

瞬目による押しボタン反応時間の遅延

吉田 茂・朴 寅圭*

Reaction Time Delay Due to Eyeblinks in Push-button Tasks

YOSHIDA Shigeru and PARK Inkyu*

Eyeblinks always occur and cause blackout time and visual suppression and also have some disadvantages on performance, such as reaction time delay. Two male subjects participated in push-button tasks in which simple and choice reaction times to visual and auditory stimuli were measured. The results showed that all the reaction times significantly increased by about 50-150 ms compared with control reaction times and the tendency was observed in longer duration than the blackout time of about 100 ms. Such delay is problematic in performing fast or complex motor tasks, then some effective methods of blinking should be developed intensively.

Key words: Eyeblink, Reaction time delay, Push-button tasks

1. はじめに

瞬目は約100msの暗闇時間があるにもかかわらず、日常知覚されない機構になっており、指導上注目されにくい特性をもっている。しかし運動場面においては、まさに一瞬の瞬目が命取りとなる場合がある。すなわち不用意な瞬目は、的確な情報を逃したり自己の心身の構えや身のこなしにも不利益をもたらす結果となる。これは、開放技能の球技や対人競技に限らず、閉鎖技能の個人技においてもいえることである。

瞬目の研究は不安や情報処理に関連して知覚・認知系ではよく行われてきているが、運動反応までを含めたものはほとんどない。本稿ではまず、瞬目の一般特性を運動場面との関連で概観する。次に、運動場面で重要となる反応時間に対する瞬目の影響について、実験的に検討した結果を報告する。

1) 瞬目特性

瞬目(eyeblink)の研究はまだ始まったばかりと言えるが、我が国では「まばたきの心理学」(田

多・山田・福田, 1991)という良書が刊行され、従来の研究が総括されている。以下この文献をもとに特徴をまとめ、運動面からの考察を加える。

瞬目は、1回で約100msの暗闇時間(blackout time)が生じ視覚情報が遮断され、これが平均約20回/分の頻度で起こるので全体で約3%が暗闇時間となる特性をもつ。瞬目は以下の3種、すなわち随意性瞬目(意志の関与が明確な場合)、反射性瞬目(外的反射誘発刺激が明確な場合で、瞬目潜時は短く数10ms程度)、および自発性瞬目(上記以外の場合)に分類される。

瞬目の役割としては、眼球への異物進入の防止、眼筋の休息(眼筋の緊張を間欠的に緩和する)、感度の更新(暗順応機構のように視覚入力を促進させる)、緊張の解消(心理的緊張の低減・緩和で、筋運動による一般的緊張低減方法)が主要因としてあげられる。他に角膜の湿潤保持や網膜の休息が考えられているが、これらの要因は弱い。その理由は、湿潤には2分に1回の瞬目で十分であり、先天盲でも瞬目が生じ、また興奮により増加

* 筑波大学体育科学研究科 Doctoral program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

するからである。

瞬目が増加するのは、強い刺激が発生したとき、弱い刺激をよく知覚しようとしたとき、眼球運動が発生したときであり、特に心理的要因として、緊張、恐怖、不安、対面時、判断終了、不連続課題、自信低下、虚偽、複雑な認知活動、目を逸らせない場合などがあげられる。抑制要因としては、強い眠気、高興味刺激、視覚課題遂行、抑制教示、凝視点の使用などがある。

2) 運動場面へのかかわり

瞬目の不利益要因を、運動場面での経験則に従って考えると、前述したようにまず視覚情報を逃すこと、それによって状況判断ができず益々対処しにくくなること、不安・緊張状態が相手に悟られること、それを悟られまいとすると益々緊張を高め瞬目発生率が上がること、眼球運動を伴い目標定位および自己定位が不安定になること、これによって本来の運動がずれて不正確になること、などポジティブ・フィードバック系の悪循環的特性がある。しかし、我々は瞬目しないわけにはいかないの、運動との関連での基礎的特性を見極め、抑制法を開発することは、運動遂行の向上に必ず寄与することになる。

また、上記1)の要因分類にはでてこないが、力量発揮の際、気合いとともに瞬目しやすくなることは経験的に認識している。しかし、このような瞬目(これを「反応性瞬目」と命名したい)は、微細な運動制御には不利益をもたらすことがある。また瞬目は不利益ばかりではなく、用い方によっては視覚刺激のキャンセル、リセットによって構えの仕切り直しや注意の集中など利益をもたらすこともある。このように、瞬目は運動にとって深い関連をもっているの、効果的瞬目方法の開発も含めて今後の研究が期待される。

3) 反応遅延実験

さて、運動遂行にとって反応の遅延はほとんどの場合は不利益となり、その調整の善し悪しは運動学習や成績を左右する(吉田, 1997)。瞬目によって視覚刺激に対する反応遅延が起こることは経験的に推測できるが、その影響の持続時間や遅延時間はまだ不明確である。さらに刺激種が異なる場合や、また瞬目反応という運動自身が他の運動に及ぼす相互作用についても検討されていない。つまり、瞬目の知覚特性研究から運動面での研究への展開が必要とされている。

そこで今回は、一連の研究の始めとして、ボタン押しという小力量での運動の反応時間(RT: reaction time)に及ぼす瞬目の影響を検討することとした。ここで扱う瞬目は、上記の分類では自発性瞬目にあたる。

2. 方法

1) 被験者

実験事態によく慣れている成人男性2名を用いた(Subj.1: 28yr, Subj.2: 49yr)。

2) 実験概要と環境

被験者は空調された実験室で瞬目測定用電極を装着し、簡易シールドルーム内の椅子に楽に腰をかけて、前方から提示される光または音刺激に対して右または左のボタンスイッチを押して単純あるいは選択反応を行う。室内照明は白熱灯(100W)、平均室温は約28℃、平均湿度は約60%であった(Fig.1)。

3) 刺激

被験者の眼前約90cmから、5-7sのランダムな時間間隔で以下のパルス状刺激(持続時間20ms)を提示した。

(1) 視覚刺激(V: visual stimulus): 単純反応課題では緑色、選択反応課題では緑色と赤色の2種類の色光とし、発光ダイオード(LED)を用いて提示した。緑色(SANYO: SLP 236B-81)と赤色(SANYO: SLP 138C-51)のLEDの発光制御は、抵抗を介しTTL(transistor-transistor logic: 直流5V)出力で行った。輝度は約600cd/m²であった。

(2) 聴覚刺激(A: auditory stimulus): 単純反応課題では正弦波純音で1000Hz、選択反応課題では500, 1000Hzの2種類とした(それぞれ約80dB)。ファンクション・ジェネレータ(NF: FG-141, FG-143)で正弦波を発生させ、コンピューター(NEC: PC9801VXシステム)のTTL出力矩形波でゲート回路を制御し、増幅器を介してスピーカーに送った(SONY: LIBERTYシステム)。

4) データ収集

瞬目の測定・記録は眼球電図法に従い、スキンプュア(日本光電)で皮膚角質層を除去し、右眼球の上方約4cmの前額部(+)と下方約3cmの頬部(-)の2か所に、電極用糊をつけた電極(日本光電: NT-210)を電極押さえ紙(ダイヤモンドカル)

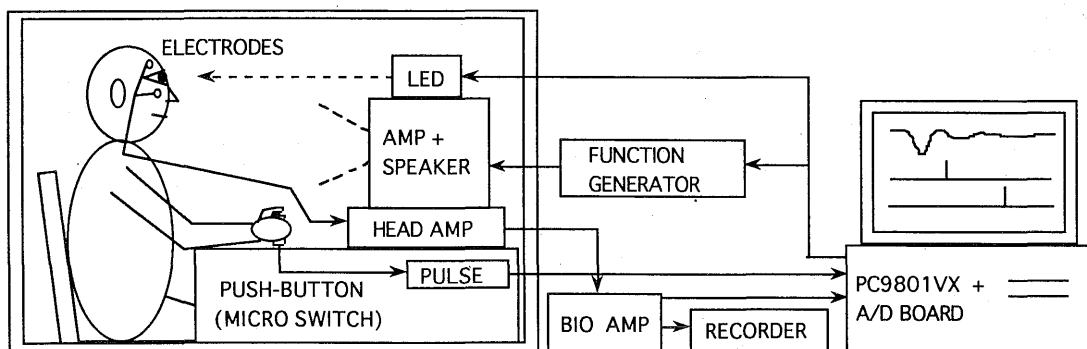


Fig. 1 瞬目・反応時間実験の刺激制御・データ収集システム

刺激系：コンピュータによって発光ダイオード(LED)またはアンプ・スピーカーを駆動する。
 反応系：瞬目は生体アンプ(2段)を通しコンピュータ(A/D変換器)と紙記録器にて記録する。
 反応はパルス回路を通しコンピュータに入力する。

で装着し、増幅器(NEC三栄：生体増幅器1169)を通して行った。増幅器の時定数は瞬目ピークを明確に記録するため、刺激用トリガー信号として用いるため、0.03sと小さく設定した。AD(analog-digital)変換ボード(カノーブス：ADX-98E)によるデジタル変換の標準化周波数は200Hzであり、時間間隔にして5msであった。ボタン押しの反応時間は、反応パルス出力を検出し、刺激時点からの差として算出した。これらの実験制御と分析のプログラムは、MS-DOS 3.30D(Microsoft)上で稼働するC言語(Borland：Turbo C++)を用いて、コンピューター(NEC：PC9801VXシステム)で作成した。また、瞬目、刺激マーク、反応マークは、ペンオシログラフ(NEC三栄：8K33)にも記録し、実験中にモニターしながらデータ収集を行った。

5) 課題と測定

以下の課題に対して、押下圧力の小さなボタンスイッチを右手親指にて押し、できるだけ素早く反応する。ただし、選択反応時は2つのスイッチをそれぞれ左右親指にて押す。このスイッチは、使い切りライターの握部にマイクロスイッチとマイクロフォン・ケーブルを埋め込んで作成したものである。120回の刺激に対する反応を1試行とし、小休止をはさみながら試行を繰り返した。1試行の所要時間は15-20分であり、1名1日4試行までとして実験日を変えてデータを蓄積した。

(1) 単純反応課題(不定時刺激)(F：free run stimulation)：提示時点を予測できないように5-7sのランダムな時間間隔で与えられた刺激

に対して単純反応を行う。刺激前400ms、刺激後600msの瞬目データをサンプルした。被験者、刺激ごとに8試行を行い、960RTデータ(120×8)を得た。この方法は瞬目前後の反応がとれる利点があるが、分布が一様ではなく、また必要な瞬目近傍のデータが必ずしも取れるわけではないので多数回の試行が必要となる。

(2) 単純反応課題(瞬目時刺激)(S：simple reaction task)：瞬目開始時点の電位変化をトリガーにして刺激を提示し、単純反応時間を測定する。瞬目開始後300ms以内に5ms刻みでランダムな順に刺激提示し、1試行で、1時点につき2データを均等に収集した。被験者、刺激ごとに7試行を行い、1課題で840RTデータ(120×7)を得た。この方法は瞬目近傍のデータを細かく収集できるが、瞬目前のデータが取れないのが難点である。

(3) 選択反応課題(瞬目時刺激)(C：choice reaction task)：(2)と同様にして、選択反応時間を測定した。被験者、刺激ごとに4試行を行い、1課題で480RTデータ(120×4)を得た。

(4) 対照課題：瞬目の影響をなくすため、閉眼状態で聴覚刺激に対して単純反応および選択反応を行う課題とした。被験者、刺激ごとに1試行を行い、それぞれ120RTデータを得た。

6) データ分析

まず、筋電の混入の大きいデータ、眼球運動・体動などによるドリフトやノイズの大きいデータを除去した。また、平均RTが600ms以上の場合は無反応とし、別カテゴリーにすべきであるが便

宜的に演算上連続データとみなし、一律999msとして処理した。いずれのデータも同一級内において、その平均から標準偏差の2倍を越えた場合は特異データとして除去した。

不定時刺激については、デジタル・データから瞬目のピークを自動検出し、波形出力プリントを参照しながら視察で確認してピーク時間を決定した。複数回の瞬目があった場合には、刺激時点に近いものを選択した。次に、刺激提示時点を中心(0ms)として、瞬目ピークの相対時間(-400-600ms)に対するRTの平均、標準偏差、最大、最小値を算出した。瞬目ピークの相対時間が負の場合は、刺激前に瞬目が起こったことを意味する。サンプル分布が一樣でないので、10msを級幅として、級内にできるだけ5個以上のデータが入るようにした。サンプル時間内に瞬目が出現しない場合は別クラスとし、その平均RTを無瞬目の対照データとした。

瞬目時刺激については、瞬目開始から0-300msの刺激提示時間に対するRTの平均、標準偏差、最大、最小値を、5msを級幅として算出した。選択反応課題では、誤反応(3%未満)を除いて正反応のRTのみを分析対象とした。

3. 結果

以下、対照反応時間、単純反応時間(不定時刺激)、単純反応時間(瞬目時刺激)、選択反応時間(瞬目時刺激)、刺激種による特徴、被験者間差異の順で結果をみていく。

1) 対照反応時間

記録期間に瞬目がなかった場合の無瞬目反応時間(N: no eyeblink)は、視覚刺激で、Subj.1: 278 ± 48ms (n=161), Subj.2: 272 ± 39ms (n=357), 聴覚刺激で、Subj.1: 215 ± 45ms (n=197), Subj.2: 224 ± 36ms (n=532)であった。閉眼聴覚単純反応時間(S: simple)は、Subj.1: 185 ± 47ms (n=115), Subj.2: 205 ± 40ms (n=115)であった。閉眼聴覚選択反応時間(C: choice)は、Subj.1: 296 ± 42ms (n=112), Subj.2: 235 ± 28ms (n=113)であった。これらの平均値は、各図の中央に横実線で示し記号を付した(Figs.2-4)。反応時間は全体で、閉眼聴覚単純反応時間(S), 無瞬目反応時間(N)(聴覚(A) < 視覚(V)), 閉眼聴覚選択反応時間(C)の順に、 $S < NA < NV < C$ のように長くなっている。ただし、Fig. 4 に示したように、Subj.

2-CVのみ、 $S < C < N$ となっている。

2) 単純反応課題(不定時刺激)(Fig. 2)

各図の右上に被験者と課題条件を記号で示した。上2図が視覚刺激、下2図が聴覚刺激に対する反応時間(RT: 太線)、下部に標準偏差(細線)を示す。横軸は刺激時点を中心(縦点線)として瞬目ピーク(PK)を表示したものであり、負の値は刺激前の瞬目ピーク、正の値は刺激後の瞬目ピークを表す。中央の横実線は、上が無瞬目反応時間(N)で、下が閉眼時聴覚単純反応時間(S)を示す。太線部分は反応時間の差の検定で有意(t-test, 5%水準)となった区間である。ただし、自由度は各点でサンプル数によって異なっている。

(1) 視覚刺激では、刺激時点で瞬目が発生するとほとんど見えないので無反応となる。まず閉眼聴覚単純反応時間(S)と比較すると、両被験者とも測定範囲内で50-100msの有意な反応遅延が見られた。無瞬目反応時間(N)と比較すると、Subj.1では刺激前後200msで70ms程度の有意な遅延があり、Subj.2では刺激前後50msで有意な遅延があった。標準偏差は両者とも刺激時点付近でほぼ100msと大きくっており、変動が見られる。

(2) 聴覚刺激では、刺激時点と瞬目ピークが重なっても無反応ということはないが、600ms付近と比較すると50ms程度の遅延が見られた。閉眼聴覚単純反応時間(S)と比較すると、両被験者とも刺激前後100msで50-80ms程度の有意な遅延があった。無瞬目反応時間(N)と比較すると、範囲は極端に狭くなるが、50ms程度の有意な遅延が見られる。

3) 単純反応課題(瞬目時刺激)(Fig. 3)

図の説明は上記と同様である。ただし、横軸は瞬目開始を原点とした刺激提示時間を表す。

(1) 視覚刺激では、瞬目開始後ほぼ50msを中心とした瞬目ピークを含む区間ではほとんど無反応である。瞬目開始直後はある程度見える場合があり、全くの無反応とはならないが、100-200msの遅延となっている。まず閉眼聴覚単純反応時間(S)と比較すると、両被験者とも測定範囲内で50-100msの有意な反応遅延が見られた。無瞬目反応時間(N)と比較すると、Subj.1では刺激後100msで無反応、その後揺らぎはあるが100ms程度の遅延がある。瞬目の記

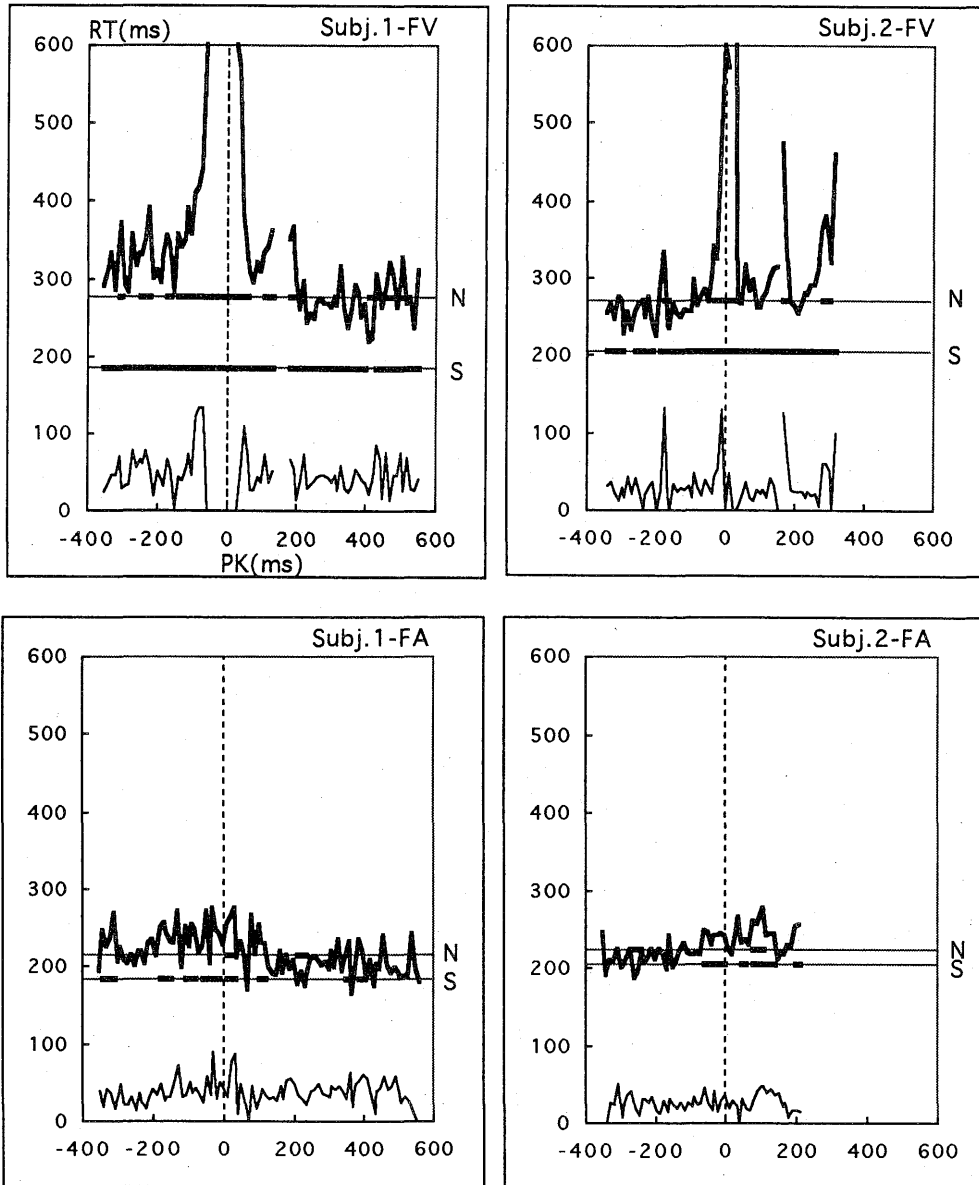


Fig. 2 単純反応時間(不定時刺激)

各図の右上に被験者と条件を記号で示す。上2図が視覚刺激、下2図が聴覚刺激に対する反応時間(RT:太線)(ms), 下部に標準偏差(細線)を示す。横軸は刺激時点を原点(縦点線)とした瞬目ピーク時間(PK)(ms)を表す。中央の横実線は、上が無瞬目単純反応時間(N)で、下が閉眼聴覚単純反応時間(S)を示し、太線部分は反応時間の差の検定で有意(t-test, 5%水準)となった区間である。

録を見ると、この付近にはボタン押し反応に伴って瞬目が見られる場合(反応性瞬目)が多かった。Subj.2では無反応後100ms以降はほぼ同じであった。標準偏差は両者とも50-300msと大きな変動が見られる。

(2) 聴覚刺激では、やはり刺激時点と瞬目ピークが重なっても無反応ということはないが、100ms付近と比較して50ms程度の遅延が見られた。閉眼聴覚単純反応時間(S), 無瞬目反応時間(N)と比較すると瞬目開始直後にわずかだ

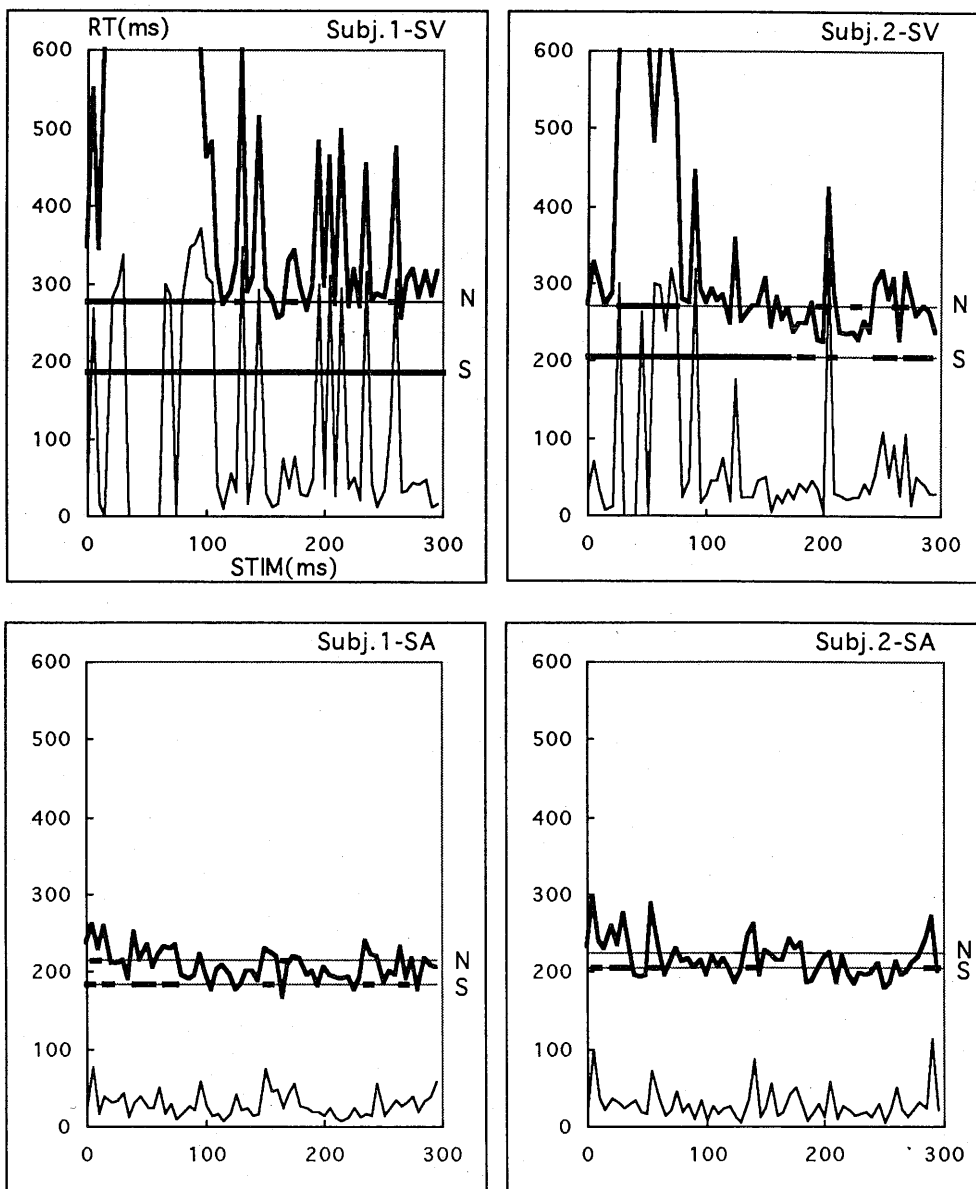


Fig. 3 単純反応時間(瞬目時刺激)

図の見方は, Fig. 2と同様である. ただし, 横軸は瞬目開始時を原点とした刺激提示時間(ms)を表す.

が有意な遅延が見られる。標準偏差は30ms程度であり安定している。

4) 選択反応課題(瞬目時刺激)(Fig. 4)

図の説明は前述と同様である。ただし, 中央の横実線に閉眼時の聴覚選択反応時間(C)を加えている。

(1) 視覚刺激では, 瞬目開始後に瞬目ピークを

含む無反応となる区間が, Subj.1では150ms, Subj.2では100msと拡大している。しかも選択反応の特徴だが, 全体に遅延傾向が見られる。閉眼聴覚単純反応時間(S)と比較すると, 両被験者とも測定範囲内で100-150msの有意な反応遅延が見られる。無瞬目反応時間(N)と比較すると, 無反応を除いて, Subj.1では全体で50ms

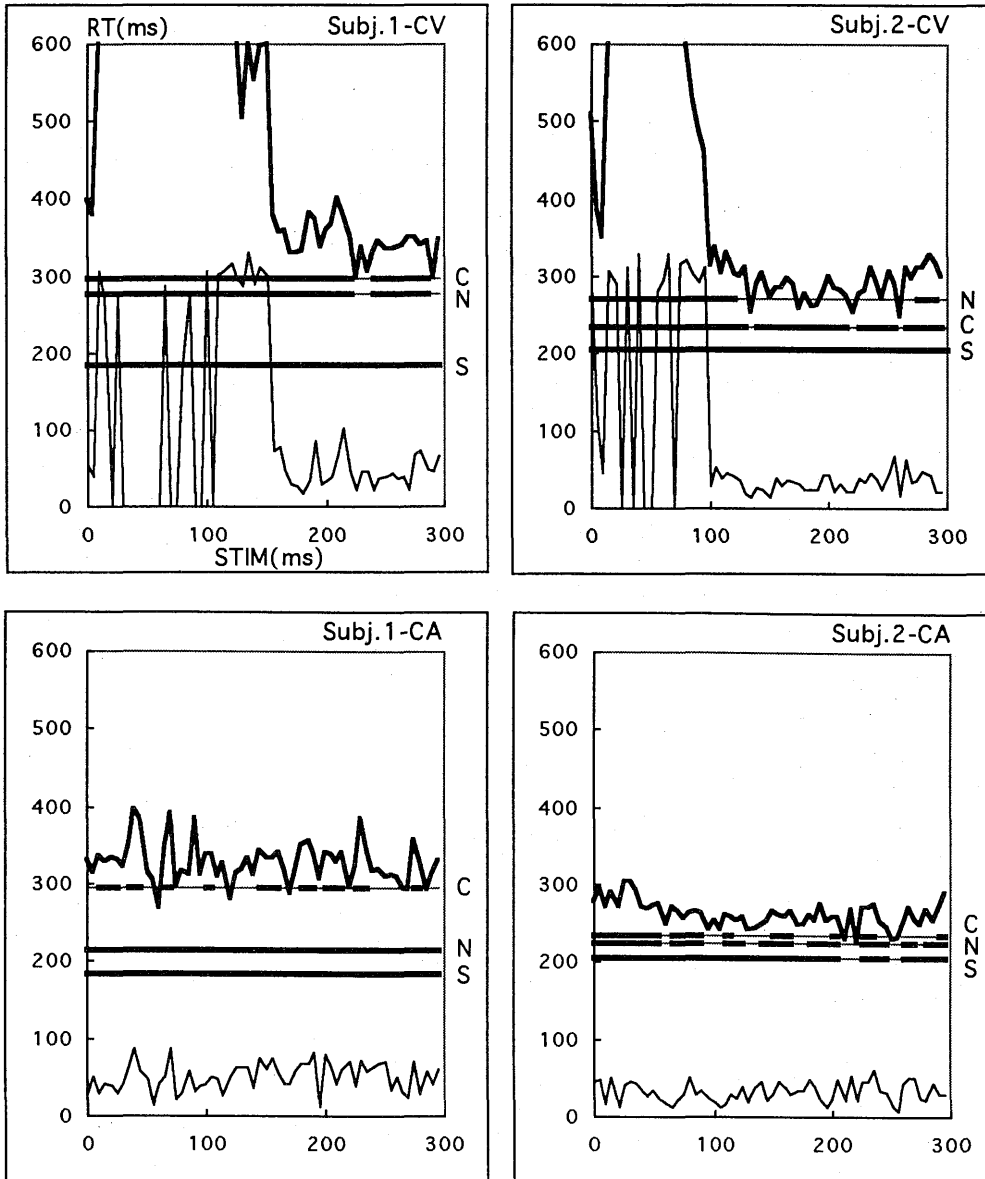


Fig. 4 選択反応時間(瞬目時刺激)

図の見方は、Fig. 2と同様である。ただし、横軸は瞬目開始時を原点とした刺激提示時間(ms)を表す。閉眼時聴覚選択反応時間(C)を追加してある。

の遅延、Subj.2では150msまで50ms程度の遅延がある。閉眼時聴覚選択反応時間(C)と比較すると、Subj.1は無瞬目反応時間(N)とほぼ同じであり、Subj.2はCがNより短いこともあり、全域で60ms程度の有意な遅延が見られた。標準偏差は両者とも瞬目が重なる区間では300msと大きな変動が見られ、それ以降は50ms程度

で安定している。

(2) 聴覚刺激では、やはり瞬目開始後の無反応区間はないが、200-300ms区間と比較して50ms程度の遅延が見られる。閉眼聴覚単純反応時間(S)、無瞬目反応時間(N)と比較すると全体に有意な遅延が見られる。標準偏差は30-50ms程度で安定している。

5) 刺激種による全体傾向

視覚刺激では、瞬目期間は当然ながら無反応となり、瞬目の前後で基本的な閉眼基準(S)と比較して50-150ms, 他のやや厳しい基準と比較しても50ms程度は遅延がある。聴覚刺激では、瞬目期間に30-50ms遅延しており、視覚刺激による遅延は、聴覚刺激よりも大きかった。

6) 被験者間の差異

被験者 Subj.1の反応遅延は、Subj.2と比較してわずかに大きく、瞬目による影響時間も幅が大きい。また、刺激後200ms 近辺で反応に対応した反応性瞬目も多く反応遅延も見られ、基準とした反応時間(N, S, C)の幅も大きい。以上のように、Subj.1はSubj.2よりも瞬目による影響度が強かった。被験者 Subj.2では、Subj.2-CV 条件でのみ $S < C < N$ となっており、一般傾向とは異なっていた。

4. 考察

反応遅延は、ほぼ、対照課題(S) < 対照課題(N) < 対照課題(C) < 単純反応課題(S) < 単純反応課題(F) < 選択反応課題(C)の順に増大し、瞬目の反応時間への影響が確認された。その中で、瞬目期間近傍では、対照課題(S, N, C) < 聴覚刺激(A) < 視覚刺激(V)と遅延が増大した。対照課題のみ、実験課題(単純、選択)のみの範囲に限定すれば、これらの傾向は反応時間研究では一般的な傾向である(Welford, 1980)。しかし、対照課題 < 実験課題の傾向は、瞬目の影響とすべきところであり新しい知見である。

単純反応課題でも不定時刺激の方が瞬目時刺激よりも遅延が大きかった。これは、不定時刺激の場合は予測できない事態での反応であり、瞬目時刺激は、少なくとも瞬目しないかぎり刺激は来ないので、その予測確率がやや高く運動反応の構えに影響したためと考えられる。

視覚刺激での遅延は後述するように知覚抑制もあるので反応への影響を推測しやすいが、聴覚刺激でも遅延が見られたことは、他の刺激種の場合でも影響を与える可能性を示唆しており注目に値する。またこのことは、瞬目が聴覚系へ直接影響するとは考えにくいことから、刺激依存というよりは、瞬目という運動系がボタン押しという運動系へ影響を及ぼしたとも推測される。すなわち、聴覚刺激に対して瞬目前後も遅延が見られるこ

と、視覚刺激に対してボタン押しに随伴するような瞬目(反応性瞬目)が見られることから、瞬目と反応の両者がどこかのレベルでリンクしている可能性がある。柏森(1993)は、中枢系の障害(特に顔面)を瞬目によって診断する方法を提唱しており、瞬目が運動系と関連が深いことを示唆している。このように、瞬目と反応といういわば運動出力の二重課題が、引き込み、同調、抑制などの相互干渉を起こしている可能性も考えられる。

今回は2名の被験者であるが個人差が大きいことがわかった。判断を中心とした反応時間も個人差が大きいので、瞬目の場合は、運動系も関与すると考えるとさらに個人差が大きくなる可能性がある。また、反応遅延がほぼ50-150msなので、少ないと評価されるかもしれないが、球技や素早い運動、複雑な状況の場合はこの遅延が重なって大きな影響を及ぼすことになる(吉田, 1997)。

知覚レベルの抑制過程については、Volkmann(1986)が自身の一連の研究を含めてよくまとめており、跳躍眼球運動による感度低下(saccadic suppression)と同様に、瞬目による視覚情報の断続感を低減するために中枢で感度抑制を行い平滑化していることを報告している。瞬目は日常頻繁に発生し視覚情報の不連続を起こすはずであるが、このように中枢系で抑制され、我々にはあたかも連続した情報として感ずるよう処理されている。しかし、この意識されにくいことが、その分だけ制御可能性が少なくなり、学習過程においては問題となる。したがって、直接的、間接的にアクセスポイントを探り、有効な制御方法を獲得していくことが課題である。

瞬目は、知覚運動系と密接な眼球運動とも関連が深い。眼球運動を積極的に行うことにより固視が可能であり(吉田・篠田, 1987; 1988), 特に追跡眼球運動は効果があり(朴・吉田, 1998), 眼球運動実験を通して間接的にはあるが、同時に瞬目も抑制される傾向があること、跳躍眼球運動は瞬目を引き起こすので注意が必要であることなどが分かっている。一般に目付けの方法には、「刮目して見よ」、逆に「遠山の目付け」など、事態・用途によって使い分ける必要があるため、これらとの関連において瞬目研究を進める意義も大きい。

楠本・山岡・山本(1982)は、弓道において瞬目が少ない場合に的中率が高くなったと報告してい

る。また瞬目抑制時間が安定していた被験者が高成績を修めたことは、瞬目を積極的に制御して短時間で行射を行っていたとみられる。これは、Ponder & Kennedy(1928)以来、瞬目が注意集中の指標と考えられていることから、弓道、アーチェリー、射撃といった標的狙準種目では心理的にも重要な要因であろう。Tecce(1989)は、心理的快・不快、注意の内・外向の次元で、心理的快・注意外向の状態が瞬目が低下するとしている。心理状態を制御して瞬目を間接的に低下させ、良循環システムを維持していくことも一つの方策といえる。

実際のスポーツ種目ではより複雑な判断・選択が要求され、判断レベルの遅延はもちろん増大するが、運動系への影響も大きくなるはずである。さらに競技場面では緊張状態が高く、瞬目発生率も高くなり、それがパフォーマンスを低下させる要因となる。従って反応遅延を除去するような消極的な瞬目抑制のみでなく、運動速度、判断などを促進するために、心理要因を含めて瞬目時間の短縮やしつかりと目を見張る訓練を、初期の段階から練習に組み込んでいく必要があろう。

5. まとめ

本研究では、簡単なボタン押し課題において、瞬目が反応時間の遅延にどれだけ関与するかに着目して検討し新知見を得た。すなわち、視覚刺激では、ある程度当然ながら瞬目時にはほとんど見えず無反応であり、また瞬目前後でも暗闇時間(約100ms)以上の時間範囲で50-150msの反応遅延がみられた。また、聴覚刺激においても考えていた以上に影響があり、刺激種が異なっても一般的な遅延効果があることが示された。特に選択反

応においてはこの傾向は顕著になり、実際のスポーツ場面ではより複雑な判断課題ゆえに、さらに反応遅延がおこる可能性が考えられる。今後、個人差の問題も含め、反応性瞬目や力量発揮の課題においても検討し、効果的瞬目法および瞬目抑制法の探索へと進んでゆく。

引用文献

- 1) 栢森良二(1993): 瞬目反射の臨床応用, 医歯薬出版, 東京.
- 2) 楠本恭久・山岡 淳・山本麻子(1982): 弓道の生理心理学的研究 -〈ひきおこし〉から〈離れ〉まで-. スポーツ心理学研究 9: 26-29.
- 3) 朴 寅圭・吉田 茂(1998): 一致タイミング課題における効果的眼球運動パターンと知覚の方略. いばらき健康・スポーツ科学 16: 27-39.
- 4) Ponder E, and Kennedy WP (1928): On the act of blinking. Quarterly Journal of Experimental Psychology 18: 89-110.
- 5) 田多英興・山田富美雄・福田恭介(編著)(1991): まばたきの心理学, 北大路書房, 京都.
- 6) Tecce JJ (1989): Eyeblinks and psychological functions: A two-process model. Psychophysiology 26: 4A (Supplement), 5-6.
- 7) Volkman FC (1986): Human visual suppression. Vision Research 26: 1401-1416.
- 8) Welford AT(Ed) (1980): Reaction Times. Academic Press, London.
- 9) 吉田 茂(1997): 遅延調整過程としてみた運動学習. 筑波大学体育科学系紀要 20: 9-17.
- 10) 吉田 茂・篠田伸夫(1987): 標的固視の眼球運動特性. 筑波大学体育科学系紀要 10: 69-73.
- 11) 吉田 茂・篠田伸夫(1988): 眼球運動の追視と固視に関する異方性の検討. 筑波大学体育科学系紀要 11: 51-57.