

平成 22 年 6 月 25 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007 ～ 2009
 課題番号：19500849
 研究課題名（和文） 瞬目波形に基づく視覚的注意の推測に関する基礎的研究
 研究課題名（英文） A basic study on estimation of visual attention using
 blink waveform
 研究代表者
 田邊 喜一 (TANABE KIICHI)
 松江工業高等専門学校・情報工学科・教授
 研究者番号：20413825

研究成果の概要（和文）：第 1 に、120 フレーム/秒で取得した眼部時系列画像から、精細な瞬目波形を形成できる瞬目計測・分析システムを構築した。第 2 に、瞬目波形を記述するための 22 種類の形状特徴パラメータを定義した。第 3 に、振幅比率、閉瞼時間、閉瞼・開瞼速度の形状特徴パラメータが集中的注意の度合いを反映することが示された。第 4 に、選択的注意と瞬目波形については、いずれの形状特徴パラメータにも明確な傾向は示されなかった。

研究成果の概要（英文）：First, we developed an eyeblink measurement system which can extract a blink waveform from eye region image sequences acquired at a speed of 120fps . Second, 22 types of shape feature parameters of blink waveform were used to analyze the relationship between visual attention and blink waveform. Third, ratio of amplitude, closing duration and closure・reopening velocity reflect the degree of focused attention. Fourth, we found no relationship between selective attention and blink waveform.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：瞬目, 認知過程, ヒューマン・インタフェース

1. 研究開始当初の背景

e-learning に代表されるコンピュータを介する様々な学習の場面において、学習意欲や教材に対する関心の程度をリアルタイムに推定するためには、提示画面に対する注意の状態を客観的に評価する必要がある。本研究で着目する瞬目は、認知過程と深い関係にあ

る行動指標であり、瞬目の促進や抑制のパターンが視覚的注意と関係することが既に知られている。しかし、重要な瞬目測度の一つである瞬目波形については、覚醒水準や認知負荷との側面からの研究事例は散見されるが、視覚的注意との関係について得られている知見は数少ない。瞬目波形は、瞬目の開始

から終了までの各時点で計測された眼裂幅（上眼瞼と下眼瞼間の距離）を時間軸上に並べて得られる一次元波形として定義される。瞬目波形は個々の瞬目から得られる指標であることから、瞬目の生起回数や生起分布等には反映されない情報が含まれている可能性がある。そこで、本研究では代表的な視覚的注意と瞬目波形の関係について基礎的な知見を集積することを主な目的として、いくつかの認知実験を計画・実施している。また、通常、ビデオ撮影法で使用される NTSC 方式のビデオカメラでは瞬目波形の形状特徴を把握するために必要な時間分解能が不足しており、走査周波数の高いカメラを用いる必要がある。しかし、このようなカメラから出力される映像データは膨大であるため、効率良く瞬目波形を取得・分析可能なシステム開発が欠かせない。

2. 研究の目的

本研究は視覚的注意が瞬目波形の形状特徴にどのように反映されるのかを詳細に把握することを主な目的とする。そのためには、瞬目波形の形状を精細に取得する必要がある。そこで、まず、瞬目波形を忠実に高時間分解で取得可能な瞬目計測・分析システムを構築する。次に、瞬目波形を詳細に記述するために有用であると考えられる形状特徴パラメータを定義する。

代表的な視覚的注意と瞬目波形の形状特徴パラメータの関係について、いくつかの視覚的注意の状況が形状特徴パラメータに及ぼす影響を把握する。

3. 研究の方法

(1) 瞬目波形計測・分析システムの開発

瞬目波形を形成する眼裂幅の時間的変化をビデオ映像から計測するため、撮影速度が 120 フレーム/秒の高速デジタルビデオカメラを用いて片眼領域の映像を時系列画像として取得する計測システムを構築した。得られた時系列画像から画像処理手法を用いて眼裂幅を自動計測し、瞬目波形を形成するためのソフトウェアを開発した。瞬目波形上の特徴点をいくつか抽出し、それらの特徴点に基づき、瞬目波形の形状特徴パラメータを定義した。

(2) 視覚的注意と瞬目波形の分析

① 集中的注意の度合いと瞬目波形の分析 1 (数字加算課題)

注意の度合いを三段階に変化させるため、図 1 に示すように、オフ画面観察条件（オフ状態のモニタの観察）、数字観察条件（一桁数字の観察）、数字加算条件（特定色で表示された数字の加算）の 3 種類の実験条件を設定した。各数字の大きさは視角換算で 4.5° であり、7s 間隔で 100ms 間呈示した。オフ画

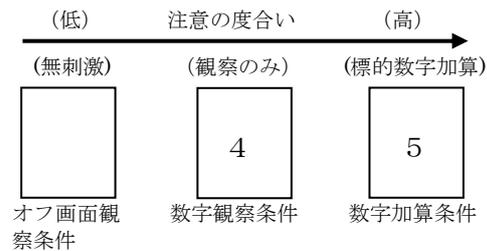


図 1 数字加算課題

面観察条件は 3 分間、数字観察・数字加算条件は 1 セット 60s の試行を 4 セット課した。実験参加者は 5 名であった。実験参加者とディスプレイ間の距離は 50cm であり、顔部をあご台で軽く固定した。左目前方に置かれたデジタルカメラを用いて瞬目映像を取得した。このとき、3 段階の注意の度合いの差異が瞬目波形の形状特徴パラメータに与える影響について分析した。

② 集中的注意の度合いと瞬目波形の分析 2 (数字列記憶課題)

①の分析に続いて、注意の度合いを反映する瞬目波形の形状特徴パラメータを明らかにするため、注意の度合いの差異をより大きくした継時的呈示法による数字列の記憶課題を計画した。呈示個数を調整することにより、低注意条件 (2 個)、中注意条件 (4 個)、高注意条件 (8 個) の 3 条件を設定した。例えば、中注意条件では、図 2 に示すように、{1, 2, 3, 4, 5} の中から 4 つを継時的に呈示し、実験参加者には呈示終了後に、呈示されなかった数字を答えるように教示した。図 2 の事例では、正解は 5 である。本課題では、1 つの数字を 200ms 間呈示した後、次の文字に更新した。試行回数は各条件共に 30 回であった。実験参加者は 6 名であった。実験参加者は各試行において、刺激呈示完了時点から 3s 後に回答した。このときの、呈示終了時点から 3s 間内の瞬目波形の形状特徴パラメータについて分析した。

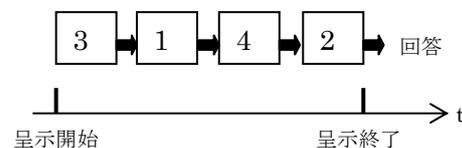


図 2 数字列記憶課題(4 文字呈示の事例)

③ 選択的注意と瞬目波形の分析 (標的數字計数課題)

図 3 (a) に示されるように、視角換算で 5° 離れた左右の位置に、同図 (b) のように一定の時間間隔 (3s) で更新されるアルファベットに対して、母音の呈示回数を計数する課題を設定した。このとき、左右どちらか一方に呈示された刺激のみを作業対象に設定する

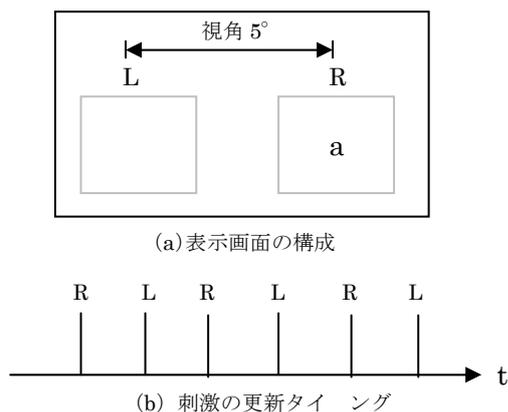


図3 標的字数計数課題

ことにより選択的注意の事態を産出した。左右各条件について2分間を1セットとし、それぞれ2セット実施した。

4. 研究成果

(1) 瞬目波形計測・分析システムの開発

高速度撮影型のモノクロディジタルビデオカメラ(640(H)×480(V)画素)とカメラリンク規格に対応した画像入力ボードを組み合わせた計測システムを構築した。計測用のソフトウェアはVisual C++を用いて実装した。本システムは、刺激同期入力型の映像取得方式を採用しており、刺激呈示の時点から3s間の眼部映像を時系列画像として120フレーム/秒でメモリ上に展開することができる。その後、約1秒間でメモリ上のディジタル画像データをSSD(Solid State Drive)に書き込む。したがって、刺激呈示の間隔は5s以上であることが要求される。なお、本実験システムのサンプリング間隔は8.4msであるが、この間隔は眼球電図法による瞬目自動計測システムで採用されている電位波形のサンプリング間隔10msと同等であり、時間分解能としては妥当である。また、刺激呈示に対して、瞬目はその呈示時点から約1.5s以内に多発する傾向が知られていることから、刺激呈示後3s間の映像取得時間は許容範囲であると考えられる。

得られた時系列眼部画像から、上眼瞼及び下眼瞼と眼球表面との境界を抽出し、両境界点間の眼裂幅を算出するソフトウェアを開発した。本手法では、図4に示すように、上眼瞼に対して、開眼、半閉眼、閉眼時の眼球表面との境界付近を取り囲む小領域をテンプレートとして切り出す。一方、下眼瞼はほとんど動かないため、図4(a)に示すように開眼時の境界付近を取り囲む小領域をテンプレートとして切り出した。これらのテンプレートを用いて正規化相関法を適用することにより、上・下眼瞼と眼球表面との境界点を自動的に抽出し、瞬目波形を形成した(図5)。次に、得られた瞬目波形に対して図6に示さ

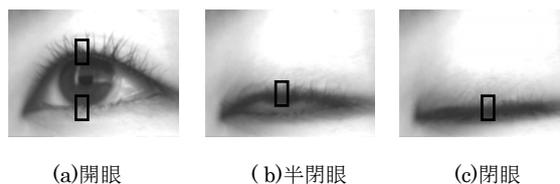


図4 眼裂幅計測用テンプレートの設定例

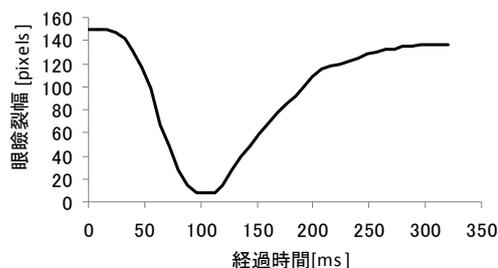


図5 瞬目波形の事例

れる6個の特徴点から22個の瞬目波形の形状特徴パラメータを定義した(雑誌論文①を参照)。

(2) 集中的注意と瞬目波形の分析

① 集中的注意の度合いと瞬目波形の分析1

3種類の実験条件間で、刺激呈示後3s内に生じた瞬目を全て用いて分析を行ったところ、いずれの形状特徴パラメータについても、5%以上の有意差が示されなかった。そこで、刺激呈示に関与する瞬目は約1.5s以内であることを考慮して、刺激呈示に関与して生じたと推定される1s以内の瞬目のみを対象に再分析したところ、オフ画面観察条件と数字加算条件間で有意差を呈する形状特徴パラメータを見出した。しかし、オフ画面観察条件-数字観察条件間、数字観察条件-数字加算条件間にはいずれの形状特徴パラメータにも有意差は見出せなかった。

以降、オフ画面観察条件-数字加算条件間について、得られた知見を紹介する。5%以上の有意差が得られた形状特徴パラメータを表1にまとめる。振幅比率(A_{op}/A_{cl})は本研究において新しく導入した形状特徴パラメ

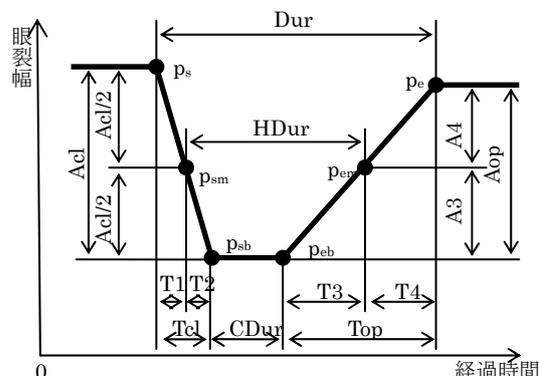


図6 形状特徴パラメータの記述

表1 有意差が示された形状特徴パラメータ

パラメータ	オフ画面	数字加算
振幅比率	0.1 (0.037)	0.85 (0.080)
閉眼時間 (ms)	87 (12.3)	6 (15.7)
後半閉眼時間 (ms)	40 (8.8)	47 (8.8)
平 閉眼速度 (画素/s)	1113 (315)	11 (205)
平 閉眼速度 (画素/s)	556 (104)	473 (86)
内は標準 差を表す		

ータであり、両条件共に閉じた上眼瞼が瞬目開始時点の位置まで回せず、その傾向は数字加算条件において、より高まることを示している。閉眼時間 (c1) と後半閉眼時間 (2) は数字加算条件において有意にすることが示された。前半閉眼時間 (1) には差がなく、閉眼過程の後半の継続時間が示すことを示している。平 閉眼速度 (Acl/ c1) と平 閉眼速度 (Aop/ op) は共に数字加算条件において くなる傾向が示された。

以上、注意の度合いが高まると、振幅比率の少、閉眼時間の、閉眼・閉眼速度の少の傾向をもたらすことが示される。

②集中的注意の度合いと瞬目波形の分析 2

①の分析と同様な手続きで、22 個の形状特徴パラメータについて、条件間の比を行った果、注意の度合いが高いと閉眼時間 (op) の少にやや傾向が認められたが (10% 有意)、の形状特徴パラメータには有意差が認められなかった。実験参加者個にみると、注意の度合いが高い場合、6 名中 4 名の振幅が少する傾向が示された (図 7)。

また、図 8 に示されるように、実験参加者は異なるが、6 名中 4 名の平 閉眼速度が中注意条件において、少する傾向が示された。中注意条件におけるこの傾向は、実験①で得られた果に一する。しかし、注意の度合

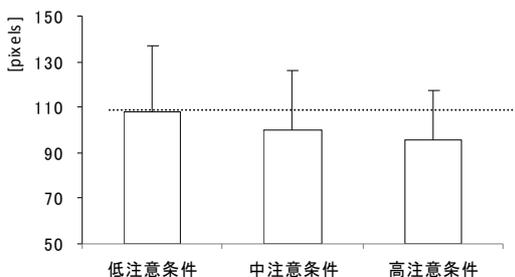


図 7 閉眼振幅の変化

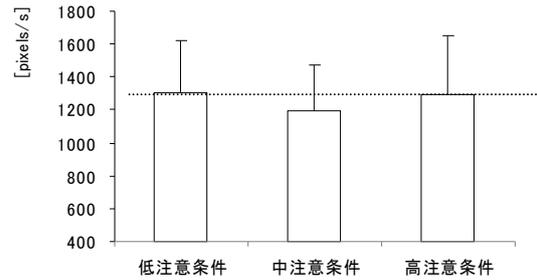


図 8 平均閉眼速度の変化

いが更に高くなると、平 閉眼速度が再び上する傾向が見られる。

また、本実験では、中注意条件において、500ms 以内の間隔で 続して生起する 発性瞬目が多発する傾向が認められた。

以上、数字列記憶課題を用いた実験では、注意の度合いと有意な差のある瞬目波形の形状特徴パラメータは見出せなかった。この要として、本課題は、刺激呈示中に 数の数字を記憶し 続る必要があるため、このような記憶負荷が瞬目波形に影響を及ぼした可能性が指 される。

③選択的注意と瞬目波形の分析

実験条件間で、形状特徴パラメータを比したところ、いずれのパラメータについても有意な差異は見出せなかった。回設定した課題は めて容 であり、注意を片側の刺激呈示に向 ることができていなかった可能性がある。

(3) 後の展開

本研究では、集中的注意の度合いと瞬目波形の形状特徴パラメータの間には一定の傾向が示 されたものの、課題の種類が異なると必ずしも同一の傾向にならないことが認められた。後も、多数の実験を通じて更なる知見を集積する必要がある。

また、瞬目波形の形状は必ずしも図 5 に示されるような なとはならず、発性瞬目では、開眼過程の中から再び閉眼するような波形や、閉眼過程の中で一 上眼瞼が し、その後再び下降し始めるような、単 な形状を呈しない瞬目波形が少なからず見られた。このようなやや 雑な形状を呈する瞬目波形の取り いについて、瞬目波形分類の観点から する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者 研究分 者及び 研究者には下)

雑誌論文 (計 1 件)

- ① _____, _____, 加算作業による瞬目波形の変化について, 間工学, 査有, Vol.46, No.2, 2010, pp.180-183

学 発表 (計7件)

- ① _____ 二, 記憶課題に基づく瞬目の分析, 2010年電 情報通 学 総合大 , 平成 22年3月17日, _____ 台
- ② _____ 二, _____, 注意の有無による瞬目波形の変化について, 2009年電 情報通 学 総合大 , 平成 21年3月17日,
- ③ _____, _____ 二, 注意の度合いが瞬目波形に及ぼす影響について, 平成 20年度電 ・情報関 学 中 部第 59回 合大 , 平成 20年 10月 25日, _____ 取 _____ 取
_____ 二, _____, 視覚的注意と瞬目波形に関する基礎実験, 第 10回 日本 性工学 大 , 平成 20年 9月 8日, _____ 代
_____ 二, _____, 視覚的注意が瞬目波形に及ぼす影響について, 日本 間工学 第 49回大 , 平成 20年 6月 15日, _____ 代
_____, _____ 二, 瞬目波形による視覚的注意の評価に関する研究, 2008年電 情報通 学 総合大 , 平成 20年 3月 18日,
_____, _____ 二, 視覚的注意と瞬目波形に関する _____ 的 _____, 平成 19年電 ・情報関 学 中 部第 58回 合大 , 平成 19年 10月 20日,

その

_____ 二, 画面に対する注意の有無が瞬目波形に及ぼす影響について, 第2回中 高 テクノ・マー ット, _____ スタ ー展示, 平成 21年 7月 1日, _____ 取 _____ 取

6. 研究組

(1) 研究代表者

_____ 一 (A A _____ CH)
_____ 工業高等 学 ・情報工学科・教
研究者 _____ : 20413825

(2) 研究分 者

なし

(3) 研究者

なし