

色知覚におけるChromatic Strength (CS) の重要性 —CS関数による均等色空間から色見え空間への変換—

Importance of Chromatic Strength (CS) Concept on the Transformation from Uniform Color Space (UCS) to Color-Appearance Space (CAS).

酒井 英樹 Hideki Sakai

大阪市立大学大学院生活科学研究科
Osaka City University

納谷 嘉信 Yoshinobu Nayatani

大阪電気通信大学名誉教授
Osaka Electro-Communication University

キーワード：色彩強度, 知覚明度, 均等色空間,
色見え

Keywords: chromatic strength, perceived lightness,
uniform color space, color-appearance

1. はじめに

よい変換式を用いることで等色関数(三刺激値)から, CIELAB, CIELUV などの優れた均等色空間を導くことができる。しかし, 等色関数には, 色見えに関する情報は含まれていないため, 均等色空間から, 色見え属性を求めるには, 別途, 知覚明度, クロマ, 色相など, 色見えに関する情報を取り入れることが必要である[1]。ここで, 従来, 明度, クロマ, 色相について, 理論的または経験的に求めた異なる補正方法を用いてきたが, 本報では, 共通の Chromatic Strength (CS) 関数[2,3]を用いて, 色見え空間の3属性を求めることができる可能性を示す。この事実, 色知覚における CS の重要性を示すものである。

2. メトリック明度と知覚明度の変換

等色関数から直接導かれるメトリック明度(L^*)には, クロマ成分の明るさへの寄与である Helmholtz-Kohlrausch (H-K) 効果が考慮されていない。よって, メトリック明度が一定であっても, クロマや色相が異なれば, 知覚明度は一定にはならない。そこで, これまでは, 非線形色知覚モデルから導出された理論式[4]を用いて H-K 効果を予測し, 知覚明度を求めてきた。本報では, これを CS 関数[2,3]を使って, より簡便に導出する方法を提案する。

以下, 色見え空間として, Nayatani[2,5]によって提案された Nayatani-Theoretical (NT) 表色系を用いて議論を進める。NT 表色系は, 図1に示すように, 明度軸として白み・黒み軸を採用しており, 明度軸が知覚明度に相関する (NT 表色系の詳しい説明は, 文献 2,5 を参照のこと)。

なお, メトリック明度として, 簡単のため Munsell 明度 V を用いる。

まず, 無彩色について, NT 表色系では, Munsell 明度 $V=10$ の純粋な白が, whiteness $w=10$ に, 明度 $V=0$ の純粋な黒が, blackness $bk=10$ となり, 中間灰色 $V=5.5$ で, $w=bk=0$ となる。

よって, NT 系の明度軸上の任意の無彩色 (w, bk) の Munsell 明度 V_N は,

$$V_N(w) = 0.450 \cdot w + 5.50, \quad \text{for } 0 \leq w \leq 10 \quad (1)$$

$$V_N(bk) = -0.550 \cdot bk + 5.50, \quad \text{for } 0 \leq bk \leq 10 \quad (2)$$

となる。このように, 無彩色は CS を持たないので, 知覚明度とメトリック明度を直接変換することができる。

つぎに, 有彩色 (whiteness w , blackness bk , chroma C ; hue H) については, CS 関数 $CS(H)$ を使って, つぎの2段階で変換する。

手順1) クロマ 10 の有彩色 ($w=bk=0, C=10; H$) の Munsell 明度 $V(H)$ を次式で計算する。

$$V(w=bk=0, C=10; H) = 5.50 \cdot \{CS(H=5G)/CS(H)\} \quad (3)$$

手順2) 任意の有彩色 ($w, bk, C; H$) の Munsell 明度 $V(H)$ を次式で計算する。

$$V(w, bk, C; H) = V_N(w, bk) + \{V(w=bk=0, C=10; H) - 5.50\} (C/10) \quad (4)$$

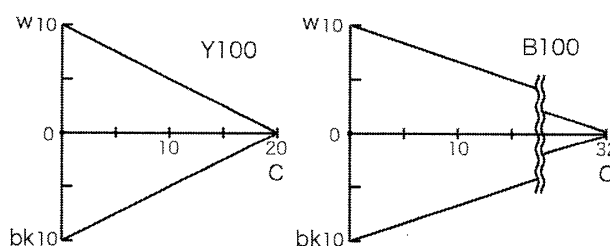


図1 NT 表色系の等色相面 (色相 Y および B)

これらの式を用いることで、任意の有彩色について、従来、非線形色知覚モデルから導出された理論式[4]を用いて行っていた知覚明度とメトリック明度間の変換が、CS 関数だけを使って簡易に行えるようになる。

代表的な CS 関数として、K.Ikeda[3]によって提案された $CS(k_1, k_2; H)$ を用いて[注 1]、上式で求めた等知覚明度となるクロマ $C=10$ の有彩色 ($w=bk=0, C=10; H$) の Munsell 明度 $V(H)$ を表 1 に示す。求められて結果は、従来の方法で求めた $V(H)$ とよく一致しており、上式を用いることで、CS 関数だけから簡便に知覚明度とメトリック明度間の変換をできるようになった。

3. クロマ、色相における CS 関数

クロマ、色相における CS 関数の利用については、既報の通りである[2,6]。CS 関数によって、色相ごとに異なる最大クロマ値の予測[2]や、メトリッククロマから知覚クロマへの変換[6]、メトリック色相角から知覚色相への変換[6]を行うことができる。知覚クロマ C とメトリッククロマ C^* との間には、

$$C = k_c \cdot CS(H) \cdot C^* \quad (5)$$

が成り立つ[2,3]。 k_c は用いる知覚クロマ、メトリッククロマ間のスケールによって決まる定数係数である。

知覚色相とメトリック色相角の間には、

$$\Delta \theta(H) = k_H \cdot \{CS(H)\}^2 \cdot \Delta H \quad (6)$$

が成り立つ (文献 6 の(6)式)。ここで、 $\Delta \theta(H)$ は均等色空間におけるメトリック色相角、 ΔH は、色の見え空間における色相間隔、 k_H は色相スケールによって決まる定数係数である。

4. まとめ

本報では、CS 関数のみを使う知覚明度とメトリック明度間の変換式を与えた。これにより、明度、クロマ、色相の 3 属性すべてが CS 関数で変換できるようになった。現状では、CS 関数は複数存在するが、これは、本来 1 つであるべき均等色空間、色の見え空間も複数存在することに由来すると考えられる。将来、理想的な均等色空間、理想的な色の見え空間ができれば、1 つの CS 関数で、3 属性を関連づけることができると考えられる。反対に、CS 関数の観点から理想的な色空間を探索・評価することができる可能性もある。

表 1 $CS(k_1, k_2; H)$ および等知覚明度となる $V(H)$

Munsell H	NT Hue	$CS(k_1, k_2; H)$	$V(H)$
5R	R100	1.526	4.6
10R	Y25-R75	1.373	5.2
5YR	Y50-R50	1.205	5.9
10YR	Y75-R25	1.073	6.6
5Y	Y100	1.000	7.1
10Y	G25-Y75	0.985	7.2
5GY	G50-Y50	1.026	6.9
10GY	G75-Y25	1.172	6.0
5G	G100	1.287	5.5
10G	B25-G75	1.329	5.3
5BG	B50-G50	1.388	5.1
10BG	B75-G25	1.482	4.8
5B	B100	1.623	4.4
5PB	R25-B75	1.811	3.9
5P	R50-B50	1.808	3.9
5RP	R75-B25	1.714	4.1

[注 1] $CS(k_1, k_2; H)$ は、マンセル等クロマ軌跡を同心円状に変換する際に K.Ikeda[3]によって導出された CS 関数である。CS 関数には、他にも Nayatani[2]が導出した $CS(q; H)$ など複数あるが、導出概念の明快さから、本報では、 $CS(k_1, k_2; H)$ を採用する。

参考文献

- [1] Y.Nayatani, H.Sakai, Proposal of a New Concept for Color-Appearance Modeling. Color Res Appl 32(2007)113-120.
- [2] Y.Nayatani, Proposal of an Opponent-Colors System Based on Color-Appearance and Color-Vision studies. Color Res Appl 29(2004)135-150.
- [3] K.Ikeda, Non-linear uniform colour space considering non-linearity and non-symmetry in opponent colour response mechanisms. Light Vis Env 25, No.2(2001)51-63.
- [4] Y.Nayatani, Simple estimation methods for the Helmholtz-Kohlrausch effect. Color Res Appl 22(1997)385-401.
- [5] Y.Nayatani, Why Two Kinds of Color Order Systems Are Necessary? Color Res Appl 30(2005)295-303.
- [6] Y.Nayatani, Differences in attributes between color difference and color appearance (chroma and hue) for near-neutral colors. Color Res Appl 30(2005)42-52.