

意図的な瞬目に現れる個人的特徴に関する一検討

松野 省吾[†] 大山 実[†] 阿部 清彦[‡] 佐藤 寛修[‡] 大井 尚一[†]

東京電機大学[†] 関東学院大学[‡]

1. はじめに

これまで、まばたき(瞬目)による入力筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの重度肢体不自由者を補助するコミュニケーション支援システムとして注目されてきた[1]。しかし、近年の情報端末の高性能化と共にウェアラブル端末への応用に期待が高まっている。

瞬目は意識的に行う随意性、それ以外で発生する不随意性に分類される。コンピュータの操作に瞬目を用いる場合には、使用者の意図したタイミングでの入力動作が必要となる。すなわち、瞬目種類を識別し、随意性瞬目のみを入力スイッチとして認識しなければならない。しかしながら、瞬目は高速な動作であり、ばらつきも大きいために自動識別は困難であった。

本研究では汎用端末における入力補助インタフェースとして、まばたき入力システムの開発を目指している。これまで筆者は画像解析による瞬目の時間的な進行過程を示す波形(瞬目波形)の抽出とその特徴量の検討を行っており[3][4]、差が顕著に見える特徴量のパターンが存在することを示したが、その割合は明確ではなかった[2]。本稿では実験により瞬目の特徴量傾向の個人による差異がどのように現れるかを検討したので、その結果を報告する。

2. 瞬目波形計測

瞬目種類の自動識別を行うためにはまず、個々の瞬目を計測し、その特徴を分析する必要がある。瞬目の計測に用いられる方法は主としてEOG(Electrooculography: 眼球電図)を用いる方法と画像解析を用いる方法が挙げられる。EOG法は眼球近傍に電極を直接張り付け、角膜網膜電位の変化を記録することで瞬目波形を計測する。高精度な計測が可能であるが、生体ノイズとの識別が難しいこと、接触式であることなどの理由から近年は画像解析による方法が主流となってきている。一方、画像解析を用いる方法はビデオカメラで撮影された眼球近傍の動画像

を解析し、眼球開口部の面積やまぶたの移動距離などの変化を記録する。しかし、瞬目の挙動は数100ミリ秒程度の高速運動であり、30フレーム毎秒である一般的なNTSC方式のカメラでは瞬目の特徴を十分に捉えた瞬目波形を計測することが困難である[1][3]。そこで、本研究では動画像を構成するインタレース画像をフィールドに分割し60サンプル毎秒の時間分解能を確保するフレーム分割法を用いる。フレーム分割法を用いることで瞬目の特徴を捉えた瞬目波形の計測が可能となることは文献[4]で報告している。

瞬目波形の計測にはまず、眼球近傍を拡大して撮影した動画像に肌色を閾値とした二値化処理を施し、眼球開口部面積を取得する。次に面積の平滑化差分値から、その極大値および極小値を求める。差分値は微小な変化を含むので、これらの変化も極大または極小として検出される。これを取り除くためにk-means法によるクラスタリング処理を施し、極大値、極小値、微小変化の極値の3クラスタに分類する。ここから微小変化のクラスタを除去することで瞬目時の速度変化のみを検出できる。極大値、極小値クラスタに含まれる極値は基本的に1回の瞬目につき、1対1で存在し、それぞれ瞬目波形の閉瞼過程および開瞼過程に存在する。これをもとに1回の瞬目波形を検出する。ただし、個人によっては短い間隔で2点以上の極値が検出されるため、その場合には最初の極値を用いる。

3. 瞬目の形状特徴パラメータ

瞬目は個人によるばらつきが大きい、随意性瞬目は完全に瞼を閉じる状態に至ることがほとんどであり、同一人物の瞬目波形であれば比較的ばらつきが少ない。そこで文献[1]を参考に閉瞼時・開瞼時振幅と瞬目持続時間に注目した。

図1に瞬目波形のモデルを示す。ここで、閉瞼時振幅 A_{cl} は閉瞼過程開始時点 P_s から、閉瞼過程終了時点 P_{sb} と開瞼過程開始時点 P_{eb} 間で眼球開口部面積が最小となる点 P_{min} までの高さとする。同様に開瞼時振幅 A_{op} は P_{min} から開瞼過程終了時点 P_e までの高さとする。また、瞬目持続時間 Dur は P_s から P_e までのサンプル数と

Personal feature parameters observed in purposeful eyeblinks.

Shogo Matsuno, Minoru Ohyama, Kiyohiko Abe,

Hironobu Sato, Shoichi Ohi.

[†] Tokyo Denki University

[‡] Kanto Gakuin University

Table 1. Some results of the experiment.

Subject	Voluntary				Spontaneous			
	Counts	Dur[ms]	Acl[pixel]	Aop[pixel]	Counts	Dur[ms]	Acl[pixel]	Aop[pixel]
A	14	421 *	8399 *	8454 *	19	297	5594	6742
B	15	480 *	6684 *	6681	55	352	4986	6152
C	15	674 *	12285	12810	21	498	11073	12338
D	14	382	21273	24206 *	7	464	18673	19635
E	12	461	18908 *	20666 *	18	353	13311	15120

* Significant difference

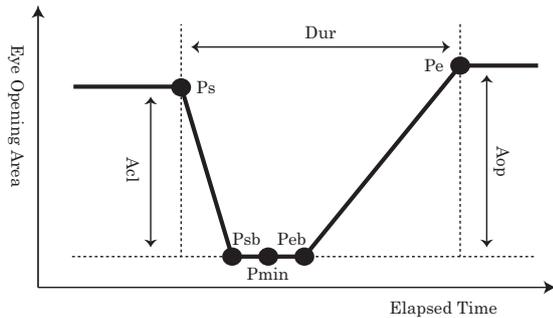


Fig 1. Shape feature parameters of eye blink.

する. ここで, 2 章の手法で計測した瞬目波形を図 1 のモデルにあてはめると, 瞬目持続時間は瞬目開始フィールドから瞬目終了フィールドまでのフィールド数であり, 瞬目時振幅は眼球開口部面積(画素数)の変化である.

4. 形状特徴パラメータ抽出実験

3 章で述べた瞬目波形計測アルゴリズムを実装したシステムを用い, 4 章で述べた瞬目の形状特徴パラメータの傾向を分析するために被験者 30 名に対して瞬目波形の計測実験を行った.

実験システムは動画像を撮影するビデオカメラ (SONY 製:HDR-HC9) と画像解析を行うパソコンを使用する. 実験は被験者が椅子に座った状態でビデオカメラを前方に設置し, 撮影を行った.

被験者にはあらかじめ, カメラのディスプレイに眼球部を収めること, 無意識に生じる瞬目を我慢する必要はないことを伝え, 指示音がなったとき, 「しっかりとまばたきする」ことを指示した. この条件の下で約 90 秒の撮影を行った. また, 指示音はタイマーにより 4~8 秒程度の間隔でランダムになるように設定している.

実験結果の一部を表 1 に示す. 持続時間, 振幅値にそれぞれ 1%水準で t-検定を行ったところ, 有意差のみられる被験者を代表例として示している. 更に各被験者にみられた形状特徴パラメータごとの有意差出現傾向分布を表 2 に示す. 表 2 から, 有意差が見られない場合は 6.7%程度であり, 90%以上の確率でどれかの特徴に有意差が見られるということが確認できた.

Table 2. A tendency to extract significant difference.

Parameter	Amplitude significant	Amplitude no significant
Duration significant	50%(15)	20%(6)
Duration no significant	23.3%(7)	6.7%(2)

5. まとめ

まばたき入力システム実現に向けた課題である, 随意性瞬目と自発性瞬目の自動識別について, 持続時間と振幅値の個人によるばらつきに傾向があるかを調査し, その検討を行った.

被験者 30 名に対する実験を行い検討したところ, 瞬目の特徴量ばらつき傾向は, 瞬目持続時間にのみ有意差が見られる場合 23.3%(7 名), 瞬目時振幅にのみの場合 20%(6 名), その両方に見られる場合 50%(15 名), 有意差が見られない場合 6.7%(2 名)となった. 結果から, 約 93%の被験者に少なくとも 1 つの特徴パラメータに有意差が見られることを確認できた. 被験者ごとに有意差のある特徴を用いることで瞬目種類の自動識別が可能となることが示唆された.

今後は時間経過と共に変化する瞬目波形の傾向に対応可能な識別アルゴリズムの開発を行い, リアルタイム瞬目識別システムの構築を目指す.

なお, 本研究は JSPS 科研費 24700598 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] 田邊喜一, “入力インタフェースのための瞬目に関する基礎的検討” 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 94, No. 2, pp. 505-508, Feb. 2011.
- [2] S. Matsuno, M. Ohyama, K. Abe, H. Sato, S. Ohi, “Automatic Discrimination of Voluntary and Spontaneous Eye blinks. Use of the blink as a switch interface” Conf. Advanced in Computer-Human Interactions, pp. 433-439. Feb. 2013.
- [3] 松野省吾, 阿部清彦, 佐藤寛修, 大井尚一, 大山実 “随意性瞬目と自発性瞬目の識別に関する検討” FIT2012 講演論文集, 第 3 分冊, pp. 23-26. Sep. 2012.
- [4] 松野省吾, 大山実, 阿部清彦, 佐藤寛修, 大井尚一 “フレーム分割法を用いた瞬目計測の有効性に関する一検討”, FIT2013 講演論文集, 第 3 分冊, pp. 39-42, Sep. 2013.