

*Ann. Rep. Asahikawa
Med. Coll.*
1991. Vol.12, 51~59

刺激の音色の相違による注意転換と事象関連電位

The Relationship between Event-Related Potentials and Attention Switching where the Stimulus Tone is varied.

稲田 尚史・岩渕 次郎

Naofumi Inada, Jiro Iwabuchi (*Department of Psychology, Asahikawa Medical College*)

In order to investigate the relationship between event-related potentials (ERPs) and the passive attention switching of four subjects, their auditory ERPs to noise and pure tone were recorded. Noise with attention attracting features and pure tone were presented into each ear of the subjects in random order. We used three experimental conditions. In the first, the subjects performed mental arithmetic tasks consciously ignoring the occurrence of the stimuli. In the second, the subjects counted the number of pure tones presented only to either the right ear or left ear. The third, the subjects counted the number of noises presented to either ear as in the second condition.

The result shows that an early negative component superimposed on N_1 reflects the comparison process between the target stimulus and input of the stimulus, and also indicates the blocking of the stimulus input during selective attention. Furthermore, passive and involuntary attention switching which occurred because of attention attracting noise stimuli might induce an early negative component, and its amplitude could be indices of both subjects' allocation value of the attentional resource and also blocking value of the stimulus input.

Key words : auditory event-related potentials, passive attention switching, early negative component, comparison process, blocking of stimulus input, attentional resource.

は し が き

われわれは先に、純音およびノイズに対する事象関連電位（ERP）波形を暗算による加算作業課題条件と無課題条件において比較分析し、注意の転換におけるERPの変化について検討を行なった（稲田ら、1988）。ここでは、嫌悪的な音色を持ち被験者の注意転換を引き起こしやすいと考えられるノイズと、ノイズほどには注意の転換を生じにくい中性的な音色の純音とを刺激として用い、課題に関連しない刺激への受動的、無意識的な注意転換にともなう生じるERPの変化に注目した。その結果、ERPのN₁成分に重畳する陰性成分がNäätänenら（1978）の示した“Processing Negativity”と同様の振舞いをする事が明らかとなった。このことから、刺激の物理的な特性によっては、入力刺激が課題無関連であっても初期選択過程で排除されず、より高次の処理が行なわれている可能性が示唆された。

本研究は、刺激として前報告と同様の純音とノイズを用いて、選択的注意課題遂行時と暗算課題遂行時における受動的、無意識的な注意転換がERPにどのように反映されるかを明らかにするために行なわれた。そこで、ノイズと純音を被験者の左右の耳にランダムに提示し、被験者が刺激に対して特に注意を向けずに暗算課題を行なう条件、注意を向けるように指示した耳（注意チャンネル）に提示されるノイズ、純音のうちどちらか一方の提示数を数え、注意を向けていない耳（非注意チャンネル）に提示される刺激を無視するように求めた計数条件を行ない、刺激提示チャンネル、刺激の種類、課題条件毎にERP波形を記録した。

方 法

被験者：22歳～29歳の聴覚正常な男性2名、女性2名。

装置：暗算課題での刺激（数字）は、パーソナルコンピューター（日本電気 PC-9801E）により、被験者の前方約50cmに置いたCRTディスプレイ（日本電気 PC-8853）上に提示した。音刺激は、ファンクションジェネレーター（NF回路設定ブロック FG-122）とシンセサイザー（ヤマハ）を用いて生成した純音とノイズを、さらに電子スイッチ（リオン SB-10A）によって短音状にしたものをアンプで増幅した後、ヘッドホン（TDH-98H）から被験者の両耳のいずれかに提示した。刺激提示の制御は、電子スイッチに接続したパーソナルコンピューター（日本電気 PC-9801VX）で行なった。脳波は、ポリグラフ（三栄測器 140システム）により増幅され、デジタルデータレコーダー（NF回路設計ブロック RP-880）に記録された。実験終了後、データレコーダーを再生し、AD変換ボード（カノーブス電子 ADX-98H）を装着したパーソナルコンピューター（日本電気 PC-9801VX）によりサンプリング周波数1kHzで脳波をAD変換し加算平均を行なった。

刺激：各実験条件で立ち上がりおよび減衰時間各 2 msec、持続時間 1 secの1000Hz純音バーストおよびノイズバーストを90dB SPLの音圧で提示した。刺激間間隔時間は2～6 secの間でランダムに変化した。音刺激は、左右どちらかの耳に純音またはノイズがランダムに提示されたが、左右各耳での純音およびノイズの提示回数は20回の刺激提示において5回ずつとなるように配慮した。暗算課題条件では、1から3までの整数をランダムな順序で被験者前方のディスプレイに視覚2.9°、提示時間1.5sec、刺激間間隔時間0.2 secで提示した。

脳波の誘導：脳波はFz、Cz、Pzから右耳朶を不関電極、左耳朶を接地電極としてAg-AgCl電極により誘導し、時定数1.5sec、カットオフ周波数30Hzのローパスフィルターを通して増幅した。ERP波形は、刺激音提示をトリガーとして刺激音提示前128msecから1000msecの間の脳波について、刺激提示チャンネル、刺激種類毎に加算平均(32回)を行なって求めた。各被験者から得られた波形を、さらに加算平均して総加算平均波形を得た。

手続：実験条件として暗算条件、純音計数条件、ノイズ計数条件の3条件を用いた。各条件を通じて、被験者は、防音シールド室内の椅子に座り、安静開眼状態でできるだけ体動と眼球運動を少なくするよう求められた。また、各条件での刺激音提示回数は約140回とし、それぞれを3セッションに分け、セッション間には約5分の休憩をはさんだ。暗算条件では、被験者は音刺激に関係なくディスプレイに提示される1から3までの数字を暗算で加算する事が求められ、セッション終了後報告された暗算結果と正解との照合を行なった。純音計数条件では、一方の耳に注意を集中しそこに提示される純音の数を計数させ、実際に提示された刺激数との照合を行なった。ノイズ計数条件では、純音計数条件と同様の手続で、ノイズを計数させた。暗算結果や計数結果を誤った場合は、当該セッションの結果は無効とし、再度そのセッションを行なった。

波形の測定：刺激提示後 N_1 成分が最大となるまでの時間(N_1 潜時)と N_1 振幅を測定した。 N_1 振幅は、刺激音提示前128msecの間の平均電位を基準として測定した。

結 果

(1) 純音に対するERP

Fig. 1に純音に対するERPの総加算平均波形を注意チャンネル、非注意チャンネル別に示した。図中、暗算条件の結果を実線(C)、純音計数条件の結果を破線(P)、ノイズ計数条件の結果を一点鎖線(N)で示した。

まず、 N_1 振幅についてみると、注意チャンネルでは、計数条件で暗算条件に比べ増大し、その増大量は、ノイズ計数条件、純音計数条件の順となった。非注意チャンネルにおいては、暗算・純音両計数条件での N_1 振幅がほぼ等しく、ノイズ計数条件での振幅がや

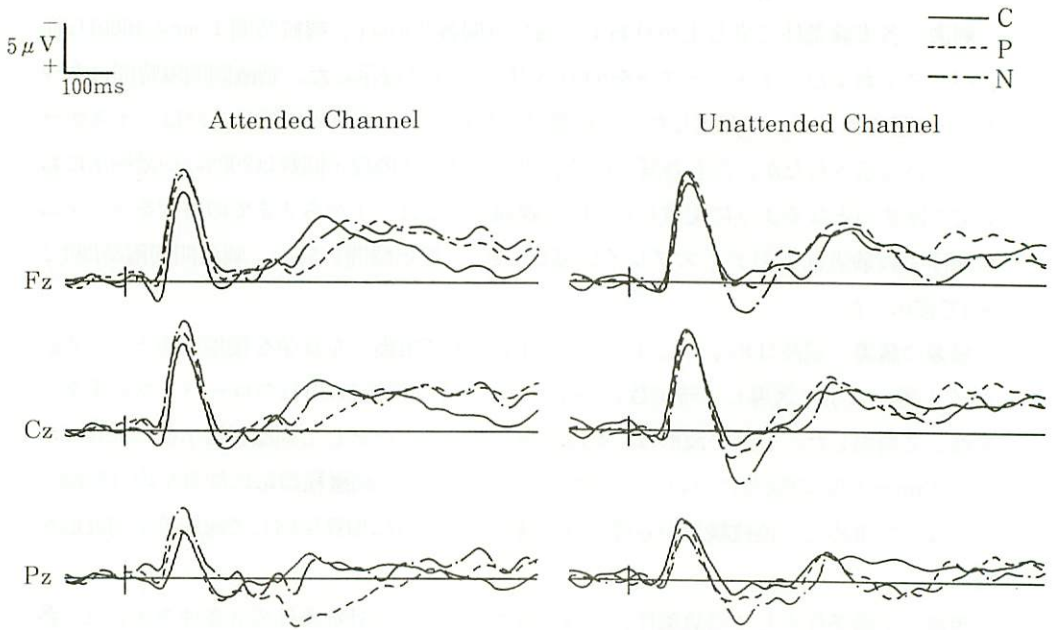


Fig. 1 Grand average ERPs to pure tones in attended channel and unattended channel in three different conditions: mental arithmetic (C), counting pure tones (P) and counting noises (N).

や小さくなった。導出部位毎の振幅を見ると、注意・非注意両チャンネル共に各課題条件でFzでの振幅が最も大きく、Cz、Pzの順に振幅が減少した。同様の傾向はそれぞれの被験者で得られたERP波形でみられた。

N_1 振幅について、課題条件(暗算・純音計数・ノイズ計数)、導出部位(Fz・Cz・Pz)および被験者を要因とする3元配置の分散分析を行なったところ、課題条件($F(2, 12) = 33.62$ $p < .01$)、導出部位($F(2, 12) = 98.25$ $p < .01$)、被験者($F(3, 12) = 116.90$ $p < .01$)の主効果および課題条件×被験者の交互作用($F(6, 12) = 13.04$ $p < .01$)が有意であった。また、非注意チャンネルでの N_1 振幅についても同様に分散分析を行なったところ、課題条件($F(2, 12) = 15.08$ $p < .01$)、導出部位($F(2, 12) = 173.42$ $p < .01$)、被験者($F(3, 12) = 169.84$ $p < .01$)、課題条件×被験者($F(6, 12) = 15.23$ $p < .01$)、導出部位×被験者($F(6, 12) = 3.81$ $p < .05$)でそれぞれ有意となった。

ついで、 N_1 潜時についてみると、注意チャンネルの純音計数条件で最も早く N_1 が生じ、ついで暗算条件、ノイズ計数条件の順となった。非注意チャンネルでは、暗算条件で N_1 潜時が最小となり、純音、ノイズ計数条件では、いずれの条件でも暗算条件よりもやや遅くなった。同様の傾向は、被験者毎に測定したERP波形でもみられた。

N_1 振幅と同様に3元配置の分散分析を行なったところ、注意チャンネルでは課題条件

($F(2, 12)=12.99$ $p < .01$)、導出部位 ($F(2, 12)=23.87$ $p < .01$)、被験者 ($F(3, 12)=951.18$ $p < .01$)、課題条件×被験者 ($F(6, 12)=3.27$ $p < .05$)、導出部位×被験者 ($F(6, 12)=13.11$ $p < .01$)で有意な結果となった。非注意チャンネルでは、課題条件 ($F(2, 12)=24.77$ $p < .01$)、被験者 ($F(3, 12)=77.83$ $p < .01$)、課題条件×被験者 ($F(6, 12)=12.03$ $p < .01$) で有意であった。

(2) ノイズに対するERP

Fig. 2 にノイズに対するERPの総加算平均波形を注意チャンネル、非注意チャンネル別に示した。図中、暗算条件の結果を実線(C)、純音計数条件の結果を破線(P)、ノイズ計数条件の結果を一点鎖線(N)で示した。

総加算平均波形での N_1 振幅は、注意チャンネルのノイズ計数条件で大きく、純音計数条件、暗算条件の順に減少している。課題条件、導出部位、被験者を要因とする分散分析を行なったところ、課題条件の主効果は有意ではなく($F(2, 12)=3.64$ $p > .05$)、導出部位 ($F(2, 12)=86.53$ $p < .01$)、被験者 ($F(3, 12)=195.87$ $p < .01$) の主効果と、課題条件×被験者($F(6, 12)=7.65$ $p < .01$) および導出部位×被験者 ($F(6, 12)=3.98$ $p < .05$) の交互作用がそれぞれ有意な結果となった。

一方、非注意チャンネルでの N_1 振幅は、純音計数条件とノイズ計数条件の間では顕著な差はみられず、両計数条件での振幅は暗算条件よりも減少している。この傾向は被験者

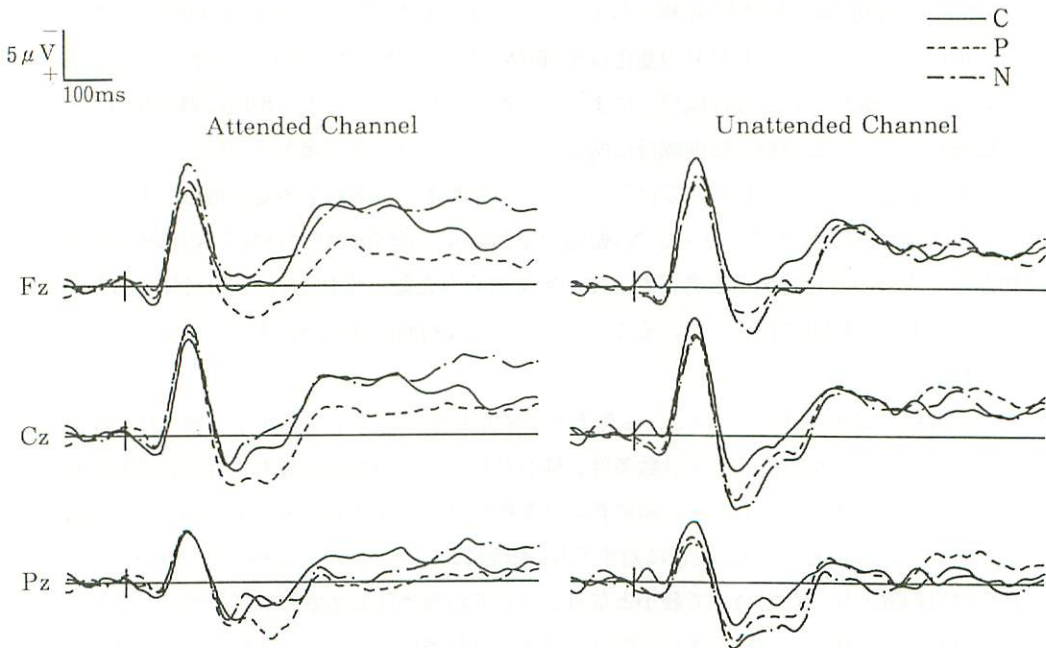


Fig. 2 Grand average ERPs to noises in attended channel and unattended channel in three different conditions: mental arithmetic (C), counting pure tones (P) and counting noises (N).

毎の測定波形でも共通してみられた。分散分析結果では、課題条件($F(2, 12)=14.23$ $p < .01$)、導出部位($F(2, 12)=180.19$ $p < .01$)、被験者($F(3, 12)=222.97$ $p < .01$)の主効果と、課題条件×被験者($F(6, 12)=24.10$ $p < .01$) および導出部位×被験者($F(6, 12)=7.71$ $p < .01$)の交互作用が有意であった。

N_1 潜時については、注意・非注意両チャンネルにおいて条件間での差がみられず、分散分析の結果でも被験者の主効果(注意チャンネル： $F(3, 12)=45.51$ $p < .01$, 非注意チャンネル： $F(3, 12)=27.62$ $p < .01$) および導出部位×被験者の交互作用(注意チャンネル： $F(6, 12)=3.59$ $p < .05$, 非注意チャンネル： $F(6, 12)=3.29$ $p < .05$)のみが有意となった。

考 察

本研究では、中性的な音色を持つ純音と嫌悪的な音色のノイズとを刺激として用いて、特にノイズによって引き起こされると考えられる受動的、無意識的な注意の転換がERPにどのように影響するかについて検討を行なった。その結果、純音、ノイズそれぞれに対するERP波形は、注意チャンネル、非注意チャンネルの双方において、異なった振舞いをする事が明らかとなった。

選択的注意に関連しHillyardら(1973)は、 N_1 振幅が注意チャンネル、非注意チャンネル間での初期の刺激選択の指標となり得ることを示した。しかし、Näätänenら(1978)は、選択的注意に基づくERPの変化は N_1 自体の振幅の増減によるものではなく、 N_1 に重畳する陰性成分(初期陰性成分)によってもたらされた見かけ上の増減に過ぎないことを指摘している。この初期陰性成分に関する彼らの見解は、その後多くの研究によって支持されている。稲田ら(1988)では N_1-P_2 振幅を測定し、それが不変であるにもかかわらず N_1 振幅が変動することから、 N_1 振幅の変動は N_1 自体の変化ではなく N_1 に重畳する初期陰性成分の変化であると考えた。本研究で得られた陰性変化も N_1 成分自体の分布時間帯よりも広い範囲にわたっていることから、同様な初期陰性成分によるものであると考えられる。

純音に対する N_1 振幅について、注意チャンネルと非注意チャンネルでの値を比較すると、注意チャンネルでのノイズ計数条件、純音計数条件での振幅が最も大きく、これに続いて暗算条件と非注意チャンネルの純音計数条件が並び、非注意チャンネルのノイズ計数条件で最小の振幅となった。純音に対する N_1 潜時は、注意チャンネル・純音計数条件(純音が標的刺激となった場合)で最小となり、ついで暗算条件で小さく、注意チャンネルで純音が非標的刺激として提示された場合(ノイズ計数条件)および、非注意チャンネルでさらに遅延した。

上述のように、標的刺激として提示された純音に対して陰性成分が最も大きくなったこ

とは、選択的注意事態における入力刺激と標的刺激の比較照合過程が初期陰性成分の注意チャンネルにおける振幅の増大をもたらすというNäätänenら（1978, 1982）の解釈と符合する。また、純音に対して得られた N_1 潜時が非注意チャンネルで遅延したことは、刺激のチャンネル間初期選別（Broadbent, 1958）の結果、刺激入力に対してなんらかの抑制が働いたことを意味するものと考えられる。さらに、注意チャンネルで純音が非標的であった場合の N_1 潜時が標的刺激の場合よりも増大したことから、チャンネル内での刺激選別に際しても標的刺激以外の刺激に対する抑制機構が介在している可能性が示唆される。ただし、チャンネル間、チャンネル内での抑制機構の特性の異同についてはさらに吟味することが必要である。

ノイズに対する初期陰性成分の振幅は、注意チャンネルで非注意チャンネルよりも増加した。これも純音に対するものと同様に、入力刺激から標的刺激を選択するための比較照合過程を示すと考えられる。しかしながら、ノイズに対する初期陰性成分では、注意チャンネルおよび暗算条件での振幅と、すべての条件での潜時に差が認められない点で純音に対するものと異なっている。これは、ノイズと純音をランダムに提示した場合、純音に対しては暗算課題遂行時の振幅が無課題時に比べ減少し、ノイズに対する初期陰性成分では暗算課題遂行時の振幅の減少が顕著ではないこと（稲田ら, 1988）と同様、ノイズによって惹起された刺激への注意転換が初期陰性成分に反映されたことによると考えられる。

注意チャンネル内の非標的刺激や暗算課題遂行中の課題非関連刺激の提示では、一般的には先に述べたように、チャンネル間、チャンネル内双方において刺激の入力抑制機構が働くと考えられる。しかし、ノイズのように被験者の注意を引きつけ易く、課題に対して妨害的に働く刺激が非標的刺激もしくは課題非関連刺激として提示された場合、刺激の入力抑制は行なわれず、刺激に対して受動的な注意転換が生じると考えられる。ただし、視覚的注意を必要とする暗算条件では聴覚刺激であるノイズに対する初期陰性成分が増大し、計数条件では非注意チャンネルに提示されたノイズに対する初期陰性成分が純音に対するものと同様に小さくなったことから、注意チャンネルと非注意チャンネルが同一モダリティ内にある場合には非注意チャンネルに対する注意転換は生じにくい、異なったモダリティ間にある場合は注意転換が生じ易いのではないかと考えられる。しかし、注意チャンネルと非注意チャンネルの弁別が困難なほど、初期陰性成分のチャンネル間での発達量の差が減少し、立ち上がり潜時も遅延することが示されており（Hansen & Hillyard, 1980）、今後、チャンネル間の刺激選択難易度と初期陰性成分との関連についてさらに検討が必要である。

本研究結果は、Alhoら（1986）の標的刺激と類似した非標的刺激に対する初期陰性成分が増大するという報告や、Näätänen（1978）の、初期陰性成分（mismatch negativity）は課題関連・非関連にかかわらず被験者の低頻度刺激に対する定位反応にとも

なって生ずるという報告と類似している。しかし、Alhoら（1986）の結果は、課題に関連した刺激に対する注意転換であること、さらにNäätänen（1978）では低頻度刺激に対して得られた結果である点で本研究とは異なっている。また、Parasuraman（1978）、Okita（1979）は、初期陰性成分の振幅が被験者の注意配分量と関係することを示唆している。これらを総合すると、初期陰性成分は、刺激の課題関連性の有無にかかわらず無意識的、受動的な注意の転換によっても生じ、その振幅は刺激に対する被験者の注意配分量もしくは刺激選択に基づく刺激入力抑制量の指標となり得ることを示すものと考えられる。

要 約

被験者の注意転換を惹起し易い性質を持つと考えられるノイズと中性的な性質の純音とを刺激として用いて、選択的注意課題遂行時および暗算課題遂行時の受動的、無意識的な注意転換が事象関連電位にどのように反映するかを検討した。

その結果、 N_1 に重畳して生じる初期陰性成分は、刺激選択のための入力刺激と標的刺激との比較照合過程を反映すると同時に、選択的注意事態にともなう刺激の入力抑制の指標ともなることが明らかになった。さらに、ノイズのような注意を引きつけ易い特性を持つ刺激によって生じる受動的、無意識的な注意転換によっても、刺激の課題関連性の有無にかかわらず初期陰性成分が生じ、その際の被験者の注意配分量や刺激入力抑制量の指標となることが示唆された。

引 用 文 献

- Alho, K., Sams, M., Paavilainen, P., & Näätänen, R. 1986 Small pitch separation and the selective-attention effect on ERP. *Psychophysiology*, 23, 189-197.
- Broadbent, D.E. 1958 *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Hansen, J.C., & Hillyard, S.A. 1980 Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention to speech sounds. *Electroencephalography & Clinical neurophysiology*, 49, 277-290.
- Hillyard, S.A., Hink, R.F., Schwent, V.L., & Picton, T.W. 1973 Electrophysiological signs of selective attention in the brain. *Science*, 182, 177-180.
- 稲田尚史・岩渕次郎・竹川忠男 1988 暗算作業事態における聴覚刺激に対する事象関連電位 旭川医科大学紀要, 9, 53-62.

- 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.
- Okita, T. 1979 Event-related potentials and selective attention to auditory stimuli varying in pitch and localization. *Biological Psychology*, **9**, 271–284.
- Parasuraman, R. 1978 Auditory evoked potentials and divided attention. *Psychophysiology*, **15**, 460–465.