刺激間間隔が選択的聴取時の 非関連刺激 ERP に及ぼす効果¹⁾

広島大学教育学研究科 赤井俊幸²⁾

Effects of interstimulus interval on event-related potentials to irrelevant stimuli during selective listening

AKAI, Toshiyuki

Department of Psychology, Faculty of Education, Hiroshima University
1-1-2 Kagamiyama Higashi-Hiroshima 724

Event-related potentials (ERPs) to auditory stimuli were recorded from 12 adults when they listened to, or ignored those stimuli. Dichotic auditory stimuli, which were different in pitch, and visual stimuli, which differed in color and duration, were presented at short (200-500ms) or long (600-1500ms) interstimulus intervals (ISIs). These auditory and visual stimuli had no relation in timing of presentation. Subjects were required either to attend to one ear and detect targets which were higher in pitch than standards, or to attend to visual stimuli and ignore all auditory stimuli. Results in both ISI conditions showed that there were similar positive shifts in ERPs to irrelevant stimuli in the auditory attention condition relative to auditory ERPs in the visual attention condition in 200-300ms latency range. This suggests that the positive shift in ERPs to irrelevant stimuli is not caused by the overlap of ERPs elicited by preceding stimuli, but an endogenous component that relates to rejection of the irrelevant stimuli.

Key words: selective listening, event-related potentials (ERPs), interstimulus interval, inhibition of irrelevant stimuli

【要 約】 12名の成人から、聴覚刺激を選択的に聴取している事態、および無視している事態での事象関連電位 (ERP) を記録した。ピッチの異なる両耳分離聴覚刺激と、色および呈示時間の異なる視覚刺激とを短い刺激間間隔 (ISI, 200-500ms) あるいは長い刺激間間隔 (600-1500ms) で呈示した。聴覚刺激および視覚刺激は、時間的関係をもたないように呈示した。被験者には、一方の耳に注意を向け、標準刺激よりもピッチの高い標的刺激を検出すること、あるいは視覚刺激に注意を向け、全ての聴覚刺激を無視することを求めた。その結果、視覚刺激注意条件における聴覚 ERP に比べて、聴覚刺激注意条件における非関連刺激 ERP には、両 ISI 条件で類似した陽性シフトが 200-300ms 潜時帯でみられた。このことは、非関連刺激 ERP における陽性シフトが、先行刺激に対する ERP の重畳によるものではなく、非関連刺激の排除と関連した内因性陽性電位であることを示唆する。

1) 本研究の結果の一部は、日本心理学会第56回大会 (1992, 同志社大学) において発表した。

2) 本論文の作成にあたり、御指導くださいました広島大学利島 保教授、宮谷真人助教授、ならびに貴重な御意見をくださいました兵庫医科大学沖田庸嵩助教授に深く感謝いたします。

われわれは、その時々が必要に応じて、ある特定の刺激を優先的に処理するために、その刺激に対して選択的に注意を向ける。このような状況における刺激選択処理機構や注意の機序については現在も活発な議論がなされている (Johnston & Dark, 1986 のレビューを参照)。心理生理学の分野においても研究が盛んに行われており、とくに事象関連電位 (ERP) を指標として多くの研究がなされている (Hillyard & Picton, 1987; 沖田, 1989 のレビューを参照)。

ERP を指標とした、聴覚モダリティにおける選択的注意や刺激選択処理機構に関する実験では、両耳分離聴態での選択的聴取課題がよく用いられる。例えば、呈示確率の高い刺激と、それよりも呈示確率が低く、わずかにピッチの高い刺激とを両耳に無作為な順序で呈示し、片耳に呈示される刺激のうち、ピッチの高い刺激を検出させる。そして、課題関連刺激 (注意刺激) に対する ERP から課題非関連刺激 (非注意刺激) に対する ERP を減算すると、“Nd” (Hansen & Hillyard, 1980) と呼ばれる陰性電位が得られる。現在までこのような ERP 研究から、刺激の物理的特徴の並列的分析による階層的な選択 (Hansen & Hillyard, 1983) や、分割注意にともなう注意容量の配分と Nd との関連 (Parasuraman, 1978) などが示唆されている。

ところで、選択的注意や刺激選択処理に関する研究では、関連刺激の処理過程について調べたものが多いが、一方、非関連刺激の処理過程についての研究もいくつか行われている。例えば、Treisman (1964) は、両耳分離聴課題を用いた一連の実験結果から、Broadbent (1958) のフィルター説を修正し、刺激の選択は非関連刺激の完全な遮断ではなく、非関連刺激を抑制することによってなされるというモデルを示している。また、最近では、視覚プライミング課題において、プライム刺激中で無視された刺激が標的刺激として呈示された場合には、プライム刺激と標的刺

との間に何の関連もない場合に比べて反応時間が長くなることが報告されている (Tipper, 1985; Tipper & Driver, 1988; Tipper, Bourque, Anderson, & Brehaut, 1989)。このことから、Tipper らも、刺激選択過程における注意の機能には、関連刺激処理の促進だけでなく、非関連刺激処理の抑制も含まれていることを示唆している。

Treisman や Tipper らが行った様々な実験は、注意の機序や刺激選択処理の検討に有益な示唆を与えている点で評価できる。しかし、彼らの考えは、関連刺激処理に対する非関連刺激の干渉や、無視されたプライム刺激が標的刺激の処理に与えている影響から、間接的に推測されているに過ぎない。一方、ERP を指標として用いれば、非関連刺激の脳内処理過程を比較的直接的に記録でき、抑制過程という心理学的構成概念を、神経活動という生理学的証拠として得られる可能性がある。また、実際にその証拠が得られれば、抑制過程の性質についても詳細に検討できるかもしれない。

ERP を指標とした、非関連刺激の処理過程に関連する研究は少ないが、いくつか興味深い報告がなされている。Alho, Töötölä, Reinikainen, Sams, & Näätänen (1987) および Michie, Bearpark, Crawford, & Glue (1990) は、選択的聴取課題を行い、関連刺激 ERP と非関連刺激 ERP とを得た。また、選択的聴取課題のものと同じ聴覚刺激を呈示しながら、読書課題あるいは視覚弁別課題も行わせた。読書のように、他モダリティに注意を向けている状況では、特定の聴覚刺激の選択や排除は行われていないと想定されることから、読書課題あるいは視覚弁別課題遂行中に呈示された聴覚刺激に対する ERP を、比較のための統制 ERP として用いた。このような手続きによって比較を行うと、視覚刺激注意時の聴覚 ERP に比べて、関連刺激 ERP は陰性方向に、非関連刺激 ERP は陽性方向にシフトしていた。前者の陰性シフト (処理陰性電位, Näätänen, 1982) は、関連刺激の物理的特徴の表象 (注意痕跡) と入力刺激との間の比

較・照合過程 (Näätänen, 1982), あるいは弁別容易な刺激属性による選択後の更なる選択過程 (Hansen & Hillyard, 1980) の反映と推測されている。一方, 非関連刺激 ERP の陽性シフトについて, Alho et al. (1987) の結果を見ると, 非関連刺激に対する N1 波と読書時の N1 波とがほぼ同じ振幅の場合にも, P2 潜時帯の陽性方向へのシフト量が異なることから, 単なる N1 波の基線復帰に付随した陽性波であるとは考えられない。したがって, この陽性シフトは, 非関連刺激処理と関連した何らかの心的機能を反映していると推測できるが, Alho et al. (1987) は, いくつかの可能性のうちの 1 つとして, 非関連刺激の処理を抑制する過程を反映しているという考えを示している。もし, この陽性シフトが, 本当に選択的注意による非関連刺激処理の抑制を反映しているのであれば, 今後の注意研究において有力な指標となり得る。

しかし, この陽性シフトが, 非関連刺激処理の抑制のような, 非関連刺激処理と関連した何らかの心的機能を反映する内因性陽性電位であると解釈する前に, 検討しなければならない問題がある。それは, 刺激を短い間隔 (Alho et al., 1987 では 410ms 一定; Michie et al., 1990 では 200–500ms) で呈示したことによる, 当該刺激より前に呈示された刺激に対する ERP が重畳した可能性である (Michie et al., 1990)。Michie et al. (1990) の結果を見ると, 刺激呈示前の基線区間において, 先行刺激に対する ERP の影響とみなせる陽性方向への変動が存在している。このことは, 刺激間間隔 (ISI) を無作為に設定しても, 先行刺激 ERP の重畳を完全には除去できないことを示している。具体的に, 先行刺激 ERP の重畳が非関連刺激 ERP の陽性シフトとして現れる可能性としては, 先行刺激が関連刺激であった場合には, 処理陰性電位の陽性方向への基線復帰が考えられる (Hansen & Hillyard, 1988)。また, Alho et al. (1987) ではその課題特性から, 非関連刺激の呈

示にともなう, CNV 様陰性電位の基線復帰も考えられる (Karlin, 1970)。したがって, まず非関連刺激 ERP の陽性シフトが先行刺激 ERP の重畳によるものではないことが示されなければ, これを非関連刺激処理と関連した何らかの心的機能を反映する内因性陽性電位として解釈することはできない。

本研究の目的は, この非関連刺激 ERP の陽性シフトが先行刺激 ERP の重畳による可能性について検討することである。具体的には, 先行研究と同等の ISI で刺激を呈示する条件 (短 ISI 条件) と, 先行刺激 ERP が重畳しない程度の ISI で刺激を呈示する条件 (長 ISI 条件) とを設け, 長 ISI 条件においても, 先行研究と同様の陽性シフトが見られるかどうかについて調べた。

方 法

被験者 右手利きの成人 12 名 (女 8 名, 21.2–25.7 歳) とした。聴力および視力は, 全員が正常範囲内であった。類似の選択的聴取実験に参加した経験をもつ被験者は 1 名のみであった。

刺激 聴覚刺激には, 900Hz, 930Hz, 1500Hz および 1550Hz の純音 (持続時間 50ms, 立ち上がり・減衰時間各 5ms, 約 40dB SPL) を用いた。900Hz 音および 930Hz 音は右耳に, 1500Hz 音および 1550Hz 音は左耳に, ステレオ・イヤフォンを通して無作為な順序で呈示した。視覚刺激としては, 緑色および赤色の小円 (視角約 26') を用い, 50ms および 200ms の呈示時間で, 被験者正面 1m 前方の CRT 中央に無作為な順序で呈示した。刺激の呈示確率は, 900Hz 音, 1500Hz 音, 呈示時間 200ms の緑円および赤円をそれぞれ 40%, 930Hz 音, 1550Hz 音, 呈示時間 50ms の緑円および赤円をそれぞれ 10% とした。聴覚刺激および視覚刺激は, 時間的關係をもたないように, 互いに独立に呈示した。

手続き 実験は, 防響室内の薄暗く照明したシールド・ルーム内で行った。被験者には, 聴覚

刺激注意条件では、視覚刺激を凝視しながら、右耳あるいは左耳に注意を向け、930Hz 音あるいは 1550Hz 音に対してできるだけ素早くかつ正確に右手母指で反応ボタンを押すように教示した。また、非関連刺激に対して注意が向けられることを防ぐために、非関連刺激をできるだけ無視することを強調した。視覚刺激注意条件では、呈示時間 50ms の緑円に対して反応させた。また、左右耳に呈示される聴覚刺激のいずれか一方が選択／排除されることを防ぐために、全ての聴覚刺激をできるだけ無視することを強調した。

上述の両注意条件において、2 種類の ISI 条件を設けた。短 ISI 条件では、聴覚刺激および視覚刺激ともに 200-500ms の無作為な ISI とし、長 ISI 条件では 600-1500ms とした。1 ブロックの刺激数は、短 ISI 条件では 201 個、長 ISI 条件では 66 個とした。

被験者の半数は、短 ISI 条件を全て行った後に長 ISI 条件を行い、残りの半数は逆順序で行った。短 ISI 条件における各注意条件（右耳注意条件、左耳注意条件、視覚刺激注意条件）は、2 ブロックを連続して行った。同様に、長 ISI 条件では 6 ブロックを続けて行った。各注意条件の順序は、被験者間でカウンターバランスし、両 ISI 条件とも同じ順序で行った。練習は、注意条件および ISI 条件が変わるたびに行った。休憩は 6 ブロック毎に設けた。

脳波の記録 脳波は、両耳朶連結を基準として、Fpz, Fz, Cz および Pz（国際式 10-20 法）から銀・塩化銀皿電極を用いて単極導出した。接地電極は、左眉上部に置いた。同時に右眉上部から EOG も記録した。脳波および EOG は、時定数 3.2s、高域遮断周波数 30Hz で増幅し（ハム・フィルタ使用）、聴覚刺激呈示前 150ms から呈示後 750ms までをサンプリング周波数 200Hz で A/D 変換した。

脳波の分析 聴覚刺激に対する ERP のみを分析の対象とした。脳波および EOG は、聴覚刺激注

意条件では、関連高頻度刺激、非関連高頻度刺激、関連低頻度刺激および非関連低頻度刺激に分けて、また、視覚刺激注意条件では、高頻度刺激および低頻度刺激に分けて加算平均処理を行った。この際、各ブロックの第 1 試行、 $\pm 100\mu V$ を超える電位を示した試行、および関連低頻度刺激が呈示された次の試行については加算平均から除外した。

各刺激に対する ERP の振幅は、刺激呈示前 150ms 間の平均電位を基線として算出した。その後、各刺激に対する ERP および差波形の振幅について、繰返し測度の分散分析を行った。検定に際しては、第 1 種の過誤の増大を防ぐため、自由度を $1/11$ に設定し、 $p < .05$ ($F > 4.84$) の場合に有意とした。検定結果の記述においては、自由度および p 値は省略した。多重比較は Ryan 法 (Ryan, 1959) を用いて行い、 $p < .05$ の場合に有意とした。

本論文では、高頻度刺激に対する ERP についての分析のみを報告し、統計分析においては、研究目的の検討に必要な効果のみを記した。

結 果

高頻度刺激 ERP における注意効果

Fig. 1 に、関連高頻度刺激、非関連高頻度刺激および視覚刺激注意条件における高頻度刺激に対する全被験者の平均 ERP を ISI 条件別に示した。なお、右耳呈示刺激と左耳呈示刺激とは込みにして分析を行った。各 ERP の加算回数は、平均 260 回であった。原波形における ISI の効果は N1 波に顕著に現れており、ISI が短い場合に生じる不応効果 (Näätänen & Picton, 1987) によって、長 ISI 条件よりも短 ISI 条件の方が振幅が小さくなっている。

関連刺激 ERP、非関連刺激 ERP および視覚刺激注意条件 ERP の間に、注意の効果があるかどうかを調べるために、各記録部位ごとに ISI（短 ISI、長 ISI）× 刺激（関連刺激、非関連刺激、視

Fig. 1 Grand average ERPs elicited by frequent stimuli in different conditions. Solid lines: ERPs to relevant frequent stimuli in auditory attention condition, broken lines: ERPs to irrelevant frequent stimuli in auditory attention condition, dotted lines: ERPs to frequent auditory stimuli in visual attention condition. Left and right panels shows ERPs in short and long ISI conditions, respectively.

覚刺激注意条件での聴覚刺激)の分散分析を行った。従属変数は、刺激呈示後0msから300msまでの区間については50ms毎の、300msから700msまでの区間については100ms毎の平均電位とした。

分散分析の結果、刺激の主効果は、Fpzでは150-600ms区間($F=7.02-21.95$), Fzでは100-700ms区間($F=6.38-39.27$), Czでは100-250ms区間および400-600ms区間($F=6.44-26.91$), Pzでは150-200ms区間($F=9.83$)で得られた。また、ISI×刺激の交互作用は、Fpzでは500-700ms区間($F=6.66-6.81$), Fzでは500-700ms区間($F=5.35-6.56$), Czでは300-400ms区間($F=7.19$), Pzでは150-200ms区間および250-700ms区間($F=6.01-12.34$)で得られた。非関連刺激ERPおよび関連刺激ERPの特徴、および上記の区間にお

ける下位検定の結果は以下の通りであった。

非関連刺激に対するERP 短ISI条件における非関連刺激ERPは、視覚刺激注意条件ERPに比べて、Fpz, FzおよびCzにおいて、N1頂点以降で陽性方向にシフトしている(Fig. 1)。さらに、この陽性シフトは、短ISI条件だけでなく、長ISI条件においてもみられる。なお、この陽性シフトは、長ISI条件では300ms付近で終結している一方、短ISI条件では前頭部位においては300ms以降も持続しているが、これは1被験者の極端に大きな値(300-700ms平均振幅が $4.9\mu V$)によるものである³⁾。

Table 1には、下位検定の結果、関連刺激ERP、非関連刺激ERPおよび視覚刺激注意条件ERPの間に有意差が得られた区間を示した。

Table 1に示したように、非関連刺激ERPと視覚

3) この被験者の非関連刺激ERPは、振幅が大きいことを除けば、形状や潜時、頭皮上分布などは他の被験者と類似していた。さらに、この被験者を除いたうえで行った統計分析の結果も、込みにした場合とほとんど同じであったので、本論文ではこの被験者のデータを用いた結果を報告する。

Table 1 Intervals where the mean amplitudes of ERPs were significantly different between ERPs to relevant frequent stimuli, ERPs to irrelevant frequent stimuli, and auditory ERPs in visual attention condition.

Comparison	Elec.	Interval(ms)	
		Short ISI	Long ISI
rel. ERP vs. irrel. ERP	Fpz	150-500	150-700
	Fz	100-500	100-700
	Cz	100-250, 300-600	100-250, 400-600
	Pz	150-200, 500-600	300-400
rel. ERP vs. vis. ERP	Fpz	150-200, 300-500	150-200, 300-600
	Fz	100-250, 300-500	100-250, 300-700
	Cz	100-200, 300-600	100-200, 400-600
	Pz	150-200, 500-600	300-400
irrel. ERP vs. vis. ERP	Fpz	150-300	150-300
	Fz	200-300	200-300
	Cz	200-250	200-250
	Pz	---	---

刺激注意条件 ERP との間には, Fpz, Fz および Cz において, 150ms から 300ms にかけて有意差が得られ, 非関連刺激 ERP の方が陽性方向にシフトしていた. 有意差の得られた区間は, 前頭寄りになるほど早く始まり, 長く続いている.

関連刺激に対する ERP 関連刺激に対する ERP は, 従来の知見通り, 非関連刺激 ERP および視覚刺激注意条件 ERP に比べて, N1 頂点以降で陰性方向にシフトしている. 短 ISI 条件では, この陰性シフトは 550ms 前後で終結しているが, 長 ISI 条件では 700ms 付近まで持続している.

下位検定の結果, 関連刺激 ERP について, 視覚刺激注意条件 ERP および非関連刺激 ERP との比較を行うと, いずれも長 ISI 条件では前頭部位において有意差の得られた区間が長く続き, 先の視察内容が統計的に支持された (Table 1).

差波形における ISI の効果

次に, [関連刺激 ERP] - [非関連刺激 ERP], [関連刺激 ERP] - [視覚刺激注意条件 ERP] および [非関連刺激 ERP] - [視覚刺激注意条件 ERP] の減算を行って, 各原波形の電位シフト量を求めた. この結果を各差波形別に示したものが Fig. 2 である. そして, 各差波形について, 短 ISI 条件および長 ISI 条件のいずれか, あるいは両条件にお

Fig. 2 Difference waves obtained by subtracting (a) ERPs to irrelevant frequent stimuli from ERPs to relevant frequent stimuli (left panel, [rel.] - [irrel.]), (b) auditory ERPs in visual attention condition from ERPs to relevant frequent stimuli (middle panel, [rel.] - [vis.]), and (c) auditory ERPs in visual attention condition from ERPs to irrelevant frequent stimuli (right panel, [irrel.] - [vis.]). The shaded areas show a significant ($p < .05$) difference between the two ISI conditions.

いて原波形に刺激の効果が得られた区間 (Table 1) の平均電位を従属変数として ISI×記録部位の分散分析を行い、ISIの効果について調べた。交互作用については、各記録部位における平均電位をベクトル長で規準化 (McCarthy & Wood, 1985) した場合にも有意な交互作用のみを有意とした。

非関連刺激に対する陽性電位 Fig. 2 をみると、[非関連刺激 ERP] - [視覚刺激注意条件 ERP] の差波形は、前頭部位で短 ISI 条件の方が立ち上がり早いようである。これを支持して、150-200ms 区間で ISI の主効果が得られ ($F = 6.36$)、Fpz において短 ISI 条件の方が振幅が大きかった (その他の部位では、陽性電位がみられないので、意味のある差とはみなさない)。

Fig. 3 は、200-250ms 区間における平均電位を ISI 条件別に示したものである。この区間においては交互作用が認められた ($F = 10.52$)。下位検定の結果、Fpz において ISI の単純主効果が有意であり ($F = 8.02$)、短 ISI 条件の方が振幅が大きかった。また、記録部位の単純主効果も有意であった (短 ISI 条件では $F = 17.19$ ；長 ISI 条件では $F = 5.88$)。短 ISI 条件での平均振幅は、 $Fpz > Pz$,

[irrel.]-[vis.] 200-250ms

Fig. 3 Mean amplitude over 200-250ms of the difference waves obtained by subtracting auditory ERPs in visual attention condition from ERPs to irrelevant frequent stimuli.

$Fz > Pz$, $Cz > Pz$ であり、前頭・中心部位間には有意差がみられなかった。一方、長 ISI 条件では、 $Cz > Fpz$, $Fz > Pz$, $Cz > Pz$ であり、中心部位優位の分布を示した。なお、Fig. 3 を見る限り、短 ISI 条件では前頭部優位のようなものであるが、これは先に記した 1 被験者の大きな値によるものである (その被験者を除いた場合の平均振幅は、 $Fpz = 1.2 \mu V$, $Fz = 1.1 \mu V$, $Cz = 0.8 \mu V$, $Pz = -0.1 \mu V$)。前頭部位における 300-700ms 区間についても同じ理由によるものである。

250-300ms 区間については、ISI の主効果および交互作用ともに有意ではなかった。

関連刺激に対する陰性電位 Fig. 2 をみると、[関連刺激 ERP] - [非関連刺激 ERP] および [関連刺激 ERP] - [視覚刺激注意条件 ERP] の減算で得られた陰性電位の初期部分 (100-300ms) には ISI の効果はないが、後期部分 (300ms 以降) については、前頭部位において、長 ISI 条件の方が長く持続している。また、Cz においては、長 ISI 条件の方が後期部分の開始潜時が遅くなっている。

分散分析を行った結果、[関連刺激 ERP] - [非関連刺激 ERP] 差波形においては、300-400ms 区間および 500-700ms 区間で交互作用が有意であり ($F = 11.68-14.52$)、300-400ms 区間では Cz および Pz で、短 ISI 条件の方が陰性であった。500-600ms 区間では Fpz および Fz で長 ISI 条件の方が陰性であったが、Pz では短 ISI 条件の方が陰性であった。600-700ms 区間では Fpz および Fz で長 ISI 条件の方が陰性であった。また、[関連刺激 ERP] - [視覚刺激注意条件 ERP] 差波形においては、300-700ms 区間で交互作用が有意であり ($F = 12.62-22.61$)、400-500ms 区間において Fpz で長 ISI 条件の方が陰性であった以外は、[関連刺激 ERP] - [非関連刺激 ERP] 差波形と同様の結果が得られた。これらの結果から、先の視察内容が統計的に支持された。

課題遂行成績

聴覚刺激および視覚刺激に対する反応時間と正反応率を、刺激呈示後 200-1200ms 間に行われたボタン押し反応について算出し、1 要因(ISI)の分散分析を行った。その結果、反応時間については、聴覚刺激では長 ISI 条件の方が遅かった(454ms vs. 535ms, $F=59.47$)が、視覚刺激では有意差はなかった(512ms vs. 524ms)。正反応率については、聴覚刺激では有意差はなかった(88.7% vs. 90.9%)が、視覚刺激では長 ISI 条件の方が高かった(83.1% vs. 92.9%, $F=16.00$)。

考 察

本研究では、非関連刺激ERPにおける陽性シフトが、先行刺激 ERP が重畳しないような長い ISI (600-1500ms) を用いても現れるかどうかについて検討することを目的とした。実験の結果、関連刺激ERPに対しては、約300msを境として2つの部分に分かれる陰性電位 (Nd, 処理陰性電位) が得られた。また、その後期部分の終結は、Ndに及ぼす ISI の効果について検討した Hansen & Hillyard (1984) と一致して、ISI が長いほど遅れた。このように、関連刺激に対する陰性電位については、従来の知見と一致する結果が得られた。また、反応時間についても、Hansen & Hillyard (1984) と同じく、ISI が長いほど遅れることが見出された。

一方、短 ISI 条件における非関連刺激ERPは、視覚刺激注意条件ERPに比べて、200-300ms 潜時帯で陽性方向にシフトしており、Alho et al. (1987) および Michie et al. (1990) の結果を確認できた。さらに、本研究で新しく設けた長ISI条件においても、非関連刺激ERPは、短ISI条件と同様の潜時帯で陽性方向へシフトしていた。

非関連刺激ERPの陽性シフトを構成するものとして、第1に、先行刺激ERPが関連刺激であった場合の処理陰性電位の基線復帰のような、先行刺激ERPの重畳の可能性について考える。

長ISI条件での、Czにおける聴覚刺激注意条件ERP(関連刺激ERPおよび非関連刺激ERP)を見ると、刺激呈示後600msで基線で戻った後、その状態を維持していることから、少なくともCzにおいては、先行刺激ERPの影響はないと考えることができる。一方、FpzおよびFzにおいては、聴覚刺激注意条件ERPは、記録区間以降も陽性方向へ向かう傾向にあることから、これらの部位においては、非関連刺激ERPの陽性シフトに対する先行刺激ERPの影響が全くないとはいえない。しかし、Czにおける陽性シフトと、FpzおよびFzにおける陽性シフトとを比較すると、その様相はほとんど同じである。したがって、長ISI条件においては、Fpz, FzおよびCzのいずれの部位でも、非関連刺激ERPの陽性シフトは先行刺激ERPの重畳によるものではないと考えられる。

一方、短ISI条件においては、先行刺激ERPの重畳はある程度存在しているだろうが、非関連刺激ERPの陽性シフトを見ると、その出現潜時帯や形状は長ISI条件でのものと類似している。このことから、先行刺激ERPの重畳のみでこの陽性シフトが構成されているとは考えにくい。したがって、どちらのISI条件においても、非関連刺激ERPの陽性シフトは、先行刺激ERPの重畳によるものではないと考えられる。

第2に、非関連刺激ERPの陽性シフトの構成因として、関連刺激の呈示に対する期待に伴って発達したCNV様陰性電位が、非関連刺激の呈示による緊張緩和に伴って基線復帰する際の陽性方向へのシフトの可能性も考えられる(Alho et al., 1987)。Alho et al. (1987) の課題は、ピッチの異なる2つの刺激を弁別させ、関連刺激が4回連続して呈示された場合に紙上にチェックするというものであり、このような課題では、CNV様陰性電位の発達は大きいと考えられる。しかし、本研究の短ISI条件と類似した2次元選択的聴取課題については、沖田・小西・松永(1989)が検討を行っており、刺激呈示前にCNV様陰性電位は観察され

なかったと報告している。このことから、本研究で得られた非関連刺激 ERP の陽性シフトは、CNV 様陰性電位の基線復帰によるものでもない と推測できる。

第 3 に、本研究で得られた陽性シフトは、200-300ms 潜時帯で現れたため、外因性 P2 成分の増大の可能性も考えられる。しかし、Michie et al. (1990) や沖田他(1989)の報告では、本研究よりも長く（500-700ms 付近まで）陽性シフトが持続していることから、外因性 P2 成分の増大によるものでもないと考えられる。

以上のことから、短 ISI 条件および長 ISI 条件のどちらにおいても、200-300ms 潜時帯における非関連刺激 ERP の陽性シフトを構成しているものは、呈示耳手掛かりに基づく非関連刺激の排除と関連した何らかの心的機能を反映する内因性陽性電位であると考えられる。本実験での陽性シフトの持続時間は、従来の報告よりも短かったが、このことは、非関連刺激の排除に要する処理時間の変動の小ささが原因として考えられ、上の推測を支持する証拠として考えることができるだろう。つまり、本研究のように容易な課題の場合には、排除に要する処理時間の変動が小さかったために、陽性シフトの持続時間が短くなったのであろう。一方、Michie et al. (1990) や沖田他(1989)のように比較的困難な課題の場合には、要する処理時間に数百 ms の変動が生じたため、陽性シフトの持続時間が長くなったと推測される。

この非関連刺激に対する陽性電位が、非関連刺激の排除と関連したどのような心的機能を反映しているのかということについて、Alho et al. (1987) は 2 つの可能性を示唆している。その 1 つは、非関連刺激処理に対する抑制過程である。彼らは、非関連刺激に対する陽性電位が、処理陰性電位の終結と連続して出現することを示した。Näätänen (1982) によれば、処理陰性電位は注意痕跡との比較・照合過程を反映すると考えられている。これらのことから、非関連刺激に対する陽性

電位は、注意痕跡と非関連刺激との不一致後、刺激の意識的な知覚以前に行われる、非関連刺激処理の抑制過程を反映すると推測することができるだろう。また、陽性シフトの潜時の早さも、この推測を支持する。

第 2 の可能性は、非関連刺激の排除の確信の程度と関連しているというものである。Alho et al. (1987) は、関連刺激と非関連刺激との弁別が困難になるほど非関連刺激に対する陽性電位は減衰することを見出した。そのようなピッチ手掛かりによる 1 次元選択課題では、非関連刺激を正しく排除したという確認がかなり意識的になされる。したがって、陽性電位の減衰は弁別の困難さに伴う排除の確信度の低さと関連していると考えられることもできるだろう。本研究では、Alho et al. (1987) とは異なり、呈示耳手掛かりを用いた。呈示耳手掛かりを用いた場合には、注意は課題関連刺激に対してかなり焦点化され、非関連刺激は、ピッチ手掛かりを用いた場合ほどには意識的知覚に至らないと考えられる。しかし、それでも、被験者の能力や課題方略によっては、非注意耳に対して一時的に注意が移動した後、非関連刺激を正しく排除したことを確認することもあり得る。したがって、Alho et al. (1987) と同じく、本研究で得られた陽性電位も、排除の確信という意識的知覚過程を反映している可能性がある。

非関連刺激に対する内因性陽性電位が、抑制過程を反映しているのであれば、刺激選択処理過程や選択的注意の理論化に対して大きな示唆を与えることができるだろう。しかし、本研究の結果のみでは、非関連刺激処理の抑制過程を反映すると結論することは難しく、さらに詳細に検討する必要がある。

最後に、本研究においては、ISI 条件間で陽性電位の頭皮上分布に違いがみられた。陽性電位が最も顕著に現れた 200-250ms 区間において、短 ISI 条件では前頭部位と中心部位との間に統計的な有意差はなく、Michie et al. (1990) と類似した結果で

あった。一方、長ISI条件では前頭部位と中心部位との間に有意差が得られ、中心部位で最大であった。この分布の違いの原因として、1つには、短ISI条件において、低電位ではあるが、先行刺激ERPが重畳している可能性が考えられる。さらに、短ISI条件と長ISI条件との間には、被験者の覚醒水準に差があると推測されることから、その違いが影響している可能性もある。これらの要因の影響については、今後の検討課題である。短ISI条件と長ISI条件との間の、Fpzにおける立ち上がり潜時の違いについてもその上で考察するべきであると考え。また、陽性電位の分布は、比較対象としての、視覚刺激注意条件におけるERPによっても変化する可能性があることから、Michie et al.(1990)も示唆しているように、視覚刺激注意時のERPに及ぼす課題の困難さや覚醒水準などの諸要因の影響も検討する必要があるだろう。

引用文献

- Alho, K., Töttölä, K., Reinikainen, K., Sams, M., and Näätänen, R. 1987 Brain mechanism of selective listening reflected by event-related potentials. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **68**, 458-470.
- Broadbent, D. E. 1958 *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Hansen, J. C., and Hillyard, S. A. 1980 Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **49**, 277-290.
- Hansen, J. C., and Hillyard, S. A. 1983 Selective attention to multidimensional auditory stimuli. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, **9**, 1-19.
- Hansen, J. C., and Hillyard, S. A. 1984 Effects of stimulation rate and attribute cuing on event-related potentials during selective auditory attention. *Psychophysiology*, **21**, 394-405.
- Hansen, J. C., and Hillyard, S. A. 1988 Temporal dynamics of human auditory selective attention. *Psychophysiology*, **25**, 316-329.
- Hillyard, S. A., and Picton, T. W. 1987 Electro-physiology of cognition. In F. Plum (Ed.), *Handbook of physiology*. Sec. 1. *The nervous system*. Vol. 5. *Higher function of the brain*. Bethesda, MD: American Physiological Society. Pp. 519-584.
- Johnston, W. A., and Dark, V. J. 1986 Selective attention. *Annu. Rev. Psychol.*, **37**, 43-75.
- Karlin, L. 1970 Cognition, preparation, and sensory-evoked potentials. *Psychol. Bull.*, **73**, 122-136.
- McCarthy, G., and Wood, C. C. 1985 Scalp distributions of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **62**, 203-208.
- Michie, P. T., Bearpark, H. M., Crawford, J. M., and Glue, L. C. T. 1990 The nature of selective attention effects on auditory event-related potentials. *Biol. Psychol.*, **30**, 219-250.
- Näätänen, R. 1982 Processing negativity: An evoked-potential reflection of selective attention. *Psychol. Bull.*, **92**, 605-640.
- Näätänen, R., and Picton, T. 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.
- 沖田庸嵩 1989 事象関連電位と認知情報処理 — 選択的注意の問題を中心として — 心理学研究, **60**, 320-335.
- 沖田庸嵩・小西賢三・松永一郎 1989 事象関連電位とヒトの情報処理(23) — 選択的注意時の

- 陰性波と陽性波 — 日本心理学会第53回大会
発表論文集, 525.
- Parasuraman, R. 1978 Auditory evoked potentials and divided attention. *Psychophysiology*, 15, 460-465.
- Ryan, T.A. 1959 Multiple comparisons in psychological research. *Psychol. Bull.*, 56, 26-47.
- Tipper, S. P. 1985 The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *Q. J. Exp. Psychol.*, 37A, 571-590.
- Tipper, S. P., Bourque, T. A., Anderson, S. H., and Brehaut, J. C. 1989 Mechanisms of attention: A developmental study. *J. Exp. Child Psychol.*, 48, 353-378.
- Tipper, S. P., and Driver, J. 1988 Negative priming between pictures and words in a selective attention task: Evidence for semantic processing of ignored stimuli. *Mem. Cogn.*, 16, 64-70.
- Treisman, A. M. 1964 Selective attention in man. *Brit. Med. Bull.*, 20, 12-16.