

大学生および大学院生64名(男性26名、女性38名、平均年齢20.5歳)が評定者として実験に参加した。全ての参加者が正常な色彩視覚保持者であった。

実験参加者には、両極SD法を用いて刺激図形への評定を求めた。評定者は、A及びBの2グループに分類され、Aには2.1で述べたAグループの6色刺激、8形態刺激、及びそれらの組み合わせからできる48通りの合成図形刺激の3セットに対する評定を、Bには同じようにBグループの刺激の評定を行ってもらった。Aグループの評定者は39名(男性12名、女性27名)、Bグループの評定者は25名(男性14名、女性11名)であった。評定者に対し、形態刺激、色刺激、合成図形の順に呈示し、「この図形(色)はどんな気持ちを与えますか」と尋ね、3つの評定尺度の項目について、7件法で回答するように求めた。この時の尺度の呈示順序は半数の評定者で逆にすることでカウンターバランスをとった。

実験は窓のない実験室内で行い、刺激は23型液晶モニター(Dell U2311Hb, 解像度1920×1080)に順次呈示した。評定者とディスプレイの視距離は40～50cmであり、ディスプレイ画面中央部前での照度は水平面で474.3lx、鉛直面で322.3lx(照度計Minolta T-10を用いて3回測定した値の平均)であった。なお、光源色による実験(ディスプレイ呈示)であるが、物体色への応用も考慮し、日本色彩研究所発行色票の赤・緑・青・黄を用いて、事前にディスプレイの輝度及び色温度の調整を行った。表3に、色票の輝度及び色度と、ディスプレイに呈示された色彩を測色計(色彩輝度計Minolta CS-100A)で計測した値を示す。色票と比較すると、輝度が10～20cd/m²程度高い値となったが、色度については近い値が表示されていることを確認した。この輝度差の影響については分析結果において述べることにする。

表3 測色結果

	色票				ディスプレイ		
	マンセル値	L	x	y	L	x	y
赤	5R 4/14	40.72	0.58	0.31	53.88	0.58	0.34
黄	5Y 8/14	80.52	0.47	0.50	93.24	0.42	0.50
緑	5G 4/10	40.75	0.21	0.47	60.59	0.27	0.51
青	10B 4/10	40.75	0.17	0.21	50.04	0.20	0.24

L: 輝度値(単位はcd/m²), xy: 色度

色付き図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果

2.4 データ処理

各評定者の各刺激の評定値を得点化した。例えば「美しい-醜い」の場合、非常に美しい：+3、かなり美しい：+2、やや美しい：+1、どちらでもない：0、やや醜い：-1、かなり醜い：-2、非常に醜い：-3となる。

次に、3つの形容詞を1つの美的評価の概念として捉えて解釈可能かを判断するため、グループごとに、各評定者における各刺激の評定値を用いて最尤法による因子分析を行った。その結果得られた各尺度の因子負荷量及び寄与率を表4に示す。グループごとの色刺激、形態刺激、合成図形刺激すべてにおいて3つの形容詞全ての因子負荷量の値が高いことから、1因子構造が確認された。この結果に基づき、3つの形容詞を美的評価に関する一つの概念として捉え分析することにし、3つの尺度値の合計得点を算出し、これを美的評価得点とした。さらに、各刺激（色刺激、形態刺激、合成図形）の評定者全員の各尺度得点及び美的評価得点の平均値を算出した。

3. 分析結果

3.1 色彩及び形態単独での美的評価

まず、色彩と形態の単独の美的評価平均値を、表5に示す。色彩の美的評価では、青色や緑色の色の値が高くなり、黒色、灰色、紫色において値が低くなった。これは、色彩の感情効果を扱った先行研究の結果とほぼ一致するものであった[2, 3]。本研究では光源色を用いたため、全体的に輝度が高く呈示されていた。2色配色が対象ではあるが、色彩の美しさと物理量の関係を調べた研究がある[16]。ここでは、輝度値が高くなると美しさに対する評価が高くなるとされているが、輝度差20cd/m²程度ではその影響度は低い。左記の研究と単純に比較することは難しいが、本実験での色彩に対する美的評価結果が、色票を用いた色彩の感情効果に関する先行研究の結果と大きく変わらないことを考えれば、合成図形の評価に及ぼす効果の分析への影響はほぼないものと考えられる。一方、形態の美的評価については、曲線で複雑な図形の美的評価値が低いという結果になった。これも、山口ら(2004)の先行研究で示された結果とほぼ変わらないものであった[6]。

実験手続きにおいて、AグループとBグループの評定者数に偏りがあることについては、形態刺激の同じ番号同士

(Shape No. の1aと1bなど)の美的評価値が類似していることから、その影響はほぼないと考えられる。また、Aグループにおける男女比に偏りがあったことから、それぞれの美的評価値について男女で差があるかどうかをt検定で確認したところ、赤(1a)のみ女の方の評価値が有意に高かったが、その他の全ての色彩及び形態において有意な差は確認されなかった。このことから、Aグループについても男女合わせた平均値をこの後の重回帰分析に使用することとする。

さらに、色彩形態刺激選定の観点から、色彩及び形態単独の美的評価を見ると、美的評価値の低い刺激から高い刺激までが選択されていることが分かる。本論文では、これらの色彩形態刺激を用いて、合成図形の美的評価を色彩及び形態単独の美的評価から分析する点に、問題はないと判断した。

3.2 合成図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果

色彩と形態の合成図形の美的評価（各尺度を含む）に及ぼす色彩と形態の効果の程度を確認するため、整理された平均尺度値を用いて重回帰分析を行った。ここでは、まず先行研究同様に色彩の効果と形態の効果の一次結合により、合成図形の尺度値を予測する(1-1)式に基づいた。(1-1)式の、 x_i に色彩刺激*i*の美的評価得点を、 y_j に形態刺激*j*の美的評価得点を代入し、 z_{ij} が*i*色で塗りつぶされた*j*の形態を持つ合成図形の美的評価得点の実測値にできるだけ近似するような係数 b_1 、 b_2 、及び c (定数)を求める。係数 b_1 、 b_2 は x 、 y を用いて z を推定する際のウェイト、すなわち色彩と形態の各要因が合成図形の美的評価にどの程度影響を及ぼしているのかを示す。上記のモデル式に、得られた各刺激の尺度値をあては

表5 色彩及び形態刺激単独での美的評価値

Group	Color No.	美的評価値	Shape No.	美的評価値
A	1a	3.59 (3.27)	1a	3.77 (2.64)
	2a	3.28 (2.69)	2a	6.23 (2.73)
	3a	4.92 (2.92)	3a	2.24 (1.97)
	4a	5.23 (3.30)	4a	-2.26 (3.27)
	5a	-1.64 (2.70)	5a	2.64 (2.86)
	6a	1.10 (3.91)	6a	1.62 (2.92)
			7a	-3.03 (2.94)
			8a	-2.15 (2.74)
B	1b	4.32 (2.75)	1b	4.04 (2.31)
	2b	3.24 (3.03)	2b	1.12 (2.72)
	3b	3.08 (2.72)	3b	1.64 (3.30)
	4b	1.24 (3.03)	4b	-1.88 (2.63)
	5b	-0.40 (2.96)	5b	1.96 (2.60)
	6b	0.28 (3.13)	6b	3.84 (3.09)
			7b	-1.72 (3.38)
			8b	-3.00 (2.91)

()内はSDを示す。

表4 因子分析の結果

Scales	A group			B group		
	Color	Shape	Colored Shape	Color	Shape	Colored Shape
美しい-醜い	0.90	0.82	0.87	0.75	0.87	0.84
快い-不快	0.92	0.93	0.94	0.83	0.90	0.86
好き-嫌い	0.80	0.87	0.90	0.89	0.84	0.87
寄与率(%)	76.9	76.5	81.6	68.1	75.8	73.4

め、重回帰分析により推定した結果を表6に示す。表には、美的評価得点及び各尺度の分析結果として、標準化回帰係数 β_1 、 β_2 及び自由度調整済み決定係数 R^2 を示している。 β_1 、 β_2 は両者の効果の大きさを直接比較できるように、 x 、 y 、 z を標準化して算出した係数 b_1 、 b_2 のことを意味する。また、 R^2 は式により、 z がどれくらい正確に予測できるかを示す決定係数 R^2 を説明変数及び標本数によって調整した値であり、1に近いほど実測値と予測値が変わらないことを示す。

全ての刺激を用いた美的評価得点の予測結果では、 R^2 が0.87と非常に高く、色彩と形態の美的評価得点から合成図形の美的評価得点をほぼ予測できることが示された。 β_1 、 β_2 をみると、形態からの影響度が0.79であり、色彩刺激からの影響0.50と比べると大きい。一方で、各尺度の結果では、美しさ及び快さ尺度では R^2 がそれぞれ0.88、0.85であったが、好ましき尺度では0.75でありやや低くなった。また、美しさ尺度においては、他の尺度に比べて形態の効果が大きく、色彩の効果が小さくなる結果となった。

ところで、上記では(1-1)のモデル式によって、色彩と形態の美的評価値が合成図形の美的評価値にそれぞれどの程度影響しているのか、さらに、どれほど正確に予測できるのかを明らかにした。しかし、それぞれの影響は色彩及び形態の美的評価値の高低によって変化する（色彩の美的評価が高ければより形態が合成図形の美的評価に与える影響が高まる、などの相互作用）ことも考えられる。そこで、このことを考慮するために、 xy の交互作用項を取り入れた下記モデルで再度重回帰分析を行った。

$$z = b_1x + b_2y + b_3xy + c \quad (3-1)$$

ここで、 xy は色彩尺度値と形態尺度値の交互作用項であり、単純に両者の値をかけあわせたものである。交互作用項

表6 重回帰分析の結果

Scales	Effect		R^2
	$\beta_1(\text{color})$	$\beta_2(\text{shape})$	
美的評価	0.50	0.79	0.87
美しい-醜い	0.36	0.86	0.88
快い-不快	0.57	0.72	0.85
好き-嫌い	0.51	0.70	0.75

表7 交互作用項を含めた重回帰分析の結果

Scales	Effect			R^2
	color	shape	color:shape	
美的評価	0.50	0.78	0.09	0.88
美しい-醜い	0.36	0.86	0.07	0.88
快い-不快	0.57	0.72	0.14	0.87
好き-嫌い	0.51	0.70	-	0.76

：は交互作用項，-は有意でなかったことを示す。

を追加する際に起こり得る多重共線性は、各値を標準化したものを用いることで避けることができる[17]。上記のモデル式に基づき推定した結果を表7に示す。“-”で示したのは、変数が有意とならなかった（ここでは、色彩×形態の交互作用効果が見られなかった）ことを表している。最も強い効果が見られたのは「快い-不快」尺度であり、式にすると以下のようなになる。

$$z = 0.57x + 0.72y + 0.14xy \quad (3-2)$$

まず、 x の値によって y の効果がどのように変わるかを検討するため、(3-2)式を以下のように整理する。

$$z = (0.72 + 0.14x)y + 0.57x \quad (3-3)$$

上記の式から、 y の効果は $(0.72 + 0.14x)$ で表されており、 y の効果は、 x の値が変わることで変化することが分かる。この変化を見るために、Cohen & Cohen (1983)が提案したガイドラインに沿って、 x に $\bar{x} + 1SD$ （平均値から1SD上）、 $\bar{x}$ （平均値）、 $\bar{x} - 1SD$ （平均値から1SD下）を代入することによってそれぞれの場合の回帰直線を算出する[18]。本論文では、各尺度値を標準化してあるため、それぞれ1, 0, -1となる。それぞれの場合を、 x_H 、 x_M 、 x_L とすると、

$$\begin{aligned} x_H : z &= 0.86y + 0.57 \\ x_M : z &= 0.72y \\ x_L : z &= 0.58y - 0.57 \end{aligned} \quad (3-4)$$

となる。この結果から、 x の値が低くなるに従って y の効果が弱まっていることが分かる。同様に、 y の値によって x の効果がどのように変わるかを検討するため、(3-2)式を同様に変形する。

$$z = (0.57 + 0.14y)x + 0.72 \quad (3-5)$$

さらに、 y に $\bar{y} + 1SD$ （平均値から1SD上）、 $\bar{y}$ （平均値）、 $\bar{y} - 1SD$ （平均値から1SD下）を代入することによって同様に回帰直線を算出する。それぞれの場合を、 y_H 、 y_M 、 y_L とすると、

$$\begin{aligned} y_H : z &= 0.71y + 0.72 \\ x_M : z &= 0.57y \\ x_L : z &= 0.43y - 0.72 \end{aligned} \quad (3-6)$$

となる。こちらも同様に、 y の値が低くなるに従って x の効果が弱まることが分かる。まとめると、色彩と形態の効果はそれぞれの評価値が高ければ高いほど、効果をより高め合うことが分かる。しかしながら、合成図形の美的評価を予測するという観点から言えば、 R^2 の値がほぼ変化していないことから、この相乗効果の影響は非常に小さいものであるといえる。

3.3 形態の特性を考慮した色彩と形態の効果

合成図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果は、それぞれの物理的特性によって変化することが予想される。ここで

色付き図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果

は、形態の物理的特性に着目した分析を行う。形態の物理的特性、例えば、曲線図形か直線図形かによって色彩及び形態の効果が変化することが考えられる。そこで、(1-1)式に形態の特性に関する変数を投入する。しかし、これだけでは形態の物理的特性が美的評価に及ぼす効果は判明するものの、形態の特性によって色彩及び形態の効果が変化するかどうかは分からない。そこで前節同様に、交互作用項を含む下記の重回帰のモデルを考える。

$$z = b_1x + b_2y + b_3D + b_4xy + b_5xD + b_6yD + b_7xyD + c \quad (3-7)$$

ここで、 D は形態の物理的特性、つまり曲線性、複雑性、規則性を示す。例えば、曲線性を考慮したモデル式の場合、直線=0、曲線=1の値を割り当てる（同様に、本論文では、単純=0、複雑=1、規則=0、不規則=1とした）。また、 xy は色彩尺度値と形態尺度値の交互作用項、 xD は色彩尺度値と形態特性の交互作用項、 yD は形態尺度値と形態特性の交互作用項を表す。さらに、 xyD は色彩尺度値、形態尺度値、そして形態特性の交互作用項を示す。交互作用項を追加する際の多重共線性を避けるため、3.2同様、各値を標準化したものを用いている。これらの変数を用いて、重回帰分析により(3-7)式へのあてはめを行った。ここでは、 z の予測に不要な変数が存在することが考えられるため、ステップワイズ法を用いて予測に必要な変数の選択を行うこととし、この際のモデルの選択基準にはAIC (Akaike's Information Criterion)を用いた。表8に示された各特性をモデルに考慮した重回帰分析の結果を見ると、全ての結果で R^2 は1に近い値を示しており、ほぼ正確に予測できていることわかる。以下にそれぞれの結果について述べる。

(1) 曲線性 曲線性を考慮した重回帰分析の結果得られた美的評価の予測式は以下で表される。

$$z = 0.5x + 0.8y - 0.05D + 0.09xy - 0.1yD \quad (3-8)$$

まず、形態の特性が関係する変数に着目すると、 yD の交互作用項が選択されていることから、直線図形か曲線図形かによって形態の効果 y が変化することを意味する。(3-8)式を

表8 形態特性を考慮した重回帰分析の結果

Effect	曲線性	複雑性	規則性
x (color)	0.50	0.50	0.50
y (shape)	0.80	0.76	0.79
D (shape feature)	(-0.05)	-0.08	(0.02)
xy (color : shape)	0.09	0.09	-
xD (color : shape feature)	-	-	-0.11
yD (shape : shape feature)	-0.10	-	(0.09)
xyD (color : shape : shape feature)	-	-	-
R^2	0.89	0.88	0.88

：は交互作用項、-はモデルに選択されなかった変数、
()はモデルには選択されたが有意でなかったことを示す。

整理すると、

$$z = (0.8 - 0.1D)y + (0.5x + 0.09xy - 0.05D) \quad (3-9)$$

となり、 y は D の値によって変化することが分かる(xy の交互作用の結果については3.2で触れたため、ここでは省略する)。 D は0か1の値しかとらないので、それぞれ代入すると、

$$\begin{aligned} D=0: z &= 0.8y + 0.5x + 0.09xy \\ D=1: z &= 0.7y + 0.5x + 0.09xy - 0.05 \end{aligned} \quad (3-10)$$

となり、直線図形に比べて曲線図形では、形態が合成図形の美的評価に及ぼす効果は弱まるのが分かる。

(2) 複雑性 複雑性を考慮した重回帰分析の結果得られた美的評価の予測式は以下で表される。

$$z = 0.5x + 0.76y - 0.08D + 0.09xy \quad (3-11)$$

上記の式では、形態の特性が関わる交互作用項は選択されず、形態(複雑性)のみの影響が選択された。このことから、形態の複雑性は合成図形の美的評価に負の影響を与える、つまり、複雑な図形は単純な図形に比べて美的評価が低いことが分かる。

(3) 規則性 規則性を考慮した重回帰分析の結果得られた美的評価の予測式は以下で表される。

$$z = 0.5x + 0.79y + 0.02D - 0.11xD + 0.09yD \quad (3-12)$$

形態の特性が関わる交互作用項がどちらも選択されていることから、規則図形か不規則図形かによって色彩の効果 x 及び形態の効果 y が変化することを意味する。ここで、(3-12)式を整理すると、

$$z = (0.5 - 0.11D)x + (0.79 + 0.09D)y + 0.02D \quad (3-13)$$

となり、 x と y は D の値によってそれぞれ変化することが分かる。それぞれ代入すると、

$$\begin{aligned} D=0: z &= 0.5x + 0.79y \\ D=1: z &= 0.39x + 0.82y + 0.02 \end{aligned} \quad (3-14)$$

となり、規則図形に比べて不規則図形では、色彩の効果が弱まり、逆に形態の効果がより強くなっているのが分かる。

3.4 色彩の特性を考慮した色彩と形態の効果

同様に、合成図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果について色彩の物理的特性に着目する。色彩の物理的特性として、CIE-L*a*b*表色系を用いる。本論文では、色彩刺激には主として純色を用いており、彩度には差がない。そこで、人間の知覚処理に近いCIE-L*a*b*表色系を用いることで、色彩の明るさと色味を考慮して分析することにした。表2にRGB値から変換したL*a*b*の値を示した。a*値は、赤色と緑色が対になっている軸であり、b*値は黄色と青色が対になる軸である。また、L*値は明るさを示す。上記の値を、3.3同様(3-7)式の D にあてはめて同様に重回帰分析を行った結果を表9に示す。

表9 色彩特性を考慮した重回帰分析の結果

Effect	L*	a*	b*
x (color)	0.45	0.50	0.50
y (shape)	0.78	0.78	0.78
D (color feature)	0.12	(-0.02)	-
xy (color : shape)	0.10	0.09	0.09
xD (color : color feature)	-	-0.09	-
yD (shape : color feature)	-	-	-
xyD (color : shape : color feature)	-	-	-
R^2	0.89	0.88	0.88

: は交互作用項, -はモデルに選択されなかった変数,
()はモデルには選択されたが有意でなかったことを示す.

(1) 明るさ L*値(明るさ)を考慮した重回帰分析の結果得られた美的評価の予測式は以下で表される.

$$z = 0.45x + 0.78y + 0.12D + 0.1xy \quad (3-15)$$

この式では, 明るさ特性に関わる交互作用項が選択されておらず, 明るさのみの影響が選択された. このことから, 色彩の明るさが合成図形の美的評価に正の影響を与える, つまり, 明るい色が美的評価を上げる結果となった.

(2) 赤 - 緑特性 a*値(赤 - 緑)を考慮した重回帰分析の結果得られた美的評価の予測式は以下で表される.

$$z = 0.5x + 0.78y - 0.02D + 0.09xy - 0.09xD \quad (3-16)$$

xD の交互作用項が選択されていることから, 赤 - 緑特性によって色彩の効果 x が変化する. (3-16)式を整理すると,

$$z = (0.5 - 0.09D)x + 0.78y + 0.09xy - 0.02D \quad (3-17)$$

となり, x は D の値(ここでは連続量)によって変化することが分かる. 3.2で述べた方法同様に, $\bar{D} + 1SD(D_H)$, $\bar{D}(D_M)$, $\bar{D} - 1SD(D_L)$ それぞれの場合で x の効果を検証すると,

$$\begin{aligned} D_H : z &= 0.41x + 0.78y + 0.09xy - 0.02 \\ D_M : z &= 0.5x + 0.78y + 0.09xy \\ D_L : z &= 0.59x + 0.78y + 0.09xy + 0.02 \end{aligned} \quad (3-18)$$

となる. このことから, D の値が低い(緑系の色である)ほど色彩の効果が高くなることが分かる. また, 形態の効果には影響しない.

(3) 黄 - 青特性 b*値(黄 - 青)を考慮した重回帰分析の結果, 特性に関わる変数は選択されなかった. このことから, 黄 - 青特性は美的評価の予測に影響しないことが示された.

4. 考 察

以上の分析を踏まえて考察を行う. 3.2より, 合成図形の美的評価に及ぼす色彩と形態の効果を重回帰分析により分析した結果, 色彩よりも形態の効果が強いう結果と

なった. これは, 表1に示した先行研究との比較において, 椎名・王(2000)が示した結果を支持するものとなった. また, 本論文では, 美的評価の中でも「快 - 不快」「好き - 嫌い」に比べて「美しい - 醜い」尺度においてはかなり形態の効果が強くなっている. このことから, 色付き図形の美しさは形態の美しさに左右されるといいだろう.

3.3では, 形態の特徴を考慮して色彩と形態の効果を分析した. まず, 曲線性を考慮した重回帰分析の結果得られた美的評価の予測式の結果から, 曲線図形では, 形態が色付き図形の美的評価に及ぼす効果は直線図形の場合よりも弱まることが示された. また, 複雑性を考慮した重回帰分析の結果では, 単純図形でも複雑図形でも, 色彩と形態の影響度は変化しない. さらに, 規則性を考慮した重回帰分析の結果から, 規則図形に比べて不規則図形において, 色彩の効果が弱まり, 形態の効果がより強くなることが示された.

3.4では, 色彩の特性を考慮した分析を行った. 明るさの変数を踏まえた重回帰分析の結果, 色彩の明るさによって色彩と形態の影響度は変わらない, ということが示された. 赤 - 緑特性を踏まえた分析の結果, この特性の高低によって色彩の美的評価値が色付き図形の美的評価値に与える影響が変化することが示された. 具体的には, 緑系の色であればあるほど色彩の効果が高くなり, 赤系色であれば低くなる. これは, 緑系の色はもともと美しいとされており, この色がより色彩の効果を増長させる結果となったのだろう. 一方で, 黄 - 青特性を踏まえた分析の結果, この特性は美的評価に影響しないということが示された. 黄色及び青色は, もともと美的評価の高いとされている色であり, この特性によって色彩及び形態の効果が変化することはないといえる.

5. お わ り に

本論文では, 色彩と形態の合成図形の美的評価が色彩及び形態からどのような影響を受けるのかを明らかにするとともに, 先行研究では検討されてこなかった色彩及び形態の物理的特性を踏まえ分析を行った. その結果, その効果は色彩よりも形態の方が強いという結果となった. 本論文では, 先行研究より多くの刺激を使用しただけでなく, 実験刺激を色彩形態特性に基づき系統的に選択した. その点で, 刺激選定の基準が曖昧であった先行研究と比べて, 色彩と形態の合成図形の美しさが色彩及び形態からどのような影響を受けるのかという問題について, より明確な結果を示したと言える. また, 色彩及び形態の物理的特性を踏まえながら評価式の検討を行うことにより, それぞれの物理的特性によってその影響がどのように変化するかを調べ, 形態及び色彩の特性によって色彩, 形態が合成図形の美的評価に及ぼす効果に変化することを示した. 今後の課題として, 現実のデザイン等においても本論文で得られた予測式及び知見が利用できるのかどうかについても検討する必要がある.

参 考 文 献

- [1] C.E. Osgood, G.J. Suci, and P.H. Tennenbaum: The measurement of meaning, University of Illinois Press, 1967.
- [2] T. Oyama, Y. Tanaka, and Y. Chiba: Affective dimensions of colores : A cross-cultural study, Japanese Psychological Research, 4(2), pp.78-91, 1962.
- [3] 大山正, 田中靖政, 芳賀純: 日米学生における色彩感情と色彩象徴, 心理学研究, 34(3), pp.1-13, 1963.
- [4] 増山英太郎: 第5回 形と美しさ, 人間工学, 24, pp.417-421, 1988.
- [5] 加藤徹: 二次元図形の知覚に関するSD法的研究, 追手門学院大学文学部紀要, 8, pp.36-44, 1974.
- [6] 山口由衣, 王晋民, 椎名健: 図形の心理物理的特徴と意味的特徴の対応関係, 認知心理学研究, 1(1), pp.45-54, 2004.
- [7] 大山正: 知覚を測る－実験データで語る視覚心理学, 誠信書房, 2010.
- [8] 大山正, 芳賀純: セマンティック・ディファレンシャル法による共感性の研究Ⅲ－色彩の効果ならびに色彩と形態の合成効果－, 日本心理学会第25大会抄録, 1961.
- [9] 大山正: 意味尺度上における色, 形効果の合成 (その2), 日本心理学会第26回大会抄録, 1962.
- [10] 中野光子: 色彩感情と形態感情の合成効果に関する分析的研究, 心理学研究, 43(1), pp.22-30, 1972.
- [11] T. Oyama, H. Yamada, and T. Iwasawa: Synesthetic tendencies as the basis of sensory symbolism; a review of a series of experiments by means of semantic differential, Psychologia, 41, pp.203-215, 1998.
- [12] 椎名健, 王晋民: 色彩・形態合成図形の感情価に及ぼす色彩と形態の効果, 図書館情報大学研究報告, 19(1), pp.43-52, 2000.
- [13] 木村敦, 和田有史, 野口薫: 感情効果の類似が形と色の調和的關係に及ぼす影響, デザイン学研究, 52(6), pp.1-8, 2006.
- [14] J.P. Guilford: The affective value of color as a function of hue, tint, and chroma, Journal of Experimental Psychology, 17(3), pp.342-370, 1934.
- [15] 筒井亜湖, 近江源太郎: 視覚造形における理解度と美的評価, デザイン学研究, 57(3), pp.11-18, 2010.
- [16] 李侖珍, 小林光夫, 側垣博明: 2色配色の“美しさ”とメトリック知覚量の関係, 日本色彩学会誌, 34(2), pp.131-142, 2010.
- [17] L.S. Aiken and S.G. West: Multiple Regression: Testing and Interpreting Interactions, Sage Publications, 1996.
- [18] J. Cohen and P. Cohen: Applied multiple regression: correlation analysis for the behavioral sciences, Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1983.

佐藤 敬子 (正会員)

2005年 岡山大学教育学部情報教育コース卒業. 2007年 同大学院博士前期課程修了. 2008年 東京農工大学生物システム応用科学府博士後期課程中途退学. 同年立命館大学文学部心理学専攻助手. 2013年 香川大学工学部知能機械システム工学科助教. 博士(工学). 感覚や知覚の情報処理, 特に色彩感覚を主とした研究に従事. 日本感性工学会, 日本心理学会, 電気学会, IEEE 各会員.

尾田 政臣 (非会員)

1976年 北海道大学工学部大学院博士課程単位取得退学, 同年電電公社武蔵野電気通信研究所入所. ATR人間情報通信研究所などを経て, 現在立命館大学文学部教授. 工学博士. 顔, 図形, 音楽などの印象評価に関する研究に従事. 電子情報通信学会, 情報処理学会, 映像情報メディア学会, 日本心理学会, 日本認知心理学会, IEEE 各会員.