

K-041

入力インタフェースのための随意性瞬目と自発性瞬目の基礎特性の比較

Comparison of Basic Characteristics of Voluntary Eyeblink and Spontaneous Eyeblink for Applying to Input Interface

田邊 喜一†

Kiichi Tanabe

1. まえがき

上肢が不自由なユーザでも利用可能な入力インタフェースとして、画面走査型の文字入力方式が提案されている。そこでは、画面上を移動するカーソルが所望の文字上に達したときに瞬目を発し、これを入力確定用のスイッチとして用いる[1]～[4]。瞬目は、随意性瞬目、反射性瞬目、自発性瞬目に分類される[5]。随意性瞬目は人の意思の関与が明確な瞬目であり、反射性瞬目は閃光などの外的反射誘発刺激による瞬目である。自発性瞬目は、随意的ではなく、外的反射誘発刺激も特定できない瞬目である。この内、随意性瞬目が入力スイッチとして用いられるが、その際、自発性瞬目が1分間に数十回混入する可能性がある[5]。自発性瞬目を誤って“入力確定”と判定すると、ユーザに不快な気分やストレスを与える恐れがある。それゆえ、ユーザの意図を忠実に反映するためには、この二種類の瞬目を正しく判別する必要がある。

そのための方策として、従来の研究では、意図を伝えるときの瞬目は、“意識的に瞬き時間を変える[2]”，“意識的にまぶたを強く閉じる[3]”，“意識的な「まばたき」は約1.0s間まぶたを閉じる[4]”などと、ユーザに明確に指示することにより、自発性瞬目よりも強制的に持続時間を延長させる方法が採用されている。この方式によれば、確かに随意性瞬目と自発性瞬目を明確に識別できる。しかし、意識して長い時間まぶたを閉じるという動作は、日常生活では生じし得ない行動であり、ユーザに不快感やストレスを与える可能性がある。

一方、意識的な長時間閉眼の指示を与えず、“意図的に行うこと”だけを教示したときの随意性瞬目と自発性瞬目の特性を比較した研究事例がある[6]。そこでは、随意性瞬目の持続時間が自発性瞬目よりも延長することが確認されている。また、自律神経系指標や内分泌系指標を用いて、随意性瞬目がストレス事態に相当しないことを示唆している。すなわち、意図的ではあるが、“より自然な状態”で発する随意性瞬目が入力スイッチとして利用できれば、不快感や

ストレスの少ない入力手段を提供できる可能性がある。反面、随意性瞬目と自発性瞬目の特性はある程度類似することが予想されるため、持続時間のみのパラメータで、随意性瞬目と自発性瞬目を確実に識別できる保証はない。

そこで、本報告では、明示的に長時間閉眼を求める従来法とは異なり、“意図的に行うこと”だけの教示により随意性瞬目を採取し、その基礎特性を自発性瞬目と比較する。このとき、瞬目波形と呼ばれる瞬目開始後の上眼瞼の移動量を時間軸上に並べて得られる一次元波形に着目し、その波形を記述する代表的な形状特徴パラメータの差異について分析する。まず、文献[6]で差異が示された持続時間について比較し、次いで、随意性瞬目と自発性瞬目の識別に利用可能な他の形状特徴パラメータを探索する。

2. 実験

2. 1 課題

自発性瞬目を取得するために、「実験中」とのみ表示されている画面を眺めるだけの安静条件を設けた。この条件では、実験参加者に、画面から視線を逸らさず観察するように教示した。随意性瞬目を取得するために、実験参加者によるマウスクリックを合図として、その後に瞬目を意図的に発してもらう。随意性瞬目生成条件を設定した。

2. 2 実験手順

実験参加者は5名の高専学生であり、実験の遂行に支障のない矯正視力を有していた。実験参加者とディスプレイ間の距離は60cmに設定し、顔が動かないようにあご台で軽く固定した。まず、2分を1セットとした安静条件を30sの休憩を挟み3セット実施した。次に随意性瞬目生成条件を同様に3セット実施した。随意性瞬目生成条件では、1, 2, 3, 4, ...と、声に出さずに7カウント程度数えた後でマウスを左クリックし、その時点から約1～2s後に瞬目を意図して発するようにと教示した。このとき、無理にまぶたをきつく閉じる必要はないことを説明した。また、マウスをクリックする時点までは、無意識に生じる自発性瞬目を我慢する必要はないことも併せて教示した。

† 松江工業高等専門学校

表1 選択した形状特徴パラメータ

パラメータ	定義
閉眼時振幅	Acl
開眼時振幅	Aop
振幅比率	Aop/Acl
持続時間	Dur
50%持続時間	HDur
閉眼速度	Acl/Tcl
開眼速度	Aop/Top
平均面積	PsからPeまでの波高値の累積値

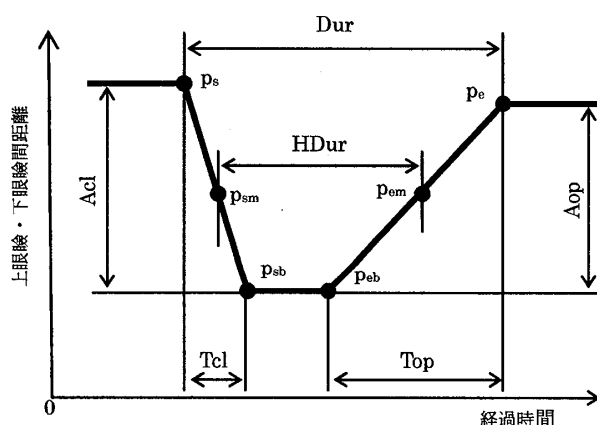


図1 瞬目波形の形状特徴パラメータ

2. 3 データ処理

高速度撮影が可能なデジタルビデオカメラ（映像取得速度:120fps, VCC-G22V31CL, CIS 製）と画像入力ボード（銀河 digital-CL2, リンクス製）を組み合わせ、左目の眼領域映像を取り込んだ。ビデオカメラを左目正面方向 35cm の距離に置き、また、左目までの仰角を約 30° に設定した。計測システムの性能上の制約から、安静条件では 3s 間の映像をフレームメモリに格納し、続く 2s 間でこれをハードディスクに転送した。そのため、転送中に生じた瞬目は取りこぼされる。随意性瞬目生成条件ではマウスクリックの時点から 3s 間の映像を取り込んだ。

3. 実験結果と考察

3. 1 形状特徴パラメータの選択

まず、図1中の●印で示される6個の特徴点を文献[7]の方法に従って抽出した。図中のPsは瞬目開始時点、Psbは閉眼過程終了時点、Pebは開眼過程開始時点、Peは瞬目完了時点をそれぞれ表す。また、PsmとPemはPsとPsbにおける波高値の平均値に対応する時点を算出したものである。これらの特徴点に基づき、これまでに提案されている形状特

徴パラメータの記述法[8], [9]を参考にして、代表的な形状特徴パラメータを8種類ほど選択した（表1）。各形状特徴パラメータについて、随意性瞬目と自発性瞬目を実験参加者毎に比較したものを図2に示す。

3. 2 持続時間

文献[6]では、1分間に30回の隋性瞬目を生起させ、このときの50%持続時間について分析している。その結果、自発性瞬目は110ms（平均値）、随意性瞬目は200ms（平均値）であり、随意性瞬目の持続時間が有意に延長することを示している。一方、本実験では自発性瞬目は135ms（平均値）、随意性瞬目は224ms（平均値）であったが、有意差は示されなかった（ $t(4)=1.58, p>0.1$ ）。以上から分かるように、持続時間に関する形状特パラメータの両瞬目間における差異は実験参加者に共通した傾向であるとは必ずしも言えないことが示された。

次に、実験参加者の個人的な特徴について分析する。随意性瞬目生成条件下の持続時間が安静条件下よりも有意に延長した実験参加者は図2(d)に示されるように5名中3名（sub2, 4, 5）であり、残りの2名（sub1, 3）には差異が認められなかった。さらに、実験参加者 sub1, 3 の50%持続時間は、随意性瞬目が自発性瞬目よりも有意に短縮することが示された（図2(e)）。このように、持続時間に関する形状特徴パラメータは、実験参加者によっては、両瞬目間で変化が見られず、あるいは、従来の報告とは異なり、逆転する場合も生じることが確認された。

本実験で得られたデータは、確かに持続時間が延長する実験参加者が多いものの、全ての実験参加者に共通した傾向ではないことを示している。すなわち、随意性瞬目を入力スイッチとして利用する際には、各個人の特徴を考慮に入れた複数の形状特徴パラメータを用いて随意性瞬目と自発性瞬目の識別基準を設定する必要がある。そこで、以下、持続時間以外の形状特徴パラメータについて、その識別への利用可能性を調べる。

3. 3 振幅関連の形状特徴パラメータ

まず、振幅関連のパラメータについて検討する。閉眼振幅と開眼振幅は図2(a), (b)に示されるように、全ての実験参加者共に随意性瞬目の方が大きい。また、閉眼時振幅に対する開眼時振幅の比として定義される振幅比率[7]は、図2(c)に示されるように、全ての実験参加者被共に随意性瞬目の方が大きい。以上、振幅パラメータの差異は実験参加者に共通した傾向であることから、随意性瞬目と自発性瞬目を識別するために有効な形状特徴パラメータとして利用できる可能性がある。

3. 4 速度・面積関連の形状特徴パラメータ

閉眼速度には全ての実験参加者に共通した傾向は見られないが（図2(f)）、開眼速度は全ての実験参加者に有意差が認められた（図2(g)）。実験参加者（sub1~4）については、

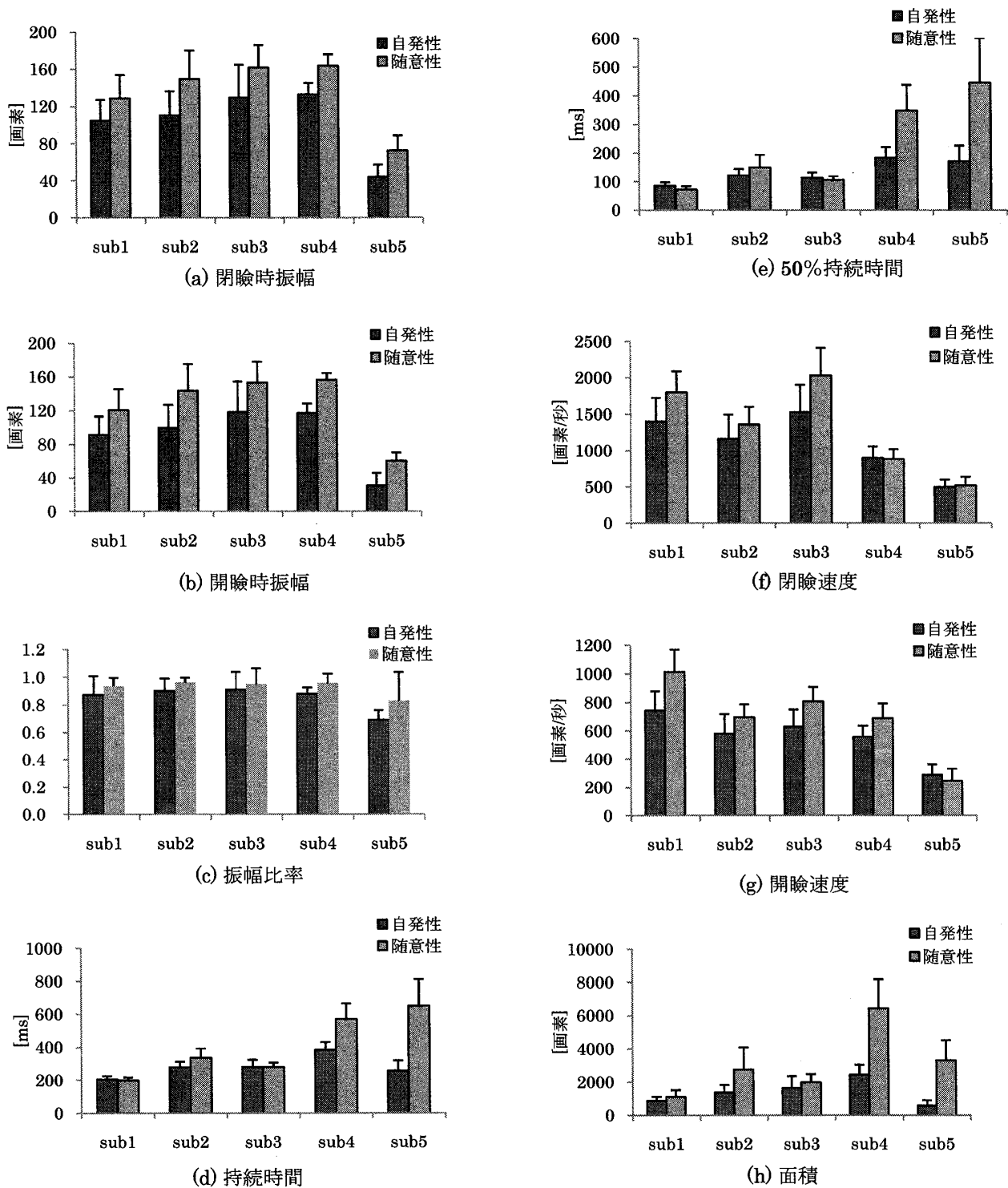


図2 各特徴パラメータの比較

随意性瞬目の方が速くなる傾向にあるが、実験参加者 sub5 のみは逆に遅くなる傾向が示された。実験参加者 sub5 は、他の実験参加者と比較して、振幅が約 1/2 程度と極めて小さく、これが他の実験参加者と異なる傾向を示しているのかもしれない。最後に、平均面積は、図 2(h) に示される

ように、全ての験参加者について随意性瞬目の方が大きくなる傾向が示されており、両瞬目の識別に適用できる可能性がある。以上、持続時間以外の形状特徴パラメータを併用することにより随意性瞬目と自発性瞬目を識別できるのではないかと期待される。

4. まとめ

本稿では、瞬目をスイッチとする画面走査型の文字入力インタフェースを不快感やストレスを与えずに実現することを目標に置き、入力確定用に用いられる随意性瞬目と、誤入力の原因となる自発性瞬目を識別するための瞬目波形の形状特徴パラメータについて分析した。その結果、従来の識別基準に置かれていた持続時間には全ての実験参加者に共通した差異が認められなかった。しかし、振幅関連や速度・面積関連の形状特徴パラメータを併用することにより、両瞬目の識別が行える可能性が示唆された。今後は、複数の形状特徴パラメータを組み合わせる方法について、さらに検討を進める予定である。

謝辞

本研究は(財) 栢森情報科学振興財団の研究助成を受けて遂行された。記して感謝いたします。

参考文献

- [1]大矢哲也, 山下和彦, 小山裕徳, 川澄正史, “眼電図を用いた随意性瞬目によるスイッチ操作の研究,” 生体医工学, 46, 2, 254-260, 2008.
- [2]大里裕樹, 後藤敏行, 竹上健, “画像処理を用いた重度障害者のためのテキスト入力インタフェース,” 映情学技報報告, 33, 11, 85-86, 2009.
- [3]矢島大輔, 林豊彦, 渡辺哲也, 前田義信, 若林佑子, 渡辺諭, 阿部晃, 山口俊光, “反射型フォトセンサ列を用いた汎用シングルスイッチ VSN/1 による意識的なまばたきの検出法,” 信学技報, 109, 152, 11-16, 2009.
- [4]加納尚之, 井上倫夫, 小林康浩, 中島健二, “コミュニケーションエイドのための「まばたき」の検出方法,” 信学論(A), J81-A, 10, 1453-1462, 1998.
- [5]福田恭介, “まばたきの分類と役割,” まばたきの心理学, 田多英興, 山田富美雄, 福田恭介(編), 2-6, 北大路書房, 京都, 1991.
- [6]田中裕, “随意性瞬目の基礎的特性について(1),” 川村学園女子大学研究紀要, 20, 2, 79-94, 2009.
- [7]田邊喜一, 安井淳美, “加算作業による瞬目波形の変化について,” 人間工学, 46, 2, 180-183, 2010.
- [8]山田富美雄, “(4)波形測度,” まばたきの心理学, 田多英興, 山田富美雄, 福田恭介(編), 60-63, 北大路書房, 京都, 1991.
- [9]湯瀬裕昭, 田多英興, “瞬目の自動検出と瞬目波形解析,” 人間工学, 30, 5, 331-337, 1994.