

ユーザビリティ指標としての瞬目の利用可能性[†]

— WWW ブラウザ利用時の瞬目の観察 —

松尾 太加志

Availability of eyeblink activity as index of usability:
Observation of eyeblinks during browsing WWW.

Takashi MATSUO

Abstract

Eyeblink activity is suppressed on tasks with high cognitive loads. Eyeblink is influenced by cognitive loads during operation machine. Therefore eyeblink may be used as an index of usability. The activity of the blink under browsing WWW was observed. As browsing task is similar to discrete trial task, the pattern of temporal distribution of blinks can be shown. As a result, when the menu was operated, the suppression of the blink was caused. Moreover, the peak at the blink rate was seen immediately after the selection of the menu. The selection of menu required subjects relatively high cognitive process. It was suggested to be able to use the blink activity as an index of usability.

序

瞬目は、眼の保護や防衛といった生理的な反射だけではなく、認知的処理過程と関連があることが知られている。Stern, Walrath & Goldstein (1984) は、認知的事象と関連のある瞬目を、反射や自律性の瞬目と区別して、“endogenous blink”と呼んでいる。これは、内的な認知過程に伴うもので、認知活動を表わす有効な指標となると、Sternらは指摘している。とくに、分離試行課題と呼ばれる課題（福田・山田・田多, 1990）を行なった場合、与えられた課題に対する処理が終了した時点で瞬目が頻発し、処理を行なっている最中には、瞬目が抑制されることが知られている。

Fukuda & Matsunaga (1983) は、聴覚弁別課題を行なわせたときの瞬目の発生を次のように報告している。予告刺激が提示された直後から瞬目発生が徐々に抑制され、刺激提示中まで抑制が続き、刺激提示直後に瞬目が多発する。さらに、反応が終了した後に多発を示した。つまり、刺激を予期していたり、処理している最中は瞬目が抑制され、処理が終了した時点で抑制が解除され、瞬目が多発している。これは、認知的過程に瞬目が深く関与していることを示している。

Ohira (1996) は、視覚刺激を用いた実験で、課題の困難度によって、瞬目の発生が異なることを報告

[†] 本論文の一部は、九州心理学会第60回大会で発表された。また、本研究は、平成10・11年度文部省科学研究費萌芽的研究（課題番号10878029）より補助を受けている。

している。課題は、プライミング効果を利用した単語読み上げ課題で、プライム刺激とその直後に与えられるターゲット刺激の単語を読み上げることが被験者の課題である。プライム刺激にターゲット刺激と関連のないものを提示したり、ターゲット刺激を回転文字で表示することによって、課題の困難度を操作している。その結果によると、課題の困難度が高い場合、ターゲット刺激提示直後の瞬目率が低下している。そして、低下後また瞬目率は高くなっている。つまり、与えられた課題の認知的負荷が高いほど瞬目の抑制が発生している。

これらの知見は、与えられた作業課題が作業者にどの程度の認知的負荷がかかっているかを瞬目を通して知ることができることを示唆している。作業の認知的負荷は、機器操作時のインタフェースの使いやすさの評価基準として用いることができるため、瞬目をヒューマンインタフェース領域のユーザビリティ評価の指標として利用することが可能である。たとえば、ある機器操作中に、瞬目の発生が一時的に抑制された後に頻発されたことがわかれば、その時点で行なっている作業に関するインタフェースが、利用者に認知的負荷をかけていることになり、ユーザビリティがよくないことを意味する。

瞬目がヒューマンインタフェースの指標として利用できるかどうかは、Yamada (1998) が脳波 (Fm θ) と瞬目について検討した報告がある。VDT を利用した視覚探索課題の場合、算盤の熟達者と一般の学生で比較したところ、Fm θ は熟達者においてその量が増えたが、瞬目率は減少したことを報告している。これは、集中を高めることにおいて、熟達者のほうが上回っていることを示している。また、瞬目は、課題遂行時に抑制されたが、記憶負荷が高い場合のほうが瞬目が多いことが観察された。さらに、子どもを使ったビデオゲーム実行時やアニメ視聴時の実験では、楽しんでいる時のほうがそうでないときに比べ、Fm θ 量が増え瞬目が抑制されることが明らかにされた。

ただし、Yamada の実験では、作業全体を通して Fm θ や瞬目を指標としてとらえており、作業過程での分析的な見方ではない。また、作業自体も視覚探索課題やビデオゲームなどを用いており、インタフェースのユーザビリティを評価するものではない。ユーザビリティの評価には、実際に機器操作時の瞬目を観察する必要がある。しかし、従来、瞬目と認知的な関わりの研究でなされてきた分離試行パラダイムを利用することは、機器操作場面になじまない。分離試行パラダイムでは、刺激が各試行ごとに定められた間隔で提示され、被験者は各試行ごとに反応が求められる。同一条件での試行を複数繰り返すことによって、条件間の比較がなされる。実験者が定めた刺激提示にしたがって被験者が反応を行なう実験者主導でなされる課題である。一方、機器操作は、一般には利用者が自分の行ないたい課題目標にしたがって利用者の主導でなされるため、利用行動を試行に分離して分析することが難しい。

そこで、本研究では、試行に分離して分析が可能な作業課題を与えることにした。それは、WWW ブラウザによるホームページ閲覧の課題である。ホームページ閲覧は、自分の得たい情報をブラウザ画面の中から探し出し、そこをクリックするという定まったプロセスの課題となっている。そのため、探し出してクリックするという作業が一つの試行だとみなすことが可能である。ここでは、実験のために作成した階層的なホームページを順番にすべて探索して、その内容を読み上げるといった課題とした。このホームページ閲覧時に瞬目がどのように発生するかを観察し、瞬目がユーザビリティの指標として有効であるかどうかを検討した。

方 法

被験者

女子大学生 4 名

刺激・装置

WWW ブラウザ利用環境 WWW ブラウザを利用するが、その利用環境は次のようであった。コン

コンピュータは、Macintosh Ilvi (Apple 社) を利用し、モニタとしては、13インチの専用モニタ (Apple 社製) を用いた。マウスは純正の1ボタンマウスを用いた。OSは、漢字Talk 7.1で、WWWブラウザはNetscape Ver. 2.01を用いた。Webサーバは立ち上げずに、ローカルなハードディスクに保存してあるHTMLファイルを開くことで、ホームページを見る環境とした。

ホームページの内容 ホームページは練習用と実験用を用意した。実験に用いたホームページは、北海道の観光案内の内容で、今回の実験のために作成したものである。3階層の構造をしており、第1階層には、地名メニューで北海道の4箇所の地名(小樽、札幌、函館、富良野)が表示されている。第2階層は4つの土地の各地の名所メニューで、それぞれ3箇所の名所が表示されている。第3階層にはその各名所の説明文が80字程度で掲載されている。したがって、1ページ-4ページ-12ページという3階層となる(図1参照)。下の階層のページに移動するには、ページ上の地名や名所をクリックすることで移動する。上の階層に戻るには、各ページの最下部に表示した「戻る」をクリックすることにした。したがって、ブラウザのメニューやアイコンを使わずにページを移動することとした。なお、各ページの最上部には、ページ切替え検出用の横長のバー(黒または白)が常時提示されている(図2参照)。練習用は、内容を映画情報とし、同じ3層構造で1-2-4という構造で作成したものをを用いた。

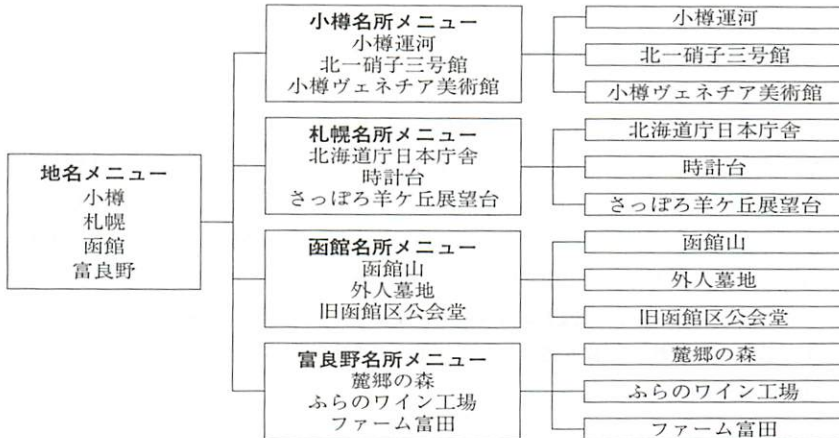


図1 実験に用いたホームページの構造

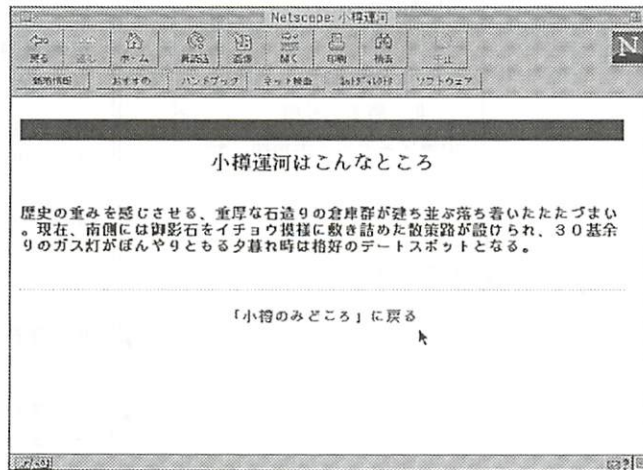


図2 実験に用いたホームページの説明文ページの例。ページの上部の黒い部分が刺激検出用のバー。

瞬目検出装置 瞬目の検出は、松尾・福田（1996）の装置とほぼ同じ装置を構築した。眼の映像は、小型 CCD カメラ（Toshiba IK-SM43H レンズ JK-L04S 焦点距離4mm）を用いて撮影した。カメラと眼球の位置がずれないように、防塵用の透明ビニール製ゴーグルを装着し、その右枠部分に金属製の細長の板に取り付け、その先端にカメラを取り付け、被験者の眼を撮影することとした。なお、照明光の反射を避けるため、ゴーグルの透明パネルははずして行なった。

WWW ブラウザ利用時のページの切り替えを検出するために、ホームページの上部に横長のバーを提示するようにした。このバーは、第1、3階層では黒に、第2階層では白とし、ページが変わるたびに、白黒の反転が生じるようにした。コンピュータの画面はビデオカメラ（SONY CCDTRV20PK）で撮影した。このコンピュータ画面の上下反転映像と被験者の眼の映像をビデオミキサ（Futek Videonics MX-1）によって合成し、ビデオデッキ（Victor SR-S365）に録画した。録画した映像は、計測ユニット（浜松ホトニクス Percept scope C3160）を利用して、映像を2値化した。2値化されたデータから、ページの切替えの部分と、被験者の眼の上瞼の変位データを検出させた。このデータをコンピュータ（NEC PC9821Xn）に取り込んだ。データ取り込みのソフトウェアは、松尾・福田（1996）が利用したものを利用した。

手続き

被験者は、実験の概要の説明を受けたあと、ゴーグルとカメラを装着された。被験者には、ホームページの構造とそれを順番にたどりながら音読していく課題であると教示した。まず、練習用のホームページで練習を行なった後、実験用のホームページを操作した。被験者の課題は、ホームページの全内容を口に出して読んでもらうことである。ページをたどる順序は、各メニューの項目を上から順番に3階層のホームページを入れ子式にたどっていく（図3参照）。そのため、操作するページは、地名メニュー4、名所メニュー16、説明文ページ12となり、合計32ページの操作を行なう。階層をたどるのは、項目をマウスでクリックするだけで、キーボードは一切利用しなかった。被験者には、ページ上に表示された全内容を音読させたが、メニューの場合は、選択する項目のみを読ませた。ただし、最初のメニューではメニューの表題も読むよう教示した。教示と装置装着を含めてすべての実験を終了するのに、約10分要した。

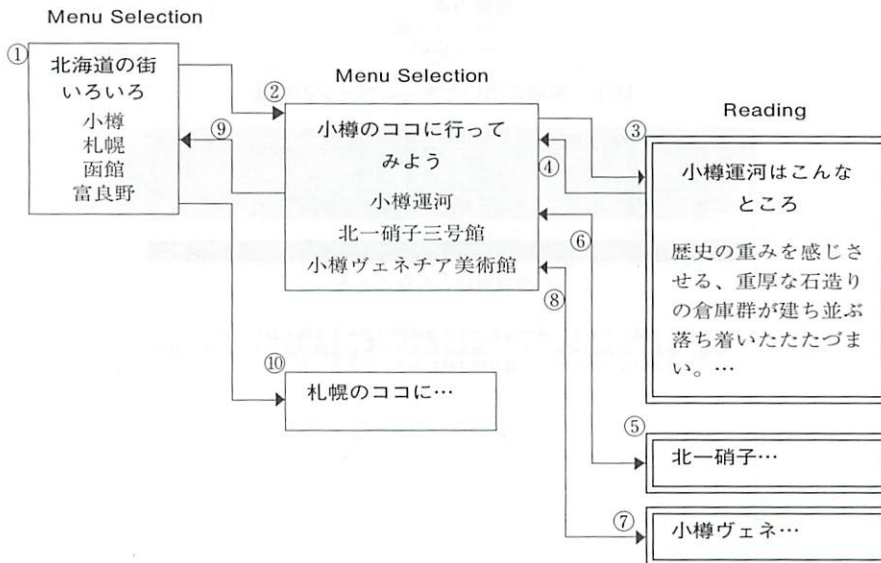


図3 被験者がホームページをたどっていく順序。丸数字がたどっていく順番を示す。

結果

瞬目の同定は、松尾・福田(1996)で利用したプログラムを一部改良して行なった。松尾・福田(1996)では、設定したパラメータの条件を満たしたものをすべて瞬目と判断したが、ノイズが多い場合、パラメータの設定のしかたによっては、ノイズも瞬目と同定してしまうことがあった。そのため、視察によってノイズであると判断された場合は、たとえパラメータの条件を満たしていても、除外した。

各被験者ごとに、各ページ操作時における瞬目の発生数を数え、単位時間(1秒)あたりの瞬目率を算出した。その値を元に、全被験者の瞬目率の平均を各ページ操作ごとに算出した。その結果を図4に示した。ただし、図中では、メニュー操作(地名メニュー選択及び名所メニュー選択)時を「M」、説明文音読時を「R」と記した。ただし、一番最後の32ページは、実験終了のメッセージが出るだけで、メニュー操作は行なわない。前半の部分では、メニュー操作時も説明文音読時も瞬目率にほとんど違いはないが、後半になると、メニュー選択時の瞬目率が低くなっている。分散分析を行なったところ、メニュー選択時と説明文音読時には有意な差がみられた($F=6.05$, $df=1/123$, $p<.05$)。

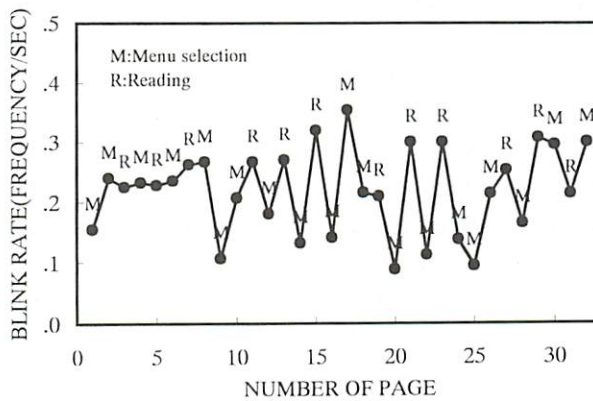


図4 ページ操作系列による瞬目率の変化

さらに、各操作終了時の瞬目の発生の様子を調べるために、各ページに発生した瞬目をページ操作開始時の2秒間とその後の期間に分けて瞬目率を計算した。各ページ操作開始時の2秒間は、その前の操作の処理終了後の期間であるとみなした。また、ここでは、32ページの操作が8ページずつの操作の4つのブロックによって構成されているものとして分析した。8ページが1つのブロックを構成しており、1ブロック内での操作の流れを見るために、ページごとに4つのブロックでの平均値を算出した。そして、各ページは、前述のように、最初の2秒とそれ以降の期間に分けるため、都合、16の期間に分けられる。これを図示したのが、図5である。

図5では、メニュー操作後の次の2秒間を「PM (Post Menu)」, 説明文音読後の次の2秒間を「PR (Post Reading)」と表記した。この図を見ると、メニュー選択操作時にもっとも瞬目率が低く、メニュー選択操作後にもっとも瞬目率が高くなり、以降、音読時、音読終了時と瞬目率が低くなる。その中でも、もっとも瞬目率が高かったのは、最初の地名選択メニュー後の2秒間(PM3)である。期間を1要因とした分散分析の結果、期間の間に有意な差がみられ($F=3.02$, $df=15/45$, $p<.005$), LSD法による多重比較では、最初の地名選択メニュー後の2秒間が他のどの期間に比較しても5%水準で有意な差があることが確かめられた。他に多重比較で5%水準で有意な差が認められたのは、M1とPM5, M1とPM7, M4とPM7の間であった。

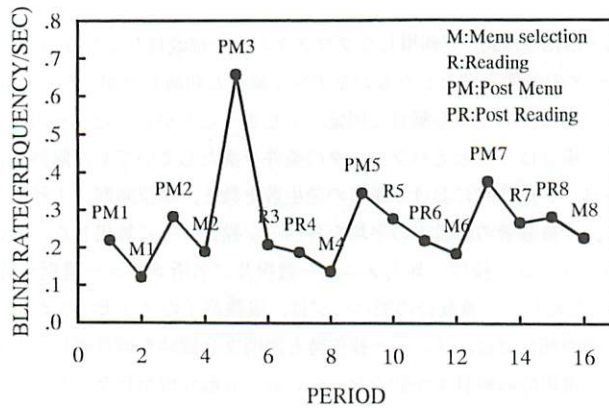


図5 操作時とポスト操作時（2秒間）を分けた場合の時系列分布

考察

メニュー選択時と説明文音読時に瞬目率の差がみられ、メニュー選択時に瞬目率が低下したことは、メニュー選択時に認知的負荷がかかり、瞬目の抑制がみられたと考えることができる。

メニュー選択時と説明文音読時で被験者が行なう作業の違いは、メニュー選択時のほうに、どの項目を選択すべきかの判断が含まれていることである。メニュー選択時の作業は、項目を選択・クリックする、項目を音読するという作業である。説明文音読時は、説明文を音読する、メニューに戻る項目をクリックするという作業である。つまり、メニュー選択時には、項目を選択するという認知的作業がひとつ多く含まれていることになる。したがって、クリックすべき項目の選択判断という作業の認知的負荷が瞬目を抑制したと考えられる。しかし、次のような2つの解釈も考えられる。

まず、考えられるのは、音読という作業の違いである。発声という作業が瞬目の頻度を増すことは知られており（たとえば、von Cramon & Schuri, 1980）、今回の実験のように音読させることによって、瞬目率が増加したことは予測される。ただし、本実験においては、メニュー選択ページにおいても、項目をすべて読むように教示しており、説明文音読時だけに発声が伴っているわけではない。もっとも、メニュー選択時において、音読すべき項目は地名や名所だけのわずかであるのに対して、説明文音読時には、80字ほどの文章を読むため、その量において異なる。説明文は2～3行に渡っているため、次の行に移るときや文節の後などにおいて、瞬目が誘発されている可能性は考えられる。Hall (1945) は、紙に書かれた文章を読む際に、このような事実が生じることを報告している。また、Orchard & Stern (1991) は、VDT提示においてもそのような事実があることを報告している。

次に考えられるのは、選択判断というよりも、クリックするという運動過程による負荷である。ここでの解釈は、メニュー項目のどの項目を選択するかという認知的過程と、それを実際に操作する（マウスで項目をクリックする）運動過程を分けて考えた。そして、瞬目の抑制は前者の負荷によるものだと解釈した。ところが、後者の操作の負荷による可能性も考えられる。今回の実験は、説明文音読時でも、説明文を読んだ後に、マウスをクリックしてメニューに戻る操作をしないといけないため、マウス操作は共通である。しかし、メニュー選択の場合、マウスで項目をクリックということが主たる課題となっており、さらに、クリックすべき項目名が地名や名所であるため、文字数が少なく、クリックする領域が小さくなっている。一方、説明文音読の場合、主たる課題は文章を読むという課題で、マウスクリックは文章を読んだ後に付加的に行なうだけにすぎない。さらに、メニューに戻る場合にクリックする項目名は、「小樽のみどころに戻る」といったように、文字数が多く、クリックする領域が大きくなっている。つまり、メニュー

選択時においては、マウスクリックが主たる作業であり、かつ、クリックすべき領域が小さいということが、説明文音読時よりも相対的に認知的負荷を高くし、瞬目を抑制したのではないとも考えられる。

ところが、このいずれの解釈も、ページ切り替え後2秒間の部分を分けて分析した結果(図5)をみるところ、あまり妥当でないと思われる。瞬目の発生は、かなりの部分が最初の2秒間に集中している。この間の瞬目発生は、行の切り替わりや文節の切れ目によるものとは考えにくい。つまり、実際に説明文を音読している時の瞬目はそれほど多くないことを意味している。そして、この説明文音読時(R)は、メニュー選択時(M)と統計的に有意な差は認められなかったため、クリックするという運動過程による差異があったわけでもない。この図5を見ると、むしろ、前のメニュー選択作業の終了に伴う瞬目の発生と考えられる。最初に述べたように、分離試行課題において、刺激などが提示されている最中は瞬目が抑制され、その刺激に対する処理が終了した時点で瞬目が発生する。今回の図5のデータもそのような特徴を示していると考えることができる。図中メニュー操作時(M)のところではもっとも瞬目率が低く、その直後のメニュー操作が終わった時点の2秒間(PM)において、瞬目が多発している。このことは、メニュー操作時に認知的負荷が高く、瞬目が抑制され、その作業終了後のポストメニュー(PM)で抑制が解除され瞬目が多発している。とくに、地名と名所と連続したメニュー操作後のPM3の瞬目が多くなっていることは、この作業の認知的負荷が高かったことを意味している。

メニュー選択時は、地名や名所を定められた順番で選択しなければならない。その順番は上から順番であると教示されているが、説明文を読み終わってメニュー選択画面に戻ったときに、次に選択すべき項目がどれであるかは判断しなければならない。メニュー画面上の項目の中から探さなければならないが、次にどの項目を選択すべきかは画面上には何も手掛りがない。多くのホームページでは、一度リンク先をクリックすると、その項目の色が変化するように作られているが、本実験の場合、一度選択した項目であっても色は変化しないように作った。そのため、次がどの項目であるかは、覚えておかななければならない。したがって、メニュー選択時(M)の負荷が高く、瞬目は抑制され、負荷解除後のポストメニュー(PM)での瞬目率は高くなっている。とくに負荷が高い連続メニュー選択後のPM3では、瞬目率をもっとも高い。一方、説明文音読時でも、読み終わった後に、メニューに戻るところをクリックしなければならないが、クリックできる場所は、この場所しかないため、判断は要求されない。そのため、説明文音読時(R)もポスト音読(PR)も瞬目率は中程度で大きな変化がない結果となった。

説明文音読時もメニュー選択時と同じようにマウスクリック操作があるのだが、このような違いが生じるのは、行動の制御の違いであろう。このような行動制御の違いは、Rasmussen(1986)のKRSモデルで説明できよう。画面上に次にどの項目をクリックすればよいかの手掛りがある場合、その手掛りは、シグナルとして利用され、スキルベースの処理でマウスをクリックするだけでよい。おそらく、説明文音読終了後にメニューに戻るときに行なうマウスクリックは、このスキルベースの処理ではないかと考えられる。そのため、それほど認知的負荷はかかってない。一方、本実験でのメニュー選択時には、画面上には直接的な手掛りがない。画面上の地名メニューや名所メニューがサインとして入力され、それがルールベースでの処理となる。したがって、相対的に高次の認知的処理過程が要求される。それが、瞬目への抑制という形で現れたのではないかと考えられる。

本研究は、WWWブラウザ利用時の瞬目を観察したが、ホームページ閲覧におけるインタフェースの問題は、階層化の適切さやナビゲーションの問題として議論されることがある(黒須・伊東・時津, 1999)。自分がホームページ上のどこに位置するのかわからなくなってしまうことがあったり、目的のページにたどりつくにはどこをクリックすればよいのかわからないことがある。今回の実験では、実際にメニュー選択時に認知的負荷がかかっており、目的のページ(今回は名所説明文のページ)にたどりつく、負荷が低減したということが、瞬目抑制とその解除による多発ということで明らかにされた。実験的に作成した

ホームページの閲覧という限定された場面ではあるが、機器操作時における認知的処理過程を瞬目が反映しており、ユーザビリティの指標として十分に有効に活用できることが明らかになった。たとえば、今回の実験では、一度クリックした項目の色を変えないような形にしたが、色を変化させたときの瞬目率を測定し、それと対比させることによって、どちらがユーザビリティが高いのかを判断することができる。

瞬目が、すべての機器操作場面でユーザビリティの指標として使えるかどうかは断言できないが、本研究を通してひとつの有効な指標となりえることが明らかになった。

謝辞

本論文は、梅村瞳さんの北九州大学文学部人間関係学科1999年度卒業論文として行われたものです。ホームページ作成、実験、データ取り込みに関しては、梅村瞳さんが行ないました。ここに、記して感謝いたします。

また、本論文の作成にあたり、貴重な御助言をいただきました福岡県立大学人間社会学部福田恭介教授に深く感謝いたします。

参考文献

- Fukuda, K., & Matsunaga, K. 1983 Changes in blink rate during signal discrimination tasks. *Japanese Psychological Research*, 25, 140-146.
- 福田恭介・山田富美雄・田多英興 1990 分離試行パラダイムに基いた自発性瞬目研究の動向, 8, 47-54.
- Hall, A. 1945 The origin and purpose of blinking. *British Journal of Ophthalmology*, 29, 445-467.
- 黒須正明・伊東昌子・時津倫子 1999 ユーザ工学入門 共立出版
- 松尾太加志・福田恭介 1996 ビデオ画像記録による瞬目自動解析システムの開発 生理心理学と精神生理学, 14, 17-21.
- Ohira, H. 1996 Eyeblink activity in a word-naming task as a function of semantic priming and cognitive load. *Perceptual Motor Skills*, 82, 835-842.
- Orchard, L.N., & Stern, J.A. 1991 Blinks as an index of cognitive activity during reading. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, 26, 108-116.
- Rasmussen, J. 1986 *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach To Cognitive Engineering*. Elsevier Science Publishing. (海保博之・加藤隆・赤井真喜・田辺文也訳 1990 インタフェースの認知工学—人と機械の知的かかわりの科学— 啓学出版)
- Stern, J.A., Walrath, L.C., & Goldstein, R. 1984 The endogenous eyeblink. *Psychophysiology*, 21, 22-32.
- von Cramon, D., & Schuri, U. 1980 Blink frequency and speed motor activity. *Neuropsychologia*, 18, 603-606.
- Yamada, F. 1998 Frontal midline theta rhythm and eyeblinking activity during a VDT task and a video game: useful tools for psychophysiology in ergonomics. *Ergonomics*, 41, 678-688.

北九州大学文学部紀要

(人間関係学科)

第 7 巻

目 次

松尾太加志：ユーザビリティ指標としての瞬目の利用可能性 －WWWブラウザ利用時の瞬目の観察－……………	1
金 池妍・森岡陽子・加倉井美智子： 表現運動における評価についての一考察……………	9
竹之下芳也：弁証法におけるいくつかの証例の批判的考察 I. 正負、陰陽は対立物ではない……………	23
須藤 廣：「個人主義」化に関する比較研究のための試論……………	33
山内隆久・小賀 久・恒吉紀寿・山崎克明： 北九州市のボランティア組織に関する研究……………	47

北九州大学文学部

2000年3月発行