

塗装の深み感における色の見えの効果 カラーシミュレータによる検証

川澄未来子・内山祐司・辻 紘良・石原利員

(株) 豊田中央研究所 感性情報研究室 視覚情報グループ

〒480-11 愛知県愛知郡長久手町

1. はじめに

「塗装の深み感」は、塗装の代表的な質感の一つである。塗装関係者が塗装の質感を表現するために使っている用語には、ほかにも透明感・肉持ち感・平滑性・鮮映性などがある。これらは、高級指向や本物指向の時流にのって、最近特に注目されるようになった感覚で、例えてイメージするなら、美術工芸品の表面を仕上げている漆（うるし）などを目にしたときに受ける質感に近い。私たちの研究の目的は、そのうちの「深み感」を生じさせる物理的な要因を調べた上で、最終的にはそれを生み出すための製造技術を開発することである。

塗膜の内部構造を図1に簡単に示す。一般には複数の層が積み重なっており、各層の厚みや顔料濃度、また、光輝材の種類・粒径・量などの条件は、実に色々と組み合わせられて作られている。こうした塗膜の組成が変わることで、目にうつる見えも大きく変わる。それに応じて深み感の感じ方もまた変わる。深み感は、塗膜の組成に応じて、非常に敏感に形成される感覚といえる。

塗装専門家に対して深み感に関するアンケート調査を行い、結果を分析したところ、深み感の知覚を支える主要因は「色」と「奥行き感」の2つであることが明らかになった。ここでいう「色」とは、塗装を遠くから（60 cm以上離れて）観察する場合に感じられる全体的（平均的）な色の具合に加えて、曲面塗装に照明をあてたときに現れる色の分布の具合（図2）まで

含めて考えている。一方「奥行き感」は、塗装を近くから覗き込んだ場合に、内部できらきら光る光輝材の粒の分布によって生じる、塗膜の奥行きや厚みのことを指す。深み感はこうした巨視的な「色」と微視的な「奥行き感」の複合感覚である、と私たちは考えている。

従来の質感づくりは、理屈の裏付けはなしに、まさに現場でのさじ加減に頼って行われてきた。これを科学的に取り扱うにあたり、私たちは図3に示すように、「深み感」「色」「奥行き感」といった脳内レベルでの知覚とは意識的に分けた、網膜レベルでの物理量を取り入れて、塗膜物性との結びつきを検討していくことにした。すなわち、巨視的な光学量としての「色の分布」と、微視的な光学量としての「光輝材の分布」の2つに注目することにした。

ここでは特に、深み感と色の分布との関係について調べた結果を報告する。

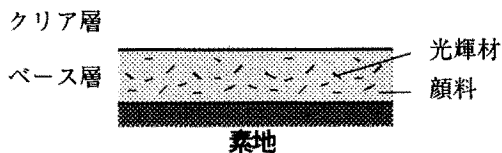


図1 塗膜の構造

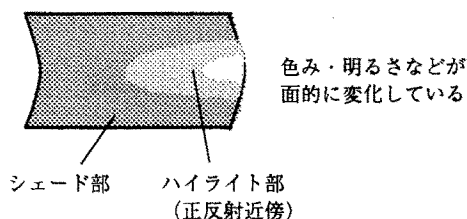


図2 塗板上の色の分布

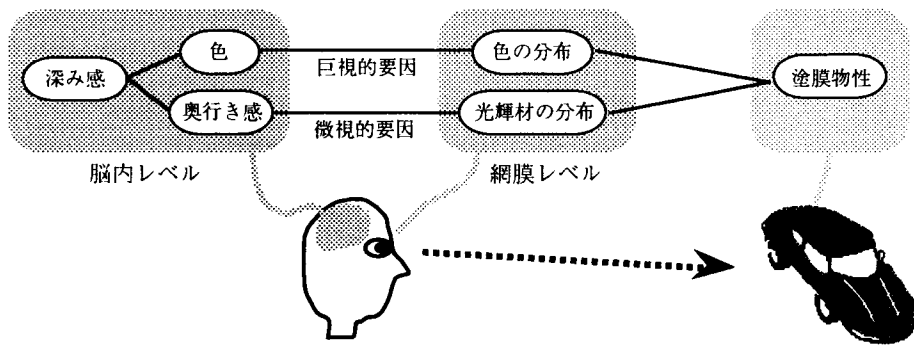


図3 深み感の知覚過程

2. 方法

私たちが実施した実験は、コンピュータグラフィックスの技術を使って、CRT上に塗板画像を作成し（図4）、色の分布を意図的に制御することにより、それに伴う深み感の変化の様子を調べるといものである。塗板画像の生成・制御には、ワークステーション上に作成したカラーシミュレータを利用した。これは、画面上に表示した塗板の色を計算で自由に変えることのできるツールで、今回の目的のために独自に作製したものである。図5にカラーシミュレータのしくみを簡単に示す。本シミュレータでは、配光計算や着色計算を分光反射率のレベルから厳密に行っているため、再現の精度や制御の柔軟性が高く、また塗板形状や照明条件も任意に設定することができる。なお、カラーシミュレータ上の塗板画像を対象にした場合も、実塗板なみの深み感の評価が十分に可能であることは、予備実験により確認済みである。

色の分布は、Munsell表色系における3つの成分、Hue・Value・Chromaに分けて扱うことにし、この3つを今回の制御パラメータとした。後々は分光反射率から制御することを目指しているが、今の時点では制御の手がかりがないので、まずは、デザイナーが設計時に慣れ親しんで使っているパラメータを用いて大まかな傾向をつかむことにした。

実験用の塗板画像の作成手順を示す。まず、実塗板の計測データ（図6上段）をもとに基本となる塗板画像を作成し、次にその画像に対してHue・Value・Chromaのそれぞれを個別に5段階ずつ制御した。Hueの制御の一例を図6下

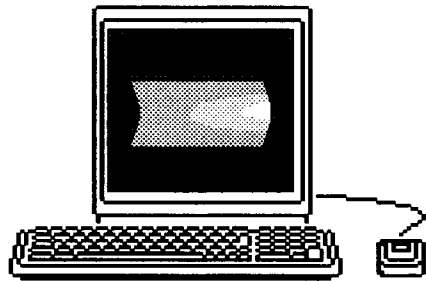


図4 カラーシミュレータ

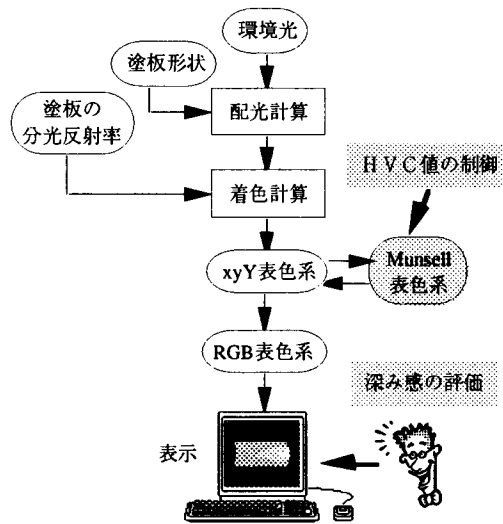


図5 カラーシミュレータのしくみ

段に示す。なお、塗板画像の表示形状はすべて、実塗板の評価によく用いられる曲面形状とした。また観察条件は、右45度方向から太陽光で照射し正面から観察するものと仮定して計算した。

以上の手順で作成した塗板画像に対して、深み感の評価を行った。評価は、カラーシミュ

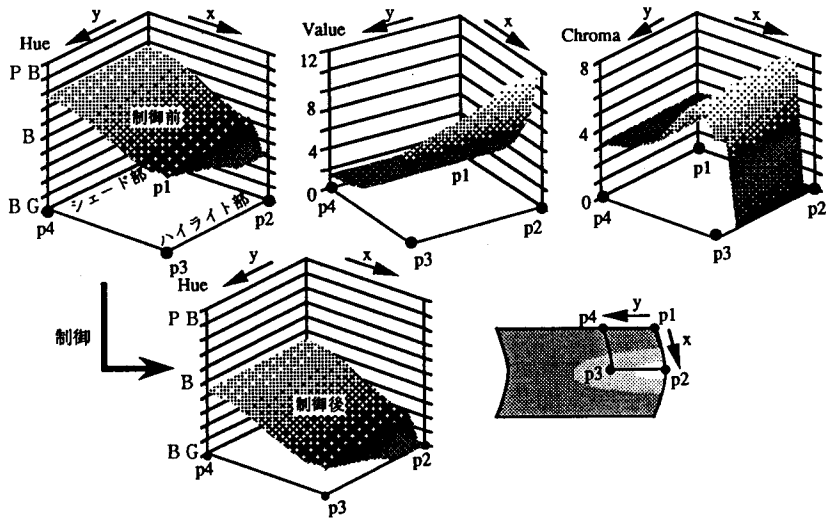


図6 実塗板上の色の分布および Hue 制御の一例

レタ画面上下に2枚ずつを順に呈示し、一対比較法を用いて5段階評価するという方法をとった。被験者は色覚正常者5名以上とした。

3. 結果

図7～図10は、実験から得られた、深み感と Hue・Value・Chroma との関係グラフにまとめたものである。横軸は制御対象としたパラメータ、縦軸は一対比較法によって求めた深み感官能評価値である。グラフ中の黒のシンボルは実塗板を再現した塗板画像、グレーのシンボルは色を制御することによって得られた塗板画像を示している。なお、今回用いた実塗板は紺色のメタリックである。以下に結果を個別にま

とめておく。

図7の横軸は、Munsell Hue を記号で示したもので、左から Yellow, Green, Blue, Purple, Red 系を意味する。図から、Hue ついては Y 近辺で深み感が最大となり、P 近辺で最小となる循環性があることがわかる。ちなみに「Munsell Hue の Y」といっても、紺色に対して等 Value・等 Chroma の Y なので、実際には濃い茶色である。さらに、制御の基本にする実塗板を紺のメタリックから赤のソリッドに変えて、同じ実験を行った結果が図8である。この図においても図7と同様の循環性がみとめられる。

Value については、低いほど深み感が大きいという結果が得られた。図9は、曲面上の

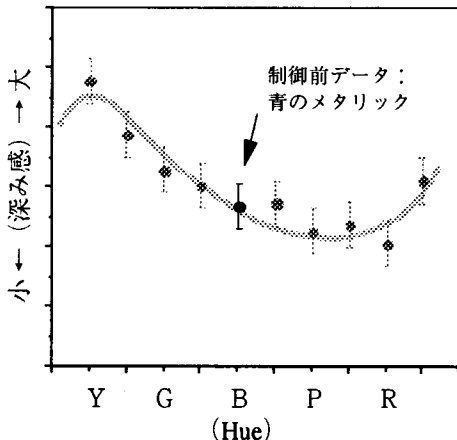


図7 Hueと深み感

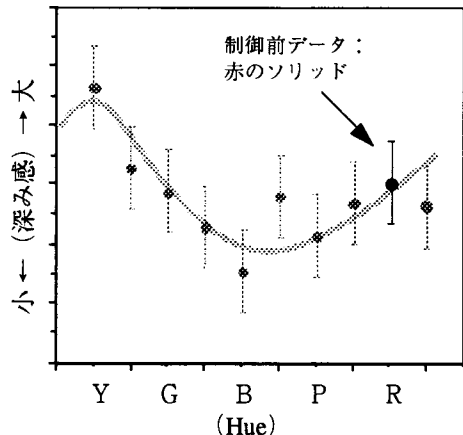


図8 Hueと深み感 (基本実塗板を赤とした場合)

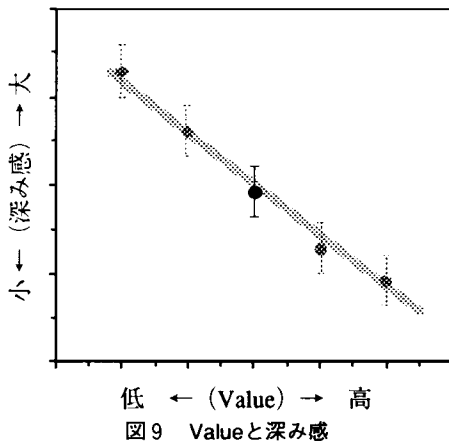


図9 Valueと深み感

Value の分布全体を平均的に増減させた場合の結果であるが、別の実験から、ことにシェード部の明度を低くし、ハイライト部とシェード部のコントラストを引き上げた方が、より深み感が大きくなることも確認した。

Chroma については、高いほど深み感が大きい傾向がみられた(図10)。ただし、Chroma の効果がこのように現れる被験者と、まったく現れない被験者との2グループに分かれたため、Chroma の効果には個人差があることが同時に明らかになった。

4. まとめ

塗装の深み感と色の分布との関係について、Munsell 表色系の Hue・Value・Chroma を制御パラメータとして、カラーシミュレータ上の刺激シミュレーションを用いて調べた。その結果、

- (1) Hueについては、Munsell Hue のY近辺で深み感が最大、P近辺で最小となるような循環性がある。
- (2) Value は低いほど深み感が大きく、ことにシェード部の Value が低いほど深み感が大きい。
- (3) Chroma は高いほど深み感が大きい、その効果には個人差がある。
- (4) Hue・Value・Chroma の効果は独立であり、かつ3つの中では Value 効果が最も大きい。

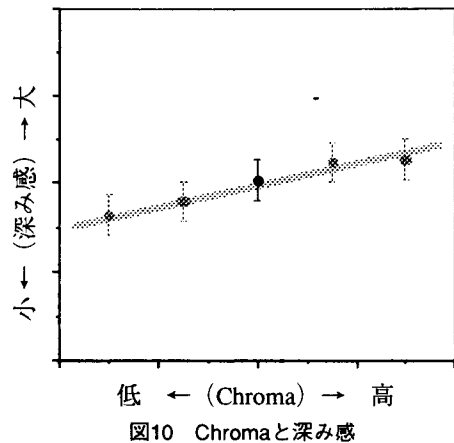


図10 Chromaと深み感

ことなどが明らかになった。なお、同じ課題に対して、以前に心理物理手法を用いて分析したことがあるが、そのときの結果も今回の結果とよく一致している²⁾。今回の実験は、前回の結果を厳密に検証する意味もあった。

最後に、このようなカラーシミュレータを利用した解析の特長をまとめておく。

- (1) 実塗板をわざわざ作製する必要がないため、解析コストが低減される。
- (2) 3つのパラメータが独立に制御できるため、個々の要因の働きが明確に検証できる。
- (3) 計算で塗板画像を作成するため、既存の製造技術を越えた新規な塗板も先行的に探索できる。

文 献

- 1) 寺田重雄, 和田隆志, 久保田毅, 松田守弘, 服部寛, 中島毅彦, 朝岡雅彦: 自動車の塗装における深み感の形成因子-1. 日本機械学会論文集, 297-300, 1992.
- 2) 森下未来子, 内川恵二, 辻紘良: 塗装の深み感におよぼす色の見えの効果. VISION, 5, 155-158, 1992.