

畳み込みニューラルネットワークを用いた色の恒常性の学習によるドレスの色の錯視の再現

市川 貴大[†] 野口 渉^{††} 飯塚 博幸^{†††} 山本 雅人^{†††}

[†] 北海道大学 大学院情報科学院

^{††} 北海道大学 大学院情報科学研究院

^{†††} 北海道大学 人間知・脳・AI 研究教育センター

1 序論

錯視とは視覚に関する錯覚のことで、様々な種類の錯視が確認されている。錯視の原因のひとつとして脳による視覚入力への補正が考えられており、視覚の補正あるいは予測を学習したニューラルネットワークにより錯視を再現する研究が行われている [1][2]。錯視を再現するモデルを構築し、モデル構造や学習プロセスの比較によって錯視が再現される条件を見つけることで錯視のメカニズムを知る手掛かりになると考えられる。本研究ではドレスの色の錯視に着目し、畳み込みニューラルネットワークを用いたモデルで再現を行う。

2 ドレスの色の錯視

ドレスの色の錯視とは、人によって見え方が異なるドレスの画像に関する錯視である。図1に示す画像は、主に「青色と黒色」、「白色と金色」に見える人に二分されることが知られている。この見え方の違いには、人間の視覚における色の恒常性が関わっていると考えられている。色の恒常性とは、照明光などの光の影響を補正して物体の色を知覚する働きのことである。色の恒常性による補正には、様々な照明環境による見え方の変化の経験が影響していると考えられ、ドレスの色の錯視の2通りの見え方は、照明環境とその光の補正経験の違いによって生じている可能性がある。



図1: ドレスの色の錯視を起こす画像 [3]

3 色の恒常性獲得の学習

本研究では、ニューラルネットワークを用いてドレスの色の錯視の再現を試みる。色の恒常性が原因であるという考えに基づき、ニューラルネットワークを用いたモデルに色の恒常性の機能を獲得させる。ドレスの色の錯視は、画像にかかっている光の影響を考慮して、ピクセ

ルの色とは異なる色を知覚する。人によって光の影響の補正の仕方が異なるために、見え方の違いが生じていると考えられる。本研究では、周囲の光の影響を受ける画像を疑似的に生成し、その元の色を補正するニューラルネットワークを構成する。特に、異なる変換を行った訓練データを用いることで、異なる補正を行うニューラルネットワークを構成し、人と同様の見え方を補正方法を明らかにする。

3.1 ニューラルネットワークモデル

本研究では Autoencoder に畳み込みニューラルネットワークを用いた Convolutional Autoencoder を用いる。このモデルにおいては、中間層のサイズを絞ることで、画像全体の情報を統合した後に、元の解像度の補正画像を出力する。これにより、画像全体の色の分布を考慮した補正を行うモデルを構成する。

3.2 乗算変換した画像の補正による色の恒常性の学習

本研究では、周囲の光の影響を受ける画像を RGB 値をそれぞれ定数倍する変換である乗算変換で疑似的に生成し、その画像の補正を学習させることで、モデルに色の恒常性の機能を獲得させる。色の恒常性の中でも輝度と色味の補正が錯視の原因と考え、これら2つの変換を施した画像を用いる。輝度変換は RGB 全ての軸で同じ値での乗算、色味変換は軸によって異なる値による乗算に対応し、これら変換画像からの元画像への補正をモデルに学習させる。モデルは乗算変換を行った画像を入力として受け取り、変換を行う前の画像を出力するように出力画像と元画像の誤差の最小化を学習する。実験概要を図2に示す。

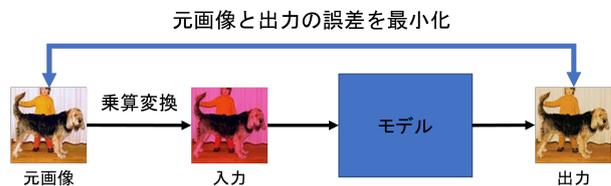


図2: 実験概要

3.3 データセット

本研究では、一般的な物体の画像を含んだデータセットである STL-10[4] を用いる。データセットに含まれる画像は 96×96 の RGB 画像で、訓練データ 105000 枚、テストデータ 8000 枚である。実際の人間の視覚経験に近づけるため、黒埋めされた画像は除いている。また、変換前の画像にかかっている光の影響をなくすために Histogram Equalization を行った画像を用いる。

Reproducing visual illusion of the dress by learning color constancy using convolutional neural network

[†] Faculty of Information Science and Technology,
Hokkaido University

^{††} Graduate School of Information Science and Technology,
Hokkaido University

^{†††} Center for Human Nature,
Artificial Intelligence, and Neuroscience, Hokkaido University

3.4 実験設定

輝度変換した画像を補正する学習と色味変換した画像を補正する学習はそれぞれ別々のモデルで行う。輝度変換した画像の補正を学習する実験では、元画像に対してRGBすべての軸で0.8を乗算した画像と1.2を乗算した画像の2枚の画像を生成する。色味変換した画像の補正を学習する実験では、元画像に対して軸ごとに0.7, 1.1, 1.3を乗算したものを生成する。特に、1枚の画像に対し、RGB値と乗算する値の全ての組み合わせに対応する計6パターンの変換画像を生成する。誤差として元画像と出力の平均二乗誤差を使用する。学習時の最適化手法はAdam[5]を用いる。バッチサイズは8、学習率は0.001とする。

3.5 ドレスの色の錯視の検証

2種類の学習を行ったモデルそれぞれに対してドレスの画像を入力したときの補正画像を図3に示す。この補正結果について定量的に評価する。特に、図4の領域Aは「青色か白色」、領域Bは「黒色か金色」に見えるため、これらの領域の画素値を評価する。具体的には、ドレスの画像を入力画像としたとき入力画像と出力画像の領域内のピクセル毎のLab値の平均を計算する。その結果と人間のドレスの画像の見え方を調べた結果[6]を比較して、錯視の再現を検証する。各領域における検証結果を図5, 6に示す。2つの学習では、異なる方向に変化していることが確認できる。輝度変換した画像の補正を学習した実験では、「青色と黒色」の見え方に、色味変換した画像の補正を学習した実験では、「白色と金色」の見え方に近づいている。



図3: ドレスの画像とモデルの出力

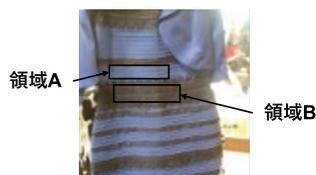


図4: 領域A:「青色か白色」に見える 領域B:「黒色か金色」に見える

4 結論

本研究では、CNNモデルにRGB値の変換が施された画像群の補正を学習させ、色の恒常性の機能を獲得させることで、ドレスの色の錯視の再現を試みた。学習済みモデルは、補正対象の画像変換方法の違いにより、ドレスの色の錯視画像に対して人間の見え方と同様に2種類の補正を行うことが確認された。特に、輝度変換した画像を補正する学習を行うことで、「青色と黒色」、色味変換した画像を補正する学習を行うことで、「白色と金色」の見え方に近づくことを示した。

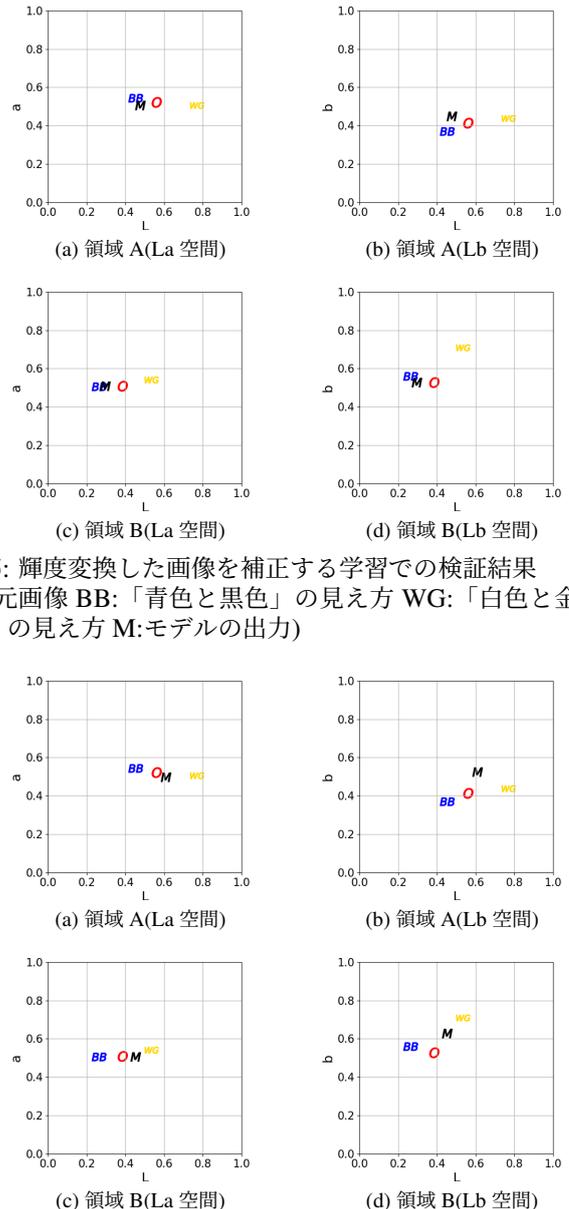


図5: 輝度変換した画像を補正する学習での検証結果 (O:元画像 BB:「青色と黒色」の見え方 WG:「白色と金色」の見え方 M:モデルの出力)

図6: 色味変換した画像を補正する学習での検証結果 (O:元画像 BB:「青色と黒色」の見え方 WG:「白色と金色」の見え方 M:モデルの出力)

参考文献

- [1] Eiji, W., Akiyoshi, K. and Kiwako, S.: Illusory Motion Reproduced by Deep Neural Networks Trained for Prediction, *Frontiers in Psychology*, Vol.9, pp.345(2018)
- [2] Alexander, G., Adrian, M. and Javier, V., et al.: Convolutional neural networks can be deceived by visual illusions, *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.12309-12317(2019)
- [3] Bleasdale, C.: Whoa wow wow!, online, available from <<https://web.archive.org/web/20150227014959/http://swiked.tumblr.com/post/112073818575/guys-please-help-me-is-this-dress-white-and>> (accessed 2021-12-20)
- [4] Adam, C., Andrew, N. and Honglak, L.: An Analysis of Single-Layer Networks in Unsupervised Feature Learning, *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, Vol.15 pp.215-223(2011)
- [5] Diederik, K. and Jimmy, B.: Adam: A method for stochastic optimization, *arXiv preprint arXiv:1412.6980*(2014)
- [6] Gegenfurtner, K., Bloj, M. and Toscani, M.: The many colours of 'the dress', *Current Biology*, Vol.25, No.13 pp.543-544(2015)