

色彩環境の定量的評価法

佐 川 賢

私たちの生活は色彩に取り囲まれるようになった。カラーテレビ、カラーディスプレイ、カラーコピー、カラー印刷など、情報機器における色再現技術は進み、また、日用品、衣料品、食物などの製造物や工業製品にも多種多様な色が施されるようになった。こうして急速に複雑化する色彩環境が人間に与える影響とはどのようなものであろうか。この問題の解決には色彩のもつ心理効果や感情効果の基礎研究と、その応用としての環境評価技術の確立が必要である。古くから心理学の分野で検討された課題ではあるが、今では色知覚の高次メカニズムに関係する新しい観点を含み、また応用的にみれば最近の社会環境の問題のひとつとして注目されるようになった。

色彩環境の評価は現在では重要な問題である。色彩工学の発達、世の中に色彩を溢れさせ、騒音ならぬ騒色という言葉を出現させた。こうした一般環境の様々な色をどのように評価するかは、環境と人間の適合という面から重要な課題である。にもかかわらずその基盤となる研究はそれほど進展していない。高次の色認識や心理効果に関係する複雑な問題だからともいえよう。

色彩学のこれまでの長い歴史から見ると、高次色認識の研究とその応用はごく最近始まったばかりである。近年、脳の研究が種々の分野で開始され、そのなかで感情、感性、心という心理的領域まで科学的解明が迫ってきた。色彩学においても同様である。従来から、色彩感情や色彩嗜好などの高次心理応答に関する研究は行われていたが、あまり系統的とはいえなかった。心理的效果を支配する一般原理や法則もまだ確立されていない。ま

だ未知の領域である。それ故に色彩環境評価とその基礎研究は色彩科学の新しい一面を切り開くものとして新たな期待が寄せられる。

ここでは、これまでの色彩感情と色彩環境評価に関する研究を概観し、それらを踏まえて色彩環境評価という色彩科学の分野の動向を探ることとする。

1. 配色の感情効果の分析

色彩環境のなかには様々な色が単独あるいは組み合わせられて配置されており、こうした個々の色の組み合わせに対する人間の心理的応答を検討することは、色彩環境評価の基本的かつ要素的技術である。配色における主たる問題は、配色から受ける心理的印象の分析と、そこから導き出される調和性の評価である。

配色が人に誘起する感情効果の分析は、単色の場合、2色配色の場合、3色配色の場合、の3つのケースについて実験的に検討されてきた。感情分析のねらいは、まず人間が配色から受ける感情の種類が基本的にいくつあるか、という感情構造の分析にある。例えば、美しい—汚い、派手な—地味な、上品な—下品な、等の印象を表す形容詞を多数用意し、それぞれ反対の意味をもつ形容詞対について直接数量的な評価（通常5段階や7段階評価）を行う。そうすると類似した評価をする尺度の群がいくつか形成され、この尺度の群を基礎として、基本的感情を支配する要因（因子）を抽出する。いわゆるSD法（semantic differential method）と呼ばれる手法である。

この方法を用いて、単色、2色、3色の配色、あるいは実際の建物の色などについてそれぞれ感情効果の分析が行われた¹⁻⁴⁾。すると、各実験で用いる多くの形容詞

生命工学工業技術研究所人間情報部（〒305 つくば市東1-1）
E-mail: sagawa@nibh.go.jp

表1 配色感情の主要構成因子。

感情因子	Oyama ら ¹⁾ 単色	神作 ³⁾ 2色配色	浅野ら ⁴⁾ 3色配色	小木曾ら ²⁾ 建築物
評価性 (Evaluation)	goodness, healthiness, freshness (第2因子)	気持ちのよさ (第1因子)	快さ (第1因子)	気持ちのよさ 新しさ (第2因子)
活動性 (Activity)	excitability, dynamism (第1因子)	明るさ (第2因子)	はなやかさ (第2因子)	動き (第1因子)
力量性 (Potency)	stongness, deepness, hardness (第3因子)	強さ (第3因子)	目立ち (第3因子)	強さ (第4因子)
その他	—	暖かさ (第4因子)	暖かさ (第4因子)	暖かさ (第3因子)

群は必ずしも一致していないにもかかわらず、それらの形容詞群からいくつかの基本的な感情の要因が共通に抽出されてくることがわかった。表1にこれまでの主要な結果をまとめてみた。

SD法によれば、形容詞群は言語的な基本的構造として(1)評価性 (evaluation), (2)活動性 (activity), (3)力量性あるいは潜在性 (potency), の3つの要因(因子)に分けられる。色彩評価の形容詞群も実験の結果、表1に示すように、各実験で形容詞の名称は少しずつ異なるものの、同じような因子に分類できることがわかる。まず、評価性に対応するものとして「快さ」に関する因子である。色彩を見たとき、快か不快かに関する印象が生ずる。これが基本的な印象であることを意味する。この因子は全体の印象判断に対する寄与率が高いので、その意味で重要な因子とみる。次に重要な因子は「明るさ、または華やかさ」で、これは活動性に対応する。すなわち色彩を見たときにうける活発で活動的な印象がこの因子であり、これも快さと同様に重要な因子である。第3の因子で力量性に関するものは「強さ」で代表される因子である。色彩から受ける感じのなかで、力強い感じ、堅い感じ、目立つ感じ、がこの感情効果にあたる。さらに、色彩の感情構造の中で特徴的なものは「暖かさ」の因子で、色彩を見たとき暖かさ冷たさの印象が生ずるが、これがひとつの大きな感情因子になっていることを示す。

要約すると、色彩から受ける感情効果は(1)快さの印象、(2)明るく華やかな印象、(3)力強い印象、(4)暖かさの印象、の4つの主要な印象で構成され、この4つの因子で人間が色彩を見たときの色彩感情がかなりの部分、説明がつくということである。

感情分析の次の問題は、具体的にどのような配色がこれらの感情効果を生ずるか、という問題であるが、SD法はこれに関してはあまり明確な結果を出していない。

SD法は感情構造を分析する手法としては優れているが、基本的に物理量との対応をつけるという手法ではないからである。しかしながら、単色の場合、あるいは2色配色、3色配色の場合も同様な感情構造ができあがるので、単色の感情から2色配色、3色配色を予測しようとする試みはいくつか行われてきた。しかし、まだ一般的な結果は出ていない。

2. 色彩の調和性

配色で実用上最も重要な点は色の組み合わせにおける調和である。調和は前述の基本的感情要因の中で「快さ」に高い相関をもつ評価である。視覚表示物の設計や服飾デザイン関係では特に注意が払われる。そのため、古くから色彩感情の領域では関心が払われてきた。

経験的に調和のよい配色とは2種類あるとされている。(1)色差の大きな色の組み合わせ、(2)色差の小さな色の組み合わせ、である。このどちらともつかない中間段階が不調和となる。この経験的な事実を、いわゆる色相の差、明度の差、あるいは彩度の差で表現しようとする試みが色彩調和論である。このためには色の差を示すための表色係の発達も必要であった⁵⁾。

配色調和論として著名なものに Moon & Spencer⁶⁾のものがある。彼らはマンセル表色係に基づき、明度差、色相差、彩度差、のそれぞれの要素ごとに調和域と不調和域(かれらの用語では不明瞭域)を表した。例えば明度軸に関して言えば、明度差が1jnd以下(jndは違いのわかる最小の差)は「同一」という調和領域、1jndから明度差0.5(マンセルバリュー値)までは「第1不明瞭」という不調和域、さらに明度差0.5から1.5までは「類似」という調和域、さらに明度差1.5から2.5までは「第2不明瞭」という不調和域、明度差2.5から10までは「対比」という調和領域になる。10以上の明度差はグレアという極端な不調和域となるが、現実的に

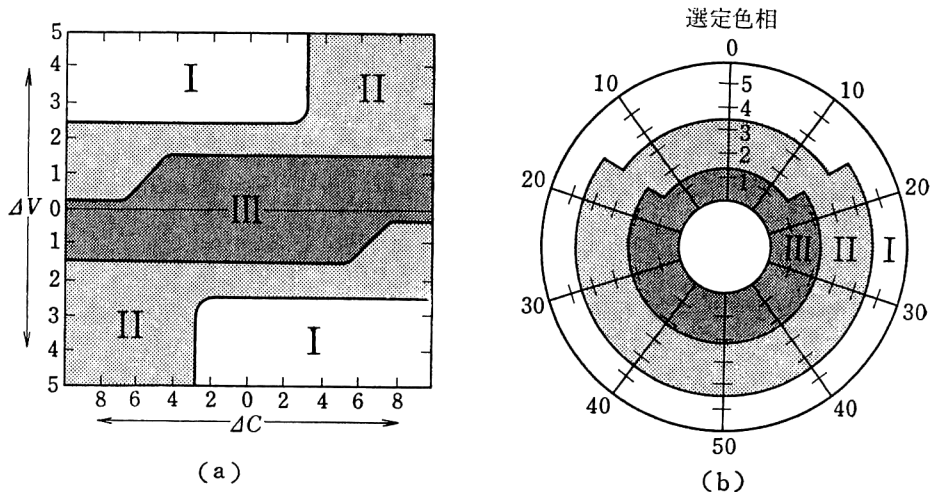


図1 森ら⁷⁾による2色配色の調和・不調和域。(a) 明度差-輝度差の組み合わせによる調和不調和域, (b) 色相差-明度差の組み合わせによる調和不調和域。領域(I)は比較的調和しやすい領域, 領域(II)は中間調和域, 領域(III)は比較的不調和となりやすい領域(納谷⁹⁾より)。

はこれはあまり起こらない。つまり、明度差が大きくなるにつれ、調和-不調和-調和-不調和-調和、というように不調和域を2つ挟んで調和域が存在するところに特徴がある。彩度差、色相差についてもこの順で調和と不調和が現れる。2つの色の明度差、彩度差、色相差を計算し、これらの領域が満足されるとその2色は調和するという。

Moon & Spencerの配色調和論はそれまでの定性的な調和論をまとめて、調和性を初めて定量化したものととして評価される。その背景には、個人の趣味や嗜好を超えて多数の人が調和するという感性を抱くには、色相・彩度・明度という色の属性から割り出せる一定の法則があることを仮定していたと思われる。ところが後の研究では、Moon & Spencerの調和論はあまりに単純化し過ぎて実際面では一致しないことがさかんに指摘され、現在ではこの理論はやや否定的な見解が多い。配色の色彩感情構造に関する実験結果からは、特に色相差について調和との定量的関係は得られていない^{3,7)}。また実際の建物の配色に適用した場合でも、Moon & Spencerの調和域にある配色が不調和となり、逆に不調和域にある配色が調和するという場合がほぼ同じような確率で出現し、法則性が見られない⁹⁾。改良型調和論として、森らの一連の研究から導かれた配色領域図があり、これを図1(a), (b)に示す^{7,9)}。図1(a)は明度差および彩度差に関する2次元平面上で調和しやすい領域(I)、中間調和領域(II)、調和しにくい領域(III)に分けて示されている。図1(b)は明度差-色相差についての配色図であり、領

域の見方は図1(a)と同様である。明度差が主要な要因となっているところに特徴があり、この傾向は他の研究でも認められる。この配色領域図もあくまで参考であり、まだ支持されたものではない。調和域に関しては、調和感のメカニズムを分析し、その知見に立った定量化が望まれる。

3. 一般色彩環境の評価

一般の色彩環境には多種多様な色が複雑な空間分布で存在し、またこれらは季節や日時とともに変化する。こうした複雑な色彩環境をある法則に従って評価することはなかなか難しい。配色の研究は限られた色の組み合わせの感情効果やその調和に対する知見をある程度われわれに与えるものの、一般の色彩環境の総合的評価に適用するにはかなり飛躍がある。色彩調和の理論を適用するには、その延長として多色配色の研究が必要と思われるが、これに関する研究はきわめて少ない¹⁰⁾。実際の色彩環境を評価するためには、色彩の分布全体に対する総合的な視点を持った新たな手法の開発が要求される。

一般の色彩環境を対象とした評価は建築外壁の色やインテリアにおける色彩設計の分野で実際の建造物や室内を用いてそれぞれ個別に研究が行われてきた。例えば、前述した配色調和論を実際の建物(ホテルのロビー)で確かめた小木曾ら⁹⁾の研究がある。しかしながら、現在までの研究ではあまり系統的な研究は見られず、手法に関してもSD法による印象分析のみで終わるものが多い。

こうしたなかで、個々の色彩に固有な意味があると考え、これを言語的に対応づけることによって色彩感情を表現する空間を構成し、この空間に色を投影して評価する手法がある。いわゆる色のイメージ空間である。そのイメージ空間上に環境の色彩分布を投影してみれば環境の評価やあるいは設計に利用できるという考えである。言語的イメージ空間として Kobayashi ら¹¹⁾ の3次元 (warm-cool, soft-hard, clear-grayish), あるいは Shen ら¹²⁾ の1次元 (exciting-calm) などが試みとしてある。実用的な手法と考えられるが、構成するイメージ空間の妥当性が問題といえよう。

最近ではカラーディスプレイを用いた画像処理技術によって新しい手法や研究の視点が生まれるようになった。すなわち、色彩環境をビデオ画像に収録し、色彩画像処理技術によって測色学的な変換が容易に行える。例えば、画面各部の明度、色相、彩度を独立に自由にすることも可能である。画像評価ではこのような手法は一般的であり、一部では画像の自然さや視覚的な画質に関する主観評価との対応も検討され、色相および彩度の変化が全体の色彩画像の画質や自然さに強く影響する要因であることが示されている¹³⁾。こうした測色学的画像変換技術は色彩環境の評価にも応用される。佐川ら^{14,15)} は屋内外のシーンをカラーディスプレイに呈示し、色相、輝度は固定したまま彩度のみを変化させるソフトの手法 (彩度変換法) を用いて、観測者に最も快適と感じられる彩度変換点を求めさせた。すると、不快なパター

ンほど彩度を落として見る傾向があることがわかり、この彩度変換率によって色彩画像の快適度を評価できることを報告した。図2はその結果の一部である。横軸は画面彩度の変換率で1.0は原画像 (有彩色画像で変換なし)、0は彩度ゼロ、すなわち色みの全くない白黒画像 (無彩色画像) である。縦軸は快適度の主観評価値で値が高いほど快適を意味する。テストに用いられた36枚の色彩画像のデータ点はこの平面上で正の相関を示す。つまり、不快な画像は彩度を落とし、快適な画像は原有彩色画像のままで見えることを示す。すなわち、色彩環境の快適性は画面全体の彩度に大きく影響され、彩度による快適性の評価が可能であることを示す。

佐川らはさらに、色彩環境の中に含まれる色彩の数と快適度の関係に注目した。色知覚のカテゴリー性を利用し、一般環境において連続的に変化する様々な色の分布から、その環境に含まれる色のカテゴリー数を抽出した。そのカテゴリーの数を快適度の評価値と比べると負の相関が見られた。図3にその結果を示す。横軸は観測者が報告した平均的な色のカテゴリー数、縦軸は快適度の主観評価値である。すなわち、色の数が多ければ多いほど快適度が低下するという結果となり、色彩画像処理等で色の数を割り出せば快適度が客観的に評価できるということになる。複雑に分布する色を、色知覚のカテゴリー性でとらえるという新しい手法を提供するものである。

色彩環境の評価には、快適性という視点ばかりでな

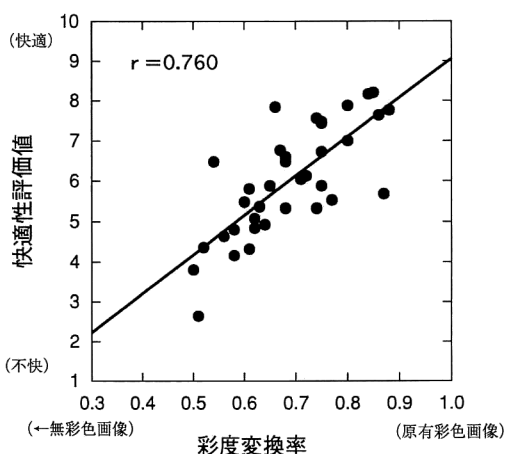


図2 色彩環境評価における最適彩度変換率と快適度の関係。快適な画像は原画像のままの有彩色、不快な画像は全体を低彩度に落として、それぞれ見る傾向にあり、画像の彩度が快適度に影響することを示す (佐川ら^{14,15)})。

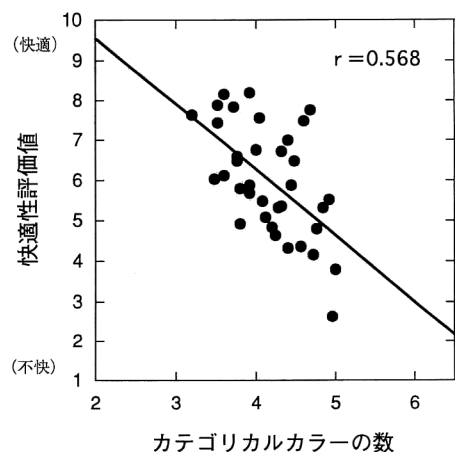


図3 色彩環境評価における色カテゴリー数と快適度の関係。環境に含まれる色のカテゴリー数が増えると不快となる傾向を示す。色彩数と快適度に負の相関関係があることを示す (佐川ら^{14,15)})。

く、機能的な視点による評価も重視される。色彩環境の機能的評価の視点として挙げられるのは、オフィス等の色彩設計と作業効率の関係、および複雑な視環境から必要とする視覚表示物を検出する機能である。どちらの問題に関しても、まだ十分な研究は行われていないが、これまでにいくつかの研究はすでに開始されている。作業効率の問題に関しては、内装を白、赤、青緑を基調としたオフィスを作成し、そこでの事務作業の成績を検討し、赤のオフィスが作業効率が悪くなることを示した例がある¹⁶⁾。また後者の視覚検出の問題に関しては、検出すべきターゲットと背景の色差が多くなると検出しやすくなること、また背景が複雑な場合はその複雑さが増すと検出しにくくなることなどが報告されている¹⁷⁾。この問題は環境の「騒色」として、社会的な問題にも関連する。交通標識や安全な避難誘導標識の見えやすさの定量化として重要であるにもかかわらず、それに応えるべき研究は十分ではない。背景となる一般環境の複雑さの定量化が進んでいないためと思われる。

もっとも新しい視点として、高次の視覚認知的視点も環境評価に導入し始められている。環境を構成する視覚刺激からわれわれがどのような視覚空間を形成するか、これがわかれば環境評価の新しい視点が生まれ、設計にも利用できる。いわゆる認知空間構成の問題である。これに関しては池田ら¹⁸⁾の研究があり、色彩環境に限らず一般的な環境評価の問題として、今後の進展が期待される。

色彩環境の評価という観点からこれまでの研究の経緯を概観した。人間をとりまく視環境はますます複雑となり、その影響を科学的手法を用いて客観的に評価することは以前にもまして重要となっている。これまでの研究をみると、環境評価のひとつの基本理念や基本原理を構築するには研究はあまりに散発的といえる。配色感情や調和理論は比較的研究の歴史があるものの、色彩環境全体を取り扱う基本概念や基本的手法に関してはまだ未熟であり、この概念の確立が切に望まれるところである。

色彩科学においてはすでに確立された色覚学や測色学が存在する。これらを基盤技術として、環境評価をより物理的な尺度で記述する方向がひとつの方向と思われる。もう一方では、色知覚の高次認知機構の解明に繋がる

研究手法も新たな評価手法や設計手法を開発する意味で重要であり、これが基本的に研究の推進力になると思われる。今後の色彩環境評価にはこの2つの方向の均衡を保って進むことが必要であろう。

文 献

- 1) T. Oyama, Y. Tanaka and Y. Chiba: "Affective dimensions of colors: A cross-cultural study," *Jpn. Psychol. Res.*, **4** (1962) 78-91.
- 2) 小木曾定彰, 乾 正雄: "Semantic Differential Method (意味微分) 法による建物の色彩効果の測定," 日本建築学会論文報告集, **67** (1961) 105-113.
- 3) 神作順子: "色彩感情の分析的研究—2色配色の場合—," 心理学研究, **34** (1963) 1-12.
- 4) 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 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, **32** (1968) 195-220.
- 5) 千々岩英彰: 色彩学 (福村出版, 東京, 1983) pp. 165-182.
- 6) P. Moon and D. E. Spencer: "Geometric formulation of classical color harmony," *J. Opt. Soc. Am.*, **34** (1944) 46-59.
- 7) 森 伸雄, 納谷嘉信, 辻本明江, 池田潤平, 難波精一郎: "2色配色の調和域について (色彩調和の研究: その5)," 電気試験所彙報, **30** (1966) 889-900.
- 8) 小木曾定彰, 中村 洋, 乾 正雄: "Moon-Spencer 色彩調和論のホテル・ロビーの場合における考察," 日本建築学会関東支部第29回学術研究発表会抄録 (1961) pp. 57-60.
- 9) 納谷嘉信: 産業色彩学 (朝倉書店, 東京, 1980) pp. 121-130.
- 10) 佐川 賢, 清水 豊: "色彩パターンの心理評価—占有率, 配色数, 分布の効果—," 色彩学会誌, **19** (1995) 19-28.
- 11) S. Kobayashi: "The aim and method of the color image scale," *Color Res. Appl.*, **6** (1981) 93-107.
- 12) Y.-C. Shen, Y.-S. Chen and W.-H. Hsu: "Quantitative evaluation of color harmony via linguistic-based image scale for interior design," *Color Res. Appl.*, **21** (1996) 353-374.
- 13) H. de Ridder, F. J. J. Blommaert and E. A. Fedorovskaya: "Naturalness and image quality: chroma and hue variation in color images of natural scenes," *IPO Manuscript* no. 1074/III (IPO, 1995).
- 14) 佐川 賢, 清水 豊: "色彩環境の視覚的快適性評価に関する実験的検討," 照明学会誌, **79** (1995) 703-709.
- 15) K. Sagawa and Y. Shimizu: "Psychophysical methods for assessing visual comfort for a colored pattern of natural environment," *Proc. SPIE*, **2657** (1996) 42-52.
- 16) N. Kwallek: "Effects of three color schemes on office workers performance and mood," *AIC Interim Meeting—Color and Psychology—*(1996) O-10.
- 17) 石田泰一郎: "生活環境と色彩," カラーフォーラム Japan '96 論文集 (1996) pp. 65-70.
- 18) 池田光男, 福村史麻: "初期視覚情報の増大による照明認識視空間の形成過程," 照明学会誌, **79** (1995) 392-399.

(1997年1月13日受理)