原 著

嫌悪ショックの予測可能性と制御可能性が認知的対処方略に及ぼす効果 —聴覚N1波と心拍変動による検討—¹⁾

愛知学院大学 文学研究科²⁾

石田 光男³⁾

The effects of predictability and controllability of aversive shocks on cognitive coping strategy: An examination with auditory N1 wave and heart rate variability

Mitsuo ISHIDA

Graduate School of Letters, Aichi - Gakuin University

12 Araiike, Iwasaki, Nisshin, 470-0195, Japan

The present study examined the effects of predictability and controllability of aversive shocks on cognitive coping strategy using an N1 wave of auditory event-related brain potentials and a high-frequency component (0.2 - 0.3 Hz; HF) of heart rate variability. Subjects were divided into three groups: a predictable-controllable (P-C) group (n=16), a predictable-uncontrollable (P-UC) group (n=16), and an unpredictable-uncontrollable (UP-UC) group (n=14). For the P-C and P-UC groups, one of two tones served as a relevant tone to aversive shocks and the other as an irrelevant tone, whereas both tones served as irrelevant stimuli for the UP-UC group. Subjective ratings (on a 9-point scale) of arousal and affective valence were obtained for the aversive period. In the aversive situation, the P-C group showed higher N1 amplitudes to relevant and irrelevant tones and higher arousal ratings than did the P-UC and UP-UC groups. On the other hand, the UP-UC group showed lower N1 amplitude to the irrelevant tone and lower arousal ratings than did the P-C and P-UC groups. However, there were no differences between the three groups in terms of HF power. The relationship between cognitive coping strategy reflected by the N1 wave and subjective and cardiovascular responses will be discussed. (*Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 21(3): 205-216, 2003.)

Key words: cognitive coping strategy, attention, auditory N1 wave, heart rate variability

【要 約】 本研究は聴覚事象関連電位のN1波と心拍変動の高周波成分(HF)から、嫌悪ショック到来の予測可能性と制御可能性が認知的対処方略に及ぼす効果を検討した。被験者は、予測可能・制御可能(P-C)群(n=16)、予測可能・制御不可能(P-UC)群(n=16)、予測不可能・制御不可能(UP-UC)群(n=14)にいずれかに振り分けられた。P-C群とP-UC群は、2種類の音刺激の一つを嫌悪ショックの関連音として、もう一方を無関連音として呈示されたが、UP-UC群は、両方の音を無関連刺激として呈示された。嫌悪事態について覚醒度と感情価の評価(9-point scale)が測定された。嫌悪事態において、P-C群は制御不可能な2群よりも、関連音と無関連音の両方に対するN1振幅が増大し、高い覚醒度を示した。一方、UP-UC群は、N1振幅が減衰し、覚醒度は予測可能な2群より低かった。しかしながら、HF成分のパワー値には3群間で違いはなかった。N1波に反映された認知的対処方略と主観的反応および心臓血管系反応との関連性が議論された。

1)本研究は平成13年度大学院高度化推進特別経費の補助を受けて行われたものである。

2)本研究を進めるにあたり多大なるご指導を賜りました愛知学院大学 木田光郎教授に厚く御礼申し上げます。

3)現所属：愛知学院大学心身科学部

2002. 7. 16 受稿, 2003. 7. 1 受理

嫌悪事態,あるいは嫌悪事象によるストレス反応は様々な要因によって影響される。Miller (1981) は,嫌悪事象に関連する手がかりに注意を向けるヴィジラントな対処方略と,嫌悪刺激に直接関係のある情報から注意をそらすノンヴィジラントな対処といった認知的対処方略の違いにより,ストレス反応が左右されることに注目した。本研究は認知的対処方略を注意あるいは注意の配分として捉えることができるという立場から事象関連電位 (event-related potentials; ERP) におけるN1, P2波に注目し,生理心理的ストレス反応との関連を検討する。

これまでの研究により,嫌悪刺激到来に対して予測可能な事態 (Monat, Averill, & Lazarus, 1972),制御可能な事態 (Averill & Rosenn, 1972; Miller, 1979, 1987; Evans, Phillips, & Fearn, 1984) ではヴィジラントな対処方略を選択することが知られている。しかしながら,ヴィジラントな対処方略の採択にともなうストレス反応については,ストレス増強効果 (Miller, 1979, 1987; Evans et al., 1984),反対にストレス低減効果 (Averill & Rosenn, 1972) と必ずしも一致しているわけではない。認知的対処とストレスとの関係を明らかにするためには,従来の主観的報告 (Monat et al., 1972) や選択的反応 (Averill & Rosenn, 1972; Miller, 1979, 1987) とは異なるヴィジラントあるいはノンヴィジラントといった認知的対処それ自体のより客観的,直接的な測定が必要となる。

石田・木田・榊原 (2000) は,嫌悪刺激 (電撃) の到来の予測可能な事態では,予測不可能・制御不可能な事態に比べて, N1 波の振幅が増大すること,また制御可能な事態ではP2波の振幅増大が生ずることを報告した。またその主観的ストレス感,予測不可能・制御不可能な事態で最大値となり,予測可能・制御可能な事態で最低値を示し,制御可能性によるストレス低減効果が認められた。N1波の振幅は,選択的注意の効果によって増強する (Hillyard, Hink, Schwent, & Picton, 1973, Näätänen & Picton, 1987)。またP2波の心理的機能 (明瞭に言及した論文は極めて少ない) は,刺激処理系の活動水準 (北島, 1983),刺激の貯蔵 (Rockstroh, Elbert, Birbaumer, &

Lutzenberger, 1982) など注意機能の一端として考えられている。以上のN1, P2波の振幅が増大したことから,嫌悪刺激の手がかりに対して共にヴィジラントな対処を採択したことを示したものと見えるが,そのヴィジランスの機能はそれぞれ異なっているものと推測できる。

しかしこの点を明確にするためには次の2つの問題が検討すべき課題として残されている。第一の問題は,予測不可能・制御不可能,予測可能・制御不可能,予測可能・制御可能の3種のストレス事態がこの順序で同一被験者によって施行されたことによる履歴効果を見逃すことができない。本実験はこの履歴効果を排除するために,被験者間要因で施行された。第二点は, N1 振幅や P2 振幅の増大が,それぞれ電撃到来の予測可能性,制御可能性という事態を反映したのか,あるいは電撃到来の予告信号としての処理を反映したものか明らかでない。

さらに採択される認知的対処方略によって,その自律神経系活動も影響されると予測できる。ストレス刺激に対して有効な対処方略がなく,耐え続ける受動的対処を余儀なくされるような事態では心臓迷走神経活動が賦活する (Berntson, Cacioppo, & Feildstone, 1996)。すなわち,予測可能性,制御可能性の有無により採択された認知的対処方略が,心臓迷走神経系活動の賦活および低下に影響する可能性が考えられる。従って,認知的対処方略について皮質活動から接近し,その注意機能と自律神経系活動との関係を検討することも重要となる。

そこで本実験では,嫌悪刺激到来とは直接関連しない無関連な刺激を予測可能事態,制御可能事態にそれぞれ挿入し,関連,無関連刺激に対するERPの注意成分を比較することによりヴィジラントな対処方略を検討する。予測可能な事態 (Monat et al., 1972),回避可能な事態 (Averill & Rossen, 1972; Evans et al., 1984; Miller, 1979, 1987) では,ヴィジラントな対処方略が選択されるということから,注意成分の振幅増大が生じられると思われる。すなわち関連刺激および無関連刺激に対する成分に,採択された対処方略が反映し,特に事態全体においてヴィジラントな対処方

略を採択した場合には、無関連刺激に対する振幅増大が生じると予測できる。さらにこれらの認知的対処方略と心臓迷走神経系活動との対応についても、N1, P2波の振る舞いと関連づけて検討する。

方 法

被験者 健康大学生および大学院生54名（男性22名、女性32名、平均年齢 22.0 歳 $\pm$ 1.7）を被験者とした。

刺激と実験デザイン 本実験は2種類の純音（ピッチ；400 Hz, 900 Hz, 持続時間；100 ms, 音圧；70 dB, ライズ／フォール；10 ms）と嫌悪ショックとしての電気刺激を使用した。音刺激は、同じピッチの純音を1000 msの間隔で10回、10秒間断続的に提示し、これを1系列とした。そして400 Hzの純音から構成される系列と900 Hzの純音から構成される系列の合計2種類を作成した。嫌悪ショックの強度は、ボリューム（AC 75V, 0.1 - 1 mA）によって被験者が主観的に不快もしくは痛みを感じる強度に設定し、皿電極（Ag-AgCl）を介して左手首により提示した。従って、物理的強度は被験者によって異なっている。その嫌悪ショック提示時間は500 msであった。これらの音と嫌悪ショックの刺激提示は、予測、制御の有無に応じてコンピュータプログラムによって制御された。

本実験は嫌悪ショック到来の予測と嫌悪ショック回避の有無を操作し、3種類の条件群を設定した。そして被験者は3群のいずれかにランダムに振り分けられた。第一の群は、嫌悪ショックの予測・制御可能群（predictable and controllable; P-C群）である。この群では、どちらか一方の音を嫌悪ショック到来の予告信号、すなわち"関連音"とし、他方の音を嫌悪ショックに対して"無関連音"とした。関連音に対してその系列終了2 s後に嫌悪ショックを提示した。しかし嫌悪ショックを回避するための回避ボタンが与えられており、関連音提示終了後の2 s以内にボタンを押すことによってその嫌悪ショックの回避は可能となった。第二の群は、予測可能・制御不可能群（predictable and uncontrollable; P-UC群）である。刺激の

提示方法はP-C群と全く同じであるが回避ボタンは与えられていない。第三の群は、予測不可能・制御不可能群（unpredictable and uncontrollable; 以下、UP-UC）である。この群では、2種類の音系列と嫌悪ショックはそれぞれランダムに提示された。

手続き 実験は空調設備をもつ実験室で行い、測定時には室温22-24度に保たれた。測定中、被験者は呼吸周波数を一定に保つため、安楽椅子に座り開眼にて呼吸統制を行った。呼吸統制は一定間隔で伸縮するバー（約0.25 Hz）を被験者に提示し、これに併せて呼吸するよう教示した。本実験は各群とも1ブロック7分間とし、まずベースラインとして音刺激のみを提示するプレテストを1ブロック行った。続いて条件に応じて教示し、音刺激と嫌悪ショックが提示される嫌悪セッションを行った。このセッションは3ブロックから構成されている。最後に再び音刺激のみ提示するポストテスト（1ブロック）を行った。従って本実験は合計5ブロックから構成されている。2種類の音系列および嫌悪ショックは、1ブロックにつき5回ずつ提示された。また関連音、無関連音の提示間隔は20～90 sの間でランダムに提示した。なおUP-UC群の嫌悪ショックは、音系列が提示されない区間に提示した。またP-C群の嫌悪ショックを受ける頻度は回避反応数に依存したため、実際に提示された回数は被験者によって異なった（3ブロックにつき平均3.3 $\pm$ 4.6回）。

被験者は、各ブロック終了直後、2種類の音刺激、嫌悪ショック（嫌悪セッションのみ）、さらにいずれの刺激も提示されない区間について、それぞれ主観的な「快-不快(感情価)」および「鎮静-覚醒(覚醒度)」を9ポイントスケールで評価するよう求められた（Lang, Bradley, & Cuthbert, 1990）。高得点は不快、高覚醒をそれぞれ意味する。

記録と分析 生理指標に脳波（EEG）、心電図（ECG）、呼吸を測定した。これらの増幅はポリグラフィシステム（NEC-Sanei 360 system）を用い、トリガー信号とともにFMデータレコーダ（TEAC XR-510）に記録した。時定数については、EEGを0.3 s, ECGを0.03 s, 呼吸を3 sとした。EEG

は国際10-20法に従うFz, Cz, Pzの3部位から、それぞれ両耳朶結合を基準として単極導出した。また、眼球運動や瞬目によるアーティファクト混入を監視するため、EEGと同時に左眼窩の外側と眼窩上部に電極を装着し眼電図(EOG)を記録した。EEG, EOGの測定にはいずれもAg-AgCl電極を使用し、脳波測定の電極間抵抗は5k Ω 以下とした。ECGは胸部部に装着した皿電極によって導出した。呼吸の測定は被験者の右鼻孔部先端にサーミスタ(NEC-Sanei, 呼吸ピックアップ45257)を装着して行った。

EEGは、オフラインで純音オンセットをトリガーにして加算平均された。その結果、眼球運動、瞬目によるアーティファクト混入のため、十分加算回数の得られなかった被験者8名を分析の対象から除外した。本研究は10個の純音を一定間隔で断続的に10s間呈示した。このような場合、刺激系列位置によってN1, P2波の振幅減衰が生じる(Fruhstorfer, 1971)。またN1波は上側頭(感覚モダリティ特殊)成分, T複合, モダリティ非特殊成分といった複数の成分で構成されており、反復呈示することによって、N1波を構成する各成分の占める比率が変化するという報告もある(Näätänen & Picton, 1987)。従って、音系列を構成する10個の純音を、系列位置ごとに加算処理を行う方が妥当であると思われる。しかしながら、個々の系列位置に従って加算するほど十分なサンプルが得られていないため、先頭の1, 2番目と3~9番目の純音を分離して加算処理を行った。なお最終の10番目は他の系列位置とは異なる意味(特に関連音)をもつと想定されるため、分析から除外した。またUP-UC群については、いずれの音系列も無関連音として呈示したため、2種類の純音をまとめて加算平均した。最終的にP-C群16名(男性: 6名, 女性: 10名), P-UC群16名(男性: 7名, 女性: 9名), UP-UC群14名(男性: 5名, 女性: 9名)の被験者を分析の対象とした。ERP波形の基線は、純音前20msの脳波を平均することで算出した。そして、潜時80msから150ms間にある陰性波(N1), 潜時150msから250ms内にある陽性波(P2), および250msから550ms内にある陽性波(P3)のピーク振幅と

潜時を測定した。

心拍変動波形は、ECGのR波を抽出後、拍動間隔の時系列データをスプライン補間によって500msの等間隔に変換し算出した。ブロックごとの心拍変動波形と呼吸について最大エントロピー法によるスペクトル分析を行った。そして、0.04~0.15Hzの帯域にある低周波成分(low frequency components: LF成分)と0.2~0.3Hzの帯域で呼吸のピーク周波数と一致する心拍変動の高周波成分(high frequency components: HF成分)のパワー値(ms²)を検出した。さらに音刺激呈示中(10s)の波形については、音系列の先頭の純音オンセット時を基準に、拍動間隔データの平均心拍波形を算出した。

心理データは、2種類の音刺激、嫌悪ショック(嫌悪セッションのみ)、いずれの刺激も呈示されない区間についての感情価および覚醒度の得点を平均することによって、事態全体の感情評価を行った。

またそれぞれの平均値について分散分析を施した。特に反復測定デザインの場合、球形仮定の検討を必要とし、球形仮定が棄却されれば、Greenhouse-Geisserの自由度補正する必要がある(千野, 1994)。そこで全ての分析においてMauchlyの球形検定によって大局的球形仮説、もしくは局所的球形仮説を検討した。しかしいずれの分析においても球形仮定が成り立ったため、自由度調整の必要はないものと判断した。

結 果

事態全体に対する感情価と覚醒の評価はP-C, P-UC, UP-UC群はいずれも、嫌悪セッションで不快方向にシフトしている。一方、覚醒度は3群間に違いが認められた(Figure 1)。群(P-C, P-UC, UP-UC)×セッション(プレテスト, 嫌悪セッション, ポストテスト)の反復測定分散分析を施した結果、感情価ではセッションの主効果($F(2, 86)=22.26, p<.0001$)が認められた。またLSD検定の結果、プレテストと嫌悪セッション($p<.001$)、プレテストとポストテスト($p<.01$)、嫌悪セッションとポストテスト($p<.001$)との間に有意差が認められた。一方、覚醒度では、有

Figure 1 Mean scores of the valence and arousal ratings for each period and the aversive shock per se. The scales for affective valence and arousal range from 1 to 9. Higher values indicate much unpleasantness and higher arousal, respectively. Vertical bars indicate standard errors of means (SEM). Note. UP-UC = unpredictable & uncontrollable group; P-UC = predictable & uncontrollable group; P-C = predictable & controllable group.

意な交互作用 ($F(4, 86)=2.92, p<.05$) が認められた。LSD検定の結果、3群間のプレテストには差 ($p>.10$) はなく、嫌悪セッションにおいてP-C群とUP-UC群 ($p<.001$)、P-UC群とUP-UC群 ($p<.05$) との間に有意差が認められ、ポストテストでは、P-C群とUP-UC群 ($p<.001$)、P-UC群とUP-UC群 ($p<.001$) との間に有意差が認められた。また嫌悪ショックに対しては、感情価で群による差は見られないが、覚醒ではP-C群が他の2群に比べ高覚醒を示した。一要因分散分析の結果、覚醒の得点に主効果 ($F(2, 43)=3.85, p<.05$) が認められ、LSD検定において、P-C群とUP-UC群の間に有意差 ($p<.01$) が認められた。

嫌悪ショックに対する馴化について、ブロックが進むに従い全体的に快、および低覚醒方向にシフトする傾向があった。そこで群 (P-C, P-UC, UP-UC) $\times$ ブロック (3) を検討したところ、感情価 ($F(2, 86)=4.43, p<.05$) と覚醒 ($F(2, 86)=5.88, p<.01$) にそれぞれでブロックの主効果が認められ、交互作用についてはいずれの従属変数においても認められなかった。感情価の各ブロックの平均

値は、順に $6.7 (\pm 1.9)$, $6.4 (\pm 1.5)$, $6.0 (\pm 1.6)$ であり、覚醒度に関しては、 $6.3 (\pm 2.1)$, $6.0 (\pm 2.0)$, $5.5 (\pm 2.1)$ となった。従ってブロックの進行に伴って馴化は認められるものの、嫌悪セッション全体を通して不快感情および覚醒度は中程度以上の水準で維持されていたといえる。

ERP 関連音および無関連音に対するERPを条件ごと加算した。加算の際には、純音の系列位置に応じて、1～2番目 (以下、1st-2nd)、および3～9番目 (以下、3rd-9th) の純音に対する脳波を別々に加算し、Figure 2 に示した。

1st-2ndでは、全ての群においてN1波 (頂点潜時約100ms)、P2波 (頂点潜時約150-250ms)、P3波 (頂点潜時約250-500ms) が認められる。一方3rd-9thでは、N1波とP2波が観察されたが、P3波は減衰し明瞭な出現は認められなかった。各成分の中でCzとFzで導出されたN1波の振幅に群差、関連・無関連の刺激による差が観察された。しかし、頂点潜時に関してはセッション間、刺激の種類、群による違いは認められない。

Figure 2 Grand averaged ERP waveforms to the relevant and irrelevant tones for UP-UC group (n=14), P-UC group (n=16), P-C group (n=16) at Fz, Cz and Pz. The left panels show the waveforms averaged from the 1st and 2nd tones of trains. The right panels show the waveforms averaged from the 3rd to the 9th tone of trains.

Figure 3 Mean N1 amplitudes (μV) to the relevant and irrelevant tones for three groups in each period. "1-2" amplitudes were averaged from the 1st and 2nd tones of trains. "3-9" amplitudes were averaged from the 3rd to the 9th tone of trains. Vertical bars indicate standard error of means (SEM).

CzのN1波について、各群、刺激、呈示順序ごとにその平均振幅を算出した (Figure 3)。プレテストとポストテストにおけるN1波は、1st-2ndに比べて3rd-9thの振幅が減衰していることが分かる。しかし嫌悪セッションにおける、系列位置に伴う変化は群によって異なっていた。P-C群は、関連、無関連音ともにN1波の高い振幅を維持しており、系列位置による減衰は見られなかった。P-UC群は関連音にのみに系列位置の効果が消失している。一方UP-UC群は、1st-2ndで既に減少していることから、呈示順序による減衰は認められない。しかし1st-2ndのN1振幅が、ポストテストにおいて回復している。

N1波の振幅についてP-C群、およびP-UC群それぞれに、刺激 (関連、無関連) $\times$ 刺激系列位置 (1st-2nd, 3rd-9th) $\times$ セッション (プレテスト、嫌悪セッション、ポストテスト) の三要因反復測定分散分析を施した結果、P-C群において、系列位置 ($F(1, 15) = 10.0$, $p < .01$)、セッション ($F(2, 15) = 4.36$, $p < .05$) の主効果、および系列位置 $\times$ セッションの交互作用 ($F(2, 30) = 7.18$, $p < .01$) が認められた。交互作用についてLSD検定を行った結果、プレテスト ($p < .05$) とポストテスト ($p < .01$) で系列位置の効果が認められたが、

嫌悪セッションにおいては認められなかった。3rd-9thのN1振幅について各セッション間で比較すると、嫌悪セッションのN1振幅はプレテスト ($p < .01$)、およびポストテスト ($p < .05$) との間にそれぞれ有意差が認められた。P-UC群では、系列位置の主効果 ($F(1, 15) = 157.5$, $p < .001$) のみが認められた。

UP-UC群については、刺激系列位置 (1st-2nd, 3rd-9th) $\times$ セッション (プレテスト、嫌悪セッション、ポストテスト) の二要因反復測定分散分析を施し、系列位置の主効果 ($F(1, 13) = 4.77$, $p < .05$) の主効果と交互作用 ($F(2, 26) = 3.82$, $p < .05$) が認められた。交互作用についてLSD検定を施した結果、系列位置の効果はプレテスト ($p < .01$) とポストテスト ($p < .01$) で認められたが、嫌悪セッションではその効果は認められなかった。1st-2ndのN1振幅について各セッション間で比較すると、嫌悪セッションのN1振幅はプレテスト ($p < .01$) およびポストテスト ($p < .05$) のN1振幅との間にそれぞれ有意差が認められた。

P3波については、1st-2ndのみの平均振幅を算出した (Figure 4)。P-C群の関連音だけは、プレテスト時の振幅が小さいことから、嫌悪セッション時に振幅増大しているようにも見える。しかし

Figure 4 Mean P3 amplitudes (μ V) to the relevant and irrelevant tones for three groups in each period. These amplitudes were averaged from the 1st and 2nd tones of trains. Vertical bars indicate standard errors of means (SEM).

無関連音に対しては、いずれの群もプレテストに比べ嫌悪セッションおよびポストテストで振幅の減少する傾向がみられる。P-C, P-UC群について刺激(関連, 無関連)×セッション(プレテスト, 嫌悪セッション, ポストテスト)の反復測定分

散分析を施した結果、P-C群にのみ刺激×セッションの交互作用 ($F(2, 30) = 4.82, p < .05$) が認められた。その交互作用についてLSD検定を行った結果、プレテストの刺激の効果 ($p < .01$) と関連音の嫌悪セッションとプレテスト ($p < .05$) 間に有意差が認められた。またUP-UC群のセッションの違いについて、一要因3水準の分散分析を行った結果、有意な傾向 ($F(2, 26) = 3.30, p = .053$) が認められた。

自律神経系活動 パワースペクトル密度関数は、各群のプレテスト時の平均値にもっとも近似していた値を示した被験者を、その各群から一名ずつサンプルとして選択し、Figure 5に示した。そのサンプルからも分かるように、いずれの被験者においてもHF成分は明瞭に同定されるが、LF成分に関しては明確なピークが観察しにくい。それぞれの成分のパワー値 (ms^2) について、各群ごとに平均値を算出した (Table 1)。LF成分のパワー値は3群ともに嫌悪セッションで増加し、HF成分のパワー値は嫌悪セッションで低下する傾向が見られた。各成分の平均値について、群 (UP-UC, P-UC, P-C) ×セッション (プレテスト, 嫌悪セッション, ポストテスト) の分散分析を施した結果、LF成分に関してはいずれの主効果も、交互作用も認められなかったが、HF成分に関しては、セッションの主効果 ($F(2, 86) = 3.59, p < .01$) が認められた。その主効果についてLSD検定を行った結果、プレテストと嫌悪セッション ($p < .01$) およびプレテストとポストテスト ($p < .01$) との間に有意差が認められた。

拍動間隔について、嫌悪セッション時の関連音、および無関連音に対する拍動間隔 (サンプリング: 500 ms, 持続時間: 10 s) と、プレテスト時の音に対する比較を行った (Figure 6)。なおプレテストの拍動間隔は、関連音、無関連音の区別はないため、2つの音をまとめて平均した。P-C群では、関連音開始から3 sまで加速し、開始から9 s前後ではほぼ0 msに復帰している。一方P-UC, UP-UC群については明確な違いは認められない。この10 s間の拍動間隔データについては、時系列要因の水準数 (20) に比し、十分なサンプル数 ($n = 14 \sim 16$) が得られていない。その

Figure 5 Power spectral density (ms^2/Hz) from a single subject in each group.

Table 1. Mean (SD) LF and HF powers (ms^2) in each period

Group	LF power			HF power		
	pre-test	aversion	post-test	pre-test	aversion	post-test
UP-UC	19.1 (5.9)	25.2 (4.7)	26.6 (2.7)	220.1 (83.3)	178.9 (73.1)	214.9 (82.9)
P-UC	13.6 (2.7)	20.1 (3.5)	22.1 (3.3)	183.0 (47.3)	166.6 (46.9)	153.2 (36.2)
P-C	19.2 (5.1)	21.9 (4.4)	21.0 (3.6)	200.1 (61.7)	138.0 (35.6)	149.1 (49.7)

Figure 6 Changes in heart periods (HPs) during the presentation of tone stimuli in pre-test and aversive periods. Horizontal dotted lines correspond to the HP values of the start point at onset of the 1st tone.

ため球形仮定の検討が困難であった理由から、統計的検討を施行しなかった。

考 察

本研究は、嫌悪刺激到来とは直接関連しない無関連な刺激を予測可能事態、制御可能事態にそれぞれ挿入し、関連、無関連刺激に対するN1あるいはP2波を比較することによりヴィジラントな対処方略を検討することを目的とした。

N1波振幅の変化に予測可能性、制御可能性の違いが現れた。本研究のように純音を短い間隔において断続的に反復呈示した場合、馴化によるN1波振幅の減衰が生じる (Fruhstorfer, 1971)。プレテストとポストテストではそのような減衰効果が観察されるが、嫌悪セッションにおいては、系列位置による振幅変化が消失している。またその振幅は、予測可能性と制御可能性の違いによって異なっていた。P-C群は、関連音、無関連音ともに、系列位置の差異は小さく、プレテストと比較しても高振幅を維持している。またP-UC群では統計的差異が認められなかったものの、関連音に対する振幅が系列位置によって変化していない。UP-UC群は、系列位置による減衰がみられないが、1st-2ndの振幅が既に減衰しており、ポストテストでは再びプレテストと同じ程度に回復したことから、1st-2ndのN1振幅の減衰は嫌悪セッションの導入とともに抑制されたとみなすことができる。

Näätänen & Picton (1987)によれば、N1波の上側頭成分は選択的注意の効果によって、またモダリティ非特殊成分は脳幹網様体の賦活による覚醒反応として振幅がそれぞれ増大するとしている。また彼らは、刺激系列の先頭の純音に対しては、上側頭成分にモダリティ非特殊成分が重畳することによって振幅の増大が生じ、系列の2番目以降は、上側頭成分から構成されるとしている。この知見に従えば、P-C群のN1振幅に嫌悪セッション中の系列位置の減衰は見られず、関連音、無関連音いずれに対しても高水準で維持されたのは、上側頭成分の活動が持続したことによるものと推測でき、外界刺激に対して汎性的な感受性が高まっていたものと考えられる。P-C群が最も高い心理的覚醒を示したことも含め、外界への注意配分が増加するような認知的対処方略、すなわち情報を探索する方略を採択することによって、心理的興奮の増強をもたらす可能性を示唆している。これらの結果は、嫌悪刺激到来の予測可能な事態 (Monat et al., 1972)、回避可能な事態 (Averill & Rossen, 1972; Evans et al., 1984; Miller, 1979, 1987)でヴィジラントな対処方略が選択されるという主観的報告あるいは選択反応を指標に

した従来の知見を、脳中枢神経活動の結果から支持するものとなった。一方UP-UC群では、嫌悪セッションの開始に伴ってN1振幅が低下した。外界に対するノンヴィジランス状態、すなわち拒否的な方略を反映したものと推測できる。

音刺激呈示中の拍動間隔については、P-C群の関連音に大きな変化が生じていた。この変化はP-UC群ではみられないことから、来たるべく嫌悪ショックの予期によるものではなく、恐らく回避反応に対する予期的準備によるものと考えられる。

P3波の振幅は、予測可能性、制御可能性の有無に関わらず、1st-2nd刺激に対してのみ大きく出現していた。このP3波は、系列の先頭の純音が無音状態から呈示されたことを考慮すると、定位反応として惹起された波と推測できる (Ritter, Vaughan, & Costa, 1978)。しかしながら、P2波とともに、予測可能性、制御可能性の影響は認められなかった。

本研究結果は、嫌悪刺激到来の予測可能性、制御可能性を操作した事態で予測可能な事態でN1波、制御可能な事態でP2波が増大する (石田他, 2000) という報告と異なっていた。その理由の一つに、石田他 (2000) は被験者内要因を用いたことに対し、本研究は被験者間要因を用いたことである。すなわち履歴効果により、同じような予測可能性、制御可能性が保持されていたとしても、採択される認知的対処方略も変化すると思われる。しかしN1振幅の増大に伴って不快かつ主観的な興奮が生じるという共通点もあった。

また心臓迷走神経活動と認知的対処方略との関連について、ストレス刺激に対して有効な対処方略がなく、耐え続ける受動的対処を反映する事態では心臓迷走神経活動が賦活されるという知見 (Berntson et al., 1996) から、UP-UC群でHF成分のパワー値増大を予測していた。しかしながら予測可能性、制御可能性の違いは認められず、3群いずれの嫌悪セッションにおいてもパワー値の低下が生じている。この結果は、ストレス負荷それ自体の効果として心臓迷走神経系活動の低下 (榊原, 1992) を示唆したものであり、認知的対処の違いは反映されなかった。LF成分は、いずれ

の群においても嫌悪セッションでわずかにパワー値の増大がみられるが、HF成分と同様に予測可能性・制御可能性の違いは認められない。このLF成分はHF成分の減少に拮抗して増加しているようにもみえる。しかし自律神経系活動との対応関係は未だ明確ではないため、データの解釈には慎重を要する (早野, 1996)。

結 論

本研究は、嫌悪刺激到来の関連音と無関連音を用いて、ERPによる注意成分から、ヴィジラントな対処方略がストレス反応に及ぼす影響を検討した。本実験において観察された注意関連電位の中でN1波の振幅増減が認知的対処方略と関連していた。N1振幅の増大に反映されたヴィジラントな対処方略は、制御可能性による心理的な高覚醒状態をもたらしており、ストレス低減効果は見出せなかった。一方、HF成分、LF成分など自律神経系活動と予測可能性、制御可能性の事態の違いに伴う認知的対処方略との間に明確な対応は見出せなかった。すなわちストレス状況下の自律神経系活動には、有害刺激に対する非特異的な反応しか引き出すことができなかった。N1波の変化などストレス下における皮質活動と自律神経系活動との間には、今後探査すべき課題が残されている。

引用文献

- Averill, J. R., & Rosenn, M. 1972 Vigilant and nonvigilant coping strategies and psychophysiological stress reactions during the anticipation of electric shock. *Journal of Personality and Social Psychology*, 23, 128-141.
- Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., & Fieldstone, A. 1996 Illusions, arithmetic, and the bidirectional modulation of vagal control of the heart. *Biological Psychology*, 44, 1-17.
- 千野直仁 1994 反復測定デザイン概説—その1 愛知学院大学文学部紀要, 23, 223-236.
- Evans, P. D., Phillips, K. C., & Frarn, J. M. 1984 On choosing to make aversive events predictable or unpredictable: Some behavioural and psycho-

- physiological findings. *British Journal of psychology*, 75, 377-391.
- Fruhstorfer, H. 1971 Habituation and dishabituation of the human vertex response. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 30, 306-312.
- 早野順一郎 1996 心拍のゆらぎと自律神経 ライフサイエンス出版.
- Hillyard, S. A., Hink, R. F., Schwent, V. L., & Picton, T. W. 1973 Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182, 177-180.
- 石田光男・木田光郎・榊原雅人 2000 嫌悪ショックの予測可能性および制御可能性が皮質活動と心臓副交感神経活動に及ぼす効果 生理心理学と精神生理学, 18, 219-229.
- 北島象司 1983 注意と生理学的機構 サイコロジ, 40, 36-45
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. 1990 Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological Review*, 97, 377-395.
- Miller, S. M. 1979 Coping with impending stress: Psychophysiological and cognitive correlates of choice. *Psychophysiology*, 16, 572-581.
- Miller, S. M. 1981 Predictability and human stress: Toward a clarification of evidence and theory. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology*, Vol.14. New York: Academic Press, Pp.203-256.
- Miller, S. M. 1987 Monitoring and blunting: Validation of a questionnaire to assess styles of information seeking under threat. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 345-353.
- Monat, A., Averill, J. R., & Lazarus, R. S. 1972 Anticipatory stress and coping reactions under various conditions of uncertainty. *Journal of Personality and Social Psychology*, 24, 237-253.
- Näätänen, R., & Picton, T. W. 1987 The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: A review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24, 375-425.
- Ritter, W., Vaughan, H. G., Jr., & Costa, L. D. 1968 Orienting and habituation to auditory stimuli: A study of short term changes in average evoked responses. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 25, 550-556.
- Rochstroh, B., Elbert, T., Birbaumer, N., & Lutzenberger, W. 1982 *Slow brain potentials and behavior*. Baltimore: Urban & Schwarzenberg.
- 榊原雅人 1992 心拍変動のスペクトル分析による自律神経機能の評価 一鏡映描写課題における検討一 心理学研究, 63, 123-127.