

事象関連電位としてのAuditory Sustained Potential : 刺激音への注意を統制したパラダイムを用いた検討

著者	小嶋 知幸, 加我 君孝, 石川 史人, 蔵内 隆秀, 斎藤 陽一, 石川 貞夫
著者(英)	Kojima Tomoyuki, Kaga Kimitaka, Ishikawa Fumito, Kurauchi Takahide, Saito Yoichi, Ishikawa Sadao
雑誌名	Audiology Japan
巻	38
号	1
ページ	61-65
発行年	1995
URL	http://id.nii.ac.jp/1419/00000666/

事象関連電位としての Auditory Sustained Potential

——刺激音への注意を統制したパラダイムを用いた検討——

小嶋 知幸^{1,2)}, 加我 君孝²⁾, 石川 史人²⁾

蔵内 隆秀²⁾, 齋藤 陽一³⁾, 石川 貞夫⁴⁾

¹⁾江戸川病院リハビリテーション科

²⁾東京大学耳鼻咽喉科学教室

³⁾脳波計量研究所

⁴⁾日本光電富岡株式会社

要旨：一定の持続時間を持った音刺激によって誘発される auditory sustained potential (以下 SP) が、外因性の知覚反応であるか、刺激に対する何らかの注意を反映する内因性の事象関連電位であるか、という点についての検討を目的とした。方法として、刺激に対する注意の比較が可能なパラダイムを2種類設定した。各パラダイムはそれぞれ聴覚刺激のみを用いる3種の実験から構成される。両パラダイムとも実験1から3のうち実験3のみが刺激の持続時間に対する積極的注意を必要とする課題である。その結果、両パラダイムとも実験1および2では明瞭な SP は出現せず、実験3においてのみ明かな SP が出現した。結論として、SP は聴覚刺激に誘発されて出現される電位であるが、単に刺激を与えるのみでは十分ではなく、刺激の持続時間に対する積極的な注意に依存する内因性の事象関連電位として位置づけることが妥当と考えられた。

—キーワード—

事象関連電位, Sustained potential, 聴覚, 注意の統制

はじめに

Auditory Sustained Potential (以下 SP と略す) は聴性誘発反応の1種で、持続的な聴覚刺激によって誘発される緩徐な陰性方向への基線の移動である。図1に周波数1kHzでプラトータイム1000ms、立ち上がり下がり各10msの純音によるトーンバーストによって誘発された SP のモデル波形を示した。SP は1952年に Köhler¹⁾ によって初めて報告されて以来、外因性の誘発反応であるか、被験者の心理的過程を反映した事象関連電位なのかという点や、CNV との関連などについて議論されてきた^{2,3)}。最近では Picton ら (1978)⁴⁾ が、いくつかの根拠をもとに SP を主として外因性の知覚反応として位置づけている。その根拠は、(1)刺激音の大きさが増大すると振幅が増大する、(2)刺激音に注意を

払っていない場合でも出現する、(3)睡眠時にも出現する、などである。このうち本研究では刺激音に対する

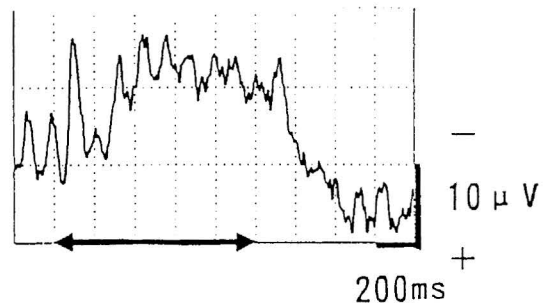


図1 Auditory sustained potential のモデル波形
矢印は刺激音の提示時間を示す

注意という点に着目した。Picton らの実験よりも刺激音に対する注意に関して厳密な統制が可能と考えられるパラダイムを用いることで、SP と注意との関連がより明確になるのではないかと考えた。本研究の目的は、SP と注意の関連について明確にすることにより、SP が何らかの心理過程を反映する指標になりうるかという点について検討することである。

Picton ら⁴⁾は、刺激音を無視させる方法として、実験中被検者に本読みを行なわせている。しかしこのような、聴覚への刺激を無視させるために視覚的課題を用いる方法では、刺激に対する注意を十分妨害できない可能性が考えられる。そこで本研究では、聴覚刺激のみを用いて、しかも音への注意の統制が可能で、かつ相互比較が可能な実験を 3 種 1 組とし、2 組設定した。この 3 種の実験からなるそれぞれの組を、以下本研究ではパラダイム I、パラダイム II と記載する。

パラダイム I

方 法

実験に用いた刺激音はすべてプラトータイム1000ms、立ち上がり下がり各10msの純音によるトーンバーストである。周波数は1kHz、音圧は被検者により50dBHLまたは60dBHL。

実験1：刺激音に対する注意を被検者の自由に任せる目的で、被検者に課題を課さず刺激音のみを与える条件とした。

実験2：被検者の注意を刺激音の持続時間から逸らす目的で、刺激音の開始に対して可能な限り素早くボタン押して反応させる条件とした。

実験3：被検者の注意を積極的に刺激音の持続時間に向けさせる目的で、刺激音の終了に対して可能な限り素早くボタン押して反応する条件とした。

以上3実験とも、刺激間隔3秒、生体増幅器の帯域幅は0.05Hz~50Hzに設定し、刺激音開始前200msから開始後1800msまでの2秒間の波形を100回加算した。電極の位置は国際脳波学会連合標準電極配置法⁵⁾により、基準電極を両耳耳連結、接地電極をFpzとして、導出電極はFz、Cz、Pz、Ozの4部位に設置し、単極導出した。ただし本研究では主にCzからの導出波形を分析対象とした。波形分析の際の陽性、陰性の基準は刺激前200msの平均電位である。音刺激と平均加算は(株)日本光電製Neuropack8を用いた。また、被検者は閉眼、仰臥位で実験を行った。

対 象

健常成人5名。男性3名、女性2名で年齢58±10.8歳である。

結 果

パラダイム I の結果を図 2 に示す。実験 1 では、全例に刺激音開始による N1, P2 が認められたが、刺激時間に対応した緩徐な陰性方向への基線の移動は認められなかった(図 2 左)。実験 2 でも実験 1 同様 N1, P2 を認めたが、P2 以降の波形は若干アーチファクトが混入し、被検者によってばらつきが生じた。ただし刺激時間に対応した明かな緩徐な陰性方向への基線の移動は認められなかった(図 2 中)。実験 3 では、実験 1, 2 と異なり、N1, P2 の後刺激時間にほぼ一致した緩徐な陰性方向への基線の移動すなわち SP が認められた(図 2 右)。

パラダイム II

方 法

実験1：被検者の注意を刺激音の周波数に向けさせる目的で、プラトータイム1000msで立ち上がり下がり各10msの純音によるトーンバーストを用い、周波数弁別によるオドボール課題を設定した。音圧は被検者により50dBHLまたは60dBHL。また、標的刺激は2kHz、標準刺激は1kHzに設定し、被検者には音の持続時間に関する情報は与えず、高い方の音を聞いたなら可能な限り素早くボタン押して応答するよう指示した。

実験2：被検者の注意を刺激音の音圧に向けさせる目的で実験1と同様の持続時間の刺激音を用い、音圧弁別によるオドボール課題を設定した。周波数は被検者により1kHzまたは2kHz。また、標的刺激は60dBHL、標準刺激は50dBHLに設定し、実験1同様音の持続時間に関する情報は与えず、大きい方の音を聞いたなら可能な限り素早くボタン押して応答するよう指示した。

実験3：被検者の注意を積極的に刺激音の持続時間に向けさせる目的で、持続時間の弁別によるオドボール課題を設定した。音圧は被検者により50dBHLまたは60dBHL。周波数は被検者により1kHzまたは2kHz。標的刺激は1000ms、標準刺激は標的刺激との弁別が不可能にならないよう配慮し、被検者の能力に応じ、750ms、700ms、500msのいずれかに設定し、音を

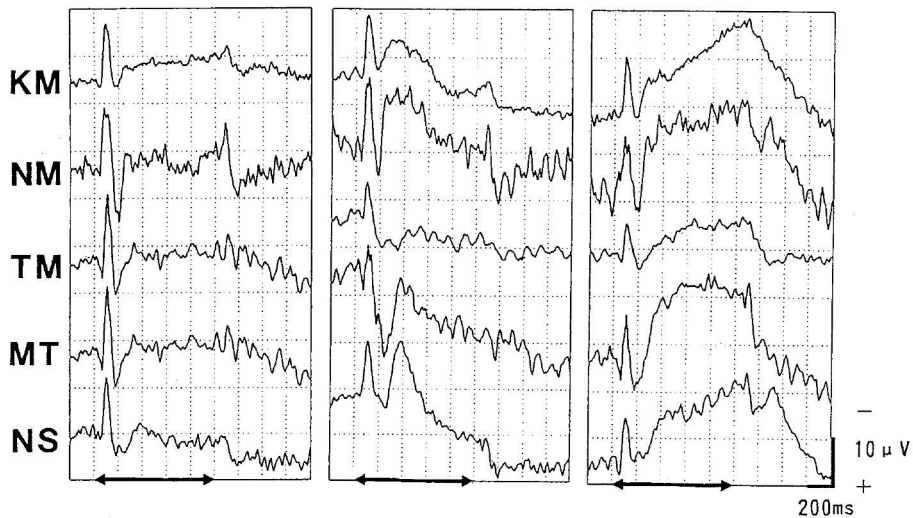


図2 パラダイム I の実験結果

左から順に実験 1, 実験 2, 実験 3。矢印は刺激音の提示時間を示す

聞き終わってから、長いと感じた方の音にボタン押しで応答するよう指示した。

以上 3 実験において、標的および標準刺激の出現頻度は、P300の振幅を抑制する目的で各50%ずつとした。音刺激開始時をトリガーとし、刺激前200msから刺激後1800msまでの2秒間について、標準刺激—標的の刺激の組合せで25回加算を行った。その他の記録条件は、すべてパラダイム I と同様である。

対 象

健常成人 5 名。男性 4 名、女性 1 名で平均年齢 39 ± 17.2 歳である。

結 果

実験 1 の結果を図 3 に示す。被検者 5 名のうち 3 名の加算波形である。左が標的刺激による加算波形、右側が標準刺激による加算波形である。いずれの被検者においても N1, P2 までは共通して認められたが、SP は認められなかった。また、標的刺激と標準刺激の間で、明かな波形の違いを認めなかった。

実験 2 の結果を図 4 に示す。被検者 5 名のうち 3 名の加算波形である。実験 1 同様、SP は認められなかった。

実験 3 の結果を図 5 に示す。被検者 5 名のうち 4 名の加算波形である。実験 1, 2 と異なり、N1, P2 に続いて、刺激時間にほぼ対応した緩徐な陰性方向への基

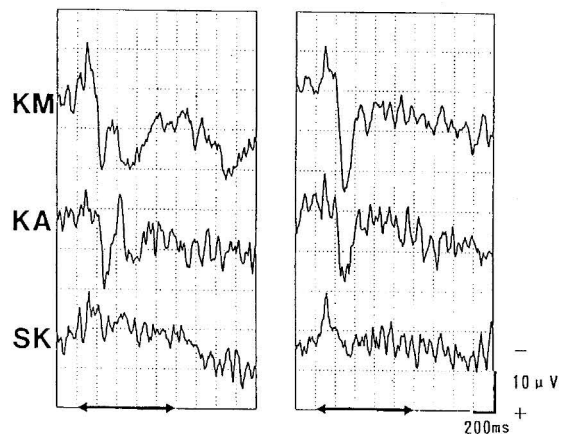


図3 パラダイム II, 実験 1 の結果

左側が標的の刺激による加算波形、右側が標準刺激による加算波形。矢印は刺激音の提示時間を示す

線の移動すなわち SP が認められた。

考 察

1. 注意と sustained potential

本研究で用いた 2 種のパラダイムは、ともに刺激音への注意を統制する 3 種の実験からなるが、実験に使用する刺激音の種類において異なる。パラダイム I では、1 種類の刺激音を用いて、刺激音への注意の統制

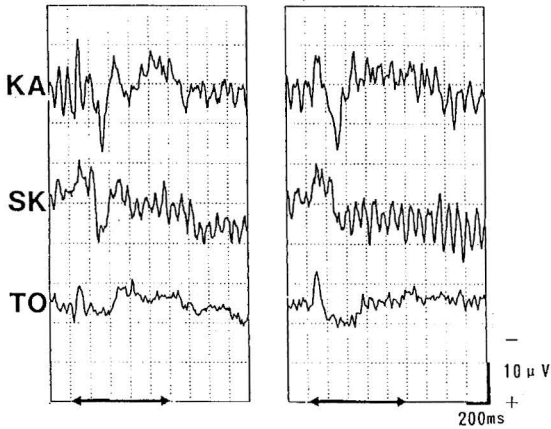


図4 パラダイムII, 実験2の結果
左側が標的的刺激による加算波形, 右側が標準刺激による加算波形, 矢印は刺激音の提示時間を示す

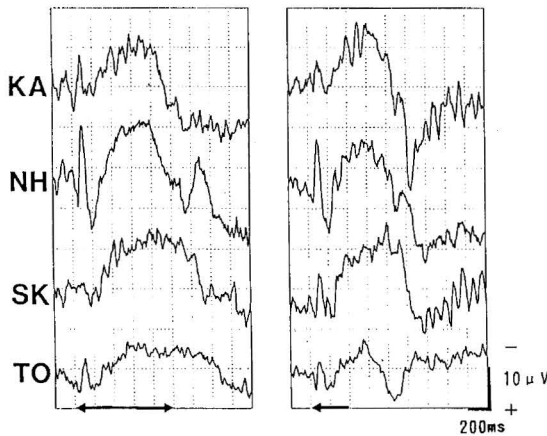


図5 パラダイムII, 実験3の結果
左側が標的的刺激による加算波形, 右側が標準刺激による加算波形。矢印は刺激音の提示時間を示す。標準刺激の持続時間は被検者によって異なる。KAが750ms, NH, SKが700ms, TOが500ms

を行った。すなわち, 実験1は刺激音への注意の積極的統制を行わない課題である。実験2は刺激音の持続時間への注意を逸らしうる課題と考えられる。実験3は刺激音の持続時間への積極的な注意を要求する課題と考えられる。一方パラダイムIIでは, 2種類の刺激音を用いてオドボール課題の形式で用い, 刺激音への注意の統制を行った。すなわち, 実験1および2では

音の持続時間以外のパラメータの弁別を課題とすることによって, 結果的に刺激音の持続時間への注意を逸らしうると考えられる。実験3は刺激音の持続時間の弁別を課題とすることで, パラダイムIの実験3同様刺激音の持続時間への積極的な注意を要求すると考えられる。言い換えると, 両パラダイムにおいていずれも実験3のみが刺激開始から課題遂行までに一定時間の持続的な注意または心理的準備を要求する課題といえる。

Pictonら⁴⁾は実験中被検者に本を読ませる条件を無視条件としたうえで, SPの振幅は, 注意条件と無視条件で有意な差は認めなかったと報告している。しかし, 聴覚刺激のみを用いて注意を統制した本研究では, パラダイムIおよびパラダイムIIの実験1と2においてSPは出現せず, 両パラダイムの実験3のみに出現した。このことから, SPの誘発には単に被検者に持続的な刺激音を与えるのみでは十分ではなく, 被検者が刺激音の時間的側面に積極的に注意を払うことが必要と考えられる。したがって, 聴覚刺激を視覚的タスクで妨害し, 無視条件でもSPが出現するというPictonら⁴⁾の方法は, 刺激音への注意の統制という点で不十分であった可能性が考えられる。以上より, Auditory Sustained Potentialは単に聴覚刺激による外因性の誘発反応ではなく, 持続的な注意または, 認知判断を行う準備を反映する成分を持つ事象関連電位として位置付けることが妥当ではないかと考えられた。

SPのような緩徐な電位で, しかも心理的要因に関連するとされる事象関連電位にはCNVがある。CNVは聴覚刺激である警告刺激と視覚刺激である命令刺激という2種類の刺激の間, すなわち物理的刺激の存在しないところに出現するのに対し, SPは音刺激に持続的に注意を向けるパラダイムによって出現している点がCNVとSPは異なっている。しかし, 刺激の開始を警告刺激, 終了を命令刺激と考えると, 今回我々が用いたパラダイムはCNVを誘発するS1-S2パラダイムに類似している可能性もある。今後, SPについてCNVとの関連での検討が必要である。

2. sustained potentialの起源について

本研究ではSPの起源に関して積極的示唆を与えるデータはないが, 異なる実験条件における加算波形の比較から以下の推論が可能ではないかと考えられる。まず第一にパラダイムIでは, 実験1から3を通じてN1とP2は再現性を持って出現したが, SPは実験3のみに出現した。このことから, SPは一般に事象関連電位

には含まない N1 や P2 とは独立の起源を持つと考えられる。次にパラダイム II の標的刺激側において、実験 1 および 2 では P3 が出現したが SP は出現せず、逆に実験 3 では P3 を認めず SP を認めた。実験 3 では SP の負の立ち上がりによって P3 が相殺された可能性も否定できないため、P3 成分が存在しなかったかどうかは不明であるが、少なくとも SP は事象関連電位である P3 とともに独立の起源を持つ可能性が考えられる。

また、パラダイムおよび波形の形状に類似性が認められる CNV は、頭皮上分布で頂点部 (Cz) で最大振幅を示すという報告が多い^{6,7)}。しかし、SP では我々がこれまで得たデータに関する限り、Cz で最大振幅を示す被検者と Fz で最大振幅を示す被検者を認めた。したがって、CNV とともに起源を異にする可能性が考えられる。この点については今後の課題である。

また、今回は行わなかったが、SP に関して刺激音の強度、被検者の覚醒水準などをパラメータに加えた検討も、行う予定である。

Auditory Sustained Potential as a Endogenous Potential-Study by Attention Controlled Paradigms

Tomoyuki Kojima^{1,2)}, Kimitaka Kaga²⁾, Fumito Ishikawa²⁾, Yoichi Saito³⁾, Sadao Ishikawa⁴⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Edogawa Hospital,

²⁾ Department of Otolaryngology, Tokyo University School of Medicine,

³⁾ Research Institute for EEG Analysis,

⁴⁾ Nihon Kohden Tomioka Corporation

The purpose of this study is to investigate whether the auditory sustained potential elicited by a sustained toneburst is a sensory response or a endogenous potential associated with attention to the auditory stimulus. We designed two paradigms each of which consisted of three experiments. In both paradigms, only the third experiment required the subjects to pay their attention to duration of the auditory stimulus. As a result, in both paradigms, the first and second experiments failed in eliciting

the auditory sustained potentials, on the other hand, only the third experiment succeeded in eliciting the auditory sustained potentials. Based on these results, we suggested that the auditory sustained potential is a endogenous potential associated with sustained attention to the auditory stimulus, rather than a sensory response.

参考文献

- 1) Köhler W, Held R and O'Connell D: An investigation of cortical currents: Amer. philos. Soc. **96**: 290-330, 1952
- 2) Keidel WD: D.C.-potentials in the auditory evoked response in man. Acta otolaryng. (Stockh.) **71**: 252-248, 1971
- 3) Järvilehto T and Fruhstorfer H: Is the sound-evoked DC potential a contingent negative variation? Electroenceph. clin. Neurophysiol. suppl. **33**: 105-108, 1973
- 4) Picton TW, Woods DL and Proulx GB: Human auditory sustained potentials. 1. The nature of the Response: Electroenceph. Clin. Neurophysiol. **45**: 186-197, 1978
- 5) 大熊輝雄: 臨床脳波学第 4 版, 医学書院, 東京, 1991, pp 35-37
- 6) 一条貞雄: 臨床神経生理学における最近の研究—CNV, 誘発電位, 脳波の分析など—. 臨床精神医学 **7**: 799-806, 1978
- 7) 下河内 稔: 事象関連電位 (II)。臨床脳波 **23**: 743-752, 1981

(原稿受付 平成 6.11.8)

別冊請求先 〒133 東京都江戸川区東小岩2-24-18
江戸川病院リハビリテーション科
小嶋 知幸

Reprint request:

Tomoyuki Kojima
Department of Rehabilitation, Edogawa Hospital,
2-24-18 Higashi Koiwa, Edogawa-ku Tokyo 133,
Japan