

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2006～2009  
 課題番号：18500746  
 研究課題名 (和文) 瞬目と唾液アミラーゼを指標としたWeb上の文字の読みやすさと  
 ストレスとの関係  
 研究課題名 (英文) Relation between readability of character on Web and stress based  
 on the eyeblink, salivary amylase as an indicator  
 研究代表者  
 小孫 康平 (KOMAGO YASUHIRA)  
 関西国際大学・人間科学部・教授  
 研究者番号：60260022

研究成果の概要 (和文)：近年、コンピュータの普及に伴い、ディスプレイ画面上に多くの種類の文字を提示することが多くなった。また、ディスプレイ画面上にどのような文字を提示すべきかは多くの分野で重要な課題となっている。そこで本研究では、瞬目がコンピュータディスプレイ上の文字の読みやすさの指標として有効であるかどうかを検討することを目的とした。また、瞬目のビデオ画像解析システムの開発について検討した。さらに、唾液アミラーゼや指尖脈波のカオス解析から得られるリアプノフ指数とストレスとの関係についても検証した。

研究成果の概要 (英文)：Recently, presentation with various kinds of characters on computer display became frequent as spreading of a computer and to select most suitable characters for presenting on the display became more important in many fields. The purpose of this study is examine whether the eyeblink is effective as an index to the readability of character on computer display, and also to examine development of analyzing system of eyeblinks recorded in the video image. The author further examined the relationship between salivary amylase, Lyapunov exponents obtained by chaos analysis of fingertip pulse waves and stress.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,500,000	0	2,500,000
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	300,000	90,000	390,000
2009年度	200,000	60,000	260,000
年度			
総計	3,500,000	300,000	3,800,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：瞬目，唾液，読みやすさ，ストレス

## 1. 研究開始当初の背景

今後のWeb環境は、従来と比較できないほど多様化し、読みやすさがストレスに及ぼす影響も、量と質の両面で変わってくると考えられるので、学習者への生理的かつ心理的影響についての評価方法の確立が急務である。しかし、Web上の文字の読みやすさとストレスとの関係についての研究は十分に検討されていないのが現状である。

ところで、読みやすさを客観的に評価する方法として、生理指標を利用する方法がある。なかでも瞬目は、興味や集中度が高まると瞬目の回数が減少し、ストレスなど不快な情動状態においては瞬目率が増加するので、読みやすさやストレスの指標として利用できる可能性がある。また、唾液アミラーゼはストレスを定量的に評価するための有効なマーカー物質であることが指摘されている。

さらに、近年では指尖脈波のカオス解析から得られるリアプノフ指数を用いて、人の心身負荷状態の評価を試みた研究が行われている。

## 2. 研究の目的

本研究では、Web上の文字を読んだ際の瞬目、唾液アミラーゼ、指尖脈波の生理心理学的反応を測定し、Web上の文字の読みやすさとストレスとの関係を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

- (1) 瞬目のビデオ画像解析システムについて検討する。
- (2) 読みやすさと瞬目との関係について検討する。
- (3) 唾液アミラーゼとストレスとの関係について検討する。
- (4) 読みやすさと指尖脈波のカオス解析との関係について検討する。
- (5) 瞬目が心理面に与える影響について検討する。

## 4. 研究成果

- (1) 瞬目のビデオ画像解析システムの検討

人間の眼は虹彩と瞳孔からなっている。可視光による画像ではほぼ一様に黒く見える。一方、眼瞼の皮膚は虹彩や瞳孔に比べると濃度が低い。つまり、開眼のときは虹彩や瞳孔が見えるために濃度が高いが、閉眼のときは虹彩や瞳孔が見えなくなるために濃度が低くなる。このように、眼球上の濃度が時間的に変化することに着目し、濃度分布の変化に

よって瞬目を抽出することが可能となる。

画像解析ソフトウェアである Scion Image で行う場合は、眼瞼領域の濃度を低くし、バックグラウンドと眼の境界が明瞭な画像に調整する。すなわち、画像の濃度とコントラストを最適化することが重要である。次に、眼瞼が閉じるときの眼球上での濃度変化を測定するために、垂直方向に眼球上領域を指定する。以上の操作で画像の濃度を1フレームごとに測定すれば、継時的な濃度変化を求めることができる。しかし、多くのフレームを手動操作で繰り返すことは非現実的である。そこで、マクロ機能を使い、自動的に眼球上領域の濃度変化の測定を繰り返し処理することができるようにマクロコマンドを設定する。測定値はテキストファイルとして保存し、エクセルを用いて瞬目波形を描き、瞬目率等を分析する。

図1は、ビデオを視聴するなどの課題は特に設定せず、ビデオカメラ付近を眺めているときの瞬目波形の例である。瞬目測度が導き出せるかを検討するために、瞬目波形の図の一部を拡大したものが図2である。

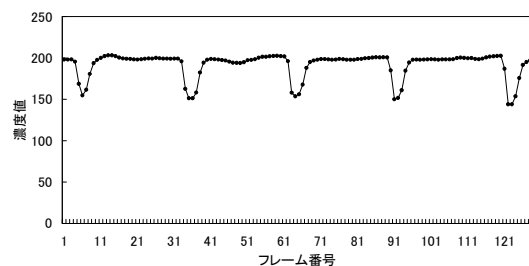


図1 瞬目波形の例

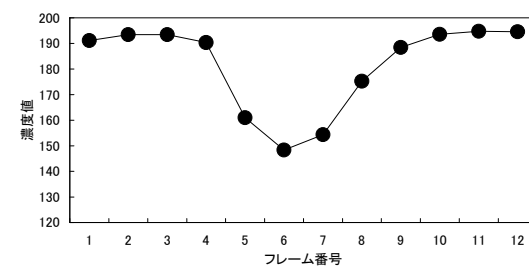


図2 瞬目波形

このように、眼瞼が閉じるときの眼球上領域での濃度変化を測定することで、瞬目を抽出することが可能となった。また、得られた瞬目波形からは、瞬目率、瞬目間隔、瞬目持続時間を導き出せることが明らかになった。

## (2) 読みやすさと瞬目との関係

瞬目は基本的には角膜の乾燥の予防という生理的条件により変わると同時に、心理的な要因によって瞬目活動が変化することから、生理心理学的指標として注目されてきている。これまでに、瞬目活動と注意、課題困難度、ワーキングメモリ、人の印象形成などの関係については、検討されている。小孫・田多 (1999) は、コンピュータディスプレイ上の平仮名文字列の読みやすさについて、文字色や背景色の条件の違いの面から、瞬目を中心とした生理指標と音読時間など行動指標によって検討を行った。また、主観的評価点と瞬目活動との関連性も検討した。

その結果、瞬目率に関しては、背景色が「白」の場合、黄色および水色は、他のすべての文字色より有意に低いことがわかった。また、読みやすさに関する主観的評価では、背景色が「白」の場合、黄色と水色の文字色が読みにくいということが明らかになった。特に、黄色は極めて読みにくいと感じていることが明らかになった。さらに、背景色が「白」の場合、主観的評価点が低いほど、瞬目率が低下することを見だし、瞬目は視認性の指標となりうる可能性が示唆された。

本研究では、ディスプレイ上の文章を読みながら精神テンポでのタッピングを行う二重課題の実験について検討を行った。文章は読みやすく心的負荷が少ないと考えられるベストセラーになったエッセイとエッセイに比べると心的負荷が大きいと考えられる「ステレオタイプ」の概念について書かれた説明文である。また、ディスプレイ画面の背景色は白とし、文字色は黒および水色の2条件の組み合わせとした。すなわち、説明文で文字色が黒、エッセイで文字色が黒、説明文で文字色が水色、エッセイで文字色が水色の4条件である。

実験では、音読しながら精神テンポでのタッピングを行うときの瞬目率が時間経過とともに、どのように推移していくのかを測定してみた。被験者は13名であった。図3は、前半・中間・後半の10秒間隔で瞬目率の変化を示したものである。

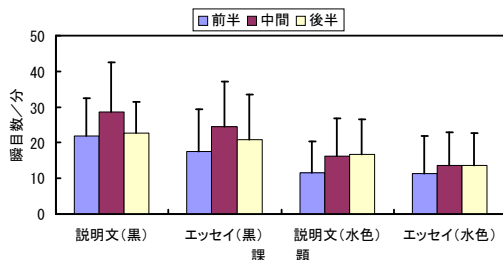


図3 平均瞬目率の推移

文字色(2)×文章の種類(2)×区間条件(3)の3要因の分散分析を施した結果、文字色条件に主効果( $F(1, 12)=13.70, p<.01$ )がみられた。背景色が白の場合、水色における瞬目率は、黒色における瞬目率よりも低かった( $p<.05$ )。これは、視認性が低下し読み取りが困難になったために、音読に多くの注意資源が配分されたためだと考えられる。また、文章の種類条件に主効果( $F(1, 12)=6.55, p<.05$ )がみられた。説明文における瞬目率は、エッセイにおける瞬目率よりも高かった( $p<.05$ )。これは、説明文の方が心的負荷は高いので、瞬目率が増加したと考えられる。さらに、区間条件にも主効果( $F(2, 24)=9.91, p<.01$ )がみられた。LSD法を用いた多重比較の結果、前半における瞬目率は、中間および後半における瞬目率よりも低かった( $p<.05$ )。この理由として、前半では、音読に多くの注意資源が配分されたと考えられる。

このように、瞬目は読みやすさの指標となりうる可能性が示唆された。

## (3) 唾液アミラーゼとストレスとの関係

脳がストレスを認知することによって、交感神経の緊張による副腎髄質からのカテコールアミンの放出と、視床下部-脳下垂体-副腎皮質系の活動の亢進によるコルチゾールの分泌亢進という2つの応答が生ずることが知られている。カテコールアミンとコルチゾールは「ストレスホルモン」と呼ばれている。ストレスホルモンが血液中に放出されると、心拍や血糖の上昇を促進することによって、生体のストレス対応能力を高める。したがって、血液中のストレスホルモン濃度を測定すればストレスを定量的に捉えることができる。しかし、採血されるという不安自体がストレスになることも指摘されていることから、血液以外の唾液を用いた評価方法が検討されている。唾液は、唾液腺と呼ばれる器官から口腔内に分泌され、その唾液腺の活動を支配しているのは、主に、交感神経であることが知られている。したがって、唾液中に最も多く存在する酵素であるアミラーゼの分泌も、同様に交感神経系により支配されていると考えられる。このことから、唾液中のアミラーゼの働き度合いを示す唾液アミラーゼ活性は、交感神経-副腎髄質系の神経活動を評価するための指標になり得ると考えられている。

山口(2006)は、交感神経系の活性変動に伴って、唾液に含まれる消化酵素の一つである唾液アミラーゼの活性も変動するという医学的な知見に着目し、全く新しい非侵襲的な唾液アミラーゼを用いた交感神経モニタを開発した。さらに、唾液アミラーゼは、不快なストレスで数分以内に迅速に上昇

するだけでなく、快適なストレッサーで下降することを明らかにし、快・不快の判別の可能性を示唆した。開発したモニタは、使い捨て式のテストストリップと本体で構成したバッチ式の分析機器であり、1分ほどで唾液アミラーゼ活性を分析できる。

このように、被検者に心理的、肉体的苦痛を与えることなく随時に採取でき、特別な前処理を必要としないなど、血液に比べて多くの長所がある。

本研究では、コンピュータディスプレイ上の文章の読みやすさと被験者の唾液アミラーゼとの関係を検証する。生体情報の計測には、唾液アミラーゼ測定器（ニプロ製）を用いて唾液アミラーゼを測定した。課題は、ディスプレイ画面に呈示されたエッセイ（黒柳，1997）の文章を音読することである。ディスプレイ画面の背景色は白とし、文字色は黒（文字の大きさは36ポイント）および黄色（文字の大きさは12ポイント）の2条件とした。1条件につき5分間音読した後、唾液を採取した。唾液採取には約30秒を要した。背景色が白で文字色が黄色の方が黒よりも唾液アミラーゼ値が高い傾向がある。文字色が黄色の場合は、コントラストが低く文字が小さいので明らかに読みにくい。すなわち、読みにくいときは唾液アミラーゼ値が高く、被験者がストレス状態に陥ったことが考えられる。

#### (4) 指尖脈派とカオス

カオスとは、「ある系が決定論的法則に従って変化しているにも関わらず、複雑で不規則、不安定なふるまいをし、遠い将来における状態が予測不能になる現象」のことである。ここでの「決定論的法則」とは、あるシステムの動き方の規則が完全に決まっており、その動く過程においてサイコロ振りやコイン投げのような確率的不確実性に入り込む余地が全くなく、ある時点の状態(初期値)が決まれば、その後の状態が原理的に全て決定されることをいう。

これまで、指尖脈波、心臓の活動、眼球運動、身体運動、脳波、脳磁界、神経細胞や心筋細胞の活動、呼吸運動、ホルモン分泌など、実にさまざまな活動がカオスのゆらぎを示すことがわかっている。ここでは、指尖脈波を取り上げる。

指尖脈派とは、心臓から押し出された血液が手の指先で拍動として感じられるものを指している。この脈波は、動脈硬化のような体の不調により顕著に変化するが、心理状態や精神状態によっても変化するという特性を持っている。心理状態が不安定になったりすると、機械的で単調な周期現象が現れて、より単純なカオスになっていく。すなわち、ゆらぎが減少する。一方、心理状態が

安定すると、複雑な局所構造をとって、リズムは脱周期的になり、より複雑なカオスになる。つまり、ゆらぎが増大するのである。

近年では、指尖脈派のカオス解析から得られるリアプノフ指数を用いて人の心身負荷状態の評価を試みた研究が行われている。リアプノフ指数は、カオス解析によって得られた解の軌道の指数関数的な収束や発散の度合いを定量化することができ、その値は系の不安定さ(ゆらぎ)を表す。

在原・雄山・鈴木(2005)は、音楽聴取時の感情を測定する生理指標としての指尖脈波の妥当性を検討した。その結果、リアプノフ指数の大きさは感情に関わらず外界からの情報を取り込むことによって影響されることを明らかにした。中田・雄山(2005)は、精神的作業中の脈波のカオス解析から得られるリアプノフ指数は、ストレス感の指標として心拍数や呼吸数等の他の生理反応よりも有効であることを示した。また、今西・雄山(2005)は、監視作業中におけるヒューマンエラー(判断・操作ミス)とその際の監視者の指尖脈派を測定し、両者の関係を検証した。その結果、正答率が高い場合はリアプノフ指数が高い値を示し、被験者は与えられた環境に柔軟に対応していた。逆に正答率が低い場合はリアプノフ指数が低い値を示し、被験者はネガティブな心理的变化(焦り、失敗感)を感じていると報告している。

#### (5) 読みやすさと指尖脈波のカオス分析との関係

本研究では、コンピュータディスプレイ上の文章の読みやすさと被験者の指尖脈派との関係を検証する。生体情報の計測には、指尖脈派収集装置BACS II (CCI製)を用いて、指尖脈派の測定を行った。測定で得られたデータを用いてカオス解析を行いリアプノフ指数を求めた。

課題は、ディスプレイ画面に呈示されたエッセイ(黒柳，1997)の文章を音読することである。ディスプレイ画面の背景色は白とし、文字色は黒(文字の大きさは36ポイント)および黄色(文字の大きさは20ポイント)の2条件とした。1条件につき30秒間音読した。

背景色が白で文字色が黄色の方が黒よりもリアプノフ指数が低い傾向がある。文字色が黄色の場合は、コントラストが低く、文字が小さいので明らかに読みにくい。つまり、読みにくいときはリアプノフ指数の値が低く、被験者がストレス状態に陥ったことが考えられる。

(6) 瞬目が心理面に与える影響の検討

本研究では、瞬目の多さのみに関する情報から人の印象形成に及ぼす影響について検討した。調査対象者は大学生 187 名（男性 106 名，女性 81 名）であった。調査内容は、「男性あるいは女性でまばたきをよくする人」、「男性あるいは女性でまばたきをあまりしない人」といった文章呈示によってイメージされる人物の印象である。評定は 7 段階尺度で SD 法を用いた。その結果、瞬目が多いといわれる人は、情緒安定性に欠けている人であると思込まれることが示された。特に、「男性でまばたきをよくする人」は情緒安定性に欠けていると思込まれていることが明らかになった。

また、瞬目の頻度のみに関する情報から職業別人物の印象形成に及ぼす影響について検討した。調査対象者は大学生 110 名（男性 61 名，女性 49 名）であった。調査内容は、「総理大臣・若い人気のある歌手・人気のあるお笑い芸人でまばたきをよくする人，あまりしない人」といった文章呈示によってイメージされる人物の印象である。評定は 7 段階尺度で SD 法を用いた。因子分析の結果、情緒安定性因子，親近性因子，知性因子の 3 因子を抽出した。また、瞬目が多いといわれる人は、全体的に情緒安定性に欠けている人であると思込まれていることが示された。特に、「総理大臣でまばたきをよくする人」は情緒安定性に欠けている人であると思込まれていることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 小孫康平、瞬目頻度が職業別人物の印象形成に及ぼす影響、日本教育工学会論文誌、Vol. 32, Suppl.、41-44、2008、査読有
- ② 小孫康平、画像解析ソフトウェア「ImageJ」を用いた簡易瞬目・瞳孔測定方法、関西国際大学研究紀要、第 9 号、99-108、2008、査読無
- ③ 小孫康平、画像解析による簡易瞬目・瞳孔測定法の検討と生理心理学教育での利用可能性、日本教育工学会論文誌、Vol. 31, Suppl.、1-4、2007、査読有
- ④ 小孫康平、瞬目のビデオ画像解析システムの開発と読みやすさが瞬目・唾液アミラーゼ・指尖脈波のカオスに及ぼす影響、関西国際大学研究紀要、第 8 号、69-79、2007、査読無
- ⑤ 小孫康平、二重課題における注意資源配分が瞬目と精神テンポでのタッピングに及ぼす影響、教育システム情報学会誌、

Vol. 24, No.1、50-56、2007、査読有

- ⑥ 小孫康平、瞬目の多少が人の印象形成に及ぼす影響、日本教育工学会論文誌、Vol. 30, Suppl.、1-4、2006、査読有

[学会発表] (計 3 件)

- ① 小孫康平、職業別における瞬目の多少が人物の印象に及ぼす影響、日本心理学会第 72 回大会、2008 年 9 月 19 日、北海道大学
- ② 小孫康平、「Image J」画像解析ソフトウェアを用いた瞳孔・瞬目の測定、日本心理学会第 71 回大会、2007 年 9 月 18 日、東洋大学
- ③ 小孫康平、心理学教育における画像解析ソフトウェアの活用—Scion Image を用いた簡易瞬目測定—、日本心理学会第 70 回大会、2006 年 11 月 4 日、九州大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小孫 康平 (KOMAGO YASUHIRA)  
関西国際大学・人間科学部・教授  
研究者番号：60260022