

Title	CNV(随伴陰性変動)の成分同定
Author(s)	投石, 保広; 志村, 剛; 下河内, 稔
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1984, 10, p. 225-243
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/6633
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

CNV (随伴陰性変動) の成分同定

投 石 保 広
志 村 剛
下 河 内 稔

CNV（随伴陰性変動）の成分同定

序

知覚・認知・学習といった人間の心理作用を担っているのは、大脳である。その活動を各種の心理作用と対応させて測定し研究することは、心理作用の実証的理解に大いに役立つであろう。無論種々の精神現象に対応する大脳の情報処理機能の解明のためにもその研究は有用である。

人間の脳の電気活動を測定することは、エレクトロニクスの発達によって現在では容易なこととなった。各種の心理学的パラダイムも実験心理学の領域の中で研究開発され、特定の心理作用を実験的に作り出すことも可能となっている。そこで、ある心理学的パラダイムを被験者に課し、同時に大脳の電気活動を測定することによって、その心理作用とそれに対応する大脳の活動についての知見を深めて行くことは、生理心理学や行動生理学にとって実行可能な研究課題である。〔心理学的パラダイム中の刺激や反応及び単なる感覚刺激の提示を含めて、何らかの事象に対して生じる大脳の電気的反応を総称して事象関連電位 (Event-Related Potentials) と言うが、本稿では何等かの心理学的パラダイム中に観察される大脳の電気活動に限って ERP という略語を用いる。〕しかしながら、このような実験で測定された ERP が、実験者が研究の目的とした心理作用に真に対応した活動であるかどうかという点については、慎重に判断しなければならない。実際、この種の実験で早急な結論を下したために、得られた事実に対して過大な評価をしている場合がかなり見受けられる。具体的な例は、本稿の主題である「予期に対応する脳活動としての随伴陰性変動 (CNV)」の問題に譲るとして、心理学的に想定された心理作用というものが、その課題を処理する時に、大脳が実際にそういうやり方で処理しているかどうかという面から見てかなりうたがわしいことと、ERP に対する我々の理解が不足していることが、このような問題が生じてくる原因として考えられる。心理学的パラダイムは操作的な方法として具体的に存在するが、想定されている心理作用についての心理学的概念（例えば予期や期待や準備といった概念）にはかなりの曖昧さを伴っており、具現的な科学的概念とはなっていない点が問題と思われる。更に、特定の心理作用以外にも種々の心理作用や過程が、そのパラダイム実行の中に存在すると考えられるのに、それらに余り注意が向けられていないので、測定した ERP を正確に理解しようとする時にそのパラダイムに対する心理学的解釈に不足が感じられる。〔上記の二

つの問題点のうち前者は、心理学的概念が操作主義的な実験の結果から媒介変数として想定された概念であることが原因と考えられ、後者は、多くの場合にその課題の最終出力である行動という種類の従属変数しか測定されず、それに関連する一つだけの心理作用に注意が向けられ、その課題の解決に必要であろう他の多くの心理作用に関心が向けられていなかった事が原因と考えられる。] 他方、その研究が始められたばかりである ERP についての我々の知識にも少なからず問題がある。具体的には、一つの心理学的パラダイム中に測定された ERP であっても、その ERP の中には多くの異なった成分が含まれているにもかかわらず、一括して或いは多くの成分を混在させたままそれを評価してきたことである (Shimokochi and Nageishi, 1984)。以上の点を踏まえて端的に述べると、一つの心理学的パラダイムの中にも複数の心理作用が存在しており、また ERP という測度も多数の成分を含む変数なので、複数の心理作用と複数の ERP 成分との間の正確な対応づけを見出すことが、この種の実験の場合には必要である。しかしながら実際には、心理学と大脳生理学とを結合させたこのような実験研究を進めてきたことで初めてこれらの事実が明らかになってきたのであり、この種の実験研究を更に進めることで、種々の心理的作用についての心理学的概念をより精緻なものに導き、高次の脳機能を理解することも可能となるのであろう。

本稿では特に予期的反応時間課題中に出現する CNV と呼ばれる ERP を、人間の予期的作用と対応づけるための妥当な基準を明らかにすることを目的とする。最初に現在までの知見や、データとしての種々の性質から CNV が数種の成分からなっているという事実を示し、そうして同定された各成分と、それらの課題に含まれていると思われる心理作用との対応づけについて若干の考察を行なうことにする。

I CNV (Contingent Negative Variation)

CNV を最初に発見した Walter ら (1964) の実験をまず紹介する (図1)。予告信号をクリック音、ボタン押し反応を求める命令刺激をフラッシュ光、両刺激の間隔を1秒間として、予期的反応時間 (S1-S2-RT) 課題を被験者に課して、頭皮上の前頭・中心部から脳波を記録した。その脳波を加算平均して ERP をしらべたところ、クリック音の提示後約400ミリ秒から始まりフラッシュ光提示に向かって増大していく緩徐な陰性電位が観察できた (図1-D)。そしてクリック音だけの提示 (A) や、反応を要求しないフラッシュ光だけの提示 (B) や、クリック音とフラッシュ光の対刺激の単なる提示 (C) では、このような電位変化が認められないことを確かめた上で、この緩徐な陰性電位は、S1によって可能となるS2への「期待」に対応する脳の電気活動であると Walter らは結論づけた。そして、次にS1とS2の随伴性の程度を変数とした実験を行い、S1後のS2生起確率が1.0の時にこの陰性電位は大きく出現するが、約0.5の時にはかなり小さく、0の (S1だけの提示であり、上のAにあたる) 時には CNV が認められなかった結果から、S1とS2の随伴

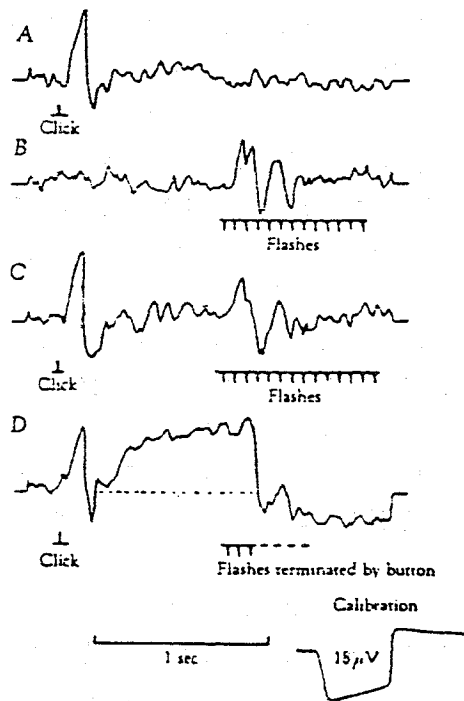


図1 S1-S2-RT課題におけるCNV波形(D)。S1=click, S2=flashes。
詳しくは本文を参照。(Walter et al., 1964)

性に依存して出現する電位変動という意味で、この陰性電位にCNV(随伴陰性変動)という名を付けた。S1によって可能となるS2に対する期待の程度によって、CNVの大きさが決定されることをこの事実は示しており、期待仮説を支持するものとWalterらは結論した。

しかしながら期待仮説を受け入れるためには、最近の幾つかの展望(例えば, Rohrbaugh and Gaillard, 1983)の中で指摘されているように、以下の2点について吟味しなければならない。第1は、「期待」という心理作用はS2に対してなされるのであるから、(図1-Dを見るとCNVはS2に向かって出現しているように見受けられるのであるが)、CNVが本当にS2に対して出現しているERPであることを確認する必要がある。Walterらは上述のようにS1やS2であった刺激の単独提示や、S1とS2の単なる対提示ではCNVが認められないので、CNVはS2に対して出現しているERPであると結論した。しかし、S1-S2-RT課題の時にのみ、S1は予告信号という重要な意味を持つ刺激となっており、この陰性電位のすべて或いは一部分は、このS1刺激に対する情報処理や、S1によってもたらされた覚醒水準の一時的な上昇を反映するものかもしれない。第2は、被験者にはでき

るだけ速く S 2 に対して反応することを求められており、当然被験者は S 2 前には運動の準備をするだろうから、この CNV は単に運動準備に対応する ERP であって、予期とか期待といった認知的心理作用に対応する ERP ではないかもしれないと言う点である。

II CNV の成分

前節の最初の問題点と関連づけて CNV に対応する心理作用は何かという観点から見ると、この問題を考察することは S 2 に対する予期 (= 期待) 或いはその予期の結果 (= 運動準備) として CNV が出現しているのか否かという点を吟味することとなり、この点が確認できて始めて期待という特別の心理作用を CNV に対応させることができる。CNV が S 2 に対して出現した ERP であることを確認するためには、a) S 2 が伴われなければ出現しない、b) S 2 が被験者に予期を生じさせるような重要な意味を持つ刺激でなければ出現しない、c) S 1 と S 2 の随伴性が低い時には小さくなる、d) S 1 と S 2 の間隔を長くした場合には S 2 提示の直前だけに出現する、e) S 2 の性質の相違に対応してその性質が変化する、という 5 種の基準によって、検討されなければならない。ただし、この e) の基準は前頁の第 2 の問題点と直接に関わることなので、その議論は最後に譲る。

Walter らの実験に関して既に述べたように、これらの操作は S 1 の持つ性質をも少なからず変化させてしまうので、実験結果を評価するには注意が必要である。例えば、c) の点についても、S 2 の随伴性の高い S 1 は、S 2 の随伴性が低い S 1 よりも、被験者にとって重要な意味を持つ刺激であると考えられるので、これらの S 1 で被験者の受取り方が異なり、S 1 によって生じる ERP も違って来るかもしれない。そこで Walter らの実験のような典型的な課題と較べて、S 1 の持つ意味が比較的变化しないと思われる、d) の S 1—S 2 を長くとした間隔の課題を用いた CNV 実験について検討してみる。

図 2 は Rohrbaugh ら (1976) の S 1—S 2 間隔を 4 秒にした実験の結果である。前頭部 (Fz) と中心部 (Cz) と頭頂部 (Pz) の 3 部位の ERP が重ね書きされているが、太線の Cz の波形では、S 1 (tone) に対する陰性の鋭い高振幅の N100 成分の後に、陽性電位が続

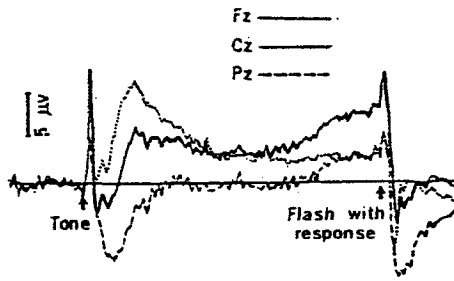


図 2 S1-S2 間隔を 4 秒とした S1-S2-RT 課題における CNV 波形。
S1=tone, S2=flash. (Rohrbaugh et al, 1976)

いて出現し、CNV が約 400 ミリ秒から立ち上がり、それが一旦小さくなり S 2 (フラッシュ光) 前に再び大きくなっている。3 部位間の相違を考慮に入れて注意深く見ていくと、Fz で最も大きくて Pz ではまだ陽性の電位が続いている部分と、真ん中付近の、両端に較べて比較的小さく Fz と Cz で振幅がほぼ等しく 3 部位間でもその差が小さくなっている部分と、Cz で最も大きい Pz においても陰性電位の見られる S 2 前の部分との 3 部分に分割してこの波形を捉えることができるように思われる。そして、この波形からどうやら S 2 の前に出現している部分のみが、S 2 に対して出現している ERP といえるようである。

1) 主成分分析 (Principal Component Analysis)

これらの 3 成分については既にそれぞれ初期 CNV (early CNV), 中期成分 (middle Component), 後期 CNV (late CNV) の名称がつけられている (例えば, Rockstroh et al., 1982)。Donchin and Heffley (1978) は、ERP の各成分の同定のために、そのデータに主成分分析 (PCA) を適用することを勧めている。PCA は、ERP を主成分と呼ばれる少数の基本波形に分割するが、その主成分は ERP の自己相関の高い部分であり、この ERP に効果的に作用している分散から引き出された成分であると見なすことができる。上述の Rohrbaugh らの実験結果 (図 2) に認められるように、S 1—S 2 間の三時間帯に

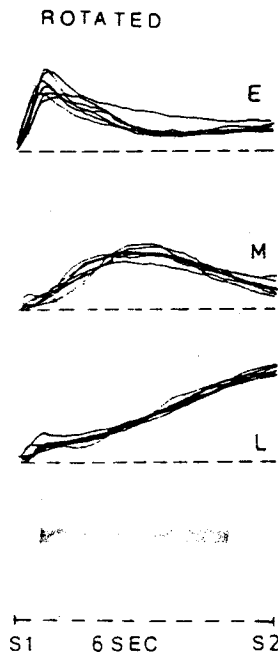


図 3 S1-S2 間隔を 6 秒とした S1-S2-RT 課題における CNV (7 実験) の主成分分析から得られた成分負荷量。(Lutzenberger et al., 1981)

おける CNV の頭皮上の分布が異なるのであれば、頭皮上の分布の差というこの分散の在り方の違いによって、PCA を用いて CNV をこれらの成分に客観的に分割することが可能である。

例えば、Lutzenberger ら (1981) は、6 秒間の S1-S2 間隔を用いた 7 種の CNV デ

COMPONENT LOADINGS during S1-S2

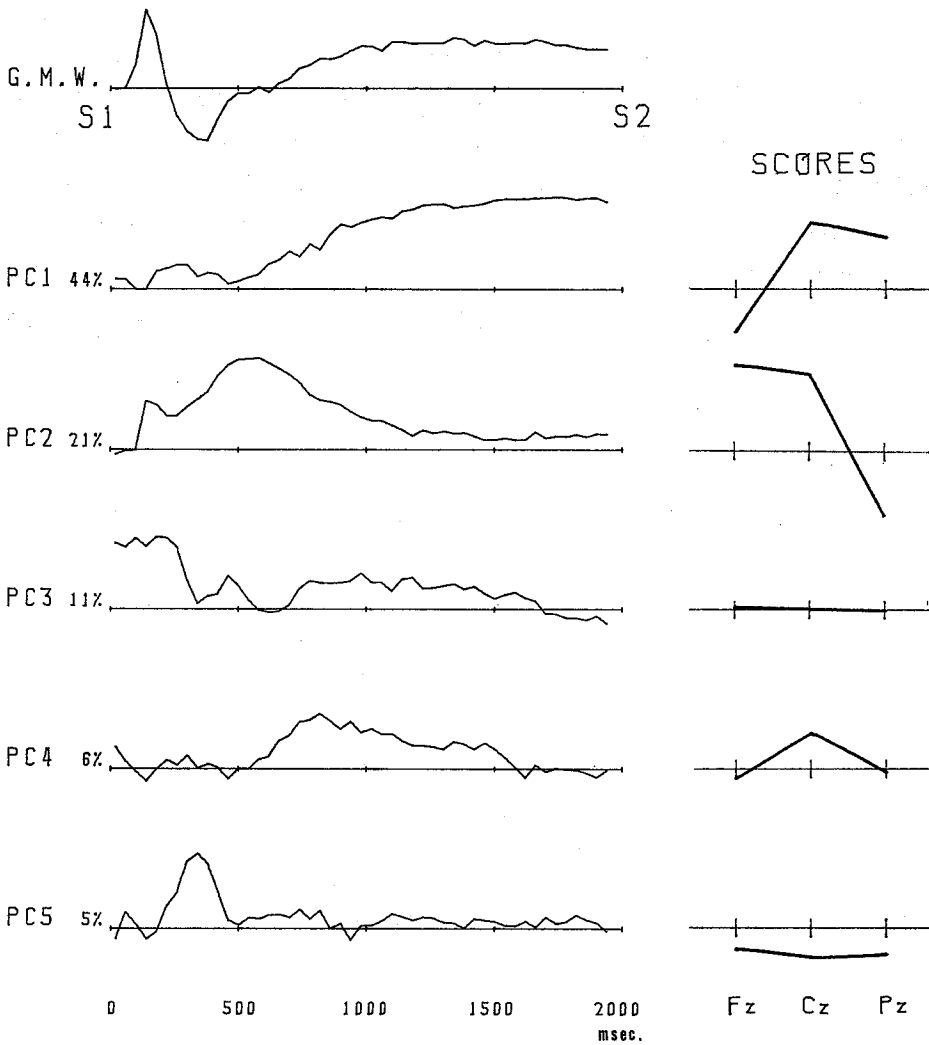


図4 S1-S2 間隔を2秒とした S1-S2 課題における CNV に対する主成分分析の結果。最上段は CNV 波形を示す。PC1 から PC5 の成分負荷量と、各主成分の成分得点の頭皮上の分布 (Fz と Cz と Pz) を示す。(川越, 1983)

ータに対して PCA を施し (図3), いずれの場合にも, 初期 CNV (図3-E) と中期成分 (M) と後期 CNV (L) の成分が見出せることを報告している。我々の研究室においても川越 (1983) は, 2秒の S1-S2 間隔を用いた CNV データに対して PCA を施し, 図4の結果を得た。上段には, 全部位 (Fz, Cz, Pz, P3 と P4) と全条件 (S2の種類と S2に対する運動反応の有無による4条件) と全被験者 (8名) を平均した総加算平均の CNV 波形を示す。全体的に低振幅ではあるが, S1-S2 間に CNV を認めることができる。[CNV の立ち上がりが約500ミリ秒と遅くなっているが, その潜時帯ではまだ陽性の電位を示す Pz や P3 や P4 のERP を一緒に加算平均したためである。] この CNV に対する PCA からは5主成分が引き出され, それらを合すると全体の86%の分散を説明することができた。第1主成分 (PC 1) の成分負荷量は, S1 提示後約1000ミリ秒から大きくなり S2 提示前まで続いている。そしてその成分得点が Cz で最も大きく Fz で最も小さいことから, この第1主成分は後期 CNV と考えられる。また第2主成分 (PC 2) の成分負荷量は S1 提示後400ミリ秒から約800ミリ秒の間で大きく, Fz と Cz で大きくて Pz で小さいという明瞭な部位差をその成分得点が示すことから, この第2主成分は初期 CNV と考えられる。第4主成分 (PC 4) の成分負荷量は小さいながらも, 第1主成分と第2主成分の成分負荷量が大きな値を示す潜時帯のちょうど中間部で相対的に大きくなっている。しかもその成分得点は Cz で若干大きいものの, 明らかな部位差を示していないので, それは中期成分と考えられる。S1-S2 間隔が比較的短い場合でも, PCA によって CNV を分割してこのように各成分を同定することが可能である。[第3主成分と第5主成分については, それぞれ S1 に対する CNV の resolution と, S1 に対する P300と思われるがここではこの点についての議論は省略する。]

以上のように, CNV 波形が3成分からなっているとすれば, それらを一括して取り扱うのではなく, それぞれが S1 と S2 のどちらに関連する ERP であるかが問題になってくると思われる。上記の図2と3と4の結果から, これらの3成分のうち, 後期 CNV だけが, S1-S2 間隔の長短によらずいつも S2 前に出現するので, それだけが S2 に対して出現する ERP であると結論できる。更に, 他の2成分が S2 に対して出現する ERP でないことを証明するためには, 次のような基準を設けて吟味しなければならない。即ち, もしもこれらの成分が S1 の性質を変化させることでその性質が変化するものであれば, それは S1 に対する成分であり, S2 に対して出現している成分ではないと断定できるであろう。

2) 初期 CNV

比較的長い S1-S2 間隔を用いたか, 又は PCA によって成分同定を行なった実験が, この問題に関して幾つかなされているが, まず初期 CNV について見ると, この成分は図2の電位や図4の PC2 のように前頭部・中心部で陰性, 頭頂部で陽性となる頭皮上分布を示

し、S1が視覚刺激の時にはS1が聴覚刺激の時に較べて全体的に陽性方向に変化すること (Gaillard, 1976; Ritter et al., 1980; Sanquist et al., 1981), あるS1提示の確率が低い時には、陰性と陽性の両電位が共に増大すること (Kok, 1978), S1が単なる予告信号ではなく、試行のタイプを被験者に知らせるような特別な意味を持つ刺激の場合には全体的に陽性方向に変動すること (McCarthy and Donchin, 1978), S1の強度が強いとFzとCzの陰性電位が大きくなること (Loveless and Sanford, 1975) が確認されており、初期CNVはS1に対するERPであると考えられる。この結論が正しいとすれば、前述のa)の基準と反対の意味で、S2を伴わないある刺激の単独提示においても、その刺激に対して初期CNVと同じERPが観察できるであろう。しかしこの仮定を検証するためには、次の点に注意すべきである。既述したようにある刺激が予告信号となった時にのみ初期CNVが大きく出現するので、その単独提示刺激は予告信号ではありえなくても、それに代わる意味を持たせて、その刺激を提示しなければならない。そして、そのような刺激に対して初期CNVと同じ潜時で同様な頭皮上分布を持つ電位が観察でき、しかもS1に対して有効であった変数に対して同じ変化がその電位に認められれば、上の結論は全く正しいこととなる。

実験事実を検討する前に、本質的な問題ではないが無視できない問題があるので、少し触れておく。P300や注意関連陰性といった刺激の提示後に出現するERPについて、既に多くの実験がなされて来たのではある(下河内, 1981a, b, c)がそれらの実験で初期CNVに該当する電位があまり見い出されなかったのは、刺激後のERPの分析時間を短くとっていたこと、比較的小さな時定数で脳波を増幅していたためにこのような緩徐な電位が増幅されなかったこと、そして刺激の提示間隔が短くこのような成分があまり大きく出現しなかった〔S1-S2-RTの課題では通常10秒間位の試行間隔が用いられるが、P300等の実験では600ミリ秒から数秒という試行間隔が用いられる。〕こと等があげられる。

Rohrbaughら(1978, 1979)は、上の点にも留意しながら、刺激の単独提示の後に出現したERPに対してPCAを実施して、刺激後の遅い緩徐なERP成分に詳細な検討を加えている。その結果、S1-S2-RT課題の初期CNVについて述べたことが、各種の変数による頭皮上分布の変化ということも含めて、その成分にすべてあてはまることを示している。即ち、その成分は刺激後400から800ミリ秒の間に出現し、前頭・中心部で陰性であり頭頂部で陽性となり、そして弁別課題のように課題に関連した特別な意味をその刺激が持つ場合により大きく出現し、視覚刺激に対しては聴覚刺激に対してよりも全体的により陽性に変動して出現した。この事実からも、初期CNVはその前に提示された刺激に対する情報処理に対応して出現するERPであると結論できる。そこで初期CNVという名称は適切でないとして、このERPが陰性徐波と陽性徐波の複合体であることからnSW/pSWという名称を使う研究者もいる(Rohrbaugh and Gaillard, 1983)が、本稿では問題をCNVに限って

いるので、引き続き初期 CNV という名称を用いることとする。

3) 中期成分 (middle component)

Rohrbaugh らの実験 (1978, 1979) では、前述した初期 CNV 成分以外に、単独提示される刺激が、その提示数のカウントを要するような課題関連刺激である場合に、刺激後約 500 から 1700 ミリ秒まで持続し、聴覚刺激に対しても視覚刺激に対しても全部位にほぼ等しく現われる陰性の緩徐な ERP 成分を認めている。〔本稿ではこの ERP を陰性後徐波と呼ぶこととする註。〕この陰性後徐波は特に試行間隔 (この場合には刺激の単独提示であるから刺激の提示間隔と等しい) が長い時 (Rohrbaugh ら, 1979 の RP 実験における 6 秒条件と 24 秒条件) に大きく出現するが、その試行間隔は通常 CNV 実験で用いられる間隔とはほぼ同じ位であり、CNV 実験においてもこのような ERP 成分の出現していることが予想される。実際、刺激後の潜時及び頭皮上分布でこの陰性後徐波と中期成分は良く似ている。しかも、聴覚刺激に対しては視覚刺激に対してよりもこの陰性後徐波が全ての部位で大きくなり、中期成分についても S 1 が聴覚刺激の時に視覚刺激の時より大きくなるという報告が (Sanquist et al., 1981) あるので、Rohrbaugh and Gaillard (1983) は、中期成分が陰性後徐波であり S 1 に対して出現している ERP であると指摘している。しかし、中期成分が S 2 に対して出現する ERP でないことは確実であるが、それと陰性後徐波との同一性を潜時と頭皮上分布だけで判断するのではなく、初期 CNV について適応した基準と同様な CNV 課題において S 1 に対する操作に従って中期成分が変化すること、及び、単独提示の刺激に対する同じ操作が陰性後徐波にも同じ効果を持つことという 2 基準について、上記の S 2 刺激のモダリティについてだけでなく、もう少し詳細に検討する必要があると思われる。

S 1—S 2 間隔が短い場合には、CNV 波形上に視察によって中期成分を認めることはまったくできない。PCA によっても中期成分を同定しうるのは、我々の経験では S 1—S 2 間隔が 2 秒以上の場合であり、2 秒以下の場合には、PCA では初期 CNV と後期 CNV のみが抽出される (Nageishi and Shimokochi, 1984; 投石, 1983)。このように S 1—S 2 間隔が短い場合には、中期成分はほとんど出現せずに、初期 CNV に引き続いて後期 CNV が始まってくるという事実 (図 4 を参照) は、中期成分と陰性後徐波との相違を示唆しているように思われる。

また、対応する心理作用の面から考察すると、長い試行間隔をもつ単独提示刺激の場合には、その刺激の提示直後には被験者の覚醒水準が一時的に高まり、次の刺激提示までは低い覚醒水準が続くというリズムが被験者にでき上がり、その一時的覚醒水準の高まりを陰性後徐波は反映すると考えられるが、CNV 課題では S 1 後と S 2 前に覚醒水準の高い時期があり、その間の覚醒水準の比較的低い時期に中期成分が出現していると考えられるので、陰

性後徐波と中期成分の二者は機能的に異なったものかもしれない。また中期成分はS1に対する情報処理とS2への予期との橋わたしをするようなERP成分と考えることもできるであろう。実際、山本ら(1983)はこの中期成分が初期CNVから後期CNVへの移行を反映していると解釈できるような、CNVの頭皮上の分布について興味深い結果を報告しており、両者の同一性を論じるためにはもう少し実験的検討が必要であると思われる。

4) 後期CNV (late CNV)

174頁で述べた基準のうちのd)の長いS1—S2間隔の場合には、後期CNVだけがS2前に出現すること(図2)や、PCAの結果(図3と図4)からも、後期CNVだけがS2に対して出現する、真にCNVと言う名に価する成分であると結論しうる。そこで、d)以外の基準に基づく後期CNVがS2に対するERPであるという実験的証拠を一つだけ述べる。

a)～c)の基準で後期CNVが、S2に対して出現するERP成分であることを検証するには、以下の2点の要件を満たした実験でなければならない。1) S1によって生じる初期CNV等の成分に、差ができないような条件を設定すること。Walterら(1964)のように比較しようとする条件をブロック間で設定するのではなく、ブロック内で両条件を設定し、S1の種類でその試行のタイプを被験者に知らせるといった手順を用いて、S1に課題に関連した特別な意味をもたせて、各条件で初期CNVが同じくらい出現するようにする。2) 次に、既に述べてきたように、CNVは3成分からなっているので、長いS1—S2間隔或いはPCAを用いて後期CNVを明確に同定した上で条件の差を検証する必要がある。その際、これらの成分の頭皮上分布が互いに異なるので、少くともFzとCzとPzからCNVを記録しておく、この成分同定に便利である。

Gaillard(1977)は、3種類のS1を用い、それぞれに対応させてS2の提示確率を0.9と0.5と0.0とした3種類の試行をランダムな順に同じブロック内で提示し、S1—S2間隔を3秒として実験を行なった。その結果、これらの3条件間では初期CNVに差はなく、後期CNVだけが $0.9 \geq 0.5 > 0.0$ の条件の順に大きくなったと報告している。S1-S2-RT課題では、このように後期CNVはS1とS2との随伴性が高くなると大きくなる。

要約すると、S1-S2-RT課題のCNV波形中には3成分が存在し、Walterら(1964)のようにS1—S2間隔が短い場合にはそれらは重なりあっている、そのCNVを評価する時には特に注意しなければならない。CNVは頭皮上の分布と、S1とS2への関連性の相違によって3成分に分割でき、後期CNVだけがS2に対して出現するERPと結論できる。そして表1のごとく要約することができる。

III 心理作用

最後に、これらのCNVの各成分に対して、どのような心理作用が対応づけられるかとい

表1 the CNV components during S1-S2 tasks

CNV components	early CNV (nSW/pSW)	middle component	late CNV
Latencies	400-800 msec	between the early and late CNV	about 1sec. before S2
Polarity	n/p	negative	negative
Distribution	n: fronto-central p: parietal	broadly	precentral
Related stimulus	S1	(S1)	S2
Corresponded functions	n: orienting p: task-relevance	?	motor-preparation anticipatory-attention?

n = negative potential

p = positive potential

う問題について簡単に整理をしておく。(表1の下段を参照。)

1) 初期 CNV

初期 CNV は、遂行中の課題に関連した刺激に対する何らかの情報処理を反映する ERP と考えられるが、本稿では初期 CNV を前頭・中心部の陰性電位と頭頂部の陽性電位の複合体として一括して取扱って来た。しかし、初期 CNV について機能的意味を考察する場合には、本来一つの ERP であるものが、部位によって反対の極性の電位として記録されただけなのか、2種の ERP がたまたま同じ潜時帯に出現しているものなのかという点を、まず明らかにしておくしなければならない。既に述べたように多くの場合に両者は同様な変化を示す〔刺激の違いによって、全体的に陰性や陽性に変動したり、これらの陰性電位と陽性電位が同時に増大したりすることが報告されている。〕。しかし最近になって僅かではあるが、頭頂部の陽性電位だけが大きくなる場合のあることが分ってきている (川越, 1983; Rohrbaugh and Gaillard, 1983) ので、両者を別の ERP と見なして良いと思われる。それが正しいとすれば、前頭・中心部の陰性電位は従来から言われてきた S1 に対する 定位反応 (一時的全体的な脳の覚醒水準の上昇) を反映すると考えられ (Gaillard, 1976; Loveless and Sanford, 1975; MaCallum, 1979), 頭頂部の陽性電位は S1 の持つ課題に関連した情報を処理する過程を反映していると考えられるであろう (McCarthy and Donchin, 1978; Nageishi and Shimokochi, 1984)。

2) 中期成分

中期成分については、今までにあまり問題にされたことがなく、良く分ってはいない。しかし、課題の種類に従って変化することが我々の研究室の実験で見い出されている (川越, 1983; 谷山, 1983) ので、その課題に関連した、S2 に対する情報処理の準備を何らかの意味で限定しておくといった認知的作用を反映すると考えられるが、陰性後徐波の存在とも相

俟って、中期成分に対応する心理作用については現段階では明言することはできない。

3) 後期 CNV

CNV 研究にとって最も関心のある、CNV に対応する心理作用の問題は、後期 CNV だけを対象とすべきであることは、以上の考察で明白になっているが、後期 CNV に対応する心理作用について結論が得られているとは現在でもいいがたい。この問題は Walter ら (1964) の CNV の発見と前後して、Kornhuber and Deecke (1965) が被験者に自発的な運動を行かせた場合に、その運動の約 1 秒前から緩徐な陰性電位 (Bereitschaft Potential) が頭頂・中心部に出現することを発見したのに始まる。この準備電位と後期 CNV とが時間的变化や頭皮上の分布においてよく似ている (Grünwald et al., 1979; Rohrbaugh et al., 1976; Rohrbaugh et al., 1980) こと、及び、S 2 に運動反応を要求しないが、S 2 を目標刺激とする信号検出課題などの S 1—S 2 課題では後期 CNV がほとんど認められないこと (Loveless 1975; Gaillard, 1977) から、両者の同一性が問われるところとなった。しかし、研究者の側 (Walter et al., 1964; McCallum, 1979; Syndulko and Lindsley, 1977; Tecce, 1972) には、CNV が人間の認知的な機能を反映するものであって欲しいという期待が強くあり、Walter らの期待説は、S 2 に対する意図的な注意に後期 CNV が対応するという、もう少し具体性を持つ注意説 (Tecce, 1972; Nageishi and Shimokochi, 1984) にかわったものの、CNV と人間の認知的作用の関連性が論じ続けられている。その結果として、CNV についての最も最近の展望においても、Rohrbaugh and Gaillard (1983) は少なくとも今までに報告された実験結果からでは、後期 CNV は運動の準備を反映する ERP であるという結論が正しいと主張し、一方 Rockstroh ら (1982) は後期 CNV は認知的機能をも反映していると主張し、意見の一致が得られていない。そこで、運動準備に対応する準備電位と同一な後期 CNV の存在を前提とした上で、ある後期 CNV が予期的認知作用に対応して出現したものであることを証明するための基準について考察することにする。

まず第一に予期的な心理作用であるということから、この議論は後期 CNV についてのみ成立することなので、後期 CNV の問題に関して述べた 2 種類の要件 (S 1 の課題関連性と成分同定) を前提とした実験でなければならない。その上で以下の 4 点が問題になると考えられるが、これらは 174 頁の e) の基準、すなわち S 2 の性質の相違によってもたらされる CNV の性質の変化という基準を詳しく検討することになる。① S 2 に対する直接の運動を要求しなくて、S 2 が信号検出課題の目標刺激になるといった重要な意味を持つのであってもその S 2 の前に後期 CNV が出現しない、長い S 1—S 2 間隔を採用した場合には、S 2 に対して運動反応をさせなければ、後期 CNV は観察できないと多くの実験で報告されている (Rohrbaugh and Gaillard, 1983 を参照)。しかし S 2 に対してできるだけ速く

反応することは、そのS2刺激の迅速な知覚・弁別処理を要求することになる。それゆえに、反応を要求しない場合にもS2に対する迅速な情報処理を強いる課題としなければならない。

②174頁のc)の基準とは反対の予測が注意説からは導かれる。S2の提示・無提示が前もって分らない(S1とS2の随伴性が0.5である)時には、そのS2の提示自身が情報的な刺激であるが、S2の提示が前もって分っている(S1とS2の随伴性が1.0である)時には、S2は冗長な刺激であり情報的な刺激ではない。そこで前者のS2には後者のS2よりも被験者の注意が強く向けられ、大きな後期CNVが出現すると予測される。

③S2に弁別困難な刺激を用いたり、S2の提示時間が短い場合には、S2が弁別のし易い刺激や長く提示される刺激の場合に較べて、大きな注意が必要となり、S2前の後期CNVが大きくなると考えられる。ところが、Perdok and Gaillard (1979) や Sanquist ら (1981) の実験結果では必ずしもそうはなっていない。この点について考察してみると、S2が弁別の困難な複雑な刺激であった場合には、S2提示前にS2に対する認知的予期シェーマを限定して、S2に意図的な注意を向けるということが困難であり、それよりもS2が提示されてからその知覚や弁別に全力をあげる方が、その課題の成績を上げる良い方略ではないだろうか。また課題が難し過ぎて注意が集中できない (distraction の効果, Tecce, 1972を参照) といったこともあるのではなかろうか (谷山, 1983)。

S2の提示時間については、Perdok and Gaillard の結果では短い場合に大きな後期CNVを認めており、この仮説を支持している。しかし、たとえばS2が視覚刺激の場合には、意識的にそれ程制御できないと考えられている視覚的短期記憶の使用がS2の提示時間の短い場合には必要と思われるので、S2前の意図的な注意がS2の視覚的短期記憶に有用であるかどうかといったことも考慮して見る必要がある。いずれにしても、単に難易という変数を操作するだけでなく、その操作によって被験者の課題への対処の仕方が具体的にどう変化するかということも考察した上でなければ、これらの基準についての実験結果を正しく評価できないであろう。

④最後に、①と②のようにして注意に対応する後期CNVが得られたとしても、その後期CNVがもっと特異的な意味でS2に対する注意を反映していることを確認するためには、この後期CNVがS2に関連して変化することを示さなければならない。例えば、S2のモダリティに関して、それが視覚刺激の場合には視知覚や視覚認識を行なう頭頂・後頭部で後期CNVが優勢に出現するとか、S2の意味に関して、それが言語刺激である場合と単なる図形や純音ではその頭皮上の分布がことなるといったことを示す必要がある。これらのことについては既に幾つか実験が報告されているが、後期CNVを明確に同定して評価していないものや、①の要件を満たしていないものが多いのでそれらの結果は、余り信頼することができない。

最近我々は S1-S2-S3-RT という課題を用いて、①と②の基準に基づいて、意図的な注意に対応する後期CNVと運動準備に対応する後期CNVの両タイプが存在する事実を実験

的に見出ししている (Nageishi and Shimokochi, 1984)。しかしながら、③と④の基準については検証しておらず、両者の相違点や類似点といった問題については何も明らかではなく、種々のパラメトリックな実験が必要であると考えている。そこで、この問題についての結論は本稿では控えておくことにする。

IV 結論

1) 初期 CNV は S 1 後400から800ミリ秒の間に、前頭・中心部で陰性に頭頂部で陽性に出現し、S 1 に対する情報処理に関与する成分である。

2) 中期 CNV は初期 CNV と後期 CNV の間に出現し、S 1—S 2 間隔が2秒以上の場合に確実に認められる成分で、頭皮上に広く陰性に出現するが、その機能的意味については今後の研究に待たれる。

3) 後期 CNV 成分は S 2 に対して出現する電位として本当の意味で随伴陰性変動 (CNV) という名に値する成分である。それは S 2 前約1秒から始まり、S 2 提示まで続き、Cz で大きな陰性電位を示す。そして、それは S 2 に対する ERP 成分と考えられ、多くの場合には運動の準備に関連して出現するが、予期的注意といった人間の認知的機能に対応して出現するものも存在するようである。しかし、この両後期 CNV の関係又は相違点については、CNV のこれら3成分を明確に分離して検討を加えた今後の実験に待たなければならない。

註

彼らは、初期 CNV のうちの Fz と Cz の陰性電位を SNW 1 と呼び、Pz の陽性電位を PSW と呼び、そうしてこの陰性電位を SNW 2 と呼んで、この3者を併せて「O WAVE」と総称して、これらの変化を一括して取り扱っている。

References

- Donchin, E. & Heffley, E. F. Multivariate analysis of ERP data: a tutorial review. In D. A. Otto (Ed.), *Multidisciplinary perspectives in event-related brain potential research*. U. S. Government Printing Office, Washington D. C., 1978, 555-572.
- Gaillard, A. W. K. Effects of warning-signal modality on the contingent negative variation (CNV). *Biological Psychology*, 1976, 4, 139-154.
- Gaillard, A. W. K. The late CNV wave: preparation versus expectancy. *Psychophysiology*, 1977, 14, 563-568.
- Grünewald, G., Grünewald-Zuberbier, E., Netz, J., Hömberg, V. & Sander, G. Relationships between the late component of the contingent negative variation and the Bereitschaftspotential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1979, 46, 538-545.
- 川越敏章 弁別課題における事象関連電位 (CNV). 昭和57年度大阪大学人間科学部卒業論文, 1983.
- Kok, A. The effect of warning stimulus novelty on the P300 and components of the contingent negative variation. *Biological Psychology*, 1978, 6, 219-233.

- Kornhuber, H.H. & Deecke, L. Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen. Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pflügers Archiv für die Gesamte Physiologie*, 1965, 284, 1-17.
- Loveless, N.E. The effect of warning interval on signal detection and event-related slow potentials of the brain. *Perception and Psychophysics*, 1975, 17, 565-570.
- Loveless, N.E. & Sanford, A.J. The impact of warning signal intensity on reaction time and components of the contingent negative variation. *Biological Psychology*, 1975, 2, 217-226.
- Lutzenberger, W., Elbert, T., Rockstroh, B. & Birbaumer, N. Principal component analysis of slow brain potentials during six second anticipation intervals. *Biological Psychology*, 1981, 13, 271-279.
- McCallum, W. C. Cognitive aspects of slow potential changes. In J. E. Desmedt (Ed.), *Cognitive components in cerebral event-related potentials and selective attention. Progress in Clinical Neurophysiology*. Vol. 6, Karger, Basel, 1979, 151-171.
- McCarthy, G. & Donchin, E. Brain potentials associated with structural and functional visual matching. *Neuropsychologia*, 1978, 16, 571-585.
- 投石保広 概念学習課題における事象関連電位。日本心理学会 第47回大会発表論文集, 1983, 78。
- Nageishi, Y. & Shimokochi, M. Contingent negative variation related to attention given an informative stimulus and to the preparation for a motor-response. *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 1983, 1, 1-10.
- Perdok, J. & Gaillard, A.W.K. The terminal CNV and stimulus discriminability in motor and sensory tasks. *Biological Psychology*, 1979, 8, 213-223.
- Ritter, W., Rotkin, L. & Vaughan, H.G. Jr. The modality specificity of the slow negative wave. *Psychophysiology*, 1980, 17, 222-227.
- Rockstroh, B., Elbert, T., Birbaumer, N. & Lutzenberger, W. Slow brain potentials and behavior. *Urvan & Schwarzenberg, Baltimore-Munich*, 1982.
- Rohrbaugh, J.W. & Gaillard, A.W.K. Sensory and motor aspects of the contingent negative variation. In A.W.K. Gaillard and W. Ritter (Eds.), *Tutorials in event related potential research; endogenous components*. North-Holland, Amsterdam, 1983, 269-310.
- Rohrbaugh, J.W., Sydulko, K. & Lindsley, D.B. Brain wave components of the contingent negative variation in humans. *Science*, 1976, 191, 1055-1057.
- Rohrbaugh, J.W., Sydulko, K. & Lindsley, D.B. Cortical slow negative waves following non-paired stimuli: effects of task factors. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1978, 45, 551-567.
- Rohrbaugh, J.W., Sydulko, K., & Lindsley, D.B. Cortical slow negative waves following non-paired stimuli: effects of modality, intensity and rate of stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1979, 46, 416-427.
- Rohrbaugh, J.W., Sydulko, K., Sanquist, T.F. & Lindsley, D.B. Synthesis of the contingent negative variation brain potential from noncontingent stimulus and motor elements. *Science*, 1980, 208, 1165-1168.
- Sanquist, T.F., Beatty, J.T. & Lindsley, D.B. Slow potential shifts of human brain during forewarned reaction. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1981, 51, 639-649.
- 下河内 稔 事象関連電位 1. 臨床脳波 1981 a, 23 : 683-690.
- 下河内 稔 事象関連電位 2. 臨床脳波 1981 b, 23 : 743-752.
- 下河内 稔 事象関連電位 3. 臨床脳波 1981 c, 23 : 809-818.
- Shimokochi, M. & Nageishi, N. The endogenous components of human event-related potential in a single trial EEG recording. *Bulletin of Osaka University, Faculty of Human Sciences*, 1984. (in this volume).
- Syndulko, K. & Lindsley, D.B. Motor and sensory determinants of cortical slow potential shifts in man. In J.E. Desmedt (Ed.), *Attention, voluntary contraction and event-related potentials. Progress in Clinical Neurophysiology*. Vol. 1, Karger, Basel, 1977, 97-131.

- 谷山恭子 概念学習課題における事象関連電位。昭和57年度大阪大学人間科学部卒業論文, 1983。
- Tecce, J. J. Contingent negative variation(CNV)and psychological processes in man. *Psychological Bulletin*, 1972, 77, 73-108.
- Walter, W.G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W.C. & Winter, A.L. Contingent negative variation: An electric sign of sensori-motor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 1964, 203, 380-384.
- 山本卓二, 芥藤良彦, 遠藤四郎, CNV-Topograph における S_1 - S_2 間隔と CNV 構成要素。第9回「性格・行動と脳波」研究会発表, 1983。

THE THREE SUB-COMPONENTS OF THE CONTINGENT NEGATIVE VARIATION.

Y. Nageishi, T. Shimura and M. Shimokochi

In this review, we discussed the psychophysiological properties of human Contingent Negative Variation observed during S1-S2 tasks (eg., a warned forerperiod RT task). The early CNV component, which emerges during a period from 400 to 800 msec. after the S1 presentation and is dominantly observed at fronto-central regions in the scalp, seems to be induced by S1, because it is influenced by the modality, intensity, meaning and significance of the S1, and it is also observed even under a non-paired stimulus condition (S1 is not followed by S2). Therefore it seems to be associated with the information processing of the S1.

The middle component, which emerges between the early and late CNV components when the S1-S2 interval is longer than two sec., may be also induced by S1. However, its nature and properties are not fully understood.

The late CNV component, which emerges from about one second before and towards the S2 presentation, may be induced by S2, because it is related to the timing of the S2 presentation and to the functional properties of the S2. Therefore, this component should be called a proper "CNV", and it seems to be related to the attention paid to the informative S2 as well as to the preparation for the motor-response. Additionally, we discussed the utility of Principal Component Analysis for the identification of these CNV components.