

瞬目による感性の評価

—— 驚愕性瞬目反射と自発性瞬目による感情評価 ——

山 田 富美雄

瞬目による感性の評価

—— 驚愕性瞬目反射と自発性瞬目による感情評価[†] ——

山田 富美雄

大阪府立看護大学

Spontaneous blinking and startle blink reflex as assessment tools for emotional state

Fumio YAMADA

Osaka Prefectural College of Nursing

This article reviewed 91 scientific articles in the field of psychophysiology in order to verify the validity of spontaneous blinking and startle eyeblink reflex as indices of the emotional state of human beings. The first finding is that the inhibition of spontaneous blinking indicates a pleasant state of affairs. On the contrary, frequent blinking indicates a pleasant state. The second finding is that the startle eyeblink reflex, elicited by intense noise burst, also shows an emotional state of affairs. When the magnitude of the startle eyeblink reflex measured by EMG of the *orbicularis oculi* is inhibited, the emotional state of the subject should be considered pleasant, while reflex facilitation indicates an unpleasant state. These findings showed that both spontaneous eyeblink frequency and the magnitude of the startle eyeblink reflex would be good tools to assess the emotional state in psychological engineering.

Key words: blinking, spontaneous blinking, startle eyeblink reflex, psychophysiology, emotional states, pleasantness-unpleasantness

キーワード: 瞬目, 自発性瞬目, 驚愕性瞬目反射, 生理心理学, 感情状態, 快-不快

19世紀に W. Wundt によって 'Psychological Psychology' (生理学的心理学) として誕生した実験心理学は, 20世紀に入るや行動科学として先鋭化し, 20世紀半ばには 'Psychophysiology' を誕生させるに至った。SPR (Society for Psychophysiological Research) の誕生 (1961年) である。皮膚電気活動や脳波などの生体反応の変化を, 情動や注意といった心的活動と関連づけ, 生理指標として確立する研究パラダイムが行動科学の中に根付きはじめていた。ちなみに 'Psychophysiology' は医学分野で「精神生理学」と訳されるが, 心理学を土台とした学問領域については「心理生理学」と訳語を変えることがある。本論文においては, 単に「生理心理学」と

訳すことにする。

SPR の機関誌 'Psychophysiology' の創刊号に, J. A. Stern が生理学的心理学と心理生理学の区別を, 独立変数と従属変数の違いから明瞭に定義する論文を寄稿したのを皮切りに (Stern, 1964), 生体反応と心的活動との関係についての基礎的研究成果が続々と公開されはじめた。皮膚電気活動や, 心拍率・血圧・脈波などの循環器系活動はもとより, 脳波活動や事象関連脳電位 (ERPs: event related brain potentials) などの中枢反応, さらに眼球運動や本稿でとりあげるまばたきなどの視覚-運動系活動が心理生理学領域の主要生体反応として認められはじめた。そして20世紀最後の十数年間は, これら莫大な知的資産を整理統合し, 現実の人間生活にいかに応用し, 豊かで快適な環境作りに役立てるかを中心課題とした研究プロジェクトへと開花した。

国際連合 (United Nations) に本拠を置く国際

[†] 本研究の一部は, 平成 11-12 年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 C (#11610084, 研究代表者: 山田富美雄) による補助を受けた。

心理生理学会 (IOP: International Organization of Psychophysiology) が生理心理学の教育と応用を標榜して世界規模で活動を始めた1982年頃から、生理心理学関係の国際会議が毎年のように開催されるようになった。わが国においても、物作りの基本理念として「感性」や「快適性」が取り上げられ、1989年からは「人間感覚計測応用技術の開発」についての大型研究プロジェクトが開始し、生体反応を感性・快適性の指標として確立し、その技術を用いて製品評価、環境評価、および作業環境評価に役立てようとする研究文脈が確立した。こうしたわが国の研究文脈と同種の潮流は、世界中の人間工学分野で活躍する生理心理学者たちにも及んだ。すなわち1993年のSPR年次大会で、初めてこうしたメンバーが結集し、その研究領域を「人間工学分野の生理心理学: PIE (Psychophysiology in Ergonomics)」と称するに至った。1995年に国際人間工学会 (IEA: International Ergonomic Association) のテクニカルグループとなってからは、各種国際会議においてPIEメンバーによる学術シンポジウムを開催するとともに、1996年以来2年ごとの国際PIE会議を開催するに至っている。

このようにみえてくると、20世紀最後の10年は、臨床心理学という実践心理学とは異なる今一つの実践分野として、生理心理学が名乗りを上げた歴史的な時代であったといえよう。そして、このように実践・応用を目指す新たな生理心理学を「新生理心理学」と呼んでWundtの生理学的心理学と一線を画し、21世紀での更なる発展を期待して「新生理心理学」全3巻が上梓されるに至った(宮田, 1997-1998)。

こうして新しく装いを変えた応用科学・実践科学としての生理心理学は、本特集号のように「心理工学」の重要な一領域を占めるに違いない。本稿では、心理工学の目指す感性評価の一助として、瞬目活動が活用可能であることを示す文献レビューを行う。

1. 瞬目とは

本稿で扱う生体反応「瞬目」の用語の定義をしたうえて、瞬目の種類分類、生理機構、神経経路について述べる。

1.1 瞬目の用語

日常用語の「まばたき」は学術用語では「瞬目(しゅんもく)」と言い、まぶた(眼瞼)の素早い開閉運動を指す。英語ではeyebinkingあるいは単にblinkingと呼ぶ。随意性瞬目を含む場合は、winkingも使われる。また眼瞼運動(eyelid movement)という表現もある。生理学の教科書では、瞬目は単にゴミや塵から目を保護する防御反射の一つとして記載されることが多いが、生理心理学領域では専門書さえ出版されるほど熱心に研究されている(田多・山田・福田, 1991; 山田, 1993)。また生理心理学の教科書(Andreassi, 1995; Hassett, 1978; Hugdahl, 1995; 宮田・山田, 1985; 田多・山田・福田, 1998)や生体計測のハンドブック(山田, 1996, 2002)にも、測定法ばかりか詳細な解説が記載されている。

1.2 瞬目の分類

瞬目は、随意性瞬目(voluntary blinking)、反射性瞬目(reflex blinking)、そして自発性瞬目(spontaneous blinking)の3つに分類される。

随意性瞬目はコミュニケーション手段として用いられるウインク(winking)のように、意図的、意識的に瞼を閉じる行動である。

反射性瞬目とは、外的刺激によって誘発される瞬目のことである。誘発刺激としては、顔面部への触覚刺激、中でも睫毛、角膜、結膜への機械的刺激や眼窩上神経への経皮的電気刺激、あるいは強い光の提示や急激に接近する物体の映像、急峻で強い音刺激などがよく知られている。

自発性瞬目とは、随意性瞬目や反射性瞬目のように瞬目発生の原因が明白ではないのに生じる瞬目のことで、客観的な表現法として自発性瞬目という名で呼ばれる。他に、周期性(periodical)瞬目、内因性(endogenous)瞬目とも呼ばれることもある。

1.3 瞬目発生のメカニズム

瞬目動作を構成する筋は、図1中に示す眼輪筋(*orbicularis oculi*)である。眼輪筋は目の周囲を輪状に取り巻き、鼻側目頭の起部から目の上、目尻、目の下部を通して鼻側へ戻る。眼輪筋は顔面神経の支配下にある。

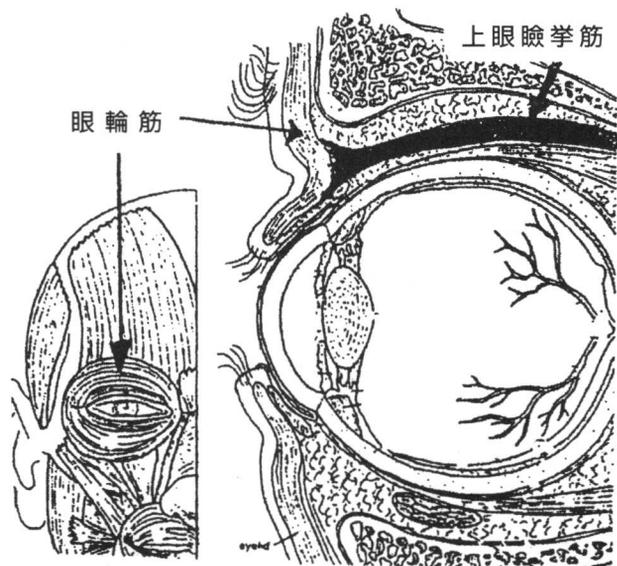


図1 瞬目にかかわる生理的機構

眼瞼 (*palpebra*: eyelid) は眼球前面を上および下から覆う皮膚のヒダで、上眼瞼 (upper eyelid) と下眼瞼 (lower eyelid) の別がある。上眼瞼は、上直筋から枝分れした上眼瞼挙筋の収縮によって挙上し、弛緩によって元の位置に戻る。上直筋は眼球強膜部に付着して眼球の上転運動を担うが、動眼神経と交感神経の二重支配を受ける。したがって上眼瞼は眼球の垂直運動と連動して動く。また上眼瞼挙筋は覚醒時には緊張しているので眼裂は大きい、覚醒水準の低下によって弛緩して上眼瞼が下降し、眼裂は狭まり、閉眼状態に近づく。逆に興奮すると交感神経が作用して、上眼瞼が上がり、目を大きく開けた表情をとることになる。

自発性瞬目においては、眼輪筋の収縮に先だって上眼瞼挙筋の弛緩が認められ、協応関係にある。下眼瞼は瞬目動作には積極的に関わらないが、表情としての随意的閉眼や随意性瞬目においては関与することがある。

1.4 瞬目の神経支配

反射性瞬目の神経支配は、反射誘発刺激の入力経路が違って、脳幹部にある反射中枢以降は同じである。三叉神経第一枝の分枝である眼窩上神経への経皮的通電刺激に対して生じる眼輪筋反射を例に、反射性瞬目の神経経路を述べる。電気刺

激は皮膚表在受容野を刺激して三叉神経を経て主知覚核に伝達され、そこでシナプスを介して2つの経路に分かれる。一方は同側顔面神経核に達したあとシナプスを介して(複シナプス反射)刺激後11~12msで刺激側と同側眼輪筋に第一反射応答R1を引き起こす。他方は脳幹網様体でシナプスを複数換えて両側の顔面神経核に達し、刺激後33~39msで両側性に第二反射応答R2を誘発する(平岡・島村, 1978)。R1とR2との潜時の違いは、三叉神経核から顔面神経核までの経路の違いによる。上眼瞼の下降と関連するR2電位は、このように4つ以上のシナプスを介した多シナプス反射伝導路を有する。瞬目反射はこのように脳幹内でシナプスを交換するので、上位中枢ならびに近傍から多義にわたる修飾を受ける。

これらの反射の神経経路は動物を被験体とした電気生理学的実験で明らかにされ、人間の瞬目反射の伝導路もほぼ同様であると信じられている。R1とR2の2成分が同定できること、覚醒水準の低下が反射量抑制を生むこと、慣れのあらわれ方が2成分間で異なること、二重刺激による回復曲線が類似することなど、多くの共通点がある。また神経内科における瞬目反射を用いた検査知見と脳内画像診断ならびに剖検知見との対応などから、神経回推定の妥当性は確かめられている。こうして反射性瞬目は、脳内病変の生物学的マ

カー・指標として神経内科領域で貴重な検査道具となっている(栢森, 1993)。

瞬目反射の神経経路のうち、中枢から眼輪筋への出力部分は自発性瞬目の神経経路と同様である。ただし、自発性瞬目の場合は、入力系が定かではないので、いくつかの作用要因が仮定される。

第一に、角膜の乾燥や眼筋の疲労などの生理的要求 (physiological need) の存在である。長時間にわたって瞬目間隔の分布形状を分析すると、1 s 以内の初期成分、1～数 s の中期成分、6 s 以上の長期成分の3成分からなるワイブル分布が同定される(山田, 1991a)が、生理的要求による瞬目発生は長期成分に該当することが想定される。また初期成分は、直前の瞬目によって満たされなかった生理的要求を補填するものとみなされる。ちなみに、中期成分は心理的要求に基づくものと仮定されている。

生理的要求以外の、自律的・周期的な瞬目動作要求信号の存在が第二に想定される。これは、1 min 間に20回もの瞬目がすべて生理的要求によると考えるのは、少し無理があることから考えられた。眼球の乾燥を防ぐためには、数分に1度で十分との推定が根拠となる(田多ら, 1998)。さらにまた、瞬目率の個人差が大きいことも根拠となる。筆者の103名の大学生を対象とした資料によると、実験室入室後3分間の休息期の瞬目率は、平均±標準偏差で 22.6 ± 14.5 blinks/minであり、最小値(0.67 blinks/min)と最大値(80 blinks/min)との差の大きさに驚く(Yamada, Yamasaki, Nakayama, & Miyata, 1980)。また小学生10名の瞬目率は、概ね1 min 間に5回前後と成人の30%程度であった(Yamada, 1998)。このように瞬目率の個人差が大きく、また小児から成人にかけて大きく増加するという事実から、個人に固有の周期が存在すること、ならびにその周期は経験によって学習され、習得されたものである可能性があるとして仮定できよう。

第三に、瞬目を視覚入力装置の附属器官の動作とみなせば、自発性瞬目の発生は眼球運動と同様に主体的・能動的に視覚入力を遮断する行為とみなせる。サッケードに伴う視覚抑制効果と同様、瞬目開始100 ms から終了100 ms 後までの間、視覚感受性が低下する事実(Volkman, Riggs, & Moore, 1980)からも、この仮説の妥当性が支

持される。視覚-眼球運動系の一環として、視覚効率を高めるための自動制御系として瞬目が発生しているわけである。

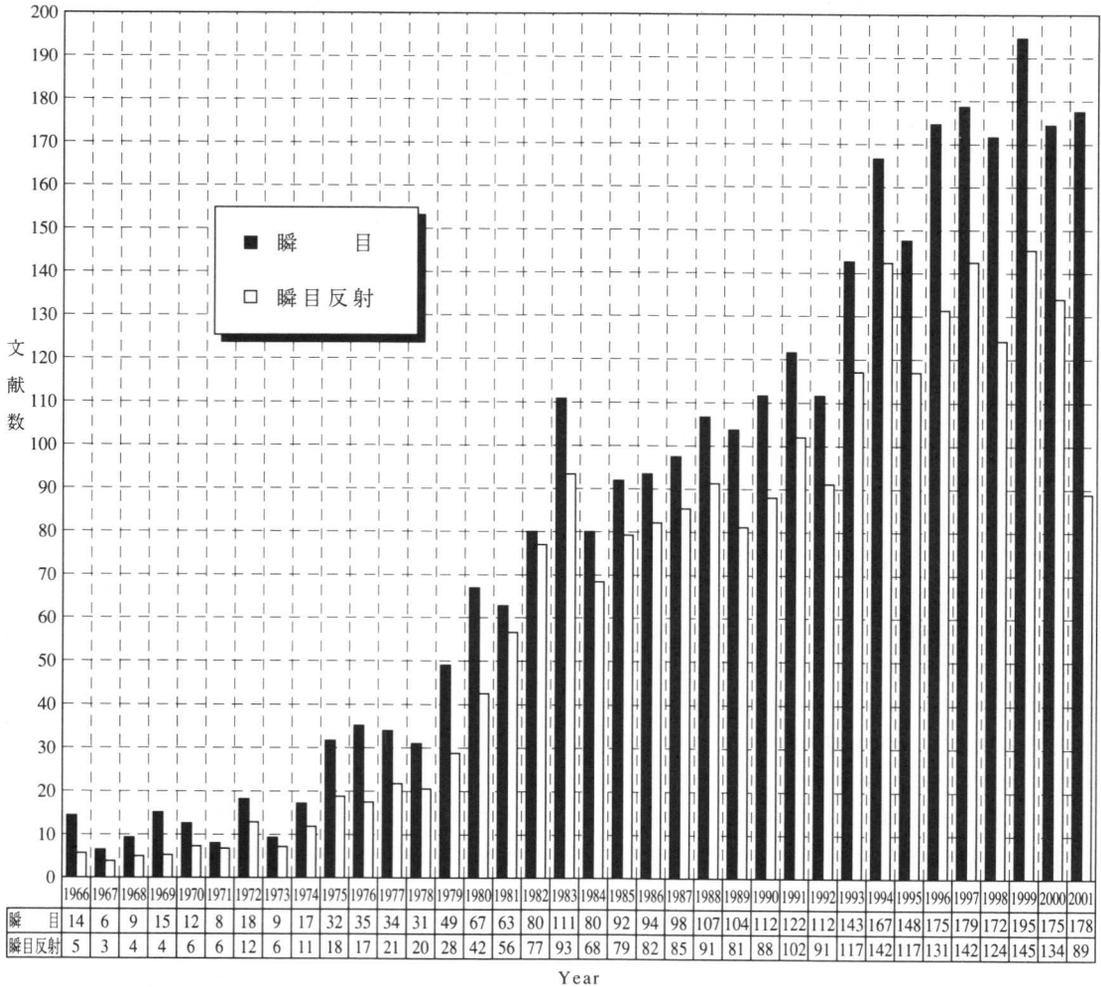
第四に、ドーパミン作動神経が多く分布する脳領域が自発性瞬目の発生に関係するとの推論がある。すなわち、ドーパミンの減少と関連するパーキンソン病患者の瞬目率が正常者よりも少ないこと(Karson, 1983)、ドーパミンリセプタをブロックする抗精神剤が精神病患者の瞬目率を減少させること(Karson, Freed, Kleinman, Bigelow, & Wyatt, 1981; Karson, Paige, & Dykman, 1989)などがその根拠となる。

2. 瞬目研究の動向

瞬目研究の動向を、医学文献データベース Medline に掲載されている瞬目関連の研究文献数の経年変化(図2)からみてみよう。2001年12月末現在登録されている瞬目関連の文献総数は3,063編にのぼる。1966年以降の経過をみると、1975年頃から徐々に研究数が増し、1980年代はほぼ年間100編弱を推移していたものが1990年代に入ると再び増加傾向に転じ、1996年以降は年間170編を越し続けている。

これら3,063編の76.3%にあたる2,337編は反射性瞬目(reflex blink)の研究である。これらのほとんどは、今では神経内科的検査項目として定着した瞬目反射検査を用いた臨床知見に関するものである。また反射性瞬目研究の11%にあたる256編は、最近とみに生理心理学領域で隆盛な驚愕性瞬目反射(startle eyeblink reflex)の研究である。また瞬目反射の条件づけを用いた研究は569編にのぼる。反射性瞬目の慣れ(habituation)に関する研究は156編にのぼる。自発性瞬目についての研究は、瞬目頻度を測定とした研究だけで221編ある。

研究テーマとの関連からは、抑鬱(65編)、不安(55編)、ストレス(60編)、PTSD(15編)、疲労(29編)、ドライアイ(41編)など心身疾患と関係するものが多い。また神経伝達物質ドーパミンと瞬目との関係を扱ったものが100編にものぼり、そのうち分裂病についての研究が23編認められる。また情動(emotion)と関連のあるテーマが119編あり、快(pleasantness, 5編)、



瞬目関係論文数の伸び (2001.12.22現在) 瞬目に関する論文3,063編, そのうち反射性瞬目に関するもの2,337編

図2 瞬目研究の年次変化 (PubMed, 2001年12月22日現在より)

ムード (mood, 53編), 興味 (interest, 18編), 定位 (orienting, 19編) などとなっている。

3. 瞬目についての心理学的研究

心理学領域での瞬目研究は、眼瞼反射の条件づけ研究、反射性瞬目の変容研究、自発性瞬目研究の3つに分けられよう。

3.1 条件づけ

学習理論に関する基礎的研究として、1930年代から眼瞼反射の古典的条件づけ (eyelid conditioning) が盛んに試みられた (Hilgard, 1931, 1933; 内藤, 1969; Oyamada, 1976)。最近

では、ネコの瞬目反射や、ウサギの瞬膜反射の急性条件づけを土台にして、記憶に関する精神作用薬の評価を行う研究が隆盛である。

3.2 反射性瞬目

突然聞こえるサイレンや雷鳴に、私たちは驚き身をすくめることがある。これは驚愕反射 (startle reflex) といって、緊急事態に面して私たちがとる最も原始的な防御反射の一つである。そしてそのうち最も速く発生するのが驚愕性瞬目反射 (startle eyeblink reflex) である。Landis and Hunt (1939) の高速度カメラで撮影した実験から、わずか 30 ms で瞬目反射が発生したあと、顔面表情筋、頸筋、上肢屈筋、下肢屈筋の順に

記憶に関するモデルの検証や (大平, 1999), 虚偽検出への応用が試みられるに至っている (Fukuda, 2001)。さらに, ノンバーバル・コミュニケーションの要素としての自発性瞬目活動に注目した研究も散見され (Hirokawa, Dohi, Yamada, & Miyata, 2000; Hirokawa, Yamada, Dohi, & Miyata, 2001; 大森・山田・宮田, 1996), 社会心理学的研究へと発展する兆しが認められる。

4. まばたきと快適性

驚愕性瞬目反射量と自発性瞬目率のいずれもが, 快適性という極めて主観的な感情評価の有力な指標として期待されているので紹介しよう。

4.1 驚愕性瞬目反射と快適性

不安なときには些細な音に驚愕するが, リラックスしているときには驚きもしない。不快感情は反射を促進し, 快感情は反射を抑制するという, 驚愕性瞬目反射が感情状態によって変容を受けることは, 経験的には知られていたことであったが, 学術的評価を得るに足る実験成果が揃ったのは1990年代に入ってからのことであった (山田, 2001)。その端緒となったのは, Anthony and Grahama (1983) の幼児を対象とした感情・関心評価の実験と, Simons and Zelson (1985) の大学生を対象とした興味・関心評価の実験である。これらはいずれも, 興味関心を惹起する視覚刺激を提示している最中には, 強音やフラッシュ刺激などによって誘発される驚愕性瞬目反射量が減少し (抑制効果), 逆に不愉快で関心がむかない視覚刺激の提示中には反射量が大きくなる (促進効果) ことを示した。Anthony の学位論文となったこの研究成果に, 副査として審査に関わった P. Lang は大きな関心を抱き, 以後彼が中心となって驚愕プローブパラダイム (startle probe paradigm) という研究スタイルを築くこととなった (Bradley, Cuthbert, & Lang, 1990; Lang, 1995; Lang, Bradley, & Cuthbert, 1990)。

すなわち, Lang らはまず六百数十枚からなる感情誘発のための標準化スライド刺激データベースを作成した (Greenwald, Cook, & Lang, 1988; Lang, Ohman, & Vaitl, 1988)。次にこれらスラ

イド刺激データベースから選ばれた感情誘発刺激を提示中に驚愕性瞬目反射を誘発し, その驚愕反射量を計測評価するとともに当該スライド刺激に対する評定値と比較した。たとえば, 快, 中性, 不快の3群に分類された合計36枚のスライド刺激を用い, スライド刺激提示中の驚愕性瞬目反射量を評価したところ, 快スライドで反射抑制, 不快スライドで反射促進を認めた (Lang et al., 1990; Vrana, Spence, & Lang, 1988)。

また刺激を提示しなくても情動イメージを湧かせることによっても同様の効果が得られたと報告した (Vrana & Lang, 1990)。すなわち催眠イメージによって恐怖を惹起する事態 (Aitken, Siddle, & Lipp, 1999; Hamm, Cuthbert, Globisch, & Vaitl, 1997; Hamm, Greenwald, Bradley, Cuthbert, & Lang, 1991; Hamm, Greenwald, Bradley, & Lang, 1993), 性的興奮を惹起する事態 (Koukounas & Over, 2000), および薬物を用いて感情状態を作用させても (Patrick, Berthot, & Moore, 1996), 同様の効果を認めるに至った。

こうした驚愕プローブ効果に関する知見は, 他の感覚刺激モダリティを用いても確認されている。

複数の環境音を感情惹起刺激とした筆者の実験でも, 同様の効果が確認された。すなわち, まず各種環境音を8sに編集し, その聴覚刺激中に110 dBの白色雑音を50 ms挿入した。環境音は一般に快と評価されるもの6種, 不快と評価されるもの6種, さらに中性6種からなった。環境音中に挿入された白色雑音によって誘発された驚愕性瞬目反射を眼輪筋筋電図によって測定し, 刺激後20~120 ms内の筋電図積分値を反射量として刺激条件間で評価したところ, 図3のように快環境音刺激条件, 中性条件, 不快環境音条件の順に反射量は増加した (Yamada, Nakamura, Nagai, Nakagawa, & Miyata, 1995)。

また嗅覚刺激を用いた実験でも, 嗅覚刺激の惹起する快感情は驚愕性瞬目反射を抑制し, 逆に不快感情は促進することが示されている (Ehrlichman, Brown, Zhu, & Warrenburg, 1995; Ehrlichman, Kuhl, Zhu, & Warrenburg, 1997; Miltner, Matjak, Braun, Diekmann, & Brody, 1994; 中村・永井・中川・山田, 1995)。筆者らの実験においては, 食品に添加される香料

反射が生起し、いわゆる「すくみこみ (crauting) 姿勢」が構成されることがわかった。驚愕性瞬目反射は、こうした一連の驚愕反応パターンの最初の反射である。驚愕性瞬目反射の筋電図成分である眼輪筋 EMG 活動を指標とした研究から、誘発刺激の強度が大きく (白色雑音なら 95 dB 以上, 1,000 Hz 純音なら 85 dB 以上), 持続時間が長く (50 ~ 100 ms), 加えて最大音量に達するまでの時間 (立ち上がり / 立ち下がり時間) が 1 ms 以内と短いほど, 反射量が大きく, また繰り返し提示による慣れも遅いことがわかっている (Blumenthal, 1988; 山田, 1984)。驚愕性瞬目反射は, 誘発刺激の反復提示によって他の驚愕反応成分が完全に消失した後も誘発され続けることが知られ, 脊椎動物固有の最も原始的な防御反射のひとつとみなされている。

こうした驚愕性瞬目反射は, 微弱な先行刺激を反射誘発刺激に 100 ms 先行付加することによって強力な抑制作用を受ける。これは先行刺激抑制効果 (prepulse inhibition) と呼ばれ, 受動的な前注意過程の関与が指摘されており (Graham, 1975; Graham, Putnum, & Leavitt, 1975; 山田・宮田, 1979; Yamada, Yamasaki, & Miyata, 1979; Yamada et al., 1980), 分裂病などの注意機能障害の判定への影響が研究されている (Braff et al., 1978)。また驚愕性瞬目反射は, 反射誘発刺激の感覚モダリティへの注意によって促進し, 逆に他の感覚モダリティへの注意によって抑制する (Anthony & Graham, 1983; Anthony & Putnam, 1985) ので, 選択的注意研究の道具となりえる (山田, 2001)。

3.3 自発性瞬目

自発性瞬目が, 気分や感情といった心的活動のサインになることは, 意外と知られていなかった。生理心理学者たちは, こうした自発性瞬目活動を快適性評価に役立てようともくろんでいる。

自発性瞬目活動に関する心理学的研究は, Ponder and Kennedy (1928) の古典的な研究以来, 疲労, 視機能, 緊張などの心理状態や, 性格などの特性要因と関連づけた研究が細々となされ, 1960 年代以降の産業疲労の科学的研究に引き継がれた。産業衛生や人間工学の分野では, 作業者の疲労や眠気の指標として自発性瞬目が測

定・評価されたが, 学術的な評価は必ずしも高くなかった (Hall & Cusack, 1972)。

こうした状況を一変させたのは, 生理心理学界の重鎮 Stern が 1983 年の SPR 年次総会での会長講演で自発性瞬目と認知活動との関係に関する多くの実験報告をレビューしたことである (Stern, Walrath, & Goldstein, 1984)。さらに 1989 年の SPR 年次総会で「心理学と医学における瞬目研究」と題するシンポジウムを開催し, 医学領域 (Karson et al., 1989), 心理薬理学領域 (Tecce, 1989), ならびに日本での瞬目研究 (Yamada, 1989) が紹介されたことで, 自発性瞬目研究の学術的評価は一層高まったといえる。

これまでに, 自発性瞬目活動と覚醒水準, 疲労, 認知, ならびに感情との関係が吟味されている。まず覚醒水準低下によって瞬目率が低下し, 緩慢で低振幅の瞬目波形へと変化することがわかっている (Tada, Yamada, & Hariu, 1990; 田中, 1999; Tanaka & Yamaoka, 1993)。また瞬目間隔の短い瞬目群発が, 作業中の眠気発生や目の疲労の出現と関係することに注目が集まり (保坂・渡辺, 1983; 山田, 1991c), ドライアイの指標とみなされるに至っている。これらのことから, 瞬目波形を眠気発生や覚醒水準低下のサインとみなして居眠りセンサ開発への応用をめざす研究が継続的に行われている (宮田・吉岡・大須賀, 1983; Nishio & Suzuki, 1998)。またコンピュータ作業における視認性評価のための生理指標として (Omori, Miyata, & Yamada, 1997; 佐藤・池田, 1986; 吉武・岩永, 1986), あるいは作業の心的負荷効果の指標として瞬目率が評価されている (山田, 1991b, 1998; Yamada, 1998)。

認知や感情状態の指標として, 自発性瞬目活動を測定した研究も活発になされている (田多ら, 1991)。中でも分離試行課題 (discrete trial task: 福田・山田・田多, 1990) を用いた情報処理過程の他覚的評価の試みは, わが国発祥の研究パラダイムとして発展している。すなわち, 情報処理の最中は瞬目活動が抑制され, 判断の終了に同期して抑制が解除される様子を瞬目発生の時間分布曲線を描いて分析するもので (Fukuda & Matsunaga, 1983; Goldstein, Walrath, Stern, & Strock, 1985), 各種情報処理課題での検討が進められ (Fukuda, 1994; Ohira, 1995, 1996),

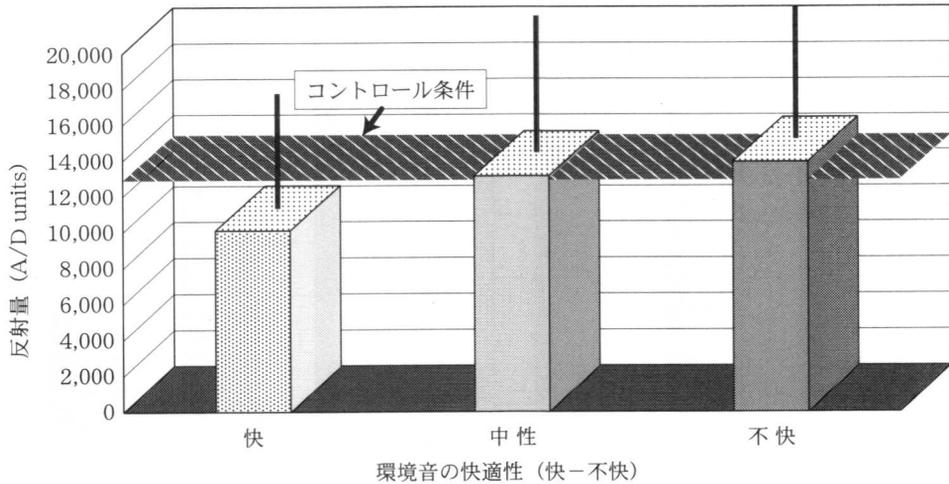


図3 環境音の快適性と驚愕性瞬目反射量

を刺激として、6s間被験者の鼻部に噴霧する装置を用いた。嗅覚刺激提示後、110 dBの白色雑音が提示されるまでの先行時間を0.5s、1.5s、3sの3条件分け、快臭（バナナ、バナナ）、不快臭（ポークアシッド、メントイコ）ならびに無臭エア条件間で驚愕性瞬目反射量を比較したところ、1.5sの先行時間条件で快臭条件の反射量は不快臭条件の反射量より有意に小さかった（Yamada, Asada, & Nagai, 1999）。

以上、視覚、聴覚、嗅覚と感覚モダリティは異なっても、惹起される感情が快のとき反射抑制が、不快のとき反射促進が観察されることが、厳密な実験から明らかになった。

次に、こうした効果が出現する背後にある生理心理過程について考察する。生理心理学的過程としては、自律神経系の一過性賦活と驚愕反射誘発との、系として的一致/不一致が想定される。すなわち、快感情が惹起される条件では副交感神経が、不快感情が惹起される条件では交感神経がそれぞれ一過性に賦活されるとみなす。次に110 dBの強音によって驚愕反射が誘発される背景には、交感神経の賦活が想定される。したがって、不快感情が惹起されているときの驚愕反射は賦活される系が同一なので促進効果が、逆に快感情が惹起されているときの驚愕反射は賦活される系が相反するので抑制効果が現れるわけである。

4.2 自発性瞬目と快適性

自発性瞬目の頻度が感情状態と関係がありそうなことは、Ponder and Kennedy (1928)による最初の観察以来取りざたされてきたことである。すなわち、精神的な緊張状態は、自発性瞬目の発生間隔を短縮し、一定時間内の瞬目頻度（瞬目率）を増加させるという観察である。こうした、感情状態の快/不快と瞬目率との関係を示す多くの実験報告が認められる。すなわち興味のない退屈で不快なテレビ番組をみているときは、関心が高く興味深く愉快な気持ちでテレビを見ているときよりも瞬目率が高い（Tada, 1986; 津田・鈴木, 1990）。また音楽を伴うビデオ映像視聴時にも、視聴者の興味が高い条件では瞬目率抑制が認められ、また映像単独よりも映像と音楽の複合条件でよりその効果が顕著であった（小林・正木・星野・山崎, 1999）。

筆者らの子どもを被験者とした実験でも、同様の効果が認められているので紹介する（Yamada, 1998）。

実験では、10名の小学生にテレビゲーム遊び、ストループテスト、およびアニメ視聴という3種の課題を行わせ、その最中の瞬目活動と脳波Fm θ 出現率を比較した。ちなみに脳波Fm θ とは前頭正中線部から出現する周波数6~7 Hzの高振幅 θ 律動で、高い注意集中状態と関連することが知られている（Ishihara & Yoshii, 1972; Yamaguchi, 1981）。実験後の子どもたちに3種

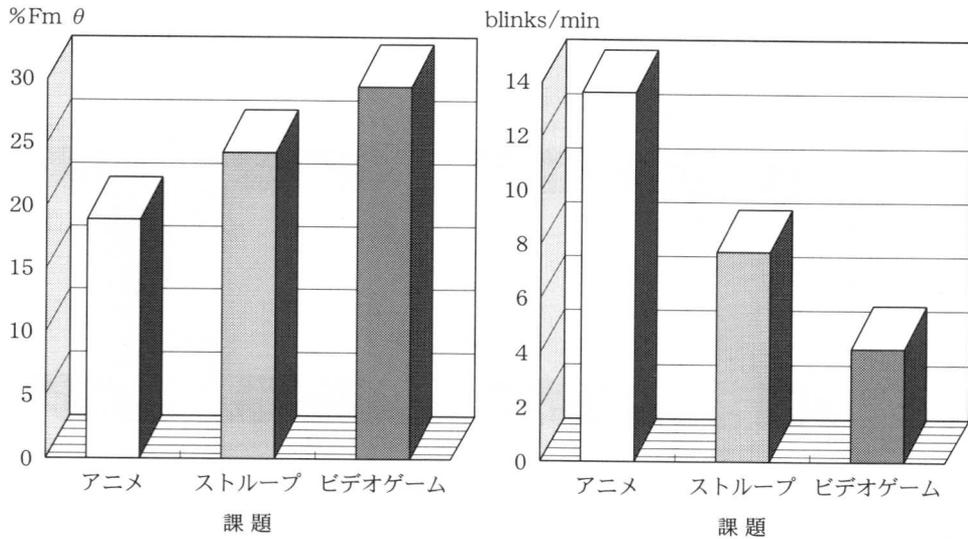


図4 興味の異なる3種の課題と自発性瞬目・Fmθ出現

の課題を評価させたところ、10名全員がテレビゲームが一番好きと答えた。また一番嫌いな課題はという問いに、8名がアニメ視聴と回答した。子どもたちの評価では、テレビゲームが最も好きで、次いでストロープテスト、アニメ視聴の順であった。図4に課題中の平均瞬目率とFmθ出現率を示す。図から明らかなように、子どもたちの興味・関心の高い課題ほど自発性瞬目率は減少するが、Fmθ出現率は逆に増加することが理解できる。興味関心の指標として、瞬目率抑制が有効であることが示唆される。

同じテレビゲームであっても、ゲームの内容によって瞬目率とFmθ出現率が異なる。大学生を被験者とした複数のゲームを用いた同種の実験から、画面を注視して、手指の技巧を駆使して画面をクリアしたり得点を競う単純なゲームのほうが、知的操作を頻繁に行って問題解決を行うパズルゲームよりも、瞬目率は低く抑えられ、Fmθの出現率も高かった(Asada & Yamada, 1999)。大学生被験者は、瞬目率が低かった課題のほうをより好むこともわかった。瞬目率が興味・関心・快適性という感情次元の影響だけでなく、ゲームが要求する視覚への負担も強く影響するので、一概に結論は出せない。とはいえ、娯楽を生み出すテレビゲームという製品を、生理心理学の方法で評価することが可能であることを示す好例としてこの実験結果を位置づけたい。

快適性評価のための心理生理指標として、自発性瞬目率の多少が有効であることは間違いなさそうである。

5. 今後の課題

これまでの文献検討の結果、瞬目という生体反応は、驚愕性瞬目反射であれ自発性瞬目率であれ、人間の感情が不快のとき促進され、快のとき抑制されることがつまびらかにされた。瞬目とは元来目の附属器官であり、瞬目によって視覚は一瞬閉ざされ、情報処理は中断する。こうした瞬目活動は、情報処理の担い手である中枢神経系によって事前に十分コントロールがなされ、例えば外部から重要な情報を入手して処理しなくてはならないときには、瞬目発生は抑えられる。すなわち、瞬目率は低下し、瞬目持続時間は短縮し、瞬目反応量も小さくなる(Stern et al., 1984)。外部刺激によって快感情が発生するとき、あるいは快感情を惹起すると期待される外部刺激を受け入れるときにも同様、瞬目活動は抑制されるようである。しかも、驚愕性瞬目反射の反射量も、自発性瞬目率もいずれも抑制される。逆に、外部刺激によって不快な感情が惹起されること期待されるとき、瞬目活動は抑制される。あたかも情報の入力を眼の開閉動作によって拒むかのように。

心理工学という心理学の応用分野において、瞬

目計測は人間を感性の面から捉えるための強いツールになりえるかもしれない。道具立ては20世紀の生理心理学が準備を済ませた。後は21世紀の人たちが、より洗練するのみである。

文 献

- Aitken, C. J., Siddle, D. A., & Lipp, O. V. (1999). The effects of threat and nonthreat word lead stimuli on blink modification. *Psychophysiology*, *36*, 699-705.
- Andreassi, J. L. (1995). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response* (3rd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anthony, B. J., & Graham, F. K. (1983). Evidence for sensory-selective set in young infants. *Science*, *220*, 742-744.
- Anthony, B. J., & Putnam, L. E. (1985). Cardiac and blink reflex concomitants of attentional selectivity: A comparison of adults and young children. *Psychophysiology*, *22*, 508-516.
- Asada, H., & Yamada, F. (1999). Frontal midline theta rhythms in EEG and blinks during video game reflect a state of attention. In M. Sato, H. Tokura, & S. Watanuki (Eds.), *Recent advances in physiological anthropology*, Chapter 23 (pp. 169-175). Fukuoka: Kyushu University Press.
- Blumenthal, T. D. (1988). The startle response to acoustic stimuli near startle threshold: Effects of stimulus rise and fall time, duration, and intensity. *Psychophysiology*, *25*, 607-611.
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1990). Startle reflex modification: Emotion or attention? *Psychophysiology*, *27*, 513-522.
- Braff, D., Stone, C., Callaway, N., Geyer, M., Glick, I., & Bali, L. (1978). Prestimulus effects on human startle reflex in normals and schizophrenics. *Psychophysiology*, *15*, 339-343.
- Ehrlichman, H., Brown S., Zhu, J., & Warrenburg, S. (1995). Startle reflex modulation during exposure to pleasant and unpleasant odors. *Psychophysiology*, *32*, 150-154.
- Ehrlichman, H., Kuhl, S. B., Zhu, J., & Warrenburg, S. (1997). Startle reflex modulation by pleasant and unpleasant odors in a between-subjects design. *Psychophysiology*, *34*, 726-729.
- Fukuda, K. (1994). Analysis of eyeblink activity during discriminative tasks. *Perceptual and Motor Skills*, *79*, 1599-1608.
- Fukuda, K. (2001). Eye blinks: New indices for the detection of deception. *International Journal of Psychophysiology*, *40*, 239-245.
- Fukuda, K., & Matsunaga, K. (1983). Changes in blink rate during signal discrimination tasks. *Japanese Psychological Research*, *25*, 140-146.
- 福田恭介・山田富美雄・田多英興 (1990) 分離試行パラダイムに基づいた自発性瞬目研究の動向 生理心理学と精神生理学, *8*, 47-54.
- Goldstein, R., Walrath, L. C., Stern, J. A., & Stroock, B. D. (1985). Blink activity in a discrimination task as a function of stimulus modality and schedule of presentation. *Psychophysiology*, *22*, 629-635.
- Graham, F. K. (1975). The more or less startling effects of weak prestimulation. *Psychophysiology*, *12*, 238-248.
- Graham, F. K., Putnum, L. E., & Leavitt, L. A. (1975). Lead-stimulation effects on human cardiac orienting and blink reflexes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *1*, 108-114.
- Greenwald, M. K., Cook, E. W., & Lang, P. J. (1988). Affective judgement and psychophysiological response: Dimensional covariation in the evaluation of pictorial stimuli. *Journal of Psychophysiology*, *3*, 51-64.
- Hall, R. J., & Cusack, B. L. (1972). The measurement of eye behavior: Critical and selected reviews of voluntary eye movement and blinking. *U. S. Army Technical Memorandum 18-72*. Human Engineering Laboratory, Aberdeen Research and Developing Center, Maryland.
- Hamm, A. O., Cuthbert, B. N., Globisch, J., & Vaitl, D. (1997). Fear and the startle reflex: Blink modulation and autonomic response patterns in animal and mutilation fearful subjects. *Psychophysiology*, *34*, 97-107.
- Hamm, A. O., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1991). The fear potentiated startle effect: Blink reflex modulation as a result of classical aversive conditioning. *Integrated Physiological Behavioral Science*, *26*, 119-126.
- Hamm, A. O., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1993). Emotional learning, hedonic change, and the startle probe. *Journal of Abnormal Psychology*, *102*, 453-465.
- Hassett, J. (1978). *A primer of psychophysiology*. New York: W. H. Freeman.
- Hilgard, E. R. (1931). Conditioned eyelid reactions to a light stimulus based on the reflex wink to

- sound. *Psychological Monograph*, 41 (No. 184).
- Hilgard, E. R. (1933). Reinforcement and inhibition of eyeblink reflexes. *Journal of General Psychology*, 8, 85-111.
- 平岡満里・島村宗夫 (1978) ヒトの反射性瞬目の筋電図学的分析 脳波と筋電図, 6, 117-126.
- Hirokawa, K., Dohi, I., Yamada, F., & Miyata, Y. (2000). The effects of sex, self gender type, and partner's gender type on interpersonal adjustment during a first encounter: Androgynous and stereotypically sex-typed couples. *Japanese Psychological Research*, 42, 102-111.
- Hirokawa, K., Yamada, F., Dohi, I., & Miyata, Y. (2001). Effect of gender-types on interpersonal stress measured by blink rate and questionnaires: Focusing on stereotypically sex-typed and androgynous types. *Social Behavior and Personality*, 29, 375-384.
- 保坂良資・渡辺 瞭 (1983) まばたき発生パターンを指標とした覚醒水準評価の一方法 人間工学, 19, 161-167.
- Hugdahl, K. (1995). *Psychophysiology: The mind-body perspective*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ishihara, T., & Yoshii, N. (1972). Multivariate analytic study of EEG and mental activity in juvenile delinquents. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 33, 71-80.
- Karson, C. N. (1983). Spontaneous eye-blink rates and dopaminergic systems. *Brain*, 106, 643-653.
- Karson, C. N., Freed, W. J., Kleinman, J. E., Bigelow, L. B., & Wyatt, R. J. (1981). Neuroleptics decrease blinking in schizophrenic subjects. *Biological Psychiatry*, 16, 679-682.
- Karson, C. N., Paige, S., & Dykman, R. A. (1989). Brain chemical and anatomical control of spontaneous eyeblinks. *Psychophysiology*, 26 (4A), 5-6.
- 栢森良二 (1993) 瞬目反射の臨床応用 医歯薬出版.
- 小林新菜・正木宏明・星野聰子・山崎勝男 (1999) 自発性瞬目に及ぼす音楽映像の鑑賞効果 生理心理学と精神生理学, 17, 183-191.
- Koukounas, E., & Over, R. (2000). Changes in the magnitude of the eyeblink startle response during habituation of sexual arousal. *Behavioral Research and Therapy*, 38, 573-584.
- Landis, C., & Hunt, W. A. (1939). *The startle pattern*. New York: Farrar Rinehart.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50, 372-385.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological Review*, 97, 377-395.
- Lang, P. J., Ohman, A., & Vaitl, D. (1988). *The international affective picture system* (Photographic slides). Gainesville, FL: University of Florida, Center for Research in Psychophysiology.
- Miltner, W., Matjak M., Braun, C., Diekmann, H., & Brody, S. (1994). Emotional qualities of odors and their influence on the startle reflex in humans. *Psychophysiology*, 31, 107-110.
- 宮田 洋(監修) 柿木昇治・山崎勝男・藤澤 清(編) (1997) 新生理心理学 第2巻 生理心理学の応用分野 北大路書房.
- 宮田 洋(監修) 藤澤 清・柿木昇治・山崎勝男(編) (1998) 新生理心理学 第1巻 生理心理学の基礎 北大路書房.
- 宮田 洋(監修) 山崎勝男・藤澤 清・柿木昇治(編) (1998) 新生理心理学 第3巻 新しい生理心理学の展望 北大路書房.
- 宮田 洋・山田富美雄 (1985) 眼球運動と瞬目反射 宮田 洋・藤澤 清・柿木昇治(編) 生理心理学 (pp. 56-61) 朝倉書店.
- 宮田 洋・吉岡英明・大須賀美恵子 (1983) まばたき波形を利用した傾眠防止 (II): 監視作業場面への適用例 人間工学, 19, 184-185.
- 内藤 徹 (1969) 乳幼児の眼輪条件反射 心理学モノグラフ, No. 10 東京大学出版会.
- 中村美幸・永井 元・中川 正・山田富美雄 (1995) 驚愕性瞬目反射による食品の匂いの嗜好評価 日本味と匂学会誌, 2, 259-262.
- Nishio, Y., & Suzuki, M. (1998). Application of a physiological measuring system to the evaluation of mental stress. *Proceedings of Second International Conference on Psychophysiology in Ergonomics (PIE '98)*, 156-157.
- Ohira, H. (1995). Analysis of eyeblink activity during self-referent information processing in mild depression. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 1219-1229.
- Ohira, H. (1996). Eyeblink activity in a word-naming task as a function of semantic priming and cognitive load. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 835-842.
- 大平英樹 (1999) 再認における過程分離手続きの処理メカニズム — 反応潜時および瞬目による検討と3過程モデル — 心理学研究, 69, 449-458.
- Omori, Y., Miyata, Y., & Yamada, F. (1997). The effects of visibility and memory load on blink rate during visual search task. *Current Biofeedback Research in Japan 1995-96*, 1-6.

- 大森慈子・山田富美雄・宮田 洋 (1996) 瞬目活動とコミュニケーション 社会心理学研究, 12, 183-189.
- Oyamada, R. (1976). Effects of a ready signal on eyelid conditioning. *Tohoku Psychologica Folia*, 35, 17-25.
- Patrick, C. J., Berthot, B. D., & Moore, J. D. (1996). Diazepam blocks fear-potentiated startle in humans. *Journal of Abnormal Psychology*, 105, 89-96.
- Ponder, E., & Kennedy, W. P. (1928). On the act of blinkings. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 18, 89-110.
- 佐藤 清・池田守利 (1986) VDT 作業時の視線配分比率と視覚負担の関係 鉄道労働科学, 40, 19-25.
- Simons, R., & Zelson, M. F. (1985). Engaging visual stimuli and reflex blink modification. *Psychophysiology*, 22, 44-49.
- Stern, J. A. (1964). Toward a definition of psychophysiology. *Psychophysiology*, 1, 90-91.
- Stern, J. A., Walrath, L. C., & Goldstein, R. (1984). The endogenous eyeblink. *Psychophysiology*, 21, 22-33.
- 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：瞬目行動の研究を総括する 北大路書房.
- 田多英興・山田富美雄・福田恭介 (1998) 瞬目活動 宮田 洋(監修) 藤澤 清・柿木昇治・山崎勝男(編) 新生理心理学 第1巻 生理心理学の基礎 16章 (pp. 266-279) 北大路書房.
- Tada, H., Yamada, F., & Hariu, T. (1990). Changes of eye blink activities during hypnotic state. *Perceptual and Motor Skills*, 71, 832-834.
- 田中 裕 (1999) 覚醒水準と瞬目活動 心理学研究, 70, 1-8.
- Tanaka, Y., & Yamaoka, K. (1993). Blink activity and task difficulty. *Perceptual and Motor Skills*, 77, 55-66.
- Tecce, J. J. (1989). Eyeblinks and psychological functions: A two-process model. *Psychophysiology*, 26 (4A), 5-6.
- 津田兼六・鈴木直人 (1990) 主観的興味が瞬目率と体動の生起頻度に及ぼす影響：見本評定法による主観的興味の統制 生理心理学と精神生理学, 8, 31-37.
- Volkman, F. C., Riggs, L. A., & Moore, R. K. (1980). Eyeblinks and visual suppression. *Science*, 207, 900-902.
- Vrana, S. R., & Lang, P. J. (1990). Fear imagery and the startle-probe reflex. *Journal of Abnormal Psychology*, 99, 189-97.
- Vrana, S. R., Spence, E. L., & Lang, P. J. (1988). The startle probe response: A new measure of emotion? *Journal of Abnormal Psychology*, 97, 487-491.
- 山田富美雄 (1984) 聴覚誘発眼輪筋反射と主観的驚愕度におよぼす誘発刺激の刺激特性の効果 生理心理学と精神生理学, 1, 11-18.
- Yamada, F. (1989). A selected review of eyeblink research in Japan. *Psychophysiology*, 26 (4A), 5-6.
- 山田富美雄 (1991a) 瞬目間隔 田多英興・山田富美雄・福田恭介(編) まばたきの心理学：瞬目行動の研究を総括する (pp. 55-58) 北大路書房.
- 山田富美雄 (1991b) 視覚情報処理課題における心的負荷効果 田多英興・山田富美雄・福田恭介(編) まばたきの心理学：瞬目行動の研究を総括する (pp. 125-130) 北大路書房.
- 山田富美雄 (1991c) VDT 作業下の視覚疲労とまばたき 田多英興・山田富美雄・福田恭介(編) まばたきの心理学：瞬目行動の研究を総括する (pp. 159-168) 北大路書房.
- 山田富美雄 (1993) 瞬目反射の先行刺激効果：その心理学的意義と応用 多賀出版.
- 山田富美雄 (1996) 瞬目 日本生理人類学会計測研究部会(編) 人間科学計測ハンドブック 4章 3節 (pp. 405-414) 技報堂出版.
- Yamada, F. (1998). Frontal midline theta rhythm and eyeblinking activity during a VDT task and a video game: As useful tools for psychophysiology in ergonomics. *Ergonomics*, 41, 678-688.
- 山田富美雄 (1998) 心的負荷の生理心理学的研究 宮田 洋(監修) 山崎勝男・藤澤 清・柿木昇治(編) 新生理心理学 第3巻 新しい生理心理学の展望 1章 (pp. 2-11) 北大路書房.
- 山田富美雄 (2001) 感情評価のパラダイム：驚愕プローブパラダイム 生理心理学と精神生理学, 19, 37-44.
- 山田富美雄 (2002) 瞬目反射 生命工学工業技術研究所(編) 人間計測ハンドブック 朝倉書店. (印刷中)
- Yamada, F., Asada, H., & Nagai, H. (1999). Effect of lead interval upon magnitude of startle eyeblink reflex with olfactory stimulation. *Psychophysiology*, 36 (Suppl. 1), 127.
- 山田富美雄・宮田 洋 (1979) ヒトの驚愕性瞬目反射におよぼす先行刺激効果 心理学研究, 49, 349-356.
- Yamada, F., Nakamura, M., Nagai, H., Nakagawa, M., & Miyata, Y. (1995). Pleasant natural sound inhibits startle eyeblink reflex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*,

- 97 (4), S92.
- Yamada, F., Yamasaki, K., & Miyata, Y. (1979). Lead-stimulation effects on human startle eyeblink recorded by an electrode hookup. *Japanese Psychological Research*, 21, 174-180.
- Yamada, F., Yamasaki, K., Nakayama, M., & Miyata, Y. (1980). Distribution of eyeblink amplitude recorded by an electrode hookup: Re-examination. *Perceptual and Motor Skills*, 51, 1283-1287.
- Yamaguchi, Y. (1981). Frontal midline theta activity. In N. Yamaguchi & K. Fujisawa (Eds.), *Recent advances in EEG and EMG data processing* (pp. 391-396). Amsterdam: Elsevier Biomedical Press.
- 吉武良治・岩永光一 (1986) VDT 作業時の生理負担に及ぼす文字輝度の影響 人間工学, 22, 19-26.

— 2001. 12. 9 受理 —