聴覚注意におけるチャンネル間選別がチャンネル内選別関連脳電位に及ぼす影響¹

兵庫医科大学 沖 田 庸 嵩²

The influence of between-channel selection on the brain potentials related to within-channel selection in auditory attention

Tsunetaka Okita (*Department of Science of Behavior, Hyogo College of Medicine, Nishinomiya, Hyogo 663*)

Event-related potentials (ERPs) were recorded during a selective listening paradigm similar to a previous study (Okita, 1989). Stimuli were random sequences of five vowels and a tone pip in two 'channels' (separated by location, left and right). The difficulty of between-channel selection was varied in discriminability of location, easy (EL) or hard (HL), whereas within-channel selection was manipulated by designating either tone (T), one vowel (1V), or two vowels (2V) as targets. Subjects were required to attend to one channel and detect targets therein. ERPs for the EL condition replicating the earlier study, confirmed the effects of within-channel selection on the early phase of attention-related negativity (Nd): the early Nd being larger, the higher the target/nontarget selection load. In the HL condition, however, the 1V/2V difference disappeared: the early Nd effect was reduced for 2V, but prolonged in duration for 1V. The interaction between selection processes of the between- and within-channel was discussed in relation to the allocation of limited attentional capacity for operations rechecking outcomes of a preattentive target-classification stage.

Key words: event-related potential, selective attention, human information processing, Nd wave, processing negativity, search negativity.

情報選択は注意の重要な機能である。われわれは多種多様な刺激に取り囲まれているが、抽出しうる情報はそのほんの一部に限られている。この脳の処理限界内で、適応的でしかも知的な生活を営むとなると、その時々に必要な情報を選択し、処理していかなければならない。われわれは、時には自らの意図で、時には刺激に引かれて、注意を特定の刺激に向ける。本論文は、選択的聴取に必ずる事象関連脳電位 (ERP) を分析し、そのERPの振舞いから注意の情報選択機構を探る試みである。

従来、多くのERP研究が選択的聴取に伴う緩徐な陰性波を報告してきた (Näätänen, 1982; 沖田, 1989a, 参照)。この注意関連陰性波は、“処理陰性電位 (processing negativity)” (Näätänen, Gaillard, & Mäntysalo, 1978) とも “Nd 波 (negative difference wave)” (Han-

sen & Hillyard, 1980) とも呼ばれている。注意陰性波は、Nd 波の名前が示すように、しばしば、注意刺激に惹起されたERPから非注意刺激のERPを減じて、陰性の引算波形 (negative difference wave) として示される。このNd波は、条件によっては刺激後50msあたりから発達し始め、一般に2つの頂点を持つ。最初の頂点は刺激後200ms前後に出現し、中心・前頭部に大きく発達する。第2の頂点は300—500msに現れ、前頭部に最も大きく現れる。こうした出現潜時と頭皮上分布は、Nd波の初期部分と後期部分が異なる成分で構成されることを示唆する。

Nd波が反映する情報選択過程に関しては、これまでひとつの論争的となってきた。ERP研究で用いる典型的な注意課題では、注意入力と非注意入力、いわゆる入力チャンネル間の選別と、注意入力チャンネル内の標的と非標的の選別を要請する。たとえば、左右の各耳に無作為な順序でビップ音系列を呈示し、被験者には一側耳の刺激に注意を集中させ、その系列中に時折呈示されるピッチの僅かに高い標的を検出させる。論争の中心は、Nd波がチャンネル間選別を反映するのか、それともチャンネル内選別に関連するのか、という点にある。

¹ 本研究は一部、文部省科学研究費一般研究C(課題番号02610070)の補助を受けた。また、実験の一部は日本心理学会第50回大会で発表した。

² 草稿に御助言を下さいました日本学術振興会特別研究員・片山順一氏、実験の様々な局面で助けて頂きました兵庫医科大学・小西賢三氏に心より感謝の意を表します。

チャンネル間選別との関連については、特に標的を設けず、チャンネル内選別を要請しなくとも同様の Nd 波が発達するという知見や (たとえば, Alho, Sams, Paavilainen, & Näätänen, 1986), チャンネル間の弁別困難度に伴う初期 Nd 波の明瞭な増大 (Hansen & Hillyard, 1983) などの知見によって支持されている。他方、チャンネル内選別との関係については有力な証拠がなかったが、最近, Okita (1989b) は標的検出 (チャンネル内選別) に記憶探索を要請する注意課題を用いて、探索負荷に伴う初期 Nd 波の延長を見いだしている。こうした知見からすると、Nd 波は排他的にいずれか一方の選別過程に関わるというのではなく、むしろ一連の情報選別過程に必ずずる ERP と考えた方がよいようである。初期 Nd 波はチャンネル間選別に関わる電位 (Näätänen et al. (1978) の処理陰性電位) とチャンネル内選別に必ずずる電位 (Okita, Wijers, Mulder, & Mulder (1985) の探索陰性電位 search negativity) の複合波と推定できる (沖田, 1989a)。

こうした考えに立つと、次に問題となるのは両選別処理活動の ERP 表出である。チャンネル間とチャンネル内の選別負荷を実験変数として操作した場合、各効果は相互に独立して Nd 波上に表現されるのであろうか。それとも、なんらかの相互作用を示すのであろうか。この疑問に答えるのが本実験の第 1 の目的である。この ERP 分析を通して、両選別過程の独立性を探るのが第 2 の目的である。先の実験では (Okita, 1989b), 5 種類の音声母音 (/a/, /i/, /u/, /e/, /o/) と 800 Hz ピップ音を、無作為な順序で、左右の耳にステレオ・ヘッドホーンを通して完全に分離呈示した。被験者には一側耳に注意を集中して、あらかじめ指定された刺激 (標的) を検出するように指示した。したがって、その事態では、チャンネル間の刺激は空間位置 (左耳・右耳) に基づいて容易に選別出来た。チャンネル間選別が有効に働き、標的探索が注意チャンネル入力に限局して実行されたことを反映して、非注意耳側 ERP にはチャンネル内選別負荷効果を認めなかった。本実験では、上記の追試条件に加えて、チャンネル間選別の困難な条件として、左右各チャンネルの刺激音が両耳間中央に近いところで聞こえる事態を設けた。チャンネル内選別負荷は、先の実験と同様、ピップ音の標的検出、1 種類の母音検出 (例えば, /e/), そして 2 種類の母音検出 (例えば, /i/, /o/) を要請することで操作した。先の実験で認めたチャンネル内選別に必ずずる探索 Nd 成分は、チャンネル間位置選別が困難になることで、どのような影響を受けるのであろうか。

方 法

被験者 聴覚正常な成人男子 4 名、女子 4 名 (年齢 22—37 歳) であった。

刺激と条件 刺激は、5 種類の女性音声母音 (/a/, /i/, /u/, /e/, /o/) と 800 Hz ピップ音で、いずれも持続時間は 65 ms (立ち上がり・下がり時間とも 20 ms) であった。1 系列は 128 刺激から成り、刺激間隔は 500—700 ms、刺激強度は約 36 dB SL であった。

チャンネル間 (呈示位置) 選別が容易な (EL) 条件では、ステレオ・ヘッドホーンを通して、6 種類の刺激を左右の各耳に無作為な順序で呈示した (追試条件)。左右の刺激呈示位置を接近させてチャンネル間選別を難しくした条件 (HL) では、ステレオ・ヘッドホーンの両耳間の刺激強度差を 6 dB にし、両耳間中央の僅かに左右によった位置で聞こえるようにした。いずれの条件も左側・右側への刺激呈示は等確率 ($p=.5$) であった。

標的探索負荷 (チャンネル内選別困難度) の異なる 3 条件では、それぞれ標的として、ピップ音 (T 条件), 1 種類の母音 (1V 条件), 2 種類の母音 (2V 条件) を指定した。これらの標的負荷条件間で、各母音とピップ音の呈示率は標的数が等しくなるようにした。T 条件と 1V 条件では、すべての 6 種類の刺激が等確率 ($p=.167$), 2V 条件では、標的となる 2 種類の母音が $p=.083$, 他の 3 種類の母音が $p=.222$ となり、ピップ音は他の 2 条件と同様, $p=.167$ であった。

各被験者には、こうした刺激呈示の位置選別負荷 (チャンネル間選別困難度) の異なる条件 (EL・HL) 下で、標的探索負荷条件 (T・1V・2V) にしたがう標的を、左・右いずれか一侧の刺激系列中から出来るだけ正確に検出し、しかも出来るだけ速く利き手母指で反応 (マイクロ・スイッチ切り) するよう要請した。すなわち、各被験者は 2 位置負荷 $\times$ 3 標的負荷 $\times$ 2 注意方向、合計 12 条件で選択的聴取課題を遂行した。

加えて、補正トラッキング視覚課題を遂行する統制条件を設けたが、本論文ではこの方法と考察で少し触れる以外は特に言及しない。

手続き 練習後の実験セッションで、各被験者は 12 条件の聴取課題を各 2 系列ずつ、統制条件下で EL・HL 各位置の刺激呈示を各 2 系列ずつ、計 28 実験系列を受けた。各条件の実施順序は被験者間および被験者内でカウンターバランスしたが、統制条件については第 7, 8, 21, 22 系列に施行した。各実験系列では予め録音しておいた 10 種類の刺激系列を繰り返し再生して用いた。この場合、連続した実験系列で同じ母音が標的とならないようにした。実験系列間には数分の休息のほかに、15—30 分の休息を適宜設けた。各系列での課題条件については休息時に指定した。

記録と分析 脳波の測定は、Fpz, Fz, Cz, Pz, C3, T3 で両耳夾結合を基準電極として単極導出した (0.02—50 Hz, フィルター使用)。(ただし、ここでは正中線上の結果のみ報告する)。ほかに、垂直 EOG を左眼窩下縁

より両耳架結合を基準に記録した。

ERP は、誤反応時とアーチファクト混入時を除き、3 (刺激：ピップ音・非標的母音・標的母音) × 2 (位置選別負荷) × 3 (標的探索負荷) × 2 (注意方向) の計 36 カテゴリーに分けて、導出部位別に各被験者で算出した。この分類に従い、左・右耳刺激に惹起された ERP、および異なる母音に惹起された ERP はまとめて加算した。加算回数は条件別の被験者間平均で、非標的母音 159 回、標的母音 40 回、純音 41 回であった。ERP 分析期間は刺激開始前 100 ms から 1000 ms 間 (サンプリング間隔は 10 ms) であった。

ERP 上の注意効果は、主に刺激開始後 100—300 ms, 300—500, 500—700 ms の各潜時帯で区間平均電位を求めて分析した。基線は刺激前 100 ms 間の平均電位とした。

標的検出正反応は検出が要請された標的刺激後 100—

1000 ms 間に生じた反応とし、その正反応率、誤反応率、及び正反応の反応時間 (RT) を測定した。

統計分析における有意水準は $p < .05$ とし、ここでは本論文の目的にそって必要な効果のみを報告する。

結 果

非標的母音刺激に対する Cz 導出 ERP Fig. 1 は最大の注意効果が観察された Cz 導出の被験者間総平均 ERP 波形、および各標的探索負荷条件別に、注意時 ERP から非注意時 ERP を減じて求めた引算波形 (Nd 波) である。Nd 波は 2 つの頂点を持ち、初期 Nd 波は刺激後 100 ms 辺りで立ち上がり、220 ms 前後で頂点に達している。後期 Nd は 400—600 ms 辺りで頂点に達している。

図において、EL・HL 両条件とも、注意時 ERP では N1 (潜時約 100 ms の陰性波) 下行脚に始まる明瞭な標

Fig. 1. Grand average ERPs (over 8 subjects) to nontarget vowels at Cz in the easy-location (EL: left column) and hard-location (HL: right column) conditions of between-channel cue. ERPs to attended and unattended stimuli, and the difference waves (obtained between ERPs to attended and unattended stimuli) are plotted from top to bottom. ERPs for the tone (T: solid lines), one-vowel (1V: dashed lines), and two-vowel (2V: dotted lines) conditions of within-channel load are overlapped.

Table 1
Mean amplitudes (in μV) for ERPs recorded from Cz for attended (A)
and unattended (U) nontarget vowels at the three measurement
periods in the different conditions

		100-300 ms		300-500 ms		500-700 ms	
		A	U	A	U	A	U
EL	T	0.07	1.34	-0.83	-0.02	-1.00	-0.03
	1V	-1.49	0.77	-0.57	-0.29	-1.14	-0.26
	2V	-2.53	1.18	-3.03	0.07	-2.28	0.28
HL	T	0.44	1.24	-0.13	-0.10	-0.66	0.30
	1V	-1.73	0.98	-1.08	0.15	-1.89	0.44
	2V	-1.44	0.99	-1.84	-0.11	-1.68	0.16

的負荷効果が見られる。EL 呈示では、T 条件の ERP に比べ、1V と 2V の ERP に陰性電位が発達し、2V では 1V 条件よりもそれが大きく長く持続している。2V と 1V の標的負荷効果が引算波形でみられる初期 Nd 頂点の時点ですでに比較的大きく生じている。非注意時には、そうした標的負荷効果が見られない。他方、HL 呈示では、2V 条件における注意時 ERP の陰性電位の発達が相対的に小さく、1V 条件とほとんど変わらない。

EL と HL の Nd 波を比較すると、2V 条件で、明らかな位置選別負荷条件の効果がみられ、刺激後 100—500 ms にかけて EL 呈示で Nd 波が大きい。また、1V 条件の EL は HL に比べ、300 ms 辺りからの Nd 波の減衰が大きいようである。

また、T 条件でも、僅かながら Nd 波の発達がみられる。

統計分析の結果はこうした視察で認めた効果を確認した。Cz 部位の区間平均電位 (Table 1 参照) に基づく 2(位置負荷)×3(標的負荷)×2(注意方向)×8(被験者)の分散分析では、まず、100—300 ms 潜時帯で、標的負荷と注意方向の各主効果が有意であった (それぞれ、 $F(2, 14)=12.6$; $F(1, 7)=29.6$)。100—300 ms と 300—500 ms の両潜時帯では、位置負荷×標的負荷×注意の交互作用を認めたので (それぞれ、 $F(2, 14)=6.6$; $F(2, 14)=5.6$)、注意時・非注意時に分析した。その結果、注意時には、両潜時帯で位置負荷×標的負荷の交互作用を得たが (それぞれ、 $F(2, 14)=6.2$; $F(2, 14)=11.0$)、非注意時には有意な効果を何ら認めなかった。さらに、注意時 ERP について位置負荷別に分析すると、EL 呈示では有意な標的負荷効果を 100—300 ms と 300—500 ms の両潜時帯で (それぞれ、 $F(2, 14)=38.3$; $F(2, 14)=14.3$)、HL 呈示では 100—300 ms 潜時帯で認めた ($F(2, 14)=9.4$)。EL 呈示における注意時 ERP の陰性電位発達量を Newman-Keuls テストと比較すると、100—300 ms 潜時帯

では $2V>1V>T$ 、300—500 ms 潜時帯になると T と 1V の条件差が消え、 $2V>1V$ と $2V>T$ の差異を認めた。HL 呈示の 100—300 ms では、 $2V>T$ と $1V>T$ の陰性電位の差を認めた。

また、注意時と非注意時 ERP を標的負荷条件別に分析すると、EL 呈示では 100—300 ms 潜時帯ですべての標的負荷条件で注意効果を認め ($F(1, 7)=10.7-44.6$)、Nd 波の発達を確認した。300—500 ms 間では 2V 条件でのみ有意であった ($F(1, 7)=40.7$)。HL 呈示では 1V と 2V 条件でのみ 100—300 ms (それぞれ、 $F(1, 7)=33.7$; $F(1, 7)=24.2$) と 300—500 ms (それぞれ、 $F(1, 7)=7.6$; $F(1, 7)=6.0$) の両潜時帯で有意な注意効果を得た。

注意時 ERP で標的負荷別に位置選別負荷効果を検討すると、100—300 ms 潜時帯で 2V 条件に陰性電位が $EL>HL$ の有意差を認め ($F(1, 7)=12.8$)、続く 300—500 ms 潜時帯では T 条件と 2V 条件で $EL>HL$ (それぞれ、 $F(1, 7)=8.2$; $F(1, 7)=18.0$)、1V 条件で $HL>EL$ ($F(1, 7)=5.7$) の有意な陰性電位の違いを確認した。

Nd 波の正中線上の頭皮上分布 明瞭な Nd をすべての潜時帯で得た 1V と 2V の区間平均電位をベクトル長で標準化した上で (McCarthy & Wood, 1985)、2(位置負荷)×2(標的負荷)×4(記録部位)×8(被験者)の分散分析にかけた。まず、100—300 ms 潜時帯では記録部位の主効果が有意であった ($F(3, 21)=18.8$)。Newman-Keuls テストの結果、 $Fz>Fpz$ と $Cz>Fpz$ を認めた。300—500 ms では、Nd 分布における 1V と 2V 条件の顕著な違いを反映して、標的負荷×記録部位の交互作用が有意であった ($F(3, 21)=5.4$)。標的条件別の部位効果は、 $1V \cdot 2V$ とも有意であった (それぞれ、 $F(3, 21)=8.1$; $F(3, 21)=6.5$)。1V 条件における Newman-Keuls テストは、 $Fpz>Pz$ と $Fz>Pz$ 、2V 条件では $Cz>Pz$ を示した。500—700 ms では、主効果、交互作用ともに有

意でなかった。さらに、300—500 ms 潜時帯における Nd の 1V と 2V 条件差に注目すると、100—300 ms 潜時帯の Nd 分布に類似し、統計的にも、記録部位の主効果が有意で ($F(3, 21)=6.2$), 続く Newman-Keuls テストでも $Cz > Fpz$ を得た。

Nd 波の立ち上がり潜時 Fig. 1 の引算波形でみると、僅かながら EL 条件の方が HL より立ち上がりが早いようである。この点を検討する 1 つの方法として、Nd 立ち上がり前の刺激後 80 ms 以降で 20 ms 毎の区間平均電位を求めて分散分析にかけた。まず最初に、両呈示条件ともに Nd の発達を示す注意の主効果が 100—120 ms 潜時帯でみられ ($F(1, 7)=6.0$), 次の 120—140 ms 潜時帯では、注意の主効果 ($F(1, 7)=16.0$) とともに、EL 条件の Nd ($-1.3 \mu V$) が HL ($-0.6 \mu V$) より大きく発達したのを反映して、位置負荷×注意の交互作用が有意であった ($F(1, 7)=12.2$)。こうした効果は Pz 部位でむしろ明瞭で、位置選別負荷による Nd 発達量の違いを示す交互作用は 120—140 ms (EL: $-1.3 \mu V$: HL: $-0.4 \mu V$) と 140—160 ms (EL: $-1.6 \mu V$: HL: $-0.8 \mu V$) 潜時帯で有意であった (それぞれ、 $F(1, 7)=14.8$; $F(1, 7)=6.9$)。しかし、1V と 2V 条件における立ち上がり潜時を、初期 Nd 頂点振幅の 1/4 に Nd が達するまでの潜時 (EL: 136 ms; HL: 145 ms), あるいは 100—300 ms 潜時帯の面積 (累積電位) の 1/4 に達するまでの潜時 (EL: 192 ms; HL: 197 ms) (Hansen & Hillyard, 1980) として求めて検討したが、Cz と Pz のいずれの部位においても有意な位置負荷効果を認めなかった。

非標的ピップ音に対する ERP 1V・2V 両条件下の非標的ピップ音に対する ERP は、注意時・非注意時の波形とも、非標的母音の非注意時 ERP に類似していた。500—700 ms 潜時帯にのみ有意な注意効果を認め $F(1, 7)=7.3$), 初期 Nd 潜時帯では一貫した注意効果はなかった。

標的刺激に対する ERP 標的刺激に対する ERP 波形には、先の実験と同様、標的に特徴的な電位が出現した (Okita, 1989b, Fig. 7 参照)。注意時 ERP には、刺激後 150 ms 辺りから始まり、220 ms 前後で頂点に達する中心部優勢な N2 と、それに後続する頭頂部優勢な P3 が大きく発達した。非注意時の ERP にも、特にピップ音標的では N2 とともに P3 が発達し、その P3 は注意時よりも前頭部寄りで優勢であった。

Cz の引算波形で測定した N2 頂点振幅を分析すると、まず、位置負荷効果が有意で ($F(1, 7)=15.1$), EL ($-5.7 \mu V$) よりも HL ($-7.0 \mu V$) 条件で振幅が大きかったことを示した。また、標的負荷の主効果も有意で ($F(2, 14)=33.4$), 1V ($-4.8 \mu V$) と 2V ($-3.8 \mu V$) に比べて T 条件 ($-10.4 \mu V$) で大きく発達した (Newman-Keuls

テスト)。しかし、注意方向に関わる効果はなく、N2 が非注意時 ERP にも出現したことを示した。N2 頂点潜時には、何らの効果も認めなかった。

標的検出成績 正反応時の RT は、EL (平均 518 ms; T: 477 ms, 1V: 506 ms, 2V: 572 ms) に比べ、HL 呈示 (平均 544 ms; T: 518 ms, 1V: 536 ms, 2V: 579 ms) で有意に延長した ($F(1, 7)=33.2$)。また、標的負荷の主効果が有意で ($F(2, 14)=31.8$), Newman-Keuls テストの結果、2V (平均 576 ms) が T (498 ms) と 1V 条件 (521 ms) よりも延長するのを認めた。交互作用はなかった。

標的検出正反応率は交互作用のみ有意であった ($F(2, 14)=7.0$)。標的負荷別の分析では、T 条件においてのみ有意な位置負荷効果を認め ($F(1, 7)=11.6$), EL (97%) に比べ HL 呈示 (89%) では標的検出率が低下した。ほかの条件における平均標的検出率は 93% であった。

誤反応数は 2 名の被験者が HL 呈示の T 条件で 6 回または 9 回と目立って多かったが、全体的には条件あたりの平均が 0.3—2.1 で、条件間に一貫した効果を認めなかった。

考 察

EL 呈示の非標的母音 ERP 標的探索負荷効果をみると、T と 1V 条件間に加えて、1V と 2V 条件間にも中心部 Cz 優勢な初期 Nd 波の頂点振幅 (100—300 ms 潜時帯) に明瞭な差異を見だし、チャンネル内の標的・非標的選別が初期 Nd に影響することを先の実験 (Okita, 1989b) よりも明確に示した (Fig. 1)。しかも、T 条件にも有意な初期 Nd の発達を認めた。こうした先の実験との相違は、本実験で導入した HL 条件からの影響のようにみえる。EL 呈示に比べ相対的にチャンネル間選別が困難な HL 呈示の課題遂行によって、EL 呈示時のチャンネル間選別処理が早まったものと推定できる。2V 条件における初期 Nd の (300—500 ms 潜時帯への) 延長は、先の実験と同様に本実験でも見られた。こうして、EL 呈示の ERP 結果は標的負荷に伴う初期 Nd の振幅増大と持続時間の延長を再検証した。本結果は、初期 Nd 波が標的負荷に鋭敏に応ずる探索 Nd 成分によって (少なくとも、一部) 構成されるという有力な証拠となる。

非注意側 ERP には、先の実験と同様、標的負荷効果は見られず、注意制御的な標的探索 (Shiffrin & Schneider, 1977) に先行して、空間位置を手掛かりとするチャンネル間選別が有効に働いたことを示している。

また、後期 Nd で標的負荷効果が見られなかった結果も先の実験と一致した。

HL 呈示の非標的母音 ERP 上記の EL 呈示に対して、本実験で新しく施行した HL 呈示では、初期 Nd

波におけるチャンネル内選別(標的探索負荷)効果, すなわち, 探索 Nd 成分の発達がかかなり異なる結果となった. EL 呈示に比べ, HL の 1V 条件では, 初期 Nd が 300—500 ms 潜時帯にまで大きく残存し, 2V 条件では, 逆に, 初期 Nd 波が 100—500 ms 潜時帯で減衰し, 1V と 2V 条件間で Nd 波に差異を認めなかった. また, 初期 Nd 波の立ち上がりは, 加算平均波形の, しかも 20 ms 区間平均電位でみる限り, EL 呈示ほど急峻ではなかった.

非注意側 ERP は, EL 呈示と同様, 標的負荷効果を示さず, また, EL 呈示の非注意 ERP とも差異を認めず, チャンネル間選別の困難なこの条件でも, 標的制御探索が注意チャンネルに限って選択的に実行されたことを示している. また, これらの知見は Nd 波における EL 呈示との違いが非注意側 ERP によってもたらされたものでないことを示している.

初期 Nd の発達過程と 1V 条件における初期 Nd 持続時間の延長については, 比較的容易に理解できる. 緩徐な Nd 波の発達は, チャンネル間選別が困難なために, その選別が延長し, それに応じて毎回の所要時間のばらつきも大きくなった結果と推察できる. こうした結果は Hansen & Hillyard (1980) や 沖田・小西・三橋・本城・古武 (1979) と一致する. また, 1V 条件の初期 Nd の延長については, チャンネル間選別の遅れがその後のチャンネル内選別を遅らせる結果となったと考えられる. しかし, Nd 持続時間の延長に対し Nd 立ち上がりの遅延が僅かである点を見ると, それは単に初期のチャンネル間選別の遅れがそのままチャンネル内選別の遅延となって表れたというのではなく, 困難なチャンネル間選別がチャンネル内選別過程に干渉して, チャンネル間選別の遅れ以上にチャンネル内選別を延長させたようである. 一定時間内にチャンネル間・内の両選別を要請されるこの課題では, チャンネル間選別の負荷がチャンネル内選別の処理効率を低下させたかのようである.

しかし, こうした解釈では, 2V 条件の初期 Nd 減衰は理解し難い. すなわち, 上記の解釈からは 2V 条件が 1V 条件よりも大きく, しかも延長した初期 Nd が予測されるが, 結果は異なる. この矛盾の 1 つの解決は, 注意限界容量モデル (Kahneman, 1973) の援用で得られる. 限界容量モデルから考えると, チャンネル間選別の負荷が増すとその処理に使用される注意容量も増大し, 結果的に注意チャンネル内の標的選別処理への注意容量の配分可能な量が減少する. HL 呈示では, 1V 条件のチャンネル内選別に配分できる程度にしか注意容量が残されていなかったとすれば, 2V 条件でそれ以上の注意容量の配分を必要としたとしてもその余裕はない. したがって, 注意配分量と Nd 量の関係が示すように (たとえば, Okita, 1979, 参照), 注意チャンネルへの容量配分

に応じて変化する初期 Nd は, 2V と 1V 条件で類似した発達を示したと解釈できる. 他の解釈として, 異なる実験系列で各条件を施行しているため, 課題の難易度に伴う一般覚醒水準の違いが ERP (Nd) に影響した可能性も疑われる. しかし, 注意側刺激と同一系列内で無作為に呈示された非注意側刺激の ERP には, すべての条件を通じて差異が認められなかったことから, この可能性はなさそうである. さらに, 課題遂行方略の変化も推定できるが, 非注意側 ERP に全く有意な差異を認めなかったことから, この可能性もなさそうである.

非標的ピップ音 ERP 母音標的探索 (1V・2V 条件) 時のピップ音に対する ERP は, 初期 Nd 頂点の出現潜時帯で大きな P2 陽性波の振れを示し, 注意方向の効果はなく, 位置負荷と標的負荷の主効果のみを認めた. いずれの要因も, EL より HL, 1V より 2V と選別負荷の高い条件で陽性方向への振れを大きくしている.

この陽性波に関連して, ここでは言及しなかったが, 非注意側 ERP を統制 (視覚課題) 条件と比較した場合に, Alho, Töötola, Reinikainen, Sams, & Näätänen (1987) や 沖田・小西 (1988) が報告しているような陽性方向へのシフトを認めた. ピップ音 ERP, 特に HL 呈示時には, その陽性波が大きく発達したようである. この非注意刺激に対する陽性シフトは, ひとつの可能性として, 情報処理を積極的に抑制する過程に関連づけられている. 母音標的探索 (1V・2V) 時のピップ音は, Morris & Jones (1990) が示唆するように, 極く初期の処理段階で選別を受け, その後の標的探索過程に抑制が掛かったようにみえる. 特に, HL 呈示では, 刺激位置選別負荷よりもピップ音刺激特性が選別手掛かりとして相対的に有効に働いたのであろう.

標的 ERP における N2 波 先の Okita (1989b) と同様, 本実験においても, 注意方向に関わりなく標的刺激に N2 波が惹起された. N2 振幅は EL に比べ HL 呈示で大きく, また, T 条件のピップ音標的に対する N2 は 1V と 2V 条件の母音標的よりも倍以上の振幅を示した. この N2 波と初期 Nd を理解する上で両者の相対的な潜時が問題となるが, 立ち上がり潜時は 100—150 ms, その頂点潜時は 200 ms 前後で, 初期 Nd とほとんど変わらない. N2 は N2b (Näätänen, Simpson, & Loveless, 1982), N2c (Ritter, Simson, & Vaughan, 1983), あるいは, 両者の加重の可能性があるが, いずれにせよ, 標的と指定された刺激に特異に惹起されたことは, その時点で既に脳は非標的的刺激とは区別して標的に応じていることを示している. しかも, それは注意方向に関わりなく惹起されており, 自動的な選別過程の介入を示唆する. 母音非標的中のピップ音標的に大きな N2 が出現した点を見ると, 標的・非標的の区別の明瞭度を N2 振幅は反映するようである.

限界注意容量モデルに基づく解釈と確認仮説 初期 Nd と N2 との相対的な時間的経緯からすると、本実験でも、初期 Nd における標的探索負荷効果は前注意段階の大まかな標的・非標的の自動選別結果を注意チャンネル入力に限って確認する過程を反映したもののようである。上述の限界容量モデルに基づく解釈と合わせて考察すると、その確認作業に割り当てられた労力(注意容量)を初期 Nd は反映するといえよう。1V 条件の初期 Nd が EL より HL で長く持続した結果に対し、チャンネル間選別からチャンネル内選別への影響を先に指摘したが、それは標的・非標的(チャンネル内)選別のみならず、注意・非注意側(チャンネル間)刺激選別をも含めた確認過程を示唆している。HL 呈示では EL よりも左右位置の弁別性が悪いので、注意側入力に対する呈示位置の確認に多くの精神的労力(時間)を要し、その違いが初期 Nd の差になって表現されたと推察できる。Hansen & Hillyard (1983) は、逆行マスキング実験や脳の直接刺激の研究から、意識的な知覚が生ずるまでの刺激後 50—500 ms 程度の間に刺激特性についてかなり処理されると指摘しているが、こうした時間的側面に照らしてみても、上述の Nd と N2 が立ち上がる刺激後 100 ms 辺りまでに、左右の刺激(チャンネル間)選別と母音間またはピップ音の(チャンネル内)選別が前注意(意識的知覚前)段階の自動過程で平行して実行され、終了することは十分にありうるだろう。最近のブライミング効果もこうした可能性に支持を与える(例えば、Marcel, 1983)。また、Hansen, Dickstein, Berka, & Hillyard (1983) は、上記の仮説のように、音韻特性と持続時間に基づく刺激選別処理が並列的に実行されることを示唆している。

要するに、ここで提出した仮説では、刺激後 100 ms 辺りから発達し始める初期 Nd 成分は、前注意段階での大まかな自動選別結果を、検出が要請された標的の属性(チャンネル間・内の両手掛かり)と照合して確認する意識的制御処理に応じた電位と考える。さらに、Hansen & Hillyard (1983) からも推定できるように、入力が検出要請標的の属性の 1 つとでも不一致を生ずれば、確認作業は直ちに打ち切られると仮定する。したがって、初期 Nd 波は注意入力と非注意入力に対する確認作業量(と時間)の差とみることが出来る。また、確認の制御的処理は注意容量の配分を必要とするので、その時々への供給しうる残余容量によって影響を受ける。こうして、前注意選別後の意識的確認過程をチャンネル間選別手掛かり属性にまで広げて考えると、初期 Nd におけるチャンネル間選別効果も、例えば、Hansen & Hillyard (1983) が示したチャンネル間の多次元選別効果も、容易に理解できる。

引用文献

- Alho, K., Sams, M., Paavilainen, P., & Näätänen, R. 1986 Small pitch separation and the selective-attention effect on the ERP. *Psychophysiology*, **23**, 189-197.
- Alho, K., Töytäjä, K., Reinikainen, K., Sams, M., & Näätänen, R. 1987 Brain mechanism of selective listening reflected by event-related potentials. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **68**, 458-470.
- Hansen, J. C., Dickstein, P. W., Berka, C., & Hillyard, S. A. 1983 Event-related potentials during selective attention to speech sounds. *Biological Psychology*, **16**, 211-224.
- Hansen, J. C., & Hillyard, S. A. 1980 Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **49**, 277-290.
- Hansen, J. C., & Hillyard, S. A. 1983 Selective attention to multidimensional auditory stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **9**, 1-19.
- Kahneman, D. 1973 *Attention and effort*. New Jersey: Prentice-Hall.
- McCarthy, G., & Wood, C. C. 1985 Scalp distributions of event-related potentials: an ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **62**, 203-208.
- Marcel, A. J. 1983 Conscious and unconscious perception: experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, **15**, 197-237.
- Morris, N. & Jones, D. M. 1990 Habituation to irrelevant speech: effects on a visual short-term memory task. *Perception and Psychophysics*, **47**, 291-297.
- Näätänen, R. 1982 Processing negativity: an evoked-potential reflection of selective attention. *Psychological Bulletin*, **92**, 605-640.
- Näätänen, R., Gaillard, A. W. K., & Mäntysalo, S. 1978 Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, **42**, 313-329.
- Näätänen, R., Simpson, M., & Loveless, N. E. 1982 Stimulus deviance and evoked potentials. *Biological Psychology*, **14**, 53-98.
- Okita, T. 1979 Event-related potentials and selective attention to auditory stimuli varying in pitch and localization. *Biological Psychology*, **9**, 271-284.
- 沖田庸嵩 1989a 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.
- Okita, T. 1989b Within-channel selection and

- event-related potentials during selective auditory attention. *Psychophysiology*, **26**, 127-139.
- 沖田庸嵩・小西賢三 1988 聴覚選択の注意と事象関連電位：非注意入力に対する抑制について 脳波と筋電図, **16**, 376 (抄録).
- 沖田庸嵩・小西賢三・三橋美典・本城由美子・古武彌正 1979 選択の情報処理に伴う事象関連脳電位 (ERP) ——(1) 脳研究会会誌, **6**, 134-135.
- Okita, T., Wijers, A. A., Mulder, G., & Mulder, L. J. M. 1985 Memory search and visual spatial attention: an event-related brain potential analysis. *Acta Psychologica*, **60**, 263-292.
- Ritter, W., Simson, R., & Vaughan, H. G., Jr. 1983 Event-related potential correlates of two stages of information processing in physical and semantic discrimination tasks. *Psychophysiology*, **20**, 168-179.
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. 1977 Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, **84**, 127-190.
- 1990. 8. 31. 受稿, 1991. 1. 19. 受理——