

塗装深み感の要因解析

和田隆志，川澄未来子，鈴木敬明

Analysis of Factors for Paint Depth Feeling

Takashi Wada, Mikiko Kawasumi, Taka-aki Suzuki

要 旨

物の外観（見え）や品質はその表面に施された塗装によって制御される。最近、塗装の見えにおける「深み感」の関心が高まってきている。深み感は有意に識別できる質感であり、「色」と「奥行き」の2つの情報で判断される。深み感の知覚要因を解析するために、それぞれの情報を色の見えと光輝材の見えに分けて調べた。前者は、色の成分（色相、明度、彩度）の変化に注目して心理物理手法とコンピュータシミュレーションにより、また後者は、両眼視差と光輝材のテクスチャーに注目して一対比較による官能評価手法と遠近法モデルの仮説に基づいて解析を行った。

その結果、色の見えに関してはコンピュータグラフィックス技術の有用性や色の各成分の深み感に対する効果（例えば、深み感に対する色相の循環性、明度／彩度効果の独立性、低明度高彩度が良く、明度の効果が大きいなど）が明らかになった。一方、光輝材の見えによる奥行き感では、両眼視差による効果は無く、光輝材のテクスチャーから解析した評価値、つまり光輝材の面積ごとに考慮した面積率の変化率と光輝材の面積の最大値と最小値の差によって定量的に評価できることが明らかになった。

Abstract

The appearance and quality of objects are controlled by paint coatings on the surfaces of the objects. Recently, depth feeling in the appearance of paint coatings has attracted special attention. The depth feeling is a significantly discriminative sense that is judged by "color" and "depth" information. The information is studied as color appearance and flake appearance, in order to analyze perceptible factors in the depth feeling. The former is analyzed by a psychophysical method and computer simulation, considering the variation of color components such as hue, value, and chroma. The latter is analyzed by sensory evaluation with the paired comparison method and

the hypothesis of a perspective model, considering the binocular disparity and the texture of flake pigments.

For color appearance, this study has revealed the availability of computer graphics technology and the effects of color components for depth feeling. For flake appearance, on the other hand, it has been revealed that the influence of the binocular disparity was negligible and that the depth was quantitatively evaluated according to two evaluation values obtained by analyzing the texture of the flake pigments, i.e. the variation of the area ratio considered by each pigment area and the difference between the maximum and minimum areas.

キーワード

自動車，塗装質感，見え，深み感，色，心理物理，奥行き，一対比較，光輝材，テクスチャー，遠近法

1. はじめに

自動車の塗装は、防錆の他に、外観意匠性に対しても重要な役割を持っている。近年、車体の形状とともに塗装の外観意匠性に対するニーズが高まっている。

塗装の外観品質としては、光沢感、平滑感といった塗膜表面の性状に起因するもの、深み感、肉持ち感、陰影感、光輝感といった塗膜内部の構造に起因するものに分類することができる。このうち光沢感、平滑感といった表面性状に起因する質感については、既に塗装条件や検査、評価方法が確立されている¹⁾。

我々はさらに高品質な塗膜の開発を目的にし、「深み感」に注目してその知覚メカニズムの解明と評価手法の開発をめざしている。「深み感」という質感は、これまでの官能検査等で他の塗膜質感とは独立な、有意に識別できる感覚であることが分かっている²⁾。また、これまでの調査から「深み感」は、さらに「色」と「奥行き」の2つの情報から判断されているということも分ってきた^{3, 4)}。このことから、深み感の知覚過程はFig. 1のように両者が複合した感覚であると考えられる。そこで、深み感の知覚メカニズムを明らかにするために、色の情報については色の見えから、奥行きの情報については光輝材の見えから、別々に解析することにし、それぞれの効果を調べることにした。

色について考えてみると、自動車などの塗装では、色あいや明るさが場所により変化していることに気づく。これは照明光の方向、見る角度、外板塗装の形状などの条件により、見え方が変わってくるからである (Fig. 2)。このように、塗装を見たときに色そのものを含め色の変化する様子をマクロ的な要因として位置づけ、「色の見え」を解析した。

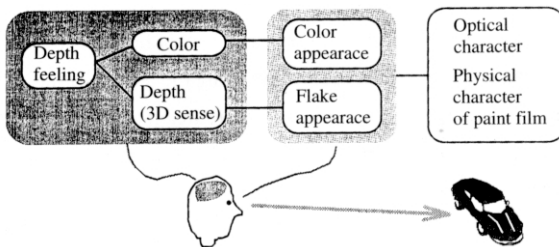


Fig. 1 Perception process of depth feeling.

一方、奥行きについては、光輝材の入ったメタリック系塗装を近くから見た場合には、塗膜内部できらきら光る光輝材粒子の存在に気づく。これはまるで夜空を見上げたときに無数の星が作り出す天空のようである (Fig.3)。したがって、塗膜中での光輝材の見えが奥行き感を感じる何らかの手がかりになっているのではないかとの仮説を立て、このような光輝材の挙動をミクロ的な要因として位置づけ、「光輝材の見え」を解析した。

本研究では、以上のように色と奥行き感が複合されて深み感を感じていると考え、「色の見え」と「光輝材の見え」の2つの見えから検討を行った。色による深み感を感じるメカニズムとして色の成分 (色相、明度、彩度) の変化に注目し、また奥行き感を感じるメカニズムとして両眼視差と光輝材が作るテクスチャーに注目して要因の解析を行った。

2. マクロ的な要因 (色の見え)

塗装から感じられる「深み感」と塗装上に存在する「色の見え」との関係性を、心理物理実験とシミュレーション実験の2つの実験により検討を行った⁵⁻⁷⁾。

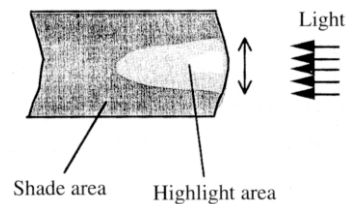


Fig. 2 Color appearance of curved paint plate.

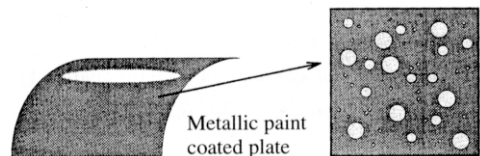


Fig. 3 Flake appearance.

2. 1 色の見えの効果

「色の見え」は、マンセル表色系における色の三つの成分、H (Hue, 色相), V (Value, 明度), C (Chroma, 彩度) に分けて深み感に対する効果を調べることにした。マンセル表色系は人間の直感に基づいて色を体系化されたものであり、塗装デザイナーの間では色の制御や伝達によく利用されていることから採用した。

従来の塗装質感に関する研究^{8, 9)}では、官能評価実験によって順位づけられた何らかの質感と光学計測機器による測定値との関係を調べたものが多い。このような測定値は実際の観察条件が十分反映されないこともあり、厳密な関係を論じるには不備な点があった。本研究の第一の実験では、心理物理手法を使うことにより深み感を判断する同じ条件の下で色の分布を忠実に測定することができる。

また通常、実塗膜が試料として用いられるが、製造技術側の制約が大きく、例えば、HVC値を独立に変動させた試料を意図的に作製することは不可能に近い。第二の実験では、コンピュータグラフィックスの技術を利用して作成したリアルな塗板画像を試料として用いることにより、第一の実験における実塗膜での実験内容を補うと共に得られた結果の傾向を検証することにした。この実験の特長としては、

- (1) HVC値が独立に制御できるため、個々の要因の効果が明確に検証できること
- (2) 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装も先行的に探索できること
- (3) 実塗装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こと

などがあげられる。ただし、試料のリアルさに関して実塗膜に及ばないが、本研究の目的に対しては十分な画像生成精度を備えている。

2. 2 心理物理実験による事前検討

2. 2. 1 実験

第一の実験は、実塗装を試料に用いて深み感の評価とHVC値の測定を行い、両者の関係を傾向的に把握するために実施した。

実験環境をFig. 4に示す。暗幕を張ったブース内に、試料、光源、顎台などを配置し、試料呈示背景は色の見えの誘導が起こらないようにマンセル値のN5の背景を用いた。また、光源には人工太陽灯を用い、被験

者の右45°方向から地平線に水平に照射した。被験者は、試料に対して正面60cmの位置に顎を固定し両眼で試料を観察する。なお、目の順応時間は十分とってから実験を開始した。

用いた試料は、光輝材が入ったメタリック系塗装の曲面状 (かまぼこ型) パネルで、サイズは15×30cm、顔料や光輝材の種類などを組み合わせて作成した29枚である。試料の色種は色相環の中にバランスよく位置する5つのカテゴリー (R, Y, YG, B, PB系) およびN (=Neutral) 系に分けられる (Table 1)。

次に、実験の手続きについて述べる。まず、深み感の評価は、実験者が毎回ランダムに選んだ2つの試料ペアを、Fig. 4に示す位置に続けて呈示し、被験者が深み感の大小を判断するという方法で行った。深み感が大きい方を1点、小さい方を0点としてその合計を深み感得点とし、全試料の順位づけを行った。

一方、HVC値の測定には、心理物理分野でよく用いられるカラーマッチング法¹⁰⁾を利用した。これは、

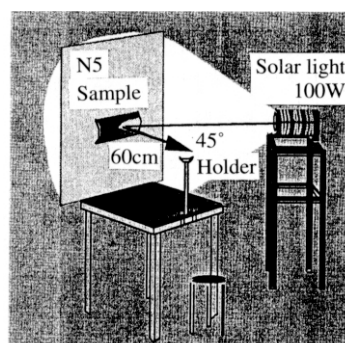


Fig. 4 Setup for psychophysical experiment.

Table 1 Samples.

Color group		Sample No.				
Red	R1	R2	R3	R4	R5	
Yellow	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	
Yellow green	G1	G2	G3	G4	G5	
Blue	B1	B2	B3	B4	B5	
Purple blue	P1	P2	P3	P4		
Neutral	N1	N2	N3	N4	N5	

被験者の目により対象試料と色の見えが等しいと感じられる色票 (JIS標準色票など) を1枚選ぶことにより、その試料のHVC値を求める方法である。Fig. 5に示すように、マッチングをとる際には試料およびマンセル色票とも同じぐらいの観察面積になるように近づけ、さらにN5のマスキで覆って1色づつ見るようにして測定した。

全ての試料をランダムに番号を付け直し、上記2つの実験を以下の手順で2回ずつ試行した。

- (1) 深み感評価 (1回目: 呈示順はランダム)
- (2) HVC値測定 (1回目: No. 1→29)
- (3) HVC値測定 (2回目: No. 29→1)
- (4) 深み感評価 (2回目: 呈示順はランダム)

HVC値の測定は、試料の呈示順序による効果をなくするために、1回目と2回目とは逆順にして行った。

被験者は色覚正常者3名である。

2. 2. 2 結果

深み感評価では、被験者は深み感評価が初めてであったにも関わらず試料の深み感を確かに順位づけることができた。さらに、深み感の順位づけの結果 (3人の平均) を同じ試料に対して別の被験者が一対比較法 (シェッフェ法中屋変法)¹¹⁾ によって得た評価結果とを比較したところ、両者の間に高い相関が認められ、深み感が実験条件や被験者の違いによらず有意に認められる感覚であることが確かめられた (Fig. 6)。

一方、HVC値の測定結果は、被験者間で大きくは

変わらないことから、深み感の評価結果の個人差は、各被験者の深み感判断基準の違い (定義の違い) の現れであると考えることができる。

次に、深み感とHVC値との関係では、一例として顕著な傾向が認められたVの結果を示す (Fig. 7)。縦軸に29枚の試料の深み感順位を、横軸にはマンセルVをとり、各試料の5点の測定点におけるVをプロットした。図中のシンボル▼は、塗板の端から中央部にかけてのV値の変化の方向性を表している。Fig. 7から、塗板上のVの変化は中央部へ向かうほど高くなっていることが分かる。また、各試料の平均的なV値が低いほど深み感が大きい傾向が認められる。

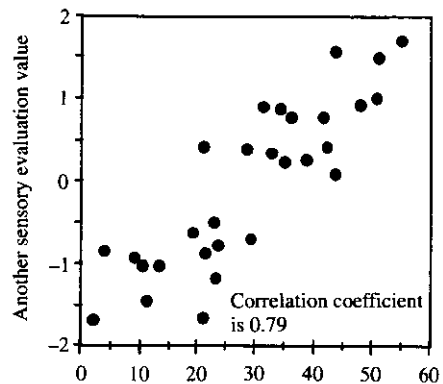


Fig. 6 Comparison of the evaluated result with another one.

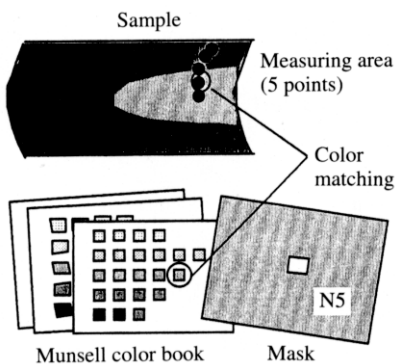


Fig. 5 Measurement of HVC by color matching method.

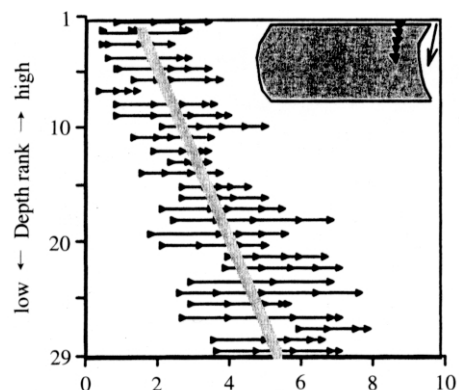


Fig. 7 Relation of V and depth feeling by psychophysical experiment.

以上、実塗膜を対象試料として深み感とHVC値との関係を調べた結果、次の傾向が明らかになった。

- ・ Hとの直接的な関係はつかめなかった
- ・ Vは低いほど深み感が大きい
- ・ Cは高いほど深み感が大きい
- ・ ただしCの効果の大きさは被験者によって異なる
- ・ HVCの中ではVが最も傾向がはっきりしている

2.3 シミュレーション実験による検証

2.3.1 実験

第二の実験では、コンピュータのモニタ画面上に生成した塗板画像を対象試料として、第一の実験における補足と得られた傾向を検証することを目的に行った。

塗板画像の作成には、ワークステーション上に構築したカラーシミュレータを使った。これは、画面上に表示した物体の色を計算により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開発したものである。

本シミュレータの特長は、原画像のHVC値を意図的に制御できる機能を有しており、また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、塗板形状や照明条件も任意に設定することができる点にある。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した。

実験用の塗板画像は、実塗膜の計測データから生成した塗板画像を基本に、HVCを制御して各種類を作成した。具体的には次の通りである。H分布、V分布、C分布のそれぞれを平行移動させるパターン（平均的に変化させるパターン）と、Vについてはさらに、シェード部中心の移動とハイライト部中心の移動の制御パターンを加えた5種類の制御パターンを試みた。なお、HVC各パラメータ制御時には、他の2つのパラメータは固定したままとした。基準となる原画像の作成にはダークブルーのメタリック系実塗膜を用い、原画像を中心にして色相を5段階に変化させた。

以上の手順で作成した塗板画像に対して、深み感の評価を実施した。画面上に塗板画像2枚ずつを上下に呈示し（Fig. 8）、モニタは暗幕で覆って外光が入らないようにして実験を行った。評価は、一対比較法（シェッフエ法中屋変法）により5段階で行い、結果を深

み感評価得点として算出した。被験者は各実験とも色覚正常者5名である。

2.3.2 結果

Fig. 9に得られた結果の一例を示す。横軸は制御対象としたパラメータ、縦軸は深み感評価点（被験者5名の平均）である。グラフ中の黒のシンボルは実塗装を再現した原画像、グレーのシンボルは色を制御して得られた塗板画像を示している。

Fig. 9(a)から、HについてはマンセルY近辺で深み感が最大、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HがマンセルYといっても、ダークブルーのVとCを保持した上での色なので、実際の見えは濃い鶯色である。この結果については、さらに基準の実塗膜をレッドのソリッドに置き換えた場合でも同様にマンセルY近辺で深み感最大となることが確認されており、Hに対する深み感の大きさには共通の循環性が現れることが分かった。

Fig. 9(b)は、Vが低いほど深み感が大きいという結果を示している。さらに、Fig. 9 (d), (e)から分かるように、シェード部の方のVを低く、すなわちハイライト部とシェード部のコントラストを上げた方がより深み感が大きくなることも確認された。

Cについては、Fig. 9 (c)に示されるように、値が高いほど深み感が大きい傾向がみられたが、個人差があることも明らかになった。

以上のように、HVCのうちの1パラメータと深み感との関係について明らかになった。さらに、個人差がほとんど現れなかったHとVに関して、その効果の独立性を調べた結果、それぞれ互いに独立な関係であることも明らかになった。

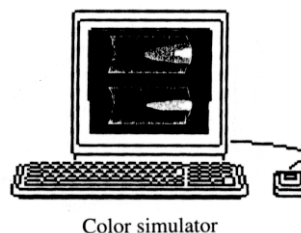


Fig. 8 Evaluation of depth feeling with two paint plate images on monitor display.

最後に、効果の個人差が小さいHとVについて、その効果の大きさを比較する実験を行った (Fig. 10)。その結果、HよりVの方が深み感に対して大きな効果をもつと共に、Vが低いときほどHの効果が大きいことが確認された。

3. ミクロ的要因 (光輝材の見え)

塗装を近くから見たときに観察される「光輝材の見え」と、きらきら光る光輝材から感じられる「奥行き感」の知覚メカニズムとして、両眼視差と光輝材が作るテクスチャーに注目し解析を行った^{12, 13)}。

3. 1 奥行き感知覚の主要因

深み感の一因子である奥行き感の知覚メカニズムを明らかにするには、人間の視覚心理特性を考慮に入れた考察が必要となる。一般に人間が奥行き感を感じるメカニズムとしては、大きく生理的要因と心理的要因の二つに分けられる¹⁴⁾。心理的要因は調節、輻輳、両眼視差などの直接人間の視覚の生理現象に訴えるも

のであり、心理的要因は網膜上に投影された2次元像の大きさ、パースペクティブ、重なり合い、陰影などであり、経験と想像力により奥行きを感じる。

日常生活で人間が奥行きを感じる場合は、生理的要因の影響が大きいですが、塗膜のように2次元の対象物からも奥行きを感じる場合には、心理的要因の影響も大きいと考えられる。

今回、塗膜から奥行き感を感じるメカニズムとして、生理的要因の一つである両眼視差と心理的要因がもたらすと考えられる、光輝材が作るテクスチャーによる見えに注目した。

3. 2 両眼視差による奥行き感

観察者が注視している物体の表面からの光は、両眼いずれも網膜上の中心に結像する。しかし、注視点からずれた光は、必ずしも両眼で同じ位置に結像せず、像がずれて見える。これを両眼視差という。人間はこのずれを物体までの距離を知る手がかりとしている。

通常、平面を見ているときには、両眼での見えに差

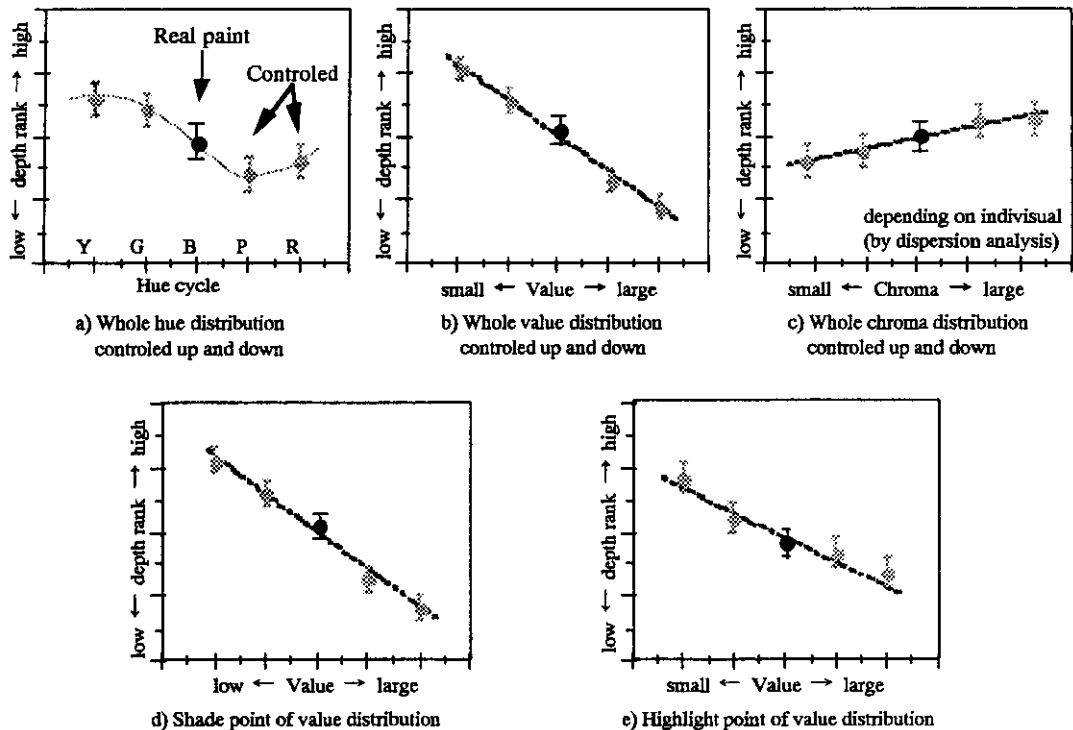


Fig. 9 Relation of HVC distribution and depth feeling by computer simulated experiment.

はなく、両眼視差は生じない。しかし、光輝材が入っている塗膜面を見る場合には、塗膜中の光輝材の配向によって、その見え方は両眼で同じとは限らない。例えば、Fig. 11に示すように、両眼で光輝材の像の不一致が起こると、両眼視差が生じているのと同じ状況となり、奥行き感を感じるのではないかと考えられる。

3.2.1 実験

両眼視差の効果が奥行き感知覚に与える影響を調べるためにFig. 12に示す配置を用いて実験を行った。この実験は、塗板を両眼で見た場合と単眼で見た場合に感じる奥行き感を比較することが目的である。もし、感じる奥行き感が、「両眼で見た場合 > 単眼で見た場合」となれば、奥行き感の知覚に両眼視差の影響が大きいと考えられる。しかし、「両眼で見た場合 = 単眼で見た場合」であれば、奥行き感の知覚に両眼視差の影響は無いと言えることになる。

実験は暗室にて行い、試料塗膜はパネルから明視の

距離（約30cm）離れたところに置かれ、人工太陽灯によって照明される。塗膜の奥行き感を評価するパネルは顔面固定治具により観察中に顔が動かないようにした。これは動体視差の影響を除くためである。パネルの目の前には2つのシャッターが置かれ、シャッターが開いている時にのみ試料を観察することができる。これらのシャッターの開閉により試料を観察する目が決定される。官能評価手法は、一対比較法（シェッフエ法中屋变法）を用いた。実験には、色がダークブルーで、光輝材にマイカを用いて見え方を变化させた4種類の試料塗膜を用意した。

Fig. 13に官能評価結果を示す。横軸は奥行き感の評価値でその値が高いほど、奥行き感を感じていることを示す。また、図中の記号、1L, 1LR..., 6Lは、最初の数字は試料の種類を、L, R, LRは試料を観察した目（左、右、両眼）を示す。また、矢印に直交する横線（ヤードスティック）は各評価値の95%の信頼区間を

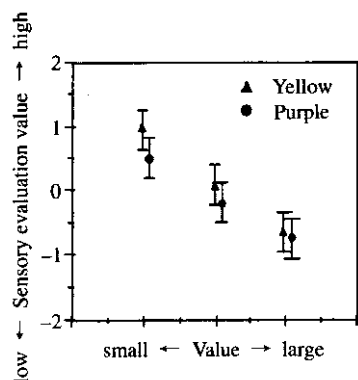


Fig. 10 Comparison of effect for H and V.

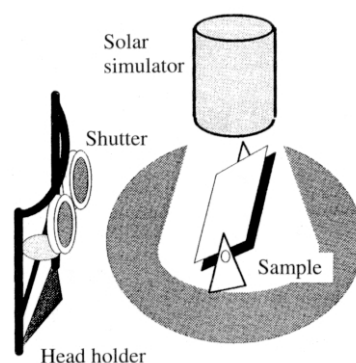


Fig. 12 Setup for observation.

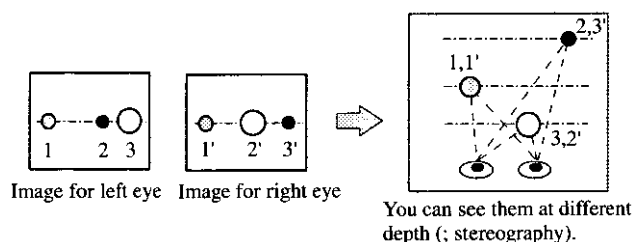


Fig. 11 Flake appearance by binocular disparity.

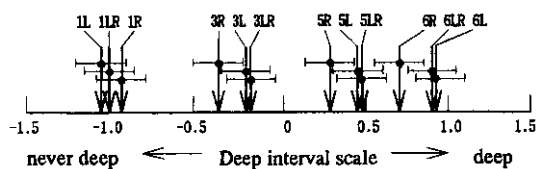


Fig. 13 Sensory evaluation result.

示しており、この線が重なっていない場合には危険率5%で有意差がある。

Fig. 13から分かるように、同じ試料を左、右、両眼で見たときの奥行き感には有意な差はなく、試料の種類による影響が大きい。つまり、奥行き感を感じる要因として、両眼視差の影響は小さいと考えられる。

3.3 光輝材のテクスチャーと奥行き感

塗膜上に見える光輝材のテクスチャーを模式的に描くとFig. 14 (a)のようになる。この図のように、同じ形（ここでは円）が大小様々な大きさで存在する絵を見ると、それが2次元の平面に描かれた絵であっても奥行きを感じる。これは、人間がFig. 14(b)に示すように同じ形をした物体が一様に分布している様子を見たとき、近くのは大きく（明るく）、遠くのは小さく（暗く）見えることを経験的に知っているからである。そのため、Fig. 14(a)のような2次元の像であっても逆の現象としてあたかも奥行きがあるように感じる。同様に、塗膜から奥行き感を感じる場合にも光輝材のテクスチャーによる見えが、この状況を塗膜上に作りだし、それが心理的要因となって奥行き感を感じているのではないかと考えた。

光輝材のテクスチャーが作りだす見えが心理的要因となって奥行き感を感じているとすると、Fig. 14(b)の

場合の物体の見え方と同じ見えが塗膜上にあれば、最も自然に奥行き感を感じるのではないかと考えられる。そこで、Fig. 14(b)のように実際に奥行き感のある状況での見えはどのような特徴を有しているのか考えてみる。Fig. 15で観察位置から、 l だけ離れた面に存在する物体が観察される面積を S_l 、観察される個数を N_l とすると、観察位置から l だけ離れた面での視野面積は l の2乗に比例して大きくなるため、

$$S_l \propto l^2 \quad (1)$$

$$N_l \propto l^2 \quad (2)$$

の関係がある。ここで、観察された像を面積 S_l ごとにクラス分けをして、面積 S_l の大きさのものが観察範囲 A に占める面積率を計算すると、 S_l の項 $1/l^2$ と N_l の項 l^2 がキャンセルされて

$$(S_l \times N_l)/A = \text{一定} \quad (3)$$

の関係が得られる。つまり、Fig. 15のような状況で観察された像は、観察された面積 S_l について各面積毎に観察範囲に占める面積率を計算した場合、その面積率 $(S_l \times N_l)/A$ は面積 S_l によらず一定である、という特徴が有していることが分る。

次に、観察される物体の面積の最大値 $S_{\max}$ と最小値 $S_{\min}$ について考える。Fig. 15で、実際に物体が分布している奥行きは D であるが、その奥行き D が大きくな

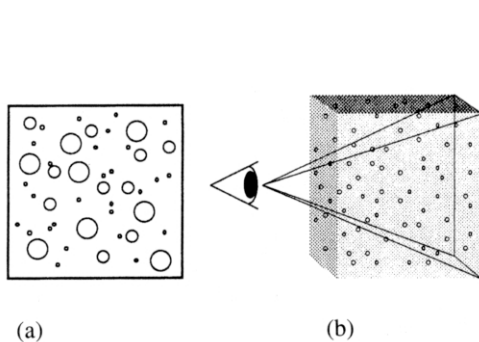


Fig. 14 Texture pattern and imagined depth:
(a) is the image focused on retina, (b) shows seeing the uniformly distributed objects of same size and shape.

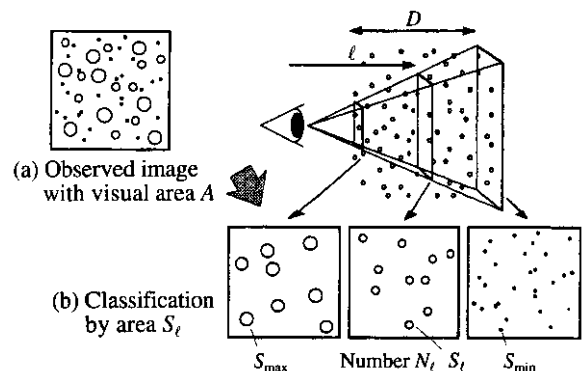


Fig. 15 Feature of depth:
(a) shows observed image schematically, with visual area A . Sizes of circles in (a) mean brightnesses.
(b) shows images classified by area S_l . $S_l \times N_l / A$ and $S_{\max} - S_{\min}$ are introduced as the features.

ると面積の最大値 $S_{\max}$ と最小値 $S_{\min}$ の差も大きくなる。一方、人間も奥行き D の量に相応した奥行きを感じているから、結局、Fig. 15のような状況で観察された像で、面積の差($S_{\max} - S_{\min}$)が大きくなるほど、観察者はより奥行きを感じると言える。

以下に述べる実験で、この仮定を基に解析を行い、この仮定についての検証を行う。

3.3.1 実験

試料塗膜を観察した実験系をFig. 16に示す。試料は人工太陽光で照明され、CCDカメラで観察される。塗膜表面からの照明の正反射光がCCDカメラに入らないようにするため、CCDカメラは照明光から 28° 傾いた位置に配置した。CCDカメラによって観察される範囲は、縦26mm、横32mmである。

また、塗膜を観察する角度により光輝材の見えが変化するため、試料の角度 θ を 20° 、 25° 、 30° 、 35° と4段階変化させ、それぞれの角度について試料を観察し解析を行った。CCDカメラで観察された像は計算機で処理、解析される。

実験には、50種類の試料を用いた。試料の色は無彩色系としてグレー、有彩色系としてダークブルーを用いた。また、全試料間の色調をそろえるために光輝材の濃度は変化させてある。使用した光輝材の種類は、MIO (Micaceous Iron Oxide) とパールマイカの2種類である。光輝材の大きさは、平均粒径 $25\mu\text{m}$ (MIO, パールマイカとも) の大きいものと、平均粒径 $8\mu\text{m}$ (MIO) と $6\mu\text{m}$ (パールマイカ) の小さいものの2水準とした。また、塗膜の構成も4種類の方法で変化させた。実験に使用した試料は、これらの因子の組み合わせによって作製されている。

3.3.2 解析方法

試料塗膜をCCDカメラで観察した一例をFig. 17(a)に示す。Fig. 17(a)では光輝材が大小の光の点として観察されている。このように観察された像は計算機に取り込まれ、縦480画素、横512画素、明るさ256階調のデータとして扱われる。

計算機での処理は、まず取り込まれた像をその平均の明るさで2値化し、光輝材だけの見えを取り出す。次に2値化された像に対して、一つ一つの光輝材をその面積ごとに分類する (Fig. 17(b)横軸)。そして、分類された同じ面積を有する光輝材について、面積の和を求め、観察範囲全体に占める面積率を計算する。こ

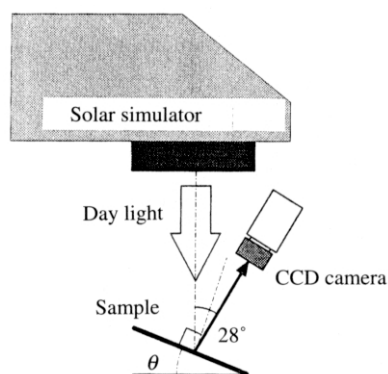
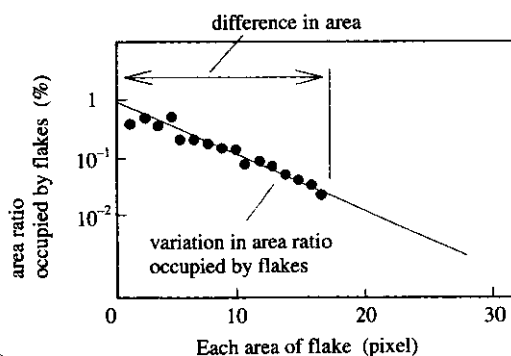


Fig. 16 Setup of measurement.



(a)



(b)

Fig. 17 Example of observed images and how to analyze: (a) Observed image(No.101), and (b) evaluation values to be calculated.

因を明らかにした。

色については、塗装から感じられる「深み感」と塗装上に存在する「色の見え」との関係を、心理物理実験とシミュレーション実験の2つの実験により検討を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- ・ HはマンセルY近辺で深み感最大P近辺で最小となる循環性がある
- ・ Vは低いほど深み感が大きい
- ・ Vはシェード部が低い方が深み感がより大きい
- ・ Cは高いほど深み感が大きい
- ・ ただし、Cの効果には個人差がある
- ・ 含有する光輝材種によらず深み感を最大にするHはYである
- ・ 深み感に対するHとVの効果は独立である
- ・ HとVではVの方が深み感に対して効果が大きい
- ・ Vが低い方がHの効果が見えやすい

以上の項目のいくつかは実塗膜を用いた実験から得た結果ともよく一致しており、厳密に検証することができた。また、二つの実験により深み感を最大にする条件を見出すことができた。

一方、奥行き感については両眼視差と光輝材のテクスチャーに注目して解析を行った。その結果、奥行き感を感じる要因としては、

- ・ 両眼視差の効果は無い
- ・ 光輝材のテクスチャーによる影響が大きい

ことが分かった。この効果をさらに満足させる光輝材の見えを創造すれば、より奥行き感の大きい(より深み感の大きい)塗膜の開発が可能であると考えられる。

また光輝材のテクスチャーに対し、心理的要因を考え、仮説を立て解析したところ、光輝材の「面積率の変化量」と「面積の差」の二つの評価値によって奥行き感を定量的に評価できることが分かった。つまり、光輝材の見えから遠近法的な心理的要因に基づいた判断がなされていることが確かめられた。

通常、塗膜の官能評価は一对比較法を用いて行われているが、試料数が多い場合には全試料の官能評価は難しい。しかし、今回述べた光輝材の見えの特徴に基づいた定量的な解析、評価方法を用いれば、多くの塗膜の評価は容易になるであろう。

本研究では、質感評価を見えの観点から捕えた結果として深み感に関する具体的な結果を得ただけでなく、質感解析のツールとしてコンピュータグラフィッ

クス技術が有用であることや質感の解析に対する新しいアプローチ方法を示すことができたことは大きな成果であったと考えている。

謝辞

本研究に対し、全面的にご理解とご協力をいただいたトヨタ自動車(株)および関東自動車工業(株)の方々、そして試料塗板の作製にご協力いただいた関西ペイント(株)の方々に心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 松田守弘: "自動車塗装品質の計測", 計測と制御, 23-3(1984), 312
- 2) 服部寛, ほか5名: "塗膜深み感の解析", 塗装工学, 28-5(1993), 168
- 3) 寺田重雄, ほか6名: 第1回交通・物流部門大会論文集, (1992), 297, 日本機械学会
- 4) 服部寛, ほか6名: "自動車の塗装における深み感の定量化とその形成因子", 自動車技術会論集, 25-1(1994), 125
- 5) 森下未来子, ほか2名: 第1回交通・物流部門大会論文集, (1992), 301, 日本機械学会
- 6) 川澄未来子, ほか2名: "塗装深み感に及ぼす色の見えの効果", 自動車技術会中部支部研究発表会予稿集, (1993), 61
- 7) 川澄未来子, ほか3名: "塗装深み感に及ぼす色の見えの効果-カラーシミュレータによる検証-", ビジョン, 6(1994), 77
- 8) 森田操: "塗膜鮮鋭性の評価法", 鉄と鋼, 77-7(1991), 217
- 9) 田畑洋: "自動車の塗膜質感評価方法", 自動車技術, 44-4(1990), 16
- 10) 池田光男: 色彩工学の基礎, (1989), 朝倉書店
- 11) 例えば, 官能検査ハンドブック, (1973), 349, 日本科学技術連盟
- 12) Wada, T., et al.: Frontiers in Information Optics, ICO Topical Meet. Dig., (1994), 364, ICO
- 13) 鈴木敬明, ほか6名: "塗膜深み感の解析II-光輝材の見えと奥行き感-", 塗装工学, 297(1994), 287
- 14) 大越孝敬: 三次元画像工学, (1972), 産業図書

著者紹介



和田隆志 Takashi Wada

生年：1957年。

所属：光応用研究室。

分野：外観・質感の検査，解析に関する研究（光応用計測，光情報処理）。

学会等：応用物理学会，計測自動制御学会正会員。

1994年日本塗装技術協会「第23回技術賞」受賞。



川澄未来子 Mikiko Kawasumi

生年：1966年。

所属：感性情報研究室。

分野：内外装材の色質感に関する研究。

学会等：日本視覚学会会員。

1994年日本塗装技術協会「第23回技術賞」受賞。



鈴木敬明 Taka-aki Suzuki

生年：1966年。

所属：光応用研究室。（1995年3月末にて退社）

分野：塗装質感の計測・解析に関する研究（光応用計測，光情報処理）。

学会等：応用物理学会正会員。

1994年日本塗装技術協会「第23回技術賞」受賞。