

Web コンテンツにおける赤文字の誘目性に関する研究 -色覚特性による誘目性の差-

永田 和生^{1,a)} 坂本 奨馬¹

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機会が多い。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。本稿では、色弱者に対して赤文字がどの程度誘目性を持っているのかについて評価を行なっている。その結果、一般色覚者と色弱者の間に赤文字の誘目性について明確な差異があり、Web コンテンツ制作者が期待するほど十分に情報が伝わらない可能性がある結論付けている。また、この結果に基づき、色弱者の誘目性をエミュレートする機構についても述べている。

キーワード: 色覚特性, 誘目性, Web, ユーザビリティ

Evaluation of Attractiveness of Red-colored Characters on Web pages

KAZUO NAGATA^{1,a)} SAKAMOTO SYOUMA¹

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, we evaluate how much the red-colored characters have attractiveness to color blind people. 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, and that information may not be conveyed enough as expected by the web content creator. Based on this result, we also describe the mechanism that emulates attractiveness of red-colored characters for color blind people.

Keywords: Colorblindness, Attractiveness, Web, Usability

1. はじめに

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。

2. 色覚特性

2.1 特徴と出現頻度

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正常に機能している色覚特性。
- P型：主に赤色光を感知するL錐体の欠損あるいは機

¹ 熊本高等専門学校 情報通信エレクトロニクス工学科
2659-2, Suya, Koshi, Kumamoto 861-1102, Japan

^{a)} nagatak@kumamoto-nct.ac.jp

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 [4]. 本稿では色弱者の中で多数を占める P 型と D 型を研究の対象とする.

2.2 色弱の仕組み

前述のように, P 型および D 型の色覚特性は, L 錐体または M 錐体と呼ばれる視細胞が欠損あるいは先天的に機能不全になっていることに起因する. P 型の場合は赤色光を感知する L 錐体の波長-刺激特性が緑色光を感知する M 錐体のそれと近くなることにより, 主に赤色と緑色を混同しやすい状態になる. D 型はその逆である. 厳密に分類すれば P 型と D 型は個別の色覚特性だが, 結果的に赤色と緑色を混同しやすいという点では共通している. 従来「赤緑色盲」などと呼ばれたのはこの特徴によるものと考えられる.

2.3 赤は目立つ色, という常識

「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.

3. 目的

前述のように, 色弱者は赤色の識別を苦手とする傾向がある. つまり, 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誘目性を上げる効果は低いのではないかと, というのが本稿の仮説である.

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.

そこで, 本稿ではまずこの仮説を確認するために, Web コンテンツ上の赤文字の誘目性について評価実験を行い, その結果を元に色弱者にとっての赤文字の誘目性を簡易モデル化する. 次に, このモデルを適用した状態で一般色覚者による評価実験を行う. 簡易モデルが妥当であれば, 一

表 1 実験 1 の着色単語の色一覧

色名	HTML Color Name
橙	orange
青	blue
緑	green
紫	purple
赤	red
黄	yellow
灰	gray

般色覚者も色弱者と同様の誘目性を示すはずである.

4. 評価方法

4.1 被験者

- 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の被験者とする.
- 色弱者：
先天的に色弱を持つ 2 名を被験者とする. それぞれ, 事前に扶桑プレジジョン社製「パネル D-15 テスト (iPad 用)」 [5] を用いて色覚特性の型を同定している.
 - 被験者 1: P 型色弱. 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. 本稿の筆頭著者本人である.
 - 被験者 2: D 型色弱. 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, 赤と緑, 茶色と緑, など.

4.1.1 実験 1: 着色単語への反応時間

まず, Web コンテンツ中に出現する”文字への着色による強調”に, 色弱者に対する誘目性がどの程度あるのかを実験で確認する. 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, ブラウザで読み込む度に, Javascript によってランダムな 1 ヶ所の単語が表 1 の 7 色にランダムな順番で着色されて表示される. (図 1 の例では 2 行目の「通信」の文字が橙色に着色されている)
- (2) 被験者は, Apple iPad mini 2 を用いてこの HTML 文書を見て, 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を Javascript で自動記録する.
- (4) 以上を 5 回繰り返す, 平均反応時間を求める.
- (5) この実験は, 一般色覚の 3 名, P 型色覚の 1 名, D 型色覚の 1 名を被験者として実施する.

4.1.2 実験 2: 赤色着色単語の誘目性比較

次に, 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.

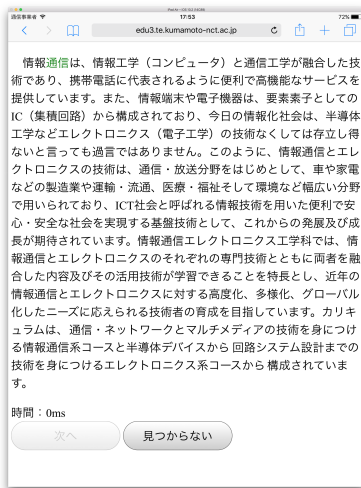


図 1 実験 1 の評価用 HTML 文書

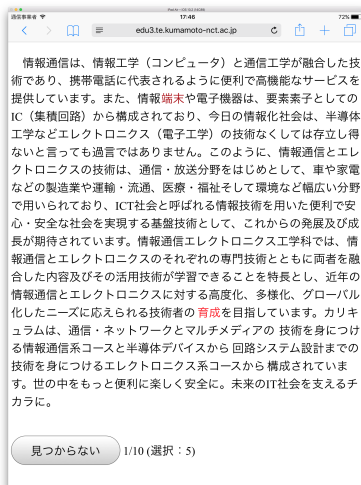


図 2 実験 2 の評価用 HTML 文書

- (1) 図 2 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、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 2 では 15 行目の「育成」の文字が #F00 で、2 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が自動で記録される。
- (4) 着色単語 B の R 値の減衰量は、1 段階を 16 進数 1 とし、13 段階まで変化させる。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。

4.1.3 実験 3：HTML 文書向け色弱エミュレータの試作と動作検証

図 2 の HTML 文書について、着色単語 B の R 値を予め任意の量だけ減衰させた状態で表示するエミュレータを作成する。適用する減衰量は、以下の 2 つの方法で求める。

- (1) 実験 2 の結果を 3 次多項式近似曲線としてプロットし、一般色覚者の曲線と色弱者の曲線から目視で求めた減衰量の差分
- (2) 実験 2 において、一般色覚者と色弱者の誤答率が 0% になった減衰量の差分

作成したエミュレータを用いて、4.1.2 と同様の方法で評価実験を行う。被験者は、実験 2 と同じ一般色覚者 7 名とする。

5. 実験結果と考察

5.1 結果 1：着色単語への反応時間

3 種類の場合において、5 回ずつ行った測定の実験結果の平均値を図 3 に示す。red と purple については、着色単語を発見できない場合もあったため、発見できたときの時間のみを用いている。

図 3 のように、P 型色弱者は特に red, green, purple の着色単語を発見するまでに多くの時間を要している。これは、P 型の場合は赤近辺と緑近辺の色を混同しやすいため、green や red、そして赤成分を含む合成色である purple の着色単語を発見することが困難だったと考えられる。

5.2 結果 2：赤色着色単語の誘目性比較

一般色覚者と P 型および D 型色弱者の測定結果を図 4 に示す。一般色覚者については、7 名の平均値をプロットしている。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 #e00, #d00, #c00 のようになる。縦軸は誤答率を表している。

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

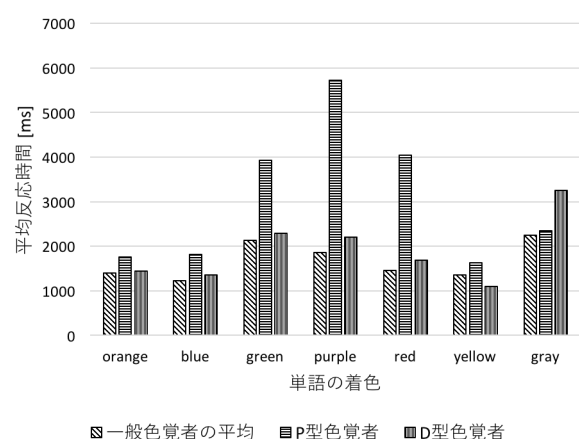


図 3 着色単語への反応時間

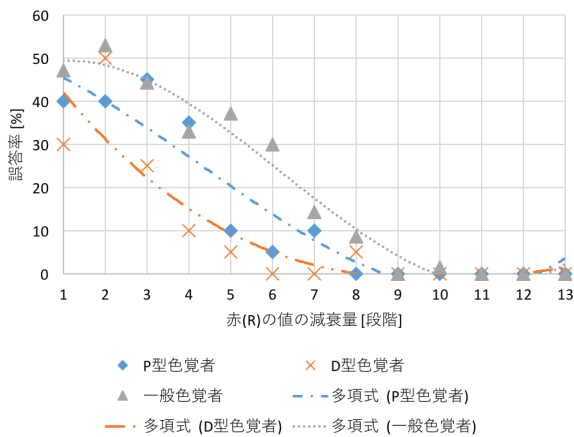


図 4 赤色着色単語の誘目性比較

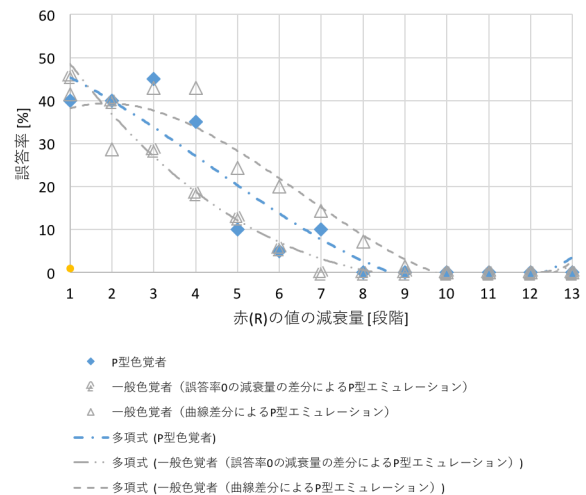


図 5 エミュレーション時の赤色着色単語の誘目性比較

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型およびD型色弱者は早い段階から誤答率が下がっている。P型およびD型色弱者にとって、着色単語B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。

図4において、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はおよそ1.5段階と読み取れる。また、誤答率が0%となる時の減衰量は、P型色弱者では8段階、一般色覚者は11段階であるため、その差は3段階となる。これらの値を被験者の”色弱の度合い”とし、実験3で作成するエミュレータで予め減衰させる量とする。

5.3 結果3: HTML 文書向け色弱エミュレータの試作と動作検証

エミュレータを用いて着色単語BのR値を減衰させ、一般色覚者を被験者として実験2と同様に実験を行なった結果を、実験2のP型色弱者の結果と共にグラフに表すと、図5のようになる。4.1.3(1)の曲線間の差分を適用したエミュレーション(図5の破線)では、P型色弱者より緩やかに誤答率が落ちている。一方、4.1.3(2)の誤答率が0%になった減衰量の差分を適用したエミュレーション(図5の2点鎖線)では、P型色弱者よりも急峻に誤答率が落ちている。いずれの近似曲線も、P型色弱者のそれと完全には一致しておらず、エミュレータに適用する減衰量の算出方法として妥当性が高いとは言えない結果となった。

6. 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、その特性の評価および簡易モデルの試作、モデルの妥当性確認を行なった。実験1より、3章で掲げた仮説が正しいことが確認できた。また、一般的な白背景/黒文字のWebコンテンツでは、赤だけでなく緑や紫による着色も誘目性への寄与が低く、Webコンテンツ制作者が期待するほどの強調効果は得られない可能性がある。実験2では、赤色着色文字のP型およびD型色弱者に対する誘目性を定量的に測定することができた。この誘目性の差を被験者の”色弱の度合い”として簡易モデル化し、その妥当性を確認するために、実験3では着色単語Bにこのモデルを適用したエミュレーションを施して評価実験を行なった。結果として、一般色覚者でもP型色弱者の被験者と似た傾向を得ることができた。ただし、両者の結果は完全に一致したとまでは言えず、モデルの算出方法にはまだ改善の余地がある。

実験2は色弱者の”色弱の度合い”を定量的に測定する方法として利用できる可能性があり、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。

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, Vol. 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] 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)
- [5] 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>.