

継次弁別課題下の反応方略と頭皮上緩電位

篠田 伸夫・吉田 茂

Slow cortical potentials under the serial discrimination task

Nobuo SHINODA and Shigeru YOSHIDA

Slow cortical potentials (SCPs) were recorded at Cz and Fpz in five male subjects under the serial discrimination task. Three task conditions differed in the time lag from the timing of discrimination to the timing of the response execution. In the condition with the longest time lag the temporal resolution of SCPs were observed in all subjects. But in the middle lag condition, it was observed in two subjects whose reaction time was shorter. Their strategy to respond was to divide the time lag into more shorter intervals.

Key words : serial discrimination, slow cortical potential, CNV, strategy of timing control

短距離走のスタート時や弓道, 射撃など, スポーツにおいて, 実際に運動表出がなされる以前に, タイミングを合わせたり標的を狙う等の心理活動がなされていることは多い。一方, 生理心理学の分野において, 数秒から十数秒という短時間で連続した心身活動の指標として, これまで頭皮上緩電位 (slow cortical potentials: SCPs) を用いた研究が数多くなされている。それらの中でも, 警告刺激 (warning stimulus: WS) の一定時間後に呈示される要求刺激 (imperative stimulus: IS) に対して運動反応をさせるという, 定間隔反応時間課題において観察される随伴性陰性変動 (contingent negative variation: CNV) は, 予期, 期待 (Walter, 1964), 一般的準備状態 (Jarviletho & Fruhstorfer, 1970) など精神活動との関連が指摘されている。特に CNV の後期成分は, 時間評価 (Ruchkin et al., 1977) や運動準備 (Gaillard, 1977; Tecce, 1972) との関連が深い。

これまで我々は, CNV の実験パラダイムを拡張して, タイミング行動中の心理生理過程を検討してきた。刺激事態は, WS-IS 間に IS の提示時点を, 指示する信号としての刺激を挿入することで,

刺激パターンの弁別時点と運動反応時点を分離し, 外部タイミングの弁別相と適用相における心理生理過程を検討し, 以下の結果を得た。a. 弁別がなされた時点で SCP が一時的に基線に復帰する成分が出現した (篠田・吉田, 1986)。b. 特に弁別事態ではなく, 実際には提示されない刺激パターンのイメージによってもこの復帰成分が出現した (篠田・吉田, 1987)。Wilkinson and Spence (1973) は, この復帰成分が刺激を同定する大脳過程の反映であると述べているが, 実際の刺激がなくてもこの復帰成分が見られること, 「刺激が提示されなかった」という事象でも復帰成分が出現することから, この成分は複数の大脳過程の切り換えが反映したものであると考えられる。

課題の内容にもよるが, 個人内では比較的安定しているものの, この復帰成分は被験者すべてに現れるものではなかった。そこで本実験では継次弁別課題を用いて, 弁別時点から運動反応時点までの期間の長さをコントロールすることにより, 復帰成分が出現する刺激要因と個人要因について, また, 復帰成分の有無と行動上の変化について検討した。

方 法

被験者：成人男子 5 名（右利き 3 名，左利き 2 名，年齢 22～38 歳）。

刺激：1000Hz のピップ音（64dB SPL，持続時間 100ms）を被験者の左右前方 1.2m（左右約 26 度，仰角約 -38 度）に置かれた 2 台のスピーカーよりモノラルで呈示した。音刺激はマイクロコンピュータ（NEC，PC9801VM21）とデジタル周波数シンセサイザ（NF 回路設計，NF1732）により制御した（Fig. 1）。

このピップ音を用いて，4 種類の系列パターン刺激を用意した。レファレンスパターン 1 種類と，テストパターン 3 種類である（Fig. 2）。各パターンは，4 音目から 5 音目までの時間間隔のみ異なるように設定した。1 音目から 4 音目までは全パターン共通で，刺激開始から次の刺激開始までの時間間隔（stimulus onset asynchrony: SOA）は 400ms とした。4 音目から 5 音目の SOA は，400ms の整数倍とし，レファレンスパターンでは 1600ms，テストパターンでは，各々 1200ms(A)，800ms(B)，400ms(C) に設定した。

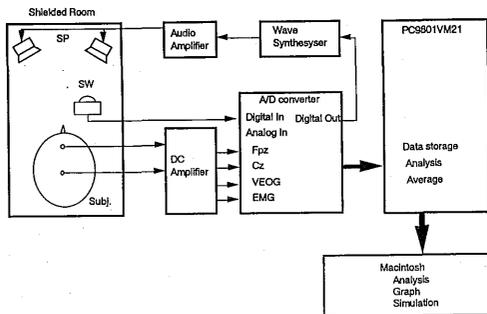


Fig. 1 Apparatus

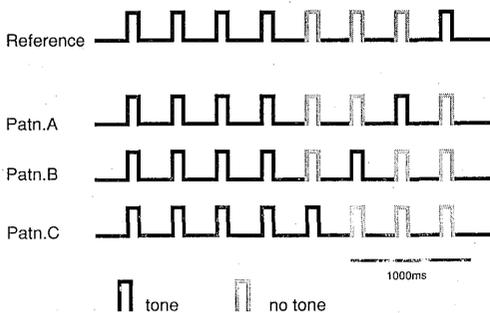


Fig. 2 Stimulus patterns

条件及び課題：パターンの組み合わせで 3 条件を設定した。各条件では，レファレンスパターンと，テストパターンの中の 1 種類をランダムに提示した（以後テストパターンの種類により条件 A，B，C とする）。提示回数は，1 パターンにつき 60 回とした。課題は，どのパターンについても 5 音目が鳴るとなるべく同時に利き手に持ったマイクロスイッチを押すことであった。

手続き：電極装着後，被験者を電磁シールド室内の椅子に座らせ，「実験中は体を楽にして目を閉じ，できるだけ目を動かさないように」と指示した。実験は全 3 セッションからなり，1 セッション 1 条件として，音刺激パターンを 2～6 s の間隔でランダムに提示した。セッション間には 3 min の休憩時間をいれた。各セッションに入る前に，レファレンスおよびテストパターンを各 2 回提示した。

セッション後には，どのような方略（タイミングのとり方）で課題を遂行したかを記述させた。用紙は，等間隔の目盛りのついた線で，その線上に実際にどのようなタイミングで音が鳴っていたか，その音に合わせるためにとっていた方略（カウンティング，リズム等）を記述させるようにした。

実験は被験者を安静閉眼状態にし，電極の分極による電位変動が安定したのを確認後に開始した。総実験時間は約 110min であった。電磁シールド室内の温度は 22～24 度，湿度は約 55% であった。

生理記録：電極は Ag-AgCl 不分極電極（日本電気三栄，45336B）を用いた。脳波は国際式 10-20 法に従い，Fpz，Cz の 2 部位から両耳朶連結を不関電極として単極導出し，生体電気増幅器（日本電気三栄，1169）により時定数 10s で増幅した。同時に，左眼から垂直眼球運動（VEOG）を，時定数 10s で，筋電位を反応腕の母指球より時定数 0.03s でモニタ記録した。増幅器からの出力は，A/D コンバータ（CANOPUS，ADX-98E）を用いて自作の A/D 変換プログラムにより，リアルタイム記録した。サンプリング間隔は 10ms，サンプリング区間は第 1 刺激呈示時点でタイムロックし，第 1 刺激前 50 ポイント（500ms），第 1 刺激後 462 ポイント（4620ms）の計 5120ms とした。

分析：脳波について，サンプリングした各試行データのうち，眼球運動等によるアーチファクトが少なく，反応時間がその分布最頻値の +/-50ms

にある試行について加算平均処理を行った（加算回数は、18~32回）。脳波のベースラインは、第1刺激前500msの平均とした。その後各加算平均波形について21ポイントの移動平均処理を行った。

反応時間は、各音刺激パターンについて5音目からのオフセットをとった。

結果と考察

(1) 反応時間に見られる方略

反応時間の分析に際しては、 $\pm 500\text{ms}$ 以内の反応があった試行を正反対試行として検討を行った。テストパターンに対する反応は、レファレンスパターンに対する反応より反応時間が早く、分布が広がる傾向が見られた (Fig. 3)。これは、前者に対する反応がより予期的で、後者では単純反応的な方略を採用しているためであると思われる。全条件とも実際の反応は、テストパターンに対する方が早いので、継次的にみると、まずテストパターンが提示されていると仮定し、5音目が提示されるべき時点で鳴らない場合、現在提示されているパターンはレファレンスであることが決定される。条件Cのレファレンスパターンに対する実際の反応分布を二人の被験者について示したのが Fig. 4である。両者とも正反対は同じように分布しているが、被験者Gの誤反応が約 -1200ms 、すなわちテストパターンの5音目の時点で集中していることがわかる。

(2) 緩電位波形の特徴

Cz, Fpzの緩電位を処理したが、今回は Czの緩電位についてのみ検討する。

Fig. 5は、各パターンに対する全被験者の平均緩電位波形である。各条件において、テストパターンの5音目までは、レファレンスパターンでも類似した変動を示したが、その勾配は、条件C, B, Aの順に、つまり5音目までの時間が長くなるほど緩やかであった。

(3) 運動準備期間と復帰成分

同じレファレンスパターンであっても対にされるテストパターンの違いにより、緩電位波形は大きく異なっていた。特に対になったテストパターンの5音目にあたる時点以降で、条件Cで大きく、条件Bで小さな基線への一時的復帰成分が見られた。レファレンスパターンとテストパターンはランダムに提示されるので、全条件ともテストパターンの5音目が鳴らなければレファレンスパ

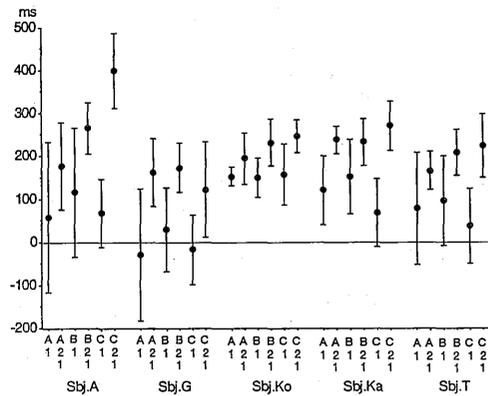


Fig. 3 Reaction time in each subject

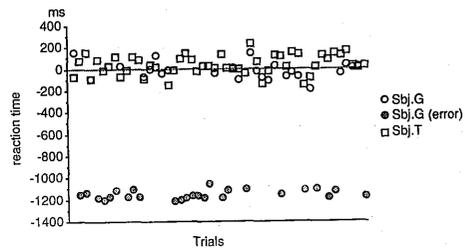


Fig. 4 Reaction time in two subjects

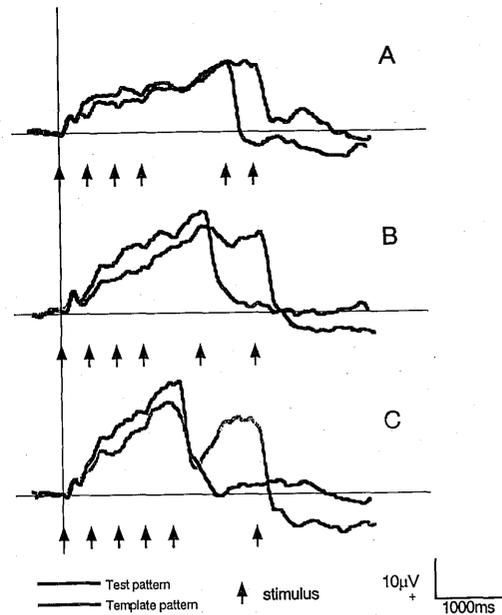


Fig. 5 Grand average (Cz)

ターンであることがわかり、その5音目に対して反応準備をすることになるが、その準備時間が長いほど顕著な復帰成分が見られるということになる。

条件Bにおいて復帰成分が小さかったのは、二つの原因がある。一つは、実際に復帰成分が小さかったことであるが、もう一つは、条件Cでは被験者全員にみられた復帰成分が、5人中2人(被験者G, T)でしか見られなかったことである。

Table. 1に、各被験者のスポーツ経験と、課題遂行中に採用していた方略をまとめた。この2人は、反応時間でみると上位の2人であり、被験者Gは楽器(パーカッション)の経験者で、Tは反応方略にカウンティングを採用していた。

(4) 方略と緩電位

本実験では、レファレンスパターンであることが確定してから実際の運動反応を遂行するまでの期間を3種類設定した。期間が一番短い条件Cではどの被験者でも復帰成分はみられず、長い条件Aでは全員に明瞭な復帰成分がみられた。個人差は中間の期間の条件Bでみられ、復帰成分が観察された被験者は反応時間が早い傾向がみられた。復帰成分の出現は、先行する準備状態(テストパターンに対する準備)が終了して、新しい準備状態(レファレンスパターンに対する準備)に入ったことを示し、非出現は準備状態の切り換えがスムーズに行われていないことを示すと思われる。また、復帰成分が出現した被験者では、カウンティング方略やパーカッションの経験があることなどから、時間を分節化する何等かの方略により、準備状態の切り換えが早くなることが示唆される。

Table. 1 Strategies used by subjects

subject	sport experience	strategy*1 (notch of CNV*2)		
		cond. A	cond. B	cond. C
T	volleyball	CN (no)	C (yes)	C (yes)
Ko	judo	CN (no)	CN (no)	CN (yes)
G	rugby, (percussion)	R (no)	R (yes)	R (yes)
Ka	pingpong	C (no)	C (no)	CN (yes)
A	judo	CN (no)	CN (no)	C (yes)

* 1 C: counting with fixed interval
 CN: counting only
 R: rhythm
 * 2 yes: temporal negative reduction is observed
 no: no observation

緩電位により、方略の切り換え時期がわかるようになれば、スポーツの訓練中に、パフォーマンスレベルでの訓練以外に、方略レベルの訓練が可能となることが期待できる。今後、時間を分節化する方略により、行動および脳波上でどのような変化があらわれるかを被験者数を増やして検討していく必要がある。

要 約

継次弁別課題下で、成人男子5名の頭皮上緩電位がCz, Fpzから記録された。弁別時点から運動反応時点までの期間を条件別に3種類設けたところ、期間が最も長い条件下では被験者全員に一時的な復帰成分がみられたのに対し、中間の期間の条件では、反応時間の早い2人の被験者でのみ復帰成分があらわれた。この被験者は、期間を分節化する方略を採用していた。

文 献

- 1) Gaillard, A.W.K. The Late CNV Wave: Perception Versus Expectancy. *Psychophysiology*, 14, 563-568, 1977
- 2) Järvilehto, T. & Fruhstorfer, H. Differentiation between slow cortical potentials associated with motor and mental acts in man. *Experimental Brain Research*, 11, 309-317, 1970
- 3) Ruchkin, D.S., McCalley, M.G. & Glaser, M. Event related potential and time estimation. *Psychophysiology*, 14, 451-455, 1977
- 4) 篠田伸夫・吉田茂 タイミング課題下の頭皮上緩電位変動—継次的に呈示される刺激を手がかりとして—。筑波大学体育科学系紀要, 10, 85-90, 1986
- 5) 篠田伸夫・吉田茂 タイミング課題下の反応方略と頭皮上緩電位変動。筑波大学体育科学系紀要, 11, 71-77, 1987
- 6) Tecce, J.J. Contingent negative variation (CNV) and psychological process in man. *Psychological Bulletin*, 77, 73-108, 1972
- 7) Walter, G.W. Slow Potential Waves in the Human Brain Associated with Expectancy, Attention and Decision. *Archiv für Psychiatrie und Zeitschrift f.d. ges. Neurologie*, 206, 309-322, 1964
- 8) Wilkinson, R.T. & Spence, M.T. Determinants of the Post-Stimulus Resolution of Contingent Negative Variation (CNV) *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 35, 503-509, 1973