

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23530950

研究課題名(和文) 対側ノイズ提示時の能動的聴覚弁別にもなう聴性脳幹反応の変容

研究課題名(英文) Modulation of the auditory brainstem response during selective attention and contralateral noise exposure

研究代表者

池田 一成 (Ikeda, Kazunari)

東京学芸大学・教育実践研究支援センター・教授

研究者番号：50293006

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：研究課題の検討によって主に次の3つの成果が得られた。(1)感覚様相(聴覚と視覚)間注意事態ならびに両耳分離聴事態において、聴性脳幹反応に選択的注意効果が成立した。しかし、その効果は刺激条件に制約されやすく、両耳分離聴時の後期事象関連電位(陰性差波形)が示す一般性と対照的であった。(2)当初、研究目的(選択的注意に関連した聴性脳幹反応の検出)を達成する必要条件として想定されたが、対側ノイズ提示は聴性脳幹反応の注意効果を成立させる際に必須でないことが明らかになった。(3)注意は聴性脳幹反応の両耳間相互作用(両耳刺激反応が片耳刺激反応の和と異なること)に影響を与えた。

研究成果の概要(英文)：Through the present research the next three findings were mainly obtained. (1) Selective attention modulated the auditory brainstem response (ABR) during procedures of intermodal (auditory vs. visual) attention and dichotic listening. However, the ABR modulation was restricted to some stimulus parameters, which was contrasted with the generality of attention-related modulation found for late event-related potentials (negative difference waves) during dichotic listening tasks. (2) Intense exposure of contralateral noise was unnecessary for modulating the ABR during selective attention although the contralateral noise exposure had been considered as a necessary condition at the start of this research. (3) The intermodal attention modulated binaural interaction of the ABR. Binaural interaction in the ABR stands for the discrepancy between the binaural waveform and the sum of monaural ones.

研究分野：実験心理学

キーワード：生理 事象関連電位 選択的注意 聴性脳幹反応

1. 研究開始当初の背景

(1) 事象関連電位 (event-related potential: ERP) 研究の常識的見解によれば、聴性脳幹反応 (auditory brainstem response: ABR) を含む初期 ERP (聴覚系末梢から脳幹の反応に対応する) には非選択的覚醒、選択的注意の両者とも影響を与えないとされる。一方、選択的注意は ERP の中期～後期成分 (大脳皮質聴覚野から連合野に対応する) で成立するとされる。しかし近年、ERP 分野外の研究では人間の聴覚系末梢と脳幹において選択的注意効果が成立することが示唆されており、ERP 研究の常識的見解と、他の神経科学分野の知見とが合致しないことが指摘されている。

(2) 申請時において私たちは ABR に注意が影響することを示唆する次の知見を得ていた。ABR の注意効果 (誘発音聴取時と無視時との差異) は強度の白色雑音を対側耳に提示したとき (対側マスキング時に) 成立し、マスキング無しでは成立しなかった。ABR の注意効果の成立には標的音と非標的音の弁別 (オッドボール課題) が必要であり、一種類の音に注意しただけでは ABR に注意効果が成立しなかった。とを統合した刺激条件は ABR の注意効果を否定した諸研究で検討されなかったものであり、少なくとも非選択的覚醒が初期 ERP に影響することを示した。これらの知見をさらに厳密な選択的聴取事態に適用し、選択的注意が初期 ERP に成立するか否か明らかにしようと考えた。

2. 研究の目的

当初の研究目的として次の3つを設定した。

(1) ABR の注意効果が選択的注意によって成立するのか明らかにするため、両耳分離聴を実施している際の ERP を計測する。両耳分離聴時において ABR の注意効果が成立すれば、その効果は選択的注意に基づいていると結論することができる。

(2) 標的音と非標的音との周波数差に大小の2条件を設けることによって、刺激特徴の差異の程度が各 ERP 成分の注意効果におよぼす影響を検討する。聴覚周波数を比較する処理が後期 ERP (大脳皮質の機能に対応) の注意効果に反映されることは先行研究から明らかになっているものの、初期 ERP (ABR) の注意効果に聴覚周波数の比較が反映されるか否か明らかでない。

(3) 2音を弁別する際、標的音の提示確率に大小の2条件を設けることによって、刺激音に対する表象形成の程度が各 ERP 成分の注意

効果におよぼす影響を調べる。標的音の提示確率が小さくなり、非標的音の提示確率が大きくなると、非標的音に対する表象がより確実に形成されるため後期 ERP の注意効果がより大きくなることが報告されている。このような非標的音に対する表象形成の程度が初期 ERP (ABR) の注意効果に反映されるか否か明らかでない。

3. 研究の方法

(1) 選択的注意が成立する聴覚処理段階を検討するため、次に述べる3つの手続き () を用いて両耳分離聴時の ERP を記録した。ERP については初期成分 (大脳皮質へ到る前の処理) と後期成分 (大脳皮質における処理) の結果を比較した。参加者数は各実験12名であった。

実験1 (未発表) は、研究申請時の前提 (ABR の注意効果が強度の対側マスキング時に成立する) を両耳分離聴時において確認するため実施された。ピップ音を刺激とし、非標的音として左耳へ低音 (0.5 kHz)、右耳へ高音 (1.5 kHz) を開始間隔 180-320 ms で提示した。低頻度の標的音 ($p = 0.1$) は左耳と右耳それぞれ 0.6 と 1.7 kHz にした。ピップ音の音圧は右耳より左耳を高くした。また対側マスキングの効果を検証するため、右耳へ強い白色雑音を連続提示する対側マスキング条件と、右耳へのマスキング提示が無い対照条件を設けた。左耳の非標的音に対する ERP を左耳注意と右耳注意の間で比較した。

実験2 (学会発表) は、注意チャンネル間 (両耳間) の刺激周波数の高低によって両耳分離聴時の ERP に現れる効果を検討するため実施された。当初の研究目的では注意チャンネル内 (刺激耳内) における聴覚周波数の差異を検討する予定であったが、注意チャンネル間の刺激変数が Nd (negative difference; ERP 後期成分の一つで選択的注意に関連する) の規定因として大きいことが先行研究から明らかであったため、実験目的の変更を行った。また実験1の結果を受けて、対側マスキングはなされなかった。中音圧のバースト音を刺激とし、条件1では非標的音として左耳へ低音 (0.5 kHz)、右耳へ高音 (1 kHz) を提示した。条件2では非標的音の高低が提示される耳を条件1の逆にした。開始間隔は実験1と同じであった。標的音 ($p = 0.01$) として 0.5 kHz に対し 0.6 kHz を、1 kHz に対し 1.2 kHz を提示した。各耳の非標的音に対する ERP を左耳注意と右耳注意の間で比較した。なお ERP を算出する際、Nd の出現が明確であった試行ブロックのみを分析に用いた。

実験3 (未発表) は、注意チャンネル間 (両

耳間)の刺激周波数の差によって両耳分離聴時の ERP に現れる効果を検討するため実施された。中音圧のピップ音を刺激とし、条件 1 では非標的音として左耳へ低音 (0.25 kHz)、右耳へ高音 (0.5 kHz) を提示した。条件 2 ではいずれの耳にも同一周波数の非標的音 (0.5 kHz) を提示した。実験 1 と同じ開始間隔を使用した。標的音 ($p = 0.01$) として 0.25 kHz に対し 0.45 kHz を、0.5 kHz に対し 0.6 kHz を提示した。各耳の非標的音に対する ERP を左耳注意と右耳注意の間で比較した。実験 3 においても ERP を算出する際、Nd の出現が明確であった試行ブロックのみを分析に用いた。

(2) 両耳分離聴の実験から、ABR の注意効果に強度の対側マスキングが必須でないことが示唆されたため、さらに単純な聴覚刺激条件においても強度の対側マスキング無しに様相間 (聴覚 vs. 視覚) 注意が ABR に影響を与えるか検討した。実験手続きとして両耳間相互作用の手続きを採用し、次に述べる 2 つの実験を実施した。両耳間相互作用とは両耳刺激による反応が片耳刺激よる反応の和と異なる場合であり、通常、刺激音が両耳同時、左耳のみ、右耳のみに提示される 3 条件で検討される。参加者数は各実験 12 名であった。

実験 4 (雑誌論文、学会発表) は、聴覚課題と視覚課題の間で ABR に差異が生じるか、特に刺激の周波数と提示位置に依存して差異が生じるか確認するため実施された。中音圧のピップ音 (1 kHz) のみ、またはクリック音 (矩形波) のみを開始間隔 180 ms で提示した。刺激提示位置は両耳同時、左耳のみ、右耳のみにそれぞれ固定された。聴覚課題として確率 1% で生じる開始間隔の延長を参加者に検出させた。視覚課題として無音動画の場面変化を検出させた。聴覚刺激と視覚刺激の提示は同時に行い、聴覚刺激によって生じた ERP を 2 つの注意課題間で比較した。この実験 4 と次の実験 5 では予め定めた回数に加算が完了した時点での ERP を分析に用いた。

実験 5 (学会発表) は、実験 4 と同様の刺激で注意チャンネルの維持が困難になる実験事態を導入し、様相間の注意効果が ABR 上で生じるか検討するため実施された。中音圧のバースト音 (1 kHz) のみ、またはクリック音 (矩形波) のみを開始間隔 180 ms で提示した。刺激音は両耳、左耳、右耳へ試行ごとに無作為に提示され、参加者には実験 4 と同様の聴覚課題と視覚課題が課された。聴覚刺激と視覚刺激の提示を同時に行い、聴覚刺激によって生じた ERP を 2 つの注意課題間で比較した。

4. 研究成果

研究成果は次の (1) ~ (3) にまとめることができる。

(1) ABR に選択的注意効果は成立したが、後期 ERP (Nd) と比較して刺激条件による制約をより受けた。

両耳分離聴事態 (実験 1~3) の非標的刺激に対する ERP を左耳注意と右耳注意の間で比較したところ、ABR 上で注意時の電位が非注意時の電位より有意に大きくなる条件が多く見られた。また聴覚課題と視覚課題の間で刺激音に対する ERP を比較した実験 (実験 4) でも、ABR 上で聴覚課題時の電位が視覚課題時の電位より有意に大きくなる条件が多く見られた。これらの知見より、選択的注意の効果が ABR に現れることが示された。

しかしながら、ABR に現れる選択的注意効果は限定された刺激条件のもとで成立するようである。両耳分離聴の場合、実験 2 において ABR の選択的注意効果は条件 1 (左低音、右高音) で検出されたが、条件 2 (左高音、右低音) で検出されなかった。実験 3 においては条件 2 (左右同音) で選択的注意効果が検出されたが、条件 1 (左低音、右高音) では注意時の電位が非注意時の電位より大きくならなかった。様相間注意の場合、実験 4 においてクリック音に対し ABR の注意効果は見出されなかった。ピップ音に対する注意効果は全ての刺激提示位置で検出されたが、実験 5 における刺激位置の無作為提示にともない、クリック音に加えバースト音に対する注意効果も検出することが困難になった。

以上の知見から、ABR 上の選択的注意効果を困難にする刺激条件には次の諸要因が考えられる。A) 両耳分離聴では注意チャンネル間 (両耳間) の刺激周波数の差異が関与したようである (実験 2 と 3)。注意チャンネル間で刺激の差異が大きく、非注意耳の刺激が顕著である場合、注意チャンネルの維持が困難になると考えられる。B) 様相間注意事態 (実験 4 と 5) では刺激提示位置の変動が関係したようである。刺激提示位置が固定される場合と比較し、無作為提示によって刺激提示位置が変動する場合、注意チャンネルの分散化もしくは維持困難が生じると考えられる。C) 両耳分離聴と様相間注意事態に共通して刺激周波数の高低が影響を及ぼすようである。先行研究では ABR 上の注意効果が中間周波数音に対し顕著に見出されている。実験 3 で用いられた 0.25 kHz 音や実験 4 と 5 で使用されたクリック音は中間周波数の範囲外の周波数を含むため、ABR 上の注意効果にとり不利であった可能性がある。

後期 ERP の選択的注意効果は ABR の場

合よりも広い刺激条件で成立すると考えられる。両耳分離聴事態(実験1~3)に限定した場合、後期ERPのNdはいずれの注意条件でも明確に出現した。この結果は、分析の際にNdの出現が明確であった試行ブロックを用いたことから、当然の帰結である。しかし、Ndが明確に出現した選択的注意状態であっても、ABR上の注意効果にとっては不安定な条件であることを示すことができなかったと考えられる。様相間注意事態(実験4と5)においては、実験4の全条件で後期ERPの注意効果(聴覚課題と視覚課題間の差異)が確認された。刺激位置の無作為提示にともない、実験5において後期ERPの注意効果は大きく減衰した。しかし、ABR上の注意効果を検出できない刺激条件の中には後期ERPの注意効果を確認できたものがあった。

選択的注意による初期ERPと後期ERPの効果は異なる処理を表しており、刺激音の表象が後期ERPに表現されていると考えられる。様々な刺激条件で選択的注意効果を成立させる、後期ERPの一般性がこの主張を支持している。一方、表象に到る前の処理を表す初期ERPも、刺激変数に拘束される形で、選択的注意による修飾を受けることが示された。

(2) 強度の対側ノイズ提示はABRの注意効果を成立させる実験条件として必須でなかった。

実験1において対側マスキング条件と対照条件を比較したところ、どちらの条件でも微弱ながらABR上で左耳注意時の電位が右耳注意時の電位より有意に高かった。続く実験2から実験5においては強度の対側ノイズ提示が採用されなかったにも関わらず、いくつかの刺激条件で注意課題間の有意な電位差がABR上で検出された。

従って、研究開始時に想定していた強度の対側ノイズ提示は、より拡張された刺激条件においてABRの注意効果にとり必須でないことが明らかになった。

対側ノイズ提示の必要性について不一致が生じた要因を考察すると、研究課題を定める前提になった諸実験で刺激音圧が高く設定されており、今回の諸実験で用いられた中程度の音圧と比較して異なる刺激環境にあったことが考えられる。

(3) 注意はABRの両耳間相互作用に影響を与えた。

ABRの両耳間相互作用とは、両耳刺激による波形の振幅が左右片耳刺激による代数和波形の振幅と異なる現象である。ヒトではV波潜時で生じるDN1が代表的成分である。DN1の出現には主に刺激音の高周波数成分

が寄与するとされる。しかし、低・中周波数成分の寄与を示唆する異論も存在する。私たちは刺激周波数とABR両耳間相互作用の関係が選択的注意による影響を受けると想定し、実験4と5において検討を行った。

クリック音によるDN1と比べ1kHz音によるDN1は注意課題の影響を受けやすかった。実験4においてピップ音によるDN1は聴覚課題時で有意に出現したが、視覚課題時で確認することが困難になった。一方、クリック音によるDN1はいずれの注意課題時でも明確に確認された。実験5において刺激位置の無作為提示を導入したところ、バースト音によるDN1はいずれの注意課題時でも検出されなかった。クリック音によるDN1はいずれの注意課題時でも検出されたものの、視覚課題時に減衰が見られた。

これらの知見はDN1の生起に関する従来の説(刺激音の高周波数成分が主に寄与する)を支持している。また聴覚への注意にはDN1の生起を促進する働きがある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

Ikeda, K. (2015). Binaural interaction in human auditory brainstem response compared for tone-pips and rectangular clicks under conditions of auditory and visual attention. *Hearing Research*, 325, 27-34. 査読有
DOI: 10.1016/j.heares.2015.02.010

池田 一成 (2014). 聴性脳幹反応(ABR)の両耳間相互作用. 東京学芸大学教育実践研究支援センター紀要, 10, 151-158. 査読無
<http://hdl.handle.net/2309/135359>

[学会発表](計7件)

池田 一成、音脈形成妨害時の聴性脳幹反応における注意修飾効果、第33回日本生理心理学会大会、2015年5月24日、グランフロント大阪(大阪府大阪市)

Ikeda, K. Auditory selective attention and ERP: Comparison between the ABR and Nd. The 17th World Congress of Psychophysiology. 24 September, 2014. Hiroshima (Japan).

池田 一成、両耳分離聴時の事象関連電位初期成分と後期成分における注意修飾効果、第32回日本生理心理学会大会、2014年5月18日、筑波大学(茨城県つくば市)

池田 一成、松田 修、聴覚刺激特性と注意様相による ABR 両耳間相互作用の差異、第 43 回日本臨床神経生理学会学術大会、2013 年 11 月 8 日、高知県立県民文化ホール（高知県高知市）

池田 一成、聴性脳幹反応における注意修飾効果の聴覚刺激特性による差異、第 31 回日本生理心理学会大会、2013 年 5 月 19 日、福井大学（福井県福井市）

池田 一成、関口 貴裕、松田 修、低周波数弁別にともなう ABR 両耳間相互作用の変容、第 17 回認知神経科学学会学術集会、2012 年 9 月 30 日、東京大学（東京都文京区）

池田 一成、関口 貴裕、松田 修、能動的聴取による ABR 両耳間相互作用の変容、第 16 回認知神経科学学会学術集会、2011 年 10 月 23 日、産業医科大学（福岡県北九州市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 一成（IKEDA, Kazunari）
東京学芸大学・教育実践研究支援センター・教授
研究者番号：5 0 2 9 3 0 0 6

(2) 連携研究者

関口 貴裕（SEKIGUCHI, Takahiro）
東京学芸大学・教育心理学講座・准教授
研究者番号：9 0 3 3 4 4 5 8

松田 修（MATSUDA, Osamu）
東京学芸大学・教育心理学講座・准教授
研究者番号：6 0 2 8 2 7 8 7