

メタリック色の画像条件と光沢認識メカニズム

Image Condition and Recognition Mechanism for Metallic Color Perception

岡嶋 克典
那須誠一郎
高瀬 正典

防衛大学校応用物理学教室
//
//

Katsunori Okajima
Sei-ichiro Nasu
Masanori Takase

1. はじめに

最近、車の塗装に代表されるように、光沢を用いた色があらゆる分野で多用されるようになってきている。物理的光沢度の測定方法については標準的方法が確立しているが、知覚特性に基づいた光沢度の定量化は未だなされておらず、特に有彩光沢色や微小光沢については試行錯誤と目視評価で行なっているのが現実である¹⁾。通常の色は色相・彩度・明度によって表わすことができるが、光沢やテクスチャを有する色はこの三属性だけでは完全に記述できない。例えば「金色」は色度的には「黄色」と同じであるが、カテゴリー的には異なる色として認識される²⁾。金や銀等の光沢色は、ローカルな色で全体が決まるのではなく、光沢情報を含むグローバルな表面の光変化によって決定されると考えられる。しかし、光沢色の知覚に必要な画像の光分布条件等のメカニズムについては不明な点が多い。そこで、本研究では金や銀色に見えるオブジェクトをCGで作成し、その表面の物理的パラメータを変化させ、調整法によって黄色と金色、及び白色と銀色の知覚境界を測定し、その結果から光沢色の物理的条件と認識メカニズムを考察した。

2. 実験

2.1 実験原理

黄色(金色)及び白色(銀色)表面の円柱オブジェクトを3次元CGで作成し、その材質係数(拡散反射率、鏡面反射特性)と周辺光強度を各種設定し、黄色と金色、または白色と銀色の切り替わる鏡面反射率を調整法で測定し、各パラメータの関係を考察する。

2.2 実験装置

CGの作成にはグラフィックス・スーパーコンピュータ ONYX (Silicon Graphics社)とOpenGLライブラリを使用した。また、刺激の表示にはキャリブレーション機能付ディスプレイGDM-2000T (SONY)を使用した。モニタ上のガンマは、RGB値と輝度値が線形になるように調整した。被験者とdisplayの距離は68.7cmである。

2.3 刺激と被験者

金紙・銀紙を暗室中において3波長形昼白色蛍光灯で照射し、分光測光器(Spectra Scan PR-650)を用

いて測光し、それによって得られる色度点をCGの材質色に設定した。

Gold (x, y) = (0.460, 0.440)

Silver (x, y) = (0.352, 0.367)

蛍光灯 (x, y) = (0.351, 0.365)

円柱のサイズは次の3種類を用いた。

直径4.6deg. 高さ 5.0deg.

直径4.6deg. 高さ10.0deg.

直径9.2deg. 高さ10.0deg. (主条件)

被験者正面に円柱側面を垂直方向に設置し、照明光を真上(被験者方向)から照らしている照明環境をシミュレートした。被験者として、色覚正常のSN,RY,YSの3名が実験に参加した。

2.4 実験条件

反射光モデルはPhongモデルを用いた³⁾。Lを眼に入る全光量、Ldを拡散光、Lsを鏡面反射光とすると、

$$L = Ld + Ls$$

であり、環境光や透過光(自発光)はないものとした。ここで、LdとLsは

$$Ld = I \cdot d \cdot \cos \theta, \quad Ls = I \cdot s \cdot \cos^n \Phi$$

で定義される。Iは光源強度、dは拡散反射率(diffuse)、 θ は光源方向と物体表面法線のなす角、sは鏡面反射率(specular)、nは鏡面反射係数(shininess)、 Φ は視線方向と光源正反射方向のなす角である。

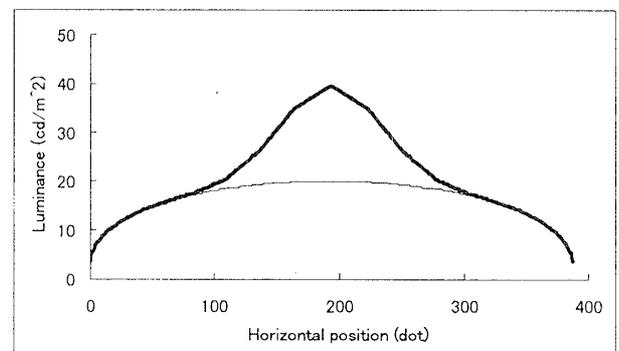


図1 輝度プロファイルの例 (d=0.5, s=0.5, n=30)

図1の例で、太実線がLを表わし、細実線がLd、その差(L-Ld)がLsに相当する。被験者は、光沢色に見える最小のLs(の大きさ)を調節して求める。

各パラメータは以下の通りである。

材質の色 = 黄(金)、白(銀)

拡散反射率 = 0.3, 0.5, 0.7

鏡面反射係数 = 15, 30, 50

周辺光輝度: 0.0, 26.5, 51.0 (cd/m²)の3レベル

円柱のサイズ(3種)

2.5 実験方法

実験開始時に5分間暗順応した後、ランダムな順序である刺激条件の円柱が画面上に表示され、被験者は刺激が黄色と金色または白色と銀色の切り替わる鏡面反射率を調整法によって求める。これを全条件分くり返し、1セッションとし、各被験者で10セッション行なった。

3. 結果と考察

図2は、周辺光がない“金”の場合の3人の被験者の結果を平均したものである。横軸のグループは拡散反射率の違いを表わし、グループ内の3本の棒グラフは鏡面反射係数の異なるデータを示す。縦軸が光沢色知覚に必要な最小鏡面反射光輝度の結果である。

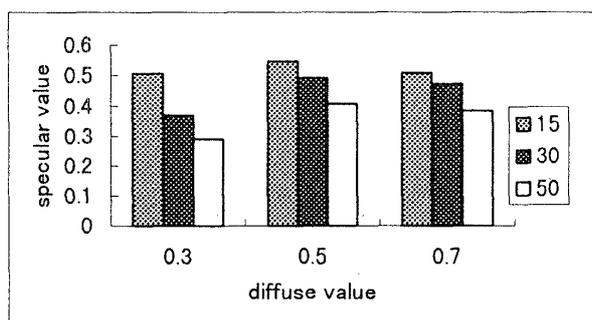


図2 周辺光がない場合の“金色”の実験結果

図2から、鏡面反射係数(shininess)であるnの値によって、光沢色知覚に必要な鏡面反射率(反射輝度)が異なることが分かる。すなわち、鏡面反射係数nが大きい程、少ない鏡面反射率でよいことを示している。鏡面反射率は、鏡面反射光成分のピーク値を決定する。鏡面反射係数nは、cosのベキ数であることから、nが大きいほど鏡面反射光成分は尖る形状を持つ(図1参照)。したがってこの結果は、鏡面反射光成分の尖りが鋭い程、小さいピーク値で光沢色となることを示している。このことは、鏡面反射光成分のエネルギーではなく、(輝度)変化率が光沢色知覚に影響することを示唆している。拡散反射率の影響は、鏡面反射係数によって異なり、n=15の時はほとんど変化がないが、n=30と50の時は拡散反射率の増加(0.3から0.5)に伴い、必要な鏡面反射率が増加する傾向が見られる。

図3は、周辺光の違いを見るために3人の被験者の結果を平均してプロットしたものである。

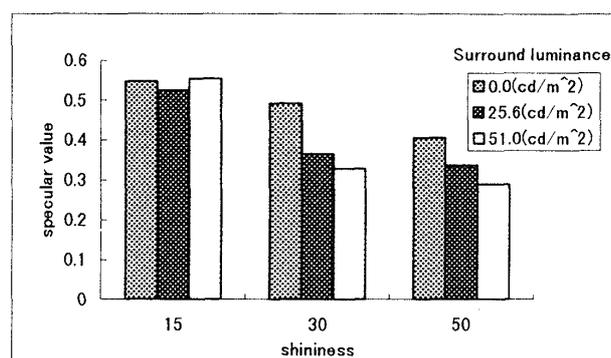


図3 周辺光による必要鏡面反射率の違い

n=15の時の結果は周辺光条件による差は見られないが、n=30と50の時の結果は周辺光の増加に伴い光沢色知覚に必要な鏡面反射率が減少していることを示している。この結果は周辺光による対比効果によって次のように説明できる。暗い周辺光の場合、主に拡散反射光成分が対比の影響を受けるため、相対的に鏡面反射光の効果が増大するが、明るい周辺光では拡散反射光成分と共に鏡面反射光成分も対比の影響を受けるため、鏡面反射光の効果の増大は見られないためと考えられる。

また、金と銀の結果は、傾向はほとんど同じであるが、同じ条件でも銀の方が金よりも大きな鏡面反射率を必要とすることが示された。これは、金に比べて銀の方が光沢感が出にくいことを意味しており、色によってメタリック感を与える鏡面反射率が異なることを示唆している。

4. 結論

リアルタイム3次元CGを用いて、光沢色(金と銀)の知覚に必要な鏡面反射光成分を調べるために、光沢色と非光沢色の境界を画像の輝度分布として求めた。その結果、光沢色の知覚には鏡面反射光成分のピーク値やエネルギーだけではなく、輝度の傾き(gradient)が大きく影響していることを明らかにした。また、周辺光、拡散反射率、サイズも光沢色の知覚に影響することを示した。今後は、より一般的な光沢画像においても検討し、一般的な光沢画像条件とメカニズムの定式化を行なう予定である。

参考文献

- 1) Robert Sève: "Problems Connected with the Concept of Gloss," Color Res. Appl. 18-4, pp.241-252 (1993)
- 2) 富永昌治: "現代色彩語彙の調査と分析" 日本色彩学会誌 15-2, pp.119-126 (1991)
- 3) 江湖俊介 他: "コンピュータグラフィックスによる質感表現の研究", 照明学会誌 79-5, pp.204-211 (1995)