カテゴリカル知覚における色恒常性モデル

矢田　紀子†　　長尾　智晴‡　　内川　恵二††
横浜国立大学　工学部　電子情報工学科†
横浜国立大学　大学院環境情報研究院‡
東京工業大学　大学院総合理工学研究科††

1. はじめに

我々人間は,色の微妙な違いを見分けることができる.一方,その色を他者に伝えようとするときには,赤・青などのように色を幾つかのカテゴリにまとめて表現することが多い．これを色のカテゴリカル知覚という.この色のカテゴリのなかには,誰もがよく用いる色があり,これを基本カテゴリ色という.

基本カテゴリ色には,白・赤・緑・黄・青・茶・オレンジ・紫・ピンク・灰・黒の１１色があることが知られている.これは,言語によらず等しく用いられることが示されている.

また,我々人間は,環境光のスペクトルが変化しても,物体の色を安定して知覚することができる.これを色恒常性という.

ある物体の色の見えがどのカテゴリ色となるかは,その物体の反射光スペクトルだけではなく,周囲の環境にも影響され,色恒常性を伴って決まる[1]～[4].

本研究では,このようなカテゴリカル色知覚における色恒常性が,人間の視覚系でどのような処理を施された結果,実現されているのかを推定することを目的として,ニューラルネットワークにさまざまな照明光の下での基本カテゴリ色(11色)の知覚を学習させた.本研究では,獲得した色恒常性を伴ったカテゴリカル色知覚獲得を実現するニューラルネットワークを用いて画像処理を行うことを目標としている.

2. 学習データ

学習に用いたニューラルネットワークの教師データセットは,３種類の照明光下でのカテゴリカル色知覚を測定した内川らの心理物理実験から用意した.

この実験では,刺激として OSA 色票 424 枚を用いた.刺激は天井より LCD プロジェクタにより照明され,N5 のボード上に１枚ずつ提示される．照明光の相関色温度および CIE(1931)xy 色度は下記を用いた;約 3000K:((x,y)=)(0.448,0.420), 6500K:(0.313,0.329),　25000K:(0.251,0.225). これらの照明光の分光分布を Fig.1 に示す.

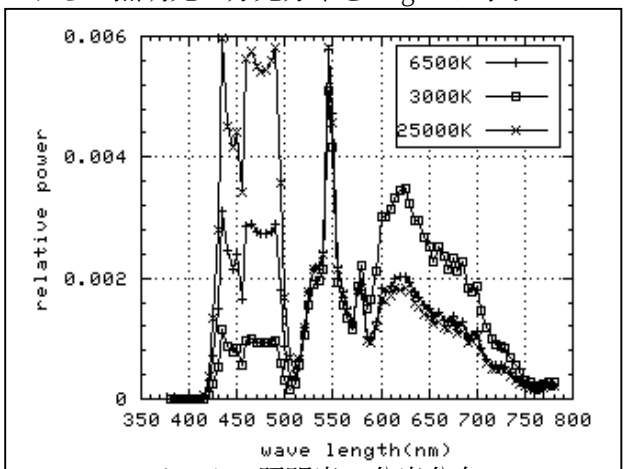

Fig.１．照明光の分光分布

色の見えはカテゴリカルカラーネーミング法で測定した.これは,11 個の基本色の中から,その色票の見えをもっとも良く表す色名を 1 個答えるという方法である.被験者は 4 名で,それぞれ色票 424 枚に対してのネーミングを 1 セッションとして,同一照明光で 2 回のセッションを行い,3 照明光×2 回＝6 セッションを行った.

教師データセットには,3 照明光×424 枚×1 セッション=1272 セットを用意した．入力データは,それぞれの照明光で測定された OSA 色票の輝度 Lum と CIE(1931)xy 色度座標(x,y)以下のようにして求めた.まず,式(1)を用いて XYZ 表色系の値(X,Y,Z)へと変換した[5].

$$X = \frac{x}{y} \times Lum$$
$$Y = Lum \qquad (1)$$
$$Z = \frac{1-x-y}{y} \times Lum$$

A Color Constancy Model for Categorical Perception
†Noriko Yata・Div.of Electrical and Computer Eng.,Yokohama National University
‡Tomoharu Nagao・Faculty of Environment and Information Sciences,Yokohama National University
††Keiji Uchikawa・Interdisciplindry Graduate School of Science and Engineering,Tokyo Institute of Technology

次に,得られた(X,Y,Z)を式(2)に示す Smith-Pokorny の錐体分光感度関数を用いて L,M,S 錐体応答値へ変換した.ここで得られた(L,M,S)を[0,1]の間に正規化したものを入力データに用いた.

$$\begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.15514 & 0.54312 & -0.03286 \\ -0.15514 & 0.45684 & 0.03286 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (2)$$

教師データには,実験で 4 名×1 セッション中に得られた結果の,ある色票の見えに対してある基本色名が何度用いられたかを表す色名使用比率を,[0,1]に正規化した値を用いた.このような教師データをネットワークに学習させることで,ニューラルネットワークは人間の脳が行っている LMS 錐体応答から基本カテゴリ色名への写像という計算課題として学習することが期待される.

また,ここで得られたニューラルネットワークは,学習データ以外の点が期待通りの出力をすることが保証されていないので,未知データに対しても人間と同様なカテゴリカル色知覚を行うことを確認するために, 実験結果のうち学習データとして用いた以外のセッションのデータを用いて未知データを作成した.

3. ニューラルネットワーク

本実験に用いたニューラルネットワークは３層のフィードフォワードネットワークで,入力層６ユニット,中間層１２ユニット,出力層１１ユニットからなる.中間層と出力層は入出力関数にシグモイド関数を用いた.

入力ユニットは３種類の錐体(L,M,S)に相当するユニットをテスト刺激,照明光のみの刺激それぞれに対して１セットずつ,合計６ユニットを用いた.出力層は１１ユニットで,それぞれのユニットが１１色の基本カテゴリ色に対応している.

ネットワークの学習は誤差逆伝播法の修正モーメント法で行っている.

4.結果

現在までに得られた結果の平均二乗誤差の推移を Fig.2 に示す.これは,1272 の教師データセットのうち 50 セットに対して学習した結果である.この図から,平均二乗誤差の最小値が 0.1 付近で収束してしまい,十分に学習ができていないことが分かる.

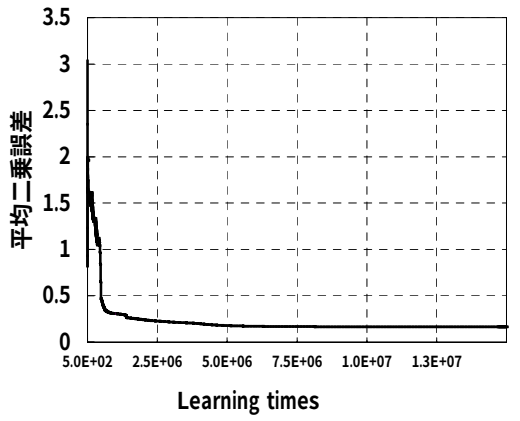

Fig.2.学習時の平均二乗誤差の推移

これは,この LMS 錐体応答から基本カテゴリ色名への写像という計算課題が,求めたい解の付近に多くの局所解が存在し,誤差逆伝播法による学習が艱難なことが原因であると考えられる.現在,この問題を解決するために実験を引き続き行っている.

また,使用する学習データセットを増やして実験を行い,さらに得られたニューラルネットワークの汎化性を確認する実験も行う.これらの結果は発表にて行う予定である.

5. まとめ

人間のカテゴリカル色知覚を測定した心理物理実験の結果をニューラルネットワークに学習させることで,人間と同様なカテゴリカル色知覚を行うニューラルネットワークを獲得し,人間の視覚系での処理を推定する手法を提案した.

文献

[1]内川 恵二:色覚のメカニズム,朝倉書店(1998)
[2]栗木 一郎,内川 恵二:色恒常性の二つの段階:完全色恒常性と部分的色恒常性 照明学会誌,81,55-65(1997)
[3]内川 恵二:異なった照明光下でのカテゴリカル色知覚に関する研究 照明学会誌,80,44-46(1996)
[4]鈴木 哲明,長尾 智晴,栗木 一郎,内川 恵二:ニューラルネットワークによる色のカテゴリカル知覚の学習　映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会 HIR99-38(1999)
[5]池田 光男:色彩工学の基礎,朝倉書店(1980)