

聴覚課題を用いた認知過程と閉眼時眼瞼運動の関係の分析

Analysis of Relationship between Cognitive Process and Movement of Eyelid Associated with Eye Closure Using Auditory Task

田邊 喜一†
Kiichi Tanabe

1. まえがき

人は、眼をしばらく閉じていると、上眼瞼が僅かに上下に動くことが知覚できる。このような微小な瞼の動きとして生じる閉眼時眼瞼運動は瞬目（まばたき）に類似した性質を有する可能性がある[1]。瞬目が認知過程を反映する行動指標であることは良く知られている[2]。もし、閉眼時眼瞼運動が瞬目と同様に、認知過程を反映するのであれば、それを、認知過程を評価するための新たな指標として利用できるかもしれない。

筆者は、閉眼時眼瞼運動も認知過程と関係するのではないかと考えており、これまで、聴覚刺激弁別課題を用いて閉眼時眼瞼運動の特性について調べてきた。その結果、閉眼時眼瞼運動が聴覚刺激呈示後のある特定の時点で多発するとの知見を得た[3]。このような傾向は瞬目に関する知見に類似していることから、閉眼時眼瞼運動と認知過程の間に一定の関係があることが示唆される。

前報[3]では、刺激呈示とキー押しによる運動反応を組み合わせた課題を用いた。本稿では、キー押しを求めない実験条件を追加し、認知過程と閉眼時眼瞼運動の関係について更に分析を進める。

2. 実験

2.1 聴覚刺激

前報[3]と同様に、2種類の純音刺激（高音(1,320Hz)、低音(440Hz)）を用いた。音刺激はディスプレイ(RDT196LM、三菱電機製)に内蔵されているスピーカーから 70db の音圧レベルでランダムな順番で出力した。また、後述する各実験条件では、共通して 3s 間隔で 600ms 間持続呈示した。

2.2 実験条件

実験条件は安静条件、単純聴取条件、単純応答条件、弁別応答条件、計数条件の 5 条件であった。安静条件は、聴覚刺激が呈示されず、無音の状態で眼を閉じているだけの実験条件である。単純聴取条件は、聴覚刺激を単に聴くだけで、何も課題が課されない実験条件である。単純応答条件は、聴覚刺激が呈示された瞬間に、呈示刺激の種類によらず、指定されたキー（Ctrl キー）を素早く押す実験条件である。弁別応答条件は、呈示刺激の種類に応じて、2種類の聴覚刺激に割り当てられた左右の Ctrl キーを素早く押す実験条件である。最後の計数条件は、2種類の聴覚刺激のうち、指定された聴覚刺激が呈示された回数を数える課題である。この条件では、実験参加者にキー押しを求めない。

2.3 実験手順

実験参加者は 7 名の高専男子学生（平均年齢:19.6 歳）であった。5 種類の実験条件共に、1 ブロック 50s 間の作業を 4 ブロック実施した。5 つの実験条件は実験参加者毎にランダムな順番とした。眼瞼運動を算出するための画像解析手法[4]は顔部の動きに影響されるため、実験中は顎台で実験参加者の頭部を軽く固定した[4]。前報[3]ではマウスボタンをキー押し用のスイッチとして利用したが、今回はキーボード(Realforce108UH-S, Topre 製)の左右の Ctrl キーを用いた。Ctrl キー上には予め人差し指を置いてもらった。なお、キー押しの時刻は DirectX9 の機能である DirectInput を用いて取得した。

2.4 眼瞼運動の計測

片眼領域の映像を高速度デジタルビデオカメラ(VCC-G22V531L, CIS 製, フレームレート 120fps)と画像入力ボード(銀河 digital-CL2, リンクス製)を組み合わせで取り込んだ。画像サイズは 512(H)×480(V)画素である。映像は時系列画像として一旦、ハードディスクに格納した。閉眼時眼瞼運動は、筆者が開発したソフトウェア[4]を用いて算出した。本手法は、閉眼状態での上眼瞼とまつげ領域の境界部分（上眼瞼境界線）の動き（方向と大きさ）をフレーム間で求める方式である。本実験では、2 枚のフレームを間に挟んだフレーム間(25ms 間隔)で算出した。

3. 実験結果と考察

3.1 データ処理

安静条件を除く 4 つの実験条件では、各聴覚刺激の呈示時点を起点として 200ms 間隔で上眼瞼境界線の動き量を加算平均した。上眼瞼境界線の動きには方向があるが、今回は方向については区別せず、動きの絶対値（動き量）のみを分析対象とした。安静条件では聴覚刺激が呈示されないが、実験開始時点から 3s 間隔で経過時間を区切り、各区切りの時点を起点として、前者と同様の加算平均処理を適用した。

3.2 動き量の時間分布

刺激呈示後の上眼瞼の動き量の時間分布を図 1 に示す。横軸のラベルは集計した各区間の中央の時間を表す。例えば、経過時間 0.1s における動き量は刺激呈示後[0.0～0.2s]の区間内で生じた動き量の加算平均値を表す。図 1 には 7 名の実験参加者の動き量の平均値と標準偏差を記載している。キー押しを要しない安静条件、単純聴取条件、計数条件では動き量の経過時間による大きな変化は見られない。しかし、単純聴取条件と計数条件では 0.7～0.9s 付近でやや動き量が大きくなり、その後やや減少する傾向が視認できる。一方、キー押しを要する単純応答条件、弁別応答条件では、0.9～1.1s 付近で動き量の明確なピークが形成されている。

† 松江工業高等専門学校

3.3 分析

各実験条件の特徴を分析するため、課題（5条件）×経過時間（0.1s, 0.3s, ..., 2.9sの15区間）の2要因分散分析を適用した。課題($F(4, 24)=4.27, p<0.01$)と経過時間($F(14, 84)=11.67, p<0.01$)の主効果が有意であった。また、課題×経過時間の交互作用($F(56, 336)=7.81, p<0.01$)にも有意差が認められた。

課題の要因について多重比較(TukeyのHSD検定)を適用したところ、計数条件の動き量は安静条件と弁別応答条件よりも減少することが示された。計数条件では、上眼瞼の動きが全体的に抑制される傾向にあることが示唆される。課題要因における経過時間の単純主効果は、単純応答条件($F(14, 420)=19.34, p<0.01$)と弁別応答条件($F(14, 420)=24.77, p<0.01$)が有意であった。それぞれの実験条件毎に多重比較を適用した結果を表1にまとめる。

単純応答条件では0.9~1.1sにかけて動き量のピークが生じている。一方、弁別応答条件では0.9~1.3sに動き量のピークが形成されており、単純応答条件よりも遅い時点でのピークの形成が認められる。計数条件ではキー押し操作が不要であり、運動反応を伴わない聴覚刺激の種類の弁別・計数・累計値の保持等の純粋な認知処理が進行しているが、この条件では全体的な動き量がやや減少するとの特徴は見られるものの、明確なピークは形成されない結果となった。単純聴取条件と単純応答条件では、キー押しの有無が異なるだけであることから見ても、本実験のような聴覚刺激の単純な弁別作業においては、キー押しという要因が動き量を特定の時点で集中させる現象に関与していることが示唆される。

4. まとめ

閉眼状態で生じる上眼瞼の微小動きの特徴について分析した結果、以下の知見が得られた。第1に、キー押しを伴わない実験条件では、聴覚刺激呈示後に上眼瞼の動き量の明確なピークが生じなかった。第2にキー押しを伴う実験条件では、呈示刺激に対する弁別の有無によらず、刺激呈示後の特定の時点で、上眼瞼の動き量がピークを形成することが示された。これより、キー押しの要因が動き量を特定の時点で集中させることに大きく関与することが示唆される。

謝辞

本研究の一部は科研費(課題番号:22650139)の助成を受けました。記して感謝します。

参考文献

- [1] R.W. Lawson, "Blinking and sleep", Nature, 4185, 81-82 (1950).
- [2] 田多英興, 山田富美雄, 福田恭介編, "まばたきの心理学", 北大路書房(1991).
- [3] 田邊喜一, "聴覚刺激弁別作業時の閉眼状態における瞼の微小動きの分析", 第11回情報科学技術フォーラム, 第3分冊, 415-418(2012).
- [4] 田邊喜一, "眼領域画像を用いた閉眼時瞬目の抽出", 人間工学, 48, 2, 86-90(2012).

表1 単純応答・弁別応答条件での経過時間による差異

単純応答条件	
0.9s > { 1.1sを除く経過時間 }	
1.1s > { 0.7s, 0.9s, 1.3sを除く経過時間 }	
弁別応答条件	
0.9s > { 1.1s, 1.3sを除く経過時間 }	
1.1s > { 0.9s, 1.3sを除く経過時間 }	
1.3s > { 0.1s, 0.3s, 0.5s, 2.1s, 2.3s, 2.5s, 2.7s, 2.9s }	

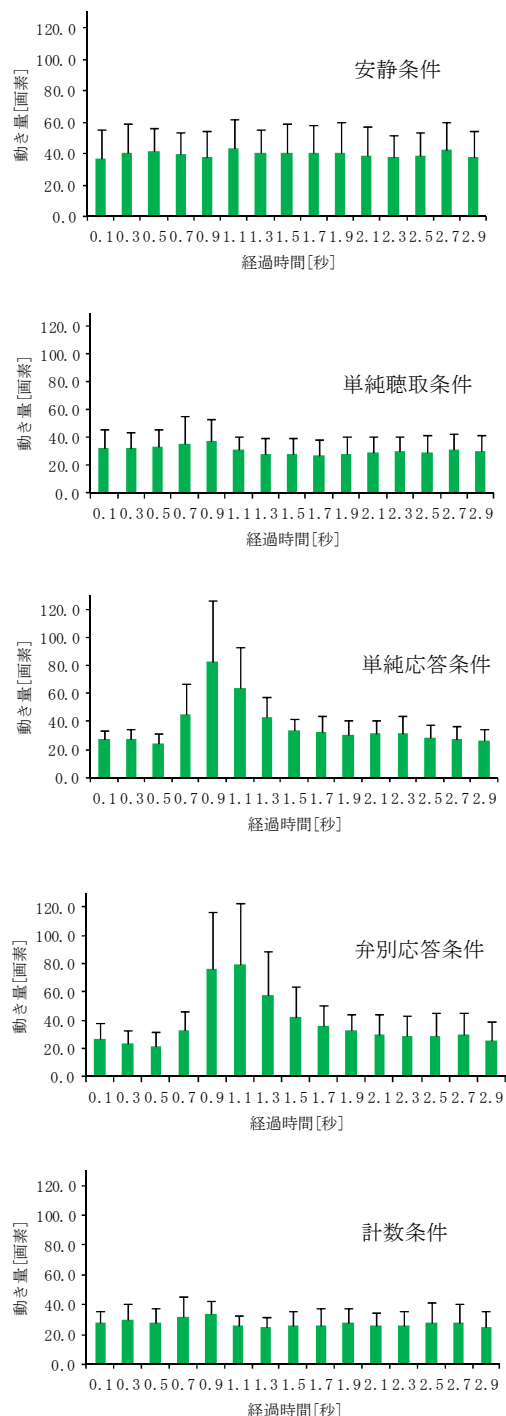


図1 刺激呈示後の動き量の時間分布