

論文

XYZ表色系からNCS表記への座標変換プログラム

A Conversion Program from CIE 1931 Colorimetric Data to NCS Notations

久下 靖征・葛西 清重・林 正剛

Yasuyuki Kuge*・Kiyosige Kasai*・Masatake Hayasi*

The Polytechnic University*

Abstract

A computer program has been developed for the determination of NCS (Natural Colour System) notations, blackness s , chromaticness c and hue ϕ , from the CIE 1931 colorimetric data such as tristimulus values X , Y and Z . The program utilizes an algorithm of a search and interpolation routine. The NCS color space is represented by input data of 2652 nominal NCS notations with corresponding CIE colorimetric values (chromaticity angle ω , chromaticity distance d and tristimulus value Y) selected from some 16000 data defined in Swedish Standard SS 019101.

The accuracy of the program was checked by the application for the conversion of the CIE X , Y and Z data to NCS s , c and ϕ data for all of 1408 color points indicated in SS 019103 and for intermediate 160 color points indicated in SS 019101 and not selected as the input data. The conversion errors for the most color points were not more than 2 for the blackness s , chromaticness c and hue ϕ .

要 旨

探索と補間を骨子とするアルゴリズムにもとづき、CIEのXYZデータからNCS座標値（黒み s 、色み c および色相 ϕ ）を求めるためのプログラムを開発した。本プログラムではNCS色空間を、スウェーデン規格SS019101で規定されている約16000点のデータのうち2652の座標点に対する基準値（色度角 ω 、色度距離 d および三刺激値の Y ）を用いて表現した。

スウェーデン規格SS019103の全1408色およびSS019101の中間座標値で入力データに含まれていない160色について変換を行い、プログラムの精度を検討したところ、その変換誤差は、大多数の色について黒み、色みおよび色相のいずれも2以下であった。

1. はじめに

NCS (Natural Colour System) は、色を白、黒、黄、赤、青、緑の六つの基本色への類似性によって尺度化する。具体的には、その類似性に応じて定められた黒み、色みおよび色相の三つの座標によって色を表示するもので、スウェーデン規格SS019100¹⁾、SS019101²⁾、SS019102³⁾およびSS019103⁴⁾により規定されている。

NCSは現在最も話題を集めているカラーオーダーシステムであり、日本色彩学会でもISO/TC187国内委員会を設置して研究活動を続けてきた⁵⁾。

NCSと他の表色系との比較については、Derfeld⁶⁾、Billmeyer⁷⁾らの研究がある。これらは約16,000点に及ぶNCS座標を、それらに与えられているXYZ系基準値を媒介にして他の表色系の座標に変換し、NCSの特性を論じたものである。

一方、種々の表色系を利用する上では、任意の座標に対応する他の表色系の座標を得たい場合が多い。NCSからXYZ系への座標変換は、SS019101の規定に従い3次元直線補間によって達成できる。しかしその逆変換であるXYZ系からNCSへの座標変換については何ら規定されていない。最近Smith⁸⁾は、“NCSの開発者は逆変換プログラムを開発したと言っているが、そこに用いられている方法論の詳細は公開されていない。そこで、現在のところ a bound and interpolate strategyによって逆変換が行われる”と報告している。この“a bound and interpolate strategy”の意味するところも明確ではないが、少なくとも現在まで、XYZ系からNCSへの座標変換のための効率的で精度のよい方法は、まだ開発されていないようである。

筆者らは、探索と補間を骨子とするアルゴリズムにもとづいた、XYZ系からNCSへの座標変換プログラムの開発に成功し、このプログラムによる変換値は実用上十分な精度を有することを確認した。本報ではXYZ系からNCSへの座標変換のアルゴリズムの概要と、変換精度の検討結果について報告する。

2. アルゴリズムの概要

2.1. 変換のための中間座標系

NCSは各色相毎に、白、黒および純色を頂点とする三色座標で構成される。そして三つの座標すなわち黒み s (blackness)、色み c (chromaticness) および色相 ϕ (hue) によって定義される

各座標点毎に、XYZ系の基準値として三刺激値 X , Y , Z 、色度座標 x , y 、および式(1)および式(2)で定義される極座標 d (chromaticity distance: 色度距離)、 ω (chromaticity angle: 色度角) がSS019101で与えられている。

$$d = [(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\omega = \tan^{-1} [(y - y_0) / (x - x_0)]$$

$$0^\circ \leq \omega \leq 360^\circ \quad (2)$$

ただし、 (x_0, y_0) は無彩色点の色度座標で、 $x_0 = .3101$, $y_0 = .3162$, (x, y) は各座標点の色度座標である。

ここでは、NCSの各座標点を ωdY 空間に表示した。Fig. 1は色相 Y の各座標点を $d-Y$ 平面にプロットしたものである。

2.2. 探索と補間

NCSは等黒み系列であっても、色みおよび色相の違いによって各座標点の三刺激値の Y が異なり、いわゆる等明度平面が存在しない。そこで、Fig. 2に示すように試料色をはさむ二つの等色相面において、探索と補間を行ってそれぞれ黒みおよび色みを得て、さらに二つの等色相面の間で補間を行って最終的な黒み、色みおよび色相を得た。以下、詳細に述べる。

Fig. 3は各等色相系列における各座標点の色度角の範囲を示したものである(色相番号は $Y = 0, \dots, G$ $90Y = 39$ とする通し番号、色度角 ω は色相 Y の純色のそれを0とする相対値)。このように等色相系列の各座標点は、色みおよび明度が異なるためにその色度角がそれぞれ異なる。また複数の等色相系列間で色度角が重複する。そのため試料色をはさむ二つの等色相面を簡単には特定できない。このことがXYZ系からNCSへの座標変換プログラムの開発を困難にした理由であろう。ここでは、以下のような手順をとること

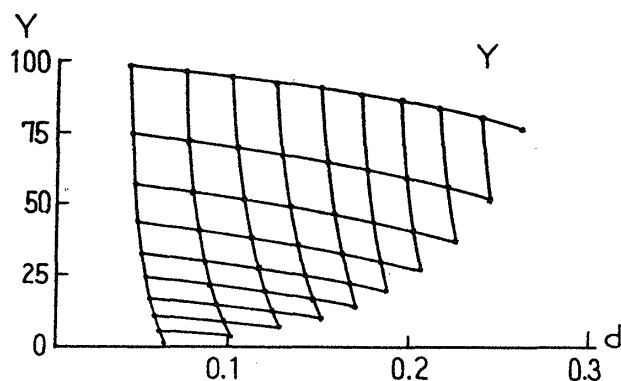


Fig. 1 色相 Y の座標点の $d-Y$ 平面へのプロット

によってこの問題を解決した。

- 1) 各等色相系列の純色の色角度 ω_c を判断基準にして、試料色の色角度 ω_s に最も近い等色相面を決定する。
- 2) その等色相面において、試料色 $(d, Y)_s$ を囲む四つの座標点 $(d, Y)_{1\sim4}$ からなる四辺形を探索する。
- 3) 試料色およびそれら四つの座標点の (d, Y) 値から、黒みについての補間比 m 、色みについての補間比 n を算出する。
- 4) その補間比 m, n と四つの座標点の色角度 $\omega_{1\sim4}$ とから、試料色のその等色相面における色度角 ω_1 を算出する。

以上のようにして求めた色角度 ω_1 と試料色の色度角 ω_s とを比較して色相の探索方向を決定し、上記手順2)以下を繰り返すことで、試料色をはさむ二つの等色相面を特定した。

ここで、等色相面における上記四辺形の探索は以下のようにして行った。すなわち、Fig.4に示すように黒み $s=0$ 、色み $c=0$ を起点として、黒みおよび色みについての補間比 m, n が、

$m \geq n$ なら黒み増加、

$m < n$ なら色み増加

の方向に進むことで目的の四辺形に至る。試料色がその四辺形に含まれているか否かの判定は、原則的に式(3)の条件式を用いた。

$$1 \geq m \geq 0 \quad \text{AND} \quad 1 \geq n \geq 0 \quad (3)$$

なお、上記四辺形が構成できない場合、すなわち各等色相系列において最大黒みを含む三角形については、

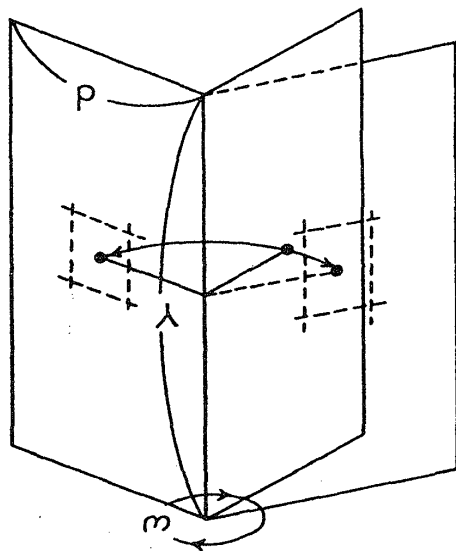


Fig. 2 XYZ系からNCSへの座標変換の概念図

点 P_1 と点 P_4 、点 P_2 と点 P_3 とが点対称となるような点 P_4 を想定して四辺形を構成した。

こうした補間比および補間値の算出方法については、すでに詳細に報告した⁹⁾¹⁰⁾ので説明を省略する。

上記のアルゴリズムにもとづいて、パーソナル・コンピュータのためのBASIC言語によるプログラムを作成した。Fig.5にそのフローチャートを示す。

2.3. 基準値データ

NCSでは各座標の5単位毎にそれぞれ目標とする基準値（総数約16,000組）が定められている²⁾。ここでは、プログラムの実用性の上から10単位毎の基準値 (ω, d, Y) を用いた。ただし、予備実験の結果から、低色み系列での変換精度を高めるために、一部5単位毎の基準値を付加した。すなわち、色相はY, Y10R, ..., G90Yのように10単位毎の計40色相とし、

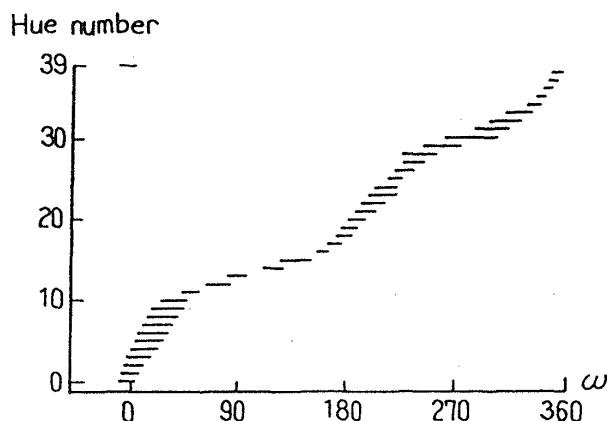


Fig. 3 等色相系列における色度角の範囲

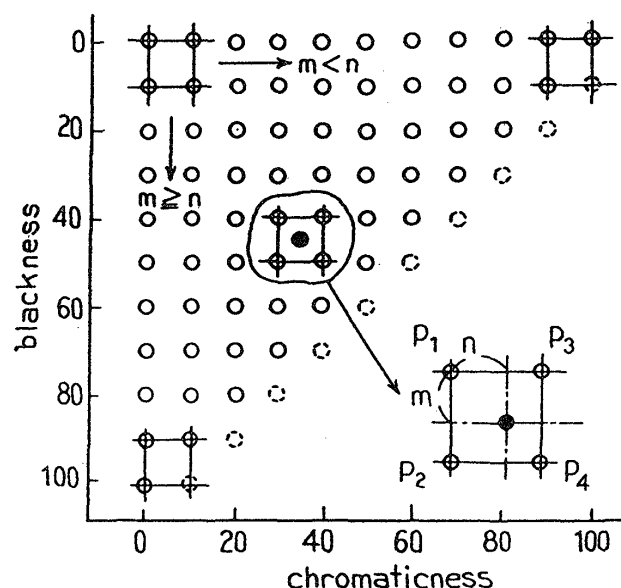


Fig. 4 探索と補間の概念図

各色相において黒みおよび色みの10単位毎の基準値に加え、色み $C=5$ で黒み $S=0, 10, \dots, 90, 95$ についての基準値を用いた。したがって、有彩色については、2,640組(66組/色相 $\times$ 40色相)の (ω, d, Y)

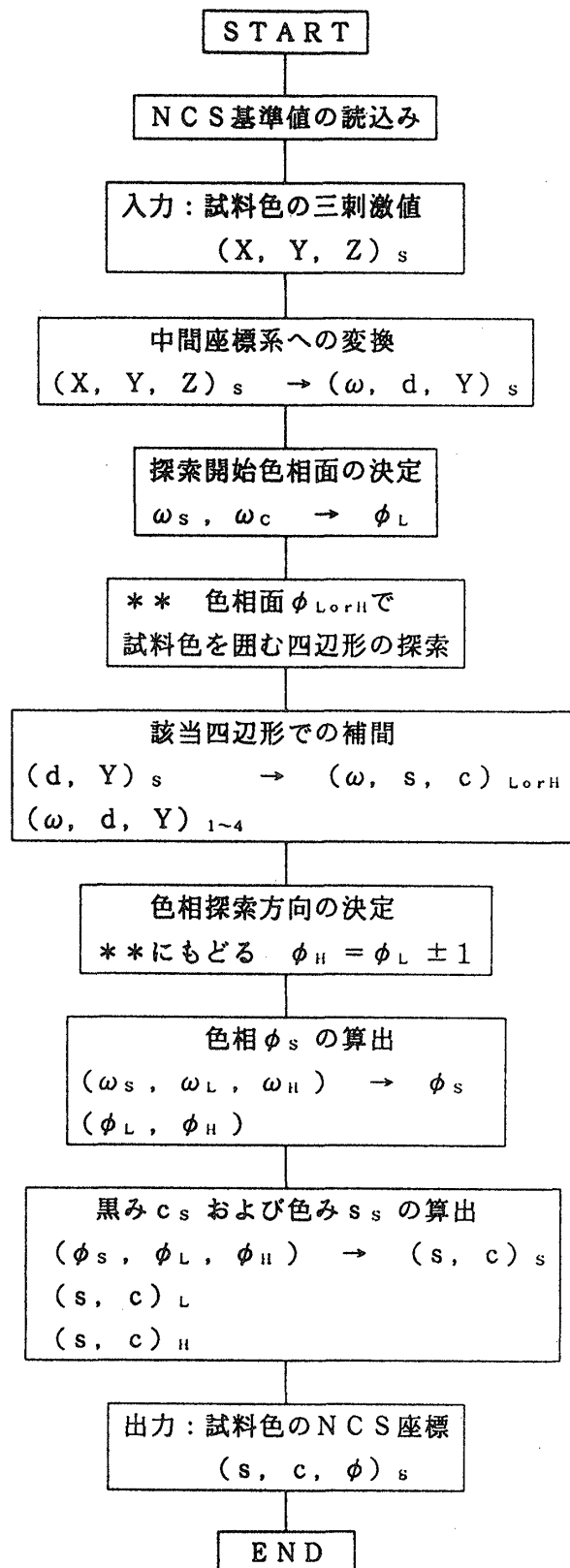


Fig. 5 XYZ系からNCSへの座標変換プログラムのフローチャート

値を基準値として用いた。無彩色については黒み $S=0, 10, \dots, 90, 95, 100$ についての12組の (d, Y) 値を用い、色度角 ω は、それと同一の黒みを有する色み $C=5$ の座標点の色度角で代用した。

以上の基準値データを、有彩色については色相順に色みおよび黒みの少ないほうから多いほうへ、無彩色については黒みの少ないほうから多いほうへ、順次1次元配列化した。

このような基準値データの効率的な格納と読み出しの方法については、すでに報告した¹¹⁾ので説明は省略する。

3. 変換精度の検討

スウェーデン規格SS019103には、SS019102カラーアトラスの各色票の測色値 $(X, Y, Z, x, y, d, \omega)$ とそれらに対応するNCS座標 (s, c, ϕ) とが示されている。本プログラムの変換精度を検討するために、各色票のNCS座標と本プログラムによる変換値とを比較した。本プログラムはSS019103の1,408色全てについて、その三刺激値 X, Y, Z からNCS座標 s, c, ϕ への変換に成功した。結果をTable 1に示す。

黒みおよび色みについての変換誤差は2以下で、しかも誤差2をしめすものは1,408色中のわずか2色でしかなかった。色相については誤差が2を超えるものは27色あり、最大誤差は8であった。しかし、その内訳をみると誤差の大きなものは、いずれも色みが10以下であるようなごく低彩度の色なので、色相の違いは実用上あまり問題にならない。さらに、NCSの色相は四基本色について各々100すなわち計400に分割されているので、色相についての誤差は実質的には $8/400=2/100$ 以下である。したがって、黒み、色みおよび色相についてその変換誤差は2%以下ということになり、本プログラムは実用上十分な変換精度を有すると考えられる。

前項2.3でのべたように、本プログラムでは黒み、色みおよび色相の各10単位毎の基準値データを用いた。基準値データの選び方に起因する変換誤差を検討するために、5単位毎の中間色相 $(Y05R, Y15R, \dots, G95Y)$ の計40色相で、黒みおよび色みが実用域の4515一、1545一、4545一、2555一である計160色の座標点について、SS019101で与えられている基準値から本プログラムによる変換値を求めた。結果をTable 2に示す。

Table.1 スウェーデン規格SS019103の全1408色に対する変換精度

誤 差	0	1	2	3 以上	最大値
黒色量	1 1 2 9 色	2 7 7 色	2 色	0 色	2
純色量	1 1 9 8	2 0 8	2	0	2
色 相	9 9 1	3 4 6	4 4	2 7	8

*色相誤差が3以上の内訳 (SS019103の表示値と誤差)

(1106-Y17R 3)(1906-Y16R 3)(2907-Y18R 3)(4006-Y16R 3)(5906-Y16R 3)
 (3810-Y52R 3)(0305-Y79R 8)(8703-Y73R 4)(0409-Y92R 4)(0409-R15B 5)
 (0608-R47B 3)(4010-R46B 4)(7109-R51B 3)(0610-R68B 3)(0509-R87B 3)
 (1910-R86B 4)(6810-B08G 4)(0506-B29G 4)(8703-B14G 3)(7502-R18B 3)
 (9101-Y45R 7)(0603-G 3)(9101-B65G 4)(0601-Y25R 3)(1001-Y25R 4)
 (3001-Y30R 3)(4001-Y49R 3)

Table.2 スウェーデン規格SS019101のうち160色に対する変換精度

誤 差	0	1	2	3 以上	最大値
黒色量	1 0 8 色	5 0 色	2 色	0 色	2
純色量	1 3 1	2 5	4	0	2
色 相	1 2 7	3 3	0	0	1

変換誤差は黒みおよび色みについて2以下、色相については1以下であった。つまり、SS019101に与えられている約16,000組におよぶ基準値の全てを用いることなく、本プログラムのように黒み、色みおよび色相の各10単位毎の基準値データを用いても、実用上十分な変換精度が得られることを示している。

4. おわりに

種々の表色系を利用する上で、XYZ系との間に効率的で精度のよい変換手段を持つことは重要である。マンセル表色系についても変換プログラムが開発されたことによってその利用度が高まった。同様に、本報で示したXYZ系-NCS座標変換プログラムが、わが国におけるNCSの研究あるいは利用の促進に役立つことを期待したい。

文献

- (1) SWEDISH STANDARD SS019100-1900: Colour notation system
- (2) SWEDISH STANDARD SS019101-1983: CIE tristimulus values and chromaticity co-ordinates for some 16000 colour notations according to

SS019100

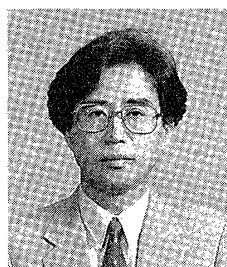
- (3) SWEDISH STANDARD SS019102-1989: Colour atlas
- (4) SWEDISH STANDARD SS019103-1982: CIE tristimulus values and chromaticity co-ordinates for the colour samples in SS019102
- (5) 金子隆芳: カラーオーダーシステム国際標準化の行方, 色学誌, 16,134 (1993)
- (6) G. Derefeldt and C. Sahlin: Transformation of NCS Data into CIELAB Colour Space, CRA, 11,146 (1986)
- (7) F. W. Billmeyer, Jr. and A. K. Ben-cuya: Interrelation of Natural Color System and the Munsell Color Order System, CRA, 12,243 (1987)
- (8) N. S. Smith: A Colour Notation Conversion Program Revisited, CRA, 17,405 (1992)
- (9) 久下靖征, 吉田豊彦: 卓上計算機によるCIE表色系(XYZ)からマンセル表色系(HV/C)への変換, 色材, 53,336 (1980)
- (10) 久下靖征, 武井 昇, 吉田豊彦: マイクロコンピ

ュータによるCIE表色系—マンセル表色系相互
変換, 色材, 55,219 (1982)

- (II) 久下靖征: マンセル基準値データを効率よく配列
に格納する方法, 色学誌, 13,237 (1989)

(受付日: 1993年4月16日)

著者紹介



くげ やすゆき
久下 靖征

昭和19年2月4日生

職業訓練大学校塗装科卒 (昭和41
年)

職業能力開発大学校造形工学科勤
務

日本色彩学会, 色材協会, 色彩教
育研究会, 公共の色彩を考える会
各会員

工学博士

か さい きよしげ
葛西 清重

昭和45年11月14日生

職業訓練大学校造形工学科卒 (平成5年)

はやし まさたけ
林 正剛

昭和45年2月2日生

職業訓練大学校造形工学科卒 (平成5年)