

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

向 啓 志[†] 光 永 法 明[†]

人の瞬目（まばたき）時には視覚抑制が働き、我々はまばたきによる遮蔽を知覚しない。もし瞬目にあわせて特定の情報を提示できるなら、それを瞬目した人に見せず、周囲の人に見せることができる。つまり、スイカ割りのような、周囲の協力が必要なインタラクションを目隠しなしに実現できる。本論文では、その可能性を示す。まず作成した眼鏡型の瞬目検出装置を紹介し、瞬目中に視覚情報が提示できることを示す。つぎに、可能となるインタラクションの例として、もぐら叩きゲームを紹介する。

An interaction system that provides visual information while a person is blinking eyes

HIROSHI MUKAI[†] and NORIAKI MITSUNAGA[†]

We normally are unconscious of eyelids' movements due to eyeblinks since we have a visual suppression mechanism. We do not perceive surrounding when the visual suppression mechanism is working. It is possible not to present visual information to the eyeblinking person but to present it to others if one can show it during the time that visual suppression is working. In this paper, we show that such presentation is possible and it leads to a novel interaction. As an example, we implemented a whack-a-mole game and report a finding.

1. はじめに

瞬目（まばたき）は1分間に20回前後、発生するまばたきの開閉運動である¹⁾。瞬目はまばたきが瞳孔を覆うため、瞬目による視覚の遮断が1分間に20回前後、生じる。しかし我々は、そのような視覚の遮断を知覚しない。これは、瞬目時に視覚抑制が働くためである。

視覚抑制とは、瞬目時に視覚の感度が低下する現象である²⁾。Volkmann は視覚の感度低下が、上眼瞼が瞳孔を覆う30～40[ms]前に最大値に達し、瞬目開始から100～200[ms]で回復することを示している³⁾。また、Ridder と Tomlinson は視覚抑制が波長（色）の違いに影響されないことを示している⁴⁾。

瞬目を利用したインタフェースとして、車の運転者の居眠りを検知するシステム⁵⁾や、肢体不自由者向けのスイッチ入力インタフェース⁶⁾⁷⁾などが提案されている。これらの研究は、ほとんどが瞬目をスイッチ操作の代替とするインタフェースであり、視覚抑制を利用したインタフェースは我々の知る限りない。

もし、視覚抑制が生じている間に視覚情報を提示できるならば、特定の情報を瞬目した人に見せず、周囲の人には見せることができる。これを利用すれば、通常は目隠しをした状態で行うスイカ割りゲームなどの目隠しが不要になる。すなわち、他の視覚情報が見えるのに、特定の視覚情報だけが見えない、目隠しなしの目隠しによる、インタラクションを実現できる。

本稿では、まず作成した眼鏡型の瞬目検出装置について紹介する。そして、検出結果を用いて、特定の視覚情報を、瞬目した人を除く周囲の人に見せることを示す。さらに、可能となるインタラクションの例として、瞬目検出装置を利用したもぐら叩きのゲームを紹介する。

2. 瞬目検出装置と視覚抑制期間での情報提示

2.1 眼鏡型瞬目検出装置

作成した眼鏡型瞬目検出装置の瞬目検出部分を図1に示す。瞬目を検出するセンサは赤外線反射型のフォトインタラプタであり、右眼の正面にくるよう、保護眼鏡に取り付けている。このセンサにより、眼球とまばたきの赤外線の反射率の違いを検出する（図2）。センサの出力電圧をマイコンで読み取り、出力電圧がし

[†] 金沢工業大学

Kanazawa Institute of Technology



図 1 眼鏡型瞬目検出装置の瞬目検出部分。瞬目を検出するセンサとして赤外線反射型のフォトインタラプタを右眼前に固定している。

Fig. 1 The eyeblink detection part of the system. A Photointerrupter is used to detect eyeblinks.

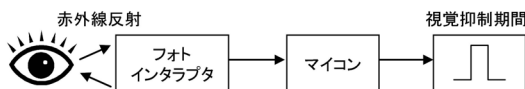


図 2 瞬目検出の流れ。フォトインタラプタにより、眼球とまぶたの赤外線反射率の違いを検出し、センサの出力電圧がしきい値以上なら、一定時間パルスを出力する。

Fig. 2 The block diagram of the eyeblink detection system.

きい値以上なら視覚抑制が始まったものとして、一定時間パルスを出力する。しきい値とパルス幅は装置の装着者が調整する。

2.2 視覚抑制期間の検出動作

瞬目検出装置の動作を図 3 に、そのときの左眼の様子を図 4 に示す。図 4 のように、左眼上部の、被験者が視認できる位置に、視覚抑制期間を表すパルスで点滅する LED を設置している。そして、左眼と LED を高速度カメラ (300fps) で撮影する。瞬目検出のしきい値と視覚抑制期間を表すパルスの幅は、装置の装着者が、LED の点灯を知覚しない範囲で、できるだけパルス幅が長くなるよう調整する。

図 3 には、閉眼率 $E(t)$ とセンサ出力電圧の時間変化、検出された視覚抑制期間を示している。高速度カメラの画像とセンサ出力は、LED の点灯開始時刻を基準 (0) として同期を図っている。図 4 には、A 開眼時、B 視覚抑制パルス開始時、C 閉眼時、D パルス終了時、E 開眼時の左眼の様子を示している。閉眼率 $E(t)$ は高速度カメラ (300fps) で撮影した画像を印刷し、上下のまぶた間の高さ $E_h(t)$ を定規で測り、次式で求めている。

$$E(t) = \frac{E_{max} - E_h(t)}{E_{max} - E_{min}} \quad (1)$$

ただし、 E_{max} 、 E_{min} は、それぞれ最大高さで最小高さである。

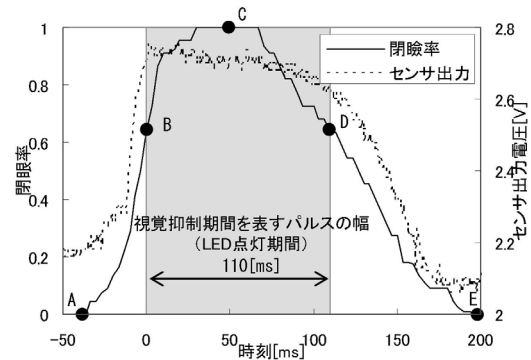


図 3 フォトインタラプタの出力電圧、閉眼率の時間変化と視覚抑制を表すパルスの出力幅

Fig. 3 Time change of photointerrupter output voltage and close eye rate.



図 4 A 開眼時、B 視覚抑制パルス開始時、C 閉眼時、D パルス終了時、E 開眼時での左眼の様子

Fig. 4 Appearances of the left eye, A open eye, B the beginning of the pulse, C close eye, D the end of the pulse, and E open eye.

2.3 視覚抑制が働く時間

小型液晶パネル程度の大きさの対象について、有効な視覚抑制期間を表すパルスの幅を調べた。正面が縦 80[mm] × 横 100[mm] の大きさの箱の内部に、十分な輝度で点灯するよう超高輝度の赤色 LED を 56 個入れる。箱の前面には線画でイラストを描いた紙を貼り、その上から白い紙を貼る。LED が消灯しているときには白い箱に見え、LED が点灯すると赤色に光った紙にイラストが見える (図 5)。この箱の LED を、視覚抑制期間を表すパルスで点滅する。被測定者には、台にあごを載せてもらい、頭部と箱の前面の距離を 200[mm] に保つ。このとき、箱の視角は縦 22 度 × 横 28 度である。しきい値とパルス幅は瞬目検出装置の装着者が、LED の点灯が見えないよう調整する。

20 代の大学生 5 名について、視覚抑制期間を表すパルスの幅を測定した結果を図 6 に示す。図には 3 回の測定でのパルス幅の平均と標準偏差を示している。パルス幅には個人差があるが、いずれの被測定者の場合にも、パルス幅は 60[ms] 以上となっている。すな

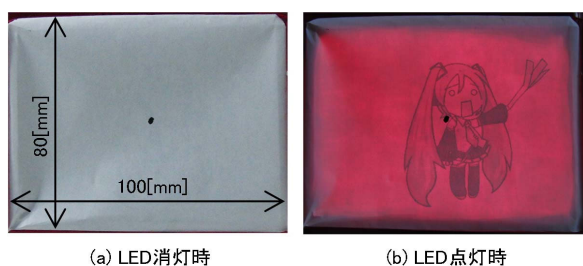


図 5 小型液晶パネル程度の大きさの箱の内部に超高輝度の赤色 LED を 56 個入れてある。(a) LED が消灯していると無地で、(b) LED が点灯するとイラストが見える。

Fig. 5 Small box to measure the length of the suppression. (a) nothing is show when LED is off, (b) an image is show when LED is on.

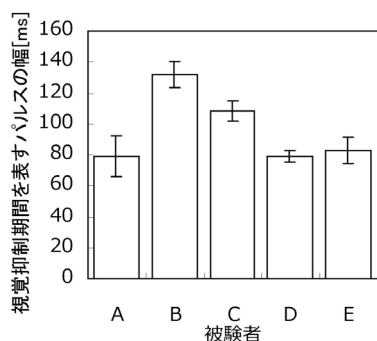


図 6 小型液晶パネル程度の大きさの対象について測定した、視覚抑制期間を表すパルスの幅の平均と標準偏差。

Fig. 6 Average and standard deviation of the pulse width of the visual suppression period.

わち、瞬目検出装置を装着した人には知覚できない、視覚情報提示時間として 60[ms] 程度は確保できると考えられる。

3. 目隠しなしの目隠しで遊ぶモグラ叩き

3.1 モグラ叩きゲーム

視覚抑制を利用したインタラクションの例として、目隠しなしの目隠しで遊ぶ、モグラ叩きゲームを作成した(図 7)。このゲームは、2 人 1 組で遊ぶことを想定している。1 人は瞬目検出装置を装着し、モグラを叩く。ただし、画面が視覚抑制期間中のみ表示されるので、モグラがどこに出現しているかわからない。そこで、もう 1 人がモグラの位置を指示する。つまり、2 人が協力する必要がある、モグラ叩きとなっている。

このモグラ叩きゲームは、「今すぐ使える! H8 マイコン基板⁸⁾」のプログラムを基に作成している。ゲーム画面は、タッチパネル付のカラー液晶に表示する。モグラは図 7 の 8 カ所のいずれかの穴から頭を出す。瞬目検出装置の出力パルスにより、バックライトを点滅させると共に、マイコンへ入力する(図 8)。ゲーム



図 7 モグラ叩きゲームの画面。タッチパネル付のカラー液晶に表示する。液晶には、モグラの穴の位置を示すシールを貼っている。
Fig. 7 Screen of the whack-a-mole game. The position of the hole is shown by round markers.

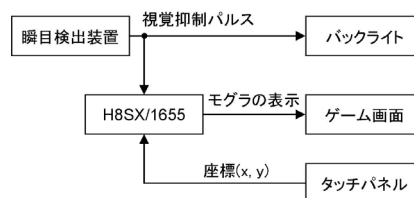


図 8 ゲームのシステム構成。瞬目検出装置の出力パルスでバックライトを点滅させると共に、マイコンへ入力する。パルスがマイコンに入ると、ランダムな穴の位置にモグラを出す。

Fig. 8 The block diagram of the game system.

開始後、視覚抑制期間を表すパルスがマイコンに入ると、ランダムな穴の位置にモグラを出す。2.5 秒以内にモグラの位置でタッチパネルに触れると得点となる。出現したモグラは、2.5 秒後に消える。一方、2.5 秒以内に、再度パルスがマイコンに入ると、モグラを追加する。視覚抑制期間を表すパルス 30 回で、1 ゲーム終了とする。なお、ゲームを易しくするため、タッチパネル上にモグラの穴の位置を表す、丸いシールを貼ってある。シールはすべて同じもので、区別がつく記号や文字の表記はない。

3.2 評価実験

20 代大学生を 2 人 1 組とした 20 名、10 組の被験者に、作成したモグラ叩きゲームで遊んでもらった。2 人の被験者は、それぞれモグラを叩く人とモグラの位置を指示する人になり、1 ゲームごとに役割を交代する。被験者には、ゲームの遊び方を説明し、ゲームの操作に慣れるまで交代を繰り返してもらった。その後、以下の 4 項目について 7 段階でゲームを評価してもらったとともに、自由な感想を尋ねた。

- (1) ゲームを面白いと感じたか(普通のモグラ叩きを 4 とする)
- (2) また遊んでみたいと思うか

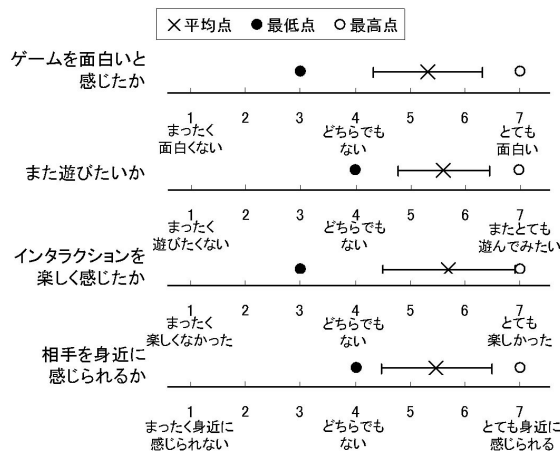


図 9 目隠しなしの目隠しで遊ぶモグラ叩きゲームの、評価の平均と標準偏差。

Fig. 9 Average and standard deviation of the evaluation to the whack-a-mole game

(3) 見えそうで見えないことを楽しく感じたか
 (4) 相手のことが遊ぶ前よりも身近に感じられるか
 それぞれの評価値の平均と標準偏差を図 9 に示す。いずれの項目についても、評価値の平均が 5 を超えている。一人で遊ぶモグラたたきに対して、(1) 面白さが向上し、(2) また遊んでみたいと思われたと考えられる。また、視覚抑制期間中に情報を提示することで実現された、(3) 目隠しなしの目隠しにも好印象が得られている。さらに、2 人の協力が必要であることから、コミュニケーションが誘発され、(4) 相手のことを遊ぶ前よりも身近に感じられる効果が現れたと考える。

多くの被験者が、自分には見えず、相手には見えることに驚くと共に、楽しむ様子が観察された。被験者の感想にも「新鮮で面白い」「不思議な感じがする」などがあり、これまでにないインタラクシオンが実現できたと考える。2 人の間での、モグラの位置のやりとりについては、特に指定しなかったところ、各組でやりとりのルールを決めていた。中にはルールの決め方について議論する姿も見られた。このようなコミュニケーションも、相手のことをより身近に感じることに、つながったと考えられる。

一方、表示が短時間であるため、モグラの位置を指示する役の被験者がとまどう場面が見られた。これは、何度か操作を繰り返すことで解消され、実験終了時には指示に戸惑う姿は見られなかった。また、見えそうで見えないことを、面白いというよりも、不満に感じ、あまり楽しく感じない被験者もいたが、少数であった。

4. 議 論

ほかのゲームについても、瞬目時の視覚抑制期間

を利用して情報提示をすることにより、単独ユーザのゲームを、複数ユーザが参加するゲームへ容易に拡張可能と考える。たとえば、車などを操縦するゲームにおいて、操縦者に見えない障害物を用意し、操縦者以外からの助言を必要とする。また、テトリスに代表される落ち物パズルについて、次に落下するブロックを操作者以外にのみ見せる、といったことが可能である。さらに、同じ表示デバイスを注視しているのに、ある者には見え、あるものには見えないことから、幽霊のような存在を感じさせることも考えられる。

本論文では、簡易な装置で瞬目を検出するため、眼の前にセンサを設置している。そのため、設置側の眼の視野がセンサでさえぎられている。このことについて、触れた被験者はいなかったが、表示デバイスに設置したカメラで瞬目を検出したり、眼の側面から検出するなどの改良が望ましいと考える。

5. ま と め

本稿では、瞬目時の視覚抑制期間を利用した情報提示による、目隠しなしの目隠しを提案した。そして、簡易瞬目検出装置を作成し、その可能性を確かめた。さらに、モグラ叩きゲームに応用し、実現されるインタラクシオンの可能性を示した。

参 考 文 献

- 1) 宮田洋ほか：新生理心理学 生理心理学の基礎，北大路書店 (1998)。
- 2) 日本視覚学会：視覚情報処理ハンドブック，朝倉書店 (2000)。
- 3) F. C. Volkman : Human visual suppression , *Vision Research* , Vol.26, No.9, pp.1401-1416 (1986)。
- 4) W. H. Ridder III and A. Tomlinson : Spectral characteristics of blink suppression in normal observers , *Vision Research* , Vol.35, No.18, pp. 2569-2578 (1995)。
- 5) 足立和正ほか：ドライバの意識低下検知のための動画像処理によるまばたき計測，電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌 , Vol.124, No.3, pp.776-783 (2004)。
- 6) 大矢哲也ほか：眼電図を用いた随意性瞬目によるスイッチ操作の研究，生体医工学 , Vol.46 No.2, pp.254-260 (2008)。
- 7) 中村拓朗ほか：反射型フォトセンサを用いた ALS 患者向け汎用シグナルスイッチのまばたき検出特性，信学技報 WIT , Vol.106, No.612, pp.115-120 (2007)。
- 8) 山崎尊永：今すぐ使える！H8 マイコン基板，CQ 出版社 (2010)。