

## 画像処理を用いた瞬目波形検出法 Eye-Blink Waveforms Detection by Image Processing

大西 祐哉<sup>†</sup> 大矢 哲也<sup>†</sup> 川澄 正史<sup>†</sup>  
Yuya ONISHI Tetsuya OHYA Masashi KAWASUMI

### 1. 背景及び目的

瞬目は、覚醒度や注意力、視覚負担の生理的指標として利用可能である。パソコン等の VDT 利用時の生理指標とし、瞬目を無拘束で簡便に計測する手法を検討した。すなわち、普及している Web カメラからの映像を画像処理し、瞬目の判定を行う手法の検討を行った。試作システムにおいて、画像処理としてテンプレートマッチング法を用い、取得した映像から眼領域を追跡し、更に眼領域内の上眼瞼の動きを追跡、瞬目の判定を行う手法を用いてきた。撮影解像度 QVGA(320×240pixel)時に 90%を超える検出率であった。しかし、撮影解像度を更に低く設定した場合、眼領域内の上眼瞼の追跡精度が極端に低下した<sup>[1]</sup>。その改善策とし、眼領域内の上眼瞼位置検出の新たな手法の検討を行った。

### 2. 眼領域内の上眼瞼位置検出の新たな手法

眼領域内における、瞳孔および虹彩を合わせた画素数(面積)の変化より瞬目の判定を行う手法を用いた。可視光下の Web カメラからの映像では、瞳孔および虹彩は一樣に黒く見え、眼瞼と比較色の濃度が高い。この濃度が高い部位を瞳孔および虹彩と判別し、その画素数の時間的変化に着目した。瞳孔および虹彩の画素数を 1 フレーム毎に取得することで、瞬目波形を得られ、従来のテンプレートマッチング法を用いた手法と比較し、高い精度で瞬目率および瞬目間隔、瞬目持続時間を得られると考える。

### 3. 瞳孔および虹彩の画素数の計測手法

テンプレートマッチング法において追跡した眼領域内において、瞳孔および虹彩の位置はおおよそ一定であった。そこに着目し、追跡した眼領域内動画より、図 1 に示す位置の矩形領域を切りだした。上端は眉毛よりやや下、下端は下眼瞼、左右は目尻および目頭の位置とした。

次に、切りだした矩形領域より瞳孔および虹彩の抽出を行う。その手法とし、HSV 表色系を用い、色相が瞳孔および虹彩に近い領域のみを抽出し、更にラベリング処理を行い、その面積を求めることとした。

おおまかな流れを以下に記述する。

- i. 表色系を RGB から HSV へ変換する。
- ii. 色相情報のみを取り出す。
- iii. 色相の値が瞳孔および虹彩の部分のみを取り出す。
- iv. ラベリング処理を行い、その面積を求める。

ここで用いたラベリング(Labeling)処理とは、隣接する同じ値を持つ画素に同じラベル(番号)をつける処理であり、

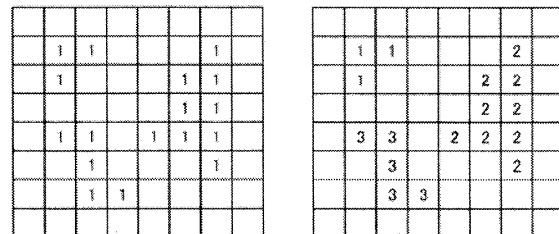
<sup>†</sup> 東京電機大学, Tokyo Denki University



追跡した眼領域

切りだした矩形領域

図 1 眼領域と切り出した矩形領域



ラベリング前

(空白: 黒, 1: 白)

ラベリング後

(数字はラベル)

図 2 ラベリング処理<sup>[2]</sup>

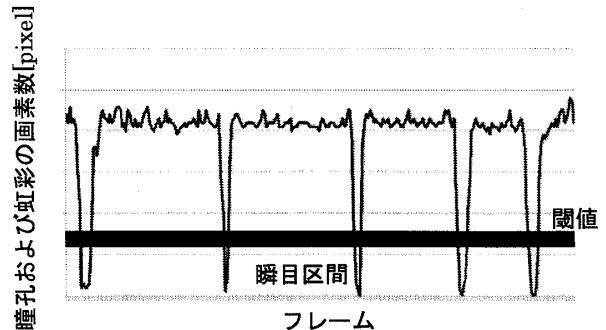


図 3 瞬目波形と閾値

主に 2 値画像に対する処理として用いられる。図 2(ラベリング前)に示すような 2 値画像をラベリングすると図 2(ラベリング後)のような状態になり、2 値画像中の特定の領域を抽出することが容易になる。また、画素単位の処理ではなく領域単位の処理が可能になり、領域ごとの面積や重心といった特徴量を得ることも可能である<sup>[2]</sup>。

この処理を、追跡した眼領域内動画から切りだした矩形領域に行い、瞳孔および虹彩の画素数を 1 フレーム毎に取得した。その画素数の変化を時系列で記録することで、瞬目波形を得ることが可能である。実際に得られた瞬目波

形を図3に示す。この時、Webカメラの撮影解像度は320×240pixelである。得られた画素数が、ある閾値以下になったときを一つの瞬目区間とし瞬目の判定を行った。図3では、5回の瞬目が確認できる。

#### 4. 実験

瞬目検出率を計測するため、一般的な電極法である眼電図法(垂直 EOG)を用い比較検証を行った。実験の条件は以下とした。

通常照明下、課題遂行時(裸眼, 334lx)

同時に、Webカメラの撮影解像度を変え計測を行った。Webカメラの設定および、フレームレート、眼電図法におけるフレームレートを以下に示す。

撮影解像度[pixel]: 320×240, 240×180, 160×120  
 フレームレート(Webカメラ): 30fps  
 フレームレート(眼電図法): 200fps

眼領域と瞳孔および虹彩の色相を設定後、課題を10分間続けて行い計測した。課題には無作為に並んだ英字200文字から特定の文字を探す英字探索課題を用いた。被験者は、20代健常者3名(男性2名, 女性1名)を対象に行った。なお、倫理的配慮とし、事前に実験内容、注意事項、被験者自身の負うリスクについて説明し、被験者の同意を得て、実験を行った。

#### 5. 結果

眼電図法の瞬目検出率を100%と仮定した場合の、本手法の各設定における瞬目検出率を表1に示す。

表1 瞬目検出率

撮影解像度 [pixel]		
320×240	240×180	160×120
98.4%	98.1%	97.1%

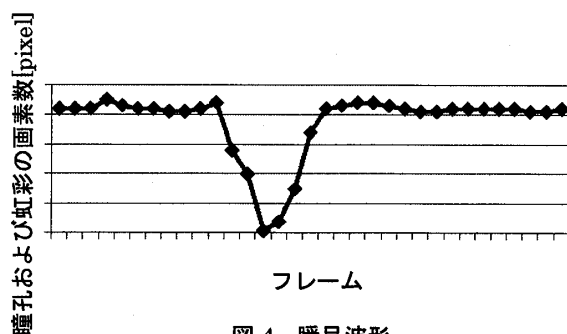


図4 瞬目波形

#### 6. 考察

撮影解像度 320×240pixel および撮影解像度 240×160pixel における瞬目検出率は、98%以上であり、撮影解

像度 160×120pixel においても瞬目検出率は約 97%であった。従来手法と比較し、大幅な瞬目検出率向上が認められた<sup>[1]</sup>。各被験者の1分間あたりの瞬目率は、平均で約18回/分であった。

なお、誤検出の主な原因は、閉眼時における眼瞼の淵および睫毛を、瞳孔および虹彩と誤検出することにより生じていた。これにより、閉眼時にも関わらず瞳孔が閾値以上の面積とし記録され、開眼とし判定された。

得られた瞬目波形から以下の情報を得ることができた。

##### i. 瞬目率

図3の瞬目波形では281フレームで5回の瞬目を行っている。1フレームが1/30秒であるので、281フレームでは9.4秒になる。すなわち、9.2秒で5回の瞬目を行っているため、瞬目率は32回/分となる。

##### ii. 瞬目間隔

図3の瞬目波形では、上下眼瞼が接触した状態のフレーム番号は、No.12, No.88, No.162, No.219, No.257である。したがって、No.12とNo.88では76フレーム分の差があり、瞬目間隔は2.5秒となる。

##### iii. 瞬目持続時間

図4では、上眼瞼の下降開始がNo.85であり、上昇終了はNo.96であるので、6フレーム分の差があり瞬目持続時間は約0.2秒となる。

上記の3つの情報について、眼電図法とほぼ同様の結果となった。

#### 7. まとめ

瞬目を無拘束で簡便に計測する手法の検討を行った。すなわち、普及しているWebカメラからの映像を画像処理し、瞬目の判定を行う手法の検討を行った。試作システムにおいて、撮影解像度 QVGA(320×240pixel)時に90%を超える検出率であったが、撮影解像度を更に低く設定した場合、眼領域内の上眼瞼の追跡精度が極端に低下した。その改善策とし、眼領域内の上眼瞼位置検出の新たな手法の検討を行った。眼領域内における、瞳孔および虹彩を合わせた画素数(面積)の変化より瞬目の判定を行う手法を用いた。瞳孔および虹彩の画素数を1フレーム毎に取得することで、瞬目波形を得られ、高い精度で瞬目率および瞬目間隔、瞬目持続時間を得られた。

#### 謝辞

本研究の一部は、東京電機大学ハイテク・リサーチ・センタープロジェクト研究の助成を受けて行われた。

#### 参考文献

- [1] 大西 祐哉, 川澄 正史, “無拘束による簡便な瞬目検出法の検討”, 第48回日本生体医工学会大会抄録集, vol.47, p.345 (2009).
- [2] 中川 信行, “OpenCV プログラミングブック”, 株式会社毎日コミュニケーションズ(2007).