

VDT ユーザーの無意識な瞬きの測定 Measurement of involuntary blink of VDT User

廣原 晋平¹ 鶴岡 浩平² 宮川 達彦³ 戸田 健⁴
Hirohara Shimpei¹, Kouhei Tsuruoka², Miyakawa Tatsuhiko³ and Takeshi Toda⁴

Abstract: Keeping focus on screen for a long time causes dry eye that makes eyes strain and imposes a burden to your neck, shoulders and arms. The blink detection part detects the blink of the VDT user and send the blink-detected signal to the blink promotion control part in which time interval between the blink-detected signals and total time of the time interval are measured, and control signal is send to the blink promotion part. The blink promotion part is composed of several blink promotion methods and the methods are timely selected and controlled by the control signal corresponding to the blink status.

1. はじめに

近年パーソナルコンピュータや携帯電話に加え、携帯型ゲーム機器、スマートフォンやタブレット端末が急速に普及し、職場だけでなく私生活においてもVDT症候群¹と呼ばれる健康被害が急増している^[1]。特に涙腺機能が低下する40代以降のオフィスワーカーに見られる症状であったが、近年は若者層の患者も急増している^[2]。

これらを踏まえ我々は瞬き検出システムを開発した。このシステムを用いてVDTユーザーの無意識な瞬きを測定し、解析する。

2. 瞬き検出システム

〈2・1〉目の追跡 図1に瞬き検出システムを示す。瞬き検出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VDTユーザーの顔を含む比較的大きな領域の画像をWebカメラで取得し、フレームの差分画像を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（瞼の開閉）に比べて、ユーザーの目以外のところや背景画像の変化は少ない。このことから、瞬き時の画像フレーム間の差分は目の部分となり、ラベリングした要素の数は2となるはずである。しかし実際には周囲環境や雑音等の影響によって、目以外のところにおいてもラベリング要素がちょうど2つになることもあるため、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つの要素がそれぞれ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、それより大きい目の周辺の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、開いた時の目の画像をテンプレートとして、フレーム毎に取得する目領域の画像を探索領域としてマッチングを行う。フレーム毎のテンプレートマッチングの結果、相関がある程度高ければ目の追跡フェーズを続け、相関値を用いて瞬き検出を行う。一方相関がある程度低い場合に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。

〈2・1〉瞬き検出 ある程度高速に動く物体の検出に有効なフレーム間差分法を採用する。以下にフレーム間差分法について詳細を述べる。

画像のサイズをU×Vピクセルとすると、1つのピクセルにおけるフレーム間差分分量 $\Delta t(u,v)$ は次式で求められる。

$$\Delta_t(u,v) = \max\{|I_t - I_{t-j}|, \forall j \in [1,n]\} \quad (1)$$

ここで I_t は時刻 t 秒（現在）における画素値、 I_{t-j} は j フレーム前（ $j=1\sim n$ ）の画素値である。1から n フレーム前までの画素値の差の中で、最大となる量に時刻の重み付けを行った値をフレーム間差分分量と定義する。このフレーム間差分分量が設定閾値 Th 以下の場合、次式の通り背景 (0) と判定する。

$$M_t(u,v) = \begin{cases} 1, & \Delta_t(u,v) > Th \\ 0, & \Delta_t(u,v) \leq Th \end{cases} \quad (2)$$

Th は急激な変化を判定するための閾値であり、フレーム間差分分量が Th 以上の場合、画素値に急激な変化が生じたと判断し、物体 (1) と判定する。

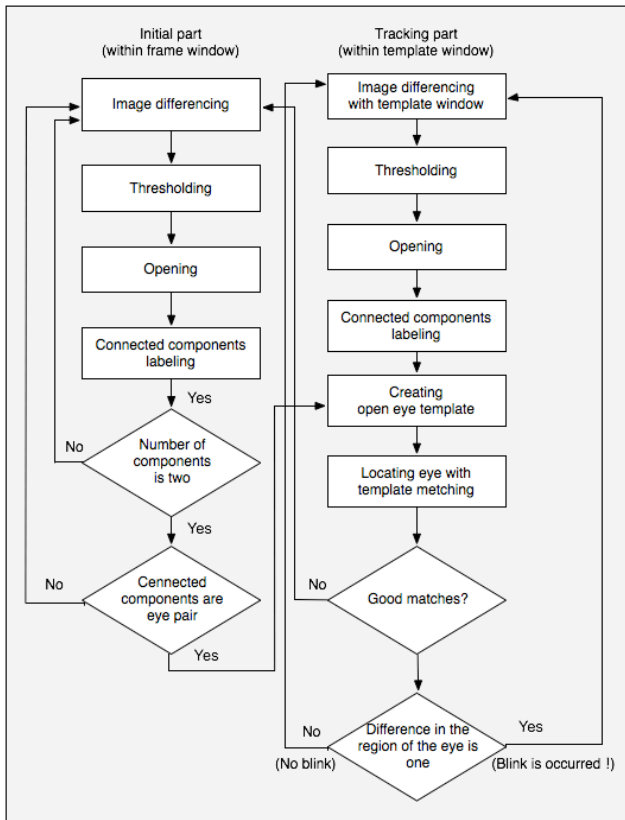


Figure. 1 Blink Detection System

3. 実験方法

〈3・1〉 被験者 8名の大学生及び大学院生（平均年齢 21.9 歳；男性 7 名，平均年齢 22.0 歳；女性 1 名，平均年齢 21.0 歳）が実験に参加した。

〈3・2〉 作業課題 作業課題として図 2 に示すようなストロープカラーワードテストを用いた。この課題では画面上に色を意味する文字（漢字）がその意味と同じ色，または異なる色のランダムで提示される。被験者はその文字が示す色の意味と色が一致しているかをキーボードによって解答する。この課題を用いて，被験者の瞬きの回数，課題に対する正答率，平均応答速度を測定した。

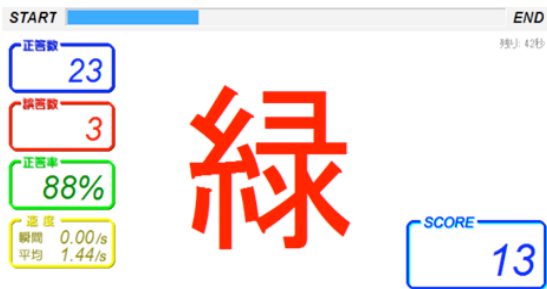


Figure. 2 Stroop Color-Word Test

〈3・3〉 実験方法 厚生労働省の「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン」において，

作業の時間管理について一連続作業時間が 1 時間を超えないようにし，次の連続作業までの間に 10～15 分の作業休止を設けることを推奨しているため，被験者はシステム利用時と非利用時で 5 分間の作業を連続 10 試行，5 分間の休息を連続 2 試行，異なる日の同じ時間帯に実施した。また，実験の条件として実験結果から提示順序の効果を取り除くため，カウンターバランスを考慮して実施した。

実験システムのハードウェアは 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。CPU は Intel Core i7-3520 2.9 GHz，RAM の容量は 8 GB である。また内蔵 Web カメラは EXMOR for mobile CMOS sensor を使用し，フレームサイズは 320 x 240 pixels，最大フレーム速度は 30 fps である。ディスプレイや Web カメラのホワイトバランス等の設定は工場出荷時の基本設定のまま，またフレーム速度や解像度を固定にしないため，フレーム速度は使用環境の変化に応じて変動する。また，今回実験で使用した，我々が開発した瞬き促進システムの瞬き検出率は 30fps の環境で 92.2% である。

4. 実証実験結果

図 3 に瞬き検出システムの結果を示す。

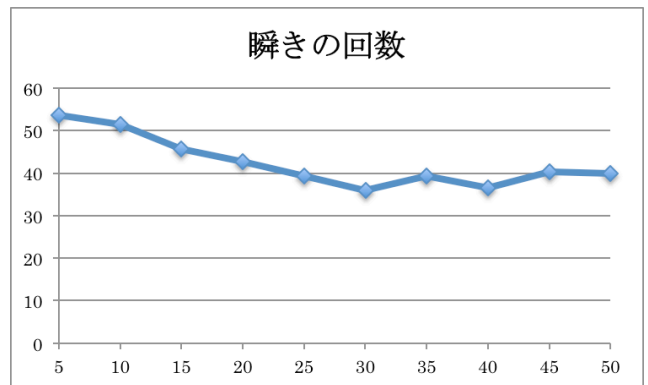


Figure. 3 Change of the Blink Number of Times

瞬きの回数が減少していく結果を得ることができた。この解決のために，VDT ユーザーの瞬きを促進するシステムが必要だと思われる。

5. 参考文献

[1] 佐藤：環境とドライアイ-VDT 症候群とドライアイ-，臨床眼科，No. 51，pp68-70(1997)。
 [2] 難波，平井，米田，田淵：携帯電話を使用した Visual Display Terminal (VDT)作業前後の高次収差の変化，川崎医療福祉学会誌，Vol. 18，No. 1，pp. 147-154 (2008)。