

環境内に埋め込まれた構造に対する情報処理心理学的アプローチの可能性 事象関連電位を用いた標的出現の予測可能性に関する研究

田村 卓哉

Possibility of Approach from Information Processing Psychology to Implicitly Embedded Environmental Structures: An Event-Related Potentials Study on Predictability of Target Events Occurrence*

Takuya TAMURA **

Abstract

Many previous studies have reported that latencies and/or amplitudes of late components of Event-Related Brain Potentials (ERPs) are influenced by various psychological parameters. In this study the relationship between those components and target predictability was investigated using the Pseudo-Oddball paradigm. Subjects were asked to look at fifteen digits sequentially and to report the total sum after that. Most of the digits were “ 0 ”s (i.e. non-targets) Two or three targets (“ 1 ” to “ 9 ”) were presented according to three types of schedules, which were varied in regularity or predictability. As its regularity decreased, the amplitude of the frontal negative slow wave to the first target increased, whereas there were no effects on the centro-parietal positive components (P3s) . These negative components cannot easily be identified with the Contingent Negative Variation in terms of scalp distribution and so on. They seem to be affected by multiple factors such as predictability of the eliciting targets and the following targets.

問 題

1940年代後半より、背景脳波の中から感覚刺激の到来に呼応して特異的に誘発される脳波成分を抽出する技法が考案され、特に1960年代半ば以降、ヒトの認知的情報処理過程に関する精神生理学的な研究が飛躍的に進んだ。物理的刺激によって末梢の感覚器官に生じた興奮が求心性神経を伝わり、さらに脳内で複雑な反応の連鎖を引き起こしていく過程が、ミリ秒単位の時間経過に沿って、ある程度の空間分解能をもって追跡できるようになったのである。概念的にも、呼称のレベルでも、必ずしも区別が明確とは言い切れないが、感覚刺激の物理的属性のみによってその反応が説明できる脳波上の反応を誘発電位と呼び、刺激を受け取る生体の側の心理的要素を考慮

* 本研究の一部は、日本心理学会第64回大会（2000、京都大学）他において発表した。

** 北見工業大学工学部共通講座（人間科学）助教授

しないと説明がつかない反応を事象関連電位 (Event-Related Potentials: ERPs) と呼ぶ習慣は、ほぼ確立している。事象関連電位の反応に照応すると考えられる心理学の変数は多数挙げられているが、事象関連電位の現象理解に心理学的概念を適用することと事象関連電位の分析が心理学的概念の豊饒化や変容に資することの間には、いまだ有機的連関や互恵性が確立しているとは言い難い面もある。しかし、とりわけヒトの高次な知的営みに関心を持つ認知心理学に対して、精神生理学ないしは生理心理学が寄与できる局面は少なくない(例えば、片山順一・八木昭宏(1985)、北島(1995))。本報告では、比較的短い時間の中で生じる刺戟系列中に時折現れる被験者にとってsignificantな事象の出現規則が、その人の刺戟処理に対してどのような影響を及ぼすのか、事象関連電位の後期成分の振る舞いの分析を通じて検討する。多様な刺戟事象の中で生体が生存していく上で、環境適応上重要な出来事について、その起こり方に関するルールを経験的に獲得・蓄積していくことは、その情報処理系の負荷を軽減するのみならず、適切な対処を事前に用意することを可能にすると考えられる。その意味で、ヒトに限らず、比較的複雑な神経系を持つ生活体にとって、過去の経験を蓄積していく仕組みは、その作動が意図的かどうか、あるいは覚知されるかどうかに関わらず、決定的に重要な役割を果たしているのである。***

事象関連電位の後期成分の一部については、かつて田村(1989)においても論及したことがあ

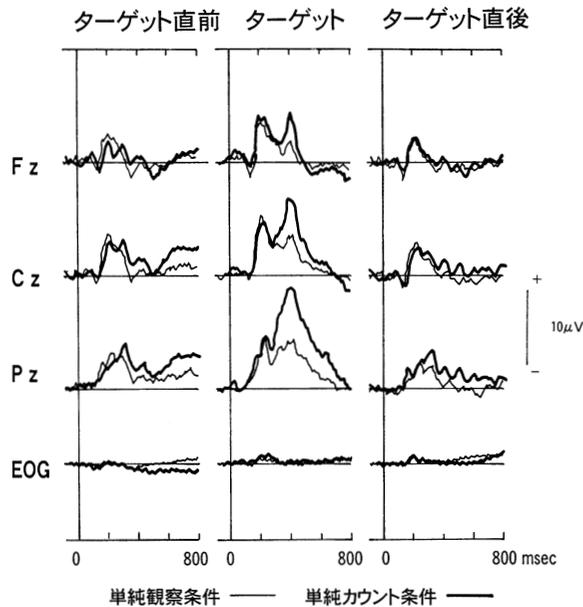


図1 単純観察条件と単純カウント条件における被験者9名の総加算平均事象関連電位

細い実線は刺戟列をただ観察する場合。太い実線は刺戟列中、低頻度で不規則に呈示されるターゲット刺戟の個数を数え、系列呈示終了後にその総数の報告を求めた場合。ターゲット刺戟に対する波形と、その直前直後の非標的刺戟呈示試行における波形を示した。いずれも加算回数40回。刺戟提示前180msecから提示後800msecまでのデータ。上方陽性。各チャンネルの基線間は、15µV。

*** 例示には事欠かないが、例えば、複数の刺戟が何度も呈示され、被験者がその刺戟別に異なる反応を要求される場合、刺戟呈示の順序がある長さ単位として繰り返されると、被験者自身は気づいたり、繰り返しのパターンを明示できなくとも、各刺戟に対する反応時間は徐々に早くなっていく「潜在的系列学習」などを例に挙げることが出来る。例えば、水原・石田(1988)を参照。

るが、ここでは1つの例として、今回報告する実験のうち、統制条件に相当する実験の結果を図1に示した。実験に参加した被験者は9名の健常大学生であり、各被験者別の結果を総合した総加算平均事象関連電位の波形が図に示されている。用いられた刺戟は数字であり、約2秒ごとに1つの文字がコンピュータ・ディスプレイ上に視覚的に呈示される。刺戟の大半は“0”(ゼロ)であり、約17%の確率で“0”以外の数字が時折呈示される。これら“0”以外の数字だけが、低頻度で出現するために目立つ上、条件によっては心理的課題の遂行に直接関係するため、図の中では、この“0”以外の数字をターゲットと呼んでいる。図の中央の列は、これらターゲットに対するERP、その左右は、それぞれターゲット直前と直後に呈示された“0”に対する反応のみを抜き出して計算したERP波形である。頭皮上の記録部位は3箇所、図の上段から、前頭部正中線上(Fz)、同中心部(Cz)、ならびに同頭頂部(Pz)から記録したデータであり、いずれも40試行以上のデータを加算平均した結果である。最下段は、脳波記録にとって最大のアーティファクト(雑音)の1つである眼球運動をモニターした結果である。図の縦線は刺戟のonset時点を示し、各数字刺戟は180msec間呈示されている。図中の波形は、基準となる耳朶電極に対して陽性の電位を上向きに表し、各チャンネルの基線間の電圧は15 μ Vである。図中の細い実線は、被験者に対して特別な心理的作業を課さず、各刺戟をよく見ているように指示した場合の波形。それに対して、太い実線は、多数呈示される数字のうち、“0”以外の数字がいくつか出てきたか、その個数を数えておいて系列終了後に報告するよう求める、いわゆる標準的なoddball課題を課した場合の反応である。

図からも明らかとなり、すべての数字に対してただ観察のみを求めた場合と、ターゲット数字の個数を数えておくよう要求した場合には、ターゲット刺戟に対する波形が大きく異なる。特に、Pzにおいて明瞭であるが、カウント条件では、ターゲット刺戟に対して頂点潜時約420msecの大きな陽性電位が生じ、この電位変化は刺戟呈示後200msecを過ぎた時点からすでに単純カウント条件と差が生じはじめ、表示区間の最後である潜時800msec付近まで続いているように見える。これは、いわゆるP300(P3b)と呼ばれる成分で、現在被験者が課せられている課題に直接関係する刺戟が、比較的低い出現確率で呈示された場合に、典型的に誘発される(Pritchard, (1981))。

しかし、これらの波形を細かく見ていくと、その他にもいくつかの特徴が存在することが分かる。例えば、特別な課題を課していない単純カウント条件における波形(細実線)でも、ターゲット直前・直後の波形とターゲット刺戟に対する波形ではその形状が異なり、ターゲット刺戟は、数多く呈示される“0”とは異なる処理を受けていることが推測される。まず、ターゲット刺戟に対しては、潜時約200msecのP2成分が大きくなることから注意が喚起されたことが推測される上、それに引き続き、振幅は小さいものの、P300成分も認められる。また、やや不明瞭ではあるが、CzやPzにおいて、そのP300成分が2峰に分かれ、潜時約320msec付近にピークを持つ陽性成分が認められる。これは、P3aもしくは“novelty P3”と呼ばれる成分と思われる。この成分は、呈示されている刺戟系列中に、遂行中の作業課題には直接関係しなくとも、何らかの次元で逸脱を伴う刺戟が低頻度で出現した場合に観察され、受動的に誘発される一種の定位反応と考えられている(Squires et al. (1975))。また、ターゲット刺戟前後の非ターゲット刺戟に関しても、両者の波形にはいくつかの相違が認められ、その間に呈示されたターゲット刺戟の存在が、双方の受け取り方に影響していることが推測される(あくまでも1つの例に過ぎないが、ターゲット直後の波形にはアルファ波の混入が認められる。課題条件に限らず、ターゲット提示後に大きなアルファ波が誘発されたことを示唆する)。単純観察条件において、被験者がどのような態度をとっ

たかを知ることはできないが、呈示する刺戟に対して特別な課題を課していなくとも、その刺戟列の構造は、各刺戟に対する被験者の反応に影響するし、さらにターゲット数のカウントという一部の刺戟のみに特定の課題を付加すれば、いっそう特異的な反応が生じることが分かる。断続的に呈示される刺戟列が有する刺戟内容やその順序に関する構造と、それらを受け取る生体の側が持つ志向性が、1つの刺戟に対する反応の中で、複雑な連鎖を生むのである。

このように、多数の刺戟が連続して呈示される状況において、一部の刺戟だけが他の刺戟とは異なる物理的属性を有する場合、その逸脱刺戟が誘発する事象関連電位上には、時系列に沿って数多くの変化が見られる。誤解を恐れずにごく単純化すれば、反応の初期には、感覚刺戟自体の物理的エネルギーに規定される反応に加えて、主体の側の注意や興味のあり方に左右される比較的末梢に近いレベルの選択機構の活動と同時に、それらとは独立に駆動される自動的な差異検出機構の作用と考えられる成分が多いのに対して、後半になるほど、被験者が課せられている課題との関係に規定される刺戟評価の要素が強くなる。今回の実験例で示した結果においても、P300（とりわけ頭頂部優位のP3b）は後者を代表する成分であり、比較的容易に誘発可能な上、大きな振幅を持つため、非常に多数の研究で取り上げられてきた。そのため、P300成分の潜時や振幅に影響する要因についての指摘も汗牛充棟の感はあるが、これまた誤解を恐れずにごく単純化すれば、出現する時間間隔・出現確率・先行する他の刺戟の履歴等によって形成される認知的な文脈、当該刺戟自体から得なければならない課題要請的な情報、そしてそれに基づく認知的な（運動的ではない）作業の性質等が、少なくとも影響することは間違いない。

本実験では、それらの要因のうち、刺戟列の構造内に配置される標的刺戟の規則性に焦点を当てる。そのため、標的刺戟の出現確率は条件間で同一とする。通常のoddball課題では、刺戟系列が100試行以上にわたることが一般的であり、たとえその中にある確率で標的となる刺戟を配置したとしても、各標的刺戟の直前直後の状況により、ある特定の標的刺戟が置かれる文脈は他の標的刺戟とは大きく異なる可能性がある（例えば、Squires et al., (1976)）。そこで、今回の実験では、1試行の刺戟数を15刺戟に限定し、その中に2～3刺戟の標的刺戟を配置し、その配置規則を操作した。その配置が無作為に近くなれば、当然被験者の事前予測は困難になるが、同時に無作為に配置すると各標的刺戟間の呈示間隔、言い換えればその間に挿入される非標的刺戟数も変化するようになる。P300においては、標的刺戟の出現確率自体よりも、標的刺戟の呈示間隔が影響しているとの指摘もあるため（片山 他, (1997)）、第1標的刺戟と第2標的刺戟がそれぞれ独立に変動する条件と、第1標的刺戟の出現位置は試行毎に変化するが、第2標的刺戟は第1標的刺戟に連動して規則的に変化する条件を設定した。これに加えて、最も予測が容易と考えられる第1標的刺戟と第2標的刺戟の両方が固定された位置で呈示される条件を設定して、それらの条件下における標的刺戟によって誘発される事象関連電位の後期成分を比較することとした。

方 法

1. 被験者

被験者は、健常大学生12名（男子9名、女子3名、18～20才）であった。いずれも矯正を含めて視力は正常であり、特別な既往症はなかった。実験への参加に対して謝礼を支払った。

2. 刺戟材料・課題

課題遂行のための刺戟として、1試行につき15文字からなる数字列を、1文字ずつコンピュー

タ・ディスプレイ上に呈示した。各試行の開始から15文字の呈示が終わるまでの期間は、そのの文字の呈示位置に、十字形の凝視点が呈示された。文字は、黒い背景に白線で描かれ、視角度は最大約1.5度であった。1系列中大半の数字は、“0”(ゼロ)であり、2~3文字だけが“1”~“9”のうちのいずれかの数字であった(以下、この“0”以外の数字をターゲット刺戟と呼ぶ)。ゆえに、ターゲット刺戟の出現確率は、約17%であった。各数字刺戟の呈示持続時間は180msec、刺戟間隔は1800msecであった。本試行における被験者の課題は、これらの数字を1つずつ視認した上で、15個の数字が呈示された後に、それらを加算した総和を報告することであった。それゆえ、“0”は、要求された作業には直接関係しないノン・ターゲットとなる。時折、3つ目のターゲットを呈示したのは、すべての試行にわたってターゲット数が2つに決まっていると、被験者が第2ターゲット以降の刺戟に注意しなくなる他、第2ターゲットに対する反応の中に、遂行を求められている加算作業に加え、実質上その刺戟列(1試行)全体に対する処理が終わってしまったことに関わる電位が混入する恐れがあったためである。なお、各試行におけるターゲット刺戟中に同一の数字が反復されることはなかったのに加え、どの試行においても、加算課題の結果としての総和は“20”未満になるよう調整した。

第1・第2ターゲット位置一定条件 (F・F)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Sum
Trial 1	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	?
2	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	T	?
3	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	?
4	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	?
5	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	T	?

第1ターゲット位置変動・介在項目数一定条件 (V・F)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Sum
Trial 1	0	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	?
2	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	T	?
3	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	?
4	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	T	?
5	0	0	T	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	0	?

第1・第2ターゲット位置変動条件 (V・V)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Sum
Trial 1	0	0	0	T	0	0	0	0	0	0	0	T	0	0	T	?
2	0	0	0	0	0	0	T	0	T	0	0	0	0	0	T	?
3	0	0	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	0	0	?
4	0	0	0	0	T	0	0	0	T	0	0	0	0	0	T	?
5	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	T	0	0	0	0	?

図2 3つの実験条件(ターゲット刺戟呈示スケジュール)の模式図

各条件毎に、5試行分の刺戟提示方法を例示したもの。図中の“T”はターゲット(“0”以外の数字)を呈示。各試行、15刺戟提示後に、それらの数を加算した総和の報告を求めた。“0”は加算結果に影響しないので、ノン・ターゲットとなる。

また、統制条件として、特別な課題を課さずに数字列をただ観察する条件と、15試行×3ブロック連続して呈示される数字列の中に、“0”以外の数字がいくつあったか個数を数える課題を行った（標準的なOddball課題に準ずる）。

3. 刺戟系列構造

本試行において呈示されるターゲット刺戟は、1試行15刺戟のうち2～3個であるが、3個目のターゲットを呈示する場合は、常に第15刺戟であった。また、各試行において必ず呈示される第1・第2ターゲットの位置は、以下の3つの条件によって異なった（図2）。なお、これらの呈示スケジュールについては、実験終了時まで、被験者に明示しなかった。

第1・第2ターゲット位置一定条件（以下、FF条件と呼ぶ）

各試行において、第1ターゲットは常に5番目に、第2ターゲットは常に11番目に呈示した。それゆえ、介在項目数も常に5項目であった。時折第3ターゲットが15番目に出現する点は、以下の2条件でも同様である。

第1ターゲット位置変動・介在項目数一定条件（以下、FV条件と呼ぶ）

第1ターゲットは、各試行において出現位置が異なり、3～7番目のうちのいずれかの位置で呈示された。第2ターゲットは、常に5文字の介在項目をはさんで呈示されたため、第1ターゲットの出現位置に連動して変化した。

第1・第2ターゲット位置変動条件（以下、VV条件と呼ぶ）

第1ターゲットは、3～7番目のうちのいずれかの位置で、第2ターゲットは、9～13番目のいずれかの位置で呈示された。それゆえ、2つのターゲット間に呈示される介在項目数は、1～9項目で、各試行によりランダムに変化した。

4. 手続き

実験は、各被験者毎に個別に行われた。各被験者は、電極装着後、電氣的にシールドされた小部屋へ入り、まず特別な課題を与えられずに刺戟系列を観察する統制条件に参加した。引き続き、ターゲット刺戟を加算するのではなく、ターゲット刺戟が全部で何個出現したかを数える単純カウント課題を行った。

その後、上述の3つの刺戟系列構造を用いた本試行を行ったが、各条件は45試行で構成されていた。3つの系列構造条件の試行順序は、被験者間でカウンターバランスされた。

5. 脳波計測

脳波は、国際10-20法に基づき、頭皮上のFz, Cz, Pzの3部位に銀・塩化銀電極を装着し、片側耳朶を基準として、NECメディカルシステムズ製生体用アンプ（1279）で増幅した。他方の耳朶は接地した。増幅器の周波数帯域は、0.08～30Hzに設定した。電極間抵抗は10k以下とした。これらのデータを磁気テープに保存した後（TEAC MR-40）、各刺戟提示前90msecから1024msec間のデータを、サンプリング・レート500HzでA/D変換し、各条件毎に、系列内刺戟位置、刺戟種類別に平均加算し、ERPを抽出した。なお、筋電図や瞬目等の混入により、脳波計測が困難な被験者がいたため、最終的には12人中9人のデータを分析した。以下の報告は、この9名のデータに限定する。

結 果

1. 課題遂行成績

加算課題における誤反応率は、全被験者を通じて2%以下であり、3つの実験条件間に有意な差は認められなかった。また、実験終了後の各被験者の内省報告によると、FF条件において第1ターゲットの出現位置が一定であること (i.e. 第5刺戟)、また各条件に共通して、最終刺戟に第3ターゲットが時折呈示されることの2点に気づいた者はいたが、その他の規則性を指摘した者はいなかった。

2. 事象関連電位

ここでは、各実験条件における第1ターゲットと第2ターゲットに対する事象関連電位の分析のみを行う。本来は、非標的刺戟(“0”)に対するERPや刺戟間に生じているであろう緩電位についても検討すべきであるが、実験計画との関係で、非標的刺戟の呈示位置とそれが被験者にとって持つ心理的意味の対応関係が見やすいのはFF条件のみであり、VF条件やVV条件の非標的刺戟は、試行数を限定したため、刺戟位置と刺戟内容を細かく分類すると、十分な加算回数を得られないためである。同様に各刺戟間の緩電位変動も、1つの試行で15刺戟を呈示するのに30秒ほど必要であったため、瞬目が多発した他、時定数の関係で厳密な検討は困難と判断された。また、

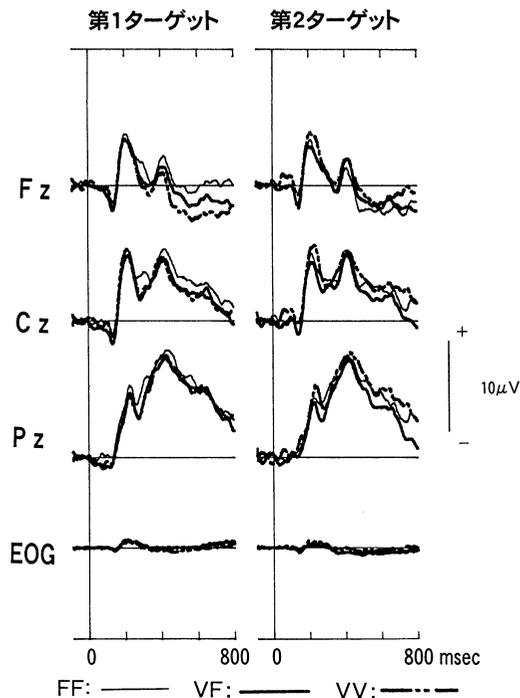


図3 本実験における第1・第2ターゲット刺戟に対する総加算平均事象関連電位

被験者9名のデータを合算した結果。細実線は第1・第2ターゲット位置一定条件 (FF)、太実線は第1ターゲット位置変動・介入項目数一定条件 (VF)、2点鎖線は第1・第2ターゲット位置変動条件 (VV) を示す。刺戟提示前180msecから提示後800msecまでのデータ。上方陽性。各チャンネルの基線間は15µV。

時折呈示した第15刺戟位置の第3ターゲットについても、各試行の約半数にしか呈示しなかったため、加算回数が足りず、分析を断念した。各実験条件において呈示された第1・2ターゲットに対する被験者9名の総加算平均事象関連電位を図3に示した。

図中の左列は、各試行において最初に呈示されたターゲット刺戟、右列は2番目に呈示されたターゲット刺戟に対する事象関連電位である。それぞれ、上段から3部位(Fz, Cz, Pz)の計測結果を表し、同時に左目の上と横から双極導出した眼球運動を載せた。3つの実験条件における結果を重ね書きしてあり、細い実線は第1・第2ターゲット位置一定条件(FF)、太い実線は第1ターゲット位置変動・介入項目数一定条件(VF)、2点鎖線は第1・第2ターゲット位置変動条件(VV)の結果である。また、図では、基準電極である耳朶に対して陽性の電位を上向きに表示し、各刺戟提示前90msecから刺戟提示後800msecまでの区間の波形を記載してある。記録部位にもよるが、全体として、潜時約170msecの陰性成分、同230msecの陽性成分、同250-350msecの陰性成分、同420msecの陽性成分が認められる。さらに、後期陽性成分に引き続き、前頭部においてのみ、潜時450msec以降に、緩徐な陰性電位が誘発された。各成分・電極位置毎に、ターゲット位置(第1 vs. 第2) × 刺戟系列構造(FF vs. VF vs. VV)の2元分散分析を行ったところ、CzのN170成分に対するターゲット位置の主効果($F(1,8)=6.86, p<.05$)とFzにおいてのみ観察される後期陰性緩電位のターゲット位置 × 刺戟系列構造の交互作用($F(2,16)=4.72, p<.025$)のみが有意であった。下位検定によると、CzのN170成分は、刺戟系列構造に関わらず、第1ターゲットに比べて第2ターゲットに対して低振幅であった。Fzにおける後期陰性緩電位は、第2ターゲットに対しては各条件間に差がなかったが、第1ターゲットにおいては、刺戟系列構造の影響を受け、FF条件にくらべてVV条件で有意に高振幅であった。VF条件に対する反応は、FF, VVいずれの条件とも差がなかった。各波形の主要な成分に関する区間平均振幅値を表1に示した。

表1 本実験における第1・第2ターゲット刺戟に対する事象関連電位各成分の区間平均電圧値(単位: μV)

1st Target	FF			VF			VV		
	Fz	Cz	Pz	Fz	Cz	Pz	Fz	Cz	Pz
N120-160	-1.79	-0.90	1.03	-2.13	-1.85	0.07	-1.61	-1.05	0.09
P200-232	5.53	7.80	7.23	4.89	7.03	6.27	4.92	7.63	6.19
P250-300	3.03	5.13	6.63	2.02	3.30	4.95	1.44	3.73	4.90
N340-370	0.29	4.69	9.40	0.24	4.52	9.31	-0.68	4.73	8.58
P400-450	2.82	7.74	11.69	1.78	6.53	10.91	0.71	6.36	11.02
N550-620	-0.68	4.27	8.36	-2.18	3.09	7.63	-3.71	2.69	7.44
2st Target	FF			VF			VV		
	Fz	Cz	Pz	Fz	Cz	Pz	Fz	Cz	Pz
N120-160	-1.89	-0.98	0.90	-1.67	-1.03	0.32	-0.74	0.04	1.46
P200-232	4.75	7.12	5.98	4.15	6.32	5.44	5.62	7.93	6.32
P250-300	2.23	4.99	6.36	2.04	3.71	4.52	2.91	5.10	5.99
N340-370	-0.75	4.43	8.90	-0.63	4.00	8.38	0.34	5.39	9.38
P400-450	1.23	6.85	10.66	2.39	6.74	10.60	2.40	7.48	11.33
N550-620	-2.88	3.81	7.17	-2.41	2.40	5.54	-2.14	3.57	7.26

考 察

本実験においては、3つの刺戟系列構造条件を設定したが、それらは標的刺戟出現の規則性のみが異なり、被験者がその中に現れる数字を加算する課題を行う点は、各条件で共通であった。本実験において得られた事象関連電位の特徴は、以下の3点に要約できる。即ち、Czにおいてのみ、第1ターゲットよりも第2ターゲットにおいて、N170成分の振幅が有意に減少するが、それは刺戟系列構造の条件とは無関係であること。さらに、Fzにおいてのみ、潜時450msec以降に緩徐な陰性電位が生じ、第1ターゲットに対してのみ、その振幅が条件間で異なること。そして最後に、それ以外の諸成分に関しては、条件間の違いが見られなかったことである。

以上の結果の中で、唯一主効果が認められたCzにおける第1ターゲットと第2ターゲットのN170成分の差については、原因が特定できない。課題との関連で考えると、第1ターゲットに対する作業は呈示された数字を記憶するのみだが、第2ターゲットが呈示された後は、一時的に2つの数を覚えて加算作業を行わなければならない。その処理要請から考えれば、大学生の被験者にとって過剰学習された作業とはいえ、第2ターゲット提示後の情報処理の方が比較的複雑なはずである。もし、そのような処理の違いが現れるとすれば、処理要請に関連する陰性電位（例えば、Processing Negativity. Näätänen, (1992)）がより大きく生じ、第2ターゲットに対するN170の方が大きくなっても不思議ではない。しかし、結果は逆で、なおかつCzに限局して生じている上、条件間の差がない。考え得る可能性の1つは、第2ターゲット直前に生じていたであろうCNVの影響である。第1ターゲット提示後は、第2ターゲットが呈示されるまで、標的刺戟を待ち受けることに伴う陰性緩電位が発達するはずであり、その第2ターゲット刺戟が出現したら、陰性緩電位は基線へ向けて大きく復帰する。その過程に影響されて、全体が陽性方向へシフトすることは考えられる。しかし、CNVとその復帰の影響であれば、N170に引き続く陽性成分等にも影響があってしかるべきだし、Czに最大振幅を持つとはいえ、Fz等でも程度の差こそあれ同様の効果が現れるはずである。アーティファクトの可能性は否定できない。

今回、最も興味深いのは、前頭部のみで、しかも第1ターゲットに限って条件間に振幅の差が生じた後期陰性緩電位である。図3を見ると明らかだが、第1ターゲットに対しては、最も事前の予測可能性が高いFF条件においてはほとんど認められず、最も予測が困難と考えられるVV条件において大きく発達している。また、第2ターゲットに対しては、すべての条件で同様に認めることが出来る。この成分は、Rohrbaugh (1984) やRohrbaugh & Gaillard (1983) の命名に従うと、P300に後続する前頭部陰性緩電位のうちの初期成分であるSNW1 であると思われる。この成分を含めて、潜時の遅い緩電位については、Squires et al. (1976) 以来、様々な議論があるが、主成分分析等の手法を用いた分析からも、P300に重畳する形で生じ、P300終息後も長い持続時間を持つため、心理学的な変数との対応づけが難しい面がある。それに加えて、P300との関係においても、様々な実験事態が検討されてきたが、それらの実験的操作が両者に影響を及ぼすと認められる場合といずれか一方にしか影響しない場合が多数存在し、しかもそれらを識別する明確な要素を特定できないことも、事態をいっそう複雑にしている (Ruchkin & Sutton, (1983))。

しかし、本研究の結果は、その中のいくつかの論点に対して、ある程度の方向性を示唆できる可能性がある。まず、今回の結果では、SNW1においてのみ条件間差異が現れ、P300（この実験ではP420）には条件間で差がなかった。ということは、少なくともP300成分とSNW1は独立した反応特性を有していることになる上、SNW1とほぼ同時に出現すると言われる頭頂部に優勢なPositive Slow Waveでも条件間差異がないのであるから、これら2つの成分についても、1つの成分

が頭皮上で極性を変えて出現したものだとする議論を否定できる。また、今回の実験では、被験者にとってsignificantな刺戟の出現予測という点から見ると、第1ターゲットの持つ意味が条件間で異なる。ある程度の試行数を重ねると、FF条件においては、第1ターゲットの出現順位を確実に予想できる被験者が増えてくる。また、必ずしも明示的な事後報告はなされなかったが、第1刺戟後しばらくの間は第2刺戟が呈示されないことは容易に理解されたものと推測される。それに対して、VV条件の場合は、第1ターゲットもいつ出現するか分からないし、第2ターゲットも一定の範囲内ではあるが、すぐに呈示される場合もあれば、なかなか呈示されない場合もある。このような違いがSNW1の振幅の差になって現れたものと考えられるのであるが、興味深いのは、VF条件におけるSNW1の振幅である。もし、SNW1が、第1ターゲット自体が予測可能であったか否かのみに対応して振る舞うのであれば、その振幅はVV条件と変わらないはずである。それに対して、後続するターゲットの予期を反映するのであれば、VF条件においても、しばらくの間、第2ターゲットが呈示されないのは、FF条件と同じなのであるから、SNW1は誘発されないはずである。結果としての事実は、その両条件の中間の振幅値であった。統計的には、3条件間にそれぞれ有意な差があるわけではないので、断定的には言えないが、VF条件におけるSNW1が他の両条件の中間に当たる振幅値をとったということは、この成分が第1・第2ターゲット両者の予測可能性の影響を受けていることを示唆しているのである。Rohrbaughらは、この成分を“O wave”とも呼び、定位反応の一部とみなしている。今回のデータを考えると、その定位反応のもとになる神経モデルは、古典的に言われたように先行刺戟によってのみ形成されるものではなく、フィードフォワード的な要素を含んだ、より認知的な性質を持っているのかもしれない。

P300成分に刺戟系列構造の影響が現れなかった理由はよく分からない。各試行における刺戟数が少ないことや課題そのものが易しいことが影響したのかもしれない。また、逆に、加算作業そのものを反映しているが、各ターゲットに対して迅速な運動反応等が求められたわけではないので、被験者の意識としては標的の予測ということ自体がさほど重要性をもたなかったのかもしれない。しかし、そうだとすれば、なおさら、なぜ、P300後のSNW1に影響が及んだのか、という問題は、いっそう興味深いものになるのである。

P300後の緩電位については、いわゆるS1 - S2パラダイムを除くと、あまり研究が進んでいない。特に、単一刺戟課題になると、刺戟評価や情報伝達、さらには文脈更新に対応すると言われるP300誘発後にどのような心的過程を構想できるのか、という疑問もよく聞かれ、眼球運動電位の混入を危ぶむ声も多い。しかし、今回の実験のデータを出発点に考えると、いくつも検討可能なファクターが環境内には存在するように思われる。また、かつてFriedman et al. (1981) が、Continuous Performance Testを利用して報告したnon-signalに対する頭頂部陽性緩電位なども、Rachkin達のように「不可解」で片付けるのではなく、ある刺戟構造の中で、一時的に刺戟項目を作業記憶に登録し、ある確率で出現するであろう後続標的を待ち受ける場合には誘発される可能性が十分にあり、その条件をelaborateすればよいただけ、という可能性が出てくる。これらの条件を吟味していくことが、環境内に潜在する刺戟構造に対するヒトの接し方を明らかにし、定位反応研究にも一石を投じうる可能性があるように思われる。

私たちが、ふと目をとめる出来事の中には、私たち自身が生きてきた歴史とこれから訪れるであろう未来が織り込まれているのである。私たち自身が気づいているかどうかに関わりなく、「温故知新」は、常に働き続ける生命の知恵なのであろう。

References

- Friedman, D., Vaughan, H. G. Jr., & Erlenmeyer-Kimling, L. (1981) Multiple late positive potentials in two visual discrimination tasks. *Psychophysiology*, 18(6), 635 - 649.
- 片山順一・八木昭宏 (1985). 認知心理学と事象関連電位. 関西学院大学文学部人文紀要, 36(3), 55 - 72.
- 片山順一・古塚孝・諸富隆 (1997). 標的間隔がP300に及ぼす効果：1音及び2音オッドボールパラダイムでの検討. 日本心理学会第61回大会発表論文集, 414.
- 北島象司 (1995). 認知心理学理論への生理心理学の寄与. 北海道大学教育学部紀要, 67, 1 - 6.
- 水原幸夫・石田雅人 (1998). 潜在的系列学習 - 系列反応時間課題研究の動向と問題 - . 心理学評論, 41(4), 446 - 461.
- Näätänen, R. (1992). Attention and brain function. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Pritchard, W. S. (1981). Psychophysiology of P300. *Psychological Bulletin*, 89(3), 506 - 540.
- Rachkin, D. S., & Sutton, S. (1983). Positive slow wave and P300 : Association and Dissociation. In A. W. K. Gaillard, & W. Ritter (Eds.), *Tutorials in ERP research : Endogenous components* (pp. 233 - 250). Amsterdam : North - Holland.
- Ritter, W., Kelso, S., Kutas, M., & Shiffrin, R. (1984). Report of panel III : Preparatory Processes. In E. Donchin (Ed.), *Cognitive psychophysiology : Event - related potentials and the study of cognition* (pp. 179 - 219). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Rohrbaugh, J.W., & Gaillard, A. W. K. (1983). Sensory and motor aspects of the Contingent Negative Variation. In A. W. K. Gaillard, & W. Ritter (Eds.), *Tutorials in ERP research : Endogenous components* (pp. 269 - 310). Amsterdam : North - Holland.
- Rohrbaugh, J.W. (1984). The orienting reflex : Performance and central nervous system manifestations. In R. Parasuraman, & D. R. Davis (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 323 - 373). Orlando, FL : Academic Press.
- Squires, N. K., Squires, K. C., & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long - latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 387 - 401.
- Squires, K. C., Wickens, C., Squires, N. K., & Donchin, E. (1976) The effects of stimulus sequence on the waveform of the cortical event - related potential. *Science*, 193, 1142 - 1146.
- 田村卓哉 (1989). 曖昧画像同定課題遂行時の誘発電位後期成分. 北見工業大学研究報告, 22(1), 153 - 180.