

評価理由を媒介変数とした3色配色の好み予測式 Color combination preference expression bringing into the reasons as intermediary variables

槇 究 Kiwamu Maki

実践女子大学 Jissen Women's University

Keywords: 配色, 色彩調和, 好み, 予測, 評価実験

1. 既往研究

納谷ら¹⁾が構築した2色配色についての構成色3属性値を用いた印象評価予測式において、暖かさ、目立ち、はなやかさと比較すると、こころよさは変数が顕著に多く複雑であった〔表1〕。また、これまでに為されてきた実証的な色彩調和もしくは配色の好み研究における評価の予測精度からは、2色配色と比較すると、3色配色の調和もしくは好みを構成色の3属性値によって予測することは、簡単ではないことがわかる。〔表2〕

その中であって、Ouraが取り組んだ大規模な実験データに基づいた3色配色の調和感予測式は、評定平均値との相関 $R>0.7$ と、かなり良い予測精度を示している。

2. 研究目的

本研究は、それを超える予測精度を目指した研究の端緒に当たる。当初は、視線情報を採集することで構成色が評価に及ぼす影響の大小を推測し、その影響を式に組み込むことを精度向上の方策として考えていたが、予備実験時に、

視線集中にはいくつかの要因が考えられると判断される結果が得られたことから、評価理由を媒介変数とした評価予測へと方針を転換した。これは、構成色の3属性から直接調和感もしくは好みを予測するのではなく、どんな評価の理由が挙げられるかが分かれば評価が予測できるという仮定に基づき、評価理由が挙げられる条件を構成色3属性で表現することで、間接的に調和感もしくは好みを表現するという試みである。理由は人の判断と深い関連にあり、それは理由が挙げられる特徴を持った対象のみで作用し、そういった特徴を持たないサンプルに対しては影響を持たないと考えられる。そういった個別性を表現することにより、全体を統一的な式で表現するよりも予測精度が向上する。そういった仮説に基づいた試行である。

表1 納谷らによる配色印象予測式

◇暖かさ: 回転混色した色の暖かさ	記載なし
◇目立ち: $a \times 2$ 色の色差 $+b \times$ 構成色の最高彩度	$R=0.75$
◇はなやかさ: 2色のはなやかさ(色相で決まる) $+a \times$ (明度 $+b \cdot$ 彩度) ²	$R=0.78$
◇こころよさ: $b_0 + b_1 \times x_1 + \dots + b_{11} \times x_{11}$ a, b, $b_0 \sim b_{11}$ は定数 $x_1 \sim x_{11}$ は、色相・明度・彩度から計算される3変数、それを2乗・3乗したもの、3変数の差の組み合わせ	$R=0.74$

表2 主な実証的色彩調和論の予測精度

<2色配色>		掲載誌	予測精度	補遺
著者	発行年	タイトル		
納谷ら	1969	配色感情の個人差に関する研究 (その1 実験計画と実施)	電気試験所彙報	$R=0.74$ 100 サンプル
Oura	2006	A color harmony model for two-color combinations	Col Res Appl	$R^2=0.71$ 1431 サンプル、色立体からのシステムティックな構成色選出
Szabóら	2010	Experimental modeling of colour harmony	Col Res Appl	
Nemcsik	2010	Experimental determination of laws of color harmony	Col Res Appl	$R^2 = 0.759$ 2346 カラーサンプル(無彩色の3322 サンプルの場合、 $r^2 = 0.768$)
大山・伊藤	2012	2色配色の感情効果に及ぼす色相差・明度差・彩度差の効果	日本色彩学会誌	$R^2 = 0.787$ 有彩色同士 105 サンプル、好みの評定
<3色配色>		掲載誌	予測精度	
著者	発行年	タイトル		
納谷ら	1968	3色配色のSemantic Differential法による感情分析 (その3 各配色感情の因子評点と物理量との対応)	電気試験所彙報	$R=0.52$ 100 サンプル、こころよさの因子評点の推定
Oura	2010	Additivity of Colour Harmony	Col Res Appl	$R=0.71$ 6545 サンプル、色立体からのシステムティックな構成色選出

3. 実験方法

モニター上に120枚の抽象的3色配色を呈示し、各々のサンプルの好ましさを評価した上で、その評価理由を22の選択肢から選択してもらう実験を実施した。

配色は、主な構成色が3色と見なせる身の回りの物品（本、文具、キッチン用品、家具、バッグ等）を720枚撮影し、そのRGB値を基に独自の3属性値に変換したもの^{注1)}を用いてクラスター分析を実施し、その結果の上位120クラスターから1サンプルずつ選択した。このことにより、身の回りの3色配色の代表例をある程度網羅することができたと考える。

配色の構図は、ベースとなる大面積に中・小面積の領域を配した組み合わせとした[図1]。採集した画像には三色旗や120°の扇型を3つ組み合わせたような構図のものは少なく、ベースとなる大面積色に中面積の領域およびラインや文字などの小面積の領域を組み合わせた構図が多かったため、現実への適用妥当性が高いと判断している。

予測印象は調和ではなく、好ましさとした。これは、楨らの研究²⁾のように好ましさと調和感が分離して抽出されることがあるため、確実に総合評価と見なせる好ましさ（Preference）を直接訊ねるべきと判断したためである。

実験参加者に呈示された評価理由の選択肢は、実験者3名がサンプルを眺めて書き出したものを22にまとめたものである[表4参照]。なお、選択時には、それが評価を上げる理由と認識している（+）か下げる理由と認識している（-）かについても回答させた。実験参加者は、女子大学生22名である。

4. 実験結果

3つの方法で配色の好ましさ予測式を構築して比較したが、ここでは2つについて報告する。

4-1. Ouの調和式の適用による予測

Ouらの3色配色評価予測式は、2色配色の予測式[表3]を組み合わせたものである。今回は、ベース色と左の中面積色、ベース色と右の小面積色の組み合わせで3色配色の評価を表現できると考えて予測した。予測に用いるY,x,y値は、暗室内で色彩色差計を用いて計測した。また、CIE L*, C*, H値算出時に用いる白色のYxy値は呈示サンプル中の白色の値を使用している。ベース色と左の中面積色、ベース色と右の小面積色それぞれの2色配色の好ましさ予測結果を説明変数、実験参加者の好ましさ評定平均値を被説明変数とした重回帰分析を実施したところ、相関係数R=0.517の予測式を得た。

4-2. 理由の選択肢を利用した予測

評価理由として挙げられたときの好ましさ評定平均値と全サンプルの好ましさ評定平均値との差分を評価を上げ下げする力（評価への影響力）と見なす。評価サンプルごとに、（各々の評価理由を選択した人数×各々の影響力）の総和÷評価理由が選択された総数、つまり人数で重み付けした評価への影響力の平均値を算出し、実際の評定平均値との相関係数を計算したところ、R=0.97と大変高い精度で好ましさ評定平均値を推測することができた。評価の理由に着目することで、従来より予測精度が高まる可能性があることが明らかになったため、理由が挙げられる条件を探り、その条件を構成色の3属性で表現することを試みることにした。ここでは、6名以上が評価理由としたサンプルについて、

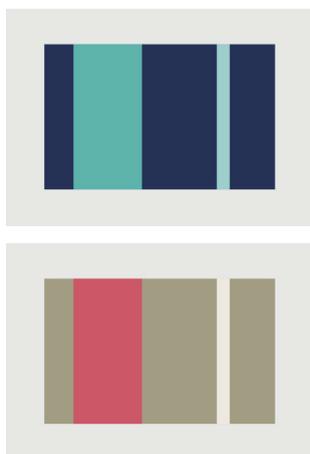


図1 呈示刺激例

表3 Ouらによる2色配色調和感の評価予測式

$$CH = H_c + H_l + H_s$$

$$H_c = 0.04 + 0.53 \tanh(0.8 - 0.045 \Delta C)$$

$$\Delta C = \{[(\Delta H_{ab}^*)^2 + (\Delta C_{ab}^*/1.46)^2]^{1/2}\}$$

$$H_l = H_{L_{sum}} + H_{\Delta L}$$

$$H_{L_{sum}} = 0.28 + 0.54 \tanh(-3.88 + 0.029 L_{sum})$$

$$L_{sum} = L_1^* + L_2^*$$

$$H_{\Delta L} = 0.14 + 0.15 \tanh(-2 + 0.2 \Delta L)$$

$$\Delta L = |L_1^* - L_2^*|$$

$$H_s = H_{S_{Y1}} + H_{S_{Y2}}$$

$$H_{S_{Y1}} = Ec(H_s + E_r)$$

$$Ec = 0.5 + 0.5 \tanh(-2 + 0.5 C_{ab}^*)$$

$$H_s = -0.08 - 0.14 \sin(h_{ab} + 50^\circ) - 0.07 \sin(2h_{ab} + 90^\circ)$$

$$E_r = [(0.22 L^* - 12.8)/10]$$

$$\exp\{(90^\circ - h_{ab})/10 - \exp\{(90^\circ - h_{ab})/10\}\}$$

彩度が似ているほど調和する

明度が高いほど調和する

明度が似ているほど不調和となる

色相が似ているほど調和する

好まれる色相だと調和する

(Yは高明度で調和しやすい)

L* = CIELAB lightness

C*_{ab} = CIELAB chroma

H_{ab} = CIELAB hueangle

理由として挙げられる条件を構成色の3属性で表現することを目指した。

6名という人数は、ある意味恣意的に決定している。多人数であってもしきい値とした6名より多い場合は同じ影響力と見なすことになるし、6名未満の人数であれば影響力は0と見なすことになる。どの程度の値が適当かを、理由として挙げた人数の分布を見ながら考えた結果である。

6名以上が理由として挙げる条件を過不足なく表現できたという理想的な条件をシミュレーションした予測を行ったところ、好ましさの評定平均値との相関係数 $R=0.82$ となった。人数の重み付けを5人未満か6人以上かの2条件に丸めても、Ouraの式の精度を超える可能性が示されたと言える。そこで、試行錯誤的に6名以上が理由として挙げた配色に共通性を

評価を上げる理由		
組み合わせが良い	無彩色で構成	ベースと左、ベースと右、左と右の色相差の和 < 30
	無彩色+同系色	(ベースの彩度 < 10) で、(左と右の色相差 < 40)
	無彩色+同系色	(左の彩度 < 10) で、(ベースと右の色相差 < 30)
	無彩色+同系色	(右の彩度 < 10) で、(ベースと左の色相差 < 40)
	色相 B_R	ベースと右の色相差 < 60
同系色で構成されている	茶系	(ベースの色相が茶 $[\sin(x+30)>0.8]$) で、(ベースと左どちらも明度 < 90) で、(ベースと左、ベースと右の色相差がどちらも < 40)
	色相類似	(ベースと左の色相差 < 60) で (ベースと右の色相差 < 60) で、(ベースと左の明度 < 83) で、(ベースの彩度 < 58)
	無彩色	(ベース、左、右の彩度の和 < 30) で、(ベースと左の明度差 > 20)
爽やか	青のまとまり	(3色の青の度合いが高い $[\sin(x-140)$ の総和 > 2])
	ベースが青系で中が高明度	(ベースの色相が青 $[\sin(x-130)>0.8]$) で、(左の明度 > 70)
可愛い色がある	大と中がピンクと白っぽい色の組み合わせ	(ベースか左がピンク) で、(ベースか左どちらかの明度 > 80)
	大もしくは中が水色ベース+小が異色相	(ベースか左が水色) で、(ベースと右色相差 > 60)
	ピンクを含む	(3色のどれかがピンク (明度 > 70 で $[\sin(x+50)>0.8]$))
配色が可愛い	大・中が高明度と青系で、小が異色相高明度色	(ベースか左、どちらかの明度 > 83) かつ、(ベースと左、どちらも明度 > 25) で、(ベース、左、右どれかの色相が青系 $[\sin(x-140)>0.8]$) で、(左と右の色相差 > 50)
やさしい	R系中高明度低彩度	(ベース、左、右の色相が $[\sin(x-150)<-0.7]$) で、(ベース、左どちらも彩度 < 55) のとき、(ベースの明度 > 50)
きれい	青系と水色	(ベース、左、右の色相が青系 $[\sin(x-110)>0.8]$) で、(ベースの明度 > 70)

図2 評価理由が挙げられる条件式 (評価を上げる理由：一部抜粋)

見出し、その特徴を構成色の $L^*a^*b^*$ (Yxy値を変換して算出) を用いて表現した。 [図2・3]

図からわかるように、評価理由ごとの条件式は1つとは限らない。たとえば、「色の組み合わせが良い」は5つの条件式で構成されているが、これは色の組み合わせが良いと感じられる条件は1つにはまともならず、4種類はあると捉えていることになる。このように、トリガーとなる配色特徴は複数あると考えられる理由は幾つも存在した。

表4では、条件式を作成した理由に○を付けてある。条件式を作成するか否かは、算出され

ている評価への影響力の大きさと理由として挙げられた回数を判断材料としている。

なお、表4の中に一つ△がある。「ベースの色が良くない」については、6名以上か未満かにこだわらず、表5に示す評価予測式による予測値を適用して、連続的な評価となるようにしている。これは、ベース色の影響が大きいことに着目したこと、および人数による二分したことの影響を少なくするための配慮である。

人数による二分を実施したため、評価に及ぼす影響力も表4とは若干異なる値となるはずで

表4 評価の理由ごとに算出した好ましさ評価への影響力

	評価の理由																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	はつきりしている	ぼんやりしている	目立つ	つがある	きれいか	爽やか	やさしい	落ち着いている	華やか	寂しい	地味	同系色で構成されている	毒々しい	まとまりがある	組み合わせが良い	組み合わせが悪い	ベースの色が嫌	配色が可愛い	可愛い色がある	明るい	暗い	堅い
aの時の影響力	1.07	1.44	0.96	1.80	1.18	1.52	1.19	0.99	0.80	1.69	0.98	0.88	1.18	1.75	1.19	1.87	1.15	1.03	1.54	1.36	1.44	
bの時の影響力	-0.90	-0.59	-0.70	-1.31	-1.25		-0.38	-1.23	-0.31	-0.56	-1.22	-0.96	-0.66	-0.86	-0.96	-1.08	-1.35	-1.14	-1.03	-0.63	-0.78	-1.13
予測式に使用a			○	○		○						○					○	○				
予測式に使用b	○	○	○							○	○				○	△			○			○
aが選択された回数	218	80	276	124	249	155	479	100	9	47	7	214	539	436	4	0	213	357	184	27	6	4
bが選択された回数	578	915	1699	14	33	0	85	251	915	1685	842	115	119	22	2439	1178	53	13	169	1123	501	474

評価を下げる理由		
目立つ色がある	大中：色相差小 大小：色相差大	(ベースと左の色相差 $b < 30$) で (ベースと右の色相差 $b > 120$)
	大：黒、小：彩度大	(ベースの明度 \times 彩度 < 10) で、(右の彩度 > 60)
	高彩度暖色	(ベースが左のどちらかの彩度 > 62) で、 (ベースが左どちらかが暖色 [$\sin(x-140) < -0.6$])
	明度差大 (異色相で緩和)	(ベースと右の明度差 > 70) もしくは (ベースと右の明度差 > 50) で、 (ベースと右の色相差 > 100)
	明度差大	(ベースと左の明度差 > 60)
暗い	低明度	(ベースと左の明度の平均 < 40)
	2色暗い	(ベースと右の明度の和 < 50)
	中明度で鈍い	(彩度の最大値 < 20) で、 (3つの構成色すべての (明度-50) の絶対値 < 30)
	グレー	(ベース、左、右の彩度の和 < 55) で、(ベースと左の明度の平均 < 50)
はっきりしている	黒+高彩度有彩色	(ベースの輝度 < 20) で、(右の彩度、左の彩度のどちらか > 60)
	明度差大	(ベースと右、ベースと左のどちらかの明度差 > 80)
	高彩度ベース・暖色あり	(ベースの彩度 > 70) で、(ベース、右、左のどれかが暖色 [$\sin(x-140) < -0.8$]) で、 (右か左の彩度 > 50)
迫ってくるような感じ	ベースが高彩度暖色	(ベースの彩度 > 50) で、(ベースが暖色 [$\sin(x-140) < -0.7$])
	ベース黒+高彩度色	(ベースの明度 < 20) で、(左の彩度 > 60)
地味	すべて低彩度	(ベース、左、右のすべての彩度 < 30)
	中・高明度の暖色ベース+同系色 (Gy含む)	(ベースの明度 $-70 < 15$) で、(ベースが暖色 [$\sin(x-140) < -0.7$])、 そして (ベースと左、ベースと右の色相差 < 40)
	茶系ベースと同系中	(ベースの色相 $+70 > 80$) で、(ベースの彩度 < 65) で、 (ベースと左の色相差 $b < 50$)
	中高明度・大中が同系色相	(ベースの明度 $-75 < 10$) で、(ベースの彩度 20) で、 (ベースと左の色相差 $b < 40$)
	中明度低彩度色で構成	(ベース、左、右すべての (明度-50) < 25) で、 (ベース、左、右すべての彩度 < 40)

図3 評価理由が挙げられる条件式 (評価を上げる理由：一部抜粋)

表5 ベース色のみに基づいた配色の好ましさを評価予測

$$R_{ave} = -0.01 \times B_c + 2.163 \times B_L + 2.163 \times B_{Blue} + \times B_{\Delta L} + \times B_{L_{sumL}} + \times B_{R_{\Delta L}} + \times B_{R_{sumL}} + C$$

R_{ave} : 好ましさを評価する平均値
 B_c : ベース色の CIE C^*
 B_L : ベース色の CIE L^*
 B_{Blue} : ベース色が青系であるか否か
 ($\sin(Bc-130) > 0.85$ の場合 1、それ以外は 0)
 $B_{L_{\Delta L}}$: ベース色と左 (中面積) 色の輝度差
 $B_{L_{sumL}}$: ベース色と左 (中面積) 色の輝度合計
 $B_{R_{\Delta L}}$: ベース色と右 (小面積) 色の輝度差
 $B_{R_{sumL}}$: ベース色と右 (小面積) 色の輝度合計

ある。そこで、二分の条件に基づいて評価への影響力を計算し直した上で、条件式を満たした理由の影響力の平均値を算出して好ましさを評価する平均値を予測したところ、相関係数 $R=0.689$ で予測できるという結果が得られた。

5. おわりに

5-1. まとめ

抽象的 3 色配色の好ましさを評価および評価理由選択データから、評価理由がわかれば配色の好ましさを高精度で予測できる可能性があるこ

とが分かった。構成色の 3 属性を用いて評価理由が挙がる条件を記述することにより、相関係数 $R=0.689$ で好ましさを評価する平均値を予測できた。

5-2. ディスカッション

Our の式による評価予測は、彼らの研究結果より低く出た。これには、(1) 調和ではなく、好ましさを予測したこと、(2) 評価者の属性の違い、(3) 評価サンプルの構成の違いなどが関連していると考えられる。(3) については、色立体からまんべんなく取りだして配色を構成するのがいいのか、使用される可能性が高い配色で検証すべきかという問題でもある。今後、検討する価値がある。

評価理由に着目した評価予測には、理由が挙げられる新たな条件が発見された場合には、追加が容易であるので、拡張性に

すぐれるという強みがある一方、条件式の数が多くなり、その記述も困難が大きいこと、理由として挙げる人数に対応した式の作成の困難さといった弱みもある。弱みをどう克服するかが課題である。

謝辞

研究を一緒に進めた井手祥子・加藤美紀両氏に謝意を表す。

注釈

- 1) 未発表であるが、HLC という 3 属性値を提案している。RGB 値 \rightarrow HSB 値 \rightarrow HLC 値の順で変換する。JIS 標準色票を撮影した画像でこの変換を行い、Munsell Hue, Value, Chroma と HLC が概略対応していることを確認している。

参考文献

- 1) 納谷嘉信ら：配色感情の個人差に関する研究 (その 1 実験計画と実施)、電気試験所彙報 33-2、pp.205-229、1969
- 2) 榎 究ら：街路景観の評価構造の安定性、日本建築学会計画系論文集、No.458、pp.27-33、1994.4