

随意性瞬目と自発性瞬目の判別法の開発 Development of Discrimination Method Between Voluntary and Spontaneous Eye Blinks

陶山 真昌[†]
Masaaki Suyama

加藤 尊基[†]
Takaki Kato

高野 博史[†]
Hironobu Takano

中村 清実[†]
Kiyomi Nakamura

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症 (ALS: Amyotrophic Lateral Sclerosis) や脳血管障害による全身麻痺や失語症となった重度障害者は、自由に肢体を動かすことや言葉を発することができない。このような障害をもつ方は、健常者と同様に「ご飯を食べたい」、「音楽を聴きたい」といった意思が存在するが、他者に伝えることが困難である。そこで、重度障害者の意思をくみ取るために、多くの介護支援に向けた意思伝達装置が開発されている。しかし、それらの多くは、肌に電極などを装着する等の接触型の装置が多く、接触に煩わしさがある。そこで、瞬きのみを用いた非接触型の意思伝達システムの開発がさかんに行われてきた。これらは、無意識的に行う自発性瞬目と意識的に行う随意性瞬目を区別し、随意性瞬目を瞬きスイッチとして用いている。随意性瞬目と自発性瞬目を識別する従来法では、高時間分解能な瞬きデータが必要である[1][2]。そのため、高フレームレートなカメラなど専用の機器が必要となる。そこで本研究では、汎用のカメラ (30fps) から得られる瞬きデータを用いて、随意性と自発性の瞬目を判別することを目的とする。本稿では、カメラより取得した目周辺画像のエッジ強度を求めることにより瞬目波形を計測し、随意性と自発性の瞬目における特徴の違いを調査した。

2. 瞬きと入力インタフェース

瞬き (瞬目) とは、人間や動物の目のまぶたの開閉運動のことである。瞬きは、自発性瞬目、随意性瞬目、反射性瞬目の3種類に分類される。自発性瞬目とは無意識的に行う瞬目、随意性瞬目とは意識的に行う瞬目、反射性瞬目とは外的反射誘発刺激による瞬目である。その中で、瞬きスイッチとして用いるためには、意図した瞬きである随意性瞬目だけを取り出す必要がある。そのため、瞬目の種類を判別する必要がある。

3. 識別に用いる特徴量の抽出方法

本研究では、随意性瞬目と自発性瞬目を識別するための特徴量をエッジ強度とし、式(1)~(3)を用いてエッジ強度を算出した。

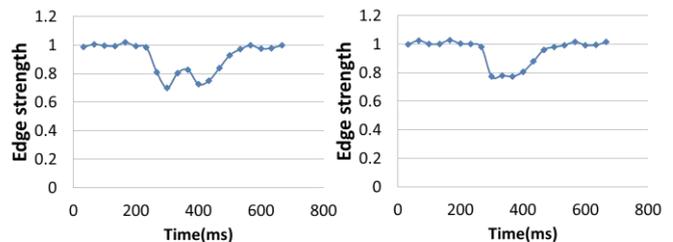
$$f_u(u, v) = I(u+1, v) - I(u-1, v) \quad (1)$$

$$f_v(u, v) = I(u, v+1) - I(u, v-1) \quad (2)$$

$$m(u, v) = \sqrt{f_u^2(u, v) + f_v^2(u, v)} \quad (3)$$

エッジ強度を算出する領域は、(i) 目周辺領域、(ii) 目頭周辺領域、(iii) 目尻周辺領域、(iv) 黒目周辺領域、

(v) 黒目一眉間領域の5パターンとした。例として、図1に(i)の目周辺領域におけるエッジ強度の推移を示す。図1(a)は随意性瞬目、図1(b)は自発性瞬目を示す。



(a) 随意性瞬目

(b) 自発性瞬目

図1: 画像全体におけるエッジ強度の推移

エッジ強度から得られた瞬目波形より、文献[1]を参考に図2に示される5個の特徴点 ($P_s, P_e, P_{sb}, P_{eb}, P_{max}$) を定義した。 P_s , P_e は瞬目開始、終了時点、 P_{sb} は閉瞼過程終了時点、 P_{eb} は開瞼過程開始時点、 P_{max} は閉瞼時の極大値時点を表す。これらの特徴点に基づき、表1に示すように5種類の形状特徴パラメータを定義した。これらの形状特徴パラメータを、随意性瞬目と自発性瞬目の識別に用いる。

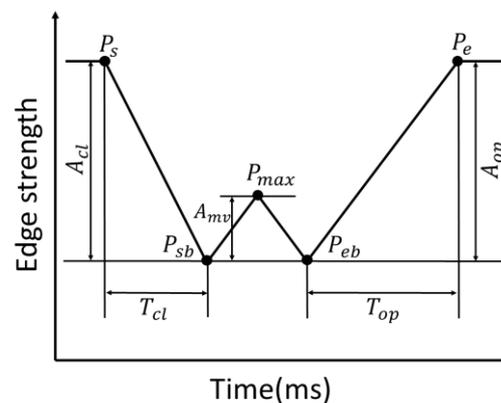


図2: 瞬目波形の形状特徴パラメータ

表1: 形状特徴パラメータの定義

パラメータ名	定義
閉瞼時振幅	A_{cl}
開瞼時振幅	A_{op}
極大値までの振幅	A_{mv}
閉瞼速度	A_{cl}/T_{cl}
開瞼速度	A_{op}/T_{op}

[†] 富山県立大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

4. 識別方法

本研究では、随意性瞬目と自発性瞬目の識別を行うために、閾値判別法を用いた。式(4)に示すように、随意性瞬目の特徴量を 1 次元情報として抽出し、随意性瞬目と自発性瞬目の平均値と標準偏差をそれぞれ求め、それらを用いて判定閾値 Y を算出する。式(4)において、 m_v は随意性瞬目時の特徴量の平均、 m_s は自発性瞬目時の特徴量の平均、 σ_v は随意性瞬目時の特徴量の標準偏差、 σ_s は自発性瞬目時の特徴量の標準偏差である。

$$Y = (m_v - m_s)\sigma_s / (\sigma_v + \sigma_s) + m_s \quad (4)$$

5. 計測システムの構成と実験方法

ここでは、随意性と自発性の瞬目における特徴量の変化を調査するために用いた計測システムおよび実験方法について述べる。

5.1 計測システムの構成

図 3 に本研究で用いた計測システムの構成を示す。計測システムでは、瞬きデータを取得するため、目周辺領域の映像を記録する。30fps のカメラ (XC-EI30 : SONY) より入力された目周辺の映像は DVD レコーダへと出力される。また、ピープ音の鳴ったタイミングと同時に刺激表示用 PC から DVD レコーダへ課題表示信号を出力する。課題表示信号を DVD レコーダへ出力することで、目周辺領域における瞬きの映像および課題表示信号の同期が可能となっている。

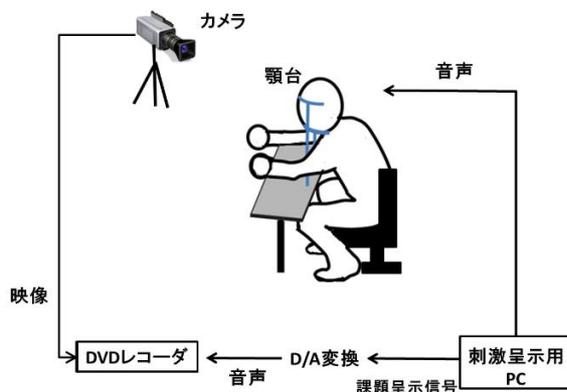


図 3: 計測システムの構成

5.2 実験方法

本実験では、随意性瞬目と自発性瞬目を画像処理を用いて判別するために、30fps のビデオカメラを用いて 6 名 (平均 22 歳) の目の映像を取得した。図 3 に示すように被験者の顔が動くのを防ぐために顎台を用いて頭部を固定した。随意性瞬目を取得する際は、被験者にはピープ音発生時に瞬きをするように教示した。このとき、無理に強く瞬きをする必要はないことも教示した。また、ピープ音発生時以外でも、無意識的に生じる自発性瞬目を我慢する必要がないことも合わせて教示した。随意性瞬目取得実験のタイムチャートを図 4 に示す。ピープ音を 1~3 秒の間隔で 10 回ランダムに鳴らした。その後、30 秒間の休憩をはさみ、自発性瞬目を取得するためにビデオカメラに注視してもらった状態の撮影を 1 分間行った。

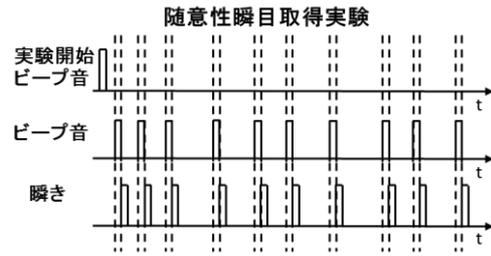


図 4: 実験のタイムチャート

6. 評価方法

本研究では、交差確認方法を用いて各被験者ごとに評価を行った。まず、随意性瞬目と自発性瞬目の各特徴量には、それぞれ 10 個の瞬目データがあり、このサンプルから評価用サンプルを 1 サンプルずつ取り出す。次に、残りの全 18 サンプルから随意性瞬目と自発性瞬目を判別する閾値を算出する。この閾値を用いて、取り出した 2 サンプルで随意性瞬目と自発性瞬目の判別を行う。これをすべて異なる組み合わせで 100 回行い、識別率を算出した。

6.1 解析結果

目頭周辺のエッジ強度を用いて解析した結果を図 5 に示す。図 5(a)は、随意性瞬目の識別率、図(b)は、自発性瞬目の識別率をそれぞれ示している。図 5 より、閉瞼時振幅 (A_{cl})、開瞼時振幅 (A_{op}) では識別率が 80%を超える結果を得ることができた。しかし、その他の特徴では識別率が 70%を下回っており、また被験者ごとのばらつきも大きくなってしまったことがわかった。

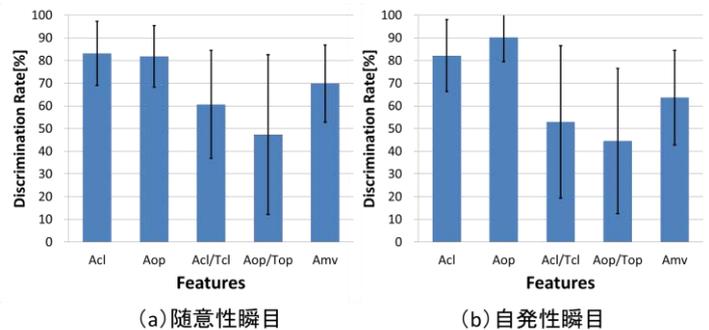


図 5: 随意性瞬目と自発性瞬目の識別率

7. まとめと今後の課題

本研究では、随意性瞬目と自発性瞬目を判別するためにエッジ強度を用いて特徴量を算出し、閾値判別法を用いて評価を行った。閉瞼時振幅と開瞼時振幅を用いることにより、識別率が 8 割を超えたが、その他の特徴量では識別率が低くなってしまった。そのため、今後の課題として、識別率の高い複数の特徴量を組み合わせることにより、識別率を向上させる方法を考案する必要がある。

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研究,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J94-D, No.2, pp.505-508, 2011.
- [2] 松野省吾, 阿部清彦, 佐藤寛修, 大井尚一, “随意性瞬目と自発性瞬目の識別に関する検討,” 第 11 回情報科学技術フォーラム講演論文集, 第 3 分冊, pp.23-26, 2012.