

NCSに距離の概念を導入する試み

An Introduction of Distance between Color Specification Values of NCS

小林 光夫
吉識香代子

Mituo Kobayasi
Kayoko Yosiki

電気通信大学情報通信工学科
電気通信大学情報通信工学科

The Univ. of Electro-Communications
The Univ. of Electro-Communications

キーワード: NCS, 色差, 距離, 色相差, ニュアンス差, 等歩度色相環

keywords: NCS, color difference, distance, hue difference, nuance difference, uniform hue circle

1 はじめに

色知覚に関する心理評定に基づき作られたNCS[1]は, 色相とニュアンスという色属性をもち, ゲシュタルトとしての色彩の定量的表現が可能な唯一の表色系である。それゆえ, 配色の理論・実践に有用である[2など]。

NCSには, 色の遠近あるいは色差を表す概念がない。色差に似た概念として, 隣接色の境界の明瞭度を表す“distinctness of border”という概念はある[3]。

本稿では, NCSの構造から数学的に自然に導かれる色の“距離”を導入する。この距離はNCS的な心理量としての色差の意味をもつが, 均等色空間における色差との混同を避けるため, ここでは“距離”と呼ぶことにする。NCSに色差の概念が導入できれば, 理論面・実践面でのNCSの利用範囲を広げることになる。

2 距離概念の提案

NCSのニュアンスは, 白み w , 黒み s , 色み c の三つ組で表され, $w+s+c=100$ の関係がある。NCSの色空間は, ふつう, ニュアンスを重心座標 (w, s, c) で表した色三角形(color triangle)と, 色み c と色相 ϕ の関係を極座標 (c, ϕ) で表した色円(color circle)で表現される。そこでまず, 色三角形および色円という2次元平面上で色の距離を考え, そのあとで3次元のNCS色空間上の距離に拡張する。

距離概念構築の考え方は次のとおりである。

(1) 色三角形上の距離

あるニュアンス $n_1 = (w_1, s_1, c_1)$ からもう一つのニュアンス $n_2 = (w_2, s_2, c_2)$ まで, w, s, c のどれか一つは固定し, 他を変化させることを繰り返して移るときの w, s, c の変化量の和の最小値を“距離”とする。これは, じつは, w, s, c の変化量のうち最大のものに等しくなる(証明略)：

$$\Delta_n = \max(|\Delta w|, |\Delta s|, |\Delta c|). \quad (1)$$

(2) 色円上の距離

色円上の距離を考える上では, まず色相の等歩度性が前提となる。NCSでは, 隣り合う基本色相間(YR, RB, BG, GY間)では等歩度性が成り立つものの, 色相環全体では等歩度性はない。以下では, NCS色相 ϕ から等歩度色相 θ への変換ができたものとして, 色円上の距離を定義する。

ある点 $x_1(c_1, \theta_1)$ からもう一つの点 $x_2(c_2, \theta_2)$ へ移るときに, c か θ のどちらかを固定し, 他を変化させることを繰り返して移るときの変化量の和の最小値を距離とする。この距離は次のように表せる：

$$\begin{aligned} \Delta_{ch} &= |\Delta c| + \Delta_h, \\ \Delta_h &= (2/\pi) \min(c_1, c_2) |\Delta \theta|, \\ \Delta \theta &= \text{点 } x_1 \text{ と点 } x_2 \text{ が原点を挟む角.} \end{aligned} \quad (2)$$

Δ_h はいわゆる“色相差”である。

(3) NCSの2色間の距離

ニュアンス差 Δ_n と色相差 Δ_h の和として定義できる：

$$\Delta_{NCS} = \Delta_n + \Delta_h. \quad (3)$$

上記の諸距離は, いずれも数学的な距離の公理を満たす(証明略)。

3 修正NCS色相

NCS色相を等歩度性をもたせるように修正する。ただし, 隣り合う基本色相間の等歩度性は原NCSの等歩度性を保つものとする。

さて, 文献[2]の図20には, NCS色相環上で相互に心理(残像)補色となる色相対が示されている(図1)。OR間の色の補色はBTに, MV間の色の補色はGYに対応する。O, M, V, Tのおよその色相は図1の通りである。中心Cはおよそ $c \approx 20$, $\phi \approx R75B$ とされる。

NCSの色相環上の基本4色相(Y, R, B, G)の位置をずらして, 図1の補色対の関係を保存したまま, 心理補色を原点に対して対象の位置におくことを考える(図2)。このとき, 修正された色相環の色相角 θ と, もと

の NCS 色相 ϕ との関係は、次で与えられる。ただし、 ϕ は 100~500 の値をとる数値表現 [1] である。

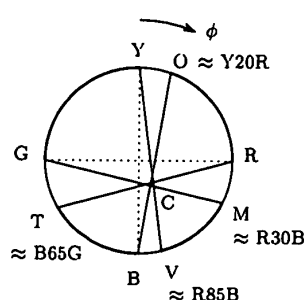
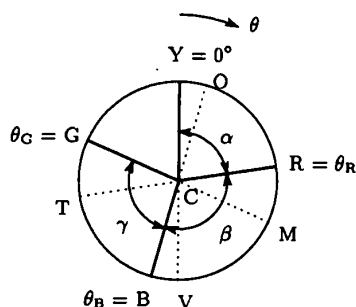


図 1: 補色対の位置

図 2: 修正 NCS 色相 θ

$$\theta = \begin{cases} \frac{\phi - 100}{100} \times \theta_R, & 100 \leq \phi < 200 \\ & (YR \text{ 間}) \\ \frac{\phi - 200}{100} \times (\theta_B - \theta_R) + \theta_R, & 200 \leq \phi < 300 \\ & (RB \text{ 間}) \\ \frac{\phi - 300}{100} \times (\theta_G - \theta_B) + \theta_B, & 300 \leq \phi < 400 \\ & (BG \text{ 間}) \\ \frac{\phi - 400}{100} \times (2\pi - \theta_G) + \theta_G, & 400 \leq \phi < 500 \\ & (GY \text{ 間}) \end{cases} \quad (4)$$

こうして得られた修正色相環上の O, M, V, T の NCS 色相は、じつは図 1 に示した値とは一致せず小さいが誤差が生じる。 $\alpha = \theta_R$, $\beta = \theta_B - \theta_R$, $\gamma = \theta_G - \theta_B$ とおき、 α, β, γ をパラメタとして上述の誤差を最小化する最小二乗問題を考え、これを解くと、 $\alpha = 1.431 = 82^\circ$, $\beta = 2.005 = 115^\circ$, $\gamma = 1.741 = 100^\circ$ が得られた。これから $\theta_R, \theta_B, \theta_G$ を求めると $\theta_R = 82.0^\circ$, $\theta_B = 196.9^\circ$, $\theta_G = 296.7^\circ$ が得られる。このとき、O, M, V, T の NCS 色相は、それぞれ Y20.5R, R30.1B, R85.4B, B65.3G である。

得られた修正 NCS 色相 θ と、いくつかの表色系の色相との対応を調べてみた。図 3 は、Munsell 表色系の $V = 5, C = 10$ の色相 H と θ との関係である。図で見る限り、5G~5BG にかけて若干ずれがあるものの、 θ と H はほぼ一次関係を示す。すなわち、我々の考えた修正 NCS 色相は、Munsell 色相と同程度の等歩度性をもつことを示している。

表 1 に、4 種類の表色系の色相を修正 NCS 色相の一次式で近似したときの誤差を rms で示した。

表色系	Munsell	PCCS	CIELAB	CIELUV
rms (単位: $^\circ$)	5.785	9.060	9.379	11.419

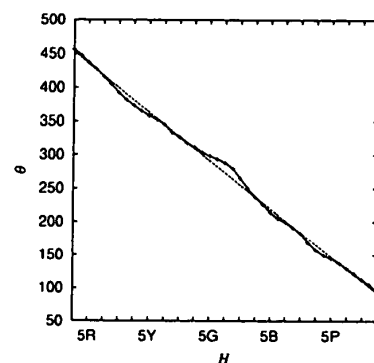
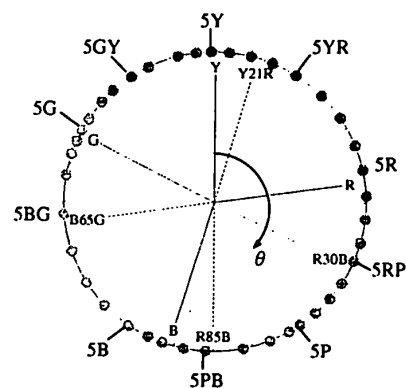


図 3: 修正 NCS 色相とマンセル色相の関係

こうして得られた修正 NCS 色相が Munsell 色相に近いことから、念のため式 (4) による変換後の θ が Munsell 色相に最も近くなるように $\theta_R, \theta_B, \theta_G$ を求める最小二乗近似問題を考え、Munsell 値 $V = 5, C = 10$ の 40 色相のデータを用いて解いた。その結果、 $\theta_R = 73.8^\circ$, $\theta_B = 195.2^\circ$, $\theta_G = 280.4^\circ$ が得られた。残差 (rms) は 3.26 であった。また、O, M, V, T はそれぞれおよそ Y20R, R22B, R88B, B70G となった。この結果は図 1 をよく近似しているとみてよいであろう。

以上、二通りの方法で、NCS 色相から等歩度性をもつ修正 NCS 色相を得ることができた。

4 おわりに

NCS における距離概念の構築法の概要と、とくに等歩度性をもつ修正 NCS 色相を得る方法を述べた。導入した距離の数学的性質や、他の色空間における色差との関連などを調べるのが、今後の課題である。

参考文献

- [1] Swedish standard SS 01 91 00E, 1990.
- [2] A.Hård and L.Sivik: A theory of colors in combination - a descriptive model related to the NCS color-order system, *Color Res.Appl.*, **26**, pp. 4-28 (2001).
- [3] A.Hård and L.Sivik: Distinctness of border: An alternative concept for a uniform color space, *Color Res.Appl.*, **11**, pp. 169-175 (1986).