琉球大学学術リポジトリ

脳波の欠如電位(MSP)とその心理過程に関する研究

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学法文学部 公開日: 2009-12-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 富永, 大介, Tominaga, Daisuke メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/13599

脳波の欠如電位（ＭＳＰ）と その心理過程に関する研究**

富永大介*

はじめに

外界の刺激に対して誘発させられる脳電位である誘発電位に関する心理生理学的研究は、自発性脳波に関する研究以上に、最近多くの研究者によって行なわれている。その中でも特に外界の特異的刺激を直接反映すると考えられる誘発電位の初期成分よりは、むしろ後期陽性成分（Ｐ300）と、刺激出現に先行する緩電位の陰性変動（Contingent Negative Variation, CNV; Readiness Potential, RP）の心理学的研究に関心が寄せられている。

誘発電位の後期陽性成分（Ｐ300）は、Sutton, Tueting, Zubin and John（1967）によれば、外部刺激の物理的特性によって決定されるのではなく、外部刺激のもつ情報の関数として変化するものであるといわれる。また、刺激に先行して生じるＣＮＶはTecce（1969）、Tecce（1972）によれば、刺激に対する予期・注意によって生じるものであるといわれる。このようなＰ300やＣＮＶは生活体の内的過程を反映して誘発された現象であることから誘発電位の内因的（endogenous）成分であるといわれる。また一定時間間隔（約１秒から２秒）をおき、連続して刺激を掲示する事態（ＭＳＰパラダイム）で、連続刺激のいくつかをある確率で省略すると、刺激が欠如された時間的位置に誘発電位が生じる（Sutton et al., 1967;

---

* 琉球大学教養部

** 本研究は文部省昭和53～55年度科学研究補助金総合研究（A）による研究「脳電位を指標とする精神活動水準の研究」（課題第号331017 研究代表者萩野源一）の一部である。

Klinke, Fruhstorfer, and Finkenzeller, 1968; Picton & Hillyard, 1974a）。この欠如電位（missing stimulus potenticals ＭＳＰ）はＰ300 やＣＮＶと同様に誘発電位の内因的成分であると考えられる。

欠如電位は陽性成分とそれに先行する陰性成分の２相性波形を示す。陽性成分は刺激のモダリティに関係なく一様に正中頭頂部優位の頭皮上分布をしめす。これはＰ300の分布と同様であり、欠如電位の陽性成分とＰ300 は同じ心理的メカニズムを反映して出現する誘発電位の成分であることが示唆される、Sutton ら（１９６７）はＰ300の出現メカニズムに関して、その潜時は不確実性（uncertainty）が減少した時間的位置によって決定され、その振幅と波形は情報伝達をおこなう外部事象の有無によって影響を受けると説明するが、ＭＳＰパラダイムでみられる欠如電位も同様に考えることができよう。

一方、陰性成分は種々の条件によって、出現したり、しなかったりすることが報告されている（Simon, Vaugham, and Ritter, 1976）。この成分は刺激のモダリティによって頭皮上分布が異なることが知られている。Donchin, Ritter and McCallum (1978)はこの成分を誘発電位のＮ200 の endogenous 成分であると述べている。それが内因的成分であるならば、緩電位変動に強く影響を及ぼすことが予想される。しかし、MSPの陰性成分がどのような心理的要因によって変化するのかに関しては十分な研究がなされていない。

本研究の目的は、ＭＳＰの２相性成分の出現有無を刺激特性と課題特性の側面から検討し、ＭＳＰを生起させるメカニズムについて、特に陰性成分について吟味する。更に脳波導出方法の差異がＭＳＰの成分の生起に及ぼす影響についても検討する。

実験　1

目的　欠如刺激（ＭＳ）の出現確率を操作することによって、欠如電位

の2相性波形の有無がどのような条件下で生起するのかを検討する。

被験者　広島大学心理学科の学生6名

手　続　Table 1 に示すように実験1は4条件からなり、各条件600試行で構成された。各条件は欠如刺激（missing stimulus, MS; omitted stimulus）の出現確率に基づいて設定された。第1条件は平均20試行に1回の割合で刺激が省略される条件である（S－MS条件）。第2、第3の条件はそれぞれ刺激が平均10試行に1回もしくは5試行に1回省略される条件であった（M－MS条件、L－MS条件）。3実験条件の1つを統制条件として被験者に提示した。実験条件の場合は、1.3秒毎に連続提示される刺激の中でランダムに省略される欠如刺激の数を数えるように教示した。統制条件では刺激が欠如されることを全く無視し、他のことを考えるように教示した。3実験条件は被験者内変数であり、不完全カウンターバランスをとり提示された。統制条件は3名の被験者では実験の前に、残りの3名の被験者では実験条件の後に行なわれた。各条件の加算回数は Table 1 の通りである。

Table 1. Experimental condition

Condition	Number of trial	Number of MS	Number of stimuli	Probability of MS
S－MS	600	30 (180)	570	0.05
M－MS	600	60 (360)	540	0.10
L－MS	600	120 (720)	480	0.20
Control	600	variable		

装置　脳波は Cz から単極誘導で導出され、時定数0.3秒の増幅器を通しデータレコーダー（TEAC R－81 7チャンネル）に磁気記録された。脳波の加算平均は医用コンピュータ（日本光電製　ATAC－501）を用い、

off－line 処理で行ない、その結果をＸ－Ｙレコーダーに記録した。右耳朶を接地した。刺激は1000Hz の純音を用いた。加算回数は各条件により異なるが、統制条件以外の３実験条件の較正電圧の大きさは等しくなるように描かれた。刺激が欠如される位置（ＭＳのon－set）から１秒後までの間の分析を行なった。

結果と考察　Fig.1 は全被験者の反応を条件ごとにすべて加算平均したものである。統制条件をみる限り、ＭＳＰの波形が誘発されていない。このことは実験者が刺激またはＭＳに対して全く無視した態度をとるように教示したためであろう。従来、ＭＳＰの成分は陽性成分に陰性成分が先行すると言われている。しかし実験１においては、Ｓ－ＭＳ条件を除いては陰性成分が観察されなかった。その第１の理由としては、陰性成分がＭＳの位置から生じるのでなく、刺激が省略される以前から生じるものなので、記録上うまく観察されなかったのではないかと考えられる。もう１つの理由はＳ－ＭＳ条件ではそれが観察されたが、他のＭ－ＭＳ条件、Ｓ－ＭＳ条件では観察されないという事実からＭＳＰの陰性成分はそれの陽性成分とは異なった何らかの心理変数に対応して変化するのかもしれないということである。

ＭＳＰの陽性成分は３実験条件とも明らかに観察された。ＭＳＰの潜時はどの条件とも一貫しており、約350ミリ秒に最高振幅を記録している。次にＭＳＰの振幅に関してみると、特にＬ－ＭＳ条件で他の条件に比べて振幅が大きいが、３条件の間に一定の変化を示していない。

実験１では従来の脳波導出と同時に、時定数0.3 秒で記録した。このことがＭＳＰの２相性波形の出現の有無に関係することを示唆する。すなわち、ＭＳＰの陰性成分と陽性成分をDonchinら（1978）がいうような誘発電位の内因的成分であると考えると、脳波の緩電位導出の際に用いられる長い時定数による増幅もしくは直流増幅の方法で記録する必要がある。しかし、ＭＳＰの陽性成分は事象関連電位（ＥＲＰ）のＰ300 の成分と同様に考えても、時定数0.3 秒で充分観察されるので問題はないと思われる。

陰性成分はこの実験からみられるように、３実験条件によって生起する

場合とそうでない場合がみられる。このことはＭＳＰの陰性成分がＣＮＶやＲＰを生じさせるような心理変数に対応した成分であることが充分考えられる。故に、ＣＮＶやＲＰの現象を記録する際の導出方法で、それらの現象を生起させる心理メカニズムとＭＳＰの陰性成分生起を規定する心理的メカニズムを比較検討することによって、ＭＳＰの陰性成分の出現の有無のメカニズムが明らかになるかもしれない。

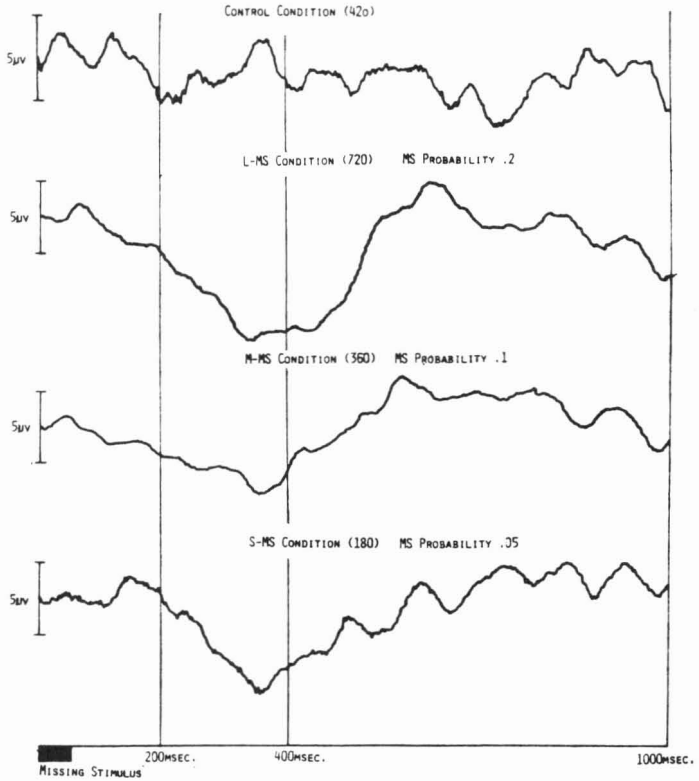

Fig. 1 Mean waveformes (6 subjecs) to the omitted stimuli under each condition

実験　2

目的　実験１で、欠如刺激の出現確率の観点からＭＳＰの陽性成分に先行する陰性成分の出現の有無について検討した。この場合従来の誘発電位導出と同様に時定数0.3秒を用いた。実験2a では視覚刺激、実験2bでは聴覚刺激を用い、それぞれの刺激強度及び刺激間間隔を操作することによって、それらがＭＳＰに及ぼす効果について吟味する。更に実験２では、時定数を長くして脳波導出することによって、実験１の導出方法との相異よる、欠如電位のパターンの変化についても検討する。

実験　2a

被験者　広島大学心理学科の学生６名

手　続　２×２の実験計画で実施された。第１の変数は刺激間間隔であった（１秒と２秒、Short（S）条件と Long（L）条件）。第２の変数は刺激の強度であった（明瞭に知覚されうる光点の提示と閾値レベルよりもわずかに高いかすかに知覚可能な光点の提示、High（H）条件と Low（L）条件）。各条件は150 試行から構成され、５試行に１回の割合でランダムに刺激が欠如された（１条件で計30回省略）。４条件を１ブロックとして、２ブロックを被験者内変数で行なった。１ブロックを終了した後に、欠如された刺激が全部で何回あったかということの報告を求めた。

脳波の記録　緩電位測定用電極を用いて、活性電極をCz、不関電極を右耳朶におき単極導出した。時定数は約10秒であった。ＥＯＧも同時に記録した。分析時間は約２秒であった。刺激の欠如の時点より前500ミリ秒の電位を基線とした。加算回数は各条件により若干異なるので、条件別に較正電圧を示した。

結果　Fig. 2 に全被験者の各条件の平均誘発電位の波形を示した。Moderate な光点（H条件）の場合が Faint な光点（L条件）よりもＭＳＰの陰性成分が大きい。刺激間間隔が短い場合は陰性成分はほとんど観察されなかった。陰性成分の最大値はいずれの条件でも刺激が欠如された時点

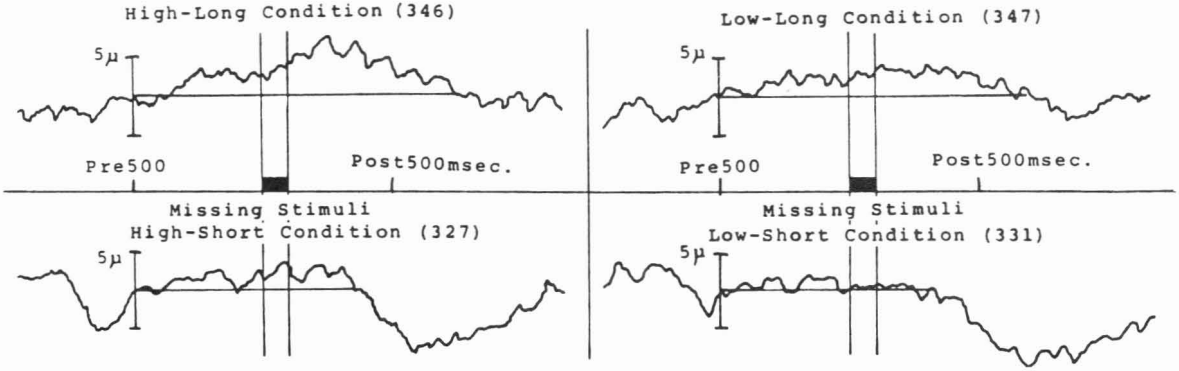

Fig. 2 Average waveformes (6 Subjects) to the visual missing stimuli under each condition.

より後方であらわれた。一方、陽性成分は刺激間間隔が短い（Ｓ条件）方が長い場合（Ｌ条件）よりも明瞭に観察可能であった。刺激間間隔が長い条件では緩徐な基線への復帰があらわれたが、それが短い場合は急激に基線を越え、更に陽性方向に変化した。

実験　2a

被験者　広島大学心理学科の学生８名。

手　続　音刺激は1000 Hzの純音で、持続時間は100 ミリ秒であった。８名の被験者のうち１名の被験者は全員に共通して提示した閾値レベルよりもわずかに強い音（Low 条件）が可聴できなかったので分析から除外した。その他の手続き及び実験条件は実験 2a と同様であった。

結果　Fig.3に全被験者の平均誘発電位を示した。全条件ともＭＳＰの陰性成分がみられた。またその成分の最大値は刺激が省略されたところか、それよりも後の部分で生じた。刺激間間隔の長い場合（Ｌ条件）と短い場合（Ｓ条件）とでは波形のパターンが異なった。すなわち、Ｌ条件では緩徐な山型、Ｓ条件では陰性方向への一方的上昇を示した。ところで陽性方向への変化と陽性成分はＨ－Ｓ条件で顕著にみられた。光刺激よりも音刺激の方が全般的に陰性成分の変動量が大きいように思われる。

実験 2a・2b の考察　両刺激について共通に言えることは、Ｃｚから導出された欠如電位は刺激間間隔が長い場合、ＣＮＶと同様に緩やかな陰性変動が存在すること、また陰性成分は刺激欠如よりも時間的に遅れたところで最大に達する。刺激間間隔の短い条件では、光刺激の場合、陰性成分はほとんどみられない。しかし音刺激の場合は、陰性成分が明瞭に観察された。以上のことから２秒間隔で刺激が欠如される時は陰性成分は出現するが１秒間隔では出現したり、しなかったりして不安定である。過去の研究で、欠如電位の陰性成分の生起の有無については、条件により異なることが報告されているが、今回の結果も、刺激の種類、刺激強度、刺激時間間隔の変数の効果が陰性成分の生起の有無に影響することがわかる。MSP

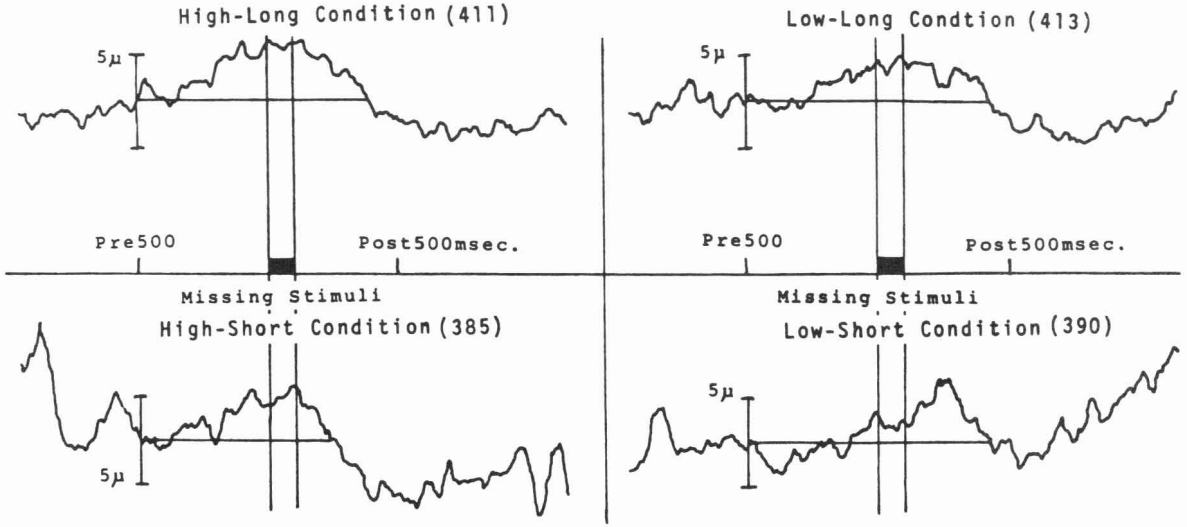

Fig. 3 Average waveformes (7 subjcests) to the auditory missing stimuli under each condition.

のCz の部分から導出した場合は聴覚刺激の陰性成分が明瞭である。 刺激の種類によるＭＳＰの成分を検討するためには、より多くの部位からＭＳＰを導出する必要があろう。

実験２a・2bではＭＳＰの２相性波形の出現要因を検討するために、直流増幅のレベルに近づけて脳波を記録した。実験１では陽性成分はどの実験条件でも観察されたが、陰性成分は条件によって観察されないものもあった。実験２a・2bでは、ほとんどすべての条件で、陰性成分が観察された。そのあらわれ方が刺激間間隔でゆるやかな山型と、そうでないものに区別された。しかし陽性成分は時定数を長くすると曖昧になることもわかった。故に時定数を長くすると、欠如電位の陽性成分と誘発電位のＰ300とのメカニズムの相異について論じることは無理であろう。

ＭＳＰのもつ２相性波形の出現有無のメカニズムをＣＮＶの陰性成分、基線への復帰、さらには誘発電位のＰ300 の成分との比較の観点から考察するためには、ＭＳＰを導出する際、時定数 0.3 秒と直流増幅で記録する必要があろう。そうすることにより、ＭＳＰの陰性成分を緩電位の現象と比較することを、また陽性成分を誘発電位のＰ300 の成分と比較することを可能にするであろう。

実験　3

目的　ＭＳＰの陰性成分は脳波の緩電位変動を生起させる心理的要因であり、また陽性成分は誘発電位の後期成分のP300を誘発させる心理要因を反映する類似のメカニズムであるという仮定に基づいて、ＭＳＰの２相性波形の出現有無をＭＳＰの基本的パラダイムと脳波の導出方法の差異の観点から検討する。

被験者　広島大学心理学科の学生６名。

手　続　Fig.4に示すような２実験条件と統制条件から構成された。実験条件はＣＮＶパラダイム（S_1－S_2－Key　Press）のS_2の出現確率によって異なる。すなわち、ＣＮＶパラダイム50試行のうちの25試行のS_2 が

省略される条件（P＝.5）とCNVパラダイム100試行のうちの25試行のS_2が省略される条件（P＝.25）とからなる。CNVパラダイム課題を用いた統制条件はそれぞれ25試行であった。2統制条件と2実験条件は被験者内変数であり、それらの条件は、統制条件、実験条件、統制条件、実験条件の順に提示された。ただし2実験条件は被験者間で提示順序をカウンターバランスした。S_1刺激とS_2刺激は1000Hzの純音を用い、S_2刺激が出現した時はできるだけ速く電鍵押し反応を行ない、S_2が出現しない試行ではこれを行なわないように教示した。試行間間隔は平均8秒であり、各条件の間では2～3分の休息をおいた。

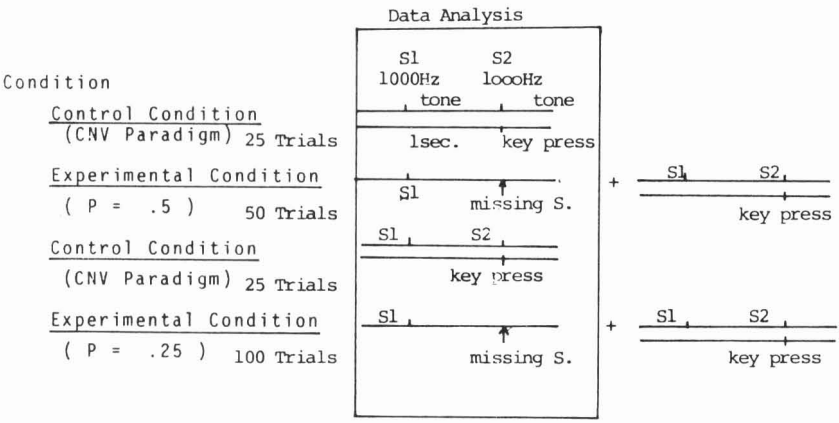

Fig. 4　Experimental Conditions

脳波の記録　緩電位測定用電極を用いて、活性電極をCz、 不関電極を右耳朶におき単極導出した。Czから導出された脳波は時定数0.3秒と時定数約10秒の２つの増幅器に並例に入力され、オシログラフに記録されると同時に、データレコーダーに磁気記録された。また、試行中の目の動きを監視するために、右目上下からＥＯＧも記録した。脳波の分析はFig.4で示されているように、統制条件とS_2刺激が欠如した実験条件の試行をそれぞれ加算平均して、その条件のＭＳＰとした。加算回数は各被験者・各条件により若干異なるが、その範囲は19回から25回であった。

結果と考察　Fig. 5は全被験者の全条件の波形変化をS_1のあと100ミリ秒毎の値をプロットしたものである。基線はS_1の前250ミリ秒間の平均電位とした。

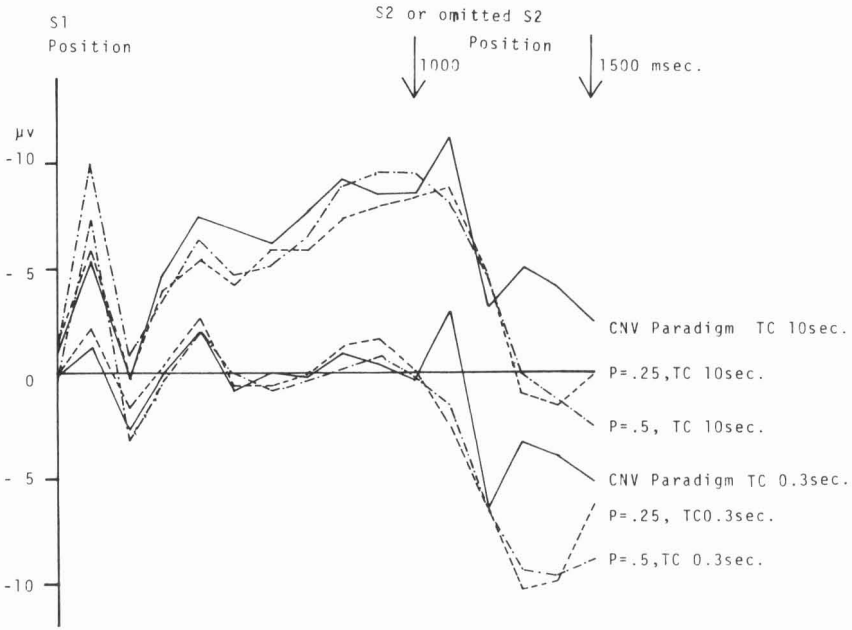

Fig. 5 Grand average of amplitude across all subjects for each condition

時定数10秒で記録した統制条件では負の緩電位変動がS_1とS_2の間にみられる（ＣＮＶ）。この現象を時定数0.3秒で記録した場合は、S_2に対する誘発電位とS_2に対して骨格筋反応を行なったために生じた運動電位の複合した電位が観察された。またS_2後の潜時から判断するとＰ300の成分はあらわれていない。時定数10秒で記録した２実験条件では、統制条件と同

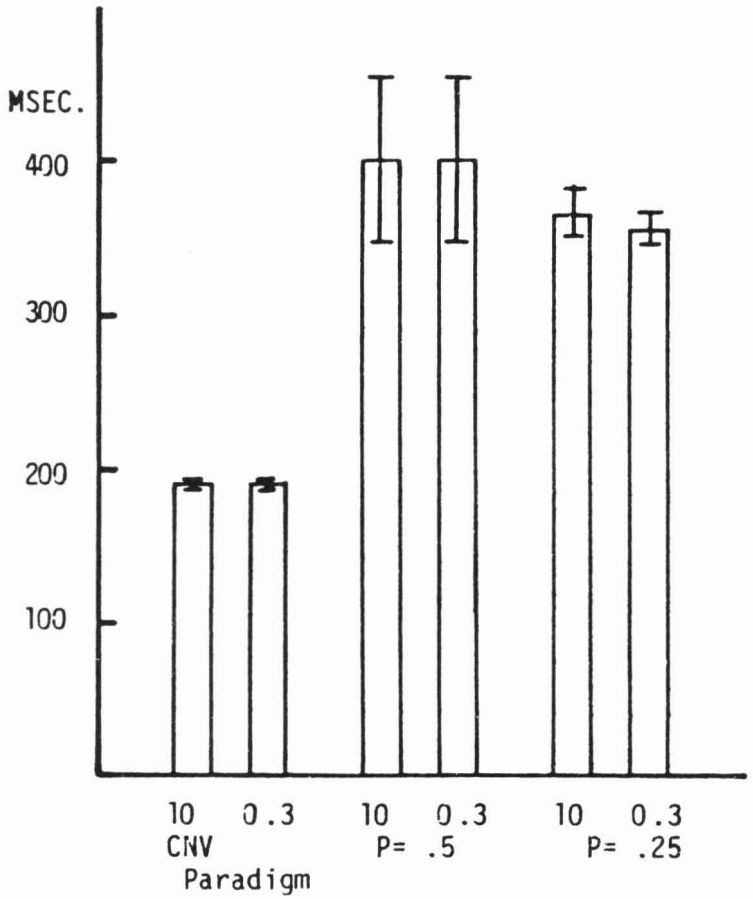

Fig. 6 The latencies of the first positve component to S_2 or omitted S_2 under each condition

様な陰性成分が実験 2a・2b と同様に観察された。時定数 0.3 秒で記録した場合は、刺激が欠如されたところより後に陽性の成分がみられるが、刺激欠如の前に陰性成分がみられない。

陽性成分は誘発電位のＰ300 に一致する潜時を有している。時定数10秒で記録した場合も同様な潜時に陽性成分の最大値がある。誘発電位のP300の有無は課題の不確実さ（uncertainty）の減少（reduce）によって出現するのだと一般に解釈されている（Sutton et al.,1967；Donchin et al., 1978）が、このことを考えるとＭＳＰの陽性成分がＰ300と同様なメカニズムで説明することが可能のように思われる。

Fig.6は統制条件（S_2刺激提示あり）と２実験条件（S_2刺激なし）の時定数10秒と0.3秒で記録された波形にみられた最初に出現する陽性波の潜時を求めたものである。２実験条件ではこれからも解るようにＰ300に一致する潜時に陽性波の成分がみられる。しかし統制条件ではＰ200の成分はみられるがＰ200の成分はみられない。

２実験条件では脳波の導出方法によって、ＭＳＰの陰性成分の有無が生じた。このことによって、ＭＳＰの陰性成分は物理的刺激に伴って、出現する誘発電位の成分とは異なって、脳波の緩電位変動に影響を及ぼす心理要因によって生じる成分であることが明らかになった。

Fig. 7・8は時定数0.3秒と10秒で記録した個人の全条件の波形パターンである。時定数の長さを変化させることによってＭＳＰの２相性波形のパターン出現が変化することが解るであろう。

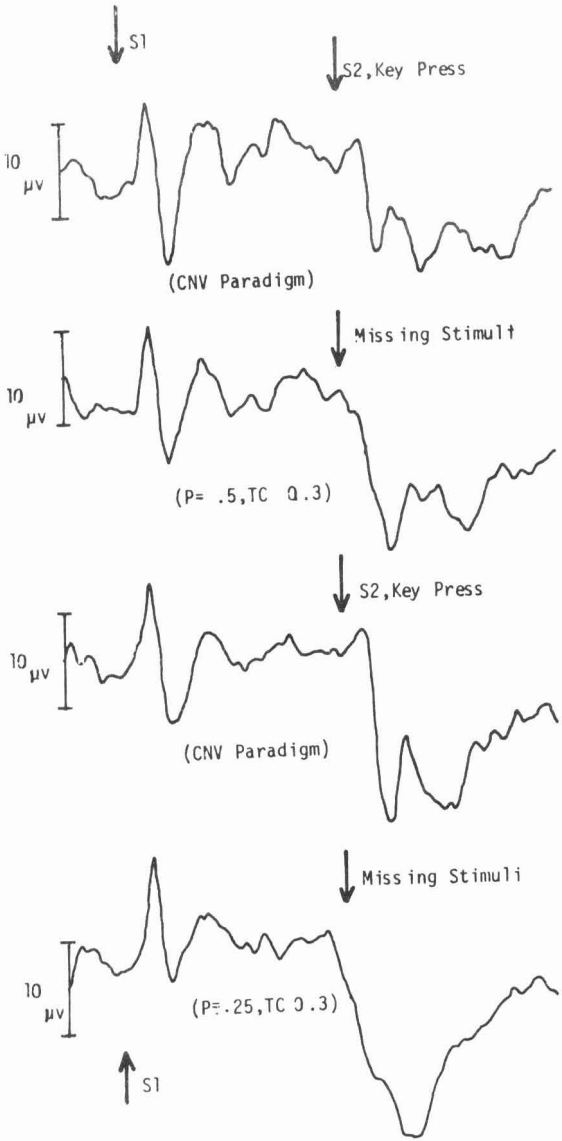

Fig. 7 Tracings of individual evoked response from one subject under each condition (recording: time constant 0.3 sec.)

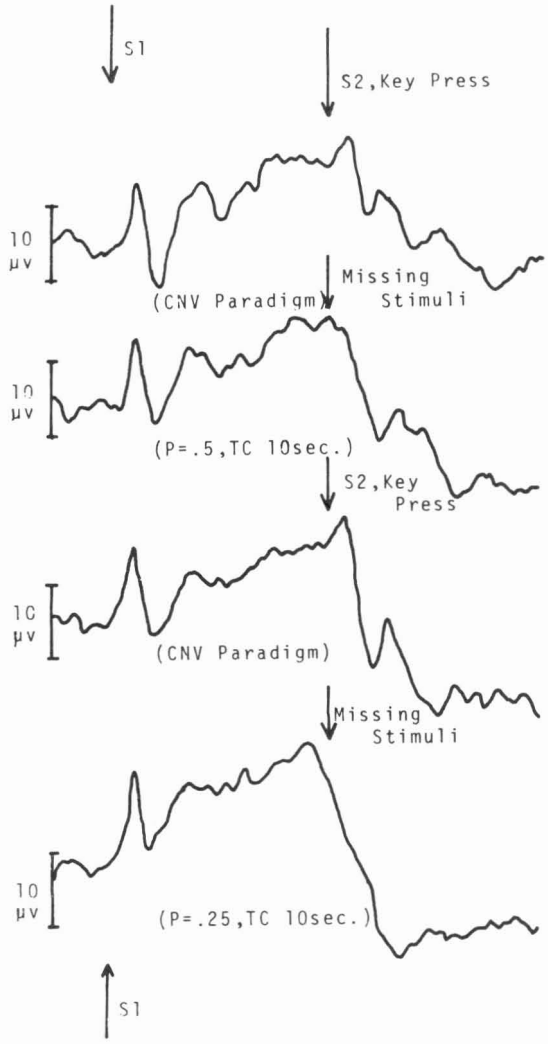

Fig. 8 Tracings of individual evoked response from one subject under each condition (recording: time constant 10 sec.)

全体的考察

実験１、実験2a・2bではMSPパラダイムを用いてMSPの出現の有無について検討した。実験１では、欠如される刺激の確率値を操作することによって、MSPの２相性波形の有無を観察した。その結果、MSPの陽性成分はどの実験条件においても明らかにあらわれたが、陽性成分に先行する陰性成分は、刺激欠如の確率によって出現有無が変化した。このことによって、刺激の欠如する数をカウントさせる課題が、MSPの陰性成分に何らかの効果を及ぼすことが示唆された。MSPの出現メカニズムには被験者が次に刺激の出ることを予期・期待する内的過程が考えられる。このようなある事象の生起を予期・期待したりすることに対応して、脳波の基線が陰性方向に変化することが知られている。たとえばCNV現象はS_2に対する被験者の予期・期待・注意によって生じるという解釈がある。故にMSPの陰性成分も同様なメカニズムに対応したものではないかと仮定される。もしMSPの陰性成分がそのようなものであれば、脳波の導出を時定数0.3秒から直流増幅に変更することによって、MSP成分の出現が変化するであろう。故に脳波の導出方法の違いによって、MSPの２成分の出現について吟味する必要がある。

実験2a・2bでは時定数10秒で脳波を導出し、MSPの２相性波形の分析を試みた。刺激の種類・刺激強度・刺激間間隔を操作したところ、ほとんどの条件でも、MSPの陰性成分は観察されたが、反対に陽性成分は条件によって異なることが見出された。

実験３では、実験１、実験2a・2bで用いたパラダイムとは異なって、２つの音刺激が一定の時間間隔において連続提示される事態を用いた。これはMSPの陰性成分がCNVなどの脳波の緩電位変動と同様のメカニズムによって生じるのではないかと考えられたからである。また実験３では同一のMSP現象を時定数0.3秒と10秒の増幅器を通して、並列に記録することによって、MSPの２つの成分を導出方法の観点から問題にした。その結果、MSPの陰性成分は時定数0.3秒では出現せず、時定数を長くして、直流増幅水準に近づけると、CNVと同様なパターンを示すことが

見出された。このことはＭＳＰの陰性成分は緩電位変動の陰性方向への変化を生じさせる心理要因と同様なものが考えられた。ところで、ＭＳＰの陽性成分は導出方法の相異によって大きな変化は示さなかった。しかし、その最大電位は誘発電位のＰ300の潜時とほとんど一致した。このことはＭＳＰの陽性成分は、Ｐ300を生じさせる心理的メカニズムと同じものを仮定できると考えられる。

最後に、ＭＳＰ成分の出現メカニズムの解明などの心理的要因によって変動する脳電位を、時定数を変化させるなどの導出方法の相異によって捉えることは、生活体の脳メカニズムを解明する上で有力な方法であると思われる。

引　用　文　献

Donchin, E., Ritter, W., and McCallum, W, C. Congnitive Psychoplysiology: The endogenous component. In E Callaway, P. Tueting. and S.H. Koslow (Eds) Event－related brain potentials in man, New York: Academic press。1978, 349－411.

Klinke, R., Fruhstorfer, H., and Finkenzeller, P. Evoked responses as a function of external and stored information. Electroencephalography and clinical neurophysiology, 1968, 25, 119－122.

Picton, T.W. & Hillyard, S. A。Human auditory evoked potentials. Ⅱ Effects of attention. Electroencephalography and clinical neurophysiology, 1974, 36, 191－199.

Simon, R., Vaughan, H.G., and Ritter, W. The scalap topography of potentials associated with missing visual or auditory stimuli. Electroencephalography and clicical nurophysiology. 1976, 40, 33－42.

Sutton, S., Tueting, P., Zubin, J., and John, E.R. Information delivery and the sensory evoked potential. Science, 1967, 155, 1436－1439.

Tecce, J.J. & Scheff. N.M. Attention reduction and suppres-

sed direct current potentials in the human brain. Science, 1969, 164, 331－333.
Tecce, J. J. Contingent negative variation (CNV) and psychological processes in man. Psychological Bulletin, 1972, 77, 33－108.