

## SVMを用いた随意性瞬目と自発性瞬目の判別 Discrimination Method Between Voluntary and Spontaneous Eye Blinks Using SVM

陶山 真昌<sup>†</sup>  
Masaaki Suyama

高野 博史<sup>†</sup>  
Hironobu Takano

中村 清実<sup>†</sup>  
Kiyomi Nakamura

### 1. はじめに

近年、コンピュータ技術の進化に伴い様々な入力装置が開発されてきた。私たちが日常多用する装置として携帯端末等におけるタッチパネルといった操作性の優れたインタフェースが挙げられる。しかし、それらは、手や指による入力を仮定して開発された装置であり、脳卒中やALS（筋萎縮性側索硬化症）の患者、あるいは手が塞がっている等の自由度が制限された状況下では、入力操作が困難である。そこで、本研究では、瞬き情報に着目した。瞬きから得られる情報を利用して、人の情動や興味、疲労、覚醒度などを推定する研究が行われている。一方、マウスやキーボードなどの手による入力インタフェースに代わり、瞬きを入力装置として利用する研究開発も進められている。瞬きを用いたインタフェースの実現には、無意識に行う自発性瞬目と入力の際に意識的に行う随意性瞬目を区別する必要がある。

随意性瞬目と自発性瞬目を識別する方法として、大矢らはEOGを用いる方法を、田邊や松野らは高フレームレートなカメラ映像を取得し、画像処理により判別する手法を提案している[1]~[3]。

これまで筆者らは、汎用のカメラ（30fps）で撮影した目周辺の映像に対して、目の各領域で算出したエッジ強度より得られる時系列波形を用いて随意性瞬目と自発性瞬目を識別する方法を提案した[4]。この手法では、時系列波形から抽出する各特徴量を単独の判別特徴量としている。その結果として、単独の特徴量でも、入力の際に用いる随意性瞬目の高い識別率が得られた。しかし、入力インタフェースの実現において、自発性瞬目を随意性瞬目と誤って判別してしまう割合も極力小さくする必要がある。そこで、特徴量を単独で用いた場合と、非線形SVMにより特徴量を2~5次元とした場合の識別精度を比較することで、精度の向上が見られるかを調査した。

### 2. 瞬き

瞬きとは、瞼の開閉運動のことであり、瞬間的に両目の瞼を閉じる動作をいう。瞬き1回に要する時間は数100msであり、1分間当たり20~30回の瞬きが行われる。

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。自発性瞬目は、無意識的に行う周期的な瞬きである。随意性瞬目とは意識的に行う瞬きである。反射性瞬目は目に異物が入るのを防ぐときや光や音により反射的に行われる瞬きである。瞬きによる入力インタフェース

では、ユーザが意識的に行う瞬きを利用するため、随意性瞬目と自発性瞬目を識別する手法の開発が望まれている。

### 3. 瞬きによる時系列波形及び特徴量

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により算出する時系列波形の特徴点とする。エッジ強度 $m(u, v)$ は式(1)~(3)により算出される。ここで、 $I(u, v)$ は $(u, v)$ における画素値を表している。

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

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

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

また、エッジ強度を算出する領域は、図1に示すように、(i)目周辺、(ii)目頭周辺、(iii)虹彩周辺、(iv)目尻周辺領域とした。例として、図2に(i)の目周辺領域におけるエッジ強度により算出した時系列波形を示す。図2(a)は随意性瞬目、図2(b)は自発性瞬目を示す。

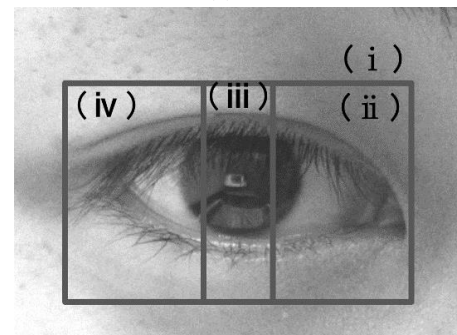


図1：エッジ強度算出領域

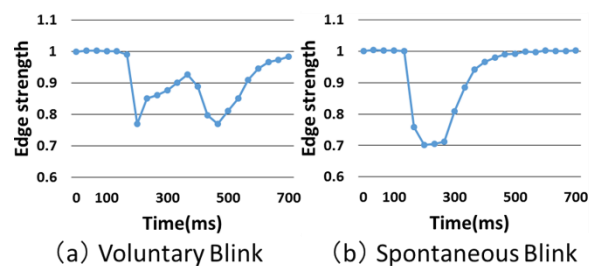


図2：エッジ強度により算出した時系列波形

次に、エッジ強度より算出した時系列波形の特徴点を文献[2]を参考にして定義する。図3に時系列波形の特徴点を模式的に表す。ここで、 $P_s$ 、 $P_e$ はそれぞれ瞬目開始および終了時点、 $P_{sb}$ 、 $P_{eb}$ はそれぞれ閉瞼過程終了および開瞼過程開始時点、 $P_{max}$ は閉瞼時にエッジ強度が極大となる時点を表す。表1は、これらの特徴点に基づき抽出した随意性瞬目と自発性瞬目の判別特徴量を示している。

<sup>†</sup> 富山県立大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural  
University

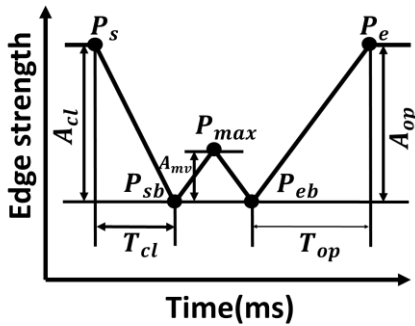


図 3：形状特徴パラメータ

表 1：判別特徴量の定義

パラメータ名	定義
閉瞼時振幅	$A_{cl}$
開瞼時振幅	$A_{op}$
極大値振幅	$A_{mv}$
閉瞼速度	$V_{cl}(= A_{cl}/T_{cl})$
開瞼速度	$V_{op}(= A_{op}/T_{op})$

#### 4. 実験方法

本実験では、随意性瞬目と自発性瞬目を記録するために、30fps の USB カメラを用いて目周辺を撮影した。被験者は 20 代の健全な男性 9 名である。また、目周辺を撮影する際には、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。

随意性瞬目の映像を取得する実験では、被験者にはビープ音が鳴ったときに瞬きをするように教示した。ビープ音の間隔は 1~3 秒であり、ランダムな間隔で 10 回呈示した。自発性瞬目の映像を取得する実験では、被験者にカメラを 1 分程度注視してもらうことで取得した。各実験を休憩をはさみ、3 セッション行った。

#### 5. 識別方法および評価方法

ここでは、随意性瞬目と自発性瞬目の判別を行うために用いた識別方法およびその評価方法について述べる。

##### 5.1 識別方法

本研究では、3. で述べた手順により抽出した判別特徴量に対し、閾値判別法および SVM (Support Vector Machine) を適用する。

閾値判別法では、判別特徴量を一次元特徴量として抽出し、式(4)に示すように、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、 $\sigma_v$  は随意性瞬目時の特徴量の標準偏差、 $\sigma_s$  は自発性瞬目時の特徴量の標準偏差である。

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

SVM では、非線形 SVM を適用し、カーネル関数については、Gaussian 型カーネルを使用する。各パラメータは、グリッド探索による最適化を行う。

##### 5.2 評価方法

本研究では、6-fold 交差検証を用いて各被験者において、随意性瞬目と判別した正解回答数および不正解回答数、自発性瞬目と判別した不正解回答数および正解回答数による混同行列を作成した。混同行列のテンプレートを表 2 に示す。この混同行列から、随意性瞬目の F 値を算出し、比較した。

表 2：混同行列の概要

		入力	
		Voluntary	Spontaneous
抽出	Voluntary	正解	不正解
	Spontaneous	不正解	正解

#### 6. 解析結果

各識別方法における目周辺領域の平均 F 値を図 4 に示す。また、SVM においては、F 値が上位 5 個となった特徴量の組み合わせとなっている。図 4 より、閾値判別法よりも、SVM による識別手法において、F 値が高くなる傾向が見られた。この結果は、自発性瞬目を随意性瞬目と判別する不正解回答が減少したことにより適合率の精度が向上したからであると考えられる。また、一次元特徴量の際に精度が高かった極大値振幅が上位 5 個を示す組み合わせ特徴量のすべてに含まれていることから、特徴量の組み合わせによって精度の良い結果が得られると推測できる。

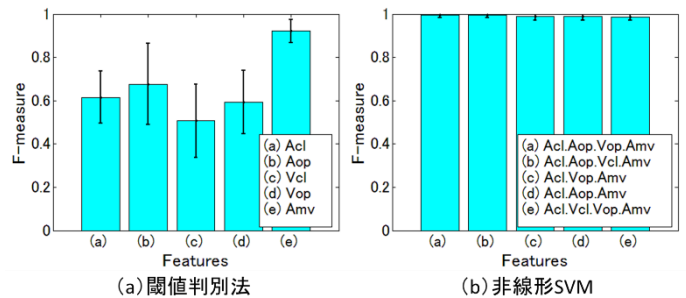


図 4：随意性瞬目の平均 F 値

#### 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より得られる時系列波形の特徴点から判別特徴量を抽出し、閾値判別法および SVM を用いて評価を行った。解析の結果、SVM による識別手法で精度の向上が見られた。今後は、エッジ強度より得られる時系列波形から判別特徴量を自動抽出する方法の改善や光環境の影響の調査を行う必要がある。

##### 参考文献

- [1] 大矢哲也, 山下和彦, 小山裕徳, 川澄正史, “眼電図をもちいた随意性瞬目によるスイッチ操作の研究,” 生体医工学, Vol.46, No.2, pp.254-260, 2008.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 陶山真昌, 加藤尊基, 高野博史, 中村清実, “随意性瞬目と自発性瞬目の判別法の開発,” 第 13 回情報科学技術フォーラム講演論文集, 第 2 分冊, pp.377-378, 2014.