

## フレームレートの動的変化に堅牢な瞬き検出法に関する一提案

### A blink detection method robust against frame rate variation in VDT built-in camera

○宮川達彦<sup>1</sup>, 戸田健<sup>2</sup>, 劉欣欣<sup>3</sup>\*Tatsuhiko Miyakawa<sup>1</sup>, Takeshi Toda<sup>2</sup>, Xinxin Liu<sup>3</sup>

Abstract: Patients are recently increased with dry eye. So we proposed an involuntary-blink detection method for visual display terminal (VDT) users using VDT build-in camera. In conventional studies to detect “voluntary” blink such as nap of drivers and wink of paralyzed patients, fixed threshold is used in the template matching to judge blink. In the fixed threshold, to detect “in-voluntary” blink that is quick compared to the voluntary blink is difficult when the frame rate is low. In the proposed involuntary-blink detection method, the threshold is dynamically set with a moving average of correlation score at each frame. In an experiment, a blink detection system was implemented on a notebook PC with both the proposed and conventional correlation-thresholds for comparison. From the experimental result with a total of more than 10,000 true blinks by the twenty-three test subjects, it turned out that the blink detection accuracy of the conventional worsened from 91.4 % to 80.6 % as the frame rate falls from 30 to 6 fps. On the other hand, that of the proposed worsened only from 92.2 % to 90.1 %.

#### 1. はじめに

これまで我々は、VDT 内蔵カメラを用いてユーザの瞬きを検出し、瞬きが少ない時にポップアップや画面を曇らす等の警告を行い、瞬きを促進するシステムを開発してきた<sup>[1]</sup>。しかし、従来瞬き検出手法<sup>[2]</sup>を実装し瞬き検出率を測定した結果、使用環境の明るさによってフレーム速度が著しく低下し、検出誤りが増大するという問題が生じた。

#### 2. 課題

##### 〈2.1〉自発性瞬きの速さ

従来瞬き検出手法が、運転手の居眠りや身障者のインタフェースとしての随意性瞬きを対象とし、その閉鎖継続時間は長い。一方本研究で対象とする自発性瞬きの継続時間は随意性瞬きに比べて非常に短い。

##### 〈2.2〉フレーム速度の低下

従来高性能のカメラが使用され、フレーム速度は 30 fps 一定である。しかしノートパソコンやスマートデバイスの内蔵カメラでは、環境の明るさに応じて、フレーム速度と解像度が最適になるように自動調整される。その結果環境が暗くなると、画質維持のためフレーム速度が低下する。またバググランドで実行されるソフトウェアによってもフレーム速度の低下が生じる。

##### 〈2.3〉固定閾値

テンプレートマッチングを用いる従来瞬き検出方法では、開いた目の画像をテンプレートとし、リアルタイムに取得する目領域の探索画像を対象に相関演算を行う。探索画像から相関が最も高い位置を目の位置と判断し、その目の位置の相関値が閾値より高ければ

目が開いている、低ければ瞬きしたと判断するが、その閾値は固定値で与えられる。しかしフレーム速度の低下に伴い、相関値の振幅や落ち込み深さなど変動の度合いが小さくなり、固定閾値では瞬きの未検出が増大する。

本研究では、これらの問題を解決し、フレーム速度の変動に対し堅牢な画像処理方法を検討する。

#### 3. 提案方式

図 1 に提案する瞬き検出システムを示す。システムは初期フェーズと目の追跡フェーズからなる。初期フェーズでは取得画像のフレーム間差分を 2 値化、オープニング処理によるノイズ除去及びラベリングを行う。数百ミリ秒の速度で変化する瞬きの動きに比べ、ユーザの目以外や背景画像の変化は少ない。このことから、瞬き時のフレーム間差分画像が目の部分となり、ラベリング要素の数は 2 となる。しかし、周囲環境等の影響により、目以外でのラベリング要素が 2 となることもある。これは、実験的に求められている両目の位置関係を定めるヒューリスティック条件（目の幅や高さ、両目の距離や高さの差といった条件）を課すことで除外する。2つの要素が右目と左目のペアであると判断された後追跡フェーズに移行する。追跡フェーズでは、片目の要素を中心に目の画像を取得するウィンドウと、それより大きい領域画像を取得するウィンドウを設ける。テンプレートマッチングは、開いた目の画像をテンプレートとし、フレーム毎の目領域とマッチングを行う。相関がある程度高ければ目の追

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気 3 : 労働安全衛生総合研究所、

跡フェーズを続け、相関値を用いて瞬き検出を行う。相関がある程度低い場合は目の追跡が外れたと判断し初期フェーズに戻る。ここまでは従来方式と同じである。(1)式にフレーム毎にリアルタイムに設定される動的閾値を示す。

$$O_{threshold} = \left( \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M R_m \right) * \alpha \quad (1)$$

ここで  $M$  は移動平均を行うフレーム数、 $R_m$  は  $m$  番目のフレームにおけるテンプレートマッチングの相関値、 $\alpha$  がオフセットのための係数である。移動平均により利用状況の微小な変化やノイズ等による細かい変動を平滑化しつつ、オフセット係数により過検出を低減する。

#### 4. 実験結果

健康な 21~24 歳の学生 23 人の協力を得て実験を行った。被験者には事前に椅子の高さや VDT の置き方等の使用環境を自身に設定してもらった。実験システムは VDT として最も普及している 13.3 インチ型ディスプレイのノート PC を用いた。実装した瞬き検出システムにおいては、相関閾値の最適化を行った結果、従来方式では固定閾値が 0.89、提案方式では移動平均フレーム数( $M$ )が 5、オフセット係数( $\alpha$ )は 0.98 であった。図 2 にフレーム速度が 6 fps の時の相関特性の変動に対する提案閾値の変動結果を示す。相関特性から瞬き回数は 5 回と推測される。提案の閾値設定では 5 回全て検出できるが、固定閾値(0.89)では検出された回数は 3 回である。図 3 に、フレーム速度を 30 から 6 fps まで低下させた時の瞬き検出率の測定結果を比較する。瞬き検出率は、従来方式の固定閾値の場合、フレーム速度が 30 から 6 fps まで低下すると 91.9% から 80.6% まで悪くなる。一方提案方式では、瞬き検出率は 92.2% からほぼ変化せず、6 fps の時で 90.1% であった。

#### 5. まとめ

本論文では、テンプレートマッチングと相関閾値による瞬き検出方法において、相関値の移動平均値とオフセット係数から閾値をフレーム毎に動的に設定する方法を提案した。これによりフレーム速度が動的に変動し、著しく低下した場合においても、瞬きの未検出をある程度防げることを実証した。今後は画像処理によりフレーム速度が低下するスマートデバイスのカメラや、ネットワークの負荷によってフレーム速度が低下する IP カメラ等を用いた瞬き検出に応用する。

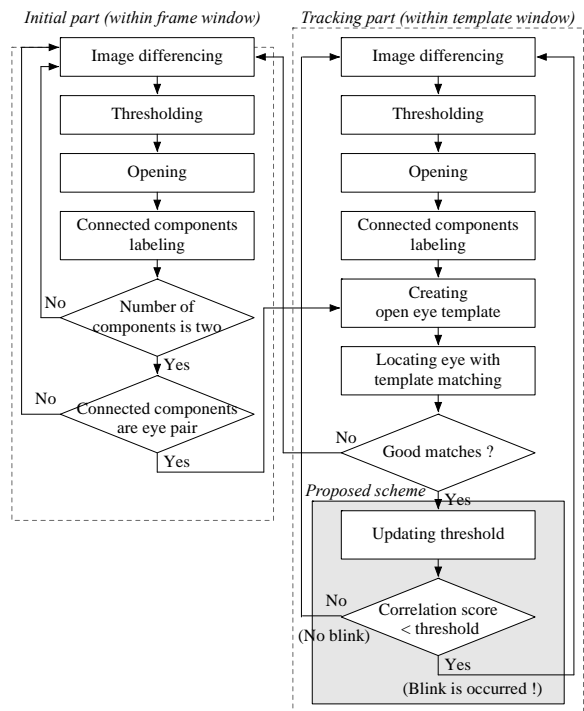


Figure 1. Proposed in-voluntary blink detection system

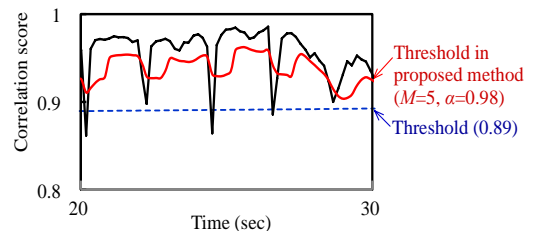


Figure 2. The variation of the proposed threshold the variation of the correlation characteristic when frame rate is 6 fps

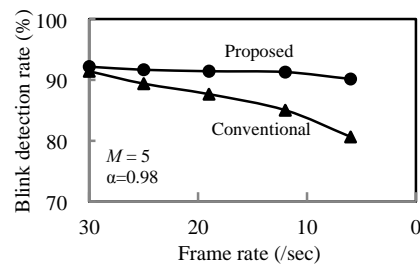


Figure 3. Blink detection rate according to frame rate

#### 6. 参考文献

- [1] 鶴岡, 戸田, 鄭: 「Web カメラ内蔵型ノート PC 等の携帯端末における VDT 症候群予防のための瞬きを促すアプリケーションの提案」, 平成 24 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, pp. 1525-1530, 2012
- [2] K. Grauman, M. Betke, J. Lombardi, J. Gips, and G. Bradski: “Communication via eye blinks and eyebrow raises: Video-based human-computer interaces.”, Universal Access In The Inf. Soc., pp. 359-373, 2003