

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

庵原隆太郎[†] 大槻沙央里[‡] 篠沢佳久[#]慶應義塾大学大学院 理工学研究科 開放環境科学専攻[†]慶應義塾大学 理工学部 管理工学科[#]

1 背景

一般的に色は誰にでも同じように見えているとは限らない。中でも、色弱、色覚異常と称される人（本研究においては、そのような障害を色覚異常と呼び、色覚異常の障害を持つ人を色覚異常者と呼ぶ）は多数存在し、健常者（本研究においては一般色覚者と呼ぶ）とは特異な色覚を持つ。色覚異常者が不便に感じることは大きく二つに分けられる。一つはある色とある色が別の色であると知覚すること（色の弁別）である。もう一つはある色の色名を特定すること（色の同定）である。

筆者らは、一般色覚者と同様に色覚異常者が色同定できるように、提示する色を変換する支援手法を提案してきた[1]。先行研究[1]においては、色覚異常者の色同定を予測するため、ニューラルネットワークを用いている。本研究においては、その入力値として用いる LMS 錐体の反応値について、個人ごとに色覚異常の型によって補正変換を行なうことで最適な反応値を用い、色変換の精度を向上させることを試みる。

2 提案手法

2.1 提案手法の概要

先行研究[1]においては、次の(1)～(3)の処理(図1)によって色変換を行ない、色覚異常者が一般色覚者と同様に色情報を知覚することを支援する手法を提案している。

- (1) 色覚異常者と一般色覚者に未知の色を提示し、その色に対する色名を予測する(色同定)。
- (2) 両者の色同定の予測結果が同じ場合は、その色については両者とも同じ色感覚を持ったものと判断し、色変換は行なわない(図1左図)。
- (3) 両者の色同定の予測結果が異なった場合、色覚異常者は一般色覚者と異なる色感覚を持ったものと判断する。この場合、提示された色に対して、色覚異常者が一般色覚者と同じ色名を同定できるように色変換を行なう(図1右図)。

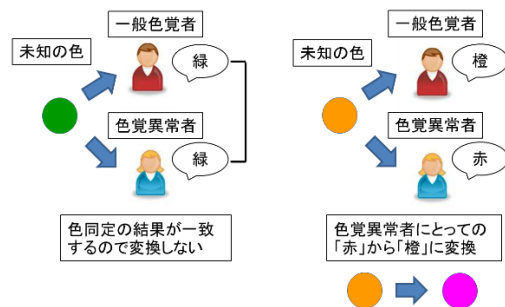


図1 提案手法の概要

上記の過程を実現するために、色同定実験を一般色覚者と色覚異常者に対して行ない、被験者ごとに色と色名を対応付けしたデータを収集する(2.2節)。次に未知の色の色名を予測するため、収集したデータを用いて、一般色覚者の色の見えを予測する分類器と色覚異常者の色の見えを予測する分類器(色同定ニューラルネットワーク、色同定ネットワークと略す)を学習する(2.3, 2.4節)。そして一般色覚者用の色同定ネットワークが予測した色名と色覚異常者用の色同定ネットワークが予測した色名が異なった場合、色変換を行ない、色同定の結果が両者で一致するようにする(2.5節)。

2.2 色同定実験

色と対応する色名についてのデータ収集を目的として色同定実験を行なう。被験者には色見本カード[2]から提示された一枚のカードについて13種類の色名(白, 黒, 赤, 緑, 黄, 橙, 青, 紫, 茶, 黄緑, 水色, 桃色, 灰色)から選択してもらう。被験者は一般色覚者80名, 色覚異常者15名とした。一人あたり652色分のデータを収集する。学習用データとして326色を用い、色同定ネットワークを構築し、残りの326色については評価用として用いる(2-cross-validation)。

2.3 一般色覚者用の色同定ネットワークの学習

図2左図に示す通り、4層型のフィードフォワード構造とする。入力層のニューロン数は3個とし、入力値については、色見本カードのXYZ表色系の値を、Smith-Pokornyの変換式((1)式)[3]によってLMS錐体の反応値に変換した値とする。

A support system of color identification for partial color-blindness people using neural networks

[†] Ryutaro Ihara, Keio University

[‡] Saori Otsuki, Keio University

[#] Yoshihisa Shinozawa, Keio University

$$\begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.155 & 0.543 & -0.0329 \\ -0.155 & 0.457 & 0.0329 \\ 0.0 & 0.0 & 0.016 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (1)$$

出力層のニューロン数は 13 個とし、13 色の色名と対応づける。出力値は、ある色カードについて、対応する色名のニューロンに被験者全員の回答した割合を教師信号として与える。第一中間層、第二中間層のニューロン数は任意（本研究では 32 個）とし、各層間は全結合とする。学習には誤差逆伝播法を用いる。

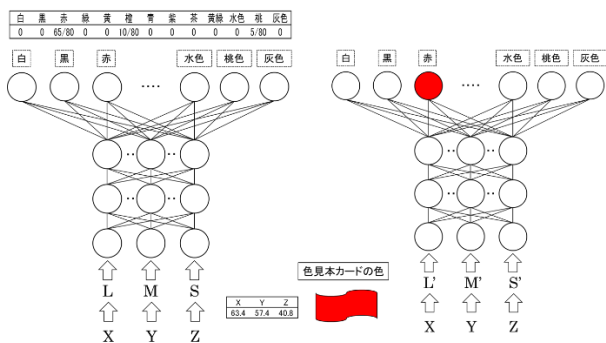


図 2 色同定ネットワークの学習

2.4 色覚異常者用のネットワークの学習

(1)式によって求められた錐体の反応値は一般色覚者を対象としたもので、色覚異常者の場合、個人ごとに大きく異なる。2 色型色覚異常を仮定した場合、錐体の異常によって 1 型、2 型、3 型に分かれる。そこで 1 型、2 型、3 型の色覚異常者の錐体の反応値を(2), (3), (4)式によって補正変換する[4]。

$$\begin{pmatrix} L' \\ M' \\ S' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} L' \\ M' \\ S' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a & b & c \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} L' \\ M' \\ S' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a & b & c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} \quad (4)$$

しかし色覚異常の型が分からない場合、どの補正変換の式を用いるべきか不明である。そこで、色同定ネットワークを学習する際、(2)~(4)式中の係数 ab,c を-1.0 から 1.0 まで 0.1 刻みで変えながら入力値を変換した上で学習し、最も予測精度高い、補正変換式ならびに係数を求める。

ネットワークの構造は図 2 右図に示すように補正変換以外は一般色覚者用のネットワークと同様である。また出力値については、色名に対応するニューロンは 1、他のニューロンには 0 の教師信号を与える。学習方法は 2.3 節と同様である。

2.5 色変換

色変換を行なう場合、あらかじめ色覚異常者ごとに L*a*b*表色系上で、13 色についての平均値を求めておく。二種類の色同定ネットワークの予測結果が一致せず、変換する場合、L*a*b*表色系上での変換後の色の平均値に変換する。

3 評価実験

3.1 色同定ネットワークの有効性

一般色覚者用の色同定ネットワークを構築し、80 人分の被験者の評価用データを予測した結果、平均 74.8%の予測精度が得られた。また色覚異常者 15 名ごとで色同定ネットワークを構築し、予測精度を求めた。表 1 に結果を示す。

表 1 色覚異常者用のネットワークの予測精度

	平均値	標準偏差
補正変換をしない場合	70.8%	4.89
補正変換をした場合	72.1%	4.76

3.2 色変換の有効性

色変換の精度について表 2 に示す。この場合、色覚異常者用のネットワークの予測が正答だけでなく、さらに一般色覚者用のネットワークにより予測された色名と実験結果（80 人中最も多くの一般色覚者が選択した色）が一致した場合のみを正答としている。

表 2 色変換の予測精度

	平均値	標準偏差
補正変換をしない場合	65.9%	4.46
補正変換をした場合	67.6%	4.69

4. まとめ

本研究においては、色覚異常者に対して LMS 錐体の反応値を個人ごとに変換することで、約 68%の精度で色変換の支援が可能であることを示せた。

参考文献

- [1] 小林和馬, 篠沢佳久, 色覚異常者の色同定支援における色変換手法の提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, pp.867-872, 2014.
- [2] DIC カラーガイド第 19 版, http://www.dic-graphics.co.jp/products/cguide/dic_color_guide_19.html, 2016 年 1 月参照.
- [3] 日本色彩学会編: 新編 色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, 2011.
- [4] Françoise Viènot, Hans Brettel, John D.Mollon: Digital Video Colourmaps for Checking the Legibility of Displays by Dichromats, COLOR research and application, Vol.24, No.4, pp.243-252, 1999.