

間の物体色が一致するように、乗法的補正を行った値を示す。表1と2から、次のことが言える。

(1) 蛍光条件等色対AとBは、CIEの $M_{I_{vis}}$ 用条件等色対と比べ、照明光が標準の光 D_{65} と異なると色差が大きくなる。

(2) 色票対BとCは、CIEの $M_{I_{uv}}$ 用条件等色対より、照明光間の紫外成分の差異の検出には感度がない。この場合には、色票AとBが適している。

(3) 色票対AとCは、CIEの色票対よりも、視野角の10度から2度への変化に対して、よく安定している。

上述した結果と、観測者変動に対する幾つかの補足計算より、今回開発した3条件等色対は、観測者の個人差にあまり影響を受けないため、 D_{65} 常用光源の性能評価に有効であることが分かった。

またこのサンプルを使って評価した結果、前回報告した蛍光ランプによる D_{65} 常用光源は、標準の光 D_{65} の常用光源として理想的な特性をもつことも証明された。

参考文献

- 1) L. Mori, J. Akiyama, and T. Ichijo : Proc. 20 th Sess. CIE 1983, D111.
- 2) Publication CIE No.51 (1981).
- 3) F. W. Billmeyer, Jr. and T. F. Chong : Proc. 19 th Sess. CIE 1979, P-79-28, p167.
- 4) E. Allen : Appl. Opt. 12 (1973) 289.
- 5) H. Minato, M. Nanjo, and Y. Nayatani : Color Res. Appl. 10 (1985) 84.

色差の評価

Evaluation of Color Difference

小松原仁*

Hitoshi Komatsubara

1. はじめに

物体色の色知覚を定量的に扱う方法として CIE1931 表色系あるいは CIE1964 表色系が広く利用されている。しかし、これらの表色系では、2色の色が等色しているかどうかを評価することに利用できても、2色が等色でない場合、色差がどの程度であるかを評価するには不十分である。そこで、2色の色差がどの程度であるかを評価するために CIE では、CIELAB および CIELUV と呼ばれる均等色空間および色差式を推奨している。しかし、これらの色差式により評価した結果が、かならずしも人が感じる色差感覚と対応しないことがあり問題となっている。そこで、CIE では色差研究のためのガイドライン¹⁾を提案し、国際協力研究を進めている。

本研究は、CIE のガイドラインが、物体色を用いる実験の際の色として提案している色を用い、色差式から予測される色差値と人の感じる色差感覚との対応について、分量評定法による色差評価実験をおこない、人によって知覚される色差 (PCD : perceived color-difference) と色差式から予測される色差値 (CCD : colorimetric color-difference) との対応関係について検討したものである。

* 財団法人日本色彩研究所

2. 実験に用いた色票

CIE ガイドラインで提案されている赤 (6R4.8/8.9)、黄 (10Y8.4/6.0)、緑 (4BG5.3/6.5)、青 (7P B3.3/8.0) の4色を中心色に選定し、それぞれの中心色に対して色相、明度および彩度の各色差成分の一つが単独に変化する周辺色を作成した。(図1参照)そして、中心色に対して同一の色差成分を有する色どうしを組合せて色差値が0~10までに分布するような色差対を作成し実験に用いた。

実験に用いた色差対の寸法および背景は、図2のとおりである。実験は、晴天時に北窓昼光(実験時の平均照度 1200 lx, 平均色温度 6500K)のもとでおこない、観測者は、色覚正常者2名である。

3. 実験方法

色差の評価は、図2に示すように標準色差対と試験色差対とを灰色背景(N7)の上に並べ、明度だけが異なるように組合わされた標準色差対の知覚される色差(PCD)に対して、色相あるいは明度又は彩度だけが異なるように組合わされた試験色差対の色差がどの程度に知覚されるかを、S. S. Stevens が提案した分量評定法により、標準色差対の色差(PCD)を基準とした比率として判定した。

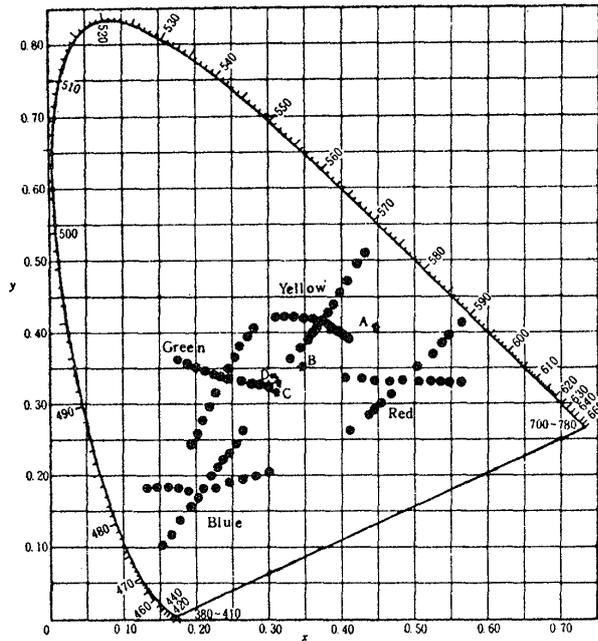


Fig. 1 Chromaticity diagrams for samples; show the each samples in the CIE chromaticity diagram corresponding to five times scale from central samples.

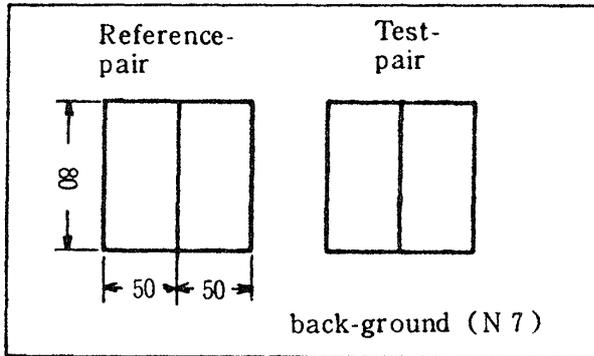


Fig. 2 Color-difference pair

標準色差対および試験色差対を分光光度計（日立製M307）で測定し、(1)式によって試験色差対のPCDを計算し、試験色差対の色差（CCD）との相関関係を検討した。検討に用いた色差式は、CIELAB, CIELUV, Hunter-LAB, ANLAB40, および JCRI-LAB の5種類である。

$$\Delta E_{pcd} = P_i \times \Delta E_{ref} \quad (1)$$

ただし、 P_i ：標準色差対に対する試験色差対の知覚される色差の比率。

E_{ref} ：測色によって求められた標準色差対の色差。

4. 結果と考察

主観的な評価によって得られた色差の比率から(1)式によって求めたPCDと5種類の色差式によって計算したCCDとの関係を、相関係数および回帰式で示すと表1、表2および図3～図5のようになる。この結果からPCDとCCDとの関係を検討すると次のようなこと

Table. 1 Correlation coefficient between the colorimetric and perceived color-difference

| Color Difference Equation | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hue series | 0.946 | 0.919 | 0.896 | 0.947 | 0.952 |
| Value series | 0.909 | 0.884 | 0.854 | 0.908 | 0.911 |
| Chroma series | 0.883 | 0.946 | 0.723 | 0.896 | 0.919 |

Color Difference Equation (1) $L^*a^*b^*$
 (2) $L^*u^*v^*$
 (3) $L a b$
 (4) $V_xV_yV_z$
 (5) L^*a^*b'

Table. 2 Slope of regression line; between the colorimetric and perceived color-difference

| Color Difference Equation | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| Hue series | 0.56 | 0.46 | 0.75 | 0.57 | 0.59 |
| Value series | 0.74 | 0.68 | 0.64 | 0.73 | 0.75 |
| Chroma series | 0.38 | 0.36 | 0.37 | 0.39 | 0.44 |

Color Difference Equation (1) $L^*a^*b^*$
 (2) $L^*u^*v^*$
 (3) $L a b$
 (4) $V_xV_yV_z$
 (5) L^*a^*b'

Table. 3 Value difference versus Hue and Chroma difference : Value difference=1.0

| Color Deviation | Color Difference Equation | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-----------------|---------------------------|------|------|------|------|------|
| Hue | Komatubara | 0.76 | 0.68 | 1.17 | 0.78 | 0.79 |
| Chroma | Komatubara | 0.52 | 0.53 | 0.58 | 0.53 | 0.59 |

Color Difference Equation (1) $L^*a^*b^*$
 (2) $L^*u^*v^*$
 (3) Lab
 (4) $V_xV_yV_z$
 (5) L^*a^*b'

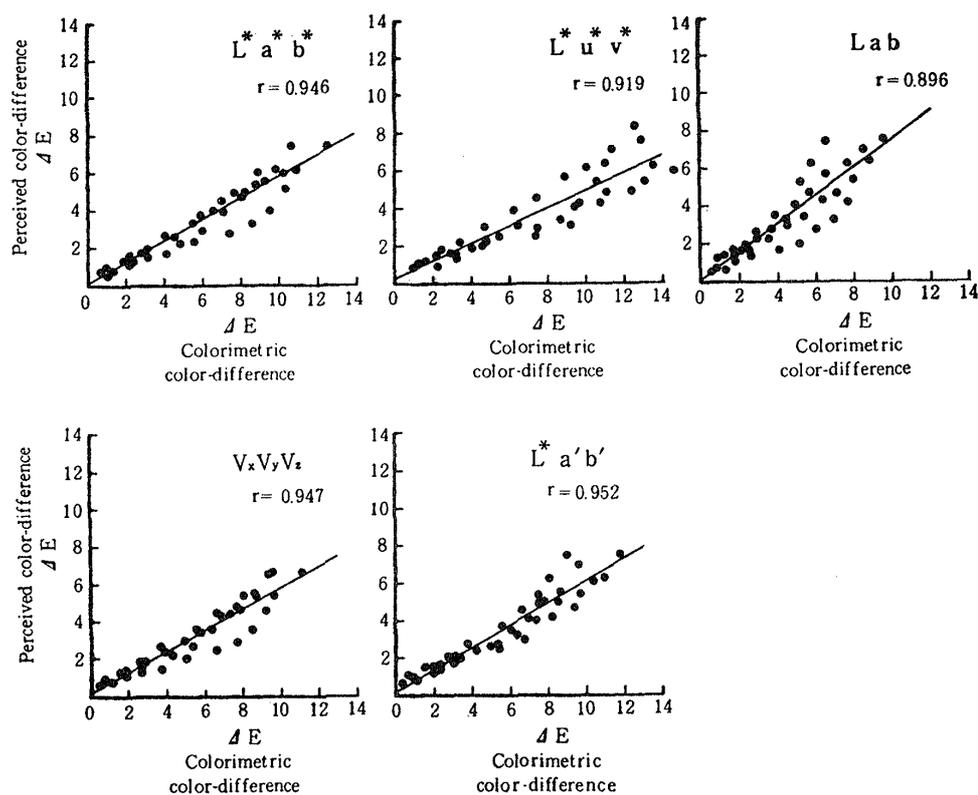


Fig. 3 Relationships between the perceived color-difference and colorimetric color-difference for hue deviation : used referencer pairs of color-difference composed value-difference.

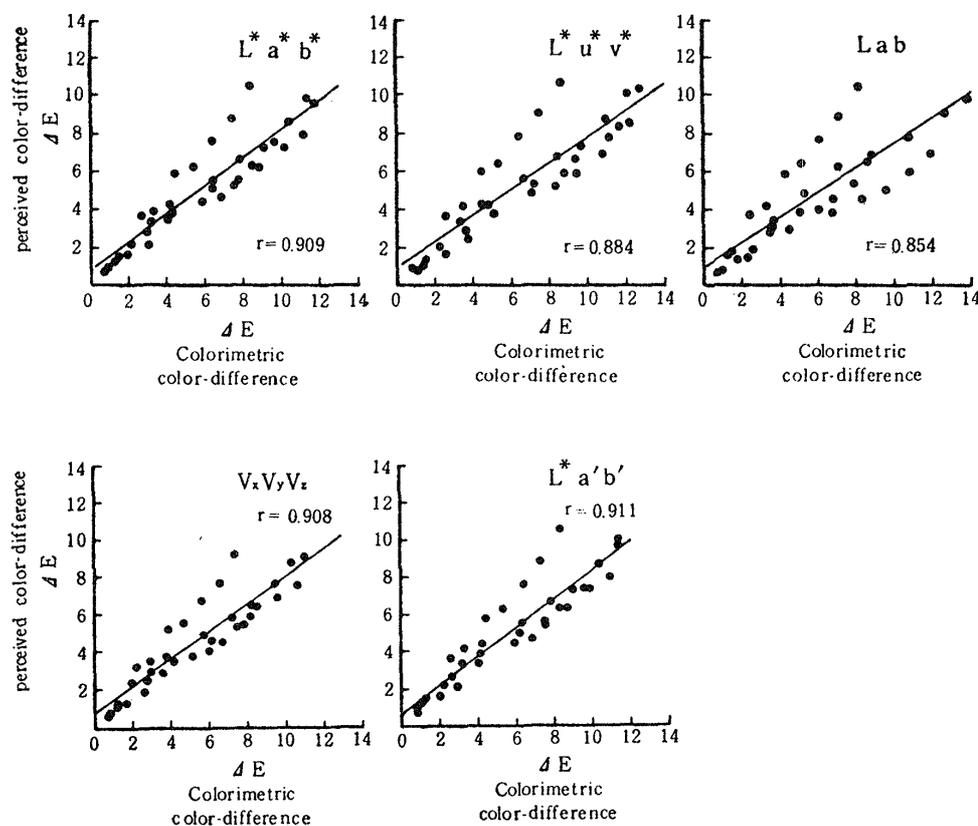


Fig. 4 Relationships between the perceived color-difference and colorimetric color-difference for value deviation : used reference pairs of color-difference composed value-difference

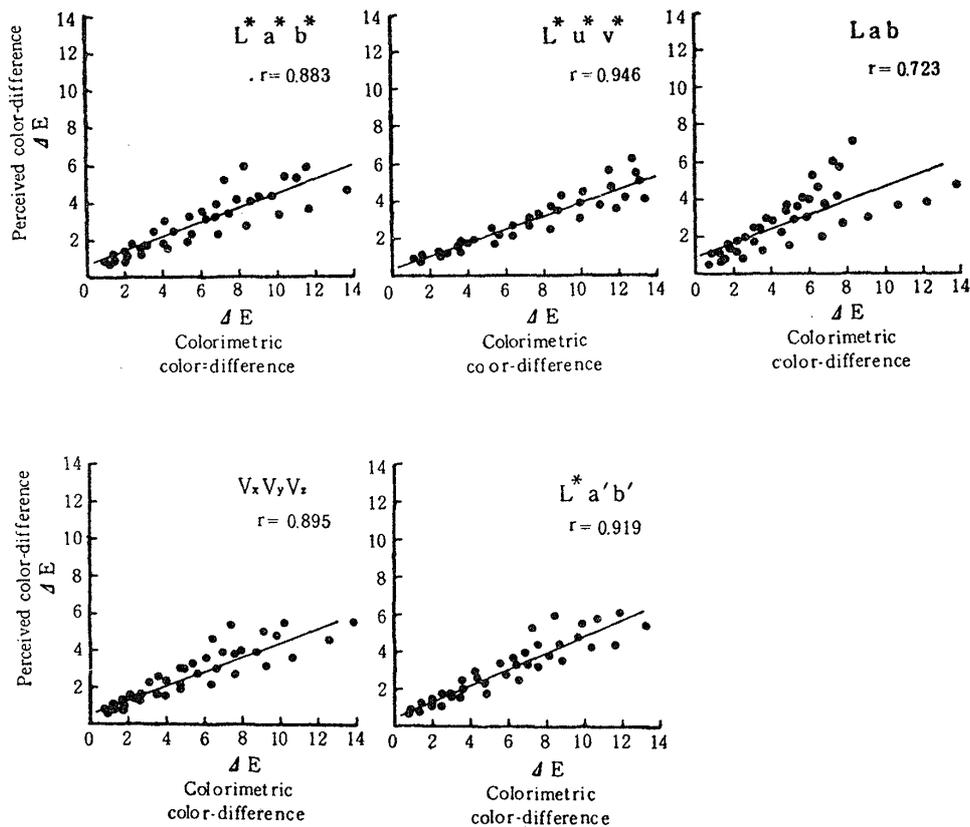


Fig. 5 Relationships between the perceived color-difference and colorimetric color-difference for chroma deviation : used reference pairs of color-difference composed value-difference

がいろいろ。

(1) PCD と CCD との相関係数は、色差成分に関係なく高い値となっている。しかし、Hunter-LAB の場合、彩度差によって構成されている色差対の相関係数が 0.72 と低くなっている。この結果は、Hunter-LAB 空間の b 軸方向の歪みによるものと推定される。

(2) 回帰式の傾きは、標準色差対が明度差だけで構成されていることから、明度差に対して色相差あるいは彩度差がどのように知覚されているかを示していると推定される。表 2 から、明度差は、彩度差に比して 1.5~2 倍程度大きく知覚されることがわかる。この知覚される色差の大小関係が、従来から問題とされている PCD と CCD との間の不一致性の一因と考えられる。

(3) 明度差の回帰式の傾きを 1 とし、色相差および彩度差の傾きの比率を求めると表のようになる。

2 色の色差を計算によって求める際に、色差をメトリック量で分解し、色相差、明度差および彩度差の色差成分別に表現することができると、表 3 の係数と組合せて (2) 式のように色差を評価することによって、色差成分による PCD の変化を補正することができる。

$$\Delta E' = ((h \times \Delta E_h)^2 + (\Delta E_v)^2 + (c \times \Delta E_c)^2)^{1/2}$$

ただし、 ΔE_h : メトリック色相差

ΔE_v : メトリック明度差

ΔE_c : メトリック彩度差

h, c : 表 3 の明度差に対する係数

参考文献

- Guidelines for Coordinated Research on Colour Difference Evaluation : Prepared by the Colour Difference Subcommittee of CIE.