

## I-3 景観色彩調和分析の色彩変換へのニューラルネットワークの援用

NEURAL NETWORK ADAPTATION TO COLOR CODE TRANSFORMATION  
IN SCENERY COLOR HARMONIC ANALYSIS

近田康夫\* 髭本 実\*\* 城戸隆良\*\*\* 小堀為雄\*\*\*\*  
Yasuo CHIKATA Minoru HIGEMOTO Takayoshi KIDO Tameo KOBORI

【抄録】橋梁景観の評価分析において色彩学の分野で確立されている色彩調和論を適用する試みがなされているが、その際、色彩コードの変換、具体的にはマンセル色票名とCIE色名( $x, y, Y_c$ )の相互変換には計算機を使用してもかなりの時間を要した。そこで、本論文では、この色彩コード変換にニューラルネットワークを援用することを試みた。CIE色名からマンセル色票名への変換における誤差が若干残るが、変換速度、精度の両面から色彩コード変換へのニューラルネットワークの可能性を確認することができた。

【Abstract】The application of the color harmony theory established in the field of the color science in the evaluation and the analysis of the bridge scenery is attempted. In that color harmony evaluation or analysis, the color code transformation between Munsell's color name and CIE XYZ color code is required. And the transformation requires so much CPU power and time. In this paper, an approach with neural network adaptation to this color code transformation is presented.

【キーワード】橋梁景観, 色彩調和論, 色彩コード変換, ニューラルネットワーク

【Keywords】bridge scenery, color harmony theory, color code transformation, neural network

## 1. はじめに

新規架設, 既存を問わず, 橋梁の架設あるいは再塗装などの補修の際にその周辺景観との調和を考慮することがごく一般的になりつつある。

しかしながら, 橋梁景観の評価は主観的なものになりやすいことから, 客観的な指標や, 評価手法の提案が行われてきた。

それらの中で, 主として橋梁の形態に着目した評価手法として, サイコベクトルを用いた評価手法<sup>1)</sup>, ゲシュタルト心理学を応用した評価手法が提案され, 実際の評価にも一部応用されている<sup>2)</sup>。

これらの手法は, アンケート調査の結果との比較を通して客観的な評価手法となりうることを示唆してはいるが, 人間が景観を見たときに受ける印象は, 形態によるものだけではなく色彩を同時に考慮しなければ, 充分とは言えないことは容易に推察できる<sup>3)</sup>。このことは, 白木らによっても指摘されている<sup>4)</sup>。

さて, 筆者らは, 橋梁景観画像(橋梁景観の写真をイ

\* 〒920 金沢市小立野2-40-20 金沢大学工学部土木建設工学科 TEL.0762(34)4635

\*\* 石黒建設株式会社

\*\*\* 金沢大学工学部土木建設工学科

\*\*\*\* 金沢大学工学部土木建設工学科

メージスキャナーによって計算機内に取り込み、フルカラー画像として表示したもの)を用いて、橋梁景観の色彩調和分析を試みており、アンケート結果からも、既存の色彩調和論を適用することの妥当性を示している<sup>5)</sup>。

この色彩調和分析においては、計算機内の色彩表現が RGB カラーモデルによるものであるのに対して、色彩調和論はマンセル表色系を用いて記述されており、両者は、CIE の XYZ 表色系を介して変換する必要があった。この手順の詳細は、既に筆者らが報告した通り<sup>6)</sup>であるが、その計算にはかなりの CPU パワーを必要とした。

様々な色彩調和分析を行うには、この色彩コードの変換を高速かつ正確に行うことが求められことから、本研究では、ニューラルネットワークによる色彩コード変換を試みることにした。

## 2. 色彩コード変換

計算機上のフルカラー画像の色彩とマンセル色名との相互変換については、既に報告している<sup>6)</sup>、ここでは表色系の基本的事項<sup>7)</sup>と色彩変換の概略を述べるに留める。

### (1) マンセル表色系

マンセル表色系は、中心軸に無彩色の段階、つまり、白から黒までの明度変化をとり、これを囲んだ円周上に赤、黄、緑、青、紫などの色相の変化を環状に配置し、無彩色の中心軸から放射状に彩度をとる方式である。すなわち、円柱を用いて、色を表わしている。ここで、明度を Value、色相を Hue、彩度を Chroma と表現し、それぞれ  $V$ 、 $H$ 、 $C$  の記号で表す ( $HV/C$  と表記される)。

### (2) CIE-XYZ 表色系

XYZ 表色系は、CIE1931 標準表色系と呼ばれるものである。RGB 表色系では、三刺激値または色度座標の三つの値のうちで、一つが負量になる場合がある。これを避けるために、CIE では全ての実在の色刺激は、原刺激の正量の加法混色によって等色することができるような原刺激  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  を決定した。このような原刺激による表色系を XYZ 表色系という。CIE の原色  $XYZ$  は負の値をとることを避けて設定したために、実在する光と対応しないが、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  の構成する三角形の内部には、全ての可視光が含まれるようになっている。

### (3) マンセル色名から RGB 表現への変換

JIS Z8721 付表 1<sup>8)</sup>には、マンセル色名 ( $HV/C$ ) と CIE の XYZ 表色系の  $(x, y, Y_c)$  の対応が示されている。ただし ( $HV/C$ ) はマンセル色名の表現方法で (色相・明度/彩度) を意味する。また、 $(x, y, Y_c)$  は CIE の XYZ 表色系における色度座標  $(x, y)$  と視感反射率  $Y_c$  によってすべての色彩を表現している。 $Y_c$  の添え字  $c$  は、標準の光  $C$  の下での表現であることを意味している。

この ( $HV/C$ ) と  $(x, y, Y_c)$  の対応表に基づいて内挿補完を行うことにより、任意のマンセル色名の CIE の XYZ 表色系での表現を得ることができる。

CIE の XYZ 表色系から RGB カラーモデル表現への変換は、ディスプレイ装置の  $\gamma$  特性を知ることによって簡単なマトリックス演算に置き換えることができる。

したがって、JIS Z8721 の付表 1 すべてをデータとして持たなければならない ( $HV/C$ ) から  $(x, y, Y_c)$  への内挿補完は、煩雑な計算を要するボトルネックとなる。

### (4) RGB 表現からマンセル色名への変換

RGB 表現から CIE の XYZ 表色系への変換は前述のマトリックス演算の逆演算を行えばよいことになる。ただし、ディスプレイ装置の  $\gamma$  特性の把握が重要な因子となることは既に指摘した通りである。

XYZ 表色系からマンセル色名への変換は、RGB 表現から変換された  $(x, y, Y_c)$  なる色空間内の座標が JIS Z8721 の付表の隣接したデータによって構成されるどの 6 面体内に存在するのを探して、色名を内挿補完することになる。この、色空間内の座標  $(x, y, Y_c)$  を含む 6 面体を探し出す計算は、変換過程に要する処理時間の大半を占めることになる。

## 3. ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークの詳細に関しては、ほかの専門書に譲ることにして<sup>9),10)</sup>、ここでは、本研究で採用したものについてのみ概述することにする。

階層構造をしたニューラルネットワークは、外界からは入力層と出力層のみを有するブラックボックスとして機能することになる。このブラックボックス内部の各層のユニット間の結合荷重を学習過程を経て決定することになる。ニューラルネットワークの構築とはネットワークの構造 (中間層の数と各層のユニット数の決定など) とユニット間の結合荷重の決定と換言することができる。

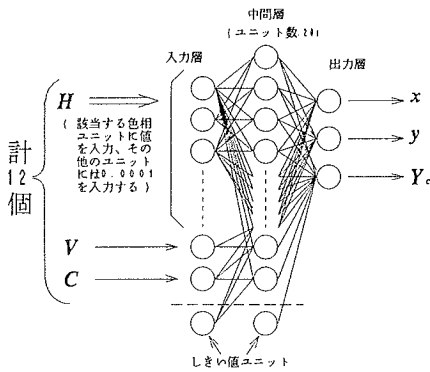


図1 ネットワーク1

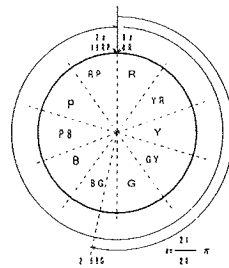


図2 色相環

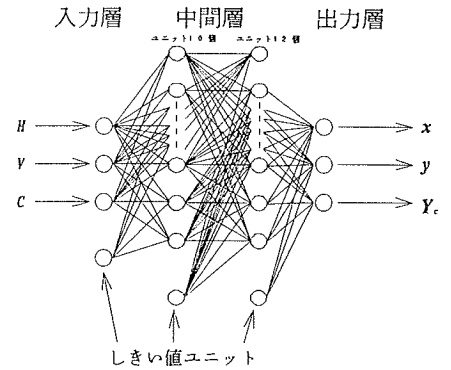


図3 ネットワーク2

本研究では、BP法を採用して、色彩コードの変換システムを構築した。BP法(Back Propagation Method バックプロパゲーション法)は、入力層、中間層(隠れ層)、出力層から構成される階層型ニューラルネットワークに対して、ラメルハート等によって1986年に提案された、教師付き学習方法である。

4. ニューラルネットワークによる色彩コード変換

(1) マンセル色名からXYZ表色系への変換

ネットワークの形態を考えるにあたり、まず、入出力変数を検討する。入力値は、マンセル色名(HV/C)より、H,V,Cとする。出力値は、XYZ表色系の(x,y,Yc)表現より、x,y,Ycとする。学習過程は、JIS Z8721付表1のデータの約半数(1700)を教師データとして学習させる。その後、付表の残りの未学習データを用いて学習結果の妥当性を検証する。

ネットワークの形態としては以下のものを検討した。

ネットワーク1 基本的な3層のネットワークを考える。

入力層のユニットとして、マンセル色名の色相名(R,YR,Y,GY,G,BG,B,PB,P,RP)、明度V、彩度Cの12ユニット、出力層のユニットはx,y,Ycの3ユニットとした。色相、V、Cの入力値はそれぞれ、[0-1]で正規化した値を入力値とした。色相については、例えば、2.5R,5R,7.5R,10Rに対してそれぞれ0.25,0.5,0.75,1.0をRのユニットに入力する。また、中間層のユニット数は試行錯誤(5,10,15,20で検討)の結果、20ユニットとした。

このネットワーク1を図-1に示す。

ネットワーク2 入力層のユニットは色相H、明度V、彩度Cの3ユニットとした。色相Hに関しては色環上で10RP=0Rとなることから、0Rから時計回りに色環の中心角を[0-2π]で与える。試行計算の結果R,YR色相では値が小さくなりすぎて変換精度が低いことから、レンジを[0-20π]としてHユニットへの入力値を与える。明度V、彩度Cに関してはネットワーク1と同様に[0-1]で正規化した値を入力値とする。出力層のユニットはx,y,Ycの3ユニットとした。また、試行計算(中間層ユニット数、8-10,10-10,10-12で検討)の結果、中間層の数は2層とし、第1中間層は10ユニット、第2中間層は12ユニットとした。

色相環の概念を図-2に、ネットワーク2を図-3にそれぞれ示す。

(2) XYZ表色系からマンセル表色系への変換

4.1とは逆方向の変換つまり、XYZ表色系のx,y,Ycからマンセル表色系のH,V,Cへの変換のための学習を行う。

マンセル表色系からXYZ表色系への変換の経験に基づいて、入力層3ユニット、出力層3ユニットでの変換を行う。また、データにおいても、入力層ユニットにはx,y,Ycの値をそれぞれ0.70,0.70,0.7866で除して正規化した値を入力する。出力層の教師信号についてもH,V,Cのそれぞれを正規化した値を教師信号とする。V,Cに関してはV/10,C/40の値を、Hに関しては表-2に示す通りである。前の学習の時には、2.5ならそのまま2.5という値を用いたが、色相の区別をはっきり学習させるた

めに、隣り合う色相の教師信号にある程度の間隔を持たせた。入力値の計算としては、表-1の通りとした。

表-1 Hの教師信号の計算方法

R	$R/125+0.02$	BG	$BG/125+0.5$
YR	$YR/125+0.1$	B	$B/125+0.6$
Y	$Y/125+0.2$	PB	$PB/125+0.7$
GY	$GY/125+0.3$	P	$P/125+0.8$
G	$G/125+0.4$	RP	$(RP/125)*0.9+0.9$

表-2 Hの教師信号

R		YR		Y		GY	
2.5	0.0400	2.5	0.1200	2.5	0.2200	2.5	0.3200
5.0	0.0600	5.0	0.1400	5.0	0.2400	5.0	0.3400
7.5	0.0800	7.5	0.1600	7.5	0.2600	7.5	0.3600
10.0	0.1000	10.0	0.1800	10.0	0.2800	10.0	0.3800
G		BG		B		PB	
2.5	0.4200	2.5	0.5200	2.5	0.6200	2.5	0.7200
5.0	0.4400	5.0	0.5400	5.0	0.6400	5.0	0.7400
7.5	0.4600	7.5	0.5600	7.5	0.6600	7.5	0.7600
10.0	0.4800	10.0	0.5800	10.0	0.6800	10.0	0.7800
P		RP		-		-	
2.5	0.8200	2.5	0.9180	-	-	-	-
5.0	0.8400	5.0	0.9360	-	-	-	-
7.5	0.8600	7.5	0.9540	-	-	-	-
10.0	0.8800	10.0	0.9720	-	-	-	-

以上の計算を行い各入力値とする。入力値を表-2に示す。

なお教師信号の値は  $0 < t < 1$  の範囲に収める必要がある。前の変換の時と値が違うのは、このためでもある。

採用したネットワークを図-4に示す。

## 5. 色彩コード変換結果と考察

### (1) マンセル表色系からXYZ表色系への変換の精度

この変換の学習の精度を見る。ただし、この変換の学習は前述したネットワーク1、ネットワーク2の両方で行っており、最小誤差は双方とも0.00006としている。どちらのネットワークの学習が精度が良いのかを検討し

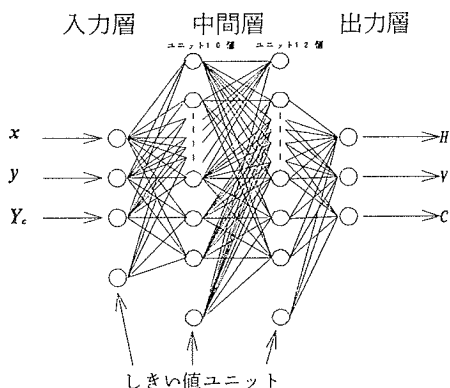


図4  $(x, y, Y_c) \rightarrow (H, V, C)$  変換ネットワーク

てみる。

まず、精度の確認には未学習のデータを変換したものの結果をもとに評価を与えることにする。その方法は以下の通り。

- 変換された  $x, y, Y_c$  と教師信号の  $x, y, Y_c$  との誤差の大きさがどの程度のものなのかを見る。
- 変換された  $x, y, Y_c$  を更に  $H, V, C$  に逆変換して正しい値とどの程度の差があるのかを見る。
- 変換された  $x, y, Y_c$  の数個を既存の変換プログラムにてディスプレイ装置へのフルカラー表示表現である  $R, G, B$  へと変換し、数値および視覚的にどの程度の差があるのかを見る

この3方法により精度を見ていくことにする。

#### a) $(x, y, Y_c)$ の誤差

まず、 $x, y, Y_c$  値の誤差についてであるが、これらの数値の平均誤差については、表-3に示すとおりであった。

表-3  $x, y, Y_c$  の平均誤差

平均誤差	ネットワーク1	ネットワーク2
$x$	0.0073	0.0098
$y$	0.0073	0.0072
$Y_c$	0.0019	0.0057

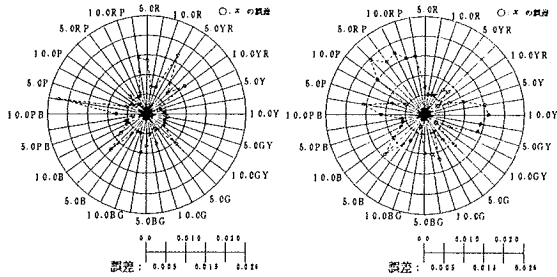


図5  $x$  値の誤差(ネットワーク1,  $C \geq 6$ ) 図6  $x$  値の誤差(ネットワーク2,  $C \geq 6$ )

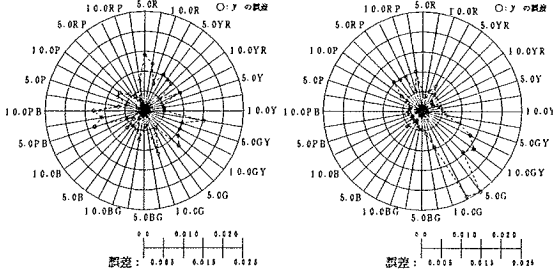


図7  $y$  値の誤差(ネットワーク1,  $C \geq 6$ ) 図8  $y$  値の誤差(ネットワーク2,  $C \geq 6$ )

これらの値のうち  $Y_c$  値は、明度  $V$  を決定する値である。この誤差がどの程度のものかは、標準色表の許容差<sup>8)</sup>を参考にする。結果的には、いずれのネットワークによる学習結果もほぼ許容差内にあると言え、 $Y_c$  値については十分に学習していると言える。

例として、明度  $9(Y_c = 78.66\%$  この学習の場合  $0.7866)$  における誤差について見てみる。  $0.7866$  に先の誤差を考慮すると、対応する明度は、ネットワーク1では  $9.02 \sim 8.99$  となる。同様にネットワーク2の対応する明度は  $9.03 \sim 8.97$  となる。このように明度の差は、大きくても  $0.1$  以上の誤差は認められないと言え、許容差内にあると見なし、 $Y_c$  値は精度の判定には入れないことにする。

$x, y$  値についてであるが、これらの値で色相  $H$ 、彩度  $C$  が決まる。それらの許容差は、各色相、各彩度により値が異なるため、誤差の程度を見るためには明度別、彩度別に見る必要がある。しかし、このような方法で精度を見ることは大変な時間を要する。よって、 $x, y$  値の誤差に関しては、各色相別に、彩度6以上のものと6未満のものに分けて、単純にそれぞれの  $x, y$  値の誤差を見る

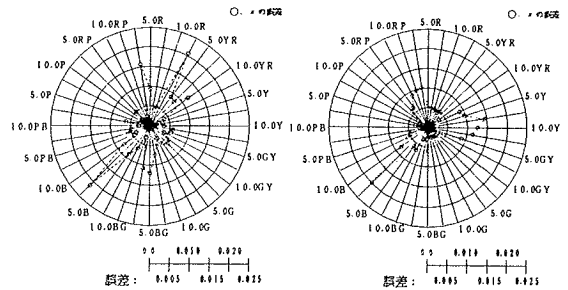


図9  $x$  の誤差(ネットワーク1, 彩度  $C < 6$ ) 図10  $x$  の誤差(ネットワーク2, 彩度  $C < 6$ )

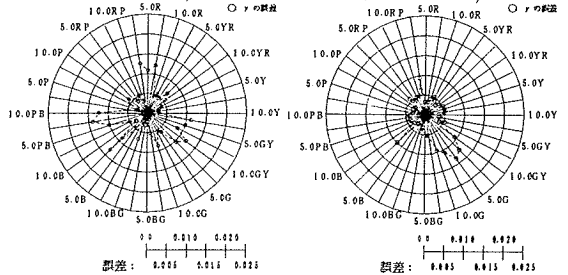


図11  $y$  の誤差(ネットワーク1, 彩度  $C < 6$ ) 図12  $y$  の誤差(ネットワーク2, 彩度  $C < 6$ )

ことにする。

その誤差を示すのに、色相環を利用する。誤差については、 $0.000 \sim 0.025$  の範囲としている。ネットワーク1,2に関する  $x, y$  値の誤差は図-5~12 に示す通りである。

結果より、彩度6以上のものの誤差については、いずれのネットワーク形態が良いとは言えないが、彩度6未満のものについては、明らかにネットワーク2が良いことが分かる。これら  $x, y$  値は、色度図において、彩度が小さいほど色相の判別に  $x, y$  の値がシビアに要求され、少々の誤差で全く違う色相になる。この点から、彩度が小さいものに関して誤差が小さいということから、ネットワーク2の形態が良いと判断する。

これらの誤差を標準色表の誤差と照らし合わせるには、膨大な計算を必要とするため、彩度、色相の誤差については、次のマンセル値への逆変換による精度の確認において述べることにする。

b) マンセル値への変換

次に、マンセル値に逆変換したものについてであるが、手計算により行う。ただし、未学習のデータとはいえ、約1500の値を全て手計算で変換することは大変な労力

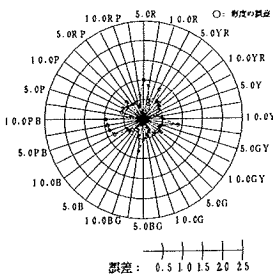


図 13 彩度の誤差(ネットワーク 1)

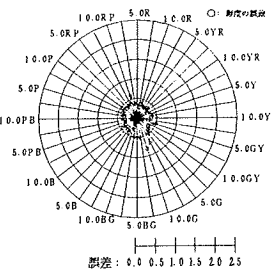


図 14 彩度の誤差(ネットワーク 2)

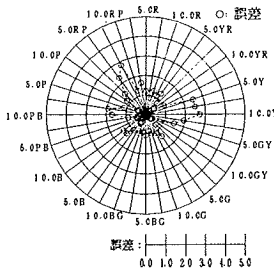


図 19 色相 H の誤差

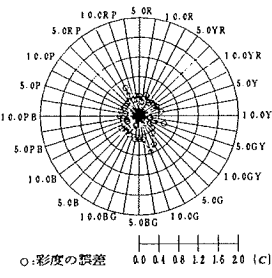


図 20 彩度 C の誤差

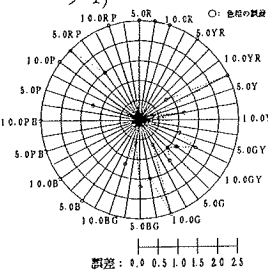


図 15 明度 9 の誤差(ネットワーク 1)

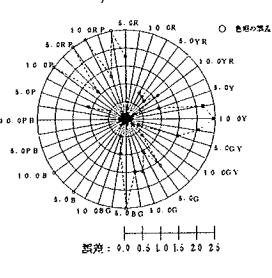


図 16 明度 9 の誤差(ネットワーク 2)

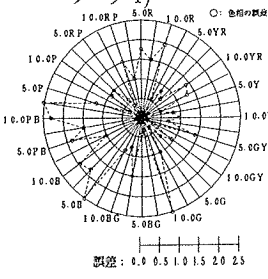


図 17 明度 5 の誤差(ネットワーク 1)

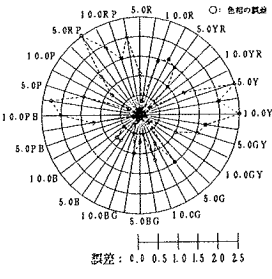


図 18 明度 5 の誤差(ネットワーク 2)

を必要とする。そこで、全学習データの約 1/3 を手計算により変換し、得られたマンセル値と正しい値との差の程度を調べ、どの程度の誤差があるのかを見る。精度の判別であるが、先の  $x, y, Y_c$  値の誤差において、明度に関しては、ほぼ正しい値を出力していることから、色相  $H$ 、彩度  $C$  の精度を調べることにする。その方法は以下に述べる通り。

この誤差の表示についても、色相環を利用する。中心を誤差 0、円の半径を最大誤差 2.5 とし、各色相別にどの程度の誤差があるのかを見る。最大誤差を 2.5 としたのは入力データとして色相は 2.5 刻みであり、この 2.5

を目安とした。ネットワーク 1 の学習結果と、ネットワーク 2 の学習結果を色相については明度別で更に色相別の平均誤差、彩度についてはすべての明度の色相別の平均誤差を、それぞれ対比させてどちらのネットワークでの学習が良いのかを判断する。まず、彩度の誤差を図-13~14に示す。

次に明度を固定した場合の誤差の例を図-15~18 示す。

彩度についての誤差は、許容差は  $C \pm 0.4$  となっており、いずれのネットワークにおいてもほぼ許容差内にあるといえる。とくに、ネットワーク 2 では、非常に良い学習をしている。

色相の誤差に関してであるが、どちらのネットワークにおいても、許容差内にあるものとそうでないものが見られる。その誤差が大きくなる原因として、彩度が小さい時、 $x, y$  値が 0.01 違うと、色相は全く違う値のものになる。このことから、彩度が小さい時に誤差が大きくなり、その分平均誤差も大きくなるのである。

以上の誤差図から、色相については多少バラツキが見られ、どちらが良いとは判断し難いが、彩度の誤差において、ネットワーク 2 の形態が良い学習をしていることより、ネットワーク 2 が良いと判断する。

ネットワーク 2 についてのみ、色相  $H$ 、彩度  $C$  の平均誤差を図-19~20に示す。

これら図の中に太線が示されているが、これは、標準色表の許容差<sup>8)</sup>に示されている  $\Delta H, \Delta V, \Delta C$  の各数値に相当するわけである。この太線内に○があるとき、同じ色と言うことができるのである。

本当は、その許容差の表に示されているとおり、明度、彩度によって許容差の幅が違ってくるのであるが、そのように示そうとすると、かなり複雑なものとなるので、

表-4 画面表示での比較 ( $x, y, Y_c, R, G, B, HV/C$ )

例.1			
	ネットワーク 1	ネットワーク 2	正しい値
$x$	0.4198	0.4114	0.3960
$y$	0.3167	0.3207	0.3130
$Y_c$	0.1977	0.1883	0.1977
$R$	255	249	250
$G$	57	61	62
$B$	72	66	81
$HV/C$	3.5R5.0/6.8	4.8R4.9/6.3	2.5R5.0/6.0

例.2			
	ネットワーク 1	ネットワーク 2	正しい値
$x$	0.4111	0.4008	0.4021
$y$	0.3124	0.3110	0.3076
$Y_c$	0.0657	0.0624	0.0655
$R$	172	168	175
$G$	26	28	26
$B$	47	45	49
$HV/C$	3.5R3.0/4.2	3.1R2.9/3.8	2.5R3.0/4.0

例.3			
	ネットワーク 1	ネットワーク 2	正しい値
$x$	0.5309	0.5200	0.5188
$y$	0.4680	0.4634	0.4650
$Y_c$	0.4269	0.4293	0.4306
$R$	215	208	208
$G$	197	199	198
$B$	164	169	173
$HV/C$	9.5YR7.0/16.8	9.8YR6.9/16.0	10.0R7.0/16.0

ここでは一応の目安として、 $H : \Delta H = \pm 1.0, V : \Delta V = \pm 0.1, C : \Delta C = \pm 0.4$  と固定した。

それでこれらの図を見ると、色相の誤差については、 $Y, RP$  のあたりの色相において少々誤差が見られるが、ほぼ許容差内あるいは許容差に近い誤差であるということが分かる。明度については先述したとおり、ここでは示してはいない。彩度については、ほとんど許容差内の誤差あるいはそれに近い誤差であるということが分かる。ただ、これは、平均誤差ということもあり、すべてのデータに対してこの程度の誤差とは言えないわけであるが、うまく学習していると判断する。

c)  $R, G, B$  値への変換

2 種類のネットワークでの学習によって得られた

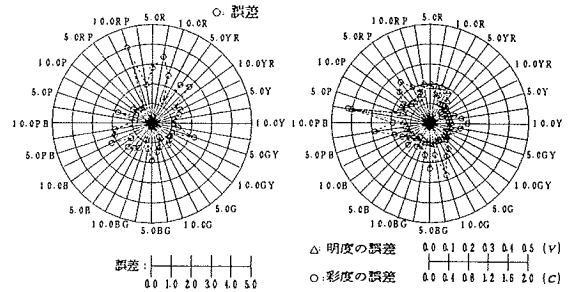


図 21 H の平均誤差

図 22 V, C の平均誤差

$x, y, Y_c$  をもとに、既存の変換プログラムにて  $R, G, B$  値に変換し、これをパソコンの市販ソフトにより、色表示させ、正しい値を変換したものと見た目にどの程度の差があるのかを調べる。適当に選び出した数個の値のみの比較をすることにし、その結果を表-4に示す。

表中の ( $R, G, B$ ) の値を比較してもわかるが ( $R, G, B$  のレンジは [0-255])、実際に画面に表示してみると、いずれのものも見た目にはほとんど差がないか、ごく微妙な差しか認められない。結果的には、いずれのネットワークもよく学習していると言える。

(2) XYZ 表色系からマンセル表色系への変換の精度

この学習は、最小誤差が 0.0010 での実行が現時点での限界であった。

この程度の誤差で精度を見ることには疑問を感じる。一応どれくらいのものかということを知るために精度を見ることにする。

方法としては、変換されるべき  $H, V, C$  との比較を行うことにする。

ただし、この学習はネットワーク 2 のみで行っている。単純に色相、明度、彩度の 3 つについて各色相別に精度を見ることにし、また、明度別、彩度 6 未満といったような区別はしない。

色相  $H$  の誤差、明度と彩度の誤差を下図に示す。また、円の半径すなわち最大誤差は 5.0 としている。

これらの図を見ると、色相  $H$  については  $RP, R$  の色相において、かなり大きい誤差が見られる。一方、 $V$  についてはほぼ許容差に近い誤差となっている。 $C$  については、先の学習に比べて誤差も大きいようである。

以上のことから判断してやはりこの学習はもう少し精度を上げる必要がある。

なお、本論では主として変換精度に関して述べてきたが、変換速度に関しては、従来、640(dot)x400(dot)のフルカラー画像に対して、i386CPU(20MHz)+NPDのシステムで30分程度を要していたものが、1分以内に高速化された。

## 6. まとめ

本研究は、橋梁の色彩を含めた景観分析において、コンピュータ・グラフィックス、写真等により、色彩調和の程度を評価する際に、表色系間の変換を容易にできるシステムを構築しようとしたものである。

マンセル表色系とCIE表色系間の変換を、ニューラルネットワークを用いることにより、瞬時にして変換できるようにし、変換速度および精度の面で向上させ変換作業の面倒さを解決することを試みた。

処理速度の面では、30倍程度の高速化が得られた。

マンセル表色系からCIE表色系への変換の学習においては、かなりの精度の変換システムができたと考える。多少誤差も認められるが、この程度の誤差は画面表示のR,G,B値からも分かるとおり、大きな差は無い。色彩学の立場で考えると”全く違う色”ということになるが、景観の調和を分析する際には大きく影響を与えるものではないと思え、このシステムは十分利用できるものと考えられる。

CIE表色系からマンセル表色系への変換の学習は、少々誤差が大きい。全く違う色に変換しているわけではなく、使えないこともないが、もっと正確な値にすべきであろう。本来は、こちらの変換のほうが、変換する作業が面倒なものであり、また、ムーン・スペンサーの色彩調和論<sup>11)</sup>においても、マンセル値をもって評価が得られるということから、変換精度の向上が望まれよう。

今後、教師信号、入力値の指定方法を工夫すること(例えば、JISの表をすべて教師信号として使用する)で、更に変換の精度を向上させることで、色彩調和分析までも含めたシステムに発展させることが可能であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 杉山俊幸, 深沢泰晴, 辻和政, 高橋良武:「サイコベクトルを用いた橋梁景観の定量的評価」, 構造工学論文集 vol.35A, pp523~532, 1989.
- 2) 松本 勝, 白石成人, 塩崎禎郎:「橋梁と背景の調和に関する研究」, 構造工学論文集 vol.38A, pp597~602, 1992.
- 3) 山本宏:「橋梁美学」, pp.192~193, pp.202~205, pp.215~233, 森北出版
- 4) 白木 渡, 松保重之:「色彩を考慮したアーチ橋の景観設計へのニューラルネットワークの適用」, 構造工学論文集 vol.39A, pp595~606, 1993.
- 5) 近田康夫, 城戸隆良, 宇野正高, 小堀為雄: 橋梁景観の色彩調和分析に関する研究, 土木学会論文集, No.489(I-27), pp.139~146, 1994.4.
- 6) 近田康夫, 宇野正高, 城戸隆良, 小堀為雄: パーソナルコンピュータ上でのCGにおける色彩表現に関する一考察, 第17回土木情報システムシンポジウム論文集, pp.113~118, 1992.10.
- 7) 日本色彩学会:「新編色彩科学ハンドブック」, pp598~600, 東京大学出版会, 1982.
- 8) JISハンドブック 33 色彩, pp.129~167, 日本規格協会, 1990.4.
- 9) ニューロンネットグループ+桐谷滋:「ニューロコンピュータ」, pp.12~127, 技術評論社
- 10) 安居院猛, 長橋宏, 高橋裕樹 共著:「ニューラルプログラム」, 昭晃堂
- 11) 日本色彩学会:「新編色彩科学ハンドブック」, pp592~596, 東京大学出版会, 1982.