

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：32619

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700213

研究課題名(和文) 知覚認知活動を考慮した色覚バリアフリーモデルの構築

研究課題名(英文) Construction of color vision barrier-free model considering perception and cognition process

研究代表者

齋藤 大輔 (SAITO, Daisuke)

芝浦工業大学・システム工学部・准教授

研究者番号：00366402

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：情報技術の発展に伴い、若年者だけではなく高齢者や障害者がWebサイトを利用して情報を取得する機会が増加した。しかし、高齢者や障害者は若年者と色覚特性が異なり、現状のままでは情報取得に障害が生じている。そこで、誰もが安心してWebサイトを利用できる環境を実現するために、視認性(見やすさ)を色覚特性に着目し心理的(主観)および生理的に評価した。その結果、心理学的な評価結果では、色覚特性に関係なく視認性が高い条件を明確にすることができた。しかし、心理学的評価と生理学的評価で結果が一致せず、見やすいと感じていても生理学的には情報取得に不向きであるという可能性が生じた。このため、更なる検討が必要である。

研究成果の概要(英文)：Information society has so rapidly extended that not only young adults but also the elderly and dichromatic vision persons have to use website to exchange and acquire information. However, as color vision feature is different in the elderly, dichromatic vision persons and young adults, a present website have a potential impact on information acquisition. In this study, as the environment that everyone is able to use a website safely is achieved, the visibility was evaluated by psychological evaluation and physiological evaluation. As the result, the condition that the visibility is high could be done clearly without relation to color vision feature by psychological evaluation. However, the result of physiological evaluation disagreed with psychological evaluation. In fact, even if color combination seems to have high visibility psychologically, it has an unsuitable possibility in information acquisition physiologically. Therefore, physiological evaluation require future research.

研究分野：人間工学

キーワード：視認性評価 色覚モデル 眼球停留関連電位 視覚特性 高齢者 色覚障害者 P300

1. 研究開始当初の背景

(1) 高度情報社会となり、日々情報技術の開発が進み、様々な技術が生まれた。中でもインターネット技術の進歩は目覚ましく、普段の生活の中でインターネット (Web サイト) を利用した情報のやりとりが急増し、国民の 6 割以上が日常的に利用している。

(2) 情報技術の恩恵は若年者や健常者のみならず、高齢者や障害者にももたらされ、「情報取得が簡便になり一人で行えるようになり、自立した生活が送れるようになった」、「活動範囲が広がり多くの人とコミュニケーションをとれるようになった」といった効果をもたらしていることから、情報環境を有効に利用することができれば、生活の質の向上につながる。

(3) 高齢者や障害者が Web サイト利用する場合には、サイト側に配慮が必要であり、Web コンテンツ作成者が配慮しなければならないのが現状である。特に、Web サイトからの情報は、視覚によるものが多くを占め、加齢により視覚特性が変わること、視覚障害者が多数存在することから、どのような視覚特性であっても視認性あるいは可読性を高い Web サイトを作製することが情報を正確に伝えることができる。

(4) 現在では、Web アクセシビリティガイドラインが定められているものの、視認性に関しては「コントラストを大きくすること」と明記されているだけであり、Web コンテンツ制作者が現場で活用できる視覚特性に関するデータは明確になっておらず、有用となる人間の視覚特性に関するデータが切望されているのが現状である。

(5) 社会環境の変貌に対応すべく、Web コンテンツ作成時に有用となる背景色と前景色の視認性に関する研究が必要であり、これまでに心理学的 (主観) 評価により数多くの研究がなされている。心理学的評価では、個人の嗜好が大きく影響することから、生理学的 (定量) 評価により色覚特性を明確にする必要がある。

2. 研究の目的

(1) 情報技術は日々発展していることから、今後は Web サイトや情報端末を利用して情報法を取得する機会が増加することが予想される。

(2) 現状では、高齢者や障害者が安心して情報機器を利用できる環境が整っていないことから、情報環境を整備し、誰もが安心して利用できる情報環境の実現する必要がある。

(3) インターネットを介した情報提供においては、視覚 (文字) 情報により提供される場面が多くを占めることから、背景色と文字色の見やすさ (視認性) や読みやすさ (可読性) について、心理的および生理的に評価することで色覚特性のユニバーサルデザインモデルの構築を試みる。

3. 研究の方法

(1) 心理学的評価による視認性予測

一対比較法を用いて、白色および黒色背景について健常若年者、模擬高齢者および模擬色覚障害者について実測し、視認性予測を行ってきた。しかし、これまでの視認性予測手法は、呈示媒体や環境といった条件が一定条件下で成立するものであった。そこで、呈示媒体や環境に作用されない視認性予測手法として、色を決定する RGB 値を用いて視認性予測する手法を検討する。色を比較する際に用いられる明度差および色差の算出法として、W3C/WAI (World Wide Web Consortium/ Web Accessibility Initiative) により定義されており、次式により算出される。

$$\text{明度差} = \frac{299|R_b - R_f| + 587|G_b - G_f| + 114|B_b - B_f|}{1000} \quad (1)$$

$$\text{色差} = |R_b - R_f| + |G_b - G_f| + |B_b - B_f| \quad (2)$$

ただし、 R_b 、 G_b および B_b はそれぞれ背景色の R 、 G および B 値、 R_f 、 G_f および B_f はそれぞれ文字色の R 、 G および B 値を示す。一般的に色指定は 16 進数で表わされ、 R 、 G および B 値の組合せのカラーコードで #RRGGBB (RR, GG および BB は RGB 値の 16 進数 2 桁) と表される。これらにより算出された値を用いて視認性予測を行うことで、呈示媒体や環境に作用されない視認性予測が行える。

(2) 生理学的評価による視認性評価

これまでに、生理指標として眼球運動を用いた無彩色配色の評価を行ってきた。その結果、輝度コントラストの低下が注視時間を遅延させ、サッカードを減少させる傾向が得られた。このことから視認性の判断

は知覚認知過程で生じている可能性が得られた。そこで、知覚認知過程への影響を検討するため、注視状態になる（眼球運動が停止する）際に発生する眼電位を検出し、それをトリガとして事象関連電位計測を行った。

実験は、実験の内容説明を行った後、実験の参加に同意が得られた、健常色覚をもつ 19 名の若年健常者(平均年齢 21.8±0.7 歳)に参加してもらった。実験は、照明環境を一定にするため、調光可能な実験ブース内で行い、周囲の電磁波の影響をなくすため実験ブースには自作の電磁波シールドで覆った。このブース内に、27 インチ液晶モニター (EIZO ColorEdge CG276) を設置し、顎台を用いて頭部を固定してモニターと目の距離が 700 mm となるように調節し、視認性には照明環境が影響するため画面中央の照度が 100 lx となるように調整した。呈示刺激は、視認性を考慮し文字サイズを視角 0.82°(20 pt)、フォントを MS P ゴシックとし、モニタの色再現を考慮して sRGB モードを用いた。呈示色は、無彩色の検討では、色彩輝度計(コニカミノルタ社製, CS-100)により測色し、白色背景および黒色背景に対して輝度コントラストが 25 %, 50 %, 75 % および最大 (99.7 %) となるように調節した文字色とした。有彩色においては、Web チラシなどでよく使われている配色を抽出し、その中から色覚特性により見にくいものを省いた 15 組 (背景色/文字色) 赤/黄, 赤/白, 黄/赤, 黄/黒, 黄/青, 白/赤, 白/黒, 白/青, 白/緑, 黒/黄, 黒/白, 青/黄, 青/白, 緑/白, 緑/黒) を用いた。本実験では、1 回の実験で 160 回の刺激を呈示し、その内、標的刺激と非標的刺激の割合が 1:3 となるように呈示し事象関連電位の計測を行った。

(3) 心理学的評価と生理学的評価の統合的評価

心理学的評価および生理学的評価により得られた結果を比較し、統合的に判断し、心理学的要素と生理学的要素を兼ね備えたモデルの検討を試みる。

4. 研究成果

(1) 心理学的評価による視認性予測

白色背景および黒色背景において健常若年者、模擬高齢者および模擬色覚障碍者の視認性予測式を実測した視認特性の結果をもとに導出すると、以下の通りとなる。

< 白色背景 >

$$S_{wy} = 0.0347L - 0.00161E - 4.51 \quad (3)$$

$$S_{we} = 0.0314L - 0.000643E - 4.44 \quad (4)$$

$$S_{wc} = 0.0406L - 0.00478E - 3.97 \quad (5)$$

< 黒色背景 >

$$S_{by} = 0.0173L - 0.00101E - 1.68 \quad (6)$$

$$S_{be} = 0.0171L - 0.000730E - 1.75 \quad (7)$$

$$S_{bc} = 0.0274L - 0.00149E - 2.70 \quad (8)$$

ただし、白色背景の視認性予測得点をそれぞれ S_{wy} , S_{we} および S_{wc} 、黒色背景の視認性予測得点をそれぞれ S_{by} , S_{be} および S_{bc} とし、 L は背景色と文字色の明度差、 E は背景色と文字色の色差である。また、視認性予測得点は、値が大きいほど視認性が高いことを示している。

(3)~(8)式を用いて各文字色の視認性得点を求め背景色とも文字色の明度差と色差の関係および各群の視認性境界を求め、図 1 に示した。視認性境界は、以下の通りである。

< 白色背景 >

$$\text{健常若年者} : E = 16.0L - 1989 \quad (9)$$

$$\text{模擬高齢者} : E = 65.8L - 9593 \quad (10)$$

$$\text{模擬色覚障碍者} : E = 8.77L - 883.1 \quad (11)$$

< 黒色背景 >

$$E = 22.1L - 2268 \quad (12)$$

図 1 の横軸は背景色と文字色の明度差を示し、縦軸は背景色と文字色の色差を示す。この結果から、共通して視認性の高い範囲を抽出すると、図 1 において破線で覆った

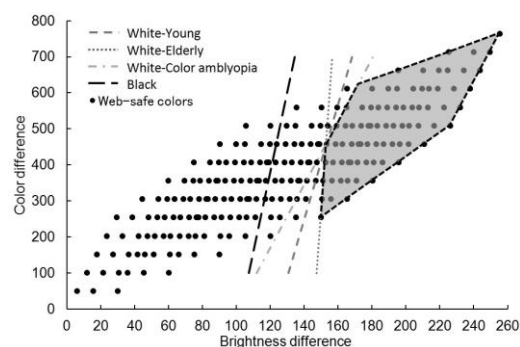


図 1 白色背景および黒色背景の視認性境界

色づけした部分である。この範囲が無彩色において視認性が高いと判定できる。これらの範囲は、

$$\begin{aligned} & \cdot L < 152.7 \text{ のとき} \\ & \quad E \leq 65.8L - 9593 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & \cdot 152.7 \leq L < 153.0 \text{ のとき} \\ & \quad E \leq 16.0L - 1989 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & \cdot L \geq 153.0 \text{ のとき} \\ & \quad E \leq 8.77L - 883.1 \end{aligned} \quad (15)$$

と表せる。(13)～(15)を満たす範囲が無彩色において色覚特性に関係なく視認性が高い範囲である。

(2) 生理学的評価による視認性評価

図2に、白色背景および黒色背景の輝度コントラストごとに算出したP300の潜時を平均した結果を示す。図2は、横軸に背景色と文字色のコントラストを示し、縦軸にP300の潜時を示す。縦軸のP300の潜時は時間が短いほど注視を開始してから知覚認知するまでに要する時間が短いことを示し、視認性が高いことを意味する。図2によると、輝度コントラストの低下により、P300の潜時が長くなることが示され、輝度コントラストが高いと視認性が高いことが示された。

次に、有彩色におけるP300の潜時と明度差の関係を図3、P300の潜時と色差の関係を図4に示す。図3、4の縦軸はP300の潜時であり、潜時が速いほど知覚認知が速いことを表す。図3の横軸は明度差、図4の横軸は色差を表す。図3、4によると、心理学的評価においては、明度差および色差が大きくなると視認性が高くなることが示され、W3C/WAIと同様の結果が得られた。また、生理学的評価においては、赤および緑を用いたWEBカラーセットの知覚認知が速くなり、青を用いたWEBカラーセットの知覚認知が遅くなった。この要因として、網膜上の中心窩と呼ばれる高精細な中心視野での視覚に寄与している部分にL錐体とM錐体のみ存在し、S錐体は存在していないことが考えられる。心理学的評価と生理学的評価を統合的に考えると、結果が一致しなかったため、今回の結果のみでは最適なWEBカラーセットの提案を行うことができなかった。したがって、目を引きつけたい場合や、よく理解してもらいたいものなど、呈示する内容によってWEBカラーセットを使い分けることが良

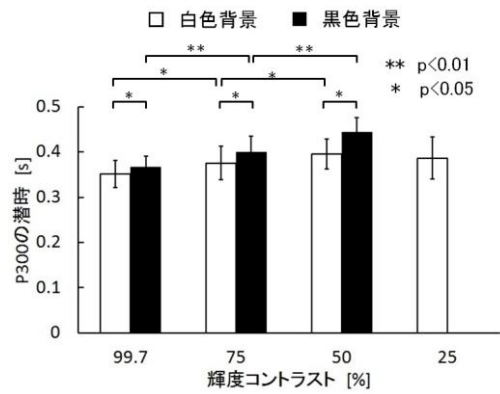


図2 輝度コントラストと潜時の関係

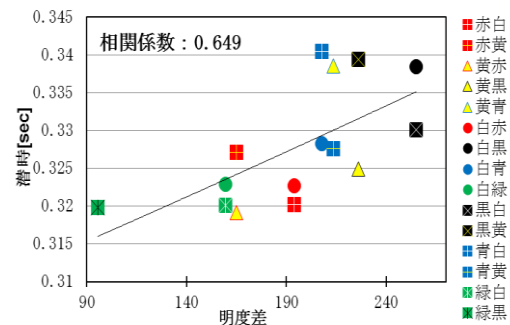


図3 潜時と明度差の関係

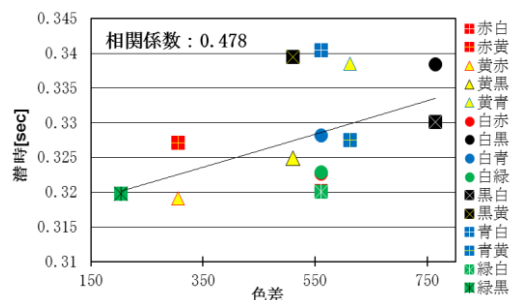


図4 潜時と色差の関係

いのではないかと考える。明度差および色差が大きくなると知覚認知が遅くなることが示された。また、潜時と明度差および色差の間に相関関係が得られた。

(3) 心理学的評価と生理学的評価の統合的評価

心理学的評価においては、明度差および色差が大きくなると視認性が高くなることが示され、W3C/WAIと同様の結果が得られた。また、生理学的評価においては、赤および緑を用いたWEBカラーセットの知覚認知が速くなり、青を用いたWEBカラーセットの知覚認知が遅くなった。この要因として、網膜上の中心窩と呼ばれる高精細な中心視野での視覚に寄与している部分

に L 錐体と M 錐体のみ存在し, S 錐体は存在していないことが考えられる. 心理学的評価と生理学的評価を統合的に考えると, 結果が一致しなかったため, 今回の結果のみでは最適な WEB カラーセットの提案を行うことができなかった. したがって, 目を引きつけたい場合や, よく理解してもらいたいものなど, 呈示する内容によって WEB カラーセットを使い分けることが良いのではないかと考える.

5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕 (計 5 件)

- ① 齋藤大輔, 齋藤恵一, 東吉彦, 齋藤正男, 輝度コントラストが知覚認知過程へ及ぼす影響, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 査読有, Vol. 17, No. 1, 2015, 掲載決定
- ② 齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 東吉彦, 齋藤正男, 明度差と色差による文字色と背景色の視認性予測手法, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 査読有, Vol. 16, No. 1, 2014, 91-96
- ③ 齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 東吉彦, 犬井正男, 齋藤正男, Web アクセシビリティのための背景色と文字色の視認性を考慮した情報呈示手法の検討, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 査読有, Vol.15, No. 1, 2013, 83-87
- ④ 齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 東吉彦, 犬井正男, 齋藤正男, Web アクセシビリティのための明度差および色差を用いた視認性予測の検討, ライフサポート, 査読有, Vol. 25, No. 1, 2013, 5-10
- ⑤ 齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 東吉彦, 犬井正男, 齋藤正男, 色覚モデル変換による色覚障害者の視認性予測, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 査読有, Vol. 14, No. 1, 2012, 53-58

〔学会発表〕 (計 3 件)

- ① 齋藤大輔, 高橋和朗, 伊藤光, 齋藤恵一, 齋藤正男, 輝度コントラストが知覚認知過程へ及ぼす影響, バイオメディカル・ファジィ・システム学会 第 27 回年次大会, 2014 年 11 月 15 日, 昭和大学 (東京都品川区)
- ② 齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 東吉彦,

齋藤正男, 明度差と色差による文字色と背景色の視認性予測手法, バイオメディカル・ファジィ・システム学会 第 26 回年次大会, 2013 年 10 月 12 日, 北海学園大学 (北海道札幌市)

- ③ 齋藤大輔, 田中雅人, 齋藤恵一, 納富一宏, 東吉彦, 犬井正男, 齋藤正男, Web アクセシビリティのための背景色と文字色の視認性を考慮した情報呈示手法の検討, バイオメディカル・ファジィ・システム学会 第 25 回年次大会, 2012 年 12 月 27 日, 東京都市大学 (東京都世田谷区)

〔その他〕

- ① バイオメディカル・ファジィ・システム学会 奨励賞, 2012 年 12 月 26 日
受賞概要: 学会発表③の発表が優秀発表と評価され表彰された.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 大輔 (SAITO Daisuke)
芝浦工業大学・システム理工学部・准教授
研究者番号: 00366402