

衣服における色彩配色の視覚的評価

森 俊夫，浅海真弓
家政学部家政学科家政学専攻
(2004年9月13日受理)

Visual Evaluation of Color Harmony on Cloths

Department of Home Economics, Faculty of Home Economics,
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu, Japan (〒501 - 2592)

MORI Toshio and ASANOMI Mayumi

(Received September 13, 2004)

1. 緒 言

色彩調和論¹⁾は、古代ギリシアから始まり、近代までさまざまな説が唱えられてきている。古代ギリシアでは宇宙は調和し、数学的または幾何学的な比例によって成り立っていると考えられていた。中世以降の西欧社会ではキリスト教の観念が広く影響を及ぼしていた。神が創造した光とは何かという疑問が起こり、自然の摂理・法則を解明していくことは、神に近づくことであると考えられていた。

歴史的にさまざまな説や研究成果があるが、2色または3色以上の多色配色に対して矛盾や衝突が生じないように、統一と多様性のような反対要素を調和させることが色彩調和と考えられている。しかし、配色の調和判断に関する実験美学的研究は多いが、色相、彩度や明度が調和判断とどう関係するかについては検討されていないのが現状である。本研究では色相調和、アクセント効果およびセパレーション効果について服装モデルの色彩配色パターンを作成し、客観的評価できる尺度を確立できないか、画像情報量を求め視覚的影響について検討した。

2. 方 法

1) 試料の作成

色相調和(基本パターン)は、PCCS24色相環を基準にして1色を15度とし、色相差によって6つの基本パターンに分けることができる。同一色相0度、隣接色相15度、類似色相30~45度、中差色相60~105度、対照色相120~150度、補色色相165~180度に分類される²⁾。

Photoshop6.0Jの機能を利用し、画像の大



図1 服装モデル

表1 6つの基本パターンの色彩条件

試料番号	基本色			色相(H度)	彩度(S%)	輝度(B%)
	色相(H度)	彩度(S%)	輝度(B%)			
No.1	60	100	100	60	82	85
No.2	60	100	100	75	100	100
No.3	60	100	100	90	100	100
No.4	60	100	100	155	100	100
No.5	60	100	100	180	100	100
No.6	60	100	100	240	100	100

きさ512×512pixels, 画像解像度72pixels/inchの条件で色相関係のカラー画像を作成した。表1に掲げた色彩条件にしたがって、図1の服装モデルを利用してシュミレーションを行った。

モデルが着ている服の色を変える部分を、自動選択ツールで選択し、選択範囲 近似色選択で残りの部分を選択し色を変化させていった。

2) 色空間の変換

カラー画像は色の加法混色における3原色であるR(赤), G(緑), B(青)から構成されるので、色情報は各画素位置ごとにRGBに分けて、それぞれの色濃度を0~255までのRGB値にデジタル化して2次元配列として保存される。

色の三属性(明度, 彩度, 色相)はR, G, Bのプレーンに書き込むデータの値を変えることによって操作することができるが, R, G, B値と明度, 彩度, 色相との関係が明らかでないので、なかなか自在に取り扱えない。モニター上で色を表現する仕組みとして利用されるRGBカラーモデルでは、RGBをさまざまな強さで放射することにより、ピクセルの色を変化させている。したがって、カラー画像の色情報は各画素位置ごとに3色分解して、R, G, B成分についてそれぞれの色濃度を0から255までの値にデジタル化して保存する。しかし、RGBは数値に支配されており、あまり直感的ではない。LCHカラーモデルは、人間の色の認識の仕方に基づいた

モデルである。人間の目は、色相, 彩度, 明度といった要素で色を認識している。

カラー画像は光の3原色RGBの信号として取り込まれているので、R, G, Bから輝度信号Yと色信号C1, C2に分離する。その関係式は次のようになる³⁾。

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

$$C1 = R - Y = 0.7R - 0.59G - 0.11B \quad (2)$$

$$C2 = B - Y = -0.3R - 0.59G + 0.89B \quad (3)$$

この輝度信号はいわゆる白黒画像に相当する。C1とC2はR, Bから輝度信号を差し引いた形になっており、色信号と呼ばれている。

色相とは色差信号(B - Y)を基準とした軸からどのくらい回転しているか、また、彩度は原点からの距離を表すことになる。数式で表すと、色相(H), 彩度(C)は、色差信号を使って次の用に表すことができる。

$$H = \tan^{-1}(C1 / C2) \quad (4)$$

$$C = (C1^2 + C2^2)^{1/2} \quad (5)$$

輝度信号はそのまま画像化することによって、グレイレベル画像を得ることができる。色相と彩度はその差を濃度差として画像化する。色相の表示は、ある基準色から色相がどれだけ回転しているかを0°~180°の間で計算し、基準色と同色(色相の回転角が0°)の場合に255, 反対側の補色(色相の回転角が180°)の場合に0として、255段階のグレイレベル表示する。彩度表示の最小値を0として、彩度が高くなるようにグレイレベル表示する。

3) 同時生起特徴量

同時生起行列 $M(d, \theta)$ の要素は特定の相對位置関係にある画素対において、グレイレベル対 (i, j) が生起する確率 $P_{\sigma}(i, j)$ である。同時生起行列からテクスチャを特徴づける特徴量のうち、以下の4つの特徴量を使用した⁴⁾。以下の式ではグレイレベル i, j は $0 \sim n - 1$ である。

i) 角二次モーメント (ASM)

$$ASM = \sum \sum \{P_{\sigma}(i, j)\}^2 \quad (1)$$

ASM はテクスチャの一様性を表し、値が大きいほどテクスチャの一様性が高いと考えられる。したがって、ASM は、 $P_{\sigma}(i, j)$ があるグレイレベル対に対して大きな値になる。グレイレベルの変化は一様な画像ではまったくみられないので、この画像に対する同時生起行列はあるグレイレベル対に対して大きな値を持つ。

ii) 相関 (COR)

$$COR = \{\sum \sum i \cdot j P_{\sigma}(i, j) - \mu_x \mu_y\} / \sigma_x \sigma_y \quad (2)$$

$$\mu_x = \sum i \cdot P_x(i),$$

$$\mu_y = \sum j \cdot P_y(j),$$

$$\sigma_x^2 = \sum (i - \mu_x)^2 P_x(i),$$

$$\sigma_y^2 = \sum (j - \mu_y)^2 P_y(j),$$

$$P_x(i) = \sum P_{\sigma}(i, j),$$

$$P_y(j) = \sum P_{\sigma}(i, j),$$

COR は線状パターンあるいは縞状からなるテクスチャの特徴を表す。この値が大きいとある二つの画素のグレイレベル値が比例している。COR は2つの変量 (i と j) の比例関係の程度を示し、 $-1 \sim 1$ の値をとる。

iii) コントラスト (CON)

$$CON = \sum k^2 \cdot P_{x-y}(k) \quad (3)$$

$$P_{x-y}(k) = \sum \sum P_{\sigma}(i, j)$$

$$k = 0, 1, \dots, n - 1$$

CON の値が大きいほどコントラストや局所的変化が大きいとみることができ、濃淡が違っている画素が多い。CON は画素対のグ

レイレベル差の画面全体についての2乗平均を表している。

iv) エントロピー (ENT)

$$ENT = -\sum \sum P_{\sigma}(i, j) \cdot \log \{P_{\sigma}(i, j)\} \quad (4)$$

ENT はテクスチャの情報量を測る尺度である。各レベルのグレイレベル対があるということはさまざまな $P_{\sigma}(i, j)$ が同じように存在するということになる。ENT は $P_{\sigma}(i, j)$ が等しくなるにつれて最大となる。

4) フラクタル解析

1 辺の画素間隔が r 画素の立方体で画像のグレイレベル曲面を被覆するときに必要な個数 $N(r)$ とするとグレイレベル曲面にフラクタル性があれば、 $N(r)$ と r の間に(5)式の関係が成立する。

$$N(r) = kr^{-D} \quad (5)$$

(5)式の両方の対数をとると(6)式が得られる。

$$\log N(r) = -D \log r + \log k \quad (6)$$

ここで、 k は定数である。

ここでは中山等⁵⁾によって改良された粗視化の度合いを変える方法に従い以下のようにしてフラクタル次元を計算する。

5) 官能評価

色相調和について、評価者(女子大生)27名に官能評価を行った。6つのモデル図の中から「美しい」と思われるものを2つ選んでもらい、その出現頻度を調べた。

3. 結果と考察

1) 色相調和の官能評価

色相調和の官能評価の結果を表2にまとめた。官能評価の結果から No.5 と No.2 は美しく調和し、No.1 や No.6 は不調和と判断される。

ムーン&スパンサーの色彩調和論から、No.2の隣接色相は不調和と言われているが、表の官能評価の結果では美しいと評価していることから、必ずしもムーン&スパン

表2 官能評価の結果

試料番号	美しさ
No.1	0
No.2	14
No.3	9
No.4	9
No.5	16
No.6	6

サーの色彩調和論が成立するとは限らないことがわかる。

2) 同時生起特徴量とフラクタル次元

ASM, CON, COR および ENT はそれぞれ画素対の相対位置関係 (d, θ) の関数である。ここでは $d = 1$ に対して $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ の方向の値を求め、4方向の平均値を $d = 1$ に対するテクスチャ特徴量とした。これは違う方向性を持つ同じ種類のテクスチャが存在する場合に同一テクスチャと見なすほうが妥当であると考えられるからである。

表3には、色相調和の各試料について算出した同時生起特徴量 (ASM, CON, COR, ENT) とフラクタル次元 (D) の結果をまとめた。

テクスチャの一樣性や均一性に関係するASMはL画像, C画像, H画像ともに同じような特徴を表している。No.3の類似色相の値が最も小さく、この色相調和は一樣性や均一性は低いと考えられる。逆に、No.4の中差色相は値が一番大きく、一樣性や均一性は高いと考えられる。局所的変化やコントラストを評価するパラメータであるCONはL画像の場合、No.6の補色色相が著しく大きい値を示し、No.1の同一色相からNo.5の対照色相までほとんど変化は見られない。C画像, H画像でもNo.6が一番大きな値を示している。C画像とH画像では、No.4の中差色相で値が大きく、No.5の対照色相で若干値が小さくなる。CORは線状性や縞状性、方向性と関係し、H画像ではNo.1, 2, 3が大きな値を示しているが、No.4の中差色

相で極端に値が小さくなる。色相差が大きくなるにつれて、値が大きくなる傾向がみられ、線状的な曖昧さが低下すると推察される。C画像ではNo.2隣接色相とNo.3類似色相で値が大きくなる。ENTはテクスチャや模様の情報量を表し、全ての画像においてNo.4の中差色相が小さな値を示し、No.2の隣接色相において最も大きな値を示している。Dは自己相似性を内包する構造の複雑な尺度としてしられ、L画像とC画像では、No.6の補色色相が最大値を示す。H画像では、No.4の中差色相が最も大きな値を示している。CONはコントラストや局所的変化を評価するパラメータであるので、色相差が大きくなるほどこの値が大きくなることが予測される。実際に、No.1の同一色相からNo.6の補色色相まで色相差が増大するにつれて徐々に値が大きくなっている。しかし、H画像やC画像では、No.4の中差色相よりもNo.5の対照色相のほうが若干値が小さくなっている。CORは方向性の尺度であるが、No.1~No.3の配色は縦方向の方向性がはっきり知覚できるのに対して、No.4~No.6では若干方向性が低下して知覚される。これらのことは前者のほうが後者に比べてCORの値が大きいことから裏打ちされる。またC画像やH画像でもNo.4~No.6よりもNo.1~No.3のほうがCOR値が高い。

3) 色彩調和

ムーン&スペンサーの色彩調和論に従うと、明快で幾何学的な配色関係は調和(快感を与える)し、不快感を与える調和は不調和であると考えられる。この結果、同一色相、類似色相、対照および補色色相の関係にあるものは調和し、隣接色相や中差色相の関係は不調和で曖昧な関係であると考えられている。

ここではNo.2とNo.4が不調和の領域に

表3 色相調和画像の同時生起特徴量とフラクタル次元

試料名	試料番号	ASM	CON	COR	ENT	D
L 画像						
同一色相	No .1	0.623	25.6	0.971	1.061	2.060
隣接色相	No .2	0.623	22.8	0.973	1.072	2.049
類似色相	No .3	0.622	23.0	0.974	1.062	2.055
中差色相	No .4	0.624	28.3	0.972	1.039	2.064
対照色相	No .5	0.623	26.3	0.972	1.048	2.055
補色色相	No .6	0.623	154.5	0.959	1.072	2.100
C 画像						
同一色相	No .1	0.625	70.2	0.972	1.055	2.089
隣接色相	No .2	0.625	52.2	0.986	1.093	2.051
類似色相	No .3	0.624	55.2	0.986	1.057	2.084
中差色相	No .4	0.626	91.9	0.971	1.036	2.112
対照色相	No .5	0.625	82.0	0.971	1.051	2.099
補色色相	No .6	0.626	155.6	0.959	1.055	2.128
H 画像						
同一色相	No .1	0.624	229.8	0.988	1.037	2.000
隣接色相	No .2	0.623	221.0	0.987	1.081	2.000
類似色相	No .3	0.622	214.1	0.987	1.079	2.000
中差色相	No .4	0.625	547.9	0.852	1.041	2.011
対照色相	No .5	0.624	372.5	0.883	1.048	2.004
補色色相	No .6	0.623	666.7	0.930	1.075	2.000

入ることになる。H 画像の ASM, CON や D において, No .4 の中差色相の値が他の試料よりも大きくなっている。また, COR や ENT では No .4 の値が他と比べて小さくなっている。他にも L 画像の ASM で No .4 が最も大きい値を示した。C 画像の COR と ENT, L 画像の ENT では No .2 が最大値, No .4 で最小値を示している。C 画像の D では No .2 が最小値を示している。

今回使用した試料の結果では, 第二不調和である No .4 の中差色相では画像パラメータが他の試料と違った顕著な結果を示しているが, 第一不調和である No .2 の隣接色相では他の試料と比べて顕著な違いは見られなかった。また, No .2 と No .4 で反対の結果が出たりして不調和についての見解ははっきりとしなかった。H 画像では不調和の関係にある中差色相の場合には, 色相のコントラストや複雑性が高くなる一方で, 一様性が高く, ラ

ンダム性や方向性が低くなることがわかる。

4) 美的測度

美の形式原理として代表的な考え方に「美は多様における統一」という考え方がある。構成要素が多様, 複雑で, しかも変化をもちながら全体としては統一されていると, そこに美が生まれるという解釈⁶⁾である。このような伝統的美学の原理を公式に変換し, 美 (M) の程度を秩序 (O) と複雑さ (C) の 2 変数を用いて数学的に記述したのは Birkhoff である。彼は 90 種類の図形を設定し, それらの図形に (7) 式を適用して美しさ (M_B) を求めた。

$$M_B = O / C \quad (7)$$

この場合, 図形の辺の数から複雑さを与え, 垂直的対称性, 回転対称性, 並行性, 水平垂直網などから図形の秩序を設定している。Davis は美の原理を O と C の積と解釈して美しさ (M_D) について (8) 式を主張した。

表4 バーコフとデービスの美的測度

試料名	試料番号 No.	美的測度 (M_b) (M_D)		調和性
L 画像				
同一色相	1	0.515	2.186	調和
隣接色相	2	0.523	2.197	不調和
類似色相	3	0.517	2.182	調和
中差色相	4	0.503	2.144	不調和
対照色相	5	0.510	2.153	調和
補色色相	6	0.510	2.252	調和
C 画像				
同一色相	1	0.505	2.203	調和
隣接色相	2	0.533	2.241	不調和
類似色相	3	0.507	2.202	調和
中差色相	4	0.491	2.189	不調和
対照色相	5	0.501	2.206	調和
補色色相	6	0.496	2.245	調和
H 画像				
同一色相	1	0.518	2.073	調和
隣接色相	2	0.540	2.162	不調和
類似色相	3	0.540	2.158	調和
中差色相	4	0.518	2.095	不調和
対照色相	5	0.523	2.100	調和
補色色相	6	0.538	2.151	調和

$$M_D = O \times C \quad (8)$$

テクスチャの美しさについていろいろな考え方があがるが、秩序と複雑さは美しさを決める重要な要因であると考えられる。したがって、CやOが妥当に数値化されるならば、美しさMを予測することが可能である。森らはレースの美しさはENTやDと密接に関係し、複雑で情報量が多いテクスチャが美しいことを報告している⁷⁾。テクスチャの形態の秩序や複雑さを数値化する妥当な方法は一般化されていないが、本研究ではd=1におけるENTを秩序の、Dを複雑さの尺度と考えて(7)式と(8)式を用いて算出したMの値を表4に示した。

表4から、バーコフの美的測度(M_b)においてもデービスの美的測度(M_D)においてもいずれの場合も、No.2の隣接色相は高い値を示し、No.4の中差色相は低い値を示

していることがわかる。色彩調和論からNo.2とNo.4は不調和のために美的配色は得られないことから、美的測度も低い値を示すことが予測される。しかしながら、No.4の中差色相は高い数値を示し、相反する結果となった。

美的測度からは、不調和の関係にある隣接色相による配色がむしろ最も美しいと予測され、ムーン&スペンサーの調和論とは矛盾した結果となっているが、表4ではNo.2の配色は色みが共通していることから色相の差を感じさせる類似性であるので、No.3の類似色相よりも配色にバランスがとれている感じを受ける。したがって、隣接色相でもトーンの変化によって美しい配色が得られることがわかる。

4. 結 論

色相調和について6種類の服装モデルの配色パターンをパソコンで作成した。作成したRGB画像は、人の視覚と深く関係する明度(L)、彩度(C)、色相(H)画像に変換された。変換された各画像の画像解析を行い、画像情報量として、角二次モーメント(ASM)、コントラスト(CON)、相関(COR)、エントロピー(ENT)およびフラクタル次元(D)を求め、ENTとDから美的測度を算出した。L画像、C画像およびH画像について検討した結果、以下のような結論が得られた。

色相調和の官能検査の結果、隣接色相と対照色相は美しく調和し、同一色相と補色相は不調和と判断された。ASMは類似色相の値が最も小さく、中差色相の値が最も高い。従って、類似色相は他に比べて一様性や均一性の高い配色であり、中差色相は不均一性の高い配色であることを物理的に特徴づけることができた。CONはL画像の補色相で大きな値を表している。このことから、補色関

係の配色はコントラストの強い配色になることが物理的にも確認されたことになる。ENTは全ての画像において中差色相が低い値を表している。このことから、中差色相では色彩的に情報の低い配色となることが物理的に明確にされ、このことが不調和をもたらすと考えられる。ムーンスペンサーの色彩調和論から、隣接色相、中差色相で不調和であるとされている。必ずしもムーンスペンサーの色彩調和論が成り立つとは限らないことがわかった。ムーンとスペンサーの色彩調和論は、色彩調和は類似か対照か、そのどちらかではなくてはならないという欧米の伝統的な美意識に基づいているので、これが全ての民族にあてはまるとはいえない。美的測度からも不調和の関係にある隣接色相による配色が最も美しいと予測され、ムーンスペンサーの調和論とは矛盾する。縞状性や方向性と関係する COR

では中差、対照、補色色相よりも同一、隣接、類似色相のほうの数値が高かった。目視からも同一、隣接、類似色相の配色は縦方向の方向性がはっきりしている。

参考文献

- 1) 福田俊夫；色彩調和論，朝倉書店(1996)
- 2) 川崎秀昭；配色入門，日本色彩研究事業株式会社(2001)
- 3) 八木伸行；C言語で学ぶ実践画像処理，オーム社(1994)
- 4) 森 俊夫，山田純子，岩佐美代子；家政誌，49，655(1998)
- 5) 中山 寛，曾根光男，高木幹雄；情報学論，30，91(1989)
- 6) 近江源太郎；織消誌，33，273(1992)
- 7) T. Mori and Y. Endou；J. Text. Inst. 90，100(1999)