

Web コンテンツにおける赤文字の誘目性に関する研究-色覚特性の度合いが可変なエミュレータ-

永田 和生^{1,a)}

概要: Web コンテンツでは、一般の文書と同様、背景色を白、文字色を黒とし、重要な箇所の文字色を赤にすることで強調する場合が多い。これは、赤色が持つ「誘目性」の高さを利用したものである。しかし、このような配色では、色弱者は本文中に含まれる赤文字を見つけることが難しいとされる。本研究では、新たな“色弱の度合い”の算定方法を考案するとともに、色弱者の誘目性をエミュレートする機構を開発し、その実証評価を行っている。結果として、著者らが開発したエミュレータを用いることで、異なる度合いの色弱者について、その誘目性を再現できると結論づけている。

キーワード: 色覚特性, 誘目性, Web, ユーザビリティ

An Emulator of Attractiveness by Red-colored Characters on Web pages

KAZUO NAGATA^{1,a)}

Abstract: The important keywords or sentences on web pages are commonly colored by red. This typical highlighting is based on the “attractiveness” of red. In this paper, the author evaluate how much the red-colored characters have attractiveness for color-blind persons. Additionally, the author developed and tested an emulator that emulates the attractiveness of red colored characters for a color-blind person. As a result, it is concluded that there is a clear difference in attractiveness of red-colored characters between normal color visioners and color-blind persons. The author concluded that the emulator can reappear the attractiveness for a color-blind person.

Keywords: Colorblindness, Attractiveness, Web, Usability

1. はじめに

1.1 背景

一般的な文書において、重要な箇所は赤文字にすることが多い。これは、赤色が持つ「誘目性」の高さを利用したものである [1][2][3]。

しかし、それは一般色覚の人が見た場合のことであり、色弱者には必ずしも当てはまらない。そのため、色弱者は赤文字で書かれた重要事項を見つけるのに時間がかかったり、見つけられなかったりすることもある。

この問題は、Web コンテンツにおいても同様である。Web コンテンツの場合は背景色／文字色を自由に組み合わせられるが、やはり白地に黒文字というのが標準的で、色弱者は本文中に含まれる赤文字を見つけることが難しいという傾向がある。

1.2 色覚特性

遺伝によって一般的なものとは異なる色覚特性を持つ「色弱者」は、一定の割合で存在する。色覚特性は大きく5種類に分類され、それぞれ以下に示すような特徴がある。

- C型：一般色覚。出現頻度は約95%。光の三原色を感知する錐体のすべてが機能している色覚特性。

¹ 熊本高等専門学校
National Institute of Technology, Kumamoto College.
^{a)} nagatak@kumamoto-nct.ac.jp

- P型：主に赤色光を感知するL錐体の欠損あるいは機能不全を原因とする色覚特性。
- D型：主に緑色光を感知するM錐体の欠損あるいは機能不全を原因とする色覚特性。
- T型, A型：稀に存在するが出現頻度は極めて低く、それぞれ約0.001%。

上記の型のうちP型とD型を合わせた出現頻度は、日本人の男性で約5%、女性で0.2%とされる[5]。本稿では特に赤色の感知特性に注目し、色弱者の中でもP型を研究の対象とする。

1.3 目的

「朱に交われば赤くなる」という諺が示すように、人々は赤を強い印象を与える色だと経験的に認識している。故に、(一般色覚の)人々は、ビジネス文書、ポスター、看板などの上に情報を配置するような場面で、目立たせたい場所に赤色を用いる傾向がある。このことは神作らによって明らかにされており、「誘目性」として述べられている[1]。しかし、前述のように赤色は色弱者にとっては識別を苦手とする色であり、必ずしも強い印象を受けない場合も多い。むしろ他の色よりも見えにくいような場合もある。

そこで我々は、一般的な白背景/黒文字のWebコンテンツでは、文字を赤く着色しても色弱者に対して誘目性を上げる効果は低いのではないか、という仮説を立て、先行研究で実証した[4]。

従来から用いられてきた紙を媒体とする文書の場合は、当然ながら印刷後に動的に色を変換したりすることはできない。一方、Webコンテンツの場合はソースコードの構文解析によって赤文字を検知し、動的に変換を施すことができる。本研究の大目標は、そのような変換機構を開発することにある。

本稿では、過去の研究[4]を発展させ、色弱者にとっての赤文字の誘目性から“色弱の度合い”を算定する方法について検討する。また、その結果に基づいて色弱者の誘目性をエミュレートする機構を開発し、その実証評価を行う。

2. 評価方法

2.1 被験者

- 被験者 2018001~被験者 2018003：一般色覚者
これまでに色弱と自覚したこと、および他者から指摘されたことがない一般色覚者3名を被験者とする。いずれの被験者も、裸眼視力または矯正視力で1.0以上である。
- P型被験者：
先天的に色弱を持つP型色弱者1名を被験者とする。事前に扶桑プレジジョン社製「パネルD-15テスト(iPad用)」[6]を用いて色覚特性の型を同定している。自動車運転免許保有。日常生活には不自由を感じて

いないと云う。識別が難しい色は、赤と黒、紫と水色、茶色と緑、など。本稿の著者本人である。

2.2 実験方法

2.2.1 実験1：赤色着色単語の誘目性比較

まず、文書中に出現する“赤文字による強調”が、一般色覚者および色弱者に与える誘目性の差を評価する。その方法は以下の通りである。

- (1) 図1のようなHTML文書を用意する。このHTML文書はPHPによって生成され、Webブラウザで読み込むとランダムな2ヶ所の単語が赤色で着色されて表示される。このうち一方はRGB16進表現で#F00の赤(以後「着色単語A」と呼ぶ)、他方はR値を減衰させたもの(以後「着色単語B」と呼ぶ)とする。(図1では15行目の「育成」の文字が#F00で、3行目の「端末」の文字が#A00で着色されている)
- (2) 被験者は、Apple iPad mini 2を用いてこのHTML文書を見て、最初に発見した着色単語を指でタップする。発見できない場合はパスできる。
- (3) このとき、タップするまでに要した時間と、正答(着色単語A)/誤答(着色単語B)のどちらをタップしたかを自動で記録する。
- (4) 着色単語BのR値の減衰量を、1段階を16進数1とし、13段階まで減衰させる。それぞれで10回ずつ計測を繰り返し、平均誤答率を求める。

2.2.2 実験2：色弱エミュレータによる誘目性再現

このエミュレータは、図2に示すようにWebサーバとPHPプログラムによって実装している。PHPプログラムは、実験1と同様に図1のHTML文書を読み込み、ランダムな2ヶ所の単語が赤色で着色して表示する。このとき、図3(B)のように「減衰量」を数値指定することで、その分だけ2ヶ所の着色単語の赤色があらかじめ減衰された状態で表示される。これにより、一般色覚者でも色弱者と同様の見え方を再現できることを想定している。

適用する減衰量は、以下の方法によって求める。

- (1) 実験1の結果から、多項式(3次)近似によって誤答率曲線を求める。
- (2) 色弱者の誤答率曲線上で平均誤答率の点を選ぶ。その点において、一般色覚者の誤答率曲線との横軸方向の差分を求める。
- (3) 実験1の結果から、一般色覚者と色弱者のそれぞれが誤答率0%になった点の横軸方向の差分を求める。
- (4) 上記の2つの値から平均値を求め、エミュレータに適用する減衰量とする。

作成したエミュレータに上述の減衰量を適用し、2.2.1と同様の方法で評価実験を行う。被験者は、実験1と同じ一

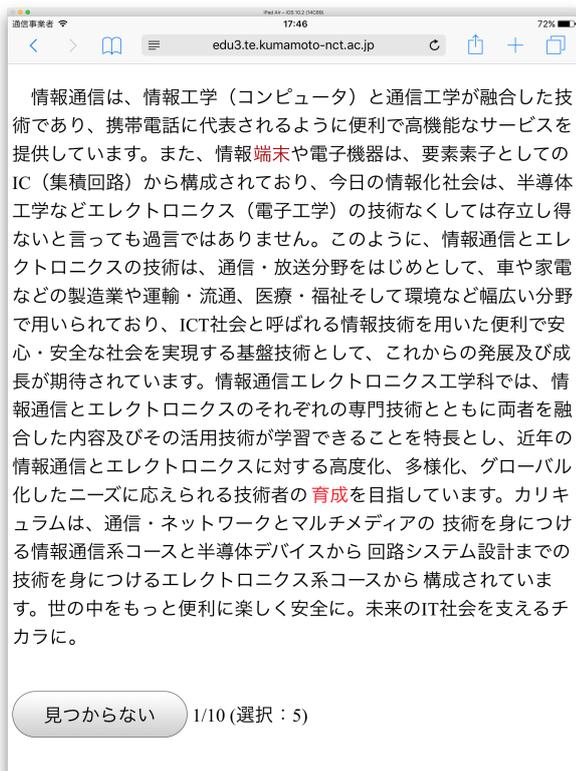


図 1 実験 1 の評価用 HTML 文書

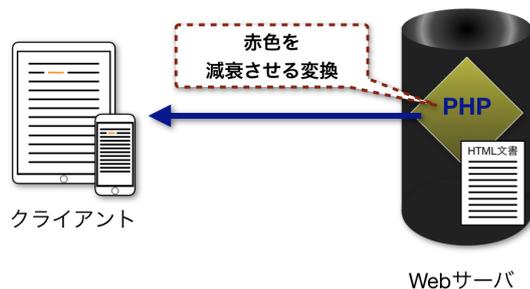


図 2 開発した色弱エミュレータの基本動作

一般色覚者 3 名とする。

3. 実験結果と考察

3.1 結果 1 : 赤色着色単語の誘目性比較

一般色覚者と P 型色弱者の測定結果を図 4 に示す。一点鎖線は一般色覚者 3 名の平均誤答率についての多項式 (2 次) 近似曲線, 破線は P 型色弱者の誤答率についての多項式 (2 次) 近似曲線を表している。横軸は着色単語 B の R 値の減衰量を示しており, 原点から順に #E00, #D00, #C00 のようになる。縦軸は誤答率を表している。

図 5 において, 2.2.2 で述べた方法により P 型色弱者の近似曲線と一般色弱者の近似曲線の横軸方向の差分を求めると, およそ 4.5 段階となる。また, 誤答率が 0% となる際の減衰量は, P 型被験者では 4 段階, 一般色覚者は 12 段階であるため, その差は 8 段階となる。この両者の平均を求めると 6.25 段階, 16 進表現で 6a となる。この算定結

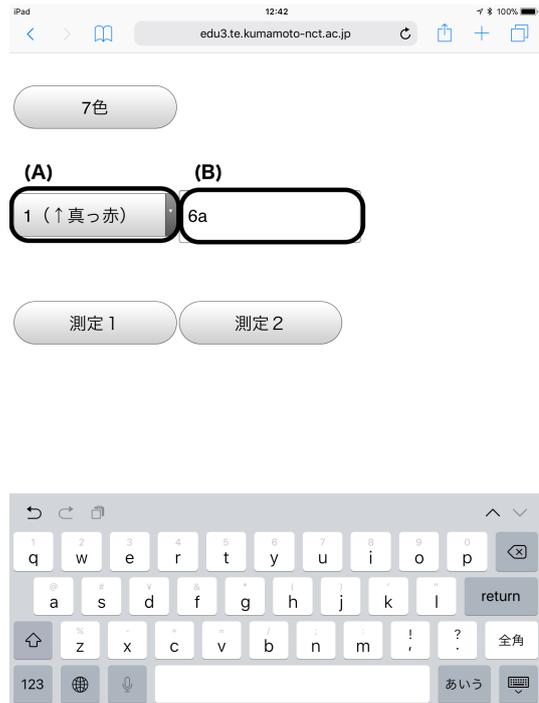


図 3 開発した色弱エミュレータの操作画面

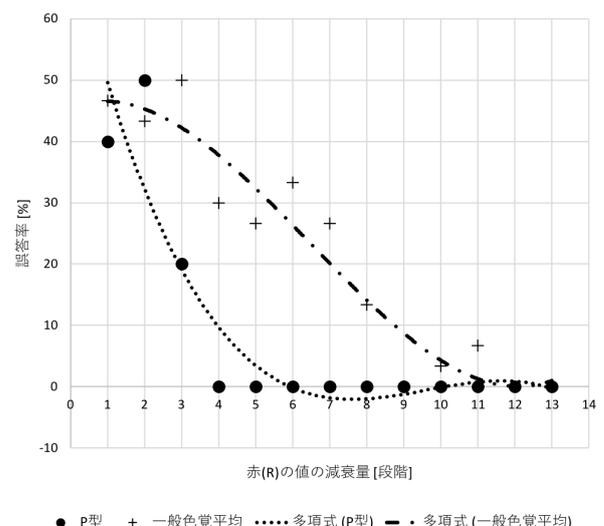


図 4 赤色着色単語の誘目性比較

果を P 型被験者の “色弱の度合い” とし, 実験 2 でエミュレータで指定する減衰量とする。

3.2 結果 2 : 色弱エミュレータによる誘目性再現

エミュレータを用いて 2ヶ所の着色単語の R 値をあらかじめ減衰させ, 一般色覚者を被験者として実験 1 と同様に実験を行なった結果をグラフに表すと, 図 5 のようになる。破線と一点鎖線は図 2 と同じもので, 二点鎖線がエミュレータを適用した場合の一般色覚者 3 名の平均誤答率を表している。実線は一般色覚者 3 名の個々の結果である。

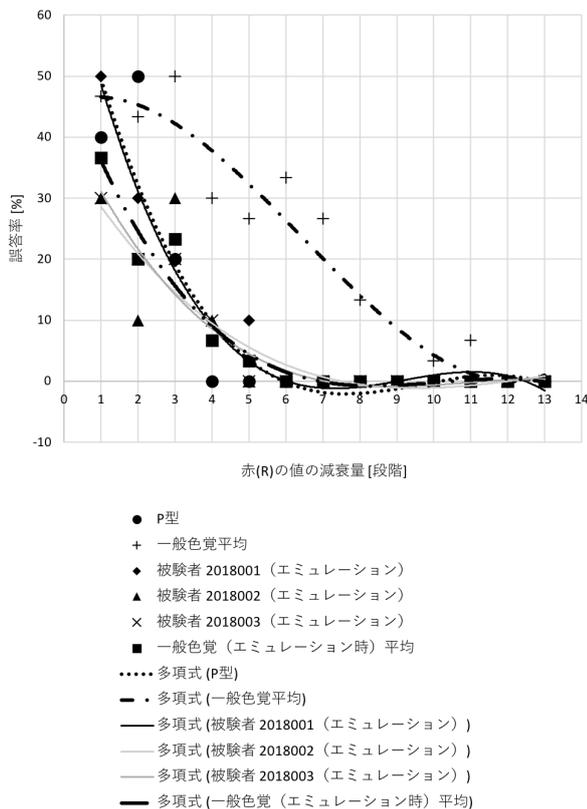


図 5 エミュレータによる赤色着色単語の誘目性比較

4. 考察

4.1 赤色着色単語の誘目性比較

いずれの被験者も、減衰量が少ないときは着色単語 B を選択する確率がおよそ 50%となっているが、減衰量が多くなるにつれて誤答率が低くなり、最終的に 0%となっている。減衰量が少ない場合はどちらの文字も目立つため、誤答率はおよそ 50%になるのが自然である。減衰量が多くなるほど着色単語 B の文字が目立ちにくくなるため、誤答率も低くなったと考えられる。

一方、一般色覚者と比べて P 型被験者の誤答率は早い段階から下がっている。P 型色弱者にとって 2ヶ所の着色単語は減衰量が少ないうちから黒文字に埋もれ目立たなくなるため、相対的に着色単語 A の方が目立ちやすくなり、それにより誤答率が早い段階から下がるものと考えられる。

4.2 色弱エミュレータによる誘目性再現

図 5 に示すように、エミュレータの適用前後で一般色覚者の誤答率曲線が色弱者の誤答率曲線に接近している。この結果から、本研究で考案した“色弱の度合い”の算定方法と作成したエミュレータによって、P 型色弱者の赤色に対する被誘目性をある程度再現できていると考えられる。

特に、実線で示した被験者 201801 の誤答率曲線は、P 型被験者のそれとほぼ重なるような結果となっている。こ

の被験者は、実験 1 において着色文字 B の赤色を 11 段階まで減衰させても、まだ発見できていた。後に、他の一般色覚の被験者とは視力に差があることがわかった。被験者 201801 は裸眼で十分生活可能な視力を有し、その他の一般色覚の被験者はコンタクトレンズなどによる矯正で視力を確保していた。

5. まとめと今後の課題

本稿では、一般的な Web コンテンツにおける着色文字に対する色弱者の被誘目性に着目し、その特性の評価を行った。その結果を元に色弱者のモデルを試作し、エミュレータの開発と動作実証を行なった。

実験 1 より、一般的な白背景／黒文字の Web コンテンツにおいて、P 型色弱者に対しては赤色による着色文字の誘目性が低いことを確認した。過去の研究 [4] では、一般色覚の被験者と色弱の被験者の誘目性の差から“色弱の度合い”を求める指標として、平均誤答率の曲線または誤答率が 0 になった点の減衰量差分を用いていたが、本稿では新たな算定方法を考案した。

実験 2 では、今回考案した算定方法による赤色の減衰量をエミュレータに適用し、一般色覚者が P 型被験者と概ね同様の結果となることが確認できた。この結果から、本研究で開発したエミュレータを用いることで、一般色覚者が色弱者の赤色に対する被誘目性を確認できると考えられる。本研究での実験方法と算定方法を用いることで、個々の色弱者の“色弱の度合い”を定量的に測定できる展望もあり、実験データの累積によりその妥当性を検証していきたい。

また、一般色覚者の中にも赤色に対する被誘目性についてばらつきがある傾向も見られたため、裸眼視力や視力矯正器具が赤色に対する被誘目性に影響を与えるかどうかについても、今後の研究課題としたい。

参考文献

- [1] 神作博：“色と視覚表示”，人間工学，Vol.4，No.1，pp.7-16，1968.
- [2] 重田和広，中山実，清水康敬：立体ディスプレイを用いた文字提示の効果，電子情報通信学会論文誌，Vo1.J82-A，No.1，pp.158-167，1999.
- [3] 成井智祐，中山実：着色文字の色情報が語句探索時間に与える効果の一検討，日本教育工学会論文誌，Vol.35，No.1，pp.95-98，2011.
- [4] 永田和生，坂本奨馬：Web コンテンツにおける赤文字の誘目性に関する研究，信学技報，2017，Vol.116，No.519，pp.87-90，2017.
- [5] 日本眼科学会：「目の病気，先天色覚異常」，http://www.nichigan.or.jp/public/disease/hoka_senten.jsp（閲覧日：2017年2月8日）
- [6] 扶桑プレジジョン：パネル D-15 テスト，<https://itunes.apple.com/jp/app/panerud-15tesuto/id406108475?mt=8>.