

特集「納谷嘉信記念シンポジウム」

最新の色彩調和研究

Study of latest color harmony

側垣 博明, 李侖珍

Hiroaki Sobagaki, Yunjin Lee

女子美術大学大学院 美術研究科

Joshibi University of Art and Design

1. 納谷先生の色調研究の概要

納谷先生がカナダ国立研究所 (NRC) の Dr. G. Wysecki の研究室から帰国された当時の電気試験所は、組織改変の大変な過渡期であった。そのような状況下、色調研究を始められた。研究を始めるに当たり、「色調研究委員会」を組織され、その設立メンバーは難波精一郎先生（大阪大学教養学部）、池田潤平先生（大阪大学工学部）、浅野長一郎先生（（株）シオノギ製薬解析センター）、山崎勝弘先生（奈良女子大学）および納谷先生を筆頭とした電気試験所大阪支所の職員などの約 10 名であった。研究会は毎月電気試験所大阪支所で開催され、私は議事録をとらせて頂いた。

納谷先生の色調研究の概要を以下に示す。

(1) 2 色配色の対比較法による研究は、電気試験所彙報¹⁻⁵⁾と CRA 誌⁶⁻⁷⁾に発表された。彙報に発表されたのは、詳細な情報の記録という先生の想いからであった。

(2) 3 色配色の Semantic Differential による感情分析の研究は、電気試験所彙報に 4 報⁸⁻¹¹⁾を発表された。

(3) 配色感情の個人差に関する研究は、電気試験所彙報に 3 報¹²⁻¹⁴⁾を発表された。更に、2 色配色の面積比が配色感情におよぼす影響、2 報^{15,16)}、単色感情の分析、2 報^{17,18)}などを発表された。

納谷先生は、これまでに何度か「我々の研究を追試あるいは発展させてもらいたい」と言っておられた。筆者らは、これまでに納谷先生の色調研究の追試を試みたが諸研究はいずれも大規模で容易に追試できなかった。しかし、筆者の一人は、つねづね人間の配色のイメージあるいは印象といった配色に対する感情を目に見えるかたちで表現したいと考えていた。そして、配色感情に関する研究を調べたところ多数の件数があった。

納谷先生ら⁸⁻¹¹⁾は、配色と色彩感情について、主成分分析および因子分析を行い、色彩感情因子を抽出している。最近、Luo と Ou^{19,20)}らは、単色と配色にお

ける色彩感情の因子分析を行い、「活発さ」、「重さ」、「暖かさ」などの因子について $L^*a^*b^*$ 値を用いた予測式を提案している。伊藤²¹⁻²³⁾らも配色と感情効果について因子分析と重回帰分析より、調和しやすい配色の色属性と色感情因子の関係を発表している。

配色感情に関係する因子はほぼ 4 個であり、その構造はある程度普遍性のあることが見出されている²⁴⁾。

筆者らが多数の配色と尺度を準備し、多数の被験者による評価実験を行っても、従来と大きく異なる結果が得られるとは思えなかった。そこで、配色と色彩感情について、解析的な方向で研究することに決めた。納谷先生らが抽出された 4 つの色感情因子、すなわち「快さ」、「目立ち」、「華やかさ」および「暖かさ」を用いることに決めた。筆者らの目的は、これら 4 つの色感情に関するメトリックの構築を試みることである。

2. 方法

2 色配色の色感情の定量化のため、心理量と 2 色配色の CIEL $^*a^*b^*$ 値間（以降、 $L^*a^*b^*$ と略す）での重回帰分析を計画した。配色サンプルと目的変数および説明変数は次のように定めた。

2.1 サンプルの選定

PCCS 表色系から、12 色相、12 トーン（ビビッドとブライトトーンは 24 色相）と 9 つの無彩色を合わせ、計 177 色を選択した。これらを組み合わせた 15,576 個の 2 色配色を構成した。

2.2 サンプルのメトリック量の設定

筆者らは、色感情（心理量）と $L^*a^*b^*$ 値（心理物理量）との関係付けを目的としており、配色サンプルの $L^*a^*b^*$ 値への変換が必要である。そのため、PCCS 色票のマンセル記号を参照した。JIS Z 8721 にはマンセル表色系の標準イルミナント C に加えて D65 下の測色値も定義されている。そこで、産業技術総合研究所の RIO-DB²⁵⁾ データベースを参照し、マンセル記

号から標準イルミナントD65下の三刺激値を求めた。

2.3 目的変数の設定

心理量と2色配色の $L^*a^*b^*$ 値間で重回帰分析を行うため、納谷らの4つの色感情予測式^{6,7)}によりPCCS色票15,576個の2色配色の推定値を計算した。これを主観推定値と呼ぶこととし、重回帰式の目的変数と定めた。

2.4 説明変数の設定

2色配色において、快さ、目立ち、華やかさ、暖かさなどを感じる時、2色間の $L^*a^*b^*$ のメトリック量で、主観推定値との関連付けを試みる。すなわち、上述の4つの色感情量を目的変数とし、それが幾つかの説明変数の線形和で近似できると仮定した。説明変数は直交性のメトリック量の単純な関数を選定すると、メトリック量の差および和の関数で表される。2色配色の一方のメトリック量を L^*_1, a^*_1, b^*_1 とし、他方を L^*_2, a^*_2, b^*_2 と定めて、上述のように L^*, a^*, b^* 値の差の絶対値と和を基本項とし、6つの1次項と ${}_6H_2 = 21$ の2次項を含めた計27項を説明変数に定めた。構造式は紙面の都合で省略する。

3. 結果

3.1 各色感情の回帰計算と式の簡潔化

重相関係数は、4つの色感情ともに回帰式の適合性を良好に示した。快さの重相関係数 $R=0.92$ 、目立ちは $R=0.98$ 、華やかさは $R=0.99$ 、暖かさは $R=0.99$ 、統計検定値のF値はいずれも0.1%水準で有意で回帰式の適合性が認められた。しかし、27項による重回帰式は説明変数が多い。そのため、できるだけ少数の説明変数で主観推定値を説明する、より簡潔な重回帰式の作成を試みた。上記の各色感情に対する統計量のF値およびt値を基準に、標準回帰係数の重回帰式への寄与度を参照して説明変数の削減を試みた。快さでは説明変数が6項、 $R=0.90$ 、目立ち7項、 $R=0.96$ 、華やかさ6項、 $R=0.97$ 、暖かさ4項、 $R=0.97$ となった。

3.2 主観評価用2色配色の選定

各色感情の予測値は統計的検定の結果、正規分布に近いことが判明した。標準偏差 $1\sigma = 68.26\%$ の条件を適用して、各色感情で15,576個の予測値から高位、中位、低位の3区分を含め50個の2色配色を選定した。4つの色感情それぞれの50個の2色配色は、高位で15個、中位で20個、低位で15個を選定した。

3.3 主観評価実験

被験者は次の評定尺度で評価を行った。評定尺度「快さ」は<快適な-不快な>、「目立ち」は<目立った-目立たない>、「華やかさ」は<華やかな-しびい>、「暖かさ」は<暖かい-涼しい>とした。これらの尺度は7段階評価とした。被験者は正常色覚の美術大学の学部生および大学院生の女性33人であり、年齢は20歳から37歳までであった。

3.4.1 実験の方法

評価は、縦8.3m、横7m、高さ3mの実験室で行った。その天井には40Wの色比較用蛍光灯64本が設置され、机上面の水平面照度は約1000 lxである。この机上にパソコン(PC)と21インチの液晶モニタを設置した。3.2節で選定した2色配色をモニタ上にシミュレートするため、それらの三刺激値をPCのRGB系に変換した。そして、4つの色感情ごとに、2色配色をランダムな順序で呈示した。被験者は、評価の前に約5分間モニタの灰色背景を見て順応し、その後、自然な両眼視で評価を開始した。被験者はモニタ上の2色配色(視角 $13.8^\circ \times 6.9^\circ$)を視察し、3.3節の評定尺度で各配色を評価した。各サンプルに対する評価の平均所要時間は、実験者による説明時間および順応時間を除いて約20分間であった。

3.4.2 実験の結果

4つの評定尺度に対して得られた被験者の平均評価値と、簡潔化した重回帰式による予測値はそれぞれ0~100に基準化した。基準化は、4つの色感情の予測値の変化範囲がそれぞれ異なるため、4つの評定尺度による平均評価値との関係を同じ基準上で比較判断し易くするために行った。その結果、4つの色感情ともに平均評価値と予測値間で有意な相関関係が認められた。「快さ」は、他の色感情に比べて平均評価値と予測値間で相関係数が低かった。

4. 配色感情の色提示

色提示の準備としてユーザが希望する配色感情を探すためのデータテーブルを作成する必要がある。上記の基準化した4つの色感情の予測値を用いた。4つの色感情に対し、上位、中位、下位および任意を設定した。これら4区分の組み合わせは $4^4=256$ 通りとなる。この組み合わせを識別するため次式によりユーザが希望する組み合わせの通し番号を定めた。

$$K=64*pls + 16*cnt + 4*flr + wrm + 1 \quad (1)$$

ここで、*pls*: 快さ、*cnt*: 目立ち、*flr*: 華やかさ、

wrm: 暖かさを表す。以下に、幾つかの色感情の組み合わせに対する色呈示の例を示す。なお、データテーブルの作成方法は紙面の都合で割愛する。

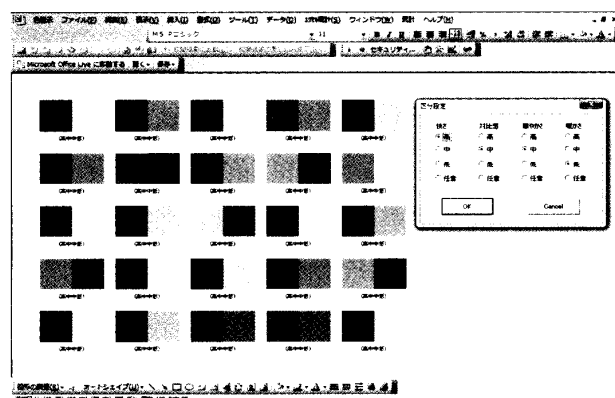


図 1(a) pls, cnt, flr, wrm で“高中中低”の色対.

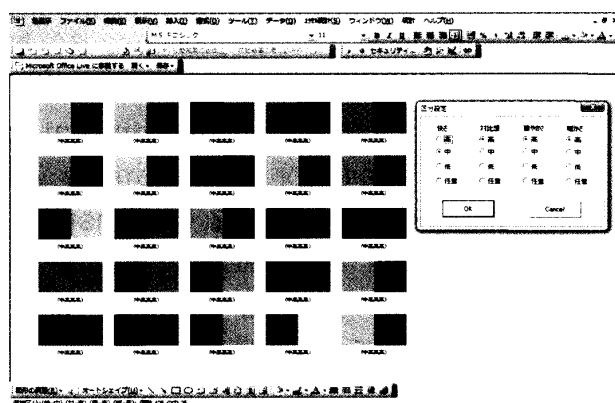


図 1(b) pls, cnt, flr, wrm で“中高高高”の色対.

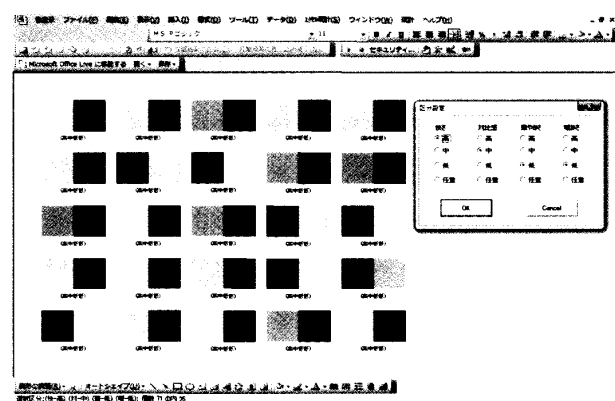


図 1(c) pls, cnt, flr, wrm で“高中低低”の色対.

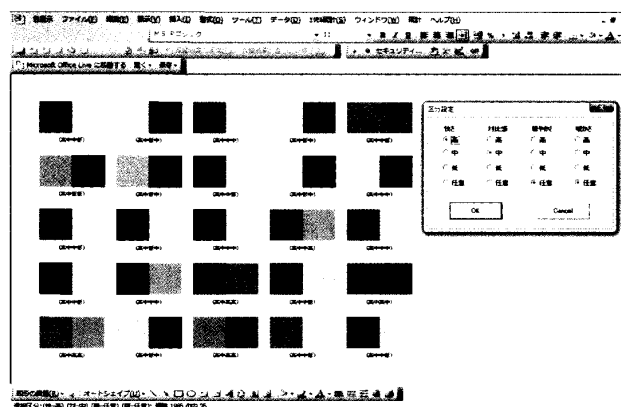


図 1(d) pls, cnt, flr, wrm で“高中任意任意”の色.

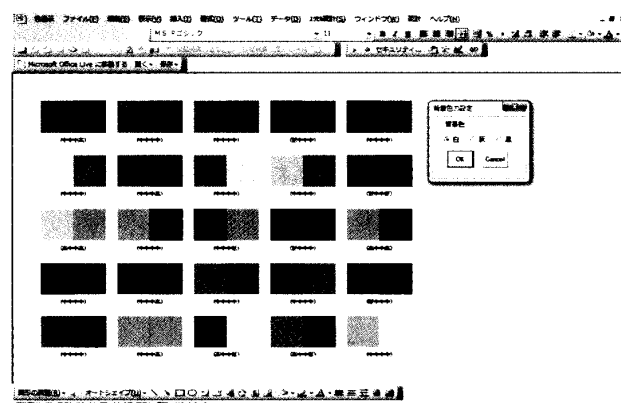


図 2(a) 背景が“白”のときの色対.

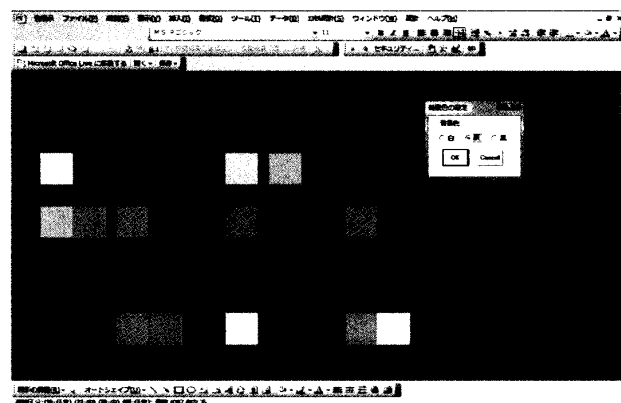


図 2(b) 背景が“灰”のときの図 2(a) と同じ色対.

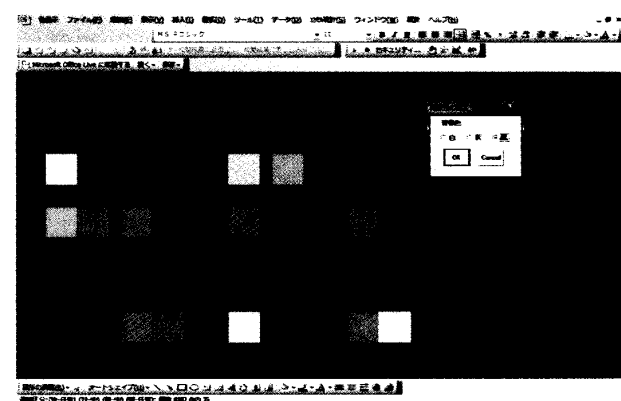


図 2(c) 背景が“黒”のときの図 2(a) と同じ色対.

5. 考察

「快さ」は他の色感情に比べて複合的な色感情を含んでいると推測された。そこで、4つの色感情ごとに、評価値における被験者×配色サンプル行列に対して主成分分析を行った。その結果、固有値の累積寄与率が60%以上までに、「快さ」は5つの主成分が、「目立ち」、「華やかさ」および「暖かさ」はともに1つの主成分が含まれることが示された。すなわち、「快さ」以外の色感情は、主に第1主成分によって判断されており、被験者はほぼ同一な判断基準を持っていると推察された。一方、「快さ」はどういう主成分で判断されているかが明確ではなく、複数の判断基準が内在していると推測された。

6. 結論

結果を要約すると、以下のようなものである。

- (1) 納谷らの「心理量」と「知覚量」の関係付けによる結果を参照し、4つの簡潔化した色感情予測式は、主観評価実験によって平均評価値との良好な相関が得られた。
- (2) 2色配色の可視化を可能とする「快さ」、「目立ち」、「華やかさ」および「暖かさ」等の色感情に関するメトリック構築への実現が高まった。

納谷先生のご冥福をお祈りします。

謝辞

本研究の実施にあたり、実験にご協力下さいました女子美術大学大学院および芸術学部の多数の方々に感謝の意を表します。種々の解析についてご指導下さいました元産業技術総合研究所の高濱幸太郎博士に深謝致します。

参考文献

- 1) 納谷嘉信, 辻本明江, 山中俊夫, 池田潤平: 色彩調和の一对比較法による検討 (その1: 予備実験), 電気試験所彙報, Vol. 29, No. 8, (1965) 631-639
- 2) 森伸雄, 納谷嘉信, 辻本明江, 池田潤平, 難波精一郎: 二色調和の一对比較法による検討 (色調和の研究: その2), 電気試験所彙報, Vol. 29, No. 12, (1965) 914-932
- 3) 森伸雄, 納谷嘉信, 辻本明江, 池田潤平, 難波精一郎: 二色配色における調和の良さの物理量からの推定について (色調和の研究: その3), 電気試験所彙報, Vol. 30, No. 2, (1966) 161-178
- 4) 森伸雄, 納谷嘉信, 辻本明江, 池田潤平, 難波精一郎: 二色配色における調和の良さの物理量からの推定 (補遺) (色調和の研究: その4), 電気試験所彙報, Vol. 30, No. 9, (1966) 741-752
- 5) 森伸雄, 納谷嘉信, 辻本明江, 池田潤平, 難波精一郎: 二色配色の調和域について: 電気試験所彙報, Vol. 30, No. 11, (1966) 889-900
- 6) Y. Nayatani, H. Sakai: Proposal for Selecting Two-Color Combinations with Various Affections. Part 1: Introduction of the Method, Color Res. Appl., Vol. 34, No. 2, (2009) 128-134
- 7) H. Sakai, Y. Nayatani: Proposal for Selecting Two-Color Combinations with Various Affections. Part 2: Demonstration of the System, Color Res. Appl., Vol. 34, No. 2, (2009) 135-140
- 8) 納谷嘉信, 辻本明江, 側垣博明, 浅野長一郎, 町原英, 池田潤平, 難波精一郎, 平田素子: 3色配色の Semantic Differential 法による感情分析 (その1: 実験の計画と実施), 電気試験所彙報, Vol. 31, No. 11, (1967) 1153-1168
- 9) 浅野長一郎, 町原英, 納谷嘉信, 辻本明江, 側垣博明, 池田潤平, 難波精一郎, 平田素子: 3色配色の Semantic Differential 法による感情分析 (その2: 実験結果の因子分析による解析), 電気試験所彙報, Vol. 32, No. 2, (1968) 195-220
- 10) 納谷嘉信, 辻本明江, 側垣博明, 浅野長一郎, 町原英, 池田潤平, 難波精一郎, 平田素子: 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, Vol. 32, No. 2, (1968) 220-238
- 11) 納谷嘉信, 辻本明江, 山崎勝弘, 浅野長一郎, 池田潤平, 難波精一郎, 町原英, 平田素子: 3色配色の Semantic Differential 法による感情分析 (その4: 3色配色設計の一方式とその応

- 用), 電気試験所彙報, Vol. 33, No. 3, (1969) 261-271
- 12) 納谷嘉信, 辻本明江, 浅野長一郎, 平田素子, 山崎勝弘, 池田潤平, 難波精一郎, 側垣博明: 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, Vol. 33, No. 2, (1969) 205-229
- 13) 納谷嘉信, 辻本明江, 側垣博明, 浅野長一郎, 平田素子, 山崎勝弘, 難波精一郎, 池田潤平: 配色感情の個人差に関する研究 (その2 配色嗜好感情個人差の因子分析的研究), 電気試験所彙報, Vol. 33, No. 12, (1969) 1397-1414
- 14) 納谷嘉信, 辻本明江, 側垣博明, 浅野長一郎, 平田素子, 池田潤平, 難波精一郎, 山崎勝弘: 配色感情の個人差に関する研究 (その3 配色嗜好感情の個人差と性格との対応), 電気試験所彙報, Vol. 34, No. 4, (1970) 267-276
- 15) 納谷嘉信, 辻本明江, 浅野長一郎, 畑中駿逸, 池田潤平, 山崎勝弘: 2色配色の面積比が配色感情におよぼす影響 (その1 予備実験および実験計画), 電子技術総合研究所彙報, Vol. 34, No. 7, (1970) 588-599
- 16) 納谷嘉信, 辻本明江, 浅野長一郎, 畑中駿逸, 池田潤平, 山崎勝弘: 2色配色の面積比が配色感情におよぼす影響 (その2 配色嗜好感情に関する実験結果の解析), 電子技術総合研究所彙報, Vol. 34, No. 8, (1970) 649-657
- 17) 納谷嘉信, 辻本明江, 側垣博明, 池田潤平, 山崎勝弘: 単色感情の分析 (その1 実験の計画と実施), 電子技術総合研究所彙報, Vol. 36, No. 5, (1972) 337-353
- 18) 納谷嘉信, 辻本明江, 側垣博明, 山崎勝弘, 池田潤平: 単色感情の分析 (その2 配色感情と単色感情の対応), 電子技術総合研究所彙報, Vol. 36, No. 6, (1972) 415-433
- 19) L-Chen Ou, M. Ronnier Luo, Andrée Woodcock, Angela Wright: A Study of Colour Emotion and Colour Preference. Part 1: Colour Emotions for Single Colours, Color Res. Appl., Vol. 29, No. 3, (2004) 232-240
- 20) L-Chen Ou, M. Ronnier Luo, Andrée Woodcock, Angela Wright: A Study of Colour Emotion and Colour Preference. Part 2: Colour Emotions for Two-Colour Combinations, Color Res. Appl., Vol. 29, No. 4, (2004) 292-298
- 21) 伊藤久美子: 服装における色彩調和に関する研究 (色彩感情からみた配色), 日本色彩学会誌, Vol. 25, No. 3, (2001) 183-192
- 22) 伊藤久美子: 同一色相内の二色配色の感情効果, 日本色彩学会誌, Vol. 28, No. 1, (2004) 3-15
- 23) 伊藤久美子, 大山正: 異色相間の二色配色の感情効果, 日本色彩学会誌, Vol. 29, No. 4, (2005) 291-302
- 24) 近江源太郎: 造形心理学, 福村出版, (1984) 104-178
- 25) <http://riodb.ibase.aist.go.jp/ssrdoc/index.html>