

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 6 月 9 日現在

機関番号：32708

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19700206

研究課題名（和文） 視覚特性を考慮した視認性のモデル化に関する研究

研究課題名（英文） A study on visibility model considering visual characteristics

研究代表者

齋藤 大輔（SAITO DAISUKE）

東京工芸大学・工学研究科・特別研究員

研究者番号：00366402

研究成果の概要（和文）：

視認性を心理評価および生理評価を用いて検討し、視認性の予測モデルの検討を行った。心理学的評価では、一対比較法を用いて高齢者および色覚障害者についての視覚特性を健康者にフィルタを用いることで評価し、それぞれの視覚特性についての視認性予測モデルを提案した。生理学的評価では、注視点の計測から黙読時間、注視時間およびサッカード（一度に何文字知覚できるか）を算出することで、コントラストの違いが知覚認知過程で生じていることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

The visibility was evaluated using the methods of psychological estimation and physiological estimation, and the predictive model of visibility is proposed. In the psychological estimation, the visibility of the elderly and dichromatic vision was measured using the simulation filters, and the predictive model of visibility was proposed using results of the paired comparison. In the physiological estimation, it was shown that the difference of contrast influences the cognitive judgment by the silent reading time, the gaze duration and the saccade calculated from point-of-regard measurement.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
総計	2,400,000	390,000	2,790,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性情報処理

1. 研究開始当初の背景

- (1) 情報技術が発展し、日常生活に情報機器が介入してきた。さらに、医療技術の向上により、人間の寿命が延び、少子高齢化が急速に進んできた。障害者における自立支援という点から、障害者の社会進出を支援しなければならない。以上のよ

うな社会情勢から、情報機器の利用における支援が必要となった。障害者については様々な検討が進められているが、高齢者への対応が遅れている。

- (2) 情報呈示としてインターネットを介した手法が増加してきた。Web アクセシビリ

示文字は左右対称文字を使用し、縦に表示することで、文字による擾乱を排除した。背景色は大手検索サイトや官公庁などの背景色に多く用いられる白色 (RGB カラー: #FFFFFF), 文字色は輝度が異なり #CC, #99, #00 を基準とする無彩色 3 色および 6 つの基準色 (赤, 緑, 青, シアン, マゼンタ, 黄) ごとに 3 段階の輝度 (#FF, #CC, #99) 18 色の合計 21 色を用いた。呈示する文字の組合せは、左右の呈示位置の違いも考慮した 420 (=21×20) 組で、刺激の呈示順序は無作為とした。このような条件で、健常若年者、健常若年者に高齢者水晶体疑似メガネを装着した模擬高齢者および健常若年者に色弱模擬フィルタを装着した模擬色覚障害者の 3 条件で同一の実験を行った。

(3) 視認性の予測式の算出と視認性予測

一対比較実験により得られた視認性評価結果に、判別分析法を適応し、視認性の予測を試みた。判別分析では、文字色の視認性を検討するために、視認性得点が正の値 (視認性得点 > 0) を視認性が高い群、負の値 (視認性得点 < 0) を視認性が低い群として 2 群に分けた。さらに、説明変数には、明度成分を表す L^* と色度成分を表す a^* , b^* を用いた。

4. 研究成果

(1) 注視点計測による視認性評価

読みにおけるサッカードの大きさは視角ではなく、文字数で定義される。したがって、文章の文字数を注視回数で除したものをサッカードとして算出した。算出したサッカードを Fig. 1 に示す。Fig. 1 の横軸はコントラストを示し、縦軸はサッカードを示す。Fig. 1 によると、ポジティブ配色およびネガティブ配色でコントラストが小さくなるにつれてサッカードが小さくなる傾向が示された。これは、コントラストが低下することで小刻みに注視点移動が生じており、可読性が低下していることを示す。次に、視角から算出した注視時間を Fig. 2 に示す。Fig. 2 の横軸はコントラストを示し、縦軸に注視時間を示す。Fig. 2 によると、ポジティブ配色およびネガティブ配色でコントラストが小さくなるにつれて注視時間が長くなる傾向が示された。これは、コントラストが低下することで 1 回あたりの注視時間が長くなっていることを示し、視覚は注視している際に知覚し認知することから、知覚認知過程で遅延が生じたためと考える。

先行研究において、文章の難易度によりサッカードは変化し、難解な場合にはサッカードが短くなることが報告されている。

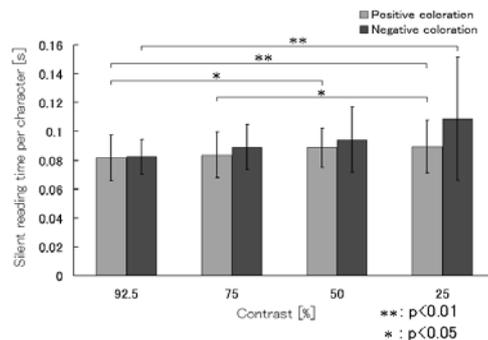


図 3 黙読時間とコントラストの関係

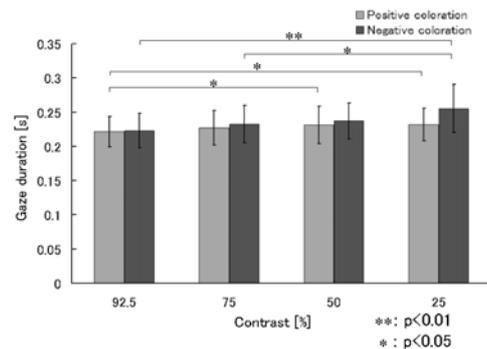


図 4 注視時間とコントラストの関係

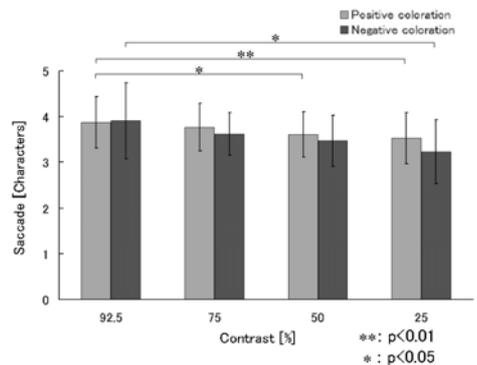
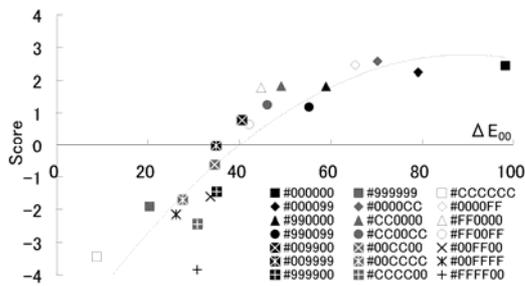


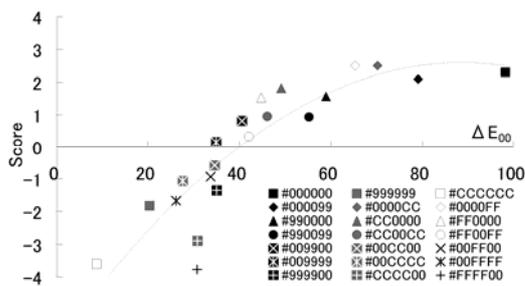
図 5 サッカードとコントラストの関係

今回の実験では、同一の本から文章を採用しているため、難易度は同じであると仮定しており、コントラストの違いが可読性に表れていると考える。さらにコントラストが低下することで注視時間が長くなっていることから、コントラストによる可読性の低下が知覚認知過程で生じていることが示された。

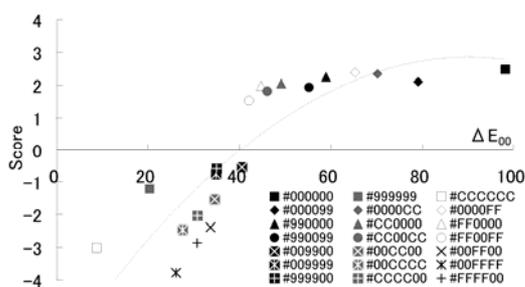
ポジティブ配色とネガティブ配色を比較すると、どちらも背景色と文字色のコントラストが低下することで可読性が低下する傾向であったが、ネガティブ配色の方が可読性の低下割合が大きくなる傾向であった。したがって、Web アクセシビリティを考慮した場合、誰にとっても可読性への影響が小さい方が理想的で



(a) 健常若年者



(b) 模擬高齢者



(c) 模擬色覚障害者

図6 視認性と E_{00} の関係

あることから、今回の結果からはポジティブ配色が有効であることが示された。

以上のことから、コントラストの低下により可読性への影響の少ないポジティブ配色で、有意差が確認されなかった背景色と文字色のコントラストが 75 % 以上とすることが有効であることが示された。

(2) 様々な視覚特性を考慮した視認性評価

各文字色と背景色の組合せの対比較結果にサーストンの方法を適用し、視認性得点を求め、実測した背景色および各文字色の輝度と色度から色差(E_{00})を算出し、視認性得点と E_{00} の関係を図6に示した。図6は、(a)に健常若年者、(b)に模擬高齢者および(c)に模擬色覚障害者の視認性得点と E_{00} の関係である。各図の縦軸は視認性得点で、得点が高いほど視認性が高いことを示し、横軸は E_{00} で、背景色と文字

色の E_{00} の値を示している。

図6によると、どの群においても E_{00} が大きくなると、視認性が高くなる傾向を示した。また、全ての群において E_{00} が 42 以上の値をとった場合には、視認性得点が正の値を示していることから、 E_{00} がこの範囲にある白色背景と文字色の組合せは視認性が高いと判定できる。この視認性が高いと判定された範囲の文字色は、黒、青系、赤系およびマゼンタ系色であり、これらの文字色は白色背景の場合には全ての群においても有効であることが示された。

次に、健常若年者と模擬高齢者の傾向を比較すると、模擬高齢者で健常若年者より無彩色、緑系およびシアン系色の視認性得点が高くなり、青系、マゼンタ系および無彩色の視認性得点が低くなる傾向がみられたが、健常若年者と模擬高齢者の間で視認性と色差の関係に大きな傾向の変化は確認されなかった。これは、高齢者水晶体疑似メガネは黄色味を帯びて背景色と文字色が知覚されるため、健常若年者の色知覚が、黄色方向にシフトしただけであることが要因と考える。健常若年者と模擬色覚障害者の傾向を比較すると、模擬色覚障害者で健常若年者よりマゼンタ系および黄系色の視認性得点が高くなり、黒、シアン系および緑系色の視認性得点が低くなる傾向がみられ、模擬色覚障害者で視認性の高低が明確に分離される傾向がみられた。健常若年者と模擬色弱者との間には視認性には違いがみられ、視認性の高低が明確となった。これは、色弱模擬フィルタによって知覚

表2 判別分析に用いた群分け

	視認性の高い群	視認性の低い群
健常若年者	#000000, #000099, #0000CC, #0000FF, #990000, #990099, #CC0000, #CC00CC, #FF0000, #FF00FF, #009900	#999900, #009999, #00CC00, #00FF00, #CCCC00, #FFFF00, #00CCCC, #00FFFF, #999999, #CCCCCC
模擬高齢者	#000000, #000099, #0000CC, #0000FF, #990000, #990099, #CC0000, #CC00CC, #FF0000, #FF00FF, #009900, #009999	#999900, #00CC00, #00FF00, #CCCC00, #FFFF00, #00CCCC, #00FFFF, #999999, #CCCCCC
模擬色覚障害者	#000000, #000099, #0000CC, #0000FF, #990000, #990099, #CC0000, #CC00CC, #FF0000, #FF00FF	#009900, #999900, #009999, #00CC00, #00FF00, #CCCC00, #FFFF00, #00CCCC, #00FFFF, #999999, #CCCCCC

される色が変化し、赤系色は黒味の強い赤系色、緑系色は黄系色、マゼンタ系色は青紫系色、シアン系色は無彩色に知覚されるため、赤系色は視認性得点に変化はみられなかったが、マゼンタ系色では青味が強くなり視認性得点が増加し、緑系色およびシアン系色は元々視認性が低い黄系や無彩色に知覚されることで視認性得点が低下したものとする。

(3) 視認性の予測式の算出と視認性予測

一対比較法により得られた視認性評価結果に、判別分析法を適応して視認性予測式の算出を行った。判別分析を行う際に、健常若年者群、模擬高齢者群、模擬色覚障害者群の群分けは、表 2 に示すとおりであり、視認性の高い群は視認性評価で得点が正の値をとったもの、視認性の低い群は得点が負の値をとったものである。この群分けを元に、実測した L^* , a^* , b^* を用いて判別関数（視認性予測式）を求めた。健常若年者、模擬高齢者および模擬色覚障害者の予測得点をそれぞれ S_y , S_e , S_c とすると、得られた視認性予測式は次式の通りある。

$$S_y = -0.210L^* + 0.071a^* + 0.019b^* + 11.85 \quad (2)$$

$$S_e = -0.163L^* + 0.036a^* + 0.004b^* + 9.90 \quad (3)$$

$$S_c = -0.436L^* + 0.255a^* + 0.029b^* + 21.71 \quad (4)$$

(2)~(4)式は予測得点が正ならば視認性が高い群、予測得点が負ならば視認性が低い群に属することを意味する。また、本手法で行った群分けの精度を確認するため(2)~(4)式を用いて表 2 に示した色について判別を行い、正判別率（誤判別の数 / 文字色の数）を求めることで確認した。その結果、健常若年者、模擬高齢者および模擬色覚障害者の正判別率はそれぞれ 0.952, 1.00, 1.00 であり、高精度で判別されていることを確認した。

次に、健常若年者、模擬高齢者および模擬色覚障害者の白色背景における文字色の視認性は(2)~(4)式を用いることで予測することができたので、全ての Web セーフカラーについての L^* , a^* , b^* を実測し、背景色（白色）以外の Web セーフカラー（215 色）を文字色とした場合の視認性について予測を行った。

(2)~(4)式を用いて算出した視認性の予測得点と E_{00} の関係を図 7 に示す。図 7 は(a)に健常若年者、(b)に模擬高齢者、(c)に模擬色覚障害者の視認性予測と E_{00} の関係を示し、縦軸に視認性の予測得点を示し、横軸に E_{00} を示す。

図 6 によると、どの群においても E_{00} が大きくなると予測得点が高くなっていき、実際に測定した視認性と同様の傾向が確認された。また、健常若年者と模擬高齢

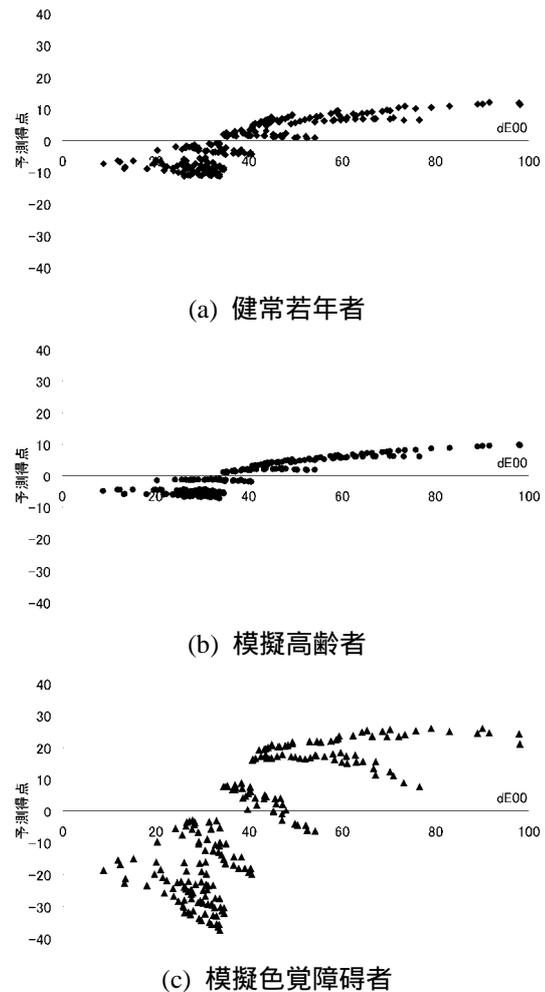


図 7 視認性予測と E_{00} の関係

者においては、予測得点の傾向が非常に似ており、違いは健常若年者より模擬高齢者で得点幅が小さくなる傾向が確認された。模擬色覚障害者においては、健常若年者と模擬高齢者と比較して得点幅が大きくなり、 E_{00} が変わっても得点予測が同程度となるものが非常に多く確認された。また、予測得点を細かくみると、健常若年者と模擬高齢者において視認性判定は全て同一であった。模擬色覚障害者では、健常若年者と模擬高齢者で視認性が高いと判定されたが、模擬色覚障害者においては視認性が低いと判定された色が 8 色（#006600, #006633, #006666, #006699, #336600, #336633, #336666, #336699）あったが、それ以外の視認性判定は同一であった。視認性判定が異なったこれらの色は、 E_{00} で示すと 45~55 の範囲にあり、中程度の E_{00} であった。また、RGB 値の G 値が全て 66 であり、R 値が 00 または 33 の色であった。本実験で用いた色弱模擬フィルタは、L 錐体のない P 型強度と M 錐体のない D 型強度を同時に模擬したものであり、 E_{00} が大きくても、赤や緑を知覚す

るLおよびM錐体が影響したものと考え
ることができる。

以上のことから、白色背景においてWeb
アクセシビリティを考慮する場合、第一条件
として E_{00} が大きいことであるが、
 E_{00} が中程度であってもG値が66かつR値
が小さい文字色を用いる場合には注意が
必要であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計9件)

齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 齋藤正
男, 東吉彦, 犬井正男, 判別分析と模擬
フィルタを用いた高齢者および色覚障
碍者の視認性予測の試み, バイオメディ
カル・ファジィ・システム学会誌, 査読有,
Vol. 12, No. 1, 2010, pp. 53-59

齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 齋藤正
男, 東吉彦, 犬井正男, 模擬フィルタを
用いた高齢者および色覚異常者の視認性
評価, バイオメディカル・ファジィ・シ
ステム学会誌, 査読有, Vol. 11, No.2,
2009, pp.73-78

齋藤大輔, 齋藤恵一, 齋藤正男, 東吉彦,
犬井正男, 眼球運動解析による可読性評
価-文字色と背景色の組合せによる比較-,
バイオメディカル・ファジィ・システム
学会誌, 査読有, Vol. 11, No. 1, 2009,
pp. 23-28

〔学会発表〕(計13件)

齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 齋藤正
男, 東吉彦, 犬井正男, 判別分析と模擬
フィルタを用いた高齢者および色覚障
碍者の視認性予測の試み, バイオメディ
カル・ファジィ・システム学会第22回年次
大会, 2009年10月10日, 奄美文化セン
ター(鹿児島県奄美市)

齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 齋藤正
男, 東吉彦, 犬井正男, 模擬フィルタを
用いた視覚特性を考慮した情報呈示手法
の検討, 第7回日本生活支援工学系学会
連合大会, 2009年9月26日, 高知工科
大学(高知県香美市)

齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 齋藤正
男, 東吉彦, 犬井正男, Webアクセシ
ビリティを考慮したWebセーフカラーの視
認性評価, 第48回日本生体医工学会大会,
2009年4月24日, タワーホール船堀(東
京都江戸川区)

〔その他〕

バイオメディカル・ファジィ・システム
学会 優秀論文賞

受賞論文: 齋藤大輔, 他, 眼球運動解析
による可読性評価-文字色と背景色の組
合せによる比較-, バイオメディカル・フ

ァジィ・システム学会誌, 査読有, Vol. 11,
No. 1, 2009, pp. 23-28

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 大輔 (SAITO DAISUKE)
東京工芸大学・大学院工学研究科・特別研
究員
研究者番号: 00366402

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし