The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	脳の事象関連電位（Event-Related Potentials）とヒトの情報処理過程
Author(s)	投石，保広；下河内，稔
Citation	大阪大学人間科学部紀要．1981，7，p．141-172
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/10441
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

脳の事象関連電位 (Event–Related Potentials) とヒトの情報処理過程

投　石　保　広
下　河　内　稔

1. 序
2. 事象関連電位（ERP）
3. ERP の外因性と内因性
4. ERP とヒトの情報処理過程
   (1) ヒトの情報処理モデルとの対応づけ
   (2) 時間的関係
   (3) ERP の睡眠による変化
   (4) 刺激提示間隔
   (5) 刺激の物理的パラメータと ERP
5. 各 ERP 成分についての考察
   (1) 聴覚 BSR と注意
   (2) VP と短期的慣れ
   (3) P_{300} と順序効果
   (4) CNV と注意
6. 要約及び結論

脳の事象関連電位（Event-Related Potentials）とヒトの情報処理過程

1. 序

「一体何故，われわれは人の脳から電気活動を記録してみようと思うのだろうか。」という自問から出発して，Goffら(1978 p. 3)は事象関連電位についての展望を始めている。そして，問題としている対象が研究者の間で異なっているとしても，最低彼等に共通する答として「脳から電気活動を記録することは，脳が自分の仕事（business）をどのように行なっているかを推測する客観的方法であるから。」という理由をあげている。脳の仕事の中でもっとも興味深いものは，情報処理機能であろう。例えば，我々が日常体験しているように，雑踏の中でも自分が注意を向けている会話だけを選択的に聴取することのできる心理作用―選択的注意―と脳の電気活動との対応づけ（後述する注意関連電位の問題）が実際に多くの研究者により報告されている。脳の情報処理過程は，時間の流れの中で一過性に生じ，そしてある所で終わるかあるいは次の問題に移っていくものであり，ある外的な感覚刺激を受け取った時，その感覚入力への心理的対応という形で行なわれる。したがって，この順序だてて行なわれる情報処理過程と脳の電気的活動の対応を考えるためには，脳の持続的かつ自発的な活動である背景脳波ではなく，何等かの事象と明確な時間的関連を持って生ずるような電気的変化（事象関連電位）を対象とすることが必要となってくる。現在の所，事象関連電位が脳の情報処理過程を反映するであろうという研究者の期待のもとに研究がなされているもののこの電位変化が情報処理過程を反映するものであると結論するためには，多くの未解決の問題が残されている。本論文では，この問題のひとつの取り組み方として，この事象関連電位について感覚刺激が提示された時に脳で生ずる比較的定型的な反応の部分（事象関連電位の外因性成分）と，ヒトがその時におかれている状況あるいは，その刺激に対して課せられている課題との関係においてヒトが主体的に行なう情報処理を反映する部分（事象関連電位の内因性成分）にわけて考察しようと思う。

2. 事象関連電位（ＥＲＰ）

Vaughan（1969）は，事象関連電位（Event-Related Potential, ERP と以下略記)を，「明

確な事象と一定の時間関係を示す電位のすべてを指し，ERP には実際の感覚刺激によって生じた（evoked）成分と，脳の処理機能の結果として呼び出された（invoked）内因性の成分（endogenous components）の両者を含む。」と定義している。これは，脳の自発的かつ持続的な電気活動ー背景脳波ーから ERP を区別するために，明確に観察することのできる事象によって時間的に規定したものであり，かつ機能的な重要性を述べたものである。しかし現象的には，以下のように記述することもできるであろう。(1) その電位変化は，ある事象に随伴して生じる一過性の電位変化であり，背景脳波のように繰り返し（リズム）を持つ電位変動ではなく，事象そのものが繰り返されない限り，一過性に終結するものである。(2) ある事象と時間的に近接して生じ，数ミリ秒から数十秒の長さにわたってはいるが，しかし，現在迄に分単位以上に続くようなものはほとんど認められていない。(3) 通常は，背景脳波に重なって生じ，背景脳波の電位のゆらぎの上に波紋を生じさせるように出現する。背景脳波の自発的・持続的な電位変化と混在して生じ，その中で特定の事象と対応すると認められる電位変化である。(4) この電位は，ヒトの場合には通常頭皮上におかれた電極から導出されるが，ほとんどの ERP は背景脳波の振幅よりかなり小さく，同じ事象を同じ被験者に繰り返し経験させ，電位をその事象からの時間的隔たりを基準に繰り返した数だけデジタル計算機を利用して加算平均をし測定される。それ故，頭皮上で記録された μV を単位とする数字が，少なくとも順序尺度以上のものであり，なおかつ被験者がその事象を繰り返し経験することによって本質的なものは損なわれないという前提が自明のものとして働いている。(5) 更に，確実に脳実質内で発生している電位変化であることが証明されている必要がある。

現在までの所，多くの研究者(Desmedt et al., 1979 ; Donchin, 1979; Goff et al., 1978 ; Hillyard and Picton,1979 ; Picton et al., 1978) でほぼ一致して認められている ERP の種類は以下のようにまとめることができるであろう。

事象関連電位（Event-Related Potential ; ERP）

外的事象（感覚刺激と運動）と内的事象（知覚，認知といった刺激の情報処理，意志決定，一過性の覚醒水準の変化といった生体内の生理心理的要因）によって引き出されるすべての電位変化。

A. 誘発電位（Evoked Potential ; EP）

大脳の感覚刺激に対する反応として加算平均法が開発されていなかった時期からすでに知られていた，種々の感覚モダリティの刺激に対する一過性の変化で，刺激に対する脳の直接的反応と思われる外因性電位変化。聴覚誘発電位（Auditory Evoked Potential ; AEP），視覚誘発電位（Visual Evoked Potential ; VEP），体性感覚誘発電位（Somatosensory Evoked

Potential ; SEP）等がある。代表的なものとして脳幹電位（BSR）が知られている。

B．頂点電位（Vertex Potential ; VP）

Bancaud ら（1953）により名づけられたもので，頭頂部（国際式10—20法による C_z）でもっとも大きく出現し，潜時約100ミリ秒ないしそれより少し長い陰性波と，潜時約200ミリ秒ないしそれより少し短い陽性波との複合波（N_{100}-P_{200}）をいう。種々のモダリティの感覚刺激に対してほぼ同じ形で現れる（Davis et al., 1972 ; Roth et al., 1956）が，被験者に特別の課題を課している時にもそうでない時にも，振幅は変化するものの同様な波形で出現するので，内因性と外因性の両方の性質を合わせて持っていると考えられている。

C．後期電位複合（Late Potential Complex;LPC）

ヒトに何等かの課題を課した刺激に対してのみ出現する，潜時の遅い ERP 成分の総称であるが，P_{300} がもっとも代表的なものである。P_{300} は Sutton ら（1965）により発見され最初に報告された電位である（Sutton, 1979）。潜時約300ミリ秒（250～600ミリ秒）の陽性電位で，上述の VP の陽性波の後に出現し，被験者にとって刺激弁別が必要である課題を課した時に，課題の種類によらず，それらの刺激に対して著明に認められる。従って，その刺激の弁別的情報処理あるいは意志決定といったヒトの情報処理過程を反映する電位と考えられているが，その刺激によって引き出された被験者の一過性の覚醒水準の低下であると指摘している研究者もある（Karlin, 1970 ; Näätänen, 1975）。しかし，いずれにしても被験者の心理的要因と対応すると考えられる内因性の電位変化である。P_{300} の他に，言語の認知（安達ら，1978 ; 陳ら，1978 ; 後藤ら，1979）や概念形成（Stuss and Picton, 1978）に関連した更に遅い陽性成分（Late Positive Component）も知られている。また，後で述べる CNV の初期成分も後期電位複合に含めるべきであるかもしれない。

D．放出電位（Emitted Potential ; EmP_{300}）

一定間隔で刺激を反復提示中に，そのうちのひとつがまれに提示されなかった場合（Klinke et al., 1968）や，時間的に予期しうる刺激が提示され，かつ時々のその刺激の無提示が被験者が遂行している課題に関連して意味のある場合（Davis, 1939 ; Sutton et al., 1967）に，その無提示に対して生じる電位。現在の所，課題に関連した感覚刺激に対して出現する P_{300} と同じものであると考えられており（Ruchkin and Sutton, 1973, 1978 ; Sutton et al, 1967），外的刺激なしに出現するので，前述のように P_{300} が内因性成分であるとする有力な証拠と考えられている。

E．運動電位（Motor Potential; MP）

随意運動に先行して生じる電位で，運動に直接関係したものと，意志決定といった心理的要因に関係したものの両者が含まれていると考えられている（Kornhuber and Deecke, 1965 ; McCallum, 1979 ; Deecke et al., 1969)。

F．随伴性陰性変動（Contingent Negative Variation ; CNV）

予告刺激に続く命令刺激に対して反応時間課題を被験者にさせた時，予告刺激から次に提示される命令刺激の間に生ずるゆるやかな陰性の電位変動である（Walter et al., 1964)。最近では，予告刺激の後（600～800ミリ秒）に出現する初期 CNV（early CNV）と，命令刺激の前に出現する後期 CNV（late CNV）の2種が存在することが確認され（Loveless and Sanford, 1974 ; Rohrbaugh et al., 1976)，更に，初期 CNV は命令刺激を伴なわないような刺激の単独提示でも認められる（Rohrbaugh et al., 1978)。

3. ＥＲＰの外因性と内因性

ERP の機能的意義を考察していくためには，その ERP の成分が各感覚器官でとらえた外的事象に対する中枢神経系の定型的な反応，或は効果器である骨格筋に対する定型的な命令である，受動的な外因性（exogenouus）の電位であるのか，生体の主体性を反映し，生体内にその成分を積極的に出現させた原因を想定しうる内因性の電位であるのかについて，検討を加えていくことが重要である。

まず，ERP を求めるための脳波の加算平均を行なう時の時間的基準を考えてみると，感覚刺激や運動といった外から観察可能な事象に対してのみ ERP が認められるわけではなく，予期というような被験者の時間軸上の現象に対して生ずる ERP も測定が可能であると思われる。予期という内的な事象をこれらの ERP の原因として想定することができる場合，当然それらは内因性の成分であるが，被験者の予期と対応するもの（CNV）と，被験者の予期が裏切られたことに対応するもの（EmP_{300}）との2種類が知られている。

まず被験者の予期と対応したものとして，Walter ら（1964）が見い出した CNV がある。それは予告刺激に対する電位変化（初期 CNV)から運動直前に生じる電位への連続としてもとらえることができる（Rohrbaugh et al., 1976 ; Gaillard, 1977)。しかし，必ずしも後の事象が運動を含んだものでないといけないということもなく（Donchin et al., 1972; Irwin et al., 1966; Peters et al., 1977)，最初の刺激が，あとにくる被験者にとって重要な事象（典型的には，命令刺激と運動反応の遂行）を予告するものであり，被験者がそれを知っていて時間的に予期している状態でないと CNV が観察されない（Walter et al., 1964）という

ことから，単に刺激に対する電位変化から運動電位への連続体とは考えられないであろう（MaCallum，1976，1979）。

予期されていた刺激が提示されなかった時，生体が特別の反応をすることは，欲求不満的無報酬（frustrative nonreward）として学習心理学の中では古くから知られている（Amsel and Roussel，1952）。ERP においても，時間的にその提示を予期することが可能であり，しかもその刺激の有無が被験者に課せられている課題に関連している時には，被験者が予期した時点に刺激が与えられないことが，P_{300} と思われる電位（EmP_{300}）を出現させる（Klinke et al., 1968; Ruchkin and Sutton, 1973; Sutton et al., 1967）。更に，実際の刺激が提示されていないにもかかわらずこのような電位が出現することと，被験者が時間的にその刺激の予期が可能である時にのみこの EmP_{300} が認められるので，これは被験者の主体的反応として放出された内因性の成分であると考えられている。

また，上述のように S_1—S_2 パラダイム（予告刺激としての S_1 と S_2 に対する反応）においても，EP，VP，P_{300}，及び初期 CNV が含まれる感覚刺激の提示に対して生じる電位変化と，MP と称される骨格筋の運動に先行して生じる電位変化が，S_1 の提示という外的事象を起点として連続的に出現していると見ることもできるが，これらすべてが外因性成分と考えられるわけではなく，これらの内いくつかの成分はたまたまこういった外的事象によって呼び出された内因性成分であると考える方が良いと思われる。

この外因性 — 内因性の両者を分ける基準を実際上明確に適用することはかなり困難であり，研究者により異なった意見が存在するような ERP（例えば VP）も存在する。しかし，Hillyard ら（1978）や Donchin ら（1978）に従って実験場面に適応しうる形でその基準を整理してみると，以下のように考えることができるであろう。外因性成分とは，ある感覚刺激が与えられた時にその刺激に対する中枢神経系の反応として必然的に用意されているものであり，刺激の物理的パラメータにより変化はするものの，被験者が提示された刺激に対して行なう種々の精神活動，特に被験者がその刺激に対して注意を向けている，あるいはその刺激が特に被験者の行なっている課題に関連した情報を持っているといった，被験者のその刺激に対する心理的取り扱い方の程度によっては影響を受けない電位や電位変化を言う。更に運動が発現される際には，その運動に関係する骨格筋を動かすために必要な大脳皮質運動野の興奮を反映する直接的な電位変化を外因性成分と言う。

他方，内因性成分とは，感覚刺激の物理的なパラメータにはそれ程影響を受けず，被験者がその時に行なっている心理的作業（予期，意志決定，注意，意図的記憶，想起，刺激弁別，運動の遂行といった事象）が原因となって生じたと思われる電位や電位変化を言う。これらの電位変化は，例えば EmP_{300} が特定の時間—ある外的刺激が提示されないことが関連刺激となるような課題中に，その外的刺激の削除—に対して生じることにより，この成分の特質

がよく理解されよう。

以上を要約すると外因性成分とは，被験者に与えられた感覚刺激そのものの物理的パラメータによって，電位の潜時，振幅，頭皮上の分布が変化するものであり，内因性成分とは刺激そのものではなく，被験者が現に行なっている課題の種類や情報処理の程度によって出現パターンが変化するものである。このように，ERP についての外因性ー内因性という機能上の分類[2]は，ERP 成分のうち刺激に対する受動的な反応として規定しうるものを外因性と呼んでいる。一方，ヒトのその刺激に対する取り組み方，即ち情報処理的対処の仕方によって規制されるものを内因性と呼んでいる。しかし，ここで ERP に関してこの区別を考える時に整理をしておかねばならぬ重要で複雑な問題がある。刺激に対する電位変化を考えてみると，外因性成分はある刺激に対してはいつも同じように存在し，内因性成分は，その刺激に対して被験者が特定の心理的な取り扱いをした時にのみ呼び出されるので，外因性成分とは違った別の新しい成分として出現すると考えられる。例えば，後述の注意関連電位は，被験者がそれらの刺激に注意を向けていた時に VP の陰性が増大される (Hillyard et al., 1973)というよりも，新たな内因性の陰性変動が出現してくることが確められている (Hanson and Hillyard, 1980; Harter and Previc, 1978; Hillyard et al., 1973)。このように内因性成分とは外因性成分の変化としてでなく，新たな成分として同定されるべきものであるかもしれない。しかし，ヒトが極度に人工的である実験室内におかれ，しかも同じ刺激が何度も反復して提示されるような時，その繰り返される刺激のすべてに対して注意を向けない，あるいは，心理的に何等問題にしていないということはありえないことである。無論，内因性ー外因性次元の独立変数を実験室内で設定することは可能であるが，たとえ外因性成分のみを目的とした実験であってもその結果がどれ位の内因性成分を含んでいる可能性があるのか，被験者にとってそれらの刺激が実験室内でどれだけ心理的意味を持っていたのかを，その結果の評価の際には十分に考えておく必要があろう。

一種類の刺激が繰り返し提示され，特にその刺激に対して注意を求めることなく，その刺激に対する ERP を記録するいわゆるステディステートな誘発電位においても，実験後に被験者にその刺激についての報告を求めれば，少なくとも提示された刺激の性質（音であったか，光であったか。又，短かったか，長かったか。又，弱かったか，強かったか。更に，日常に経験したことのあるものであったかどうか）や，実験状況との関係（実験室のどちらから音が聞こえ，例えばフラッシュ光の場合には，どこから光が提示され，シールドルーム内のどこに光があたり，影ができたか，おおよそいくつ位の刺激が反復提示されたのか，被験者自身との関係で，実験中に連続的に提示された刺激中のどの辺で特に不快であったか，緊張していたか）等について答えることが出来るであろう。更に，聴覚 BSR の測定のように，1秒間に数10回のかなり強い（70〜90 dB)クリック音が，数百回〜数千回連続提示されると

いった，日常ほとんど経験しない音を初めて被験者が経験した場合には，その音と実験状況とをおそらく実験後数ケ月は憶えているであろう。この事実は，被験者が実験中にクリック音についてその音を知覚し記憶するといった内的な情報処理を行なっていたことを示していると思われる。また，このような ERP の記録を行なう場合には，眼球運動によるアーチファクトの混入を防ぐために，被験者の前方に凝視点を設け，被験者に凝視させるという課題を課すこともある。又，まばたきによるアーチファクトを防ぐために，まばたきの抑制を被験者に求めているのが常である。そこで，ほとんどの ERP の記録は被験者に，イスに座って骨格筋にできるだけ力を入れない，眼球を動かさない，まばたきをしないという 3 種の課題を，刺激と関係して（刺激の提示されるブロックの間，刺激の提示中，あるいは刺激が提示されると思われる時），要求しながら実施したものであると言っても過言では無い。このように考えて行くと，外因性成分だけが存在するような実験環境は存在し得ず，常に多少の差はあれ，測定された ERP には内因性成分が含まれるような条件下で実験がなされていると考えた方が妥当である。

そこで，筆者等は外因性と考えられている成分が，被験者に課せられた課題によって変化した場合でも，その増加分あるいは変化分は内因性成分と考えた方が良い場合もあるという立場で以後の考察を進めて行く。

4.　ＥＲＰとヒトの情報処理過程

感覚刺激提示後にみられる ERP の各成分（EP，VP，P_{300}，CNV）を，内因性と外因性に分けるために有力な根拠となると考えられている実験的証拠のいくつかを，ヒトの情報処理モデルと対応させて次に述べてみたい。

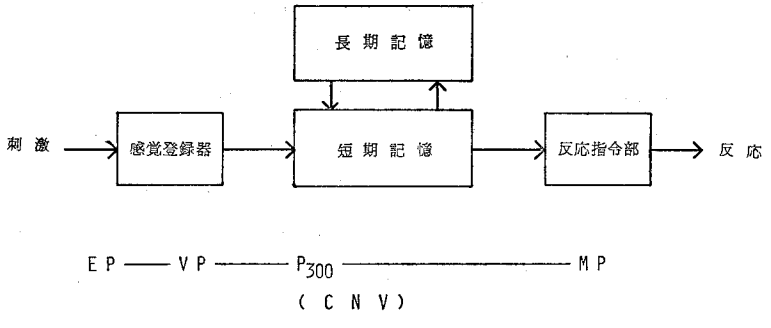

図1　ヒトの記憶の一般的情報処理モデルと ERP の各成分の対応の模式図。

(1)　ヒトの情報処理モデルとの対応づけ

刺激提示から ERP の各成分の頂点までの潜時を概括的にみていくと，明確に外因性であ

ると思われる EP の潜時は70ミリ秒以内であり，外因性内因性の両方の性質を持つと思われる VP の陰性一陽性の頂点はそれぞれ 100—200 ミリ秒であると言われている。これは Cigánek (1961) が，フラッシュ光に対する双極誘導 (Oz-Pz) で記録した誘発電位について，彼の呼び方による第Ⅰ～Ⅲ波の潜時約70ミリ秒以内のものを一次反応と呼び，第Ⅳ～Ⅶ波潜時 100—220 ミリ秒以内のものを二次反応と言ったことと良く対応しているが，今日実験的に測定されている ERP は，ほとんどすべて単極誘導で測定されているので，そのまま比較することは困難であるが，ERP をいくつかの下位成分に分ける考え方の出発点となっている。そして EP や VP の後に出現する P_{300} は，実験事態や各研究者によって非常に異なった結果となっているものの，250ミリ秒から600ミリ秒の間に頂点潜時を持っている。

ヒトの情報処理モデルのおおまかな枠組みは，図1のように少なくとも感覚登録器(Sensory Register)，短期記憶 (Short Term Memory; STM) と，長期記憶 (Long Term Memory; LTM) の3種の水準を想定することが考えられ (Atkinson and Shiffrin, 1968; Waugh and Norman, 1965)，それらが系列的に並び，刺激情報が次々に転送され，順を追って処理がなされると考えられている。このモデルに従えば，感覚登録器の所で刺激の特徴抽出，パターン知覚，注意や体制化といった処理がなされ，通常は100—200ミリ秒でその情報は STM に転送されると言う。STM は作業記憶 (Working Memory) とも言われ，そこで主体がリハーサルにより LTM の助けをかりて，刺激の情報処理を積極的に行なう場所であると考えられる。更に，200—1000 ミリ秒後刺激弁別の結果として末梢反応が発現される。そこで，このモデルの時間軸上に上述の ERP の各潜時を合わせてみると，細かな対応は困難であるとしても，図1に示したようにおおよその対応をさせることができる。これは，EP を外因性成分とみなし，P_{300} を内因性成分と考え，VP をその橋渡しをするものとする考え方とよく一致してくる。ERP が生体の情報処理にとって重要な役割を果たし，ERP が特殊な意味を持ちうることが，John ら (1969, 1973) によって，実験的統制の良くとれた動物実験で示されている。即ち，彼等は動物が条件づけられたある行動を遂行する前に，条件性弁別刺激に対して正しい条件行動の記憶を読み出していると思われる特殊な ERP を見い出している。この動物における記憶読み出し電位 (memory readout potential) の発見は，ヒトの ERP 研究についてのひとつの方向を示し，ERP の各成分がヒトの情報処理過程を示すものであるという仮説に期待をいだかせるものであり，よく統制された条件下で，ERP をヒトの行動と明確に対応づけることの可能性を示唆している。

(2) 時間的関係

P_{300} が STM 内の情報処理過程と対応するものであるならば，短期記憶内での情報処理の結果である末梢筋反応よりも，P_{300} の方が潜時が短くなることが必要である。反応時間課

題の場合に，反応時間とP_{300}の潜時との関係で多くの問題がすでに提出されている(Donald, 1979; Tueting, 1979）が，この問題を要約すると，P_{300}の潜時の方が反応時間よりも長い場合があることと，反応時間が課題によってかなり変化する（200—1000 ミリ秒）にもかかわらず，P_{300} の潜時が課題によってそれ程変化しないことである。考え直してみると，P_{300} が提示された刺激に対する STM 内の情報処理過程を反映しているとすれば，P_{300} はその刺激に対して被験者が行なっている，あるいは被験者がその刺激から直接得ることのできるすべての情報の処理を反映しているであろうが，反応時間課題のためには，反応をするために必要な特徴の処理だけで骨格筋反応は可能であり，被験者はその刺激以外の手掛かり（例えば時間的な予期）も使用することができよう。このような点を考慮にいれるならば，反応時間と P_{300} の潜時を比較するためには次のような要件が考えられる。まず，反応時間課題においては，問題となる刺激の提示によってのみ反応を行なうための情報が，必要十分に与えられる必要がある。即ち，ひとつは予告刺激が提示されておらず，試行間間隔が完全なランダムで，反応すべき刺激の提示される確率が常に一定であること（例えば Millenson, 1967; Näätänen and Merisalo ; 1977）が必要であろう。又，選択反応時間課題の場合には，反応のために弁別すべき刺激特性以上のものがそれらの刺激の中に含まれていないことが必要である。なぜなら，例えば音刺激の強—弱次元で選択反応が被験者に課せられた時に，その音刺激が高—低の次元の変化をも含んでいた場合には，反応時間は強—弱の弁別に対してのみ得られるにしても，試行間間隔がある程度以上あれば，被験者は少なくともいくらかの試行後に正しくその試行での音の高—低について答えることもできるはずで，外見上はわからなくても被験者は高—低に関しても情報処理を行なっていると思われる。加算平均された ERP には，その高—低についての刺激処理をもある程度含んでいることになろう。この例のような処理は実際には行なわれないであろうが，同じ内容の問題は後述するようにどの実験にも存在すると考えられる。

また，P_{300} の測定の場合には，少なくとも時間的に接近して他の電位が発生していないことが必要であり，特に，反応時間課題中の P_{300} とその反応時間を比較する場合には MP が近接して生じると考えられるので注意が必要である（例えば，Tueting, 1979 参照)。

そこで我々（投石と下河内，1980）は，選択反応時間課題を用い試行間隔中に刺激の提示確率を常に一定とし（0.1秒毎に0.05回)，刺激の提示時点そのものに弁別特性を持つようにして，P_{300} の潜時と反応時間の比較を行なった。即ち，かなりランダムな間隔（1.85—9.75秒で平均3.85秒）で左右のスピーカから提示されるクリック音の弁別という情報処理課題により実験を行なった。そして弁別計数課題におけるクリック音に対する P_{300}の潜時と，適応的な反応による選択的反応時間課題における反応時間を測定したが，P_{300}の平均潜時が約309ミリ秒，反応時間が平均 297 ミリ秒と P_{300} の頂点潜時の方が反応時間よりも長いという結

果になった（表1を参照）。しかしながらこの実験においても，各クリック音に対して，それが試行のブロック内のおおよそ何試行目であるのか，強度が今までの刺激とは大きくは変わっていないとか，ひとつのクリック音の後には少しの間（1.85秒以上）次の試行は提示されない（後の註4を参照）といったことを被験者は問題にしていたと思われ，これらの情報処理は反応時間に対しては影響しないと思われるが，P_{300} が短期記憶内の情報処理を反映するものであるならば，P_{300} の潜時にはかなり影響していると思われる。そこで我々は現在の所，P_{300} の潜時と反応時間の関係は，比較の段階にとどめておくべきであると考えている。要するに，単に P_{300} の潜時と反応時間との関係ではなく，被験者がその刺激に対しその時に行なっているすべての情報処理を考慮に入れながら，P_{300} と反応時間との時間的関係を考察して行く必要があると思われる。

(3) ERP の睡眠による変化

睡眠中には内因性成分は消失すると思われるので，ヒトの覚醒水準による ERP の変化を検討するならば，ERP の外因性ー内因性分類にひとつの根拠を与えてくれるだろう。まず音刺激に対する EP について見て行くと，聴覚 BSR は睡眠の Stage 1, 2 では変化せず (Picton et al., 1974)，また麻酔 (thiopental) によってもそれ程変化しない (Goff et al., 1977)。そして，P_{12}—P_{50} の各成分も，睡眠であまり変化しないし (Mendel and Goldstein, 1971; Picton et al., 1974),Goffら (1977) の実験では麻酔により軽度の変化を記録したものの，それらの変化には記録上の問題が残るとしている (Goff et al., 1978)。光刺激の EP においては，Cigánek (1961) も，バルビタールによる徐波睡眠期において彼の言う一次反応（Ⅰ～Ⅲ波)に大きな変化の無いことを報告し，REM 睡眠中にもⅠ～Ⅲ波までは変化の無いことも報告されている(Bergami and Bergamasco, 1967)。従って潜時 70ミリ秒までのEPは，睡眠によって大きな変化を受けないと考えられている。しかし VP に相当する潜時 200ミリ秒以内の成分では，図2のように高松 (1979) が，少なくとも睡眠の Stage 2 において刺激間隔が比較的長い（平均4秒）最初の刺激では，覚醒中に較べてその振幅が大きくなるが，短い場合（1秒）には，短期的慣れ(short term habituation) により覚醒時と差の無いことを見い出しており，Picton(1974) と Weitzman and Kremen(1965) の実験の結果の相違をうまく説明することができる。又，Cigánek(1961) も光刺激に対して，彼の呼ぶ2次成分の睡眠による変化を報告している。潜時が 300 ミリ以上の成分においては古くから知られているように，REM 睡眠時を除いて，音刺激に対しても，光刺激に対しても類似した，覚醒中には観察できない大きな陰性ー陽性の電位変化 (K-complex) が出現してくる (Bergamini and Bergamasco, 1967 ; Davis et al., 1939; 高松, 1980; Weitzman and Kremen, 1965)。この遅成分は，種々のモダリティの刺激に対して同様な波形で，ヒトがある特定の状態（睡

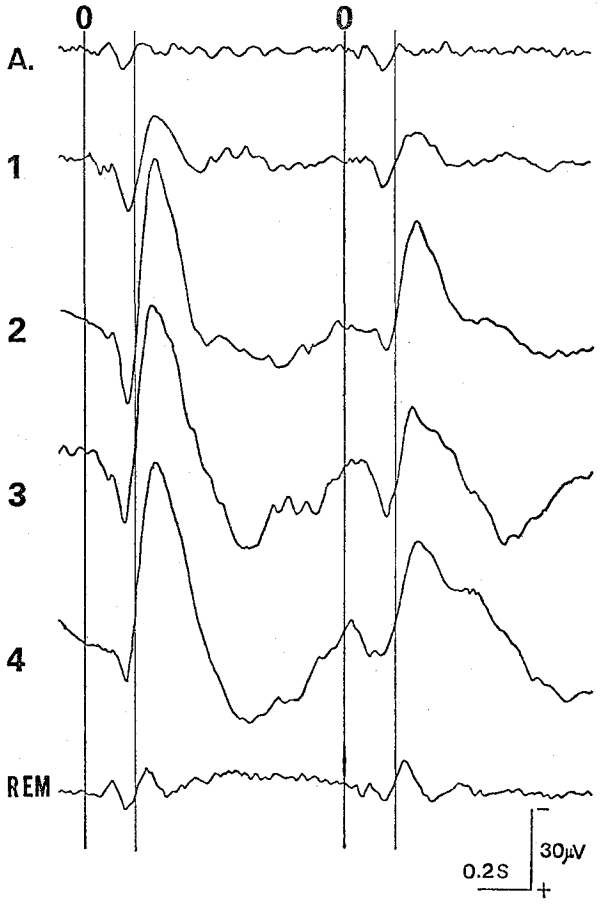

図2　クリック音に対する覚醒中 (A) 及び各睡眠段階（1～4と REM）の ERP。 2個のクリック音を時間間隔1秒間で組にして提示している。両耳朶連結を基準電極とした Cz の記録で，最初のクリック音の100ミリ秒前から，2個目のクリック音の後924ミリ秒までのＥＲＰ波形を示してある。(高松　1980，被験者 K. W.)。

眠の Stage 2～4）にある時のみに出現してくることから，一種の内因性成分といえるかも知れないが，覚醒中には抑制されていた外因性成分が睡眠中に誘発された結果とも考えられる。いずれにしても，このような睡眠中の遅成分が心理的要因を含んだものとは考えにくいが，睡眠中の精神作用を知る上で生理学的には重要な問題を含んでいると思われる（Church et al., 1978)。

(4)　刺激提示間隔

Cigánek (1961) は，フラッシュ光に対する双極誘導の ERP 成分を分離するに際し，刺激の反復提示の率による差を較べ，Ⅳ～Ⅶ波が短い刺激間間隔（6回/秒）の時に波形が変化するので，それらの波を2次成分とする根拠のひとつとしたと述べている。しかし，いわゆ

る不応期を持つのはすべての神経系の電気活動に共通した大きな特徴であり，刺激の提示間隔と ERP の関係について再吟味を試みてみたい。

聴覚 BSR (Hillyard et al., 1978; Picton and Hillyard 1974) や，体性感覚 EP の潜時20ミリ秒の成分（体性感覚野の第一次陽性電位であると考えられる）は，100 ミリ秒以下の刺激間間隔での刺激の反復提示では振幅が小さくなるが，100〜200ミリ秒以上では回復してくる。更に，VP は短期的慣れ現象を示す典型的な反応であり，0.25秒〜1.0秒の刺激間間隔で振幅は非常に小さくなり，回復するのに5秒〜10秒の刺激提示間隔が必要であることは良く知られている (Davis et al., 1966; Gjerdingen and Tomsic, 1970; Rothman et al., 1970)。また，Öhman and Lader (1972) は，VP を誘発する刺激に対して反応時間課題をさせた場合にも，刺激の提示間隔が3秒の時より10秒の方が VP の振幅は大きくなると報告している。P_{300} は単一の刺激が連続提示されるような時にはほとんど認められないので，P_{300} の実験では少なくとも2種の刺激がランダムな順序で提示され，それ等の刺激間間隔が1秒から2秒の間でほとんどの実験が行われ(Squires et al., 1976; 1977; Johnson and Donchin, 1980; Squires, N. K. et al. 1975) 十分にP_{300}が認められている。Nageishi and Shimokochi (1980) は，刺激の提示間隔が3秒と15秒で P_{300} の振幅に差の無いことを確認している(図3を参照)。故に，先の EP やVP と異なり P_{300} の振幅が刺激そのものの提示間隔によってはそれ程影響を受けないことは，P_{300} が内因性成分であると仮定するための状況証拠とはなるであろう。

(5) 刺激の物理的パラメータと ERP

ERPの各成分から外因性成分として EPを区別するための確実な基準としては，その成分が各感覚モダリティに特異的に反応することや，刺激の持つ物理的パラメータに対して精神物理学的法則によく対応して変化することが必須である (Donald, 1979 ; Donchin et al., 1978 ; Goff et al., 1978)。聴覚 BSR や体性感覚 EP については精神物理学的法則と良い対応が得られている (Hillyard et al., 1978 ; Picton et al., 1974) が，その他の感覚や他の EP については，外因性成分とする EP を70ミリ秒以内に限るには大きな問題がある。例えば視覚 EP において，単眼視と両眼視による EP の差や，光の波長，視覚パターンの形状や空間周波数，光刺激の視野内提示位置といったパラメータにより影響を受けるのは，主として後頭部で記録されるところの，VP と同じ潜時範囲の EP 成分である (Desmedt, 1977)。

また，Simson ら(1973, 1975 b) は，各感覚モダリティに対応した頭皮上分布を持つ陰性成分が潜時約190ミリ秒に認められることを報告している。このように潜時の遅い ERP の中に感覚モダリティに特異的に出現した EP と考えられるべき成分が存在するという報告は，図1に示したヒトの情報処理モデルと ERP との対応に，大きな疑問を投げかけていることになり，今後の研究課題として考えていかねばならないであろう。

しかし，閾値以下の刺激に対しても EP が出現していることを Libet ら（1967）が見い出しており，EP だけでは必ずしもその刺激は知覚されないことや，Squires ら（1973，1975）が，閾刺激の知覚のためにはその刺激に対する P_{300} が必要であると述べているように，閾値付近の刺激の検出といった知覚判断が STM 内で行なわれるとすれば，P_{300} が STM 内の情報処理を反映するものであるという仮説によく一致し，刺激の物理的パラメターと ERP の対応を見る実験の場合にも，この知覚判断の部分として ERP の内因性成分が関与していると考えられよう。

5. 各ＥＲＰ成分についての考察

各 ERP 成分の特徴をよく表わすような実験結果について考察し，特に P_{300} と CNV がヒトの情報処理過程とよく対応する事実を述べる。

(1) 聴覚 BSR と注意

Hillyard ら（1973）は，注意を向けているチャンネルに提示された刺激（彼等の場合には右耳と左耳に音を提示し，片方の耳の音刺激に対してのみターゲット音の検出という課題が与えられる。この場合ターゲットを検出している方の耳に提示されるすべての音を意味している。）に対して生じた ERP の中に，VP の陰性成分に当たる陰性の電位が大きくなることを見い出しているが被験者がその音に対して注意を向けていて，いわゆる注意関連電位が認められるにもかかわらず，その刺激に対する初期のEP成分，特に聴覚 BSR は変化しないと言われてきた（Hillyard et al., 1977; Picton and Hillyard, 1974; Picton et al., 1971）。

しかし，動物実験においては全く異なった結果が報告されており，Rasmussen(1960, 1964) が報告したネコのオリーブ蝸牛索（Olivocohlear bundle）の働きによって，注意により聴覚の求心路における誘発電位に差のあることが知られている（Búno et al., 1966 ; Glenn and Oatman, 1977; Oatman, 1971, 1976）。これはオリーブ蝸牛索を下行する中枢からの遠心性の抑制機構が，動物にとって意味の無い，あるいは動物がその時に行なっている課題に関係の無い刺激に働いていることによると考えられている（Hernández-Peón, 1966）。この求心性の感覚入力に対する，中枢からの遠心性のコントロールの有無にみられるヒトと動物との実験結果の相違については，課題〔ヒトの実験（本城ら，1978; Hillyard et al., 1973; Picton and Hillyard, 1974）では，注意を向けていない条件として他の聴覚刺激の弁別課題を用いているのに対して，動物実験（Oatman, 1971; Glenn and Oatman, 1977）では，視覚刺激の弁別課題を用いている。〕と ERP の記録方法の差（ヒトの聴覚 BSR が頭皮上という BSR の発生源から非常に遠く離れた所で記録されるのに対して，動物の場合にはその発生源のすぐ近くあるいは発生源そのもので記録されている。）によるとも考えられるが，ごく最近にな

って Lukas (1980) は，ヒトの聴覚 BSR において動物実験で行なわれているような視覚弁別課題中に，聴神経と下丘での電位と思われる成分の振幅が減少し潜時が延長する事実を認めており，ヒトにおいてもオリーブ蝸牛索を介した注意を向けていない聴覚入力に対する抑制機構の存在を明らかにしている。

この抑制性の影響そのものは，今まで論じてきた意味から言えば明らかに内因性であると考えられ，聴覚 BSR のような感覚求心路を発生源とするような ERP を単に外因性と割り切って考えることに疑問を投じている。

(2) VP の短期的慣れ

VP のもっとも大きな特徴としては，種々の感覚モダリティに対してほぼ同じような形で出現すること (Davis et al., 1972 ; Roth et al., 1956) と，同じ刺激が繰り返し提示される時に急速にその振幅が小さくなる所謂短期的慣れ現象を示すことである(Davis et al., 1966 ; Gjerdingen and Tomsic, 1970; Öhman and Lader, 1972; Rothman et al., 1970; Wastell and Klheiman, 1980)。しかも，この短期的慣れ現象が感覚モダリティ間においても (Hay and Davis, 1971; Davis et al., 1972)，同じモダリティ内の刺激においても (Bulter, 1968, 1972; Harter et al., 1976; Hillyard et al., 1978 ; Musso and Harter, 1975)，刺激に対する特異性を持っている。これらの事実から，VP が，提示された刺激の分析や感覚貯蔵というヒトの情報処理過程を反映していると言える。なぜなら，同じ刺激が直前に提示されていた場合には，もはや次に提示される同じ刺激に対して，その刺激についての情報を何等持っていなかった時と同じようにはその感覚入力に対する情報処理を繰り返さないと考えられるからである (Hillyard et al., 1978)。更に，この短期的慣れがヒトの短期記憶の持続時間とよく対応していること (Callaway, 1973) も，上述の仮説を支持すると思われる。又，上に述べた VP に関するほとんどの実験では，感覚刺激に対して特別な課題を被験者には課しておらず，被験者は実験の最初又は，各刺激提示ブロックの最初でどんな刺激が提示されているかを憶えてしまい，実験の途中，即ち刺激の各提示毎に刺激の弁別や同定を多分行なっていないであろうから，上の仮説は十分支持されると思われる。

(3) P_{300} と順序効果

P_{300} の潜時と反応時間の関連についてはすでに述べたが，以下には P_{300} の振幅について述べる。

P_{300} の振幅が最も大きく記録されるのは予測課題における予測刺激 (Sutton, 1979)，或は刺激の弁別課題における提示確率の低い刺激に対するものである (Duncan-Johnson and Donchin, 1977; Friedman et al., 1973; Squires et al., 1977a; Squires, N. K, et al.,

1975；Sutton et al., 1965；Tueting et al., 1971)。我々は2刺激の弁別課題中に低頻度で提示される刺激に対して P_{300} がより大きい理由を分析し，以下の2点が P_{300} の振幅に影響する主な要因であると推論した（Nageishi and Shimokochi, 1980)。1）低頻度で提示される刺激の直前には，異なった刺激である高頻度刺激が提示されている場合が多いので，短期的慣れ現象の刺激特異性により低頻度刺激に対する P_{300}の振幅が，高頻度刺激に対する P_{300}よりも大きくなる。即ち，その前に違う刺激が提示されていた場合に P_{300}の振幅が大きくなるという刺激の提示順序効果によるものである。2）被験者は高頻度刺激の方を次に提示される刺激として予測しているであろうから，むしろ被験者の予測と違う刺激に対して P_{300}の振幅が大きくなるだろうと言う予測効果がもうひとつの要因であると考えた。

そこで順序効果については図3のように，左右のクリック音を同じ確率（50%—50%）でランダムな順で提示していき，左右のクリック音を弁別し別々に計数する課題（計数課題）で，刺激の提示間隔によらず（図の SGP-L は間隔が約15秒の場合，SGP-S は約3秒の場合を示している)，その前に提示されていた刺激と同じ場合よりも，違う場合に陽成性分（頂点潜時は約250ミリ秒）が大きくなった。又，予測

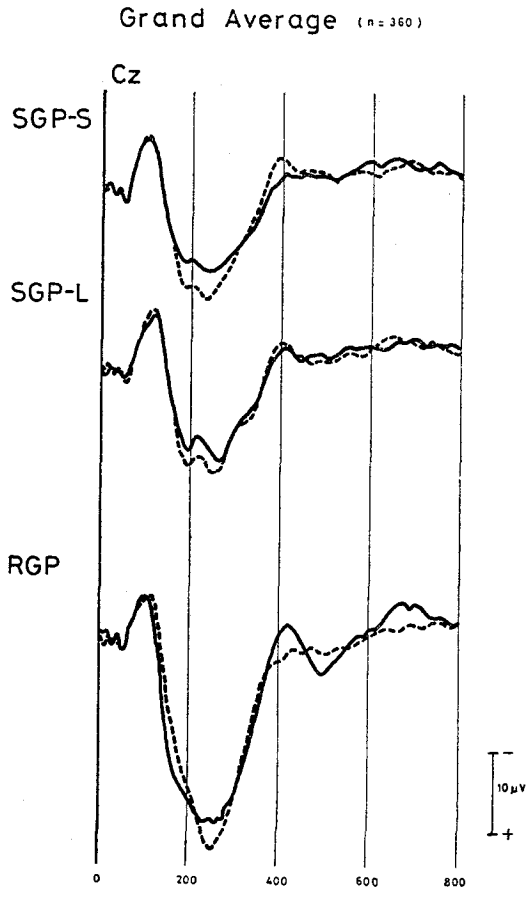

図3　左右の耳に等確率でランダムな順序でクリック音を提示して行き，左右に提示されるクリック音の数を被験者に計数させた時の ERP 波形(SGP) で，L はその前に提示されたクリック音との時間間隔が平均15秒の場合，S は時間間隔が平均3秒の場合である。左右のクリック音に対する ERP は合わせて加算平均し，その前に提示されていたクリック音と同じ場合（太い線）と，違う場合(細い線）の ERP を重ね書きにしてある。RGP は，次に提示されるクリック音を被験者に予測させる課題で，被験者の予測と同じ場合（太い線）と違う場合（細い線）の ERP を重ね書きにしてある。すべての ERP 波形は，両耳朶連結を基準電極とした Cz からの記録で，クリック音の後，600 ミリ秒の脳波の，9人の被験者の総平均加算波形である（Nageishi and Shimokochi, 1980)。

効果については,左右のクリック音を同確率でランダムな順序で提示して行き,クリック音の提示前に次のクリック音を予測させ(予測課題),被験者の予測と同じ場合と違う場合に分けて ERP を較べると,図3(RGP)のようにその陽性成分が被験者の予測と違う場合に大きくなった。しかし,計数課題と予測課題とでは,同じ場合と違う場合の比較で,いくらか波形の差の異なっている部分(潜時200ミリ秒までの陽性電位と潜時420ミリ秒の陰性成分)が認められる。この結果は,P_{300} の振幅に上述の2要因が影響するのを確認させるとともに,刺激の予測と順序による効果が若干異なったものであることを示唆していると思われる。

Squires ら(1975; 1976; 1977 b)は,順序効果について被験者が前の刺激と同じ刺激を次に提示される刺激に対して予測する傾向を持つと仮定し,被験者の予測による効果と同じものであると考え,期待モデル(expectancy model)を提出している。しかし我々(Nageishi and Shimokochi, 1980)は,上で述べたように順序効果と期待効果は別なものであると考えているので,Wagner (Pfautz and Wagner, 1976 ; Wagner, 1976) による学習についての情報処理モデルを適用し,以下のように考察ている。Wagner は,提示された感覚刺激の STM への入力は,同じ刺激についての情報がすでに STM 内に存在している時にはその程度が弱く,同じ刺激についての情報が STM 内に存在していない時には強く入力されると仮定している。そして STM への入力の方法は,実際に刺激が提示される方法 (self-generated priming) と,LTM から想起される方法 (retrieval-generated priming) の2種類があり,一度 STMに入力された情報は STM の容量に従って少しの時間保持されると考えている。そこで,我々は P_{300} の順序効果を前者による STM への情報の入り方によるもの,P_{300} の予測効果を後者による STM への情報の入り方によるものと考え,P_{300} は提示された感覚刺激の STM 内への入力を反映するものであると仮定した。このように,P_{300}が,ヒトの情報処理過程における刺激情報の STM への入力の大きさを反映していると仮定すれば,ある刺激に対する P_{300} の振幅が小さくなる条件の時に,その刺激の情報処理の結果である反応もその程度が劣ることを証明しなければならない。そこで,刺激弁別のもっとも基本的な行動である選択反応時間課題において,上の推測より,前試行と同じ刺激に対する反応時間(RT)が,異なる刺激に対する RT に較べて長くなるか否かを確かめた。即ち,同じ刺激に対する反応が続いた場合には,RT が長くなり,違う刺激の場合には,RT が短くなると仮定したのである。選択反応時間の実験はすでに数多く報告され,ほとんどの実験で RT の順序効果が認められてはいるが,本仮説と一致して前の試行と同じ刺激に対する RT が長くなる結果と,むしろ短くなる結果の両方が報告されている(Nageishi and Shimokochi, 1980参照)。

そこで,できるだけ同じ条件で提示される2刺激に対して計数課題を与えた時の P_{300} の順序効果をまず検討した。図4には,計数課題における各ERP成分の潜時と振幅の平均値を示

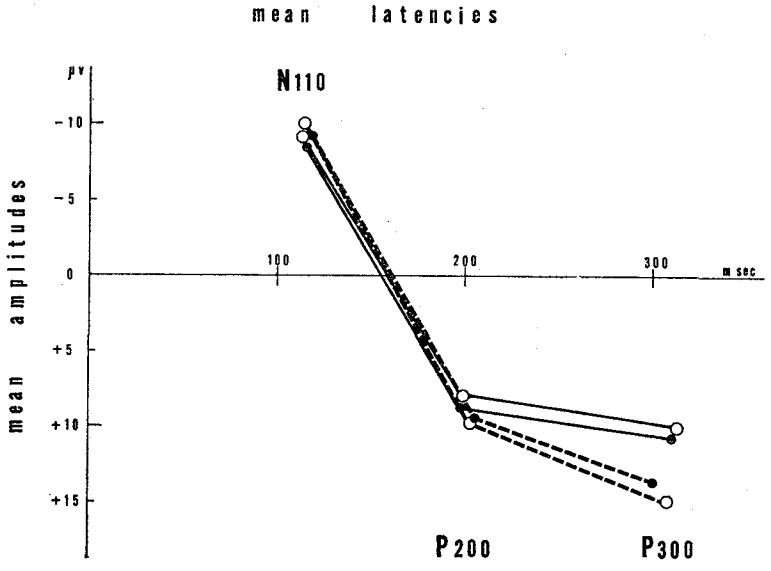

図4　計数課題における左のクリック音（黒丸）と，右のクリック音(白丸）に対する ERP の各成分(N_{110} と P_{200} と P_{300}）の10人の被験者の潜時と振幅の平均値。両耳朶連結を基準とした C_Z の記録で振幅は，刺激前 100 ミリ秒の平均を基準とした各成分の頂点振幅である。実線がその前に同じ方のクリック音が提示されていた場合，破線がその前に違う方のクリック音が提示されていた場合であり，両者の統計的有意差は P_{200} の潜時と P_{300} の振幅で認められた（投石，下河内，1980)。

表1　選択反応時間課題の10人の平均反応時間（RT）と，計数課題の P_{300} の振幅の平均値の，その前に提示されていた刺激が同じ場合（Same）と違う場合（Dif.）の比較であり，反応時間も P_{300} の振幅もその差は統計的に有意であった（投石，下河内，1980)。

TASKS	measures ＼ conditions	Same	Dif.
C R T	R T msec.	311.1	282.3
COUNT	P_{300} − amplitude μv	10.5	14.2

したが,左のクリック音,右のクリック音にかかわらず，その前に提示されたクリック音と違う場合に P_{300} の振幅が大きくなっている。即ち，P_{300} の順序効果については，今までの実験と同じように，P_{300} の振幅が,前に提示された刺激と違う場合に同じ場合よりも約 3.7 μV 大きかった。又，表 1 に選択反応時間課題の反応時間の順序効果を示したが，反応時間は前試行と違う試行の場合に約29ミリ秒短かくなった（投石，下河内,1980)。これは，P_{300} の振幅が大きくなる条件の時に，反応時間も短くなることを示しており，P_{300} がその刺激情報

の STM への入力あるいは，STM の情報処理を反映しているという仮説を支持することができた。更に，我々は P_{300} の振幅の差と反応時間の差に相関が存在することを図1のように見い出した。図5には，この P_{300} の振幅の差と各被験者の標準偏差単位による反応時間の差との相関図を示したが，両者にはかなり高い相関関係の存在することが分る。即ち，P_{300} の振幅の順序効果が大きい被験者程，反応時間の順序効果も大きいことを意味し，P_{300} の振幅の大きさがその刺激に対する STM での情報処理の程度を示し，その結果である反応スピードに影響していると考えられた。

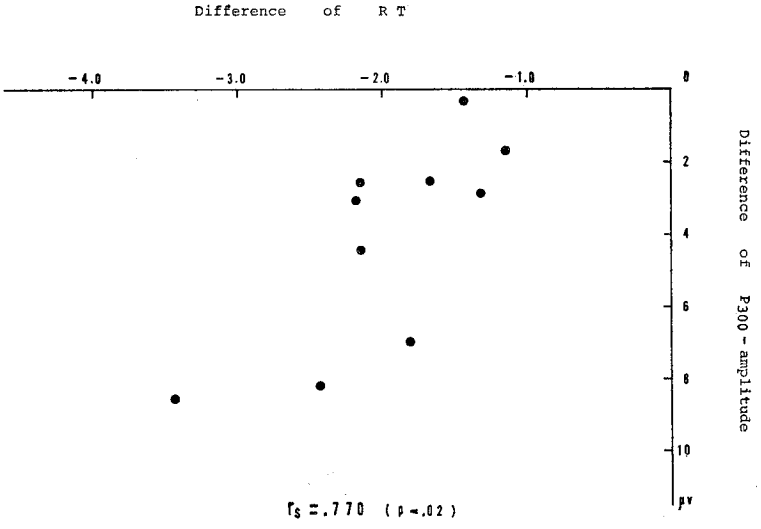

図5 P_{300} の振幅と反応時間の順序効果の相関図。選択反応時間課題における反応時間の差と，計数課題の P_{300} の振幅の差との，10人の被験者間の相関図である。横軸に示した各被験者の反応時間の差は，それぞれの標準得点で示してある。計数課題の P_{300} の振幅に差の大きかった被験者程，選択反応時間での反応時間に差が大きかったことを示している（投石，下河内，1980）。

以上を要約すると，2刺激の弁別を行なう計数課題で，前の刺激と違う刺激に対して P_{300} の振幅も大きく，選択反応時間課題の反応時間も短くなり，更にこの両測度間に被験者間での相関が存在した。P_{300} がヒトの情報処理過程を反映するものであり，P_{300} の振幅によってその結果として生じるヒトの反応をある程度予測し得ることを示している。従って，P_{300} がヒトの刺激情報の STM 内への入力あるいは，STM 内での情報処理に対応した，内因性成分であるという仮説は妥当なものであると考えられるであろう。

Karlin (1972) や Näätänen (1975) は，課題遂行のために上昇している被験者の覚醒水準が，課題に関連し，刺激によって一時的に下がることに対応して P_{300} が生じるのであって，P_{300} はことさらにヒトの情報処理に対応した ERP の成分ではないと述べている。即ち，ほとんどの P_{300} の実験が，1）ある試行が終われば，次の試行は最低ある時間内提示されな

い[3]　2）多くの実験ではある課題刺激(例えば計数課題においては被験者が数えるべき刺激)の提示後には，数刺激の後でないと次の課題刺激が提示されないといった制約を持っているから,被験者は実験者がP_{300}を測定している課題関連刺激が与えられると,次の試行ないし課題刺激の提示までに,間のあることがわかり,自らの覚醒水準を一時的に下げることができる。従って，P_{300}は被験者の覚醒水準の一時的な低下に対応しているにすぎないと Karlin は指摘した。ERP の問題にそって述べると,試行あるいは刺激の提示の前には，覚醒水準の上昇により CNV のような陰性電位が生じていたのに，その覚醒水準の一時的低下によって電位がゼロに戻るため，一見陽性の成分が出現しているように見えるだけであると述べているわけで,極端にはP_{300}の存在そのものを疑問視している。ちなみに後述する我々の CNV の実験（Nageishi and Shimokochi, 1980）でも，1）の問題点に関して,図7での被験者 M. I. の Un—A の時を除いて，すべての条件の試行で試行開始前よりも試行終了後にその電位がより陽性となってはいる。従って，仮りにP_{300}がその刺激により被験者にもたらされた覚醒水準の一時的な低下と対応しているにすぎないとしても，それがヒトの内的変化を表わしている以上，内因性成分であることに変わりはないが，P_{300}がヒトの情報処理過程を反映するものであるという仮説にとっては最も大きな反論となる。この問題点は，ひとつのクリック音から最低1.85秒間次のクリック音は提示されないので，考慮に入れなければならないが，この実験ではP_{300}の振幅について実験的に取り扱っている独立変数は，そのクリック音の前に同じクリック音が提示されていたのかどうかということであり，この刺激による覚醒水準の一時的低下は，両条件（同じ場合一違う場合）に同様に作用し,両条件のP_{300}の振幅の差には影響していないと考えられる。また，先に述べた実験では，2）の問題点に対しては，左右のクリック音をランダムな順でそれぞれ50%の確率で提示し，両者に全く同じ課題（左右それぞれのクリック音の両方を数えること）を課していることにより，問題とはならないといえる。以上のような理由で，上述の実験でのP_{300}の振幅の差が,ヒトの情報処理過程における刺激情報の処理の差を示していると考えることができる。

(4)　CNV と注意

CNV が被験者の予期によって生じるものの，筋運動を必要としない事象を予期する場合，即ち，CNV 実験の S_1—S_2 パラダイムでも S_2 に対して反応時間課題におけるような反応がなくても，S_2 提示前に CNV が認められることを幾人かの研究者が報告している（Donchin et al., 1972;Irwin et al., 1966;Peters et al., 1977; Walter et al., 1964)。しかし,そのいずれの結果でも S_2 に対して被験者に反応させた場合よりも反応の無い場合の方が，CNV の大きさはかなり小さく，CNV 特に後期 CNV の発現にとって S_2 に対する反応のあるなしがもっとも重要な要因であるように思われる（Rohrbaugh et al., 1976 ; Gaillard, 1977)。

しかし，最近我々（Nageishi and Shimokochi, 1980）は，CNV が運動よりも，被験者のもつ注意の水準といったものによりよく対応する知見を得ているので，その一部を紹介したい。S_1—S_2—S_3 という実験パラダイムで，投石，今田（1975）が不安研究の実験で用いたものを CNV 実験に応用したものである。

まず，S_3 が50%の試行で提示され，S_3 に対して被験者に反応キィーを押させる反応時間課題をさせた。S_2 の種類によって S_3 の提示あるいは無提示，即ち，反応しなければならないのか，反応しなくてもよいかを予測できる場合と，S_2 によって S_3 の提示があるのか無いのかを予測できない場合の S_2—S_3 の間の CNV の比較を行なった。図6に示したように，一方の条件（Cor 条件）では，S_1 の後に提示される2種の S_2（AとB）が S_3 の提示，無提示と関連しており，S_2 がAの時には S_3 が提示され，S_2 がBの時には S_3 が提示されず，S_2 のABによって S_3 の有無を予測できるようにした。Un 条件では，S_2 のABと S_3 の提示，無提示が関連しておらず，S_2 のABそれぞれの50%の試行で S_3 が提示され，S_2 によって S_3 の有無が予測できないようにした。言い換えると，Cor 条件の S_2 がAの時には1.0 の確率で S_3 が提示され，Bの時には 0.0 の確率で提示され，Un 条件では S_2 のAB如何にかかわらず0.5の確率で S_3 が提示された。その結果として，CNV が筋運動に対する用意としてだけ生ずるのであれば，S_3 の前のCNV の大きさは，Cor—A>Un—A, B>

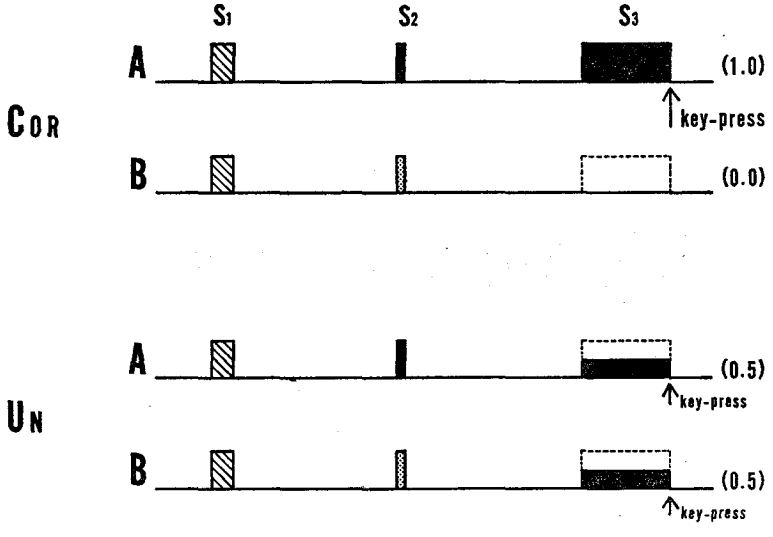

図6 Cor 条件と Un 条件の実験パラダイム。Cor 条件では S_2 の種類（AB）により S_3 の有無が対応しているが，Un 条件では S_2 の種類と S_3 の有無は対応していない。S_1-S_2 と S_2-S_3 の時間間隔は1.0秒で，S_3 は被験者のキィー押しにより終結する。カッコ内の数字は，そのタイプの試行での S_2 が提示された時の S_3 の提示される確率を示している。AとBは S_2 の刺激の種類を示している。Un 条件では，AB の試行ともその半数の試行で S_3 が提示され，被験者に反応が要求される。(Nageishi and Shimokochi, 1980)。

Cor—B の順になるであろうと仮定できる。他方，CNVが，キィー押し反応をすべきかすべきでないかという被験者にとって重要な情報を持つ刺激（S_3）の提示に対する注意にだけ対応するものであれば，CNV の大きさは Un—A, B＞Cor—A＝Cor—B となるであろう。S_1—S_2 と S_2—S_3 の時間間隔を各 1.0 秒とし，S_1 には 100 ミリ秒間の発光ダイオードの点灯，S_2のＡＢには被験者の左右に置いたスピーカーそれぞれよりクリック音を提示した。S_3 はカウンターが10ミリ秒毎に 0 から数字を数えていき，被験者のキィー押し反応により停止することとした。図 7 は典形的な 2 人の被験者の P_z での記録（時定数 1.5 秒）であるが，Cor 条件の内 S_2 がＡで，S_3 提示—反応と続く場合と，S_2 がＢで S_3 の提示も反応も無い場合，及び Un 条件でも S_2 のＡＢによって分けて求めた ERP の波形を示した。図 7 を見ると，S_3 の直前の CNV の大きさは明らかに，Un—A, B＞Cor—A＞Cor—B の順となっている。

この結果は明らかに，CNVが運動の用意よりも，被験者の情報的刺激（informative stimuli）に対する注意により大きく対応していることを示している。Gaillard（1977）は，S_1 刺激の種類によって S_2 の提示確率を変えて実験を行ない，前頭部（F_z）での結果は我々と一致しているのが，彼の図（Gaillard, 1977, Fig. 2）より伺える。我々の実験では問題となる S_3 の刺激として視覚刺激を用いており，図 8 に示した頭頂部（P_z）において Un 条件と Cor 条件のＡとの差がもっとも大きかった。Gaillard の実験では問題となる S_2 に聴覚刺激を用いており，情報的刺激のモダリティによって，その刺激に対する注意と考えられる CNV の頭皮上の分布が異なるという事実は，この CNV が被験者の注意と対応したものであると見なすひとつの根拠と考えられる。また我々の実験では，カウンターの数字が動き出すことを反応すべき刺激（S_3）として用いたが，これは単に音刺激を提示する場合よりも被験者の注意が必要であるために，視覚的注意に対応した明確な結果が得られたものと思われる。また，この結果が，Mountcastle ら（1975）が見い出したサルの頭頂連合野での注視ニューロンの存在と良く一致していることは興味深いことである。

ヒトの選択的注意に関する内因性の ERP として注意関連電位（Hanson and Hillyard, 1980 ; Harter and Previc, 1978 ; Hillyard et al., 1973; 本城等, 1978; 沖田等, 1978）が刺激提示後 70～200 ミリ秒の間に陰性の電位変動として出現することが知られているが，それはあくまでも被験者が選択的に注意を向けているところの物理的特徴を有する刺激を提示した後に，即ち，被験者が注意している時ではなく注意を向けていた刺激が提示された後に生じるものであり，その生理学的意味は特殊なものとなるであろう。我々が見い出した，被験者が注意を向けていると思われる刺激（S_3）の提示の前に生じているこの CNV の変化は，注意という被験者の心理的状態と良く一致しており，ヒトが注意を向けている時の大脳皮質連合野の興奮性の上昇として，今後生理学的解析を可能とするものであると思われる。

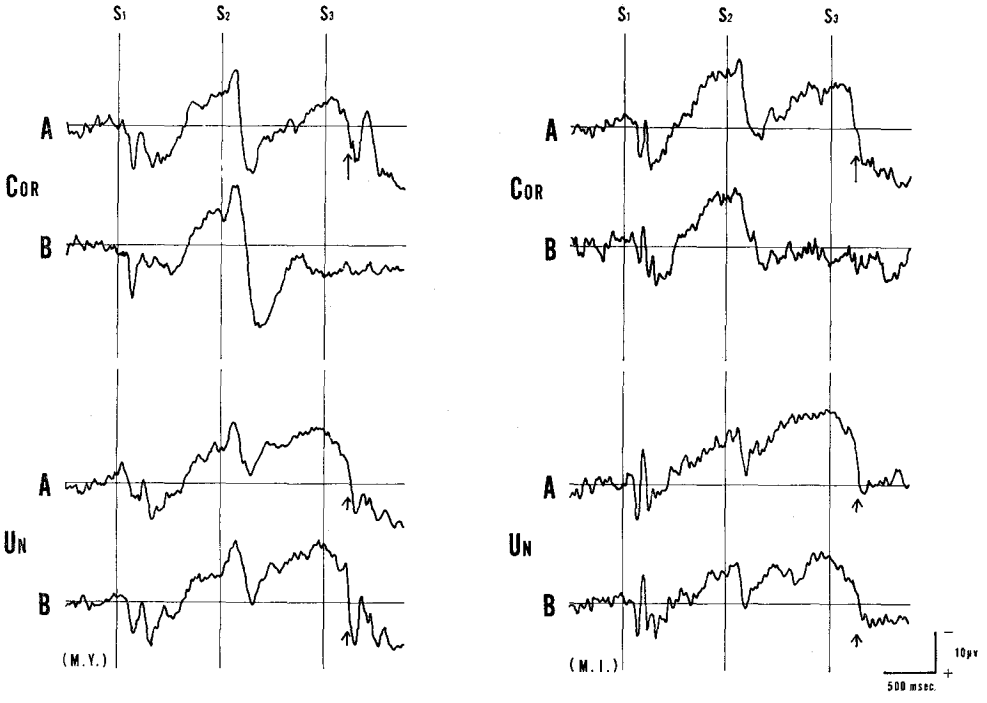

図7　2人の被験者(M. Y.)と(M. I.)の各条件における ERP 波形を示す。両耳朶連結を基準とした P_Z の記録で，S_1 の前 500 ミリ秒から S_3 後 776.8 ミリ秒までを示している。S_1 と S_2 と S_3 の提示時点はそれぞれ縦の実線で示し，各被験者のキィー押し反応の時点を矢印で示してある。なお，Un 条件の A, B では S_3 の提示及び S_3 に対する被験者の反応があるのは，加算平均した試行の約半数である (Nageishi and Shimokochi, 1980)。

6.　要約及び結論

ヒトの頭皮上から記録される脳の事象関連電位 (ERP) を，誘発電位，頂点電位，P_{300} と随伴性陰性変動の各成分に分けて考察し，ヒトの情報処理過程との対応という観点から特に ERP の内因性成分の問題について論じてきたが，実験者が被験者に課している課題と ERP

との関係ということよりも，被験者がその実験場面で心理的に何を行なっているのかということと，ERP とを対応させて考察することがきわめて重要であることをまず述べた。更に，順序効果による P_{300} の振幅とその情報処理の結果である反応との関係及び，視覚的注意と対応して得られた陰性変動についても述べた。そして，ヒトにおける ERP と情報処理過程とがある程度対応しており，完全には不可能であるとしても，可能な限り実験者が被験者の心理的事象を統制して実験が行なわれるべきこと，刺激提示前の被験者の予期（CNV）と，刺激提示後のその刺激に対する被験者の情報処理（P_{300}）の両者を，ヒトの情報処理と ERP の関係としてとらえるべきであると考察した。

（注）

1）条件反射学（Pavlov, 1927）的に考察するならば，外因性成分とは，言わば無条件性の反応であり，中枢神経系電気活動の無条件反射であると考えられ，内因性成分とは，何等かの条件反応を行なうために必要とされる，条件刺激の弁別，分析を伴う情報処理過程であると考えられる。

2）この記憶の2過程（STM と LTM）説に対して，Craik and Lockhart（1972）は，情報処理水準の深さ（物理的水準から意味文脈的水準）によって記憶痕跡の持続の程度に違いが生じると考えており，特に転送という概念を認めていないが，上の2過程説の方がより一般的であり，ERP との対応を考えて行くのに便利であるので，本稿では2過程説により考察していく。

3）Nageishi and Imada（1974）は，ラットの古典的条件づけ実験で，通常の条件づけ実験に用いられているような試行間間隔のランダム性では，無条件刺激としての電気ショック自身がしばらくの間次の試行が与えられないことを意味する信号となり，その無条件刺激がラットの恐怖水準を一時的に低下させることを報告しており，ここで問題にしていることとよく一致する事実であると思われる。また，CNV と P 300 が独立である証拠として，Donchin ら(1975) の実験がよく引用されるが，彼等の実験では，予告信号の有無によって CNV の出現が決定されることを示している。Nageishi and Imada の実験では無条件刺激に対して条件刺激が電気ショックの予告信号として先行提示されない場合には，恐怖は事態そのものに条件づけられることを示している。Donchin ら（1975）の実験の予告信号なしの場合には，予告信号が与えられない期間を知らせる背景信号そのものに対して陰性変動が生じている可能性が十分に考えられる。

文　　献

安達敏彦，後藤 平，宇都宮敏男，陳 一清　文視覚刺激による脳波の誘発反応，CNV と Late positive componet（LPC）—文構造との関係—。脳波と筋電図，1978, 6, 26.

Amsel, A. and Roussel, J. Motivational properties of frustration, I. Effect on running response of the addition of frustration to the motivational complex. *Journal of Experimental Psychology*, 1952, 43, 363-368.

Atkinson, R. C. and Shiffrin, R. M. Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence and J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation. Vol. 2*, Academic Press, New York, 1968.

Bancaud, J., Bloch, V. and Paillard, J. Contribution EEG á l'étude des potentiels évoqués shez l'homme au niveau du vertex. *Revue Neurologique*, 1953, 89, 399-418.

Bergamini, L. and Bergamasco, B. *Cortical evoked potentials in man.* Charles C. Thomas, Springfield, Ill., 1967.

Bŭno, W. G., Velluti, R., Handler, P. and Garcia-Aust, E. Neural control of the cochlear input in the wakeful free guinea pig. *Physiology and Behavior*, 1966, 1, 23-25.

Butler, R. A. Effects of changes in stimulus frequency and intensity on habituation of the human vertex potential. *Journal of Acoustic society of America*, 1968, 44, 945-950.

Butler, R. A. The influence of spatial separation of sound sources on the auditory evoked response. *Neuropsychologia*, 1972, 10, 219-225.

Callaway, E. Habituation of averaged evoked potentials in man. In H. V. S. Peeke and M. J. Herz (Eds.), *Habituation, Vol. II.* Academic Press, New York, 1973.

陳 一清，久野義徳，宇都宮敏男，後藤 平，安達敏彦 文視覚刺激による脳波の誘発反応 CNV と LPC—漢字かな混り文とかな文による違い—。脳波と筋電図，1978，6，26.

Church, M. W., Johnson, L. C. and Seales, D. M. Evoked K-complexes and cardiovascular responses to spindle-synchronous and spindle-asynchronous stimulus clicks during NREM sleep. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1978, 45, 443-453.

Cigánek, L. The EEG response (evoked potential) to light stimulus in man. *Electroencephalography and Clinical Neurolophysiogy*, 1961, 13, 165-172.

Craik, F. I. M. and Lockhart, R. S. Levels of processing ; A frame work for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, 11, 671-684.

Davis, H., Davis, P. A., Loomis, A. L., Harrey, N. and Hobart, G. A. Electrical reactions of the brain to audiory stimulation during sleep. *Journal of Neurophysiology*, 1939, 2, 500-514.

Davis, H., Mast, T., Yoshie, N. and Zerlin, S. The slow response of the human cortex to auditory stimuli : Recovery process. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1966, 21, 105-113.

Davis, H., Osterhammel, P. A., Wier, C. C. and Gjerdingen, D. B. Slow vertex potentials : interactions among auditory, tactile, electric and visual stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1972, 33, 537-545.

Davis, P. A. Effects of acoustic stimuli on the waking human brain. *Journal of Neurophysiology*, 1939, 2, 494-499.

Deecke, L., Scheid, P. and Kornhuber, H. H. Distribution of readiness potential, pre-motion positivity, and motor potential of the human cerebral cortex preceding voluntary finger movements. *Experimental Brain Research*, 1969, 7, 158-168.

Desmedt, J. E. (Ed.), *Visual evoked potentials in man: New developments.* Clarendon Press, Oxford, 1977.

Desmedt, J. E., Debecker, J. and Robertson, D. Serial preceptual processing and the neural basis of changes in event-related potentials components and slow potential shifts. In J. E. Desmedt (Ed.), *Progress in clinical neurophysiology, vol.* **6**,*Cognitive components in cerebral event-related poteentials and selective attention.* Karger, Basel, 1979.

Donald, M.W. Limits on current theories of transient evoked potentials. In J. E. Desmedt (Ed.), *Progress of clinical neurophysiology, Vol.* **6**, *Cognitive components in cerebral event-related potentials and selective attention.* Karger, Basel, 1979.

Donchin, E. Event-related brain potentials: A tool in the study of human information processing. In H. Begleiter (Ed.), *Evoked brain potentials and behavior*, Plenum Press, New York, 1979.

Donchin, E., Cerbrandt, L. A., Leifer, L. and Tucker, L. Is the contingent negative variation contingent on a motor response ? *Psychophysiology*, 1972, 9, 178-188.

Donchin, E., Tueting, P., Ritter, W., Kutas, M. and Heffley, E. On the independence of the CNV and the P300 components of the human averaged evoked potential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1975, 38, 449-461.

Donchin, E., Ritter, W. and McCallum, W. C. Cognitive Psychophysiology: The endogenous components of the ERP. In E. Callaway, P. Tueting and S.H. Koslow (Eds.), *Event-related brain potentials in man.* Academic Press, New York, 1978.

Duncan-Johnson,C. C. and Donchin, E. On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, 1977, 14, 456-467.

Friedman, D., Hakerem, G., Sutton, S. and Fleiss, J. L. Effect of stimulus uncertainty on the pupiloary dilation response and the vertex evoked potential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.* 1973, 34, 475-484.

Gaillard, A. W. K. The late CNV wave; preparation versus expectancy. *Psychophysiology*, 1977, 14, 563-568.

Gjerdingen, D. E. and Tomsic, R. Recovery functions of human cortical potentials evoked by tones, shocks, vibration, and flashes. *Psychonomic Secience*, 1970, 19, 228-229.

Glenn, J. F. and Oatman, L. C. Effects of visual attention on the latency of auditory evoked potentials. *Experimental Neurology*, 1977, 57, 34-40.

Goff, W. R., Allison, T., Lyons, W., Fisher, T. C. and Conte, R. Origins of short latency auditory evoked potentials in man. In J.E. Desmedt (Ed.), *Progress in clinical neurophysiology, Vol.* **2**, *Aduitory evoked potentials in man.* Psychopharmacology correlates of evoked potentials. Karger, Basel, 1977.

Goff, W. R., Allison, T. and Vaughan, H. G., Jr. The functional neuroanatomy of event-related potentials. In E. Callaway, P. Tueting and S. H. Koslow (Eds..), *Event-related brain potentials in man.* Academic Press, New York, 1978.

後藤　平，安達敏彦，宇都宮敏男,「かな」単語の意味異同判断に伴う脳波の視覚誘発反応 Late positive component (LPC)。脳波と筋電図，1979, 7, 41.

Hansen, J. C. and Hillyard, S. A. Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 1980, 49, 277–290.

Harter, M. R. and Previc, F. H. Size-specific information channels and selective attention: visual evoked potential and behavioral measures. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 1978, 45, 628–640.

Harter, M. R., Towle, V. L. and Musso, M. F. Size specificity and interocular suppression: monocular evoked potentials and reaction times. *Vision Research,* 1976, 16, 1111–1118.

Hay, I. S. and Davis, H. Slow cortical evoked potentials: Interaction of auditory, vibro-tactile add shock stimuli. *Audiology,* 1971, 10, 9–17.

Hernández-Peon, R. Physiological mechanisms in attention. In R. W. Russell (Ed.), *Frontiers in physiological psychology.* Academic Press, New York, 1966.

Hillyard, S. A., Hink, R. F., Schwent, V. L. and Picton, T. W. Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science,* 1973, 182, 177–180.

Hillyard, S. A. and Picton, T. W. Event-related brain potentials and selective information processing in man. In J. E. Desmedt (Ed.), *Progress in clinical neurophysiology, Vol.* **6**, *Cognitive components in cerebral ERPs and selective attention.* Karger, Basel, 1979.

Hillyard, S. A., Picton, T. W. and Regan, D. Sensation, perception, and attention : Analysis using ERPs. In E. Callaway, P. Tueting and S. H. Koslow (Eds.), *Event-related brain potentials in man.* Academic Press, New York, 1978.

本城由美子，沖田庸嵩，小西賢三，稲森義雄　聴覚誘発電位と Selective Listening. 日本心理学会第 42 回大会発表論文集，1978, 112–113.

Irwin, D. A., Knott, J. R., McAdam, D. W. and Rebert, C. S. Motivational determinants of the "Contingent Negative Variation." *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 1966, 21, 538–543.

John, E. R., Bartlett, F., Shimokochi, M. and Kleinman, D. Neural readout from memory. *Journal of Neurophysiology,* 1973, 36, 893–924.

John, E. R., Shimokochi, M. and Bartlett, F., Neural read out from memory during generalization. *Science,* 1969, 164, 1519–1521.

Johnson, R., Jr. and Donchin, E. P 300 and stimulus categorization: Two plus one is not so different from one plus one. *Psychophysiology,* 1980, 17, 167–178.

Karlin, L. Cognition, preparation and sensory-evoked potentials. *Psychological Bulletion,* 1970, 73, 122–136.

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.

Kornhuber, H. H. und Deecke, L. Hirnpotentialanderungen bei Will-kurbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pflugers Archiv fur die gesamte Phsiologie des Menschen Und der Tiere,* 1965, 184, 1–17.

Libet, B., Alberts, W. W., Wright, Jr. E. W. and Feinstein, B. Responses of human somatosensory cortex to stimuli below threshold for conscious sensation. *Science,* 1967, 156, 1597–1600.

Loveless, N. E. and Sanford, A. J. Slow potential correlates of preparatory set. *Biological Psychology,* 1974, 1, 303–314.

Lukas, J. H. Human auditory attention: The olivocochlear bundle may function as a peripheral filter. *Psychophysiology,* 1980, 17, 444–452.

McCallum, W. C. Brain slow wave potential changes and motor response in a vigilance situation. In

W. C. McCallum and J. R. Knott (Eds.), *The responsive brain,* John Wright and Sons, Bristol, 1976.

McCallum, W. C. Cognitive aspects of slow potential changes. In J. E. Desmedt (Ed.), *Progress in clinical neurophysiology, Vol.* **6**, *Cognitive components in cerebral event-related potentials and selective attention,* Karger, Bsael, 1979.

Mendel, M. I. and Goldstein, R. Early components of the averaged electroencephalic response to constant level clicks during all-night sleep. *Journal of Speech and Hearing Research,* 1971, 14, 829–840.

Millenson, J. R. Probability of response and probability of reinforcement in a response-defined analogue of an interval schedule. *Journal of The Experimental Analysis of Behavior,* 1966, 9. 87–94.

Mountcastle, V. B., Lynch, J. C., Georgopoulos, A., Sakata, H. and Acuna, C. Posterior parietal association cortex of the monkey: Command functions for operations within extrapersonal space. *Journal of Neurophysiology,* 1975, 38, 871–908.

Musso, M. R. and Harter, M .R. Visually evoked potentials and selective masking with patterned flashes of different spatial fratial frequencies. *Vision Reserch,* 1975, 15, 231–238.

Näätänen, R. Selective attention and evoked potentials in humans-A critical review. *Biological Psychology,* 1975. 2. 237–307.

Näätänen, R. and Merisalo, A. Expectancy and preparation in simple reaction time. In. S. Dornic (Ed.), *Attention and performance VI.* Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1977.

Nageishi, Y. and Imada, H. Suppression of licking behavior in rats as a function of predictability of shock and probability of conditioned-stimulus-shock pairings. *Journal of Comparative and Physiological Psychology,* 1974, 87, 1165–1173.

投石保広，今田　寛　条件制抑制実験５　継時複合条件づけに於けるUS生起予測率の効果　日本心理学会第39回大会発表論文集，1975, 247.

Nageishi, Y. and Shimokochi, M. Reexamination of Contingent Negative Variation. 1980. (in preparation)

Nageishi, Y. and Shimokochi, M. Event related potentials are varied with the contents of Short-Term-Memory. *The bulletin of Human Sciences of Osaka University,* 1980, 6, 80–99.

投石保広，下河内　稔　事象関連電位（ERP）の順序効果　日本心理学会第44回大会発表論文集，1980, 102.

Norman, D. A. Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review,* 1968, 75, 522–536.

Oatman, L. C. Role of visual attention on aduitory evoked potentials in unanesthetized cats. *Experimental Neurology,* 1971, 32, 341–356.

Oatman, L. C. Effect of visual attention on the intensity of auditory evoked potentials. *Experimental Neurology,* 1976, 51, 41–53.

Öhman, A. and Lader, M. Selective attention and "Habituation" of the auditory averaged evoked response in humans. *Physiology and Behavior,* 1972, 8, 79–85.

沖田庸嵩，小西賢三，稲森義雄，稲森理江子　注意転換と誘発電位Ⅲ　移動音像への選択的注意　日本心理学会第42回大会発表論文集，1978, 114–115.

Pavlov, L. P. *Conditioned Reflexes.* Oxford University Press, London, 1927.

Peters, J. F., Billinger, T. W. and Knott, J. R. Event related potentials of brain (CNV and P 300) in a paired associate learning paradigm. *Psychophysiology,* 1977, 14, 579–585.

Pfautz, P. L. and Wagner, A. R. Transient variations in responding to Pavlovian conditioned stimuli have implications for the mechanisms of "priming". *Animal Learning and Behavior.* 1976, 4, 107–112.

Picton, T. W., Campbell, K. B., Baribeau-Braun, J. and Proulx, G. B. The neurophysiology of human attention: A tutorial review. In J. Requin (Ed.), *Attention and perofrmance VII.* Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1978.

Picton, T. W. and Hillyard, S. A. Human auditory evoked potentials. II. Effects of attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 1974, 36, 191–200.

Picton, T. W., Hillyard, S. A., Galambos, R. and Schiff, M. Human auditory attention: A central or peripheral process ? *Science,* 1971, 171, 351–353.

Picton, T. W., Hillyard, S. A., Krausz, H. I. and Galambos, R. Human auditory evoked potentials. I. Evaluation of components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 1974, 36, 179–190.

Rasmussen, G. L. Efferent fibers of the cochlear nerve and cochlear nucleus. In G. L. Rasmussen and W. F. Windle (Eds.), *Neural mechanisms of the auditory and vestibular systems*. Thomas, Springfield, Ill., 1960.

Rasmussen, G. L. Anatomic relationships of the ascending and descending auditory systems. In W. S. Fields and B. R. Alford (Eds.), *Neurological aspects of auditory and vestibular disorders*. Thomas, Springfield, Ill., 1964.

Rohrbaugh, J. W., Syndulko, K. and Lindsley, D. B. Brain wave components of the contingent negative variation in humans. *Science*, 1976, 191, 1055–1057.

Rohrbaugh, J. W., Syndulko, K. and Lindsley, D. B. Cortical slow negative waves following non-paired stimuli: Effects of task factors. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1978, 45, 551–567.

Roth, M., Shaw, J. and Green, J. The form, voltage distribution and physiological significance of the K-complex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1956, 8, 385–402.

Rothman, H. H., Davis, H. and Hay, I. S. Slow evoked cortical potentials and temporal features of stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1970, 29, 225–232.

Ruchkin, D. S. and Sutton, S. Visual evoked and emitted potentials and stimulus significance. Bulletin of Psychonomic Society, 1973, 2, 144–146.

Ruchkin, D. S. and Sutton, S. Emitted P300 potentials and temporal uncertainty. *Eletcroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1978, 45, 268–277.

Squires, K. C., Donchin, E., Herning, R. I. and McCarthy, G. On the influence of task relevance and stimulus probability on event-related-potential components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1977a, 42, 1–14.

Squires, K. C., Petuchowski, S., Wickens, C. and Donchin, E. The effects of stimulus sequence on event related potentials: A comparison of visual and auditory sequences. *Perception and Psychophysics*, 1977b 22, 31–40.

Squires, K. C., Hillyard, S. A. and Lindsay, P. H. Vertex potentials evoked during auditory signal detection: Relation to decision criteria. *Perception and Psychophysics*, 1973, 14, 265–272.

Squires, K. C., Squires, N. K. and Hillyard, S. A. Vertex potentials in a rating scale detection task : Relation to signal probability. *Behavioral Biology*, 1975, 13, 21–34.

Squires, K. C., Wickens, C., Squires, N. K. and Donchin, E. The effect of stimulus sequence on the waveform of the cortical event-related potential. *Science*, 1976, 193, 1142–1146.

Squires, N. K., Squires, K. C. and Hillyard, S. A. Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1975, 38, 387–401.

Stuss, D. T. and Picton, T. W. Neurophysiological correlates of human concept formation. *Behavioral Biology*, 1978, 23, 135–162.

Sutton, S. P300…Thirteen years Later. In H. Begleiter (Ed.), *Evoked Brain potentials and behavior*. New York, Plemum Press, 1979.

Sutton, S., Braren, M., Zubin, J. and John, E. R. Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 1965, 150, 1187–1188.

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

高松俊朗　睡眠段階に伴う Short-Term Habituation の変化―　聴覚誘発電位を指標にして―　昭和54年度　大阪大学人間科学部卒業論文，1980.

Tueting, P. Event-related potentials, cognitive events, and information processing. In Otto(Ed.), *New perspectives in event-related potential (ERP) research*. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1979.

Tueting, P., Sutton, S. and Zubin, J. Quantitative evoked potential correlates of the probability of events. *Psychophysiology*, 1971, 7, 385–394.

Vaughan, Jr. H. G. The relationship of brain activity to scalp recordings of event-related potentials. In E. Donchin and D.B. Lindsley (Eds.), *Average evoked potentials: methods, results, and evaluations*. NASA SP-191. Government Printing Office, Washington, D. C., 1969.

Wagner, A. R. Priming in STM: An information-processing mechanism for selfgenerated or retrieval-generated depression in performance. In T. J. Tighe and R. N. Leaton (Eds.), *Habituation: Perspectives from child development, animal behavior and neurophysiology*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1976.

Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C. and Winter, A. L. Contingent negative variation: An electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 1964, 203, 380–384.

Wastell, D. G. and Kleinman, D. Fast Habituation of the late components of the visual evoked potential in man. *Physiology and Behavior*, 1980, 25, 93–97.

Waugh, N. C. and Norman, D. A. Primary memory. *Psychological Review*, 1965, 72 89–104.

Weitzman, E. D. and Kremen, H. Auditory evoked responses during different stage of sleep in man. *Electroencephalographhy and Clinical Neurophysiology*, 1965, 18, 65–70.

BRAIN EVENT-RELATED POTENTIALS AND HUMAN INFORMATION PROCESSING

Yasuhiro NAGEISHI and Minoru SHIMOKOCHI

In this paper, we discussed whether the brain electrical activity recorded from the human scalp could inform us about its own business, especially about its information processing. Many researchers in the field of neurophysiology and physiological psychology have recorded evoked or elicited brain potentials of small amplitude by a sensory, motor or cognitive event using a computer averaging technique. For averaging these potentials, the stimuli were presented repetitively to a human subject and/or the tasks performed repetitvely by him in a laboratory.

The whole class of these cerebral potentials was termed Event-Related Potential(ERP) and was divided into the following five components. *Evoked Potentials* were obligatory responses of the brain evoked by sensory stimuli and were affected significantly by the physical parameters of the sensory stimuli. Since they occurred no matter whether the subjects attended to the stimuli or not, and were awake or sleep, they might be considered to be exogeneous responses. *Vertex Potential*, which was largest at vertex, consisted of a negative peak at the latency of about 100m sec. and a following positive peak of about 200 msec.. It could be elicted equivalently by any sensory modality, but in particular it diminished in amplitude through the repetitive presentation of the same stimulus with a short interstimulus interval. *Late Potential Complex* at longer latency was endogenous, non-obligatory responses. It could be elicited in association with the performance of a stimulus-related cognitive task or stimulus discrimination. The most characteristic component of these potentials was P 300. The term of P 300 was derived from positive component at the latency of about 300 msec. and could be invoked by a non-occurrence of an expected or task-relevant stimulus. *Motor Potentials* were the potentials preceding and accompanying a voluntary movement. *Contingent Negative Variation* was the associative shift of the brain DC potentials with expectancy or preparation of a subject. For example, it was elicited during the foreperiod of a reaction time task.

In our discussion, these exogeneous and endogenous components of ERPs were attempted to correspond to the human information processing model which was generally acceptable in psychological field. Then, for the consideration of endogenous components, we emphasized that we had to be more careful with the tasks to which a subject was exposed himself in the experimental situation rather than with the task to which experimenter instructed to the subject. Finally, we proposed the two hypotheses in connection with this attempt

from the results of the recent experiments in our laboratory. First, the P 300 component might be the brain activty resposible for the information processing of a presented stimulus when it was primed into short-term memory. Second, the CNV recorded at Pz partially reflected motor-preparatory set, but it also might be responsible for a human visual-attention process to a considerable extent.