

ニューラルネットワークによるマンセル—CIE間の表色変換(第2報)

Color Notation Conversion between Munsell and CIE Color Systems
Using Neural Networks (2)

富永 昌治

大阪電気通信大学工学部

Shoji Tominaga

1. はじめに

筆者らはニューラルネットワークを用いてマンセル表色系とCIE表色系間を変換する方法を提案した¹⁻²⁾。ニューラルネットワークを色座標変換のための非線形変換器とみなし、一方の空間から他方への写像を非線形素子(ニューロン)を並列的で多層に結合させた単純なネットワーク構造で実現させる。これにより従来からの補間法と異なり、データベースを用いずに高速変換を可能とした。ここでは変換の高精度化と単純化のためにいくつかの改善を行ったので報告する。

2. マンセル⇔CIE変換

マンセル表色系とCIE—XYZ表色系間の写像ではなくて、マンセルとCIE— $L^*a^*b^*$ 表色系間の直接写像をニューラルネットワークで構築する。三刺激値XYZは、CIEの変換式に基づいて、 $L^*a^*b^*$ 値から算出する。本ネットワークを定めるために、Nickersonらの表データからマンセル色に等価な $L^*a^*b^*$ 値を指定する表を作成した。有彩色データの数は3176で、無彩色の数は1001とした。

順方向変換及び逆方向変換のために下記のような3つの方式について検討した。

2. 1 VAB→ $L^*a^*b^*$ 変換

マンセル系は色相(H)、明度(V)、彩度(C)の円筒座標系であるので、この空間を次式で定義されるような(V, A, B)の直交座標系で記述する。

$$V = V, \quad A = C \cos\left(\frac{2\pi H}{100}\right), \quad B = C \sin\left(\frac{2\pi H}{100}\right) \quad (1)$$

ただし色相Hは実数で、 $0 \leq H < 100$ である。座標値(V, A, B)がニューラルネットワークに対する入力パターンである。他方、出力パターンは直交座標値(L^*, a^*, b^*)である。図1にユニットの接続を示す。前報の結果に基づいて入力層、3中間層、出力層の5層からなる。各ユニットの入力値は

$$\text{net} = \sum_i w_i o_i + b \quad (2)$$

で与えられ、ユニットの非線形出力は

$$o = f(\text{net}) \quad (3)$$

である。 o_i は前段のユニットiの出力値、 w_i はその重み係数、bはバイアス項、fはシグモイド関数

$$f(\text{net}) = 1 / \{1 + \exp(-4\alpha \text{net})\} \quad (4)$$

である。ただし入力層ではbとfはなく、出力層でも非線形項fを取り除いた。

学習には誤差逆伝搬法を適用した。正規化したマンセル表色値を入力し、対応する正規化 $L^*a^*b^*$ 値を出力ベクトルの教師

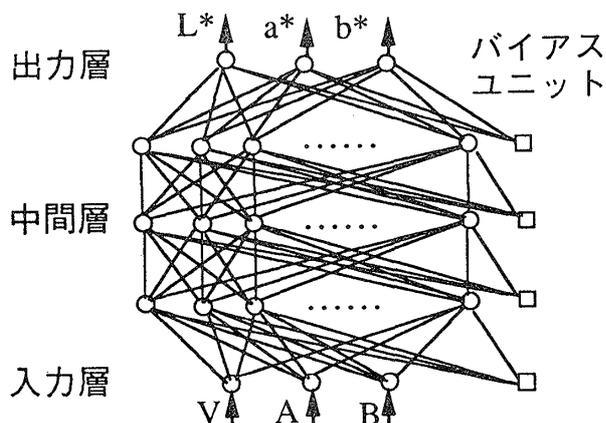


図1 ニューラルネットワークの構造

信号として提示する。係数の修正量は

$$\Delta w_{ji}(n+1) = \eta \delta_{pj} o_{pi} + \beta \Delta w_{ji}(n) \quad (5)$$

の形で与えられる。nは学習の回数である。

2. 2 HVC → L*a*b*変換

マンセル系を(1)式のように直交座標系で記述することなく、三属性HVCからL*a*b*への直接変換を試みた。すなわち3角関数の非線形変換自体もネットワークに含めようとする。図1において入力パターンがHVCに変わる。表色系の対応関係がただ一つのネットワークで記述されるので、もっとも単純で高速の変換方式である。

2. 3 L*a*b* → VAB変換

逆方向の変換は、図1のマンセル系L*a*b*変換と全く逆の過程をたどる。まず区間[-1, 1]に正規化した正規化L*a*b*値をネットワークに入力し、出力信号としてマンセル系の直交座標値(V, a, b)を正規化した値を得る。これを円筒座標系に座標変換すればマンセル表色値が求まる。

3. 計算機実験

学習データとして $C \leq 36$ の2089色を原データから抽出した。重み係数とバイアスの初期値は乱数でランダムに設定した。データの提示はランダムに行う。しかし乱数でデータを選択するのではなく、データ集合を1次元配列としてこれをランダムにソートして均一化を図った。学習定数 η と慣性定数 β 等の値は学習が進行するにつれて段階的に減少させた。

テストデータは学習データを除く原データの中から $0.5 \leq V \leq 9.5$, $C \leq 14$ の範囲で1770色抽出した。変換の精度はL*a*b*とマンセル両空間とも色差をユークリッド距離で表し、平均色差で方法の評価を行った。

最も効率的なネットワーク法を決めるために、異なった条件のもとで学習とテストを実施した。表1-3に各変換方式について、いくつかの実験条件と結果を示す。ネットワークは5層で、ユニット数を変化さ

せる。Nは重み係数とバイアスからなる未知パラメータの総数である。実験の主なパラメータはシグモイド関数の傾き α と学習定数 η と慣性定数 β の比 β/η である。

表1 VAB → L*a*b*変換

構造	α	N	β/η	平均 ΔE_{ab}
3-10-10-10-3	0.4	293	1.2	0.88
3-10-10-10-3	0.3	293	1.1	1.00
3-10-10-10-3	0.4	293	1.5	0.99

表2 HVC → L*a*b*変換

構造	α	N	β/η	平均 ΔE_{ab}
3-10-10-10-3	0.3	293	1.2	0.78
3-15-15-15-3	0.4	588	1.2	0.55
3-18-18-18-3	0.4	813	1.2	0.50

表3 L*a*b* → VAB変換

構造	α	N	β/η	平均 ΔE_{ab}
3-10-10-10-3	0.4	293	1.2	0.17
3-10-10-10-3	0.35	293	1.3	0.22
3-10-10-10-3	0.3	293	1.1	0.17

本実験で次のような傾向が明らかになった。

1. 慣性係数を学習係数より若干大きくすれば、平均誤差を小さくなる。
2. シグモイド関数の傾きはデータの正規化範囲に関係し、精度にも影響する。
3. VAB → L*a*b*よりもより直接的なHVC → L*a*b*が高精度である。

4. おわりに

マンセルとCIE表色系間の変換のために、マンセルとCIE-L*a*b*表色系間の直接写像をニューラルネットワークで構築する方法を提案した。順方向変換では前報の平均 $\Delta E_{ab} = 1.36$ に比べて大きな改善が得られた。

最後に、計算機実験に助力していただいた元本学学生松岡京城君に深謝します。

文献

- 1) 富永、色学誌、17, pp. 79-80 (1993).
- 2) S. Tominaga, CRA, 18, pp. 253-259 (1993).