

Nayatani-Theoretical (NT) 表色系の開発 :

色彩強度に基づく NT 色相の決定

The Nayatani-Theoretical (NT) color order system: NT hue determination based on chromatic strength of hues

酒井英樹 Hideki Sakai

大阪市立大学

Osaka City University

Keywords: NT 表色系, 均等色空間, 色彩強度, 心理原色.

1. はじめに

Nayatani-Theoretical (NT) 表色系の開発[1]の一環として, NT 色相を決定する。納谷によって2003年にその原型が提案されたNT表色系は, Natural Color System (NCS) と同じく, 反対色説に基づいた表色系であるが, これまでは分かりやすさを優先して, 暫定的に, マンセル色相の 5R, 5Y, 5G, 5B をそれぞれ NT 色相の原色赤 R100, 黄 Y100, 緑 G100, 青 B100 に対応させ, さらに, 原色間の色相分割間隔も, 例えば, R50-Y50 を, マンセル色相の 5YR とするなど, マンセル色相間隔をそのまま使用していた[2,3]。しかし, 例えば, マンセル色相の 5B は, 心理原色の青ではないなど, NT 表色系が目指す色見え空間としては不十分であった。

そこで, 本研究では, 近年のユニーク色相の実験報告などを参考にして[4,5], NT 色相の原色の設定を見直し, 色相分割についても, NT 表色系の本来の提案通りに, 色彩強度 (Chromatic Strength, CS) 関数に基づいたものに変更し, 新たな NT 色相として提案する。

2. NT 表色系の特徴

NT 表色系は, 色見え空間 (Color Appearance Space) の記述を目指しており[6], 物体色の見えを [白み w , 黒み bk , 灰み gr , クロマ C_{NT} , 色相 H_{NT}] で表示する。その特徴として, メトリック量 [明度 L^* , クロマ C^* , 色相角 h] で記述される均等色空間 (Uniform Color Space) との間に, 理論的に導かれた変換式が存在することが挙げられる[1-3,7]。

色彩強度関数を $CS(h)$ として, k_C , k_H , k_L を, NT 色属性とメトリック量のスケールの違いを補正する係数 (定数) とすると, クロマについての変換式は,

$$C_{NT} = k_C \cdot CS(h) \cdot C^*, \quad (1)$$

と提案されている。色相については, メトリック色相角の間隔を Δh , NT 色相間隔を ΔH_{NT} として,

$$\Delta H_{NT} = k_H \cdot \{1/CS(h)\}^2 \cdot \Delta h, \quad (2)$$

という式が, また, 明度と白み, 黒みとの変換については, 白みと黒みが等分となる中間の灰色 (NT 表色系の参照灰色[2,3]) のメトリック明度が完全白と完全黒の中間値 (白の $L^*=100$, 黒の $L^*=0$ として, 参照灰色の $L^*=50$) となるように補正した明度スケール L^*_{cr} を使って,

$$w \text{ or } bk = (1/5) \cdot (k_L \cdot CS(h) \cdot L^*_{cr} - 50), \quad (3)$$

という式が, それぞれ提案されている。ただし, (3) 式の係数 $1/5$ と 50 は, メトリック明度を $0 \sim 100$ とし, 白み, 黒みのスケールを $0 \sim 10$ としたときの数値である[1-3]。

ここで, これらの変換式は, NT 色属性とメトリック量との相互変換性を記述したものであり, 主従関係を主張するものではないが, 実際には, NT 色属性を心理実験で決定することは難しい。そこで, 本研究では, 均等色空間として既に広く使われている $L^*a^*b^*$ 表色系を出発点として, そのメトリック量 [L^* , C^*_{ab} , h_{ab}] を上記の 3 式を使って変換することで, NT 色属性を決定する。

3. NT 色相の決定

色彩強度関数として $CS(k_1 k_2; h_{ab})$ を採用し[1-3], $L^*a^*b^*$ 表色系 (白色点 D65, 2 度視野) から, NT 色相を導出する。まず, NT 色相の心理 4 原色 R100, Y100, G100, B100 に対する $L^*a^*b^*$ 色相角 h_{ab} を, 26° , 91° , 162° , 262° と設定した (表 1)。これらは, マンセル色相のおよそ 5R, 5Y, 5G, 2.5PB に相当する。

表1 NT色相の原色の設定と補正係数 k_H

NT色相 HNT	$L^*a^*b^*$ hab [°]	マンセル 色相 H ^注	(2)式の補正係数 k_H
R100	26	5 R	2.3015 ($26 \leq hab < 91$)
Y100	91	5 Y	1.6748 ($91 \leq hab < 162$)
G100	162	5 G	2.2852 ($162 \leq hab < 262$)
B100	262	2.5 PB	2.4673 ($262 \leq hab < 386$)

注) マンセル色相は, hab に対応するおよその値。

心理原色については, 近年のユニーク色相の研究によっても完全には解明されていないことから[4,5], 色票が入手容易なマンセル 40 色相に近似させることを優先し, 5R, 5Y, 5G については, これまでの報告通りとした[2,3,8]。青については, 10B と 2.5PB の 2 色相を候補として検討したが, 変換後に得られる NT 色相分割の均一性が 2.5PB の方が若干優れていたため (後述), 2.5PB に相当する $hab = 262^\circ$ を B100 に対応させた。

つぎに, NT 色相分割は, (2) 式を使って, $\Delta hab = 1^\circ$ ごとに, k_H を未知数として ΔH_{NT} を一旦計算し, その後, 各 2 原色間の ΔH_{NT} の総和が 100 となるように, 2 原色間ごとに係数 k_H の値を決定した。このようにして導出した k_H の値を表 1 第 4 列に示す。

ここで, 理想的には k_H は, 領域によらず一定値になるべきものであり, 赤と黄, 緑と青, 青と赤の領域では, ほぼ一定値となった。しかし, 黄と緑の領域では, 他の領域の約 0.7 倍と小さな値となった (原色青を 10B とすると, k_H の差がさらに大きくなることから, 2.5PB を採用した)。一定値とならなかった原因としては, 変換式の構造に問題がある, $L^*a^*b^*$ 表色系の均等性が不完全である, $CS(k_1k_2; hab)$ の精度に問題がある, 設定した原色が心理原色ではない, などが考えられる。しかし, 現状では, 原因の特定は困難であることから, 本研究では, 色相領域ごとに異なる k_H を使うこととした。

最終的に得られた NT 色相の中間領域での $L^*a^*b^*$ 色相角 hab を表 2 に示す。なお, 表 2 では, 各原色間を 6 等分した 24 色相を示しているが, 色相数はこれに縛られるものではない。NT 色相は, (2) 式と表 1 の補正係数 k_H を使って算出しており, 任意の原色成分比に対して定義されている。よって, 使用目的に応じて, 色相数を自由に設定することが可能である。

4. まとめ

本研究では, NT 表色系に対応する均等色空間

表2 NT色相 (24色相の場合)

色番号 No.	NT色相 HNT	$L^*a^*b^*$ hab [°]	色番号 No.	NT色相 HNT	$L^*a^*b^*$ hab [°]
1	B17-R83	9	13	Y17-G83	147
2:R	R100	26	14:G	G100	162
3	R83-Y17	42	15	G83-B17	174
4	R67-Y33	55	16	G67-B33	188
5	R50-Y50	66	17	G50-B50	203
6	R33-Y67	75	18	G33-B67	221
7	R17-Y83	83	19	G17-B83	240
8:Y	Y100	91	20:B	B100	262
9	Y83-G17	101	21	B83-R17	283
10	Y67-G33	111	22	B67-R33	306
11	Y50-G50	122	23	B50-R50	328
12	Y33-G67	134	24	B33-R67	349

として $L^*a^*b^*$ 表色系を採用し, 色彩強度関数と心理原色の色相角とから, NT 色相を導出した。既報[1]の白み・黒み, NT クロマ, NT トーンと合わせて, 完全な表色系として提案したい。

参考文献

- 1) H.Sakai: Hue-Tone Representation of the Nayatani-Theoretical Color Order System, Proc. AIC2015-Color and Image (2015) 175-179
- 2) 酒井英樹: Nayatani-Theoretical表色系の特徴と活用方法, 日本色彩学会誌34, Supp. (2010) 4-5
- 3) 酒井英樹: Nayatani-Theoretical表色系とトーン概念, 日本色彩学会誌35 (2011) 31-34
- 4) R.Shamey, MG.Sedito, RG.Kuehni: Comparison of Unique Hue Stimuli Determined by Two Different Methods Using Munsell Color Chips, Color Res. Appl. 35 (2010) 419-424
- 5) RG.Kuehni: Unique Hues and Their Stimuli - State of the Art, Color Res. Appl. 39 (2014) 279-287
- 6) Y.Nayatani, H.Sakai: Proposal of a New Concept for Color-Appearance Modeling, Color Res. Appl. 32 (2007) 113-120.
- 7) 酒井英樹:「色彩の矛盾をひも解く」第2回 色差と色見えの概念差, 日本色彩学会誌36 (2012) 233-236
- 8) Y.Nayatani, H.Sakai: Gray and Grayness - Its Complexities in Color Appearance of Surface Colors, Color Res. Appl. 39 (2014) 37-44