

論文

多色配色特性に関連する単色の分光特性

中 村 貞 男*

The Spectral Characteristics of Single Colors in Terms of the Parameters Characterizing Multicolor Compositions

Sadao Nakamura

The spectral properties of multicolor compositions were shown to be characterized by reflectance at four wavelength ranges. The spectral reflectance curve is approximated by a three-segment pattern connecting the four characteristic reflectances. Two kinds of parameter are derived to assess the shape of the characteristic spectral pattern. The first two parameters, the cold-warm degree m and the multicolor deviation δ , already used for the analysis of multicolor compositions, have been applied to pure colors in the present paper. When plotted on the δ, m diagram, the pure colors of the Color Harmony Manual draw a characteristic concave quadrangle, close to whose vertices the four primary colors are situated. The system of the pure colors is so modified that the four primary colors take the position exactly on the points.

The characteristic spectral patterns of the pure colors have been further classified by the second three parameters, which are the inclination angles of the three segments. The changes in the inclination angles from a pure color to the neighbouring one are not uniform but generally appear predominant in a particular angle, while almost stationary in another.

1. まえがき

絵や四季配色のカラー印刷物を試料にして、それらの画面全面の分光反射率を測定する実験から、多色配色の分光反射率は、一般に青緑黄赤の各波長域にある4反射率によって代表できる特性をもつことを明らかにしてきた^{1) 2)}。Fig.1は1辺25mmのポスターカラーを塗ったオ

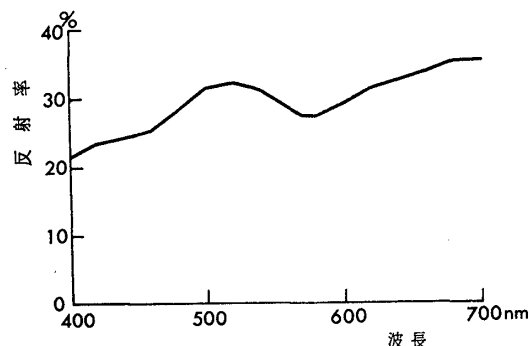


Fig.1 色紙による多色配色の画面全面の分光反射率

ストワルト8色相各7枚と6無彩色に16純色を加えた78色の色紙を使用して、縦7×横10計70枚配色したもの

*大阪大学教養部

分光反射率例で、青と赤の波長域ではほぼ平坦な反射率部分、緑の波長域での反射率の極大値、黄の波長域での極小値を見ることができ、すでにカラー印刷物について得たのと同様の傾向である。この分光特性は多色配色の一般的な特性とみなすことができるので、このような特性がどのように構成されるのかを解析するために、純色を中心に単色について、分光特性がどのように変化し、分類できるかを研究することにした。これはさらに二色、三色と多色へ配色を進める第一段階である。

2. 試料と測定

多色配色の分光特性には、4原色を基準にする特徴があるので、4原色を基調とするオストワルト系の純色について調べることにする。ただし実際の試料は、色票集の中でもっとも高彩度の色票を含んでいるMunsell Book of Colorの光沢色票³⁾を使用した。純色色票は、オストワルト系のColor Harmony Manual⁴⁾の純色に与えてあるマンセル対応値を参考にし、Table 1のようにオストワルト系純色(CHM)をマンセル系純色から選んだ。表のマンセル値は色票に記入されている値である。7.5R3.9/15.5や10R5.2/16.5と記入されているものは、マンセル色票集に数色含まれている7.5Rmaxとか10Rmaxのように記された高彩度色票のマンセル値である。

Table1 試料に使用した純色色票

マンセル色票	色相番号		マンセル色票	色相番号	
	CHM	修正		CHM	修正
2.5R4/14		8	2.5BG5/10	19,20	
5R4/14	7		5BG5/8	18	
7.5R3.9/15.5		7	7.5BG5/8		18
10R5.2/16.5	6	6	10BG5/8	17	
2.5YR6/16	5	5	2.5B5/8	16	
5YR6.7/15.7	4	4	5B5.3/9	15	17
7.5YR7.2/15.4		3	7.5B5.6/9		16
10YR7.6/16.3	3		10B4/10		
2.5Y8/16	2	2	2.5PB4/12	14	15
5Y8.5/14			5PB4/12	13	14
7.5Y8.5/12		1	7.5PB4/12		13
10Y8.5/12	1		10PB4/10		
2.5GY8/12		24	2.5P4/10	12	12
5GY7/12	24	23	5P3.9/10.9	11	11
7.5GY7/10		22	7.5P4/11.1		10
10GY6/12	23	21	10P4/12		
2.5G5/12	22	20	2.5RP4/12	10	
5G5/10			5RP4/12	9	9
7.5G5/10			7.5RP4/12		
10G5/10	21	19	10RP4/14	8	

日立 307形 カラーアナライザーを使用して、各色票の拡散反射率を測定し、多色配色の場合と同様に、4波長域を代表する反射率として、440nmでの反射率を R_B 、520nmか530nmでのいずれか高い反射率を R_G 、560nmか570nmでのいずれか低いものを R_Y 、660nmのを R_R とする。それら4反射率に対する波長をそれぞれ W_B, W_G, W_Y, W_R とし、また4反射率を刺激値 Y で割った値を4分光特性値 C_B, C_G, C_Y, C_R とする。

3. 純色の分光特性値による解析

多色配色の場合には、 W_B, W_G, W_Y, W_R に対する C_B, C_G, C_Y, C_R はFig. 2のようなN形折線波形になる。

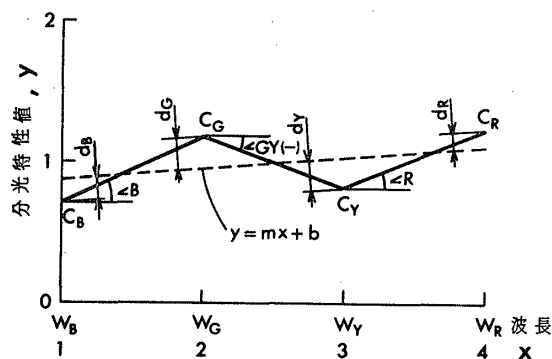


Fig.2 分光特性値折線波形と寒暖度 m , 偏差 d_B, d_G, d_Y, d_R , 傾角 $\angle B, \angle G, \angle Y, \angle R$

この折線波形の全体の傾向を数値化するために、4分光特性値から最小二乗法により、図に破線で示した直線の

式 $y = mx + b$ の m と b を計算する。ただし y は分光特性値と同じ値をとり、 x は4波長を低波長側から1, 2, 3, 4とした数値をとるものとし、 m と b は定数である。 m は直線のこう配で、この大小は配色の暖色性度、寒色性度に対応すると考えられるので、この値を寒暖度とする。各分光特性値のその直線からの偏差を d_B, d_G, d_Y, d_R として、直線より上側の偏差を正の値にする。この4偏差から得られる $D = (|d_B| + |d_G| + |d_Y| + |d_R|) / 4$ を平均偏差とする。 D は折線波形のいわば振幅に相当して、大きな値をとるものは豊かな配色とみなすことができる。

多色配色の場合には、一般にFig. 2のように d_G と d_R が正、 d_B と d_Y が負になるので、その場合に負になる d_B と d_Y を正に評価して、 $\delta = (-d_B + d_G - d_Y + d_R) / 4$ を求める。この値は多色配色のN形折線波形を前提にする平均偏差で、この大小は分光特性値のN形性度に対応するから、多色偏差とよぶことにする。たとえばFig. 5において色相紫の11の折線波形では、 d_B の正と d_G の負を多色配色的折線波形の偏差としては共に負の値になるように、また d_Y の負と d_R の正を共に正の値になるようにするのである。Fig. 2の場合には $\delta = D$ であり、また δ が D に近い値になるほど多色的であるといえる。

絵や四季配色については $\delta \div D$ になる。この場合の平均偏差 D と寒暖度 m の関係については既に報告した¹⁾。純色については、 D と m の関係には規則性が見られないが、 δ と m はFig. 3のように著しい傾向をもった関係を示す。オストワルト24純色は δ, m 図上の4つの極点を

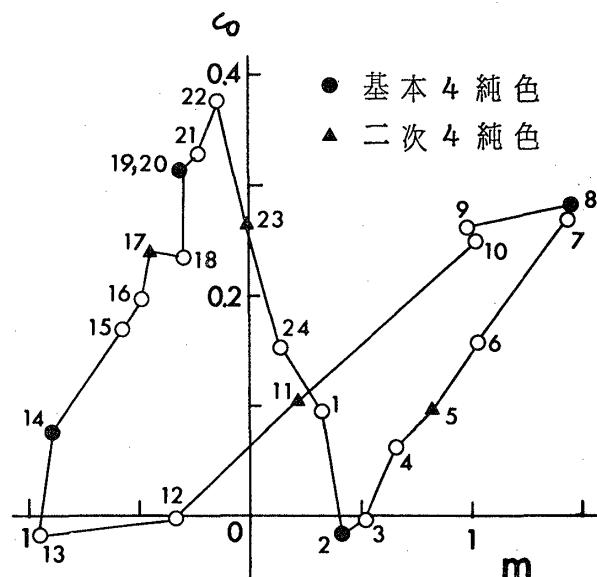


Fig.3 オストワルト24純色の多色偏差 δ と寒暖度 m の関係

結ぶ横8字形折線図形附近に並んでいる。そして基本純色2, 8, 14, 20はその4つの極の近くにあり、4純色は色相黄の2において δ と m 小、赤の8で δ と m 大、ウルトラマリンブルー14で δ が小さく m が負の大きな値になり、シーグリーン20では δ が大 m 小というように、 δ と

m に関して特徴のある位置を占める。また反対色対のうち、赤とシーグリーンは δ が大きく、黄とウルトラマリンブルーは δ が小さい。 δ と m は多色配色の分光特性値のN形折線波形に直結した値であるから、純色について δ と m が特別な関係を示すことは、単色である純色が多色配色に特徴的な量についてある規則性をもつことを意味する。すなわち δ や m は単色と配色を関連づける特性

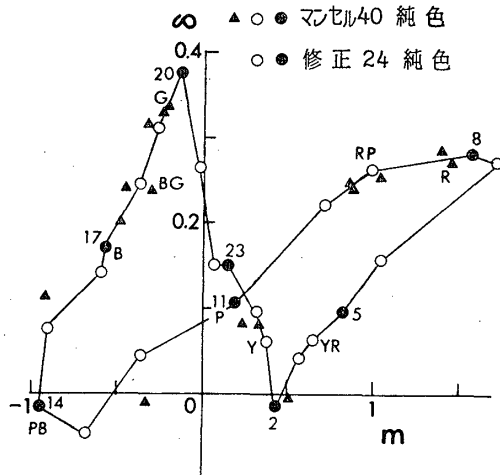


Fig.4 マンセル40純色, 修正オストワルト24純色の多色偏差 δ と寒暖度 m の関係

値であるとみなせる。

Fig. 4 はマンセル40純色の δ と m の関係を示している。マンセル系基本10純色の色相記号も色相番号数字5をはぶいて記入してある。基本5純色のうちRとGは極の近くにあるが、Y, B, P は極から離れており、 δ , m 図上では二次色的な位置を占めているといえる。

純色の δ と m は著しく特徴的な関係を示すので、 δ , m 図の4つの極点の基本4純色が位置するように24色を選んで、Color Harmony Manualの純色を修正した。黄の純色2として2.5Y8/16を、赤の純色8として2.5R4/14を、青の純色14として5PB4/12を、緑の純色20として2.5G5/12を置いた。次にこの4色を結ぶ4辺の各中点附近に二次色を定め、さらに δ , m 図上で等分割に近くなるよう分割を進め24純色を定める。Fig. 4には基本8純色を黒丸で、他の16色を白丸で示し、24純色をそれぞれ順に直線でつないである。Table1の修正純色の色相番号はこの24色の番号である。Fig. 4を全般的に見ると、修正した24純色の間隔の一様性と並びの平滑さに問題のあることがわかる。これは試料色票を明度間隔バリュー1、彩度間隔クロマ2のマンセル色票から選定したことに原因がある。バリュー1というマンセル色票の明度間隔はあらく、その影響は特に大きいと考えられるので、せめても明度間隔0.5程度で試料色票を選ぶことが望ましい。

修正された24純色がColor Harmony Manualのものに比べ大きく変る点は、青の純色14が δ の小さい側に、緑の純色20が δ の大きい側にずれて、青と緑の純色間隔が δ , m 図上で広がっていることである。また修正系に

おける二次の純色5, 11, 17, 23はほぼ等しい δ 値を示す。Color Harmony Manualの青と緑の間隔が不当に狭いことは、色相番号19と20に対応するマンセル色票がTable 1に見られるように、同じものになることからいえる。この間隔をひろげた修正は妥当なものと考えられる。以後扱うオストワルト純色には修正したものを使用する。

純色については、さきに面積均衡の点で、純色がN5の無彩色と等面積で均衡する傾向のあるデータを示したが⁵⁾、この他に本報の δ , m 関係など、純色には興味ある特性が含まれている。

低純度の色は、純色を基準にする場合、オストワルト純度によって定めることができる。 δ , m 関係図の原点は無彩色点であるから、低純度色は純色の位置から原点の方向へ向心的にずれた位置を占めると考えることができる。したがってFig. 4の横8字形折線図に見られる4つの区分のうち、2・8・11三角形、2・11・14三角形、11・14・20三角形の3区分の内部は低純度色が占めることのできる範囲とみなせる。それに対して8・11・20三角形の内部は単色でなく2色以上の配色によってしか占めることのできない範囲であるといえる。

Fig. 5に基本8純色の分光特性値折線波形を示す。 δ と m はこの形状のそれぞれの全般的傾向をとらえる値であり、多色配色ではN形折線波形がほとんどであるから、この2つの値を比較して解析できるのであるが、単色ではFig. 5のように折線波形が広範囲に異なる形状をとるので、より詳細な形状の分類法が必要になる。そのた

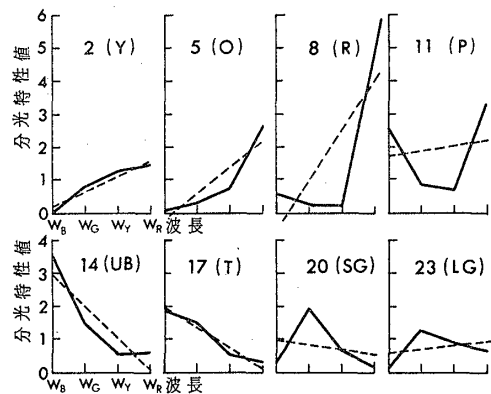


Fig.5 オストワルト修正基本8純色の分光特性値折線波形

めに、Fig. 2の $C_B C_G$, $C_G C_Y$, $C_Y C_R$ の傾角 $\angle B$, $\angle GY$, $\angle R$ に注目して、折線波形の形状を $\angle GY : \angle R$ および $\angle GY : \angle B$ の関係で示したのがFig. 6である。基本8純色について、 $\angle GY : \angle R$ の関係を実線で、 $\angle GY : \angle B$ の関係を破線で結んで全体の傾向をわかりやすくしてある。隣接する純色の間でこれらの3傾角は、一様に漸変するのではなく、ある範囲において、たとえば2→5では、 $\angle R$ の急増大、 $\angle B$ の減少、 $\angle GY$ の一定のように、変化の大きい傾角とほぼ一定値を保つ傾角のあることがわかる。また17を除く一次および二次純色は特徴のある位置を占

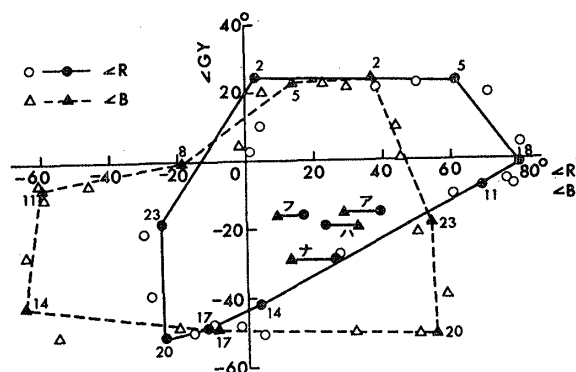


Fig. 6 オストワルト修正純色の分光特性値折線波形の3傾角についての $\angle GY:\angle R$, $\angle GY:\angle B$ 関係。(ハ:春, ナ:夏, ア:秋, フ:冬, それぞれ谷内の各季節の絵¹⁾の値)

めている。17の点で実線と破線は交差し $\angle R$ と $\angle B$ はほぼ等しい値になる。このことを Fig. 5 で見れば, $C_B C_G$ と $C_Y C_R$ がほぼ平行になり, 17の分光特性値折線波形が単色であるにかかわらず, 多色度の高い均勢のとれたN形折線波形になることを意味する。Fig. 6 には多色配色の例として, 谷内の週刊誌表紙画について, 春夏秋冬それぞれの場合の平均値も示してある¹⁾。 $\angle B$ と $\angle R$ を結ぶ線分の短かさは, 上述の純色17の場合のように, 分光特性値折線波形の2つの傾角が類似し, 多色度が高いことを示しており, 17附近以外の多くの純色の場合に比べて対照的である。

Fig. 6 を注意して見ると, 第2象限に位置する色がほとんどない。このことは $\angle GY > 0$ のとき, $\angle R < 0$, $\angle B < 0$ の折線波形がほとんど存在しないことを意味する。マンセル40純色についても同様である。したがって純色, また低純度色が純色から導くことができることをも考えると, 一般に単色の分光特性値折線波形には, N

形折線波形に対して逆になるS形折線波形は存在しないことになる。

4. 結論

多色配色の特性の解析の際に導いた分光特性値によって, 単色特に純色を解析して, 単色の分光特性にも多色配色的な量に関連するもののあることがわかった。すなわち分光特性値折線波形の全般的傾向を示す寒暖度と多色偏差の関係について, オストワルト基本4純色は4つの極点を占め, 他の純色がそれらの4極を結ぶ直線附近に並ぶ傾向を認めた。この関係を利用してColor Harmony Manualの24純色の修正を試みた。

純色を基準にして, オストワルト純度により, 低純度色を導く過程の考察によって, 寒暖度と多色偏差関係図上位置には, 単色の占めることのできる範囲と, 2色以上の配色によってしか占めることのできない範囲のあることを述べた。

分光特性値折線波形の形状を, より詳しく, 折線波形を構成する3線分の傾角によって分類した。隣接する純色の折線波形との関係は, いずれか1傾角の変化が目立って大きく, 他の1傾角は一定値を保つ傾向が見られた。また単色の折線波形には, 多色配色に比べ広範囲に異なる形状が見られるが, 多色配色に一般的なN形折線波形に対して逆になるS形折線波形は存在しないようである。

文献

- (1) 中村貞男: 色彩学会誌, 2 (1976) 29
- (2) S. Nakamura: ACTA CHROMATICA (投稿中)
- (3) Munsell Book of Color (1966)
- (4) Color Harmony Manual (1948)
- (5) 中村貞男: 色彩学会誌, 1 (1972) 48

—1976年9月20日受付; 1976年12月9日修正後受理—