

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

Development of Analyzing System of Eyeblinks Recorded in the Video Image and Effects of Readability on Eyeblinks, Salivary Amylase, Chaos Analysis of Fingertip Pulse Waves

小 孫 康 平*

Yasuhira KOMAGO

抄 録

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する。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する。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する。

1. はじめに

インターネット利用人口の急速な増加と情報の世界的な普及によって、インターネットの新たな媒体としての重要性が高まっている。特に、ブラウザさえあればコンピュータや製作したアプリケーションに依存せず同じ文書を見ることができ、ハイパーテキスト形式によって自由に文書間を移動し、必要な情報を集めることができる World Wide Web の登場がその発展の一因を担っている。

インターネット上で情報を与えている Web サイトの多様化が進んでも、情報の伝達やユーザーの説得のための主な手段はやはり文章である。文章は短時間でユーザーの注意を引き、情報を伝える必要がある。したがって、文章が画面にどのように表示されるかということは、非常に重要かつ緊急を要する課題である。しかし、現在の Web ページの文字は、ほとんどが非常に読みにくい。それらは文字のサイズが小さい、背景が明るすぎて読みにくいなど、その原因は様々であるが、読み手にストレスを与えることは事実である。

また、映像メディア産業の進展に伴い、学校や家庭における映像メディアの利用が急速に進みつつ

* 関西国際大学人間学部

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があるので、映像の生体に及ぼす影響が社会問題となっている。1997年に起きた、いわゆる児童光感受性発作事件をきっかけにガイドラインが制定された。しかし、現在、映像による光感受性発作を防止するには、ガイドラインのみでは不十分な状況になりつつある。例えば、現在開発されている動画を視聴できる携帯端末は、画面サイズが小さいので、文字のサイズも極端に小さくなり、より注意が集中し、標準サイズでのディスプレイと比較すると、ストレスの影響も異なることが予想される。さらに、立体表示が普及してくると、より強いインパクトを与えるために飛び出し量の大きい文字や映像が多用されることが予想され、ストレスが大きくなると考えられる。

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。また、今後、高齢者も Web を使用する機会が増加するが、高齢者は視覚機能の低下や IT 機器の使用に慣れておらず、テクノストレスなどの労働衛生上の問題も懸念される。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（小孫，2002¹⁾）。汎用ビデオカメラ等の機器があれば生体非接触で測定可能であり測定も簡便である。しかし、画像解析ソフトウェアは一般的に高価なものであり、手軽に用いることができないなどの問題点がある（小孫，2006²⁾）。

一方、唾液中の α -アミラーゼ（唾液アミラーゼ）は、ストレス負荷に対して比較的速い応答が観察されている。また、唾液アミラーゼと唾液総タンパク量を同時測定することによって唾液分泌流量の影響を検討した研究では、ストレスに起因した唾液アミラーゼの変化が確認されている。すなわち、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（金丸・金森・山口・吉田・水野，2003³⁾）。

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。

そこで、本研究では、パブリックドメインで高機能な画像解析ソフトウェア Scion Image を利用して、瞬目のビデオ画像解析システムについて検討する。また、瞬目と読みやすさとの関係について検討する。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討する。

2. Scion Image を用いた瞬目のビデオ画像解析システム

(1) 瞬目の測定法

今までに様々な瞬目の測定法が考案されてきた。ここでは、代表的な瞬目の測定法を示す。

① 観察法

瞬目の回数を測定する方法の中で、一番簡単なのは被験者の顔を目で見て行う方法である。しかし、

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
観察者が瞬目をする時、被験者の瞬目を測定出来なくなる可能性がある。また、相手の顔をじっと見
つめていると、被験者にプレッシャーを与えてしまい、自然な状態での観察が出来なくなる欠点があ
る。さらに、記録に残らないので瞬目波形など、詳細な分析は不可能である。そこで、何らかの形で
記録に残るような測定法が必要である。

② EOG 法

EOG (electrooculography) 法は眼球電図法とも呼ばれている。眼球の角膜は+の電位、網膜は一
の電位が帯電している。角膜 (+) と網膜 (-) には角膜網膜電位という電氣的な差、すなわち電位
差が存在する。この電位差を利用して眼球の運動を記録することができる。

被験者の目の上の額と目の下の頬に電極を装着する。瞬目をしていない時は、額の電極と頬の電極
には、ほぼ等しい電位が及んでいる。一方、瞬目をする時、瞼の裏の結膜部は涙を介して角膜との接
触面積が大きくなるので、角膜の電位は結膜を経て額に及ぶ。したがって、額の電極と頬の電極との
間に大きな電位差が生じ、瞬目に伴う電位が記録できるのである。

このように、出力波形が瞬目の運動とほぼ直線的に対応するので、波形を分析するには都合がい
いが、顔に電極を装着するので被験者にとって違和感を感じることもある。また、電位差を増幅する
機器 (生体アンプ) や波形を描く記録器がない場合は、EOG 法が使用できないなどの短所がある。

③ EMG 法

瞬目にもなると、目のまわりを輪状に取り巻く筋肉 (眼輪筋) が強く収縮することが知られてい
る。この眼輪筋から筋電図 (EMG : electromyography) を記録する方法である。下眼瞼と外眼角 (目
じり) 部に電極を装着する。

しかし、顔に電極を装着するので、EOG 法と同様に被験者にとって違和感を感じることもある。
また、電位差を増幅する機器 (生体アンプ) や波形を描く記録器がない場合は、EMG 法が使用でき
ないなどの短所がある。

④ VTR 法

市販の携帯型ビデオカメラで撮影する方法である。何度でも再生することができるので、観察法の
ように瞬目の発生を見逃すことはない。また、被験者の顔の部分に余計な装置をつけずに、離れたと
ころから自然な状態で瞬目が記録できる。さらに、実験設備のない場所でも瞬目測定ができ、ビデオ
カメラによって得られる画像データから瞬目に伴う眼瞼の動きを1コマずつ計測すれば正しい瞬目波
形を得ることができるのが長所である。

しかし、瞬目の発生時点を特定し、そこから画面に定規を当てて上眼瞼の動きを mm 単位で1コ
マずつ計測する必要があるので膨大な作業が必要となる。

その解決方法としては、瞬目の動画をコンピュータに取り込んで、高価な画像解析ソフトウェア
(例えば、DIPP - Motion 2D) を利用して瞬目波形を解析する方法がある。また、独自に開発され
た瞬目自動解析システムを使って瞬目率、瞬目間隔、瞬目持続時間などの瞬目測度を算出する方法
がある。しかしながら、いずれも高価なソフトや独自に開発されたソフトであり、誰でも利用できる
ものではない。

(2) Scion Image 画像解析ソフトウェア

医学、生物学で幅広く用いられている画像解析ソフトウェアとしては NIH Image がよく知られている。NIH Image は、アメリカ NIH (National Institute of Health) の Wayne Rasband 博士が NIH の研究者と共同開発した Macintosh 上でのみ動作するパブリックドメインのソフトウェアである。Mac OS X 上では Classic 環境上で動作する。Windows 上では、NIH Image をもとに NIH Image と同等の機能をもつ Scion Corp の「Scion Image」が現在のところ、無料で配布されている。また、同様に、同じく NIH からプラットフォームを選ばず Java 上で動作する Image J が配布されている。NIH Image や Scion Image, それに Image J にはさまざまな機能がある。細胞数のカウント、電気泳動パターンの解析、画像の 3 次元化などが主な機能である。そのほかにも日常的に役に立つ機能が豊富に盛り込まれている。さらに、プラグインやマクロを用いることにより、さまざまな機能拡張を行うことが可能である。ここでは、Scion Image を取り上げる。

まず、瞬目のビデオ映像から画像編集ソフト (Premiere など) を用いてパソコンに動画の取り込みと静止面の書き出しを行う。次に、取り込んだ画像を Photoshop など解析しやすいように前処理を行う。ここではイメージ処理にてグレースケールとした後、Scion Image を利用して画像解析を行う。

① 瞬目測度

眼瞼が閉じるときの眼球上での濃度変化を Scion Image で測定することで、瞬目を検出することができる。すなわち、開眼のときは虹彩や瞳孔が見えるために濃度が濃い。一方、閉眼のときは虹彩や瞳孔が見えなくなるために濃度が薄くなる。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、濃度情報が変化した領域を瞬目領域として抽出する。

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一例である。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 2 の瞬目波形が実際のビデオカメラの画像 (図 3) と一致するかを検討する。図 2 の横軸の数字はフレーム番号で、図 3 の番号と対応している。図 2 の No. 4 から急激に下降している。No. 5 を見ると濃度の値が低くなっている。図 2 の No. 6 で最も濃度の値が低くなっており、図 3 の No. 6 で完全に眼を閉じている。図 2 の No. 7 から No.11 まで急激に上昇している。それに対応して図 3 の No.11 は上眼瞼が上昇していることがわかる。

このように、図 2 と図 3 とは一致しており、眼瞼が閉じるときの眼球上での濃度変化を Scion Image で測定することで、瞬目を検出することが可能であることが明らかになった。

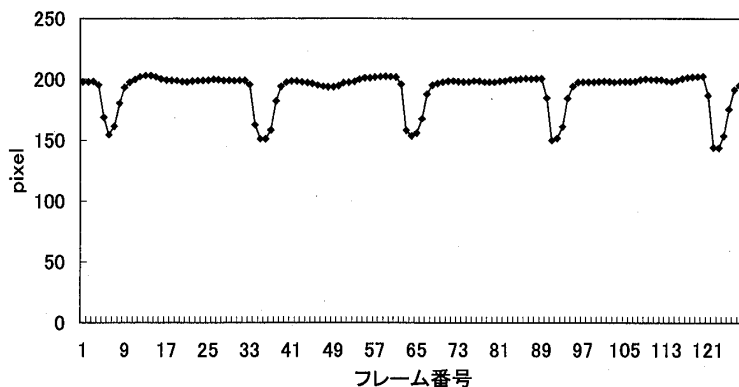


図 1 瞬目波形の一例

② 瞬目率

図 1 の瞬目波形では 127 フレーム

で5回の瞬目をおこなっている。1フレームが1/30秒であるので、127フレームでは4.23秒になる。すなわち、4.23秒で5回の瞬目をおこなっているので、瞬目率(1分間の瞬目数)は、70.9回/分となる。

③ 瞬目間隔

瞬目間隔とは、瞬目と次の瞬目

との時間間隔である。図1の瞬目波形では、完全に眼を閉じたフレーム番号は、No. 6, No.36, No.63, No.90, No.122である。したがって、No.6とNo.36では30フレームの差があり、瞬目間隔は1.0秒となる。次に、No.36とNo.63では27フレームの差があり、瞬目間隔は0.90秒となる。

④ 瞬目持続時間

瞬目持続時間とは、上眼瞼の下降開始から上昇終了までの時間である。例えば、図2では、上眼瞼の下降開始がNo. 4であり、上昇終了はNo.11であるので、7フレームの差があり瞬目持続時間は、0.23秒となる。

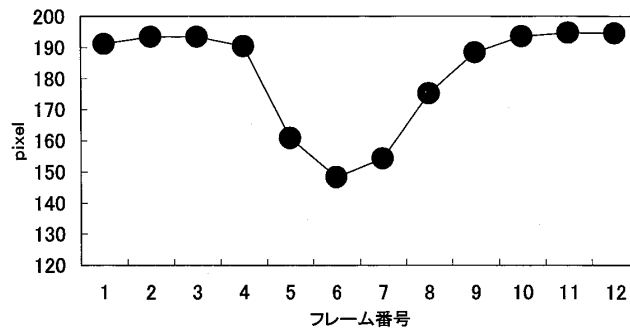


図2 瞬目波形



図3 ビデオカメラによる瞬目画像

このように、各瞬目測度を導き出せることが明らかになった。したがって、本システムはビデオ画像で記録された瞬目を解析することができる。

3. 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(小孫・田多, 2000⁴⁾), 課題困難度(小孫・田多, 1999⁵⁾), ワーキングメモリ(小孫・田多, 2004⁶⁾), 人の印象形成(小孫, 2006⁷⁾)などとの関係については、検討されている。小孫・田多(1999)⁸⁾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

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。

さらに、小孫 (2007) ⁹⁾ 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4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。

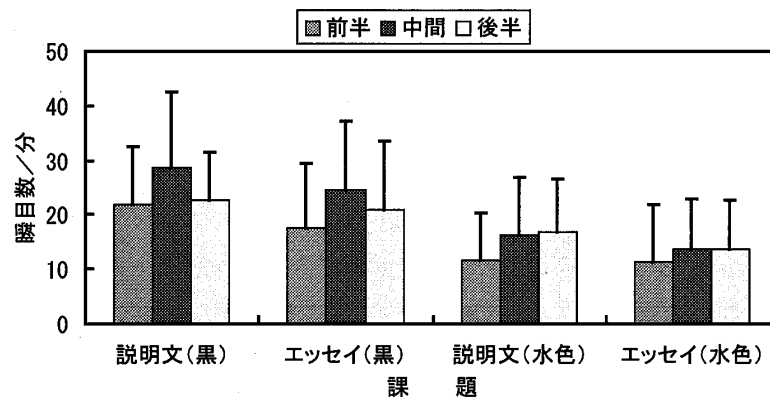


図4 平均瞬目率の推移

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。

4. 唾液アミラーゼとストレスとの関係

(1) 唾液アミラーゼとストレス

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

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(日本比較内分泌学会編, 1997¹⁰⁾)。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とされている。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(水野・山口・吉田, 2002¹¹⁾)。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(東・水野・山口, 2005¹²⁾)。

山口(2006)¹³⁾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、快適なストレス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。

(2) 唾液アミラーゼと読みやすさとの関係

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, 1997¹⁴⁾)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。結果の一例(被験者A)を図5に示す。

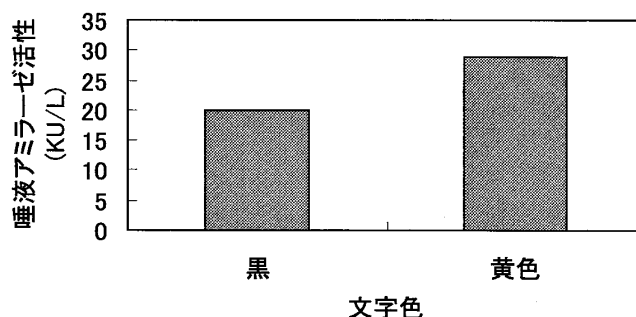


図5 各文字色における唾液アミラーゼ値の例

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。すなわち被験者Aの場合、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。

5. 指尖脈波のカオス解析とストレスとの関係

(1) 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(田原, 2001¹⁵⁾)。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のことを指している。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)¹⁶⁾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。また、中田・雄山(2005)¹⁷⁾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。今西・雄山(2005)¹⁸⁾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。

(2) 指尖脈波のカオス解析と読みやすさとの関係

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、指尖脈波収集装置 BACS II (CCI 製)を用いて、指尖脈波の測定を行っ

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を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, 1997¹⁴⁾)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。結果の一例(被験者A)を図6に示す。

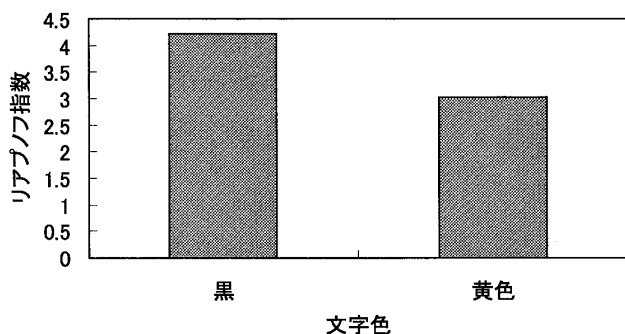


図6 各文字色におけるリアプノフ指数の例

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。つまり被験者Aの場合、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。

(3) 連立方程式の解答時における指尖脈波のカオス解析

次に、連立方程式の解答時における指尖脈波のカオス解析について検討する。課題は、解答するのが容易な連立方程式と解答するのが困難な連立方程式を30秒間で解答することである。結果の一例を図7に示す。

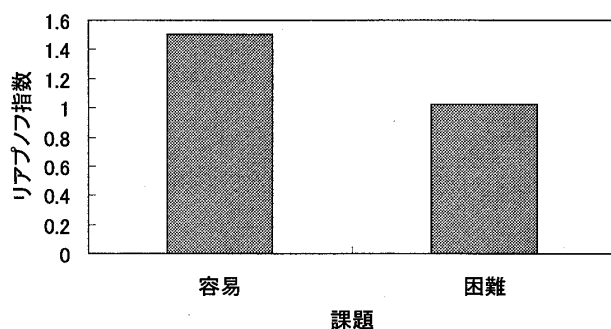


図7 連立方程式の解答時におけるリアプノフ指数の例

解答するのが容易な連立方程式の場合は、リアプノフ指数が高い値を示し、与えられた環境に柔軟に対応していたと考えられる。一方、困難な場合はリアプノフ指数が低い値を示し、焦りや失敗感を感じていると考えられる。

本研究の一部は、平成18年度科学研究費(基盤研究(C)) (代表 小孫康平)によるものである。

参考文献

- 1) 小孫康平：『課題困難度と瞬目活動に関する研究』 風間書房 2002
- 2) 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 回大会発表論文集』2006 1284 頁
- 3) 金丸正史・金森貴裕・山口昌樹・吉田博・水野康文：「唾液アミラーゼ活性によるジェットコースターの感性評価」『電子情報通信学会信学技法』 OME2003-24 2003 1-6 頁
- 4) 小孫康平・田多英興：「瞬目を指標としたハノイの塔問題解決時の課題困難度と注意の評価」『日本教育工学会論文誌』24 巻 2000 83-92 頁
- 5) 小孫康平・田多英興：「連立方程式の解答に伴う瞬目と心拍の変化」『日本教育工学会論文誌』23 巻 1999 47-57 頁
- 6) 小孫康平・田多英興：「ワーキングメモリの負荷が瞬目活動に及ぼす影響」『日本教育工学会論文誌』28 巻 2004 29-38 頁
- 7) 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』30 巻 Suppl.2006 1-4 頁
- 8) 小孫康平・田多英興：「コンピュータディスプレイ上の平仮名文字の読みやすさと瞬目活動との関係」『教育システム情報学会誌』16 巻 1999 75-84 頁
- 9) 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』24 巻 2007 50-56 頁
- 10) 日本比較内分泌学会編：『ストレスとホルモン』 学会出版センター 1997
- 11) 水野康文・山口昌樹・吉田 博：「唾液アミラーゼ活性はストレスの指標になり得るか」『YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW』 No.33 2002
- 12) 東 朋幸・水野康文・山口昌樹：「唾液アミラーゼ活性を利用した交感神経活動モニターの開発」『YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW』 No.40 2005
- 13) 山口昌樹：「バイオマーカーを用いた交感神経活動活性測定装置の開発」『富山大学フォーラム富山「創薬」第 18 回研究会資料』 2006
- 14) 黒柳徹子：『窓際のトットちゃん』 講談社 1997
- 15) 田原 孝：「カオス・複雑系で生活リズムと健康を考える」『教育と医学』49 巻 2001 334-347 頁
- 16) 在原里沙・雄山真弓・鈴木伸一：「音楽聴取による快・不快感情を表す指標としての指尖容積脈波の妥当性の検討－カオス解析を用いて－」『日本心理学会第 69 回大会発表論文集』2005 459 頁
- 17) 中田裕子・雄山真弓：「末梢生理反応を指標としたストレス評価の検討」『日本心理学会第 69 回大会発表論文集』2005 450 頁
- 18) 今西 明・雄山真弓：「モニタ監視作業における判断・操作ミス測定および監視者の生体情報計測」『日本心理学会第 69 回大会発表論文集』2005 446 頁

Abstract

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.