

コンピューターゲーム課題下での Fm θ と 瞬目活動との関係

——興味度を変数として——

二ノ宮恵美・相浦 義郎・柿木 昇治

(受付 1997年10月15日)

序 論

Fm θ について

石原・作田・町原・吉井 (1970) は、内田クレペリン精神検査作業中に前頭正中線部から著明な θ 律動が出現することを報告し、これを Fm θ (Frontal midline theta rhythm) と名付けた。この脳波は、前頭正中線部付近に最も優勢に出現するシータ律動で、通常は 6~7 c/sec の周波数を持ち、精神作業等で増強され、一定の睡眠段階に現れると定義される。Fm θ の出現には、被験者の性格特性 (水木・田中・磯崎・稲永, 1976; 丹羽・山口・日野・辻本, 1975) や不安水準 (水木・西島・稲永・磯崎・田中, 1980; 西島, 1985) が関与し、不安が低減されると Fm θ は出現しやすくなる (Mizuki, Kajimura, Nishikiori, Imaizumi, Yamada, 1984; 西島, 1982)。また、Fm θ 出現時には外来刺激に対する反応低下 (丹羽・山口, 1975) や、作業遂行速度の加速 (水谷・東・堀川・山口・宮田, 1988) がみられ、注意集中時や課題没頭時に Fm θ の出現率は増大する。さらに最近の研究では注意集中の働きは、単一思考の働きに別の思考が侵入するのを防ぐ役割をもち、むしろ Fm θ を誘発する要因は、単一思考が持続される精神活動にあるという意見もある (石原, 1991)。

Fm θ の出現はまた、作業を重ねるごとに増加する傾向があり、練習効果が認められている (西島, 1982)。そして、Fm θ の出現には約 45 sec の周期があるという報告もある (Mizuki, Tanaka, Isozaki, Nishijima, 1980; Mizuki,

Takii, Tanaka, T., Tanaka, M., Inanaga, 1982)。

動機づけと Fm θ について、谷 (1978) は動機づけを高めるために、作業目標を与えて作業経過の確認できる条件下では、Fm θ 出現が増大すると報告している。百々・柿木 (1994) は動機づけを定量化するために、要求水準課題を用い、動機づけの程度と Fm θ の間に有意な対応関係を認めている。

一方、課題への興味が Fm θ の出現に影響するという報告がある。ビデオゲーム、アニメーション視聴、ストループテストの3種を用い、小学生を被験者として興味のレベルと Fm θ の関係について分析した結果、興味のレベルが高いビデオゲーム課題において Fm θ が最も多く出現した (山田・林・堀・川本・藤川・錦織・宮田, 1991)。また、大学生を被験者としたところ、全員が従来用いられてきた内田クレペリン連続加算課題よりもコンピューターゲーム課題の方に興味を示し、そして有意に Fm θ 出現量を増加させた (百々ら, 1994)。

瞬目について

興味を反映する生理指標に瞬目がある。瞬目 (まばたき: blinking) とは、目を開けて覚醒しているとき瞬間的に両眼のまぶた (眼瞼: eyelid) を閉じることで、随意性瞬目、反射性瞬目、自発性瞬目の3つに分類される。瞬目は眼球の保護および湿潤のために反射的・防衛的に生じる。瞬目活動は通常、瞬目率によって評価される。瞬目率に影響する要因として視環境、物理環境、眼球の状態、身体状態などの要因とその他に心理要因がある (田多・山田・福田, 1991)。心理的状态変数は瞬目活動を高揚させるものと、逆に低減させるものとに区別される。怒りや恐怖といった情動状態への移行は、瞬目率を高め (Ponder & Kennedy, 1928)、また、筋緊張の増加 (King & Michels, 1957) も同様である。このような緊張は社会的対面場面では急速に生じ、瞬目率の増加を導く (八重澤・吉田, 1981)。以上のことから、瞬目活動は単なる眼球湿潤機能だけでなく高次の神経過程が反映されている。

二ノ宮・相浦・柿木：コンピューターゲーム課題下での Fm θ と瞬目活動との関係

また、興味ある視覚対象に対して瞬目活動が抑制され、興味のない視覚対象には瞬目活動することが明らかにされている（田多・山田・福田，1991；津田・鈴木，1990）。Tada（1986）は各種 TV 番組視聴中の大学生の瞬目活動を記録し、面白かったと報告した番組中の瞬目率が、面白くなかったと報告した番組よりも低かったと報告している。先の山田ら（1991）の研究では、3種の課題中に Fm θ と同時に瞬目活動を記録したが、被験者の小学生はビデオゲーム、ストループテスト、アニメ視聴の順に面白かったと報告し、瞬目率は興味をひかれた順に低く抑えられていた。以上のことから、成人、児童と年齢を問わず、興味をひく視聴覚刺激は瞬目率低下を招くことが確かめられている。

本研究の目的

山田ら（1991）の研究では、被験者の課題への興味度を変化させるために、精神課題とゲーム課題、アニメ視聴など異なった課題を用いていたが、本研究では興味の定量化を行うために、一つのゲーム課題の中で難易度を2段階（Easy 条件と Difficult 条件）に設定した。したがって、課題の難易度によって被験者の興味や集中の度合いが異なり、被験者にとって適度な難しさがあり、興味を引き付け、思考の焦点を一定に保つことができる場合には、Fm θ を多発し、瞬目は抑制されると予想される。他方、そこで今回は、コンピューターゲーム課題下で、興味という被験者の主観的状态を反映する Fm θ と瞬目を同時に測定し、課題の難易度を課題内で変化（Easy と Difficult）させることにより、興味に対して正方向に変化させる Fm θ と負方向に変化する瞬目が対立する反応傾向を示すかどうかを実験的に明らかにすることを本研究の目的とする。

方 法

被験者 被験者は大学生及び大学院生26名（平均年齢21.2歳，男12名・女14名）で、いずれの被験者も安静時脳波は全て正常であった。コンタクト

レンズ着用者は、非着用時に比べ、着用時に瞬目率が増加する (Tada & Iwasaki, 1984) ことから、実験前にコンタクトレンズを装着しているか確認した。そして、それを装着している場合にはコンタクトレンズのかわりに眼鏡の使用とした。

測定部位 脳波は、10-20 国際電極配置法に基づき、活性電極を Fz, Cz の2箇所から、不関電極は両耳朶結合 (A1-A2) として単極導出した (時定数0.3秒 感度 0.05 mv/5 mm)。接地電極は、左乳様突起に装着した。さらに、Fz より増幅した脳電位は、バンドパスフィルタ (NF 回路設計製, P-83) に入力し、5~7 Hz を θ 成分として抽出した。瞬目ならびに脳波に及ぼすアーティファクトを検出するために、左眼眼窩上下縁部より垂直眼球運動を導出した (時定数0.3秒 感度 1 mv/7 mm)。原脳波、抽出した5~7 Hz 帯域の脳電位ならびに垂直眼球運動をレクチコーダ (日本光電工業社製 紙送り 10 mm/s) にペン書き記録した。

課題 本実験では、百々・柿木 (1994)、山田ら (1991) に準じ、被験者がより興味を持つと考えられるコンピューターゲーム「テトリス」(BPS 製) を用いた。テトリスは落下してくる形の違う4種類のブロックを積みあげていくゲームである。隙間なくブロックを積むとブロックは消失し得点となるが、隙間を空けて積んでしまうとブロックは消失せず、画面上に残り、ブロックが画面の一番上まで積みあがるとゲームは終了となる。

今回のゲーム課題では、難易度の Easy 条件と Difficult 条件の2段階を設定した。Easy 条件は8段階あるゲームレベルの中から、一番簡単なレベルに設定し、被験者は落ちてくるブロックを単純に積みあげていった。Difficult 条件はゲームレベルを中間に設定し、被験者は最初から虫食い状態で真ん中までブロックが積みあげられた状態からゲームを始めた。

手続き まず、被験者に被験者室内の椅子に座ってもらい、電極を装着した。被験者によってはゲーム課題への経験がまったく無い者がいたため、ゲーム操作を理解するまで練習を行った。Fig. 1 に示すようにまず2分間の閉眼安静時 (Resting) の脳波を測定した。その後、Easy 条件、Difficult

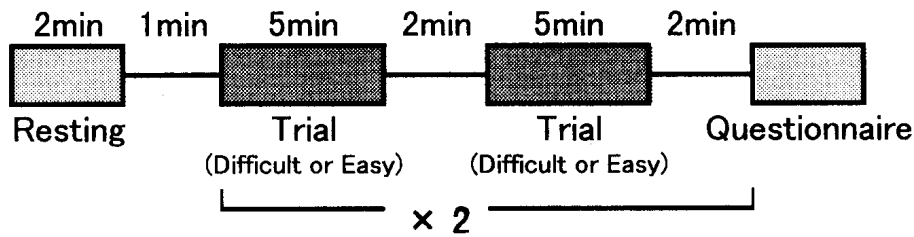


Fig. 1 実験順序.

条件を各2試行で計4試行を実施した。1試行5分間で、休憩時間を2分間とした。各条件の試行順序についてはカウンターバランスを行った。課題終了後、被験者の課題に対する内省を求めるために7段階評定の質問紙に記入させた。

結果の分析 Fm θ の基準は石原(1991)、山田ら(1991)、百々・柿木(1992)に従い、視察により、Fzにおいて背景から明瞭に区別できる5.5~7.5 Hzの1秒以上持続した θ 律動をFm θ と判定した。本研究ではFzより抽出した5~7 Hz帯域の電位もあわせて測定指標とした。なお、Fm θ 出現者とみなす基準はFm θ が2箇所以上出現するか、または2秒以上持続して出現することとした。

瞬目活動については、垂直眼球運動にあらわれる急峻な変化として課題中の瞬目数を数え、1分間当たりの瞬目数として瞬目率を算出した。

結 果

Fm θ と瞬目の出現

被験者26名のうち、基準に到達した22名をFm θ 出現者とし、分析を行った。Fm θ の波形例をFig. 2に示す。Fm θ 出現率は最も出現した者で27.4%であり、最も出現しなかった者で1.0%であった。

瞬目率は、最も多かった者で43.6 (blinks/min.)であり、最も少なかった者で0.2 (blinks/min.)であった。

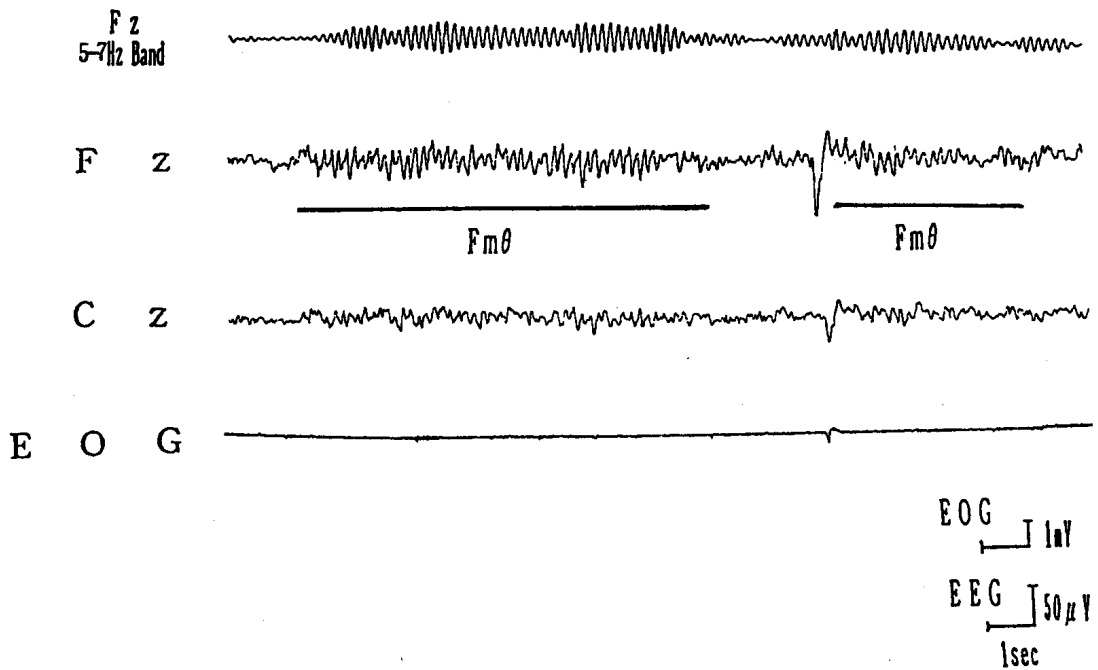


Fig. 2 Fmθ 波形例.

課題難易度毎の Fmθ と瞬目

各 Fmθ 出現者の課題難易度毎での Fmθ 出現状況を見てみると、Fmθ が出現した22名の被験者のうち17名 (Sub. 01, 02, 03, 04, 06, 08, 09, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.) は難易度の Easy 条件よりも Difficult 条件下で Fmθ が多く出現していた。難易度毎の Fmθ 平均出現率と平均瞬目率を求めた (Fig. 3) ところ、Difficult 条件の Fmθ 出現率は9.7%, Easy 条件の Fmθ 出現率は7.9%であった。一方、瞬目率はそれぞれ11.4%, 12.6%となり、Fmθ と瞬目はまったく逆の関係となった。

また、Fmθ 出現と瞬目の生起がコンピューターゲーム課題の難易度の違いによって影響されるか調べるために、課題難易度毎の Fmθ と瞬目の間で相関を求めた。しかし、両変数間に有意な差は認められなかった。

試行毎の Fmθ と瞬目

試行毎の Fmθ 平均出現率と平均瞬目率を求めた (Fig. 4)。試行毎の Fmθ 平均出現率は Difficult 条件の第1試行で9.2%, 第2試行では10.2%であっ

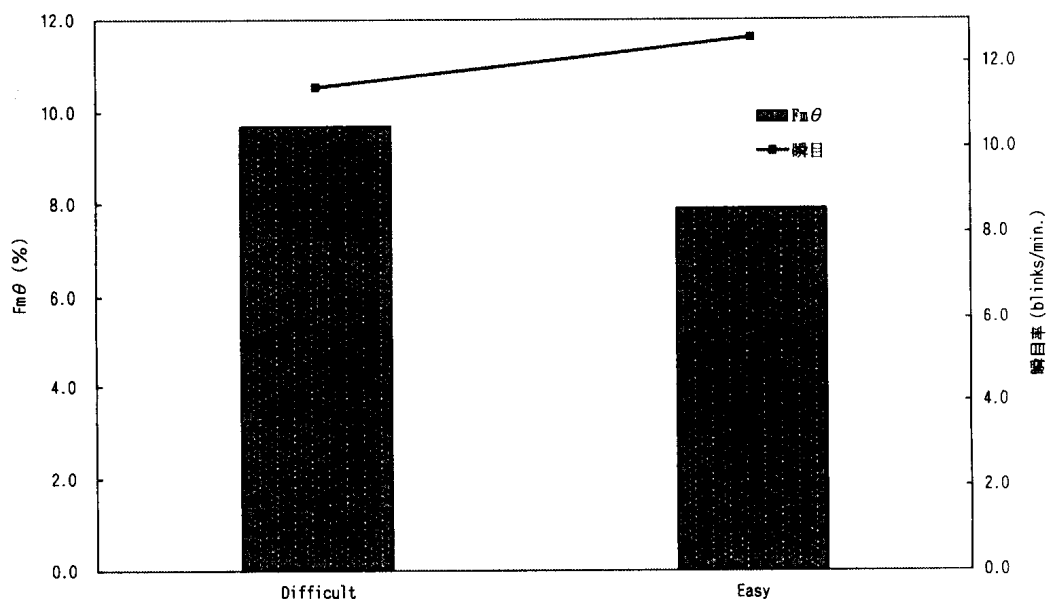


Fig. 3 難易度毎の Fm θ 出現率と瞬目率.

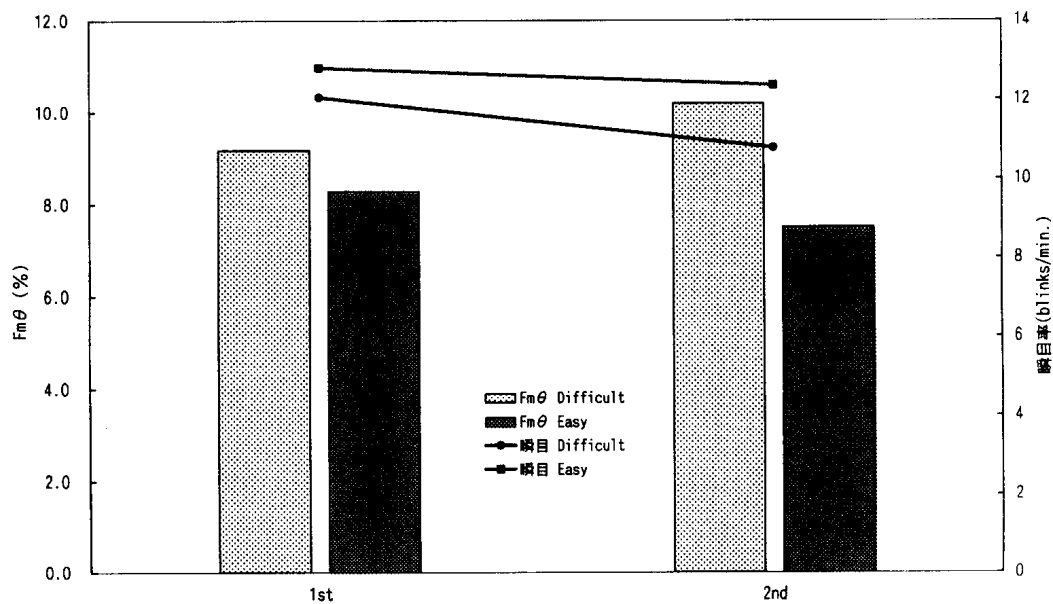


Fig. 4 試行毎の Fm θ 出現率と瞬目率.

た。一方, Easy 条件では各8.3%, 7.5%となり, 試行を積むと Difficult 条件では Fm θ 出現率が増加し, Easy 条件では減少していることが分かる。分散分析の結果, 課題難易度間に有意差が認められた ($F=9.64$, $df=1/21$, $p<.01$)。ライアン法 (Ryan's method) による多重比較の結果, Difficult 条件の試行間に有意な差が認められた ($t=3.11$, $df=21$, $p<.01$) が, Easy 条件の

試行間には有意な差が見られなかった。

試行毎の平均瞬目率では、Difficult 条件の第1試行で12.0%、第2試行では10.8%であった。一方、Easy 条件では各12.8%、12.4%となり、試行を積むと Difficult 条件では瞬目率が減少した。分散分析の結果、どちらの条件にも試行間に有意差はなかった。

さらに、第2試行における各被験者の課題難易度毎の Fm θ 出現状態を求めた (Fig. 5)。Difficult 条件において、Fm θ はより多く出現していることが分かる。また、両条件ともにゲーム課題遂行時間 (5分間) の後半に Fm θ の出現時間の持続がみられる。Fig. 6 には、第2試行における各被験者の課題難易度毎の Fm θ 出現率を示した。22名の被験者のうち15名が Easy 条件よりも Difficult 条件において、Fm θ をより多く出現させていた。t 検定の結果、難易度間に有意な差が見られた ($t=2.78, df=21, p<.05$)。

課題への興味度

課題に対する質問紙の結果 (Fig. 7)、課題への興味度を示す「面白さ」

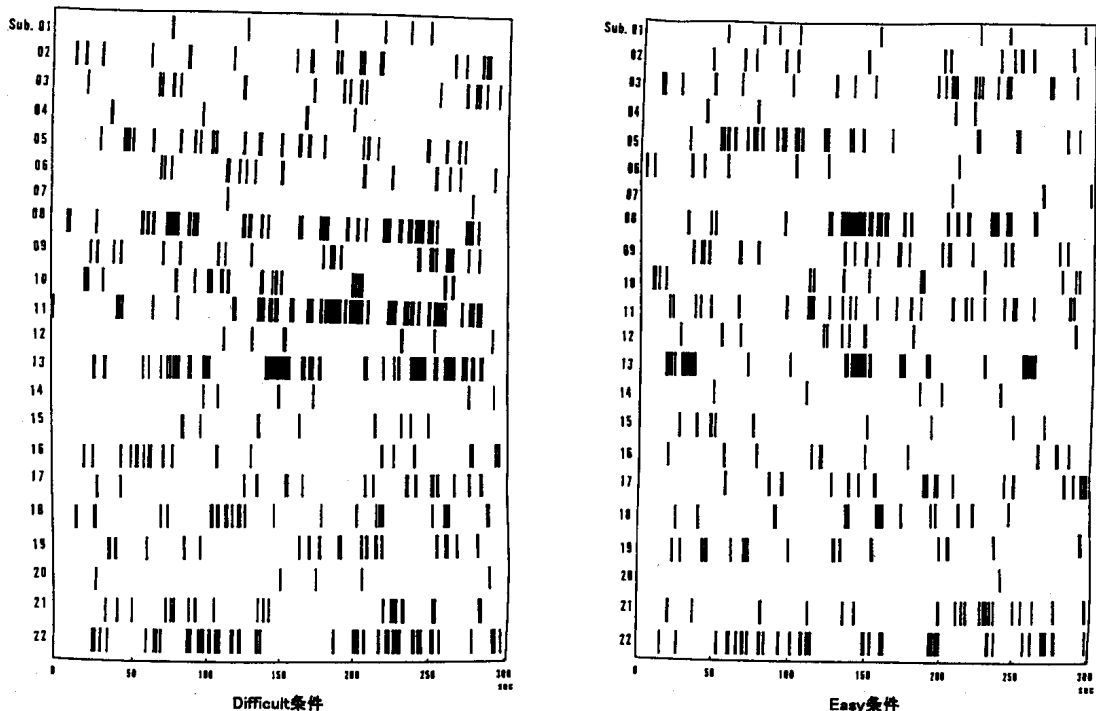


Fig. 5 各被験者の課題難易度毎の Fm θ 出現分布図 (Trial 2).

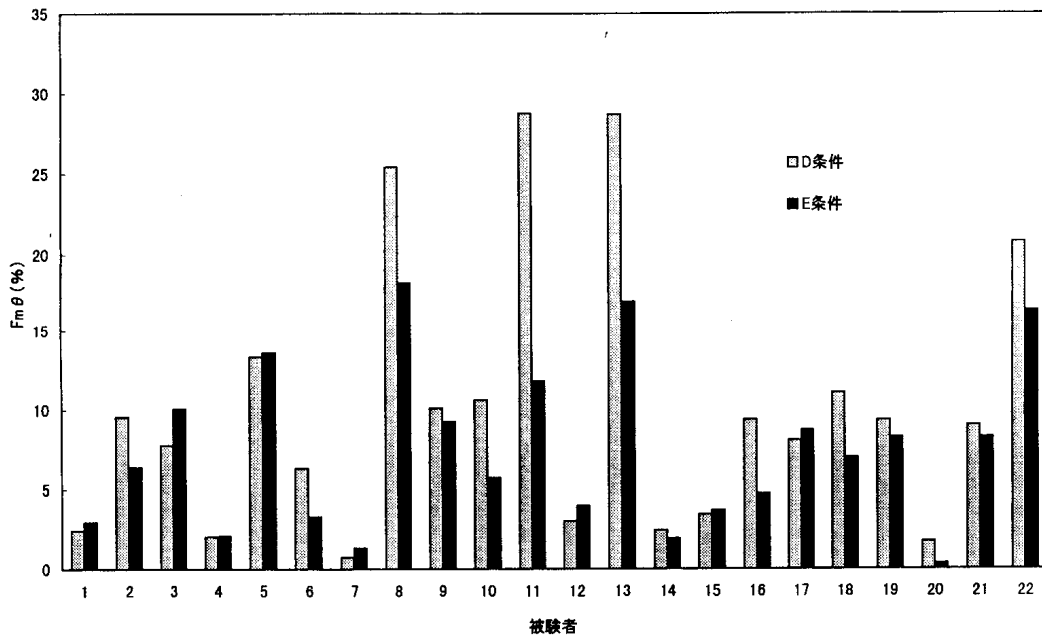


Fig. 6 各被験者の課題難易度毎の Fmθ 出現率 (Trial 2).

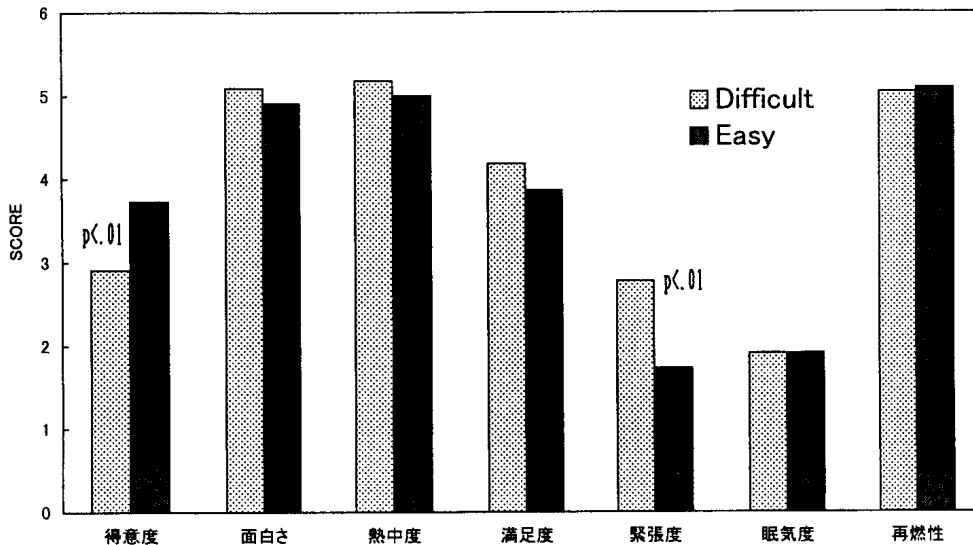


Fig. 7 課題に対する難易度毎の質問紙結果.

「熱中度」「満足度」において、Difficult 条件のほうが Easy 条件よりも得点が高く、また「緊張度」において有意な差が見られた ($t=3.43, df=21, p<.01$)。

反対に、「得意度」においては Easy 条件のほうが Difficult 条件よりも高い得点が認められた ($t=3.25, df=21, p<.01$)。

考 察

本研究では、被験者が興味を持って取り組むとされるコンピューターゲーム課題を用いた。そして、興味を反映するFm θ と瞬目を測定し、この二つの生理指標が課題の難易度の変化にどのように対応するのかを検索した。

Fm θ 出現者は26名中22名であり、出現者率は約85%と高い割合を示した。これは、従来の内田クレペリン連続加算課題を用いた同年代を対象とした研究における出現者率31.8% (石原・梅本・中野, 1974) をはるかに上回っている。

課題終了後の質問紙では、課題に対する興味度を示す項目である「面白さ」「熱中度」「再燃性 (ゲームをもう一度やりたい)」の得点が難易度の両条件において高かったが、「眠気度」の得点は低い結果となった。したがって、本研究で用いたゲーム課題は被験者の興味を十分に引く課題であり、研究目的に沿ったものであるといえる。

Fm θ 出現率は、難易度毎では Difficult 条件のほうが Easy 条件よりも多かった。これは、本研究の被験者である大学生にとって Easy 条件は易しすぎたために課題にすぐ慣れてしまい、課題に集中できなかったことが原因ではないだろうか。そして、Difficult 条件は被験者にとって適度な難しさであるために課題への興味や集中を保つことができたと考えるのが妥当であろう。また、試行毎の Fm θ 出現率は、Difficult 条件で試行を積むと増加したことから、Difficult 条件の難易度が Fm θ の出現における練習効果 (石原・作田・町原・吉井, 1970; 西島, 1982) の入る余地を与えたのではないだろうか。

瞬目率は、Difficult 条件のほうが Easy 条件よりも低かった。これは、過去の研究 (Tada, 1986; 津田ら, 1990; 田多ら, 1991; 山田ら, 1991) における、興味のある視覚対象に対して瞬目活動が抑制され、興味のない視覚対象には瞬目活動するという報告と一致する。被験者が興味を持ち、課題に集中したために Fm θ が多く出現した Difficult 条件で瞬目率が減少する

二ノ宮・相浦・柿木：コンピューターゲーム課題下での Fm θ と瞬目活動との関係のは当然の結果だと思われるが、Easy 条件においても瞬目率が減少した。これは、課題に集中していなくてもゲーム画面を見ているだけで瞬目活動が抑制されるためだと考えられる。

課題難易度毎の Fm θ と瞬目の関係についてみると、Fm θ が多く出現する Difficult 条件では瞬目活動が低下したが、Fm θ の出現が少ない Easy 条件では瞬目活動は増加した。このように、Fm θ と瞬目活動は相反する関係を示した。山田・森下・山崎 (1987) は 2 週間にわたる Fm θ のバイオフィードバック訓練を行った後では、瞬目率が低減したと報告している。この事実は、必ずしも瞬目によって Fm θ の観察を妨げたということの意味しているのではない。むしろ、瞬目が多発する状態が Fm θ の出現を阻害する条件を多く備えていると考えるべきであろう。逆に、瞬目活動が抑制される状態は Fm θ 出現に格好の条件を備えていると考えられる (山田ら, 1991)。

また、ゲーム中にブロックが上まで積み上がりゲームが中断されたり、試行が終了するとともに、抑制されていた瞬目活動が一気に解除され、時に瞬目群発 (blink bursts) が生じることがあった。

これまで、Fm θ の出現には課題への動機づけや集中、被験者自身の性格特性や不安水準が関与していると考えられてきた。今回、「楽しかった」「面白かった」という内省報告が多く得られたことから、好きな課題に取り組むという快への積極的な態度も Fm θ の出現を促す要因として考えることができるのではないだろうか。

References

- 百々尚美・柿木昇治 1992 Fm θ についての基礎研究 中国四国心理学会論文集, 25, 3.
- 百々尚美・柿木昇治 1994 コンピューターゲームによる Fm θ の出現 臨床脳波, 36, 243-247.
- 石原 務・作田 齊・町原 英・吉井直三郎 1970 精神活動と脳波活動について (1)分散分析による検討 臨床脳波, 12, 102-108.
- 石原 務・梅本淑子・中野 実 1974 Fm θ の発達的な調査 臨床脳波, 16, 740-743.

- 石原 務 1991 Fm θ の出現要因について 臨床脳波, **33**, 96-100.
- King, D. C. & Michels, K. M. 1957 Muscular tension and the human blink rate. *Journal of Experimental Psychology*, **53**, 113-116.
- 水木 泰・田中正敏・磯崎 宏・稲永和豊 1976 Fm θ と性格特性について 脳波と筋電図, **4**, 182-191.
- 水木 泰・西島英利・稲英和豊・磯崎 宏・田中正敏 1980 Fm θ 出現に及ぼす薬物の影響 臨床脳波, **22**, 332-336.
- Mizuki, Y., Tanaka, M., Isozaki, H., & Inanaga, K. 1980 Periodic appearance of theta rhythm in the frontal midline area during performance of a mental task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **49**, 345-351.
- Mizuki, Y., Takii, O., Tanaka, T., Tanaka, M., & Inanaga, K. 1982 Periodic appearance of frontal midline theta activity during performance of a sensory-motor task. *Folia Psychiatrica et Neurologica Japonica*, **36**, 376-381.
- Mizuki, Y., Kajimura, N., Nishikiori, S., Imaizumi, J., & Yamada, M. 1984 Appearance of frontal midline theta rhythm and personality traits. *Folia Psychiatrica et Neurologica Japonica*, **38**, 113-116.
- 水谷充良・東 直幸・堀川隆史・山口雄三・宮田 洋 1988 Fm θ と精神作業の遂行速度変化 臨床脳波, **30**, 435-439.
- 西島英利 1982 Fm θ の出現と慣れ 臨床脳波, **24**, 701-707.
- 西島英利 1985 Fm θ を変化させる要因について 臨床脳波, **27**, 489-494.
- Ponder, E., & Kennedy, W. P. 1928 On the act of blinking. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, **18**, 89-110.
- Tada, H. & Iwasaki, S. 1984 Effects of contact lens on the eyeblink frequency during a visual search task. *Tohoku Psychologica Folia*, **43**, 134-137.
- Tada, H. 1986 Eyeblink rates as a function of the interest value of video stimuli. *Tohoku Psychologica Folia*, **45**, 107-113.
- 田多英興・山田富美雄・福田恭介 (編) 1991 まばたきの心理学 北大路書房
- 丹羽健市・山口雄三 1975 精神作業時前頭シート突発波の精神生理 臨床脳波, **17**, 173-177.
- 津田兼六・鈴木直人 1990 主観的な興味が瞬目率と体動の生起頻度に及ぼす影響 生理心理学と精神生理学, **8**, 31-37.
- 八重澤敏男・吉井富二雄 1981 他者接近に対する生理・認知反応 ——生理指標・心理評定の多次元解析—— 心理学研究, **52**, 166-172.
- 山田富美雄・森下温美・山崎 正 1987 Fm θ のバイオフィードバックによる自己制御:無処置統制群・自律訓練群との比較 バイオフィードバック研究, **14**, 11-17.

二ノ宮・相浦・柿木：コンピューターゲーム課題下での $Fm\theta$ と瞬目活動との関係

山田富美雄・林 英昭・堀 浩・川本正純・藤川 治・錦織綾彦・宮田 洋 1991
ビデオゲーム，アニメーション視聴，およびストループテスト中の瞬目と $Fm\theta$
関西鍼灸短期大学年報，7, 73-81.

Summary

The relationship between $Fm\theta$ and blinking during a computer game task using a variable of subjective interest

Megumi Ninomiya, Yoshiro Aiura and Shoji Kakigi

The present study was designed to investigate a possible relationship between $Fm\theta$ and blinking by using a computer game task. In order to change subjective interest, two levels of difficulty (difficult condition and easy condition) were used in this task. Twenty-six college students were served as subjects in the present experiment, and then performed two levels of the task, two trials being given for 5 min.. The order of trials with different levels was counterbalanced among the subjects. $Fm\theta$ was appeared in 22 subjects out of them. That $Fm\theta$ appeared in the difficult condition more than in the easy condition. On the other hand, blink activity was suppressed in the difficult condition more than in the easy condition. $Fm\theta$ tended to increase as a function of trial in the difficult condition, showing the effect of training.