

瞬目による変化の見落とし現象を用いた周辺情報通知方式  
 — 高速度 USB カメラを用いた瞬目のリアルタイム検出 —  
 Notification of peripheral information using change blindness caused by eyeblink  
 - Realtime detection of eyeblink using fast USB camera -

田邊 喜一 †  
 Kiichi Tanabe

## 1. はじめに

ディスプレイの大画面化や複数画面化に伴い、多種多様な視覚情報が画面上に溢れている状況が急速に広がりつつある。このような情報提示インタフェースは、ユーザの主作業への集中を阻害し、作業効率が低下することが多い。そのため、主作業を阻害しない提示手法が求められている。

先行研究は次の二種類のアプローチに分けられる。第一はユーザ状態推定法である。このアプローチでは、PC 操作の作業履歴などからユーザ状態を推定し、主作業に対する認知的負荷が低いタイミングのときに、周辺情報を通知する方策が採用されている[1]。第二は注意特性利用法である。例えば、視野に対する注意特性を利用する方法が提案されている[2]。この研究では、注意の度合いに応じて有効視野の大きさが変化する性質を用いる。主作業に対する注意が減少すると有効視野が拡大し、ユーザは周辺情報を受理可能な状態になり、自動的に周辺情報の通知に気付く。

筆者が提案する方式[3]は、注意特性利用法のアプローチに属するが、注意に関係する人の認知的性質である“変化の見落とし現象”を利用する点が新しい。本手法では、瞬目により閉眼するタイミングで周辺情報を通知する必要がある。本稿では、USB カメラを用いて瞬目の開始時点を検出し、表示内容の変更が気づかれない提示タイミングの範囲について調査した結果を報告する。

## 2. 注意特性の利用方法

まず、“変化の見落とし[4]”について図 1 を用いて紹介する。元画像とその一部分を変化させた画像（変化画像：消しゴムの追加）を準備する。この 2 枚の画像を時間を置かず連続して提示すると、視覚刺激の物理的な変化が惹起する過渡信号が運動検出器により検知され、消しゴムの出現が知覚できる。ところが、図 1 のように、瞬目時に画像を切り替えると、観察者は、予め変化する領域に注意を向けていない限り、その変化に気づくことができない。このような人の認知特性を“変化の見落とし”と呼ぶ。

周辺情報が通知される領域に対するユーザの空間的注意の有無に着目し、ユーザが通知情報に自然に気付くような情報提示インタフェースの実現を目指している[3]。例えば、ユーザが主作業に集中している状況下で、瞬目時に周辺情報を通知すると、ユーザは提示領域に対して注意を向けていないので、その通知に気付かない。すなわち、このとき、周辺情報の通知は主作業に干渉しない。一方、疲労などにより主作業に対する注意が一時的に低下し、ユーザが注意を周辺情報が通知される領域に向けていると、その通知を自動的に受理することになる。この場合、主作業への集中はユーザの意思により切れているので、提示時点における周辺情報の受理はユーザにとって自然な流れとなる。

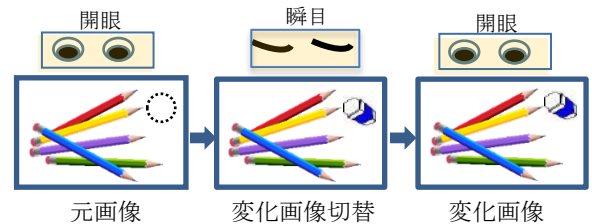


図 1 変化の見落とし現象

## 3. 瞬目検出法

### 3.1 要求仕様

提案方式では、瞬目の開始時点（閉眼開始時点）を検出し、瞬目が完了するまでに提示情報を切り替える処理を実装する必要がある。瞬目が開始してから完全に閉眼する（閉眼過程）までの所用時間は 100ms 以内と高速である。閉眼時点から再開眼する（開眼過程）までは 200~300ms 程度を要する。したがって、本方式では、閉眼過程が完了するまでに瞬目を検出し、開眼過程が進行しないうちに提示情報をタイミングよく切り替える必要がある。

これまで提案されているビデオカメラを用いた瞬目検出法は、瞬目が完了した直後に、瞬目波形の特徴等を用いるような方式が多く、本研究の用途にはそのまま適用できない。ビデオカメラを利用せず、フォトインタラプタを用いて、瞬目時に提示画像を切り替える手法については、本研究とは異なる目的ではあるが、すでに提案されている[5]。この研究では、眼球表面と瞼の反射率の違いを検出している。このセンサは、片眼の正面に配置されているため、視野の一部がさえぎられている。やはり、本研究で使用するセンサとしてはビデオカメラが望ましいと思われる。

フレームレートが 30fps の USB ビデオカメラでは、予備実験により提示タイミングが間に合わないことを確認している。そこで、本稿では最大 90fps の速度で計測できる超小型の USB ビデオカメラを用いて、表示内容の更新に気付くことができない提示タイミングの許容範囲を調査する。

### 3.2 瞬目開始時点の検出法

瞬目による黒目領域の隠蔽を検出する方法を採用する。USB ビデオカメラから入力した映像をしきい値処理により二値化し、黒目領域の面積（黒画素）を算出する。この面積は瞬目により瞼が黒目領域を覆うにつれて減少する。この減少傾向を捉えることにより、瞬目開始時点を検出する。今回は、フレームレートが最大 90fps の USB3.0 モノクロビデオカメラ (ID04MB-IP-U, アイジュール製, 640(H)×640(V)画素)を用いた。眼領域は横顔を撮影して手動で設

† 松江工業高等専門学校

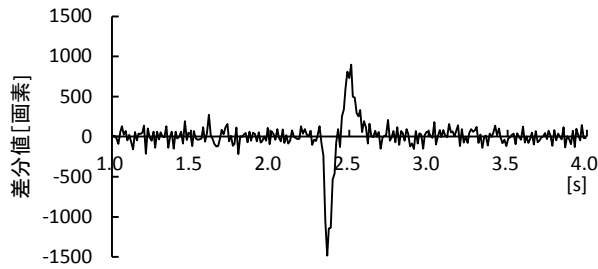


図 2 瞬目による黒目面積の変化量

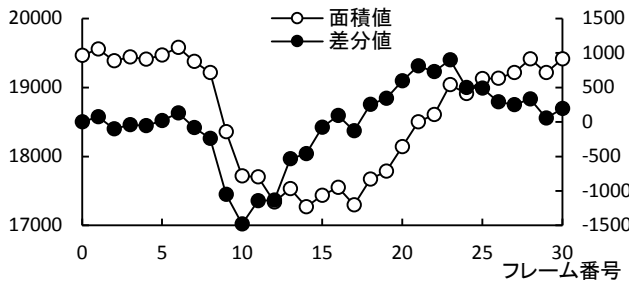


図 3 差分値の詳細

定した。瞬目の検出プログラムは OpenCV3.0 を用いて実装した。実験では随意性瞬目を行ってもらった。

実験参加者 A の抽出事例を図 2 に示す。横軸は経過時間を表す。縦軸は過去 5 フレーム分の黒目面積の平均値を現フレームの黒目面積から減じた差分値を示す。試行開始後 2.5s 付近で閉眼に伴う鋭い下降が見られる。また、瞬目以外の時点での差分値は低く抑えられている。

図 3 に、瞬目が生じた付近の差分値を切り出したもの (●: 差分値) を示す。併せて、抽出された黒画素の面積 (○: 面積値) も示す。横軸はフレーム単位で示しており、サンプリング間隔は 11.7ms(実測値: 85.5fps)である。この図より瞬目が開始してから眼が閉じるまでに 9 フレーム程度(約 105ms)要していることがわかる。ここで、差分値が最降下するのは第 10 フレームであり、約 -1500 画素である。できるだけ早い時点で瞬目を検出するため、この最降下値に 0.3 を掛けた値(-450)を、瞬目開始フレームを算出するためのしきい値に設定した。図 3 の場合、第 9 フレームが特定されることになる。第 9 フレームは面積値 (○) の図を見ると、ちょうど閉眼過程の中間の時点に相当し、その時点が検出されることがわかる。その後、再開眼が開始するまでに 8 フレーム分 (約 94ms) あるので、この間で提示情報を切り替えることは十分に可能である。次章の実験では、上述した、しきい値算出のための試行を 5 回行い、それらの平均値をしきい値として用いた。

#### 4. 提示刺激知覚実験

瞬目と同時に刺激を提示するタイミングの許容範囲を調査するため、瞬目検出時点を基準として、0ms(検出時点で即座に刺激提示)、20ms, 50ms, 100ms, 150ms 後の 5 種類の提示開始遅延時間を設定した。各提示タイミングにおいて、画面の中央 (注視点) に文字 “X” を瞬間提示(10ms)した。試行回数は 50 回であった。提示タイミングの条件毎に 10 試行をそれぞれ割り当てた。各試行の提示タイミングはランダムな順とした。各試行では、実験参加者に試行開始後、1~2s 以降に、随意性瞬目 (意図的に発する瞬目) を行

表 1 刺激隠蔽率[%]

実験参加者	刺激提示タイミング(ms)				
	0	20	50	100	150
A	100	100	70	0	0
B	90	100	80	20	10
C	100	90	100	50	30

ってもらいように教示した。各試行が終了した時点で、“全く見えなかった”、“うっすらと見えた”、“完全に見えた”の 3 段階で回答してもらった。実験参加者は 3 名 (著者、高専男子学生 2 名)であった。使用した機材は、PC:Core (TM) i5-5, 3.2GHz, 16GB, Display:RDT196LM, 70Hz, 三菱電機製、言語:Microsoft Visual C++であった。

実験参加者毎の刺激隠蔽率を表 1 にまとめる。刺激隠蔽率は各提示タイミング条件における 10 試行のうち、“全く見えなかった”と回答した割合を示す。表 1 から、検出時点から 20ms 以内で刺激を瞬間提示した場合、90%以上の割合で、全く見えないことがわかる。提示開始後 50ms の時点で刺激を提示した場合、瞬目の個人差による影響が見られる。実験参加者 C は瞬目検出の時点から 50ms 後に提示しても、刺激をほぼ完全に隠蔽することができる。一方、実験参加者 A, B は 50ms 後に提示すると、一部の刺激が見えはじめてしまう。

以上の結果から、90fps 程度のフレームレートを有する USB カメラを用い、OpenCV による画面制御を利用する場合、瞬目の検出時点から 20ms 以内に画面上の情報を変化させれば、変化の見落とし現象を誘発することができるの見通しが得られた。

#### 5. おわりに

本稿では、瞬目時に提示情報を更新するための、瞬目開始時点の検出方法について検討した。その結果、瞬目検出の時点から 20ms 以内に表示内容を更新すると、観察者に全く気づかれないとのデータが得られた。今後は、瞬目による変化の見落とし現象の基礎特性を把握し、提案方式の実現に向けて検討を進める予定である。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 17k00289 の助成によるものである。記して感謝します。

#### 参考文献

- [1] 上田光浩他：“計算機作業環境におけるユーザのインタラクションに応じた周辺情報の提示タイミング”，電子情報通信学会論文誌 A, J91-A, 2, 260-269(2008).
- [2] 山田誠二, 森直樹, 小林一樹：“周辺認知テクノロジーPCTによるユーザの作業に干渉しないペリフェラル情報通知”，人工知能学会論文誌, 30, 2, 449-458(2015).
- [3] 田邊喜一：“変化の見落とし現象を利用した周辺情報通知方式の提案”，第 22 回画像センシングシンポジウム, IS1-23(2016).
- [4] J.K. O'Regan, et al.：“Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking”, Visual Cognition, 7,1-3, 191-211(2000).
- [5] 向啓志, 光永法明：“目隠しなしの目隠し：瞬目時の視覚抑制を利用する瞬目者が知覚できない情報提示に基づくインタラクション”，情報処理学会インタラクション 2011, 3DEX-5(2011).