

運動準備, 運動反応, 刺激弁別が 随伴性陰性変動 (CNV) 解消過程に及ぼす影響

岩永竜一郎*・三崎一彦**・西平賀昭***・八田有洋***・麓 正樹****

Effect of Motor Preparation, Motor Response and Stimulus Discrimination on Contingent Negative Variation (CNV) Resolution Processes

Ryoichiro IWANAGA*, Kazuhiko MISAKI**, Yoshiaki NISHIHIRA***,
Arihiro HATTA*** and Masaki FUMOTO****

Abstract

We investigated effect of various tasks on contingent negative variation (CNV) resolution processes. Above all, it is investigated how the existence of motor preparation, of motor response and of stimulus discrimination on imperative stimulus affects CNV resolution. The subjects were 16 normal students. Five tasks were performed by the subjects. As a result, CNV resolution time was prolonged in the simple motor task compared to other tasks. The appearance of component like P300 on S₂ was unclear. But in other conditions, component like P300 on S₂ was found. Moreover it is found that the appearance of component like P300 affected CNV resolution. A significant difference in the CNV resolution was found between discrimination motor task and discrimination mental task. Based on these results, it is concluded that CNV resolution was depended on the discrimination of S₂ stimulus, but did not on the existence of motor preparation or motor response.

Key words: contingent negative variation (CNV), resolution, motor preparation, motor response, stimulus discrimination

I. 緒言

ヒトが知覚, 認知, 行動する際の脳の活動を捉える手段として脳の活動電位を捉えた事象関連電位

(Event-Related Potentials: ERPs) が用いられている¹⁾. この一つに Walter^ら²⁾が報告した随伴性陰性変動 (Contingent Negative Variation: CNV) がある.

* 長崎大学医学部保健学科 (〒852-8520 長崎県長崎市坂本1-7-1)

School of Health Sciences, Nagasaki University

** 日本福祉リハビリテーション学院作業療法学科 (〒061-1373 北海道恵庭市恵み野西6-17-3)

Nihon Welfare and Rehabilitation School Department of Occupational Therapy

*** 筑波大学体育研究科 (〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1)

Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

**** 東邦大学医学部第一生理学教室 (〒143-0015 東京都大田区大森西5-21-16)

Department of Physiology Toho University School of Medicine

CNV は、警告刺激 (S_1) の一定時間後に呈示される命令刺激 (S_2) の後に運動反応等を要求される課題で、ヒトの大脳皮質や頭皮上から記録される²⁾。CNV の発生には期待、予測、動機、注意などの心理的要因の関連が取り上げられている³⁾。

一方、CNV 発生後にそれが解消されていく過程、すなわち CNV 解消過程も脳の活動を反映していると考えられる。精神障害者で、CNV の命令刺激後も脳波が陰性のままで基線に戻らない postimperative negative variation (PINV) が起こることが報告されており⁴⁻⁶⁾、脳の機能異常により CNV 解消過程に異常が見られるとされている。一方、Elbert ら⁷⁾は、健常者でも S_2 後におこる嫌悪刺激をコントロールできない場合 CNV 後に PINV が見られることを報告している。また、柿木⁸⁾は、 S_2 に対する反応の正誤のフィードバック刺激のタイミングを調整することによって CNV の解消を検討し、フィードバック刺激まで CNV が持続することから CNV 解消は課題の完了という心理的要因によると考察している。このように CNV 解消過程に関する現在までの研究では、CNV 解消過程は心理的影響を反映しているとするものが多い。先行研究では、CNV 解消過程に運動準備や運動反応が影響するとする報告はない。但し、先行研究の多くで CNV 解消過程として検討している範囲は、CNV 出現後に脳波が基線に接するまでの期間であり、その後の変動について言及されていないため、運動反応の影響が十分検討されていないと考えられる。運動反応は先行研究で明らかになっている CNV 解消時間中に起こることが多いため、運動反応の影響は CNV 出現後をより長く検討する必要があると考えられる。なお、 S_2 刺激が弁別を要求する課題と、弁別を要求しない課題について同一被験者を用いて比較した研究はなく、 S_2 刺激の弁別の有無が CNV 解消過程に及ぼす影響については検討されていない。

以上より、CNV 解消過程を CNV 後においてより広範囲にとらえ運動準備、運動反応などの影響を見るとともに、刺激弁別の影響についても研究する必要があると考える。

そこで、反応及び反応準備過程の異なる課題を用いて CNV 解消過程の違いを研究することとした。本研究の目的は、CNV 解消過程における運動準備の有無、運動反応の有無、 S_2 における刺激弁別の有無の影響を明らかにすることである。

II. 対象

加算平均したデータが次の条件を充たした健常被験者16名(男子8名、女子8名;平均年齢21歳7ヶ月±8ヶ月)を対象とした。条件は1)アーチファクトの混入したデータを除外した上で、データの平均加算が15回以上できたもの、2) CNV の発生が認められたもの、3) S_2 前200msec の平均電位が陰性であったもの、4) 弁別計数課題で誤差がなかったものであった。

そして、被験者16名のうち、5つの実験条件の中で、 S_2 後3000msec 以内に基線に戻らない試行があった4名を対象から除外した。その結果、全ての試行において実験の基準を満たした分析対象者は12名となった。

P300様成分については、12名のうち10名のみ1.0sec のデータを得たため、10名について S_2 後 P300様成分を検討した。

III. 方法

A. 実験パラダイム

実験は次の3課題を行った。それらは、①単純運動反応課題;警告信号 (S_1) に閃光刺激、命令信号 (S_2) に1 kHz 40dB (duration:100msec) のクリック音をヘッドフォンから与え、 S_2 後にボタン押しする課題、②弁別運動反応課題; S_1 に閃光刺激、 S_2 に1 kHzと2 kHzのクリック音をランダムに各々50%の確率で与え、1 kHzの音の時のみにボタン押しをする課題、③弁別計数課題;弁別運動反応課題と同一の刺激呈示で、1 kHzの音が提示された回数を数え、2 kHzの音を無視する課題。①②の課題でのボタン押しは S_2 後にできるだけ素早く押すように指示した。ボタン押しは右手示指にて行わせた。また、③の弁別計数課題では、標的刺激の数はできるだけ素早く数え、運動または口頭で表出しないように指示した。①の課題は50試行、②③の課題はそれぞれ100試行を行った。実験における課題の順序は被験者毎にランダムにした。CNV は課題①における(1)単純運動課題条件、課題②における(2)弁別運動課題標的的条件、(3)弁別運動課題非標的的条件、課題③における(4)弁別計数課題標的的条件、(5)弁別計数課題非標的的条件の5つの条件(Fig. 1)についてそれぞれ測定した。 S_1 - S_2 の刺激間隔は2.0sec、試行間隔は8-12sec でランダムにした。

CNV 解消過程に影響する要因

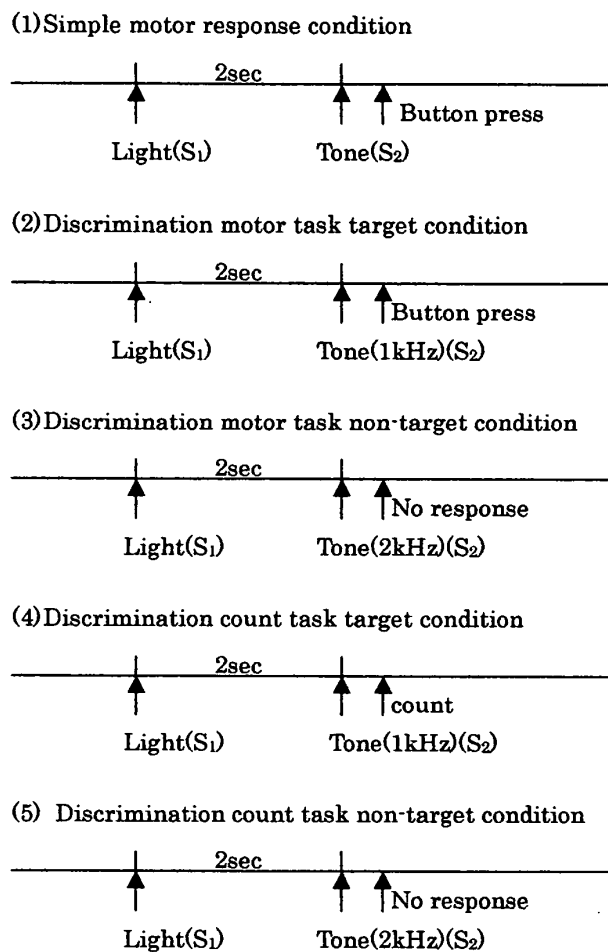


Fig. 1 Schedule representation of experimental conditions: (2) and (3) were randomly presented in discrimination motor task. (4) and (5) were randomly presented on discrimination count task.

S_1 represents a warning stimulus. S_2 represents a imperative stimulus.

B. 実験手順

CNV は国際10-20法に従い、頭皮上の Cz に Ag/AgCl 電極を装着し、両耳朶連結を基準電極として単極誘導した。CNV は時定数5.0sec, P300は時定数1.0sec にてモニター上に脳波をリアルタイムで表示すると共にデータレコーダを用いて磁気記録した。脳波記録と同時に水平方向の眼球運動 (EOG) も同時記録した。

C. データ解析

磁気記録された CNV は、200Hz で A/D 変換し、解析ソフト Eplyzer を用いて分析時間を6.0sec としてオフライン分析を行い、EOG の混入しているデータを除外した。 S_1 をトリガーとして各被験者毎に15

~40回の加算平均処理を行い、CNV 波形を求めた。

CNV の振幅は S_1 刺激後500~700msec の早期成分 (早期 CNV) と S_2 前200msec (S_1 後1800~2000msec) の後期成分 (後期 CNV)^{9,10)} に分けて検討した。CNV 解消時間は S_2 呈示から CNV が陽性に移行し基線に接するまでの時間とした¹¹⁾。

S_2 刺激の弁別が CNV 解消課程に及ぼす影響を捉えるため Cz から導出した S_2 刺激後の P300様成分^{12~14)} を捉えることとした。P300様成分は、 S_2 後300msec 前後の陽性頂点の潜時と振幅を測定した。CNV と P300様成分の振幅を測定する際の基線は S_1 前500msec の平均電位とした。

D. 統計解析

統計解析には統計解析ソフト SPSS を用いた。CNV の早期及び後期成分の振幅、CNV 解消時間、P300様成分の潜時、振幅は一元配置分散分析 (ANOVA) を用い、Post hoc test には Bonferroni の t 検定を用いた。

IV. 結果

A. CNV 及び CNV 解消過程

分析に用いた12名の分析対象者の各条件の grand average に CNV 波形を Fig. 2に示した。

Grand average では、全ての条件で S_2 後、基線を越えた陽性電位が認められ、その後基線に近づくパターンが見られた。運動反応がない弁別運動課題非標的条件、弁別計数課題標的及び非標的条件では、 S_2 後一旦陽性電位が出現し、その後基線に近づくパターンであった。一方、運動反応がある弁別運動課題標的条件では、 S_2 後に一旦陽性に変動した後、陰性に変動し再び陽性に変動した波形が見られた。また、単純運動課題条件でも S_2 後に波形が基線に戻る前に陽性への変動から陰性への変動が一旦起こり、再び陽性に変動するパターンが認められた。

CNV 平均振幅は、早期 CNV、後期 CNV それぞれについて分析した。早期 CNV は、弁別運動課題非標的条件の平均振幅 ($2.98 \pm 6\mu V$) が単純運動課題条件 ($0.48 \pm 2.5\mu V$)、弁別運動課題標的的条件 ($0.43 \pm 5\mu V$)、弁別計数課題標的的条件 ($0.82 \pm 3.2\mu V$)、非標的条件 ($0.96 \pm 2.7\mu V$) に比べて大きい値を示したが、統計的有意差は認められなかった。後期 CNV の平均振幅は、弁別運動課題非標的条件 ($9.53 \pm 5.7\mu V$)、単純運動課題 ($8.64 \pm 5.1\mu V$)、弁別運

動課題標的条件 ($7.02 \pm 5.2 \mu\text{V}$), 弁別計数課題標的条件 ($6.95 \pm 4.9 \mu\text{V}$), 非標的条件 ($5.88 \pm 4.3 \mu\text{V}$) の順に高かったが, 統計的有意差は認められなかった.

Fig. 3は CNV 解消時間の結果を示す. CNV 解消時間は, 単純運動課題条件が最も長く, その他の条件との間に有意差が認められた ($p < 0.01$).

CNV に現れる脳の準備状態と CNV 解消時間の関係について検討するため, 早期 CNV 及び後期 CNV 平均振幅と CNV 解消時間の相関を Pearson の積率相

関によって検討した. その結果, CNV 解消時間と早期 CNV 平均振幅及び後期 CNV 平均振幅の相関は, 単純運動課題条件 (早期 $r = -0.003$, 後期 $r = 0.107$), 弁別運動課題標的条件 (早期 $r = 0.415$, 後期 $r = 0.462$), 弁別運動課題非標的条件 (早期 $r = 0.439$, 後期 $r = 0.467$), 弁別計数課題標的条件 (早期 $r = 0.108$, 後期 $r = 0.353$), 弁別計数課題非標的条件 (早期 $r = 0.051$, 後期 $r = 0.48$), いずれも統計的に有意な相関は認められなかった.

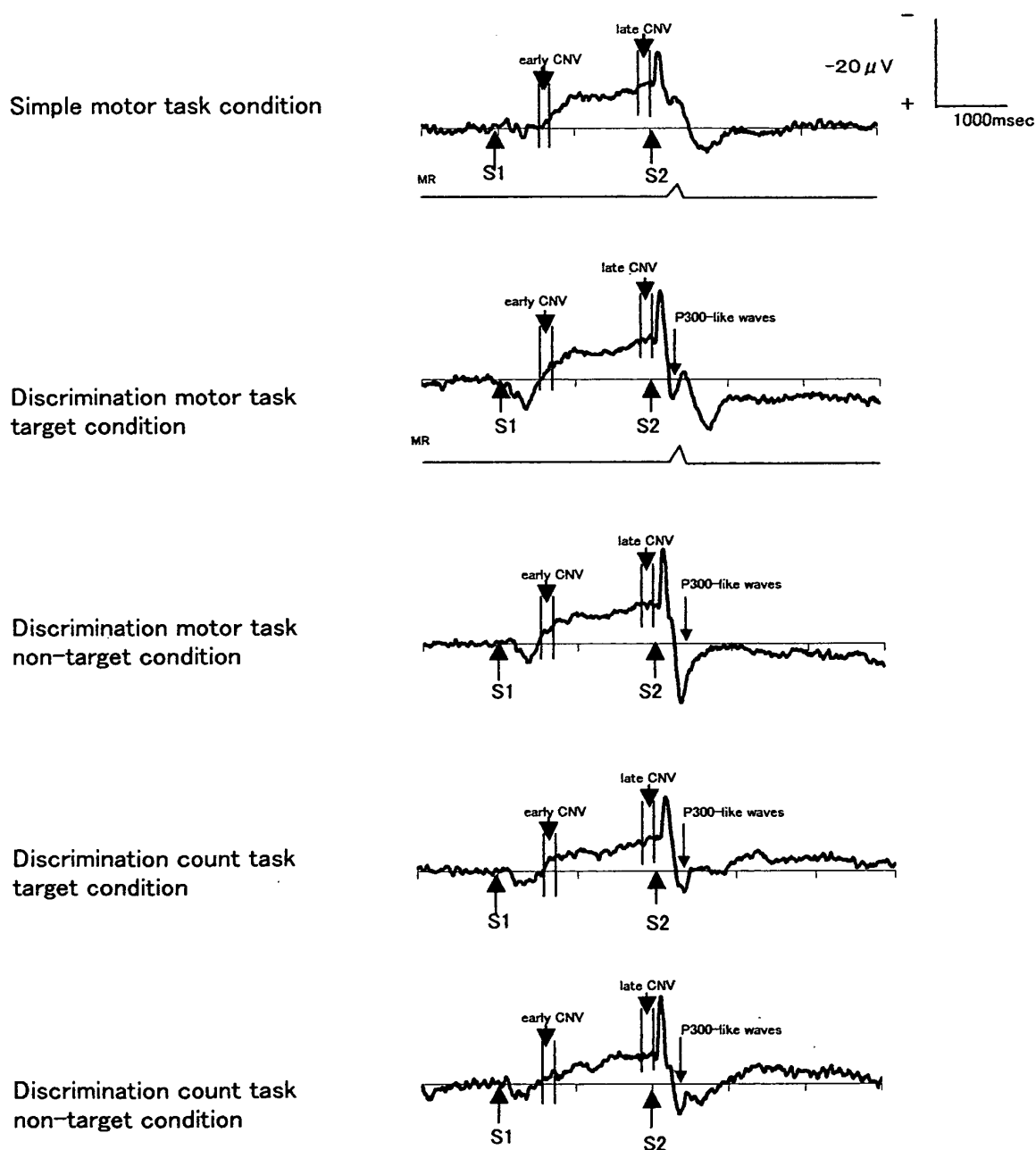


Fig. 2 Grand average of CNV values for each condition MR represents a motor response to S_2

CNV 解消過程に影響する要因

B. S₂後 P300様成分の分析

S₂後の陽性電位について検討するために Cz から時定数1.0sec のデータから得られた10名について、S₂後 P300様成分を検討した。その結果、単純運動課題条件では、10名中3名の S₂後300msec 前後での陽性成分は出現していなかった。単純運動課題条件の P300様成分は、grand average でも他の4条件と比較して明確ではなかった (Fig. 2)。その他の4条件では、S₂後300msec 前後に P300様成分が認められた (Fig. 2)。P300様成分 (単純運動課題条件では300msec 付近の陽性頂点) の潜時については単純運動課題条件235~295msec (平均271±19.3msec)、弁別運動課題標的條件235~375msec (平均294±

44.6msec)、弁別運動課題非標的條件290~385msec (平均344±38.9msec)、弁別計数課題標的條件255~345msec (平均314.5±33.2msec)、弁別計数課題非標的280~385msec (平均335±34.2msec) であった。P300様成分潜時を5条件で比較すると単純運動課題条件が最も短く、弁別運動課題非標的條件、弁別計数課題非標的條件との間に統計的有意差が認められた ($p<0.01$)。そして、弁別運動課題の標的條件における P300様成分潜時が非標的條件のそれよりも短く、統計的有意差が認められた ($p<0.05$)。一方、P300様成分振幅は (Fig. 4) 単純運動課題条件で最小を示し、弁別運動課題非標的條件 ($p<0.01$)、弁別計数課題非標的條件 ($p<0.05$) と

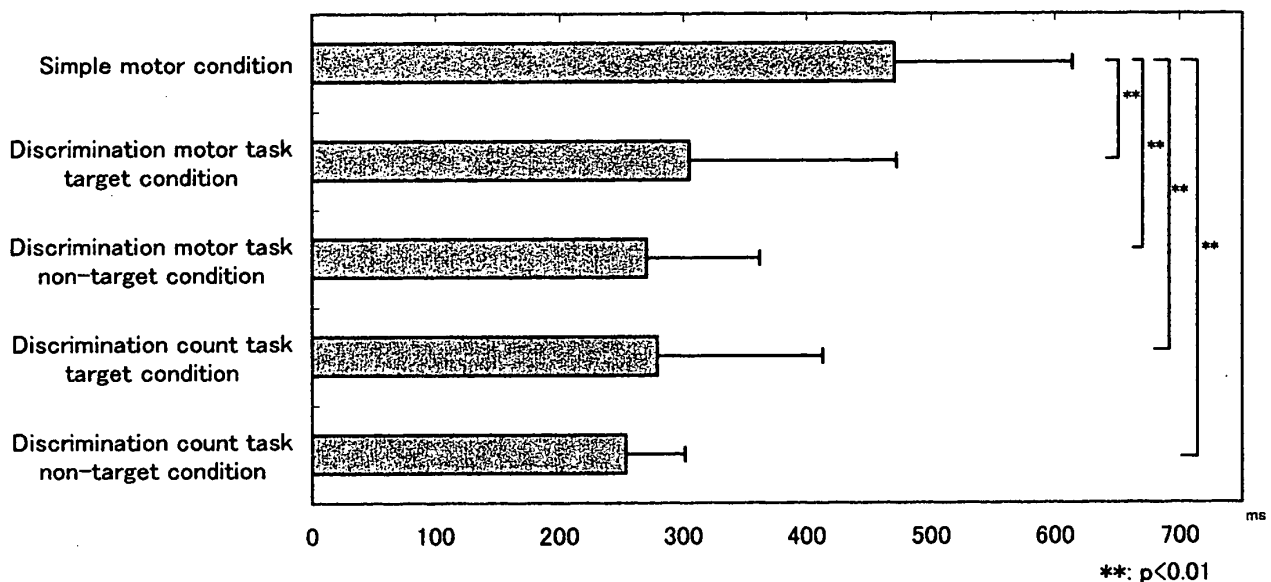


Fig. 3 Mean resolution times of CNV for each condition (N=12)

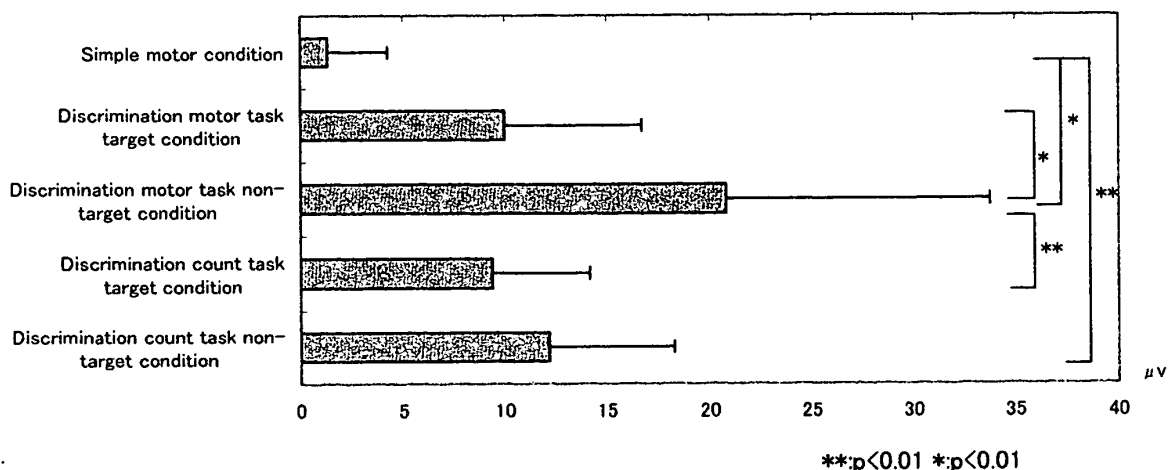


Fig. 4 Mean amplitude of P300 like waves post S₂ for each condition (N=10)

の間に統計的有意差が認められた。弁別運動課題非標的條件の振幅は5条件で最大であり、弁別運動課題標的條件と弁別計数課題標的條件との間にも統計的有意差が認められた ($p < 0.05$)。

運動反応を課した単純運動課題条件、弁別運動課題標的條件では、300msec 前後の陽性成分以降に陽性成分が認められ、それぞれの頂点潜時の平均値は 627.92 ± 111.8 msec, 684.17 ± 80.6 msec であった。

C. 運動反応時間

ボタン押しの運動課題を課した単純運動課題条件及び弁別運動課題標的條件で、ボタン押し反応平均時間を算出した結果、単純運動課題条件; 350.08 ± 117.4 msec, 弁別運動課題標的條件; 420.62 ± 104.6 msec であった。両条件間で反応時間の差を見ると統計的有意差が認められた ($p < 0.01$)。ボタン押し反応時間と S_2 後の P300様成分の潜時及び振幅、P300様成分以降の陽性成分の潜時の相関を見ると単純運動課題条件でボタン押し反応時間と P300様成分以降の陽性成分の潜時に相関が認められた ($r = 0.712$, $p < 0.01$) が、その他には相関は認められなかった。

V. 考察

本研究では、運動準備の有無、運動反応の有無、 S_2 における刺激弁別の有無が CNV 解消過程に及ぼす影響について研究した。

CNV の発生後の変動には、4つのタイプがあることが Timsit-Berthier ら¹⁰によって報告されている。本研究では、CNV 後脳波が基線に接するまでを解消としたため Timsit-Berthier ら¹⁰の分類の Type I の CNV 後波形、すなわち CNV 発生後脳波が基線に接するタイプの波形を示した被験者のみを研究対象とした。本研究において早期 CNV、後期 CNV 共に平均振幅は、5つの条件間で統計的有意差は認められなかった。そして早期及び後期 CNV 振幅と CNV 解消時間の相関は有意ではなく、CNV の振幅に反映される注意、予測、動機などは解消時間とは直接的な強い関係を示すものではないと推察される。

運動準備の有無と CNV 解消時間の関係についてとらえるため、運動準備がある弁別運動課題の条件と運動準備がない弁別計数課題の条件で CNV 解消時間を比較すると両条件間に統計的有意差は認められず、CNV 解消時間には、運動準備状態の有無の影

響は少ないと考えられる。

S_2 後の運動反応の有無が CNV 解消時間に及ぼす影響をみると弁別運動課題標的條件は、同課題非標的條件、弁別計数課題の条件と CNV 解消時間の有意差がなかったことから、 S_2 後基線に接するまでの時間には運動反応は影響を与える可能性は低いと考えられる。

次に、 S_2 刺激の弁別が CNV 解消時間に及ぼす影響を見ると刺激弁別のない単純運動課題条件の CNV 解消時間が、他の条件よりも長かったことから、 S_2 刺激の弁別の有無は CNV 解消時間に影響を及ぼすと考えられる。

単純運動課題条件における CNV 解消時間が長かった点については、 S_2 刺激に対する事象関連電位の影響が考えられる。オドボール課題など課題関連刺激呈示後に出現する後期陽性成分として P300が知られている¹²⁻¹⁴。本研究における弁別を要求しない単純運動課題条件では、P300様成分が明らかでない被験者もあり、被験者全体の平均でも S_2 後300 msec 時点の陽性成分の振幅も最小であった。一方、その他の4条件では全被験者で P300様成分が確認された。本研究での CNV 解消過程において、刺激弁別を課した条件では、P300様成分が出現し、CNV の S_2 後の陽性変動が起こった可能性がある。そして、刺激弁別を課さなかった単純運動課題条件では P300様成分による陽性変動が起こらなかったため、CNV 後に基線に戻る時間が遅れたと考えられる。Imasyoya ら¹⁰は、心理的終息感が大きい課題の方が CNV 解消時間が短いことから、CNV 解消過程については、心理的終息感が影響すると考察しているが、本研究結果から S_2 刺激に対する弁別の有無が CNV 解消過程に及ぼす影響が大きいと考えられる。

CNV の解消について、先行研究^{11, 15, 16}では CNV 後に脳波が基線に接した時点を解消時間としているが、弁別運動課題標的條件では S_2 後に一旦陽性に変動した後、陰性に変動し再び陽性に変動している。単純運動課題条件でも S_2 後に波形が基線に戻る前に陽性への変動から陰性への変動が一旦起こり、再び陽性に変動するパターンが認められており運動反応条件では、 S_2 後にこの過程をたどることが推察される。単純運動課題条件と弁別運動課題標的條件の間の CNV 解消時間の有意差は、 S_2 後の陽性変動から陰性への変動が基線よりも陰性の段階で起こったか、一旦基線よりも陽性に変動してから起こったか

の違いであると考えられる。

運動反応を課した条件で P300 様成分以降に出現する陽性成分については、運動関連脳電位 (Movement Related Cortical Potential: MRCP) を考慮して検討する必要があると考えられる。ヒトが自発的な運動をすると MRCP が発生し、SW (Slow wave) などの運動後陽性成分が発生することが報告されている¹⁷⁻¹⁹⁾。本研究のボタン押しの運動反応課題における P300 様成分以降に出現する陽性成分の潜時は、単純運動課題条件が 627.92 ± 111.9 msec で、弁別運動課題標的條件は 684.17 ± 80.7 msec であった。そして、それぞれのボタン押し反応時間と P300 様成分以降に出現する陽性成分の潜時の差をとると、単純運動課題条件が 277.84 ± 87.2 msec で、弁別運動課題標的條件では 263.55 ± 101.6 msec であり、ボタン押し反応に対応したボタン押し反応後約 270 msec の陽性成分の出現が確認された。この陽性成分は MRCP の後期陽性成分、または運動反応に対応した事象関連電位の成分である可能性も推察される。更に、単純運動課題条件ではボタン押し反応時間と P300 様成分以降に出現する陽性成分の潜時と有意な相関が認められ、運動反応と運動反応後約 270 msec の陽性成分が関係していることが推察された。これらのことから、CNV パラダイムで運動反応を要求される課題では、運動反応後約 270 msec で陽性電位が出現するまで、脳波は基線に戻らないと考えられる。

本研究の弁別運動課題の標的條件と非標的條件では、P300 様成分の振幅に有意差が認められた。これと同様のパターンが柿木⁸⁾の研究でも見られており、S₂後に運動反応する条件よりも運動をしない条件の方が S₂後の陽性電位が大きく現れることが報告されている。これから柿木⁸⁾は、S₂後の陽性電位は運動反応の抑制と随伴した電位と考えている。本研究においても弁別運動課題非標的條件で S₂後の P300 様成分の振幅は最大であった。従って S₂後の運動抑制が陽性変動を大きくした可能性はある。但し、弁別運動課題標的條件では、S₂後の P300 様の陽性成分が発生する時点ではボタン押し反応が完了しておらず、準備電位 (Bereitschaftspotential; BP) 等の陰性成分が重畳し、S₂後の陽性変動を抑制したと推察される。Roberts ら²⁰⁾は S₂後にボタン押しを抑制する No-go 施行に比べ、ボタン押しをさせる Go 施行の P300 様成分が小さいことは P300 出現時点で反応の

準備状態が持続しているためとしている。従って、弁別運動課題標的條件が同課題非標的條件に比べ S₂後約 300 msec 時点の陽性変動が小さかったのは、BP 等の陰性成分の重畳によると考えられる。

本研究では、Timsit-Berthier ら¹⁵⁾の Type I の被験者のみを検討したが、Timsit-Berthier ら¹⁵⁾が述べた CNV の発生後の 4 タイプの変動の内 Type I と Type II は正常とされている。本研究でデータ分析の段階で除外された 4 名の被験者にはいずれかの実験条件で S₂後 3 秒間の分析区間の中で基線に戻らない波形を示したものであった。これらは Timsit-Berthier ら¹⁵⁾の Type II に分類されるタイプと考えられる。このタイプの被験者の CNV 解消について本研究では検討しなかったが、Type II では CNV 解消がどのように起こっているのか、Type I の CNV 解消とどのように違っているのかなど、今後研究する必要があると考えられる。

VI. 結語

本研究では、CNV 解消過程に各種課題が及ぼす影響について研究したところ、以下の結果が得られた。

- CNV 解消過程は、S₂刺激に対する P300 様成分など事象関連電位の影響を受ける可能性が示唆された。
- CNV 解消過程における運動準備の影響は認められなかった。

文献

- 1) 斉藤 治, 豊嶋良一 (1997) 事象関連電位; 歴史と概観. (事象関連電位. 丹羽真一・鶴紀子編集), 新興医学出版社. 3-21.
- 2) Walter WG, Cooper P, Aldredge VJ, McCallum WC, Winter AL (1964) Contingent Negative Variation; an electrical sign of sensori-motor association and expectancy of the human brain. *Nature* 203: 380-384.
- 3) Tecce JJ (1972) Contingent negative variation (CNV) and psychological processes in man. *Psychological Bulletin*, 77: 73-108.
- 4) Wagner M, Rendtoff N, Kathmann N, Engel RR (1996) CNV, PINV and evoked potentials in schizophrenics. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 98: 130-143.
- 5) Thier P, Axmann D, Giedke H (1986) Slow brain

- potential and psychomotor retardation in depression. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 63: 570-581.
- 6) Zappoli R, Versari A, Arnetoli G, Paganini M, Nencioni C, Roma V, Battaglia A, Maniero A, Ardia A (1990) Cognitive event-related potentials and reaction time in presenile subjects with initial mild cognitive decline or probable Alzheimer-type dementia. *The Italian Journal of neurological Sciences*, 11: 113-130.
 - 7) Elbert T, Rockstroh B, Lutzenberger W, & Birbaumer N (1982) Slow brain potentials after withdrawal of control. *Archives of Psychiatry and Neurological Sciences*, 232: 201-214.
 - 8) 柿木昇治 (1977) 脳の緩電位変動と心理要因. 広島修道大学論文集, 18: 27-61.
 - 9) Loveless NE, Sanford AJ (1974) Slow potential correlates of preparatory set. *Biological Psychology*, 1: 303-314.
 - 10) Zappoli R, Versari A, Arnetori G, Paganini M, Muscas GC, Arneodo MG, Gangemi PF, Bartelli M (1991) Topographic CNV activity mapping presenile mild primary cognitive decline and Alzheimer dementia. *Neurophysiologie Clinique*, 21: 473-483.
 - 11) Wilkinson RT (1976) Relationship between CNV, its resolution and the evoked response. In McCallum WC and Knott JR: *The Responsive Brain*. John Wright & Sons, Bristol, 88-90.
 - 12) Sutton S, Braren M, Zubin J, et al. (1965) Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science* 150: 1187-1188.
 - 13) Sutton S, Tueting P, Zubin J, et al. (1967) Information delivery and the sensory evoked potential. *Science*, 155: 1436-1439.
 - 14) 下河内稔, 一条貞夫, 沖田庸嵩・他 (1985) 誘発電位測定法に関する委員会報告. 脳波と筋電図. 13: 97-104.
 - 15) Timsit-Berthier M, Delaunoy J, Kořinckx N, Rousseau JC (1973) slow potential changes in psychiatry. 1. Contingent negative variation, *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 35: 355-361.
 - 16) Imasyoya H, Dollins MA, Kakigi S (1987) Motor response information influence on CNV shape and resolution time. *The Pavlovian Journal of Biological Science*. 22(1): 1-6.
 - 17) Vaughan HG Jr, Costa LD, Ritter W (1968) Topography of the human motor potential. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 25: 1-10.
 - 18) 柴崎 浩 (1982) 運動関連脳電位. 脳波と筋電図. 10: 90-95.
 - 19) Deecke L, Heise B, Kornhuber HH, Lang M, & Lang W (1984) Brain potentials associated with voluntary manual tracking.: Bereitschaftspotential, conditioned premotion positivity, directed attention potential, and relaxation potential. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 425: 450-464.
 - 20) Roberts LE, Rau H, Lutzenberger W, Birbaumer N: Mapping P300 waves onto inhibition: Go/No-Go discrimination. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 92: 44-55.
(平成13年10月5日受付, 平成14年2月22日訂正,
平成14年5月20日受理)