

Between harmony and beauty: Some considerations on the Moon & Spencer's color harmony theory

MITSUBOSHI Muneo

Key words: Moon, Spencer, color harmony, order, beauty, visual need

Abstract

The Moon & Spencer's color harmony theory is a quantitative and comprehensive one and well-known in Japan. The theory, however, seems to include some difficulties or even contradictions in their assumptions. Why very high points are given to the harmony of contrast in the calculation of beauty? Why a pair of two colors of which lightness are equal are in harmony, but nevertheless are given with a negative point in the definition of beauty?

In the present article, some issues in the Moon & Spencer's color harmony theory were discussed with reference to their original papers as much as possible.

Finally the above issues were also argued in terms of "visual need" or "eye's need" which had been introduced by Mitsuboshi (2006) to explain "visual comfort".

調和と美の間：ムーン & スペンサーの 色彩調和論をめぐる 2、3 の問題

三 星 宗 雄

キーワード：ムーン、スペンサー、色彩調和、秩序、美度、視覚的欲求

はじめに

「美でしかないものは、味気なさに等しい」という画家 P. クレーの言葉は、ノーベル賞化学者オストワルトの「調和は秩序に等しい」(Ostwald, 1916) という「発見」に対して芸術家の立場から放たれた批判として伝えられている (Klee, 1956)。「美でしかないもの」とは「調和」、したがってオストワルトにおいては「秩序」である。クレーは「美でしかないもの」は味気ないもの=つまらないもの、だと言っている。すなわち「美でしかないもの」は「真の美ではない」と言っているのだ。芸術家クレーにとって美とは、「味気なくないもの」なのである。調和しているが非美的なもの。美ではあるが不調和なものとは、もしあるとすれば、どのようなものなのか。

わが国では発達せずに、もっぱら西欧の産物と考えられる思考の中に色を表すためのシステムである表色系（カラーオーダーシステム）および色彩調和論がある。その背景には色または色彩に対するわが国と西欧との関わりの違いがあるように思われる。わが国では色は「感じるもの」または「愛でるもの」であり、いわば感性の対象である。したがってそれは具体的な事物と結びついた現象であり、事物または時とともに

変化するものである。それ故色を書きとめ、記号番号を割り振り、それを永遠に保存しようとする思考としての表色系は発達しなかった。ましてや色を数値 2 値で表したり、グラフ化するというような発想は生まれなかった。一方西欧では、色は事物から離れて存在する抽象的な知識であり、したがって思考の対象となった。それ故色を順番に並べ、1、2、3・・・と番号を割り振って記号化することにあまり抵抗がなかった。

色彩調和論で言えば、わが国では平安の時代から重ねの色目あるいは襲ねの色目と呼ばれる「色合わせの方法」があった（加藤、2010；桑原、2010）。しかしそれは見た目において、すなわち感性を通して「合う」色の関係を列記したものであり、それ以上のものではなかった（福田、1985；1996）。一方西欧においては、ギリシャの時代から連綿として議論の対象となり、その中にはニュートンやゲーテ、上のオストワルトといった大科学者や大哲学者が参列しているのである。そこに共通に流れているのは、色彩調和は人々の感性または好き嫌いを超えたところに存在しており、それは思考の対象であるという態度である（福田、1985）。このように筆者には色に対する感性と思考の違いが端的に表れているのが色彩調和論と表色系のように思われるのである。

こうしてみると、我が国と西欧における色に対する関わりの違いと、冒頭に記した画家クレーと科学者オストワルトの美に対する関わりの違いとが二重写しになって見える。しかしながらそれを結び付けて考えることは無謀であらう。少なくとも時代があまりにも離れ過ぎている。

しかしムーン & スペンサーの色彩調和論の中にはその両者を見て取ることができる。ムーン & スペンサーの色彩調和論はわが国では最もよく知られた調和論で、多くの色彩関係の教科書あるいは解説書で紹介されている。しかしその多くが結論の紹介に力点が置かれ、この調和論に見られる一種不思議な点または矛盾と思われる点についてはあまり深

く考察されていないように思われる。

ムーン & スペンサーの色彩調和論が持つ真の価値について論ずることは筆者の力を超えたテーマであるので、ここでは常日頃感じている点をいくつか取り上げ、知識の整理をかねて多少議論してみることにしたい。特にこの色彩調和論だけに限らず、多くの（西欧で発達した）色彩調和論において、対比（contrast）の調和に高いポイントが与えられている点およびこの色彩調和論に見られる、明度が等しい色同士は「調和しているが、美しくない」という仮定の意味などについて考えてみる。また筆者が「視覚的快適性」を考える際に仮定した「視覚的欲求」の概念との関わりについて非力を顧みずに議論を試みる。彼らの論文はどれも短く、あまり丁寧な説明がないので、筆者の誤解を避けるためにもできるだけ原典を引用しながら論を進めることにしたい。

1. ムーン & スペンサーの色彩調和論

1.0 調和の女神ハルモニア

ギリシャ神話やローマ神話はなるほどと思わせることもあるのだが、一方でどこまで本当なのか、どこまで西欧の人々はそれを信じているのか、どこまで普遍的なことなのか、について非西欧人である筆者には分からないことも多い。

しかし調和に関しては単なるエピソードとして片づけられない奇妙な一致があるので、簡単に紹介したい（主に福田、1996 から）。

ギリシャ神話の調和の女神ハルモニアは、愛と美の女神アフロディテと軍神アレスとの間に生まれた第三子である。アフロディテは天神ウラノスの性器が海に落ち、その時の白い泡の中から生まれたとされている。軍神アレスは神々の王ゼウスの第三子である。しかしアフロディテとア

レスは正式な夫婦ではなく、アレスはアフロディテの愛人であり、いわば彼らは今に言う不倫関係にあった。

面白いのは、アフロディテは愛と美の女神である一方、軍神アレスは野蛮で残忍な戦争の神であり、いわば破壊と流血の象徴であった。アフロディテは後のローマ神話ではヴィーナスとなり（星では金星）、アレスはマルスとなった（同火星）。

このように調和の女神ハルモニアは最初から愛と美と破壊の、両立しがたい矛盾と対立の間から生まれたのである。またハルモニアは神の世界と人間の世界とを結ぶ最初の絆とされている。

ここでは調和は美そのものではないのである。調和（ハルモニア）には美の要素（アフロディテ）と同時に破壊的要素（アレス）が必要なのである。このように考えると、どうしても冒頭に触れた P. クレーの「美でしかないものは味気なさに等しい」という言葉を思い出す。しかしクレーの言葉は真の美は単なる美（オストワルトの場合には調和＝秩序）ではないと解釈されるので、美と調和の上下関係が逆になる。子であるハルモニア（調和）が母であるアフロディテ（美）を超えることはできないと仮定すると、美＝調和＋破壊的要素と考えるのが自然である。調和は美を構成する 1 つの要素ということになる。しかも必ず破壊的要素を伴っている。

後述するようにムーン & スペンサーの色彩調和論では美（美度）は秩序そのものではなく、「変化の中の秩序」という Birkhoff (1933) の定義に従っている。この「秩序」を「調和」に（オストワルトはそう仮定した）、「変化」を「破壊的要素」に置き換えるなら、それは直ちにギリシャ神話の話と完全に一致する。また P. クレーもギリシャ神話を代弁したことになる。この奇妙な一致！

一步引いて、このギリシャ神話から、調和というものには必ず対立や

矛盾を伴うことが窺い知ることができる。上で触れたように、(西欧で発達した)色彩調和論では対比の調和が特に強調される。明と暗。色相でいえば赤と緑。黄と青である。こうしたお互いに対立する要素を特に美と感じる背景にはアフロディテとアレスの神話が人々の体内に流れているためであろうか。

1.1 調和の範囲

ムーン & スペンサーの色彩調和論はマサチューセッツ工科大学のムーン (Parry Moon) とタフツ大学のスペンサー (Domina Eberle Spencer) によって1944年米国光学会誌に掲載された3つの論文によって公表された。1つめはGeometric Formulation of Classical Color Harmony (一般に調和の範囲に関する論文と呼ばれる)、2番目はArea in Color Harmony (同面積の問題と呼ばれる)そして最後がAesthetic Measure Applied to Color Harmony (同美度の問題と呼ばれる)となっている。いずれも短い論文である。

彼らはこれらの論文の初めに、自分たちの論文の目的は先人たちのさまざまな理論の上に立って包括的な色彩調和論を確立するための科学的な基礎を提供することであると断っている。特に芸術家たちの過去のさまざまな理論を排除せず、むしろそれらを1つにまとめることであるとしている (M & S, 1944a, p. 47、以下 Moon & Spencer を M & S と略す)。それら直接的な先人としてChevreul、Bezold、Brücke、Munsell、Ostwald、Birren、Graves等の名を挙げている。

また満足のいく色彩調和論が発達するためには、(1) 顔料や染料の開発、(2) 色の幾何学的な表現が可能な色空間の開発、の2つの要因を待たなければならなかったが、今やそのどちらも可能となった。色材が少なかった古代では、色と色との間の関係というよりは、ある色が持つて

いる固有の美 (intrinsic beauty) や色の象徴的な意味 (symbolic meaning) から快 (pleasure) を得ていたとしている (M & S, 1944a, p. 47)。

適切な色空間についてはマンセル表色系が科学的な基礎に基づいたシステムとして有望であるとしている。「適切な色空間」とはその空間の中ですべての方向においてある単位の距離がある等しい色の歩度 (ステップ) になっている色空間のことである。彼らはそれを ω 空間と呼んでいる (M & S, 1944a, p. 49)。

色彩調和とは何か。それに対する彼らの答えはこうである。「過去の文献では必ずしも明記はされていないが、当然として考えられていたのは、すべての色の組み合わせは調和と不調和の2つのクラスに分けられる。そしてすべての調和は等しく快的であり (気持ちが良い)、すべての不調和は等しく不快である (all harmonies being equally pleasing and all disharmonies equally displeasing)」 (M & S, 1944a, p. 50)。

さらにこう続ける。「しかし芸術家は自分の作り出したい (色の) 効果を出すためにあらゆる色の組み合わせを用いるであろう。つまり彼らにとって禁じられた (色の) 組み合わせなどない、(調和と不調和の) 区分線はないのである (There are no forbidden combinations, there is no division line)」 (同 p. 50)。

とは言え、「色の連想 (color association)、個人的な色の好み (individual color preference)、実際的な応用への適合性 (suitability to the application) などの考慮を排除した後でも、色の組み合わせは決して等しく快的 (気持ちが良い equally pleasing) ではないのである。実際色は美の価値 (merit) の上で、専門家や素人にも同じように非常に美しく見える色の組み合わせから、誰もが好まない組み合わせまで並べることができるのである (同 p. 50)。色彩調和論の目的はこの美の尺

度の上で高い順位を占める色の組み合わせを取り出す方法を示すことである。それらの組み合わせは「調和」と呼ばれるであろう」、としている。

彼らにとって色彩の調和とは多くの人に快 (pleasure) を与えるもの、快的なもの、気持が良いもの (pleasing) である。それは同時に美の尺度の上で上位を占める。したがって調和 = 快 = 美である。

この快を与えるもの (pleasing) は非常に感性的な定義である。それはクレーの「味気なくないもの」に近い印象を受ける。しかし快を与えるもの (すなわち調和) = 美としている点で、クレーと袂を分かっているように思われる。

一方でこの快的 (pleasing) という言葉はややあいまいな印象を受ける。それは一見見る人の個人的な色の好み (preference) と同じ意味のようにも受け取れるからだ。Pleasing という言葉のネイティブなニュアンスについて残念ながら筆者は判断する力量を持ち合わせていない。しかし、少なくとも観察者に「好まれた (pleased)」ではなく、「快を与える (pleasing)」としている点から、やはり個人の好みを超えた、万人に共通の何か普遍的な現象が持つはたらきと解釈すべきなのであろうか。

それを前提として、彼らは以下の仮定が満たされた時快をもたらす (pleasing) 色の組み合わせが得られると仮定する。

- (1) どのような2つの色の間隔もあいまいでない (unambiguous) 時、
 - (2) ω 空間の中で簡単な幾何学的な関係にある色の時
- である。

彼らの理論の中では、上の仮定の、観察者にとって不確実な感じ (a feeling of uncertainty) がないという点は美の基本的な原理 (a fundamental principle of aesthetics) となっている。それをヒュー

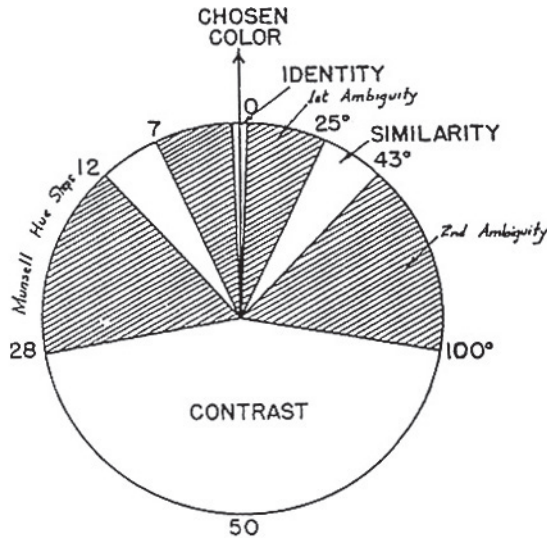


FIG. 2. Regions of similarity and contrast in a plane $z = \text{const.}$ (constant Munsell value).

図1 z ＝一定(等マンセルバリュー)面における類似と対比の領域

(Hue、マンセル用語。一般には色相)に適用するなら、ヒューは互いに同じなのか (identical)、あるいは単に似ているだけなのか (only similar) 疑わしいほどに近くてはいけない。もう一つのあいまいな領域は、明らかに似ているヒューと明らかに似ていないヒューすなわち補色のヒューの間にある。図1はそれを図示したものである。この図は多くの解説書に見られるものである。結局調和は2色が同一 (identity)、類似 (similarity) および対比 (contrast) の時に得られ、その間に不調和な関係として第一の不明瞭 (1st ambiguity) と第二の不明瞭 (2nd ambiguity) が存在するとする。この図から、対比の調和が広大な割合 ($44/100=44\%$) を占めることが分かる。

この調和と不調和の分類はどのようにして導かれたのかは明記されて

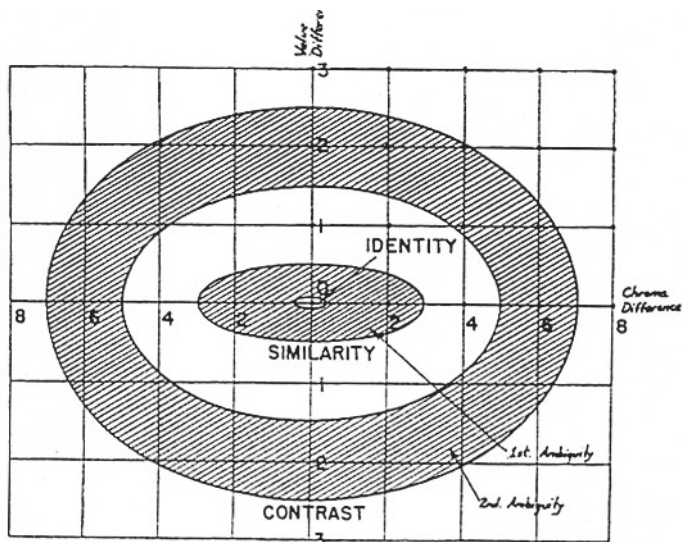


FIG. 4. Regions of similarity and contrast in a plane $=\text{const.}$ (constant hue). Same as Fig. 3 but replotted in terms of Munsell value and chroma.

図2 $\theta = \text{一定}$ (等ヒュー) 面における類似と対比の領域

いない。後述するように数名の建築学科の学生を被験者として「実験的に」求めたとあるが、そのさい判断の基準は「調和しているか」、「不調和か」ではなく、「あいまいであるか」、「あいまいでないか」に基づいて分類されたものと窺い知れる。このように直接被験者に「調和しているかどうか」を尋ねず、それとは異なった、すでに分かっている基準を用いて決めている点は、やはり西欧の色彩調和に対する美学を思いこさせる。しかしなぜ「あいまいでない」ことが「調和する」ことになるのかについては一切説明がないのである。この点について筆者はいわゆる「リープマン効果」が部分的にその根拠になるのではないかと考えるのであるが、それは後ほど触れることにしたい。

またそれをヒューが一定で、バリュー (Value、マンセル用語。一般

表1 マンセル表色系で表示された等ヒュー面における不明瞭、類似および対比

TABLE III. Ambiguity, similarity, and contrast in a plane of constant hue expressed in Munsell notation (see Fig. 4).

Region	Chroma difference	Value difference
Similarity	1st ambiguity	0
	0	1
	2	1
	4	0
	2nd ambiguity	0
	2	2
	4	1
Contrast	4	2
	6	1
	6	0
	0	3, 4, ... 10
	2	3, 4, ... 10
	4	3, 4, ... 10
Glare	6	2, 3, ... 10
	8	0, 1, 2, ... 10
	Any	> 10.

には明度)とクロマ(Chroma、マンセル用語。一般には彩度)が変化する場合に適用した結果を図示したのが図2である。この図においても一番外側の対比の調和が大きな割合を占めている。図2は導出方法が分かりにくいので、基礎となった数値データを表1に示す。

もし図2の数値データが本当に表1のものであるならば、たとえば類似の調和では、明度および彩度ともにデータは3点しかないので、図2のようなドーナツ形の領域にはならないであろう。それに対しては、予備実験で明度と彩度が同時に変化する場合には、「長方形や菱形の領域では表されず、楕円形がふさわしいことが分かっている。」したがっ

て楕円形の領域にしたとある（同 p. 52）。ここでも「楕円形」という先験的な形式にあてはめられているのである。

以上は上の仮定（1）に基づいた調和の原理である。もう一つ（2）の仮定に基づいた調和を考えることができる。この調和は主にオストワルト（1922）の「調和は秩序に等しい（harmony equals order）」という原理に基づくものである。すなわち色の間に何らかの秩序が認識される時に快（pleasure）が生じるとする。その種類を表2に示す。表には1変数、2変数および3変数の場合ごとにクラス分けされている。

2つの仮定に基づいた調和の数値的な範囲については少数の観察者による実験によったとしている（the numerical designations of these regions are new and are based on preliminary experiment）（The numerical limits presented in this paper were determined with a small number of observers）（同 p. 58）。しかしながら具体的な実験手続き等については記載がない。

1.2 面積の問題

色のチップを用いた著者たちの実験によると、相対的な面積は彩度と明度の両方の関数となる（M & S, 1944b, p. 93）。色彩調和における面積の効果については以下の3つの仮定を行っている。

（1） n 個の色のパッチの間における快のバランス（pleasing balance）は、 ω 空間における順応点（adaptation point）に対するスカラーモーメント（scalar moment）がすべての色について等しい時得られる。

（2）さまざまな色のパッチに対するスカラーモーメントが互いに整数倍になっている時もまた快のバランスが得られる。

（3）一組の色のパッチの心理的な効果は x 空間におけるバランスポイント（balance point）に従う。

表2 秩序による調和

TABLE IV. Classification of harmonies.

Class I. One variable

1. Variable z
 - A. Achromatic
 - (a) Two color-points
 - (b) Three points
 - (c) More than three points
 - B. Chromatic
 - (a) Two points
 - (b) Three points
 - (c) More than three points
2. Variable r
 - (a) Two points
 - (b) Three points
 - (c) More than three points
3. Variable θ
 - (a) Two points
 - (b) Three points
 - (c) More than three points

Class II. Two variables

1. In a plane of constant θ
 - A. Points on a straight line
 - B. Triangles
 - C. Rectangles
 - D. Points on a circle
2. In a plane of constant z
 - (a) Two points
 - (b) Three points on isosceles triangle
 - (c) Five points on two triangles
 - (d) n points on a circle with center on neutral axis
 - (e) n points on a circle with center at a chromatic point
3. In a cylinder of constant r
 - (a) Two points
 - (b) n points on an ellipse with center on neutral axis

Class III. Three variables

1. With reference to planes of constant θ
 2. With reference to planes of constant z
 3. With reference to cylinders of constant r
 4. With reference to tilted planes
-
-

ここである色のスカラーモーメントは、その色の面積と ω 空間における順応点からの距離の積であり、順応点とは眼の順応状態に対応する ω 空間の中の点である。この順応点は無限に仮定することができるが、本論文ではマンセルバリュー（明度）5の無彩色の背景に限定される。一組の色のパッチのバランスポイントとは混色盤において各色の面積に比例する割合で混色した時にできる色のことである（筆者注：回転混色）。これはまたそれぞれの色からなるデザインを十分遠くから眺めた時にも得られる（筆者注：併置混色）。

上の仮定（1）と（2）は以下のような実験に基づいている。12×17 cmのマンセルチップを大きな灰色の背景の上に置き、35 cmの距離から観察した。青空光（skylight）の下で観察し、その時の照度はおよそ1000 lumen/m²であった。被験者は2つのカラーチップのうち1つをスライドさせてその露出面を変え、両方が等しい「目立ちやすさ」（prominence）を持つ点を求めた。1つのペアについて連続して2回試行したが、誤差はほぼ大きい方のチップのほぼ0.1（10%）以内であった。被験者は2人で、色覚は正常のように「思われた」。表3に1人の被験者の代表的な結果を示す。背景（順応点）を灰色以外に白と黒に変えても上の仮定をほぼ支持した。

被験者の色覚は「正常のように思われた」とあるのは、被験者に対して色覚検査を行っていないためであろう。

結局、N=5の順応点に対するスカラーモーメントは以下の式で表される。

$$S \times [C^2 + 64(V-5)^2]^{1/2} = \text{面積} \times \text{モーメントアーム} \quad (1)$$

ここで、S：面積、C：マンセルクロマ、V：マンセルバリューである。[]^{1/2}の部分がモーメントアームと呼ばれる量で、その色の目

表3 バランスポイントによる心理的効果

TABLE III. Psychological effect of the balance point.

Munsell hue	Munsell value	Munsell chroma	Psychological effect
<i>R</i>		>5	Very stimulating, very warm
<i>YR</i>		>5	Stimulating, warm
<i>Y</i>		>5	Slightly stimulating, slightly warm
<i>GY</i>		>5	Slightly restful, neutral temperature effect
<i>G</i>		>5	Restful, slightly cool
<i>BG</i>		>5	Very restful, very cool
<i>B</i>		>5	Non-stimulating, cool
<i>PB</i>		>5	Non-stimulating, cold
<i>P</i>		>5	Slightly stimulating, neutral temperature effect
<i>RP</i>		>5	Stimulating, slightly warm
<i>Any</i>	>6.5	<i>Any</i>	Cheerful
<i>Any</i>	<3.5	<i>Any</i>	Gloomy
<i>Any</i>	<i>Any</i>	<5	Non-stimulating, neutral temperature effect

立ちやすさを示す。このスカラーモーメントの量が各色について等しい時（または整数倍の時）全体として快が得られるとする。このように面積をその色の目立ちやすさと反比例させるという考えは非常に分かりやすい。ここまで厳密ではないが、多くの人が強い色（たとえばブローチ）は小さく、一方大面積の色は穏やかな色に（たとえば壁の色）という経験則は意識的か無意識的を問わず用いている。

また色の目立ちやすさの定義も分かりやすい。ただ色の強さと面積を反比例させるという考えはムーンとスペンサーが初めてではなく、その前にマンセルもほぼ同じ結論に達していたようだ（福田、1985）。ただしマンセルは「色の強さ」をマンセルバリュー×マンセルクロマで定義した。またオストワルトも、非数量的ではあるが、色の純度（purity）が高い場合にはその面積を小さくするという法則について触れている

(M & S, 1944a, p. 48)。

(1) 式にあるように、2つの色の明度差 (V-5) には 64 という係数がかかっている。ムーンとスペンサーによると、Bellamy & Newhall (1942) の発見に従ったとある。これをそのまま解釈するなら、色の目立ちやすさに対しては、明度の寄与率が彩度の寄与率に比べて 8 倍 (平方根を開き) 大きいことを意味している。これはどのように考えるべきなのであろうか。

「目立ちやすさ」(prominence) は環境における事物の発見を容易にする情報である。Jacobs (1981) は色の効用として、a. 事物の発見 (object detection)、b. 事物の認識 (object recognition) および c. 信号としての意味 (signal significance) の 3つを挙げた。上のうち a と b は主に明るさ (明度) 情報によってもたらされ、純粋な色の効用は c であるとした。今はめったに見られないが、白黒 TV で、登場する事物や人物をほとんど間違えることがないのはこのような事情による。このように外界の認識に関わる情報に関しては、明暗 (明度) 情報が圧倒的に寄与率が高いのである。

こうした現象は他の例でも見ることができる。いわゆるマッハの帯 (Mach bands) あるいはエッジ効果 (edge effect) と呼ばれる一種の輪郭線強調効果は明度分布に対してのみ生じ、色の分布については生じないという実験結果が多い (三星、1985)。はっきりとした輪郭線は当然事物の認識を容易にする。また逆に 2つの領域の明度が等しいと、その色がどのように異なっているとしても、その間の境界線 (border) がぼやける、極端な場合には消失するというリープマン効果 (Liebmann effect) が生じる。この境界線も一種の輪郭線であることを考えると、リープマン効果は外界の認識を困難にさせる要因と言えよう。

以下はバランスポイントについてのムーン & スペンサーからの引用

である。「Field は一組の色のパッチを回転混色させた時にできる色（バランスポイント）が無彩色になれば、それらの色は調和していると考えた（1945）。マンセルも同じようなことを言ったが、彼は混色によってできる色を無彩色に限定しなかった。芸術家が望むどのような色とでも取り替えて構わないとした。また上に述べたように、回転混色させなくとも、個々の色が区別できないほど十分な距離から観察した時にもバランスポイントが得られる。表 3 はそれぞれのバランスポイントによって得られる心理的効果である。バランスポイントのマンセルクロマが 5 以上の時はそれぞれの色相によって心理的な効果が異なるが、5 以下の場合には色相はほとんど効果がなく、すべて中性的（neutrality）になる傾向がある。またマンセルバリューが 6.5 以上の時はあらゆるデザインは華やか（cheerful）になり、一方 3.5 以下の時は通常はくすんだ（gloomy）印象となる。」

1.3 美度

以下ムーン & スペンサー（1944c）からの引用である。「美に対する考え方はいろいろあるが、多くの美はより形式的な性質（more formal nature）があることは、規則正しい幾何学的な形（regular geometric shapes）、音楽の和音（musical chords）、および関連性のある色（related colors）からも分かる。本論文（筆者注：M & S の色彩調和論）では「美は複雑性の中の秩序（order in complexity）」という考えをとる。これについては Fechner が 1876 年に述べているが、初めて数量的なベースに乗せたのは G. D. Birkhoff（1933）である。Birkhoff は自分の理論を多角形、装飾品、花瓶の形、音楽の調和とメロデー、および詩に適用したが、色に対しては適用しなかった。ここでは彼の理論を色に適用しようというのが目的である。」

Birkhoffによると、美度 (aesthetic measure) は以下の式によって表される。

$$M = O/C$$

ここで、O は秩序の構成要素数、C は複雑性の構成要素数である。

例として Birkhoff は多角形を用いて、C を多角形のすべての辺を含む無限延長線 (indefinitely extended line) の数に等しいとし、O の要素にはたての対称、均衡 (equilibrium)、rotational symmetry (角度の均衡)、たて—横座標系との関係が含まれる。これらの要素に 0、± 1、± 2 の重みづけ (weight) が与えられる。その形がどの点においても条件を満足していないならば、秩序の要素の総数から 1 または 2 を差し引く。これらの数字は明らかに試行錯誤によって行われた。Birkhoff は 90 の多角形について評価を行い、正方形の 1.50 から不等辺六角形の -0.17 の値を得た。

色について Birkhoff はこう語っている。「パレットが単純であればある程、複雑性は小さい。したがってパレットはこのテーマが扱う範囲に入る。明らかに目は色の繰り返し、色のグラデーションを伴ったシーケンス、関心事の中心における光と影のバランスを好む。それは Ross の分類と一致する。これらの秩序の要素は明らかに美的な重要性を持っている」と。しかし彼は美度の色彩調和への適用についてはこれ以上のことについては行っていないように思われる (M & S, 1944c, p. 235)。

上に述べたように、Birkhoff は秩序の数値的な重みづけを実験的にではなく、直観的な方法によって行った。ムーン & スペンサーはその重みづけを色の調和について試したところあまりうまくいかなかった。そこで彼らの調和論では、その数値的な重みづけを実験的に決定した (同 p. 235)。

表 4 美度の測定実験に用いられた色のチップ

HC、V の表示は、H（ヒュー）と C（クロマ）が一定で、V（バリュウ）が異なる色のチップであることを示す。2 の G、V は灰色のチップであることを示す。同一と類似の秩序の例

Sample No.	Designation	Munsell samples			
		R	Y	G	P
1	HC, V	R 7/8, 6/8	Y 8/8, 7/8	G 6/4, 5/4	P 5/8, 4/8
2	G, V	N 7, 6	N 8, 7	N 7, 6	N 4, 3
3	VC, H	R 7/8, YR 7/8	Y 8/8, GY 8/8	G 6/4, BG 6/4	P 5/8, RP 5/8
4	HV, C	R 7/4, 7/8	Y 8/8, 8/12	G 5/4, 5/8	P 5/8, 5/12
5	H, VC	R 7/6, 6/4	Y 8/6, 7/4	G 6/4, 5/2	P 5/6, 4/4
7	V, HC	R 7/8, YR 7/4	Y 8/8, GY 8/4	G 6/6, BG 6/2	P 5/8, RP 5/4
8	C, HV	R 6/6, YR 7/6	Y 7/6, GY 8/6	G 5/6, BG 6/6	P 4/6, RP 5/6
9	-HVC	R 7/6, YR 6/4	Y 8/6, GY 7/4	G 6/4, BG 5/2	P 5/6, RP 4/4
11	HVC-	R 6/8, 6/8	Y 8/8, 8/8	G 6/4, 6/4	P 5/8, 5/8

結局彼らは、複雑性（C）として次の要素で定義した。

$$C = (\text{色の数}) + (\text{色相差のある色対の数}) + (\text{明度差のある色対の数}) + (\text{彩度差のある色対の数})$$

秩序（O）の係数についてはどのように定義されたのか。彼らはそれを同一、類似、対比の調和について色相、明度、彩度の 3 属性すべてについて求めた。その実験的な手続きは、まず色相だけ、明度だけ、彩度だけ異なる色およびそれらのすべてが異なる色からなるサンプルのセットを用意した（表 4）。

次に同じ面積で、あいまいな関係にない 2 つのカラーチップからなる 1 組のサンプルをマンセルバリュウ 5 の灰色の背景の上に置く。それぞれのチップは別々なカードの上に置かれ、被験者は美的な価値（merit）の順位をつける。被験者は色についてかなりの訓練を受けたことのある建築学科の学生数人であった（Several observers took part in the tests, including a group of architectural students who had had considerable

training in color)。

その結果、最も重要なサンプルについて以下のような順位となった。

サンプル 1 HC、V (H と C は同じ、V が異なる)

サンプル 5 H、VC (H が同じ、V と C が異なる)

サンプル 11 HVC- (H、V、C すべてが異なる)

サンプル 4 HV、C (H と V が同じ、C が異なる)

サンプル 3 VC、H (V と C が同じ、H が異なる)

サンプル 7 V、HC (V が同じ、H と C が異なる)

上は美的価値の相対的な順位であるが、その美的価値(美度)の絶対値(Mの値 平均値)については以下ようになった。

サンプル 1 HC、V $M=1$

サンプル 11 HVC- $M=0.5$

サンプル 3 VC、H $M=0.2$

サンプル 7 V、HC $M=-0.025$

サンプル 1、すなわち H (ヒュー) と C (クロマ) が同じで、V (バリュー) だけが異なる色の対が最も美度が高く、 $M=1$ であった。逆に美度が最も低かったのはサンプル 7、すなわち V が同じで、H と C が異なる色の対で、M の値は負となった。このように明度が同じ色の組み合わせは美度が極端に低い結果となった。

しかしこの絶対値の付与の方法については判然としない。数名の建築学科の学生被験者の判断基準は、美度(美の程度)なのであろうか。それとも秩序なのであろうか。そもそも $M=1$ はどのような意味があるのであろうか。

いずれにしてもその後は連立一次方程式を解くような方法でヒュー、バリュー、クロマごとに同一、類似、対比の調和および第 1 不明瞭、第 2 不明瞭の不調和さらにグレアの色の対に対する秩序の係数について求

表 5 美的係数
TABLE XI. Aesthetic factors.

	Iden- tity	1st ambiguity	Simi- larity	2nd ambiguity	Con- trast	Glare
Hue	+1.5	0	+1.1	+0.65	+1.7	—
Value	-1.3	-1.0	0.7	-0.20	3.7	-2.0
Chroma	+0.8	0	0.1	0	0.4	—
Gray	+1.0					

Area balance: Identity of moments, +1.0; moment ratio of $\frac{1}{2}$ or 2, 0.5; moment ratio of $\frac{1}{3}$ or 3, 0.25; other ratios, 0.00.

め、最終的によく知られた表5のような結果となった。

この表から以下のことが読み取れる。

- a. 最大の秩序係数はバリュエに関する対比の調和の時に得られる。
- b. バリュエに関して同一の調和の場合は、係数はかなり大きい負の値となる。
- c. ヒューに関しては調和不調和に関わりなく、係数は正の値または0である。
- d. 第1および第2不明瞭域の不調和の場合、係数は必ずしも負の値にはならず、0であることが多い。場合によっては（ヒューに関して）正の値になることもある。

2. 対比 (contrast) の調和、リープマン効果、視覚的欲求

表5にあるように、ムーン & スペンサーの色彩調和論においては対比の調和に大きな秩序係数が与えられている。大きな秩序係数は(1)式の分子の値を高め、そのまま高い美度につながる。すなわち明らかな対比は美度を構成する非常に大きい要素なのである。この点については、対比は配色に変化をもたらす要素であり、それを秩序（統一）の要素と

して扱うことはおかしいという Pope (1944) の有名な批判があるが、ここではそれについては触れないでおこう。

Judd (1955) は西欧の過去の色彩調和論を展望し、以下の4つの原理として要約した。

- a. 秩序の原理 (principle of order)
- b. なじみの原理 (principle of familiarity)
- c. 類似性の原理 (principle of similarity)
- d. 明瞭性の原理 (principle of unambiguity)

Moon & Spencer の調和論が仮定する対比の係数は当然上の明瞭性の原理（正確には非不明瞭性の原理）に関連する。Judd (1955) が仮定している「あいまいさ (ambiguity)」には色相對比によって小さい図形の色が本来の色に見えない場合、配色された色の差が小さすぎる場合および配色の選択意図が分かりにくい場合が含まれる。言い換えれば見る人に判断に迷うような配色はしてはいけないという教えだという（福田、1995）。Moon & Spencer の調和論は直接的には二番目の場合に相当しよう。

我が国における色彩に対する感性では、上のなじみの原理および類似性の原理にもとづいた調和はすんなりと受け入れられるに違いない。福田 (1985; 1996) は我が国における「色熟れ」について紹介している。それはつくられたばかりの色は、その物自体の美しさをまだ現出させていず、ある時間の推移の間に自然に醸し出されてくるような色彩調和のことである。

一方西欧で発達した色彩調和論では明瞭性（非あいまいさ）を特に重んじる。明瞭性（非あいまいさ）の代表格は対比 (contrast) の効果であろう。色彩の対比効果については仏王室ゴブラン織工場長シュブルールの研究 (1839) によって多くの定量的な側面が知られるようになった

(福田、1985；1996)。その結果にもとづいた彼の色彩調和論は類似色の調和と対照色（対比色）の二通りの調和からなっていた。それ以後の色彩調和論においては必ず対比の調和が含まれるとともに、今日においても西欧の美術・デザイン教育では配色の訓練においては対比効果が大部分であるという（福田、1985）。

この美度における対比の調和の圧倒的な優位性はどこから来るものであろうか。1つは対比的な配色が「あいまいでない」、「不明瞭でない」ことの最大の状態だからであろう。それは結果的に秩序につながる。特に明度（明るさ）における対比は、上の面積の項でも触れたが、我々の外界の認知において物体の輪郭線の明瞭性を形成する非常に強力な情報なのである。

もう1つは、西欧の色彩調和の考え方に、音楽とのアナロジーとともに、混色した時無彩色になる色はお互いに調和するというものがあるためと思われる。その極端な例として「隣接する2つの色は、それらを混色した結果が完全な白色になる時、その2色は完璧に調和する」というラムフォードの法則がある（1797年）。この混色は先のバランスポイントの項で述べたように、回転混色でも併置混色でも差支えない。しかしこれは色相に関して言えることであり、明度に関しては必ずしも当てはまらない。

このような考え方は、色を感じるまたは愛でる感性の我が国では生まれることはなかったであろう。混色の原理を理解するためには、色を思考の対象とする必要があるからである。

第3は、知覚的または生理学的な根拠とも言うべきものである。三星（2006）は視覚（的イメージ）における快（適性）を考える時、遠感覚としての視覚が持つ本来の機能（それを三星は「視覚的欲求」と呼んだ）という観点からアプローチすることを提案した。視覚の本来の機能

は遠方の事態についての情報をもたらすこと（遠感覚）および外界の細部についての情報をもたらすことと考えられる。他の4つの感覚は外界について大雑把な情報しかもたらさない。外界の細部についての視覚的情報がもたらされるためには外界が「くっきり」と見えなければならない。対比というのはそのための1つの要件である。またこれも先に触れたが、外界の認知において圧倒的に重要なのは明度情報である。表5の秩序を構成する係数において明度の対比に最大のポイントが課されているのはここから来ているように思われる。目がくっきりと見える配色は目の欲求（視覚的欲求）を満たし、秩序を構成する。また同時に快（適性）すなわち美につながるものなのである。

逆に明度に差がないと2つの色を分ける境界線がぼやけ（リープマン効果）、結果的に目の欲求（視覚的欲求）を満たさない。したがって配色があいまいになり、快ではなくなるのであろう。

冒頭に掲げた「調和しているが、美ではない」等明度配色については今回は十分に説明することはできなかった。調和および美の定義がさまざまにあり、簡単には解決できないかも知れない。Judd (1950) はこの点についてこう言っている。「理論的に秩序の要素とされてきた明度の同一が、実験では低い美的価値しかなく、色相の第2のあいまいさがそれ以上になっているというのは注目されるべきである。予備実験の結果は、この労作が準拠した古典的色彩調和の概念を完全に裏付けることにはならなかった。しかしこれは、色彩調和原理の試験的性質をきわだたせるのに役立った。その他の14の美的係数が古典的原理と一致したということは、今後の計量的研究を力づけることだろう」（福田、1996から引用）。

いちばん簡単な解決策は、調和には同一の調和が含まれるが、明度に関しては例外で、同一の明度は不調和とすることである。

引用文献

- Bellamy B. R. & Newhall S. M. (1942) Attributive limens in selected regions of the Munsell color solid. *J. opt. Soc. Am.* 32, 465-473.
- Birkhoff G. D. (1933) *Aesthetic Measure*. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press.
- 福田邦夫 (1985) 『色彩調和の成立事情』、青娥書房。
- 福田邦夫 (1996) 『色彩調和論』、朝倉書店。
- Jacobs, G. H. (1981) *Comparative color vision*. Academic Press.
- Judd D. B. (1950) Color harmony -An annotated bibliography. NBS. Letter Circular, LC. 987. Abstractor's comment.
- Judd D. B. (1955) Classical laws of color harmony expressed in terms of the color solid. *ISCC, News letter*, No. 119, 13.
- 加藤将彦 (2010) 古代の日本の色彩文化、2009 年度神奈川大学人間科学部卒業論文。
- Klee P. (1956) *Das Bildneische Denken* (土方定一・菊森英夫・坂崎乙郎共訳『造形思考 (下)』、新潮社、1973)。
- 桑原奈津子 (2010) 重ねの色目と色彩調和論について、2009 年度神奈川大学人間科学部卒業論文。
- 三星宗雄 (1984) Kirschmann の法則とそれに関連するいくつかの問題、基礎心理学研究 3、2、81-94。
- 三星宗雄 (1994) 「動物は色が見えるか -色覚の進化論的比較動物学-」 (Jacobs, G. H., *Comparative color vision*, Academic Press, 1981 の全訳)。
- 三星宗雄 (2006) 『環境色彩学の基礎』、マックローリン出版。
- Moon P. & Spencer D. E. (1944a) Geometric formulation of classical

- color harmony. J. opt. Soc. Am. 34, 1, 46–59.
- Moon P. & Spencer D. E. (1944b) Area in color harmony. J. opt. Soc. Am. 34, 2, 93–103.
- Moon P. & Spencer D. E. (1944c) Aesthetic measure applied to color harmony. J. opt. Soc. Am. 34, 4, 234–242.
- Moon P. & Spencer D. E. (1944d) Reply to Arthur Pope. J. opt. Soc. Am. 34, 765–766.
- Ostwald W. (1916) Die Farbenfibel: English translation, The Color Primer, edited by Birren F., Van Nostrand Reinhold Co., 1969.
- Pope A. (1944) Notes on the problem of color harmony and the geometry of color space, with reference to articles by Moon and Spencer. J. opt. Soc. Am. 34, 759–765.