

ニューラルネットワークによる色覚異常者向けの色同定支援の改良

野口大貴[†] 篠沢佳久[†]慶應義塾大学 理工学部 管理工学科[†]

1 研究の背景

私たち人間の視覚情報を基にした認知、判断において色の情報は重要な役割を担う。しかし、世の中には一般的な色覚を持つ人（一般色覚者と呼ぶ）だけでなく、色覚に何らかの異常がある人（色覚異常者と呼ぶ）も存在する。色覚異常は視細胞（LMS 錐体）の反応値の異常に起因する[1]。本研究では色覚異常者の色覚支援を試みる。色覚支援に関しては、色の名称を特定できる色同定と、異なる2色をそれぞれ別々の色であると知覚できる色弁別が取り上げられる。本研究では色同定の支援に着目する。

先行研究[2]では、色同定を予測するニューラルネットワーク（色同定 NN と略す）を構築した後、色変換を行っている。色変換は、色覚異常者が一般色覚者と同様の色同定を可能にすることを目的としている。先行研究[2]で用いた色覚異常者の色同定 NN への入力は、LMS 錐体の反応値を色覚異常者特有の値に補正変換した値としている。ただし、膨大な数の補正変換ごとに色同定 NN を構築しており、計算量に課題があった。そこで、本研究では補正変換に用いる係数をパラメータとして学習することで、計算量の削減及び予測精度の向上を目指す。

2 提案手法

2.1 提案手法の概要

本研究では、まず色覚異常者及び一般色覚者の色同定 NN をそれぞれ構築する。そして、ある色に対する LMS 錐体の反応値を学習済み色同定 NN に入力し、色覚異常者と一般色覚者による色同定の予測結果が異なる場合、両者の色同定結果が一致するような色変換を実施する。

2.2 色同定実験によるデータ収集

色同定 NN の構築には、色同定実験により収集されたデータを用いた。被験者は一般色覚者 100 名、色覚異常者 15 名であり、単色からなるカード 652 枚を用いた。被験者は、1 枚ずつ掲示されたカードが何色に見えるのかを回答する。

回答の候補は白、黒、赤、緑、黄、橙、青、紫、茶、黄緑、水、桃、灰の 13 色とした。

2.3 色同定 NN

色同定 NN は一般色覚者、色覚異常者を対象に構築する。前者では被験者 100 名全体を対象に、後者では被験者 15 名各々を対象に構築する。

○一般色覚者の色同定 NN

一般色覚者の色同定 NN を図 1 に示す。ユニット数が入力層で 3、第一、第二中間層で 20、出力層で 13 の一般 A モデルと、一般 A モデルの入力層の直後にユニット数 3 の層を追加した一般 B モデルの 2 種類を設けた。一般 B モデルで追加した層は、後に述べる補正変換層の役割を担う。先行研究[2]と同様に、入力値には XYZ 表色系での三刺激値 X, Y, Z から式(1)[3]により変換された LMS 錐体の反応値 L, M, S を用いる。

$$\begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.155 & 0.543 & -0.033 \\ -0.155 & 0.457 & 0.033 \\ 0.000 & 0.000 & 0.016 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (1)$$

出力層の各ユニットは、色同定実験での回答候補 13 色に対応し、出力値が最大の色を予測結果とする。また、教師データは、色同定実験での一般色覚者 100 名による各色の回答割合とした。

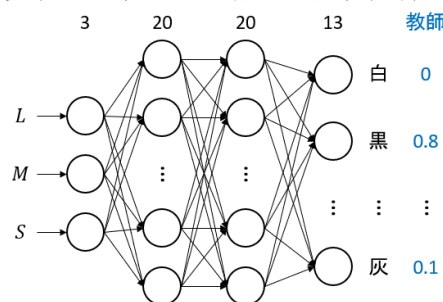


図 1 一般色覚者の色同定 NN (一般 A)

○色覚異常者の色同定 NN

色覚異常者の色同定 NN でも LMS 値を入力とする。ただし、式(1)では一般色覚者における LMS 値が得られるため、この値を色覚異常者特有の値に補正変換する層（補正変換層と呼ぶ）を設ける。先行研究[2]では 27,783 通りの補正変換ごとに色同定 NN を構築しており、計算量に課題があった。そこで、本研究では補正変換に用いる係数をパラメータとして学習する。また、教師

Improved color identification assistance for color-blind people by using neural networks

Daiji Noguchi[†], Yoshihisa Shinozawa[†]

[†]Faculty of Science and Technology, Keio University

データは、色同定実験での色覚異常者による回答色に対応するユニットで 1, その他のユニットで 0 とする. 本研究では色覚異常者の色同定 NN として 2 種類のモデルを提案する. 1 種類目が, 図 2 に示す, 一般 A モデルの入力層直後に補正変換層を追加した構造の Simple Corrective Transformation (SCT と略す) モデルである.

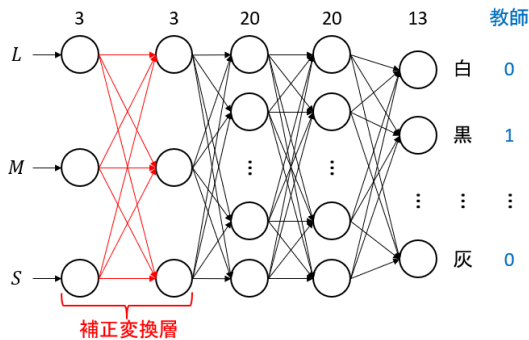


図 2 色覚異常者の色同定 NN (SCT)

ここで, LMS 錐体の中で異常な錐体は 0 種類から 3 種類のいずれかであるため, 補正変換層の重みによって, 計 8 通りの色覚異常の型 (便宜上, 異常な錐体が 0 種類の場合も含む) を模倣する. 特に, 補正変換層において, 異常な錐体に対応する第一中間層のユニットへの重みは学習する. 一方, 正常な錐体の反応値は補正変換前後で変化しないように各重みを 0 や 1 で固定する. なお, 補正変換層にはバイアスは設けない.

2 種類目が, 学習済みである一般 B モデルを転移学習させた, Transfer Learning (TL と略す) モデルである. TL では, 一般 B での補正変換層, 第三中間層から出力層にかけてのパラメータを再学習する. さらに, 一般 B での出力層の直後に, ユニット数 32, 13 の 2 層からなる色名変換層を追加して学習する. 色名変換層では, 一般 B での出力層で得られる色同定予測結果を色覚異常者用に交換する役割を担う. また, TL での補正変換層も SCT 同様に 8 通りの色覚異常の型を模倣する. ただし, 異常な錐体が 0 種類の場合, TL の補正変換層の重みは一般 B での値のまま固定する点のみ異なる. これは, 一般色覚者であっても錐体の反応値は式(1)の通りにならないことを前提に, 補正変換することを意味する.

各モデル内の 8 通りの色覚異常の型それぞれについて, 被験者 15 名ごとに色同定 NN を構築する. そして, 各被験者において, 精度が最高となった型での色同定 NN をモデルごとに採用する.

2.4 色変換

色覚異常者の色同定 NN の予測結果が一般色覚

者での予測結果と異なるカードについては, 両者の予測結果が一致するように色変換を実施する. その際, 色同定実験において回答した色ごとにカードを分類し, 各 13 色について $L^*a^*b^*$ 表色系での特徴量の平均値を求める. そして, 変換前のカードの色から, 一般色覚者の色同定予測結果の色の平均値まで $L^*a^*b^*$ 値を一定値ずつ移動させる. ただし, 色変換が成功するか, 目的色の平均値まで到達した時点で操作を終了する.

3 評価実験

3.1 色同定 NN の予測結果

本研究では 652 枚のカードを学習用に 80 %, 評価用に 20 % の割合で分けた. 一般色覚者については各モデル 1 個の色同定 NN を構築し, 一般 A で 0.916, 一般 B で 0.931 の正解率であった. 各色覚異常者については 5 cross-validation を行った. 色覚異常者の色同定 NN の正解率に関して被験者全 15 名での平均値を表 1 に示す. 両モデルともに, 先行研究[2]での平均正解率 0.721 を上回り, 標準偏差 0.0476 を下回ることができた.

表 1 色覚異常者の色同定 NN の予測精度

	平均正解率	標準偏差
SCT	0.746	0.0467
TL	0.753	0.0454

3.2 色変換結果

色変換後, 色覚異常者と一般色覚者の色同定 NN の予測結果が一致するようになったカードの割合について, 被験者全 15 名での平均値を求めると, SCT で 0.909, TL で 0.913 となった.

4 結論

本研究では, 色覚異常者の色同定 NN に, 錐体の補正変換層の導入, 一般色覚者の色同定 NN の転移学習による活用を提案した. その結果, 計算量の大幅削減に加え, 精度 0.753 での色同定予測, 精度 0.913 での適切な色変換が実現できた.

参考文献

- [1] 日本色彩学会: 新編 色彩科学ハンドブック 第 3 版, 東京大学出版会 (2011).
- [2] 庵原隆太郎, 大槻沙央里, 篠沢佳久: ニューラルネットワークを用いた色覚異常者の色同定支援, 情報処理学会 第 78 回全国大会講演論文集 (2016).
- [3] Smith, V.C. and Pokorny, J.: Spectral sensitivity of the foveal cone photopigments between 400 and 500 nm, Vision Research, Vol.15, No.2, pp.161-171 (1975).