

対話型進化計算による個人感性を考慮した配色作成支援に関する研究

飛谷 謙介[†] 加藤 邦人^{††}

[†] 岐阜大学産官学融合本部 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{††} 岐阜大学工学部 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

E-mail: [†]tobitani@yam.info.gifu-u.ac.jp, ^{††}kkato@info.gifu-u.ac.jp

あらまし 本研究では、ムーンとスペンサーが提唱した配色における美しさを定量的に表現した美度公式に基づき、対話型進化計算によって個人の感性や好みを反映した配色作成支援手法について提案する。本手法では、まず任意の1色を利用者が決定し、その色に対しランダムで作成した複数の配色パターンについて並び替えを行い、利用者が相対的な評価を行う。この評価により配色の美しさを表現している美度係数を変化させ、個人の感性や好みを反映した配色の提示が可能になる。また、これらの一連の操作を直感的に行うようにするため提案手法を iPad 上に実装し、実験を行った。

キーワード 配色, 美度, 対話型進化計算, 個人感性, iPad アプリケーション

1. はじめに

近年、計算機の急速な普及と高性能化により、計算機による情報処理の対象分野が従来の定量的な数値情報だけでなく、イメージや感情といった感性情報にまで広がってきており、より人間主体の情報処理システムに関する研究が多く行われている [1]。一方で、日本の市場は成熟期を迎え、個人のニーズが多様化し消費者は他人とは違う製品を求め、消費する傾向にある。このような傾向に伴い、製品デザインも多様化し、デザインの一要素である配色設計の重要性が高まってきている。またインターネットの普及により、個人の Web ページにおける配色設計やインターネット通販による購入機会の増加に伴い、製品デザインのような生産側だけでなく個人においても配色に対する意識は高まってきているといえる。さらに、配色は人間の感性に大きな影響を与えているといわれ、設計した配色により人間の気分を高揚させたり、落ち着かせたりするなど心理的な効果があると考えられている。

以上のような背景のもと、近年では配色設計に関する研究が盛んに行われており、徳丸らはファジィ理論を利用した配色評価システムについて提案している [2] [3]。Cooper らは、色彩バランスのモデル化を試みている [4]。また、井上らは数量化 I 類により感情と配色のモデル化を試みている [5]。これらの研究は一般的な理論に基づいていたり、アンケートなどの感性評価データ等を用いているため、個人の感性や好みといった要素を考慮していない。しかし、色を扱う上で個人の感性や好みといった要素は無視できるものではなく、実際にそれらの要素は一般的な配色設計において大きく影響していると考えられる。これらの研究に対し、個人の感性や好みを考慮した配色設計に関する研究も行われてきており、柳生らは感性語キーワードを介したコンピュータと利用者とのコ

ミュニケーションにより利用者の好みを推定し、それに基づいた配色支援システムを提案している [6]。また、井上らや尾畑らは遺伝的アルゴリズムの枠組みを用いて、個人の感性を反映させた配色支援に関する研究を行っている [7] [8]。井上らの研究は、遺伝的アルゴリズムにおける個体評価や遺伝操作の一部を人間が行う対話型進化計算 (IEC: Interactive Evolutionary Computation) を用いている [9]。IEC は人間の主観的な評価をコンピュータとの対話操作によって可能にするため、個人の感性や主観性といった要素を遺伝的アルゴリズムの枠組みに組み込むことができる。

本研究では、IEC を用いることにより個人感性や好みを反映した配色支援システムを提案する。その際、配色の美しさを定量的に扱うため、ムーン・スペンサーの色彩に関する美度公式 [10] を用いる。2 章でこのムーン・スペンサーの色彩調和論と美度計算について述べ、3 章では IEC を用い美度公式中の美度係数を操作することによって個人の感性を反映させた配色支援手法について述べる。また 4 章では、より利用者が感覚的に操作が可能になるよう iPad 上に実装したアプリケーションとそれによる実験について述べ、5 章をまとめとする。

2. ムーン・スペンサーの色彩調和論と美度の計算

フェヒナー (G.T.Fechner) の美は複雑さの中の秩序にある」という原則 [11] を基にバーコフ (G.D.Birkhoff) は 1933 年、美しさを定量的に評価する方法として美度 (Aesthetic Measure) の概念を提案した [12]。この美度の考えは、オーナメント、花瓶、音楽、詩などで適用され、その中の一つとしてムーン (Parry Moon) とスペンサー (Domina Eberle Spencer) の色彩に関する美度公式がある。この公式は、美度の概念を色彩という分野に適用し、

配色の美しさを定量的に表現したものである。本章ではムーン・スペンサーの色彩調和論と美度計算について詳しく述べ、以後、本論文において配色の美しさを表現する際は本公式による美度を用いる。

2.1 ムーン・スペンサーの色彩調和論

ムーン・スペンサーは、マンセル表色系を基に、色彩調和に関する条件を提唱した[10][13]。色彩調和は、色相、明度および彩度の三属性それぞれについて

- 同一調和 (harmony of identity)
- 類似調和 (harmony of analogy)
- 対照調和 (harmony of contrast)

に分類される。また二種の調和の間に、

- 第1不調和または第1の曖昧 (1st ambiguity)
- 第2不調和または第2の曖昧 (2nd ambiguity)

の不調和域を定義した。また、組み合わせた色の、色相、明度、彩度の値の差により、調和、不調和の領域を表1のように定めた。これらの調和分類はマンセル表色系の値で計算され、決定された調和分類により、その色の組み合わせの美度が計算される。

表1 調和・不調和の分類

	同一調和	第1不調和	類似調和	第2不調和	対象調和	眩輝
色相差	0~1jnd	1jnd~7	7~12	12~28	28~50	
明度差	0~1jnd	1jnd~0.5	0.5~1.5	1.5~2.5	2.5~10	10より大
彩度差	0~1jnd	1jnd~3	3~5	5~7	7以上	

2.2 美度の計算

前述したバーコフの美度の公式は、式(1)のように定義される。

$$\text{美度}(M) = \text{秩序の要素}(O) / \text{複雑さの要素}(C) \quad (1)$$

一般的に、美度の値が0.5以上ならば、その対象は美しいとみなされる。式(1)中の分母である複雑さの要素は式(2)のように定義され、

$$\begin{aligned} \text{複雑さの要素}(C) = & \text{色の数} \\ & + \text{色相の異なる対の数} \\ & + \text{明度の異なる対の数} \\ & + \text{彩度の異なる対の数} \end{aligned} \quad (2)$$

たとえば、5R 5/6, 5R 4/2の組み合わせを考えた場合、色の数は2であり、色相が同一で、明度・彩度が異なるので対の数として1ずつ数えられ、 $C = 2 + 0 + 1 + 1 = 4$ となる。また、式(1)中の秩序の要素(O)は、組み合わせた2色の間の色相、明度、彩度の差から、表1により同一、類似、対照の調和、また、第1不調和、第2の不調和のいずれかを判定する。調和・不調和の結果から、表2に示す秩序に関する重みである美度係数を与えられる。

この係数は数名の人間を対象に実験を行い、その平均として決定されたものである。無彩色配色の係数については、配色の中に無彩色があった場合、色相・彩度の係数は考慮せずに、明度のみの係数として加算する。この係数の和が秩序の要素(O)となり、式(3)のように示される。

表2 美度係数表

	同一調和	第1不調和	類似調和	第2不調和	対象調和
色相	1.5	0	1.1	0.65	1.7
明度	-1.3	-1	0.7	-0.2	3.7
彩度	0.8	0	0.1	0	0.4

$$\begin{aligned} \text{秩序の要素}(O) = & \text{色相の美度係数の和} \\ & + \text{明度の美度係数の和} \\ & + \text{彩度の美度係数の和} \end{aligned} \quad (3)$$

以上の計算方法に従い、4色の配色で7組の美度を計算した。ここでは、4色それぞれの面積比や位置は無関係とみなし、無彩色は除外し有彩色のみの配色となっている。その計算結果を配色図の下に示し美度の高い順に並べたものを図3に示す。図3より、美度の高い配色は明度差の大きい色の差がはっきりとした美しさを持つものが多いようにみられる。ここに、美度の公式の有効性がみられる。しかし、どの配色を美しいと思うかは、人それぞれの嗜好や、感性の違いが影響する。そのため本章で述べた美度は共通的な尺度とはいえない可能性がある。

3. 個人の感性を反映させた配色作成支援システム

本研究では、個人の感性や好みを反映させた配色作成支援を目的としている。ムーン・スペンサーの美度公式によると、美度の値は美度係数によって決定される。そこで、美度係数の値を個人の感性によって変化させることにより、美度係数そのものが個人の感性や好みを表現していることとなる。そのため、個人が美しいと思う配色サンプルを得ることができれば、その人の感性や好みを反映する美度係数を得ることができる。しかし、全ての係数を得られたサンプルから連立方程式によって算出するのは非常に困難である。そのため、本研究では美度係数表を複数作成し、それらを遺伝子としてIECをもちいることで個人の感性を反映させた美度係数表を対話的に求める手法を提案する。提案手法のフローチャートを図1に示す。

はじめに、ムーン・スペンサーが提唱した美度係数に対し、乱数を加算することで美度係数表を6つ作成し、初期集団とする。次に、2色配色のサンプルを5つ作成する。2色の内1色はユーザーが任意に決定し、他方はランダムに決定される。作成した配色サンプルをユーザーに対し提示し、どのくらい美しいかの度合いも含め美し

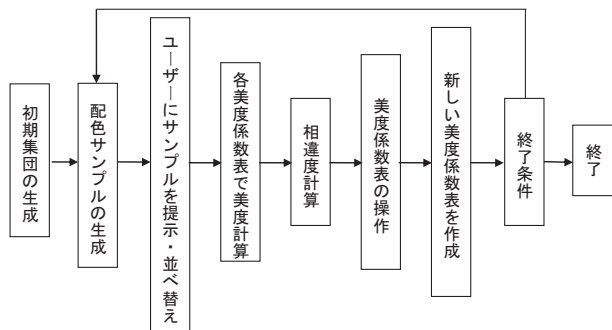


図1 フローチャート

いと思う順に並べ替えてもらう。図2にユーザーによる並べ替えの例を示す。

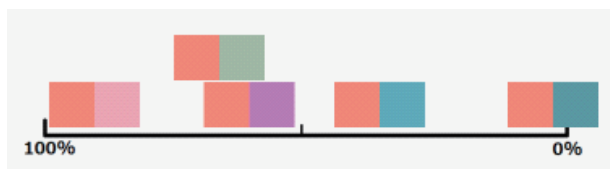


図2 並び替え例

ユーザーによる並び替え結果と、6つの美度係数表を用いた美度計算結果からそれぞれ相違度 D を計算する。式(4)に相違度 D の計算方法を示す。式(4)中の m は配色サンプル数、 i はサンプル番号、 R_i は美度係数表によって計算される配色サンプル i の美度、 R'_i はユーザーの並び替えによって得られる1から100までの美しさの度合いの値である。また、 R_i は得られた美度の内最大値を100、最小値を1として正規化を行っている。

$$D = \sum_{i=0}^m \frac{|R_i - R'_i|}{R'_i} \quad (4)$$

この相違度の値が低い程、美度係数表による美度計算結果とユーザーの感性が似ていることになり、個人感性を反映させた美度係数表となっているといえる。この相違度を適応度とした。次に、相違度の値によって美度係数表を操作し次世代の美度係数表を作成する。最後に終了条件を満たせば試行終了とし、満たさなければ新たに配色サンプルを作成し、繰り返していくことで最適な美度係数に収束させる。提案手法中の美度係数表の操作は、主に内外分の計算による美度係数表の作成、美度係数の入れ替えによる美度係数表の作成、ユーザーが上位に選んだ調和分類の美度係数の値に重み付けを行うことによる美度係数表の作成の3つに大分される。詳細に述べると、以下の11通りの方法で行い、次世代の美度係数表を11種類作成することとした。

- (1) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表
- (2) 前回の試行における相違度が2番目に低い美度係数表

- (3) 前回の試行における相違度が3番目に低い美度係数表
- (4) 前回の試行における相違度が4番目に低い美度係数表
- (5) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表と前回の試行における相違度が2番目に低い美度係数表を交互に美度係数を入れ替えた美度係数表
- (6) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表と前回の試行における相違度が2番目に低い美度係数表を類似調和と第2不調和の間で美度係数を入れ替えた美度係数表
- (7) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表と前回の試行における相違度が2番目に低い美度係数表におけるそれぞれの係数の平均の値を持つ美度係数表
- (8) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表側に1:5で美度係数を外分した値を持つ美度係数表
- (9) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表側に1:3で美度係数を内分した値を持つ美度係数表
- (10) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表に対し、ユーザー選択1位に該当する係数を加算した値を持つ美度係数表
- (11) 前回の試行における相違度が1番低い美度係数表に対し、ユーザー選択1位に該当する調和分類まわりの係数を重み付けで加算した値を持つ美度係数表

4. アプリケーションの実装と実験

4.1 アプリケーションの実装

前章で述べた提案手法を、より利用者が感覚的に操作できるように、apple社製のiPad上に実装した。実装したアプリケーションのインターフェイス画面を図3に示す。

図3中の番号はそれぞれ、

- (1) 決定ボタン：提示サンプルの並び替えが完了したら押す。美度の計算等、内部計算を行う。
- (2) リセットボタン：試行を始めからやり直すことができる。
- (3) 色相環：ドラッグすることで、提示サンプル全ての左側の色を固定する。これにより、ユーザーの好きな色に対し、どの組み合わせが美しいとされるか調べることができる。明度は最大値で固定、色相・彩度を選択できる。円の内側になる程、彩度が低くなる。
- (4) 提示サンプル群：2色配色を5つ表示する。ユーザーにはこれらのサンプルを並べ替えてもらう。
- (5) スケール：最も美しいと思うものを100、最も美しくないと思うものを0とし、提示された配色サンプルをこのスケール上に並べ替える。
- (6) 結果配色：試行の結果、最も美しいとされる配色例を表示する。ユーザーは表示された配色が美しいと思うか選択する。Yesを選択した場合は試行終了、Noを選択した場合は試行続行が選択される。

(7) 試行回数：現在の試行が何回目かを表示する。



図3 インターフェイス画面

4.2 実験と結果

iPad 上に実装したアプリケーションを用いて、被験者 1 名に対して実験を行った。結果として、3 章で述べた 11 種類の美度係数表による相違度の推移を図 4 に示す。

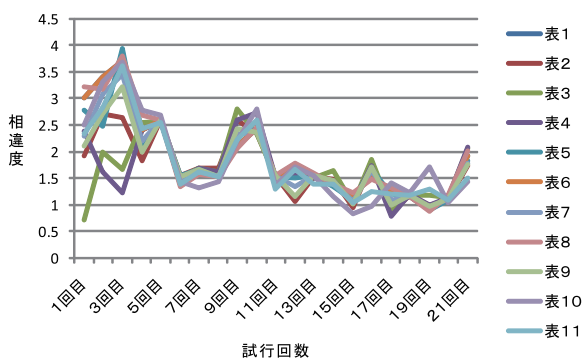


図4 相違度の推移

図 4 から、試行回数が 20 回を超えても美度係数が完全には収束しておらず、一定の範囲内で多様性を保っていることがわかる。また、10 回から 20 回目の試行においては、相違度の値が 1.0 から 1.5 あたりで安定していることからユーザーの感性に合わせて収束していると考えられる。また、内外分の計算による美度係数表の作成、美度係数の入れ替えによる美度係数表の作成、ユーザーが上位に選んだ調和分類の美度係数の値に重み付けを行

うことによる美度係数表の作成という 3 種類の手法の内、調和分類の美度係数の値に重み付けによる手法が最もユーザーの感性に合った収束の仕方をしていることを示唆する結果となった。

5. まとめ

本研究では、対話型進化計算を用いて、配色の美しさを定量的に表現するムーン・スペンサーの美度公式における美度係数表を、内外分の計算、美度係数の入れ替え、ユーザーが上位に選んだ調和分類の美度係数の値に重み付けといった 3 通りの方法により操作することで個人感性を反映した配色支援手法を提案した。また、提案手法をユーザーがより感覚的に操作できるよう iPad 上に実装し、併せて実験を行った。実験結果から、調和分類の美度係数の値に重み付けを行う手法がユーザーの感性に合わせた収束をし、最も有効な手法であることがわかった。他の 2 種類の手法はユーザーの感性に合わせた収束はせず、その原因として、どちらの方法もそれぞれの美度係数表の多様性が保たれず、早くに 1 つの値に収束してしまうことが挙げられる。また、1 色の色相を固定した場合でもランダムに組み合わせられる色による変動が大きく、相違度の値が振動してしまった。明度・彩度においては試行ごとの差や固定した色による差があまり無く、同じ調和分類を選ぶ傾向がみられ、このことが実験結果に大きく影響を与えたと考えられる。

被験者の感想として、何度も繰り返しているとなが美しいのかが判らなくなるという意見があった。これは、始めはあまり美しくないとしていた配色が、試行を繰り返す間に美しく思えてくるというものである。これは、試行回数が 20 回に近づくにつれ相違度が振動・増加してしまう原因として考えられる。そのため、今後はより少ない試行で個人の感性に合わせた美度係数表の作成を行う必要があるのと、手法に対する明確な評価手法の確率が必要だと思われる。また、多くの被験者に対して実験を行う必要もあると考えられる。

文 献

- [1] 井口 征士, “感性情報処理が目指すもの (特別論説: 情報処理最前線), ” 情報処理学会論文誌, vol.35, no.9, pp.792–798, Sep.1994.
- [2] 徳丸 正孝, 村中 徳明, 今西 茂, “ファジィ推論による色彩調和の定量的評価, ” 日本知能情報ファジィ学会誌, vol.19, no.1, pp.57–68, 2007.
- [3] 徳丸 正孝, 山下一美, “ファジィ推論を用いた配色のイメージ判定システムの構築, ” 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J83-D-II, no.2, pp.73–80, Feb.2000.
- [4] COOPER Eric, 亀井 且有, “色彩バランス支援システムの開発, ” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.1, no.4, pp.680–689, Nov.1999.
- [5] 井上 博行, 田端 浩之, 辻 晴香, “数量化 I 類による感情配色モデルとユニフォーム配色への応用, ” 日本感性工学会論文誌, vol.8, no.3, pp.775–781, May.2009.
- [6] 柳生 智彦, 久森 芳彦, 八木 康史, 谷内田 正彦, “配色支援システムにおける好みの獲得と迷いの解消, ” 電子情報通信学会論文誌 (A), vol.J79-A, no.2, pp.261–270,

Feb.1996.

- [7] 井上 博行, 袁 丹, 岩谷 香栄, “対話型進化計算による配色作成支援システム,” 日本知能情報フレンジ学会誌, vol.21, no.5, pp.757-767, Oct.2009.
- [8] 宮崎 隆之, 萩原 将文, “感性を反映できるポスター作成支援システム,” 情報処理学会論文誌, vol.38, no.10, pp.1928-1936, Oct.1997.
- [9] 高木 英行, 畝見 達夫, 寺野 隆雄, “対話型進化計算法の研究動向,” 人工知能学会誌, vol.13, no.5, pp.692-703, Sep.1998.
- [10] P. Moon and D. E. Spencer, Aesthetic measure applied to color harmony, Journal of the Optical Society of America, vol.34, Issue 4, pp. 234-242, 1944.
- [11] G. T. Fechner, Vorschule der Aesthetik, Leipzig, 1876.
- [12] G. D. Birkhoff, Aesthetic Measure, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1933.
- [13] Parry Moon, Domina Eberle Spencer, Geometric formulation of classical color harmony, Journal of the Optical Society of America, Vol. 34, Issue 1, pp.46-59, 1944.