

光源条件による色の演色性に関する検討 Consideration to Color Rendering Properties on the Effectiveness of Light Source

s06604 黒崎 文夫

指導教員 森 幸男

1. はじめに

家の内外装や家具の配色を決めることをインテリアカラーコーディネーターといい、デジタル画像や3DCGが有用であり、広く用いられている。中でも、例えば、照度を変えたときの部屋の色調の変化をリアルに提示するためには、照度と色合いの関係を定量的に表しておく必要がある。

そこで、本研究では、照度と色合いを、測色をして調べ、その仕組みを定量的に検討し、照度と色合い(階調)の間にフェヒナーの法則[1]に従う性質があることを示した。これによって、非常に簡単な数式で照度と色合いの表すことが可能になった。

2. 測色

照度を変えたときの対象物の色成分変化を実際に調べるために実験を行う。すなわち、色の成分があらかじめ分かっている色見本を用いて、照度を変化させたときに実際にR,G,B成分の階調(256段階)が、どのように変化するかを調べることにした。

実験方法は以下のとおりである。まず、簡易撮影スタジオに色見本を設置して光源をあてる。光源は、表1のように10通りに変えて、デジタルカメラで撮影する。次に、数値解析ソフトのMATLAB[2]を使用して、撮影した画像の色見本の部分を284×284ピクセルに切り取る。最後に、切り取った部分のR,G,B各成分の階調を読み取り、その平均を求める。測色対象として、PCCS(Practical Color Co-ordinate System)[3]色相環を基に作られた色見本のビビットーンの24色を用いる。色相環とは、色を数値的に等歩度に移行するように配列したものである。トーンとは、明度と彩度の複合概念である。これは、同じ色の系列でも、明・暗、強・弱、濃・淡、浅・深などの調子の違いを区別するために用いられている。測色時に使用する光源は国際標準(ISO-CIE標準)[4]の補助標準光であるD₅₅と同等の色温度の蛍光灯を使用し、照度は2000[lx]とした。撮影時のカメラの設定は表2のようにした。これはJIS Z 8723(表面色の視感比較方法)で制定されている条件に合うよう調整したものである。また、デジタルカメラのガンマ補正は、実際の色を正しく補正するためのものなので結果に影響しないと考えた。図1から図6に実験結果を示す。図示した結果の測色対象は、光の3原色に最も近いとされるv3(R),v12(G),v19(B)、色材の3原色に最も近いとされるv8(Y),v16(C),v24(M)である[3]。図1から図6において、縦軸はR,G,Bの階調256段階であり、横軸は照度[lx]を表している。赤線がR階調、緑線がG階調、青線がB階調を表している。

表1 測色の照度(単位[lx])

100	200	300	500	700
1000	1500	2000	2500	3000

表2 カメラの設定条件

項目	条件
シャッター速度	1/45sec
レンズの絞り	F5.6
焦点距離	18mm
ISO感度	100

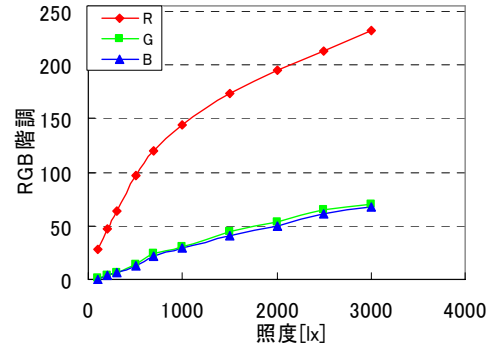


図1 測色した結果(v3)

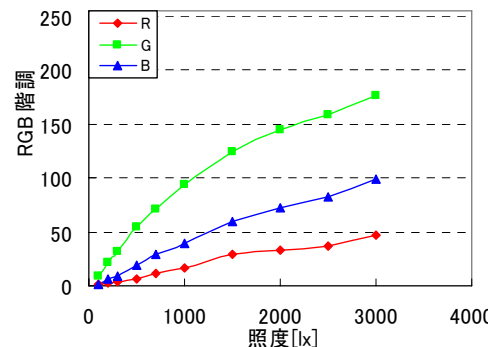


図2 測色した結果(v12)

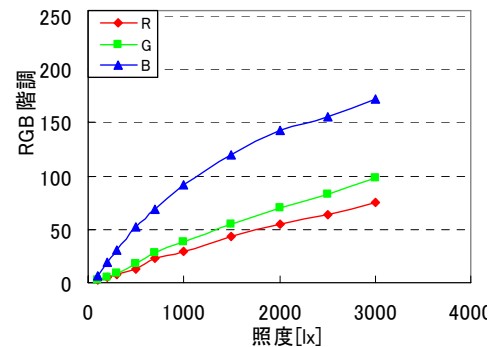


図3 測色した結果(v19)

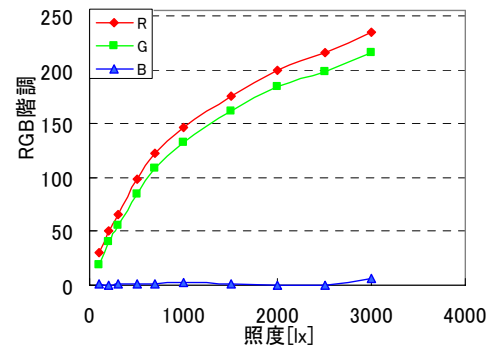


図4 測色した結果(v8)

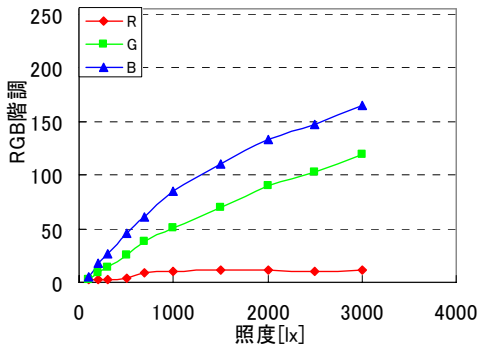


図5 測色した結果(v16)

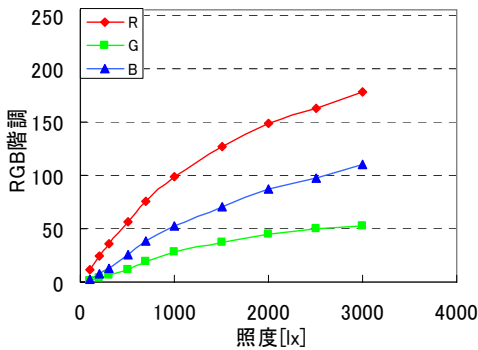


図6 測色した結果(v24)

図1から図6より、照度と階調の間には、非直線の変化が確認できる。測定した24色全てにみられた。これは、フェヒナーの法則[1]に従った変化に酷似している。フェヒナーの法則とは、「感覚量は刺激量の対数に比例する」あるいは、「感覚量が等差級数的に変化するとき、物理量は等比級数的な変化となる」というもので、五感などの感覚において、この関係が成り立つといわれている。数量的には、式(1)のような関係が知られている。

$$S = a \log R + k \dots (1)$$

ここで、 S は感覚量、 R は刺激量、 a 、 k は定数(感覚ごとに異なる値)である。刺激量を照度、感覚量をR,G,Bの階調にあてはめれば、本実験の結果を基にして、両者の関係はフェヒナーの法則で表せ、定式化ができる。そこで、次節で定式化を検討する。

3. 照度と階調の定式化

前節の実験データをフェヒナーの法則で表すために、最小二乗法近似を適用した。一例として、v3の照度と階調の関係を図7に示す。図7の黒実線が近似式で表した階調である。24色、RGB全成分の階調を用いて近似したところ、その係数 a 、係数 k の関係を図示したのが図8である。図8から係数 a 、係数 k の間には強い相関がみられるので、両者の単相関係数 r [5]を求める。 r は式(2)で与えられ、 \bar{a} 、 \bar{k} は a 、 k の平均である。今回の実験からは、 $r=-0.99564$ という高い相関値を得た。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})(k_i - \bar{k})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2 \times \sum_{i=1}^n (k_i - \bar{k})^2}} \dots (2)$$

r から、すべての色の近似式は次式のように表すことができる。ここで b は相似比である。

$$S' = b (a_0 \log R + k_0) \dots (3)$$

今回の例では、係数 $a_0=1$ としたとき $k_0=-4.8$ となった。また b は表3のようになった。

以上のことから、ある色のビビットトーンの番号がわかれば、照

度と階調の関係式を即座に得られることがわかる。これによって、インテリアカラーコーディネート等でのリアルな色調の変化を簡単に提示することが可能になる。

近似をより正確に与えるために、今後、測色の精度を向上させる必要がある。いまのところ、測色装置としてデジタルカメラではなく専用の測色計を用いることを検討している。

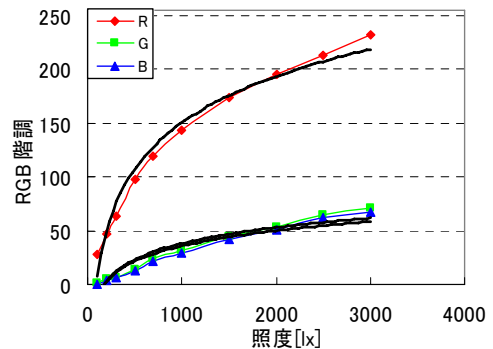


図7 実際に測色した結果の近似式(v3)

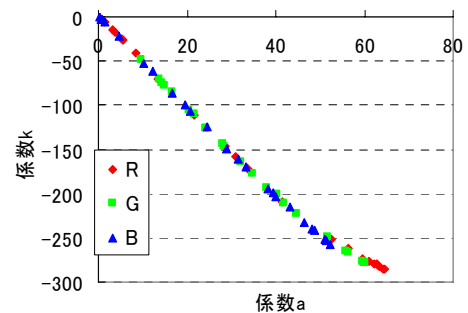


図8 係数 a と係数 k の関係

表3 ビビットトーン番号と係数 b

色番号	R	G	B
v1	56.32	9.696	24.45
v2	61.08	13.85	19.53
v3	62.27	21.48	20.61
v4	63.42	27.96	16.57
v5	63.10	40.23	12.12
v6	64.57	51.72	4.619
v7	64.33	56.43	0.308
v8	62.65	60.23	0.634
v9	59.68	59.47	0.833
v10	52.47	59.72	1.457
v11	30.94	55.70	10.12
v12	13.47	51.58	28.95
v13	3.764	44.57	31.49
v14	1.527	41.70	39.50
v15	5.619	38.04	43.13
v16	3.337	34.79	48.72
v17	5.319	32.02	51.06
v18	8.336	24.24	52.26
v19	21.61	28.40	51.33
v20	28.51	24.20	48.09
v21	33.57	20.38	46.45
v22	34.53	14.43	39.99
v23	41.46	15.01	38.30
v24	51.72	16.73	33.26

文献

- [1] 千々岩英彰, “色彩学,” 福村出版, 第2章, 2-3節, pp.67-71, Sep. 1983.
- [2] Mathworks社, <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- [3] 日本色研事業株式会社, <http://www.sikiken.co.jp/home.html>
- [4] 日本規格協会, <http://www.jsa.or.jp/>
- [5] 菅 民郎, “パソコン統計処理,” 技術評論社, 6.2章, pp.171-181, May 1990.