

Munsell-NCS直接変換プログラムの開発

A Direct Conversion Program between Munsell and NCS

小林 光夫
山口 智弘

電気通信大学情報工学科
電気通信大学大学院情報工学専攻

Mituo Kobayasi
Tomohiro Yamaguti

1 はじめに

Natural Color System(以下 NCS と略す)[1] は、近年 Munsell System と並び広く使われるようになってきた表色系である。NCS と Munsell の関係は調べられているが、いまだ明白な対応は見い出されていない [2, 3]。筆者らは文献 [4] のデータをもとに、Munsell と NCS の対応を、コンピュータを用いて詳細に調べたところ、一定の関係を見出すことができた [5]。これらの特徴を利用し、Munsell と NCS の間で表色値の高速変換を可能とするプログラムを開発したので、報告する。

2 Munsell と NCS の対応関係

Key Munsell Book of Color-NCS[4] には、無光沢版および光沢版のそれぞれについて、Munsell の表色値に対応する NCS の表色値が記されている。色相 H は 40 等分され、各々について明度 V は 3 から 9 まで 1 ステップおき (2.5 と 8.5 がある場合もある)、彩度 C は 2 から 2 ステップおきに (1 がある場合もある) 与えられている。

われわれは、無光沢版のデータ (全 1268 点) をもとに、Munsell と NCS 間の関係を見つけることにした。

2.1 無彩色の対応関係

NCS の明度 v は、無彩色については、黒み s と

$$v = 1 - \frac{s}{100} \quad (1)$$

という関係がある。一方、明度 v は、有彩色、無彩色を問わず、視感反射率 Y と

$$v = \frac{1.56Y}{56 + Y} \quad (2)$$

という関係がある。

無彩色についての Munsell 明度 V に対応する NCS の黒み s のデータから、式 (1),(2) の関係を使って V - Y のグラフをプロットしてみたところ、Munsell の V - Y 曲線に近いことが分かった。そして、このグラフは、

$$Y = f(V) \equiv 0.595493V^2 + 0.040451V^3 \quad (3)$$

によって、極めて良く近似される。

式 (1),(2),(3) から、無彩色の黒み s は、明度 V によって

$$s = F(V) \equiv 56(100 - f(V))/(56 + f(V)) \quad (4)$$

と表せることがわかる。

2.2 有彩色の対応関係

有彩色のデータについては、Munsell の各色相 H ごとに明度・彩度 (V, C) に対する NCS の黒み s および色み c をプロットしたところ、滑らかな曲面が得られた。

そこで、 $C = 0$ に対して、 $s = f(V)$ および $c = 0$ となることを考慮し、次のような近似式を仮定した。

$$s = F(V) + C(a_0 + a_1V + a_2C), \quad (5)$$

$$c = C(b_0 + b_1V + b_2C). \quad (6)$$

各色相 H ごとに、式 (5),(6) の係数 a_0, a_1, a_2 および b_0, b_1, b_2 を、データにフィットするよう最小二乗近似により求めたところ、極めて良い近似が得られた。また、いずれの H においても、 a_0, b_0 は H に依存して変化するが、 a_1, b_1 はほぼ一定であり、 a_2 および b_2 は 0 に近いということもわかった。

つぎに、Munsell の明度 V ごとにデータをまとめ、NCS の色み c と色相 ϕ の関係を Munsell の色相 H をパラメタとしてグラフにプロットした (図 1)。

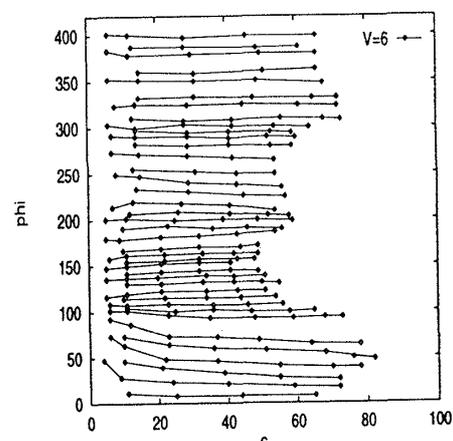


図 1: c と ϕ の関係 ($V = 6$)

NCS も Munsell も色のみえを表す表色系であるから、色相 ϕ (あるいは H) は、 c (あるいは C) を大きくしたとき、一定値に収束すると考えられる。そこで、各 H ごとに、

$$\phi = [\alpha_0 + \alpha_1(V - 6)] + [\beta_0 + \beta_1(V - 6)]e^{-\gamma c} \quad (7)$$

という関数を仮定し、係数 $\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$ をデータから推測した。 γ は一定値 $1/20$ とした。最小二乗法を用いて係数を定めたところ、ふたたび良い近似が得られた。このとき、 α_0, β_0 は H に依存するが、 α_1, β_1 は 0 に近い値を示すことがわかった。

3 アルゴリズムの概要

前節で得られた関数関係をもとに、Munsell から NCS への変換およびその逆変換のアルゴリズムを構成した。

Munsell の 40 色相に対する式 (5),(6),(7) の係数 ($a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2, \alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$) の値はあらかじめ計算しておく。

3.1 Munsell 値から NCS 値への変換

- i) 与えられた H を挟む近隣の2色相 H_1, H_2 について、式(5),(6)を用いて (V, C) から $(s_1, c_1), (s_2, c_2)$ を計算し、これらを線形補間することにより (s, c) を求める。
- ii) 色相 H_1, H_2 において、 V および先に求めた c から式(7)を用いて ϕ_1, ϕ_2 を求める。同様にこれらを線形補間して ϕ を得る。

3.2 NCS 値から Munsell 値への変換

- i) 有彩色の明度 v は、黒み s と色み c を用いて次のように表わせる[6]。

$$v = \left\{ 1 - \frac{1}{100}s - \left[\frac{1}{100} - \left(\frac{1}{100} - \frac{1}{c_p} \right)vc \right] \right\} / \left(1 - \frac{1}{c_p}c \right) \quad (8)$$

ここで、 c_p, v_c は、NCS の ϕ ごとに定まる値であり、文献[1]に与えられている。この式を用いて (s, c) から v を求め、式(2)により Y を求める。さらに、式(3)を用いて V を計算する。このとき、ニュートン法を用いているが、収束は極めて速い。

- ii) V が求まったので、式(7)を使えば、Munsell の各色相 H_k に対するNCSの色相 ϕ_k の値が求められる。そこで、 ϕ を挟む ϕ_k, ϕ_{k+1} を探索し、それに対応する H_k, H_{k+1} を求め、これを線形補間することにより H を求める。 ϕ は H にほぼ比例するので、この探索は時間がほとんどかからない。

- iii) ii) で求めた H_k, H_{k+1} において、式(6)を C について解き、求めた C_k, C_{k+1} を線形補間して C を求める。

4 誤差評価

文献[4]の有彩色データ(全1237点)についてMunsell からNCSへの変換を行ない、計算結果と与えられたデータとの二乗平均誤差を計算したところ、表1のようになった。

表1: Munsell から NCS への変換誤差

	ϕ	s	c
誤差平均	4.236	1.543	3.978
最大残差	18.182	7.309	12.026

文献[4]のデータは実測値であり、異常かと思われる値もいくつか含まれている。このような11点のデータおよび C の小さい($C=1$)データを取り除いて計算したところ、変換誤差は表2のように減少した。

表2: 異常データを取り除いた後の変換誤差

	ϕ	s	c
誤差平均	2.904	1.461	3.710
最大残差	10.918	5.557	5.970

なお、Munsell からNCSに変換した値を、逆変換により戻したところ、誤差はみられなかった。

5 おわりに

Munsell と NCS との関係簡単な関数で表すことができた。この関係を用いて実現した変換プログラムは、誤差も少なく、高速であり、大量の色値変換を必要とする画像処理などにも十分利用できるであろう。

参考文献

- [1] Swedish Standard SS 01 91 00E, Colour notation system.
- [2] Fred W. Billmeyer, Jr., Anna K. Bencuya: Interrelation of the Natural Color System and the Munsell Color Order System, *Color Res. Appl.* Vol.12, No.5, pp.243-255 (1987).
- [3] 時長 逸子, 荒生 薫, 坂田 勝亮: NCS と Munsell の色相環の比較, 日本色彩学会誌, Vol.19, suppl., pp.56-57 (1995).
- [4] Key Munsell Book of Color - NCS, Scandinavian Colour Institute AB, 1993.
- [5] 山口 智弘: Munsell 表色系から NCS 表色系への表色値変換, 卒業論文, 電気通信大学情報工学科, 1996.
- [6] 小林 光夫, 吉識 香代子: NCS の構造解析 (II), 日本色彩学会誌, Vol.21, No.1, pp.4-14 (1997).