

LJ-004

フィールドを分割したインタレース画像を用いた瞬目自動計測法 An Automatic Blink Detection Method by Split Interlace Images

阿部 清彦*
Kiyohiko Abe

大井 尚一†
Shoichi Ohi

大山 実‡
Minoru Ohyama

1. はじめに

瞬目は眼球を乾燥や異物から保護するだけでなく、認知過程や疲労、意識低下との関連があることが知られている。そのため瞬目を計測することにより、これらの関係を明らかにする研究が行われている [1, 2]。瞬目の計測には、眼球近傍の皮膚に電極を貼り付け電位の変化を検出する EOG 法や、ビデオで撮影された眼球の画像を解析する方法などがある。前者は眼球運動などにより生じるノイズと瞬目の識別に熟練を要する。そのためビデオ撮影による手法が多く用いられているが、照明条件の変化などにより瞬目計測に必要な画像処理の完全な自動化は困難である [1]。

瞬目は比較的高速な運動であり、通常数 100 ミリ秒のオーダで一連の運動を完了する。そのため、NTSC 方式で撮影された動画の時間分解能では完全に捉えられない場合があると報告されている [2]。また、一般的な NTSC ビデオカメラは 60 フレーム/秒で取得した 2 枚の画像を飛越し走査により合成して 1 枚の画像（以後、インタレース画像とよぶ）としている。筆者らは 1 枚のインタレース画像を偶数および奇数フィールドごとに分割し 2 枚の画像にして、通常の 2 倍の時間分解能で瞬目を計測する方法を開発したので、その詳細を報告する。

なお、この手法は瞬目だけでなく、安価に入手できる NTSC ビデオカメラを用いて、時間分解能を 2 倍にして計測したい場合に応用できる。

2. 画像解析による眼球開口部面積の計測

動画から瞬目を計測するとき、眼球開口部の面積 [1] や上下のまぶた間の距離 [2] などを用いて、瞬目の有無や進行の過程を求める。瞬目の時間的な進行過程を正確に計測できれば、瞬目を波形として表すことができ（瞬目波形）、生じた瞬目の種類や速度を計測することが可能となる。しかしながら一般的なビデオカメラにより撮影された眼球近傍画像から瞬目波形を得るには、照明条件の変化などの外乱があり、眼球開口部を抽出するためのしきい値の自動設定は困難な場合が多い [1]。

筆者らは広範囲な実験条件での計測を目標とし、一般的な室内照明（蛍光灯）下において自動的に瞬目波形を検出する手法を採用した。この方法では眼球近傍を拡大して撮影した画像（以後、眼球画像とよぶ）から眼球開口部を抽出し、その面積（画素数）を計測することによって瞬目波形を求める。眼球開口部を抽出するには、眼球画像中の肌色でない画素を、カラー情報を用いた 2 値化により識別すればよい。筆者らはすでに自動的に肌色を判定するためのしきい値決定のアルゴリズムを開発している。これにより眼球開口部形状をほぼ抽出できるが、

被験者によっては目頭近傍の色差比が肌色に近く、この部分が欠損して抽出される場合がある。そこで、光強度に準じた 2 値化によって目頭近傍を含む形状を抽出し、カラー情報を用いた 2 値化により得られた眼球形状画像と合成することにより、全自動で目頭近傍の領域を含んだ眼球開口部を得ている [3]。

3. フィールドを分割したインタレース画像による瞬目波形計測

瞬目波形を求めるために、瞬目の過程を動画として撮影し、各フレームについて 2 章で述べた手法を用いることにより、眼球開口部面積を順次計測する。一般的な NTSC ビデオカメラはインタレース画像を出力する。瞬目のように変化の速い現象を撮影すると、連続する偶数および奇数のフィールドでは大きく異なる像が得られるため、それらを合成すると変化の速いまぶたの部分が楕状に表示される。これは、まぶたの高速な動きを合成するために生じる現象であり、顔撮影システムにおいてはこの状態の画像をノイズとして排除するものもある [4]。図 1 に瞬目途中の眼球近傍画像を示す。図 1 は、この現象をわかりやすく示すため、低解像度（水平 145 × 垂直 80 画素）で撮影した。

インタレース画像は、偶数および奇数番目の走査線をそれぞれ抽出すると、垂直方向の情報量は半分になるものの 2 枚の画像に分割することができる。また、これらの画像は 60 分の 1 秒の間において連続撮影された画像であり、インタレース表示の NTSC 方式では 30 分の 1 秒の間隔で動画を取り扱うため、このことは時間分解能が 2 倍になったことを示している。随意瞬目では 1 回の瞬目の時間は 100～150 ミリ秒であるとされているので、NTSC 方式の時間分解能である 30 フレーム/秒では瞬目を詳細に計測することは難しい。しかしながら提案の手法を用いることにより、瞬目の進行の過程をより詳細に求めることができる。図 2 に図 1 を分割した 2 枚の画像を示す。図 2 から明らかなように、1 枚のインタレース画像を分割することにより、60 分の 1 秒間隔の二つの眼球画像を得ることができる。それぞれの画像について、2 章で述べた手法を適用して瞬目波形を求める。

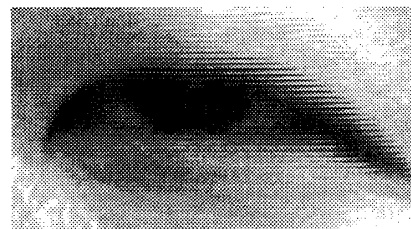


図 1: 瞬目途中のインタレース画像

*関東学院大学 工学部 (2007 年 8 月から東京工業高等専門学校)

†東京電機大学 工学部 電気電子工学科

‡東京電機大学 情報環境学部 情報環境学科



図 2: 分割された瞬目インタレース画像

4. 評価実験

2章および3章で述べた手法を用いて、複数の被験者による評価実験を行った。実験システムのハードウェアは、被験者の瞬目を動画として取得する家庭用DVカメラと、画像解析を行うパソコンから構成される。実験は一般的な室内照明（蛍光灯照明）下で行った。撮影された画像はインタレース画像であり、解像度は水平720×垂直480画素である。また、眼裂幅が約500画素になるように眼球は拡大して撮影している。

撮影された動画は30フレーム/秒で記録されている。この各フレームをソフトウェアで切り分けて瞬目計測処理を行った。このとき、被験者ごとに実験動画の最初のフレームから、2値化処理に必要なしきい値を自動決定し、30フレーム/秒の時間分解能としたものと、奇偶の走査線の位置により分割し60フレーム/秒（以後、1フィールドを1フレームとみなす）の時間分解能とした2種の連続眼球画像を求め、瞬目波形を計測した。図3にそれぞれのフレームレートによる実験結果の一例を示す。図3において縦軸は眼球開口部面積を、横軸はサンプル点（1/60秒間隔）を示している。また、瞬目波形の比較をするために、最初のフレームから得られた眼球開口部面積を基準として正規化を行っている。

図3において、グラフの谷の部分がまぶたの閉じている状態を示している。このときまぶたを閉じていても面積が0とならないのは、まぶたの輪郭やまつ毛などを眼球開口部として抽出しているためである。図3から明らかのように、60フレーム/秒の場合では瞬目波形がより詳細に計測されている。また瞬目途中は、時間分解能の違いによる眼球開口部面積の差が大きいことがわかる。この傾向はすべての被験者で確認された。30フレーム/秒の場合はインタレース画像で計測を行うため、瞬目途中のようにまぶたが高速で移動している状態では、まぶたの二つの状態が合成されている。そのため、両者の中間にあたる状態で眼球開口部面積を求めていることになり、計測値の差が生じたものと思われる。

図4に被験者5名について、分割したインタレース画像を用いて瞬目波形を計測した結果を示す。図4におい

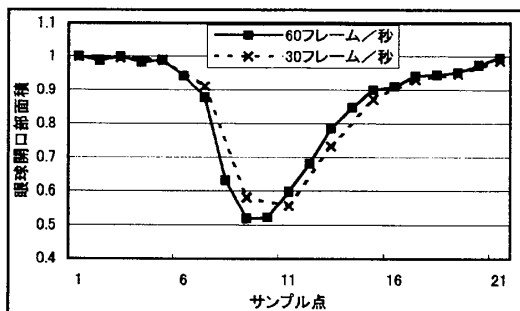


図 3: 瞬目波形 (30 フレーム/秒および 60 フレーム/秒)

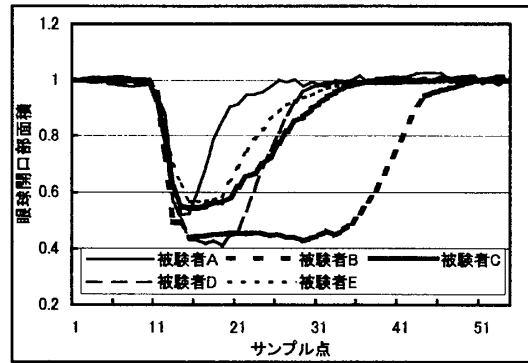


図 4: 被験者 5 名による瞬目波形 (60 フレーム/秒)

て縦軸は眼球開口部面積を、横軸はサンプル点を示している。また図3と同様に、最初のフレームから得られた眼球開口部面積を基準として正規化を行っている。

図4から明らかなように、被験者によって瞬目波形に大きな差があることがわかる。今回の実験動画では自発瞬目と随意瞬目を識別せず混在していると思われるが、筆者らの提案した手法は図3に示したように瞬目波形を詳細に計測することができるため、瞬目の性質をより高精度に分類および識別できるものと考えている。

5. むすび

NTSC ビデオカメラにより撮影された眼球のインタレース画像を、走査線の奇偶の位置により2枚の画像に分割し瞬目計測を行う手法を提案した。この手法を用いることにより、計測の時間分解能を従来の30フレーム/秒から60フレーム/秒に向上させることができる。また、瞬目計測に必要な画像処理はすべて自動化されており、蛍光灯のような一般的な照明条件において高精度の計測が可能である。

提案した手法を用いて被験者5名による評価実験を行ったところ、いずれの被験者に対しても瞬目波形を詳細に計測することができた。今後はEOGなど他の手法や60フレーム/秒以上の高速ビデオカメラによる撮影画像からデータを得て、本報告の実験結果と比較したい。また、提案した手法により得られた瞬目波形から、瞬目の種類の識別や速度を解析することにより、人間工学分野などにおける計測への応用が期待される。

参考文献

- [1] 田辺, 杉山: “心理実験のための瞬目自動抽出法”, 信学論, J76-D-II, 5, pp.959-966 (May 1993)
- [2] 杉山, 水野, 中野, 山本: “画像方式を用いたまぶた計測による意識低下検知”, 豊田中央研究所 R&D レビュー, 31, 2, pp.51-60 (Jun. 1993)
- [3] 阿部, 大山, 大井: “自然光下における画像解析を用いた多指標視線入力システム”, 映情学誌, 58, 11, pp.1656-1664 (Nov. 2004)
- [4] 助川, 佐藤, 岡崎: “目つぶり排除機能をもつ顔撮影システム”, 信学論, J84-D-II, 6, pp.1053-1060 (Jun. 2001)