

色知覚に基づいたCRT上での色指定法の検討*

6K-2

伊集院睦雄†

(株)東芝システム・ソフトウェア技術研究所‡

1 はじめに

コンピュータ・グラフィクス等においてCRT上に色を表示する際の指定法には、RGB値による直接指定法や、色相(H)、明度(V)、彩度(S)による指定法がある。しかしながら、システム上においてそれぞれのパラメータが感覚的に等距離にスケールされているわけではないため、同じだけパラメータを変化させても、色が急激に変化する範囲もあれば、ほとんど変化しない範囲もあるという問題が生じる。

ここではHSV指定を仮定した上で、限られた6つの色相のみに関してであるが、その明度と彩度が知覚的に等歩度となるようにシステム上での色指定パラメータを変換するための基礎実験を報告する。このパラメータ変換により、基準となる色からの距離が、明度と彩度に関して知覚的に等間隔となり、パラメータの変化による指定色の予測が容易となることが予想される。また暗室にて得られた結果が、ユーザが日常おこなわれている明室においてどこまで適用可能かの検討を加える。

2 カラー・モデル

本報告では、HSV表色系からRGB表色系(あるいはその逆)への変換に際し、Smithの六角錐モデル^[1]を用いる。各パラメータのレンジは、H[0~360]、S[0~1]、V[0~1]とする。

3 実験1

3.1 目的

暗室(約1lx)条件にて、システム上の6種の色相に関し、各色刺激の持つVとSのパラメータを等間隔で変化させ、それに対するマグニチュード推定法^[2]での被験者の判断を求め、その結果から各パラメータが知覚的に等歩度となるような変換式を求める。

3.2 方法

3.2.1 装置環境

刺激の呈示および実験制御には、SUN SPARC station2を用いる。使用OSはAS/V4.11、ウインドウシステムはX-window/X11R4である。

3.2.2 刺激

刺激は視角約5度の円形の色光。刺激光の色相は、赤、黄、緑、シアン、青、マゼンタの6種類。また白を基準白色光として使用。6色相各々に関し、V値

を1.0に固定し、S値を0.0から1.0まで0.1ステップ刻みで変化させた11色、及びS値を1.0に固定しV値を0.0から1.0まで0.1ステップ刻みで変化させた11色が実験に用いられる。

3.2.3 実験条件および手続き

実験は3フェイズより成る。第1フェイズ-基準白色光の明るさをモデュラスとし、6種の純色(ここでは、 $V=S=1.0$ の色を純色と呼ぶことにする)を比較刺激とした場合の明るさの判断。第2フェイズ-各色相の純色をモデュラスとし、その彩度値を1.0に固定し明度値を0.1ステップで変化させた11色を比較刺激としその相対明度を判断。第3フェイズ-各色相の純色をモデュラスとし、その明度値を1.0に固定し彩度値を0.1ステップで変化させた11色を比較刺激として、その相対彩度を判断。判断にはモデュラスを100とするマグニチュード推定法を用いる。被験者の報告はキーボードを通して行なう。被験者は10名、平均年齢26才。いずれの被験者も色覚異常を認めない。

3.3 結果

彩度値を1.0に固定し明度値を変化させた際の、実際の輝度値の変化は、明度値、輝度値とも対数値に変換することにより、両者の関係が直線で表現できる。また図1には、この輝度変化に対する被験者の見えの明るさ判断の結果を示す。この図では、輝度値のみを対数変換することにより、同様に両者の関係が直線で表現できる。なお、見えの明るさ判断の結果は、全て基準白色光を100とした場合の相対判断値の平均をとってある。

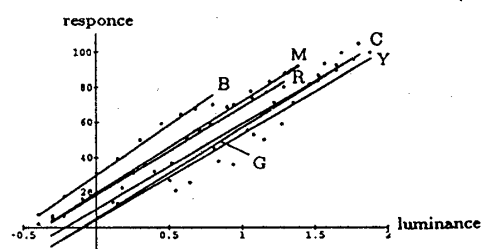


図1: 輝度変化と判断との関係

これらの結果から、明度値と判断結果との間には以下の関係が成り立っていることが分かる。まず、明度値と輝度値の関係、および輝度値と判断結果の関係はそれぞれ

$$\log L = a \log V + b \quad (1)$$

(L: 輝度, V: 明度値)

$$JV^D = c \log L + d \quad (2)$$

(JV^D : 見えの明るさ判断結果)

*Color Selection Method for CRT based on Human Color Perception.

†Mutsuo IJUIN

‡Systems and Software Engineering Lab., Toshiba Corp.

で近似できる。よって最終的に明度値と判断結果との関係は

$$JV^D = ac \log V + bc + d \quad (3)$$

となり、この逆関数

$$V = 10^{\frac{JV^D - bc - d}{ac}} \quad (4)$$

によってシステムの明度に関するスケールが補正される。明度変化の判断結果で重要な点は、図においてどの直線の傾きもほぼ変わらないことであり、このことにより色相が変化しても、輝度値さえ測定しておけばスケール補正が可能となる。

一方、図2に明度値を1.0に固定し彩度値を変化させた際の、被験者の純度判断結果を示す。

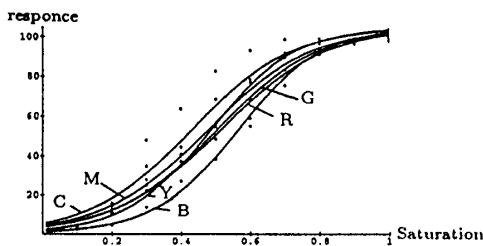


図 2: 彩度変化と判断結果との関係

図から両者の関係はシグモイド型の曲線となるため、ここでは、

$$JS^D = \frac{105}{1 + \exp(-aS + b)} \quad (5)$$

(JS^D : 彩度判断結果)

によって近似する。そしてこの逆関数

$$S = \frac{b - \log_e(\frac{105}{JS^D} - 1)}{a} \quad (6)$$

により、システムの彩度に関するスケールを補正できる。以下の実験2では、この補正式が、明室条件にてどれだけ適用可能かを検討する。

4 実験2

4.1 方法

実験1で求めた補正式を用いて6色相における明度値及び彩度値を設定し、実験室の明るさを約550lxとした点以外は、実験1に準ずる。被験者は10名、平均年齢26才。いずれの被験者も色覚異常を認めない。

4.2 結果

図3に彩度値を1.0に固定し明度値を変化させた際の、被験者の見えの明るさの判断結果を示す。

図は、暗室条件で得られた明度判断の補正式が、そのままの形では明室条件において成り立たないことを示している。しかし一方で図から、青以外の色相が、ほぼ同傾向にあることがわかる。つまりこれら5色相の結果はすべて、明度パラメータ70を境にその前と

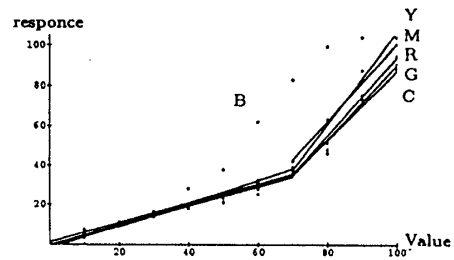


図 3: 明度変化と判断結果との関係

後でそれぞれ傾きの違う2つの直線上にあると見ることが出来る。

次に明度値を1.0に固定し彩度値を変化させた際の、被験者の純度判断結果を図4に示す。この結果は、暗室条件で得られた彩度判断の補正式が、明室条件でも十分利用可能であることを示している。

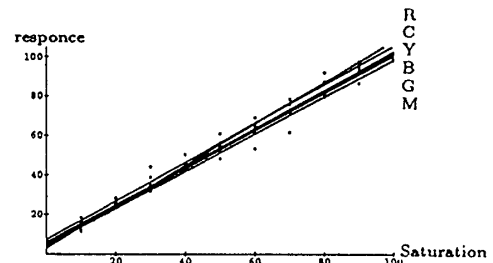


図 4: 彩度変化と判断結果との関係

5 まとめ

実験1において、6つの基本色相に関し、暗室条件においてシステムの明度と彩度の両パラメータをそれぞれ独立に変化させた時、そのスケールが知覚的等歩度となる補正式を求めた。この結果、明度に関しては、どの色相に関しても、その最大輝度もしくは最小輝度さえ測定すれば、明度判断結果の予測式が得られるという結果を得た。一方彩度に関しては、色相毎に多少結果は異なるが、同じシグモイド型の関数で彩度判断の予測が可能となった。

実験2において、明度に関しては、暗室での予測がそのままでは当てはまらないが、青を除けば、色相に関係なく同一の補正を行うことで明室条件でも明度判断結果が予測できることがわかった。また彩度に関しては、ほぼ暗室の結果が明室でも利用可能であるとの結果を得た。今後の課題として、明度と彩度パラメータの交互作用を考えていく必要がある。

参考文献

- [1] Foley, J.D. et al. : *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley, 1983.
- [2] Stevens, S.S. : *On the psychophysical law*, *Psychological Research*, 64, 153-181, 1957.