

色覚モデルを用いた配色の視認性の予測手法

Prediction of Visibility for Color Scheme with a Multi-Stage Color Model

山口 美樹†
Miki Yamaguchi

篠沢 佳久‡
Yoshihisa Shinozawa

1. まえがき

近年、インターネットの普及によって多くの人が様々なウェブサイトを利用するようになった。ウェブサイトを作成する上では、配色、文字の大きさ、レイアウトなどの要素を考慮し、ユーザにとって見やすいホームページを作成する必要がある。これらの中で背景色と文字色の組み合わせに着目し、配色についての見やすさを評価するため、一対比較実験によってデータを収集した上で、サーストンの一対比較法によって配色の見やすさを評価し[1]、さらにはニューラルネットワークを用いて未知の配色の見やすさを予測する手法[2]が提案されている。

本研究においては、これらの関連研究[1][2]を基礎として、人間の色覚モデルの一つである Multi-stage Color Model[2]を導入した配色の視認性の予測モデルを考案する。すなわち Multi-stage Color Model を用いて、背景色と文字色の見やすさを表現した特徴を抽出し、その特徴を用いてニューラルネットワークによって配色の見やすさを学習し、未知の配色の見やすさを予測する手法を提案する。

2. 一対比較実験によるデータの収集

本研究においては、サーストンの一対比較法によって配色の見やすさの指標を考案した研究[1]に基づいて、ブラウザ上における背景色と文字色との見やすさのデータを収集するため、被験者 20 名に対し、以下の一対比較実験を行った。まずブラウザ上で、同一色の背景上に異なった色の文字列を横書きで左右に表示し、被験者が見やすいと判断した方を選択してもらった。表示する二つの文字列は左右で同じ文章とした。

利用する色については、文字色には有彩色の 3 系統色（赤、緑、青）より系統色ごとに 5 色、背景色には有彩色の 10 系統色（赤、緑、青、シアン、マゼンタ、黄、その他のウェブセーフカラーとして 4 色）より系統色ごとに 4 色を使用した。一人当たりの一対比較の組み合わせは、10 系統（背景色）× 4 色 × 3 系統（文字色）× 10 組（文字色の組み合わせは 5C2）より 1200 回となる。次に収集された 20 人分のデータについて、系統色ごとに背景色と文字色の組み合わせの見やすさを数値として表わす。これについては、サーストンの一対比較法によって、配色の見やすさを得点化する。以上の手順によって、背景色として 10 系統色ごとに 4 色、文字色として 3 系統色ごとに 5 色の配色についての見やすさを数値化した。背景色が赤、文字色が緑についての結果を表 1 に示す。表の縦軸は背景色（4 色）の RGB 値を、横軸は文字色（5 色）の RGB 値を示す。表中の数値は、値が高い程その配色が見やすく、低い程見づらいことを示す。

†慶應義塾大学大学院理工学研究科

‡慶應義塾大学理工学部

表 1 系統色が赤、文字色が緑の場合の一対比較の結果

red	#003300	#006600	#009900	#00cc00	#00ff00
#660000	-1.125	-0.833	0.238	0.775	0.945
#990000	-0.433	-1.115	-0.291	0.704	1.135
#cc0000	0.329	-0.732	-0.723	0.221	0.904
#ff0000	0.565	-0.197	-0.763	-0.172	0.566

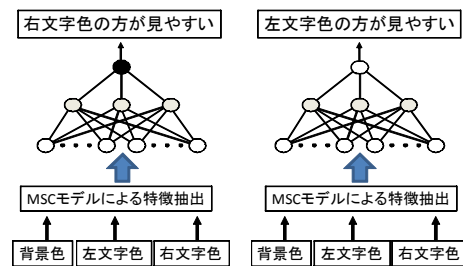


図 1 ネットワークの構造

表 2 ネットワークへ入力する特徴

	特徴	特徴数
背景色	LMS 錐体での反応値	3
	輝度値	1
	赤、緑、青、黄に対する反応値	4
文字色	LMS 錐体での反応値	3
	輝度値	1
	赤、緑、青、黄に対する反応値	4
背景色と文字色との差	輝度値	2
	反対色(赤と緑、青と黄の反応値の差)	4

本研究においては、一部の背景色（赤、緑、青、これを基本系統色と呼ぶ）の一対比較実験のデータを用いて、その他 7 色の背景色を未知の配色とし、見やすさを示す指標として、一対比較表を直接予測することを試みる。

3. 提案手法

3.1 Multi-stage Color Model の概略

本研究においては、配色の視認性の特徴を抽出するため、De Valois らの提案する Multi-stage Color Model[3] (MSC モデルと略す) を利用する。MSC モデルは多段階から構成された色覚モデルである。MSC モデルでは第一ステージにおいて可視光 (RGB 値) を LMS 錐体での反応値に変換する。第二ステージでは、LMS 錐体での反応値を基に、6 個の反対色型細胞の反応値を求める。第三ステージでは第二ステージの 6 個の反対色型細胞の応答を組み合わせ、各色（赤、緑、青、黄）に対する反応値及び輝度値を求める。

3.2 基本系統色の学習

背景色が基本系統色の実験結果を用いて、基本系統色以外の配色の見やすさを予測することが可能なニューラルネットワーク（以下、ネットワークと略す）を構築する。ネットワークの構造は 3 層型のフィードフォワード型とした（図 1）。ネットワークへの入力、背景色の特徴、左文字色の特徴、右文字色の特徴とする。利用した特徴については、MSC モデルから抽出した 30 個の特徴を用いた（表 2）。ネットワークの入力層のニューロン数は 30 個、中間層は 64 個、出力層は 1 個とした。入力した背景色、左文字色、右文字色の組み合わせにおいて、右文字を見やすいと判定した場合は 1 を出力させるように、左文字を見やすいと判定した場合は 0 を出力させるように教師信号を与える。すなわち個人ごとの見やすさを予測するネットワークを構築する場合は、個人ごとの実験結果から教師信号を 1 もしくは 0 と設定する（学習方式①と呼ぶ）。一方で、一般的な見やすさの傾向を予測するネットワークを構築するためには、被験者全員の結果を用い、被験者全員の平均値（右文字を見やすいと判定した人数/20）を教師信号の値として設定する（学習方式②と呼ぶ）。学習には誤差逆伝播則を用いる。

3.3 一対比較表の予測

学習済みのネットワークを用いて、背景色が基本系統色以外の場合の見やすさを予測する。そして系統色ごとに 40 組（4 色×10 組）のネットワークの出力値をもとに、サーストンの一対比較法を行ない、背景色と文字色の見やすさを得点化する。

4. 評価実験

4.1 配色の見やすさの予測

以上のように 3 系統の文字色において、基本系統色の一対比較実験のデータ（120 個×3 系統）を用いて、ネットワークの学習を行ない、その他の 7 系統色（シアン、マゼンタ、イエロー、4 色のウェブセーフカラー）のデータ（280 個×3 系統）を未知データとして扱い、その見やすさの予測を行ない、一対比較表を予測する。まず学習後のネットワークによって、未知の系統色の配色の見やすさが予測可能かどうかを調べるため、背景色がその他の 7 系統色のデータに対して、被験者ごとに見やすさの予測を行ない、実験値と比較し、正解率を求めた。また、関連研究[2]との比較のためネットワークに入力する特徴として、背景色、文字色についての RGB（3 個）、HSV（3 個）、XYZ（Yxy 表色系の xy 値も用いるため 5 個）、L*a*b*（3 個）の表色系での値を用いて学習を行った場合との比較（従来手法と呼ぶ）も行なう。この場合、ネットワークの構造は、入力層のニューロン数は 42 個であり、他は提案手法と同様に行なう。結果を表 3 に示す。

表 3 配色の見やすさの予測精度

	学習方式①		学習方式②	
	従来手法	提案手法	従来手法	提案手法
赤系統	82.09%	83.98%	82.89%	84.29%
緑系統	82.64%	86.41%	85.82%	87.89%
青系統	76.23%	77.50%	72.54%	76.04%
平均	80.32%	82.63%	80.42%	82.74%

表 3 より、いずれの文字色においても従来手法と比較して、学習方式①②ともに、提案手法の方が高い正解率を得ることができた。

4.2 一対比較表の予測

次に学習方式②によって学習したネットワークの出力値をもとに、サーストンの一対比較法を行ない、背景色と文字色の見やすさを得点化した。一例として背景色がシアン、文字色が緑の予測結果を表 4 に示す。一対比較表を用いて、配色の見やすさを比較する場合、評価すべき点として、実際の一対比較得点と予測値との誤差自乗和および隣同士の得点との大小関係（表中の任意の配色の得点において、上下左右斜め方向（8 方向）の配色との得点の大小関係について、実際の値と予測値で一致しているかどうかを全ての配色で調べ、その割合を予測精度とした）が挙げられる。それらを表 5 にまとめる。

表 4 背景色がシアン、文字色が緑の一対比較表の結果（表中、上の値が実験値、括弧内の値が予測値）

シアン	#003300	#006600	#009900	#00cc00	#00ff00
#006666	-0.150 (-0.068)	-1.352 (-1.167)	-0.242 (-0.434)	0.778 (-0.512)	0.967 (-1.157)
#009999	0.942 (-1.079)	-0.009 (-0.076)	-1.352 (-1.229)	-0.266 (-0.467)	0.685 (-0.540)
#00cccc	1.125 (-1.198)	0.691 (-0.718)	-0.117 (-0.110)	-1.352 (-1.232)	-0.346 (-0.575)
#00ffff	1.135 (-1.156)	0.737 (-0.714)	0.085 (-0.094)	-0.605 (-0.668)	-1.352 (-1.296)

表 5 一対比較表の予測精度

	正解率		誤差自乗和	
	従来手法	提案手法	従来手法	提案手法
赤系統	86.75%	89.61%	1.609	0.550
緑系統	84.68%	91.43%	1.805	0.709
青系統	73.51%	84.94%	3.546	0.370
平均	81.65%	88.66%	2.320	0.543

表 4 より、いずれの文字色においても提案手法が従来手法の正解率を上回っていることが分かる。また、誤差自乗和についても大きな改善が見られ、MSC モデルを導入した提案手法の有効性を示すことができた。

5. まとめ

本研究においては、Multi-stage Color Model を用いて、背景色が基本系統色の一対比較の実験結果から、その他の系統色についての配色の見やすさを予測するニューラルネットワークを考案した。今後は予測精度の向上のため、ニューラルネットワーク及び抽出する特徴の改良を行なっていく予定である。

参考文献

- [1] 納富一宏, 平松明希子, 斎藤恵一: 視認性を考慮した自己組織化マップによる Web カラーセット予測と自動色補正方式の検討, FIT2005, H-002, 2005.
- [2] 及川剛, 篠沢佳久: ウェブブラウザ上における背景色と文字色の見やすさの予測, FIT2011, G-010, 2011.
- [3] Rusell L.De Valois and Kareb K.DeValois: A Multi-stage Color Model, Vision Research, Vol.33, No8, pp.1053-1065, 1993.