

## 2 警告刺激 contingent negative variation (CNV) パラダイムにおける event-related potentials (ERP) と反応時間

矢 部 博 興<sup>1)</sup> 佐 藤 泰 治<sup>1)</sup> 佐々木 俊 徳<sup>1)</sup>  
石 山 哲<sup>1)</sup> 斎 藤 文 男<sup>1)</sup> 福 島 裕<sup>1)</sup>  
小 山 内 隆 生<sup>2)</sup>

**抄録** 従来の対刺激 CNV パラダイムを対照として, 2 警告刺激パラダイムにおける健常者13名の事象関連電位・反応時間を検討した。第2 警告刺激が存在する事で, 反応時間の短縮が有意に生じ, この刺激が, 課題の遂行に合目的的に働いた事を示していた。さらに, 第1 警告刺激の P 300 の振幅減少が生じたが, 反応時間の短縮との間に相関は無く, また第2 警告刺激に対する P 300 は出現しなかった。しかし, 命令刺激前の後期 CNV の振幅増大には, 反応時間の短縮との間に有意な相関を認めた。つまり, 認知文脈の更新が生じない形で第2 警告刺激が利用され, 反応時間の短縮と準備電位を反映する後期 CNV の増大を示した。一定時間間隔の2つの警告刺激が反応に対する心理的時間の取り方を容易にすると意味づける事もできるが, 今後の検討が必要と思われた。また, 第1—2 警告刺激間の陰性電位の変化は生じず, 第2 警告刺激に対する予期に関連する新たな CNV 成分は生じないと考えられた。

弘前医学 42 : 447—454, 1991

**Key words :** CNV reaction time  
two-warning-stimuli paradigm event-related potential  
P 300

### EVENT-RELATED POTENTIALS AND THE REACTION TIME IN THE TWO-WARNING-STIMULI CONTINGENT NEGATIVE VARIATION (CNV) PARADIGM

HIROOKI YABE<sup>1)</sup>, YASU HARU SATO<sup>1)</sup>, TOSHINORI SASAKI<sup>1)</sup>,  
TETU ISHIYAMA<sup>1)</sup>, FUMIO SAITO<sup>1)</sup>, YUTAKA FUKUSHIMA<sup>1)</sup>  
and TAKAO OSANAI<sup>2)</sup>

**Abstract** Tests using the conventional paired CNV paradigm and a two-warning-stimuli paradigm, designed by the authors, were performed in 13 healthy adults, and the event-related potentials in both paradigms were compared. In the latter test, reaction time was significantly shorter than the former. In the two-warning stimuli paradigm, a reduction in amplitude of P 300 in the first warning stimulus was observed. There was no significant correlation between the amplitude reduction and the shortening of reaction time, although an increase of amplitude in the late CNV was significantly related with the shortening of it. On the other hand, P 300 in the second warning stimulus did not appear in the two-warning-stimuli paradigm: namely, while the shortening of reaction time and the increase of amplitude of the late CNV, corresponding to readiness potential, were seen, P 300, indicating 'updating of cognitive context', did not appear in the second warning stimulus. Some discussions were made on the psychological mechanisms in comparing the event-related potentials in both paradigms.

Hirosaki Med. J. 42 : 447—454, 1991

<sup>1)</sup> 弘前大学医学部神経精神医学教室(主任 福島 裕 教授)

<sup>2)</sup> 弘前大学医療技術短期大学部作業療法学科  
平成2年11月30日受付

<sup>1)</sup> Department of Neuropsychiatry, Hirosaki University School of Medicine (Director : Prof. Y. FUKUSHIMA), Hirosaki, Japan

<sup>2)</sup> School of Allied Medical Sciences, Hirosaki University, Hirosaki, Japan

Received for publication, November 30, 1990

## 結 言

1964年, WALTER, W. G. によって発見された contingent negative variation(CNV)<sup>1)</sup>は, 警告刺激 warning stimulus (WS) と命令刺激 imperative stimulus (IS) を一組として IS に対し素早い反応を行わせる時に, WS と IS の刺激間隔中に生じる陰性緩電位変動である. この緩電位の発生には, 警告刺激 WS の存在が重要とされている. また, WS の存在は, WS-IS 間の 'preparatory set' を発展させて, 反応時間を短縮させる事も知られている. 今回, 我々が用いた 2 警告刺激パラダイム [(1st warning (W 1))-(2nd warning (W 2))-(IS)-(motor-response(MR))]<sup>2)</sup>は, 従来の対刺激パラダイム [(WS(=W 1))-(IS)-(MR)]<sup>3)</sup>の刺激間隔の中間に, 第 1 警告刺激 W 1 と同じ刺激モダリティを持つ第 2 警告刺激 W 2 を等間隔に挿入したものである. この 2 警告刺激パラダイムでは, 'preparatory set' は, W 1-IS 間, W 2-IS 間のいずれでも発展する可能性があり, 課題に対して被験者がとる方略の自由度が高いと言える. また, CNV は近年, 各種の event related potential (ERP) 成分の複合波形である事が明らかにされており, この W 2 の存在が, 試行中に出現する各 ERP 成分や反応時間に及ぼす影響について検討する事は, 従来の警告刺激の意味 (各試行の最初の手がかりとして重要なのか, 命令刺激 IS の前にある事が重要なのか) を知る上でも, 健常人の情報処理過程を考える上でも重要である.

## I. 対象と方法

### 1. 対 象

対象は, 右利きの健常者13名 (♂10人, ♀3人) で,  $25.08 \pm 3.02$  (mean  $\pm$  S. D.) 歳であり, 事象関連電位に関する知識を持たない.

### 2. 刺激および装置

図 1 A のように, 暗い電氣的シールドルーム内のベット上に被検者が仰臥位となり, 鼻

根部から 1.5m の高さの天井に取り付けられた視点固定用の緑の light emitting diode (LED) を開眼注視した状態で検査を行った. また各装置は, 検査 1 時間前から作動状態にさせて, 熱変動によるドリフトを少なくした. 刺激は, パーソナルコンピュータ PC-9801 F 2 (NEC 製) 内臓タイマーの  $\mu$ -PD 8253 C により時間制御した.

### 3. 検査手順

以下では図 1 B のように, 第 1 警告刺激を W 1, 第 2 警告刺激を W 2, 命令刺激を IS と各刺激を略称する. W 1・W 2 にクリック音, IS に赤の LED 発光を用いている. 課題の指示は, 「素早く」を強調して口頭で行った. その際, 同時に約10試行の練習を行わせた. 対刺激パラダイムは刺激間隔 ISI を 2 秒とし, 2 警告刺激パラダイムは ISI を各 1 秒とする以外は対刺激と同様である. 但し, 常に, 対刺激・2 警告の順で, 行った. 刺激間隔 ITI は, 10・12.5・15秒の内からランダム (各確率33%) に選択した.

### 4. 記 録

脳波記録は, 銀塩化銀電極を, 10-20 国際電極配置法の Fz・Cz・Pz・Oz に配置し, 水平眼球運動の影響を除くため, 両側耳朶結合を基準電極として, 多用途脳波計 EEG-4217 (日本光電製) により行った. また同時に, 皮膚電気反応のマーカーとして右乳様突起電極, 及び瞬き・眼球運動のマーカーとして垂直 electrooculogram (EOG) を記録した. 記録条件は全て, 高周波遮断 60 Hz, 時定数5.0, 電極間抵抗 10 K $\Omega$  以下である. これらの生体電気現象は, トリガー信号 (W 1 に同期) およびボタン押し信号とともに, デジタルデータレコーダ PC-108 M (SONY 製) に記録された.

### 5. データ処理

PC-108 M からの 1 試行毎のデータをデータ処理装置 ATAC-450 (日本光電製) で, W 1 をトリガーとして総分析時間 4,088 ms (512点) のサンプリング (8ms 毎) を行い,

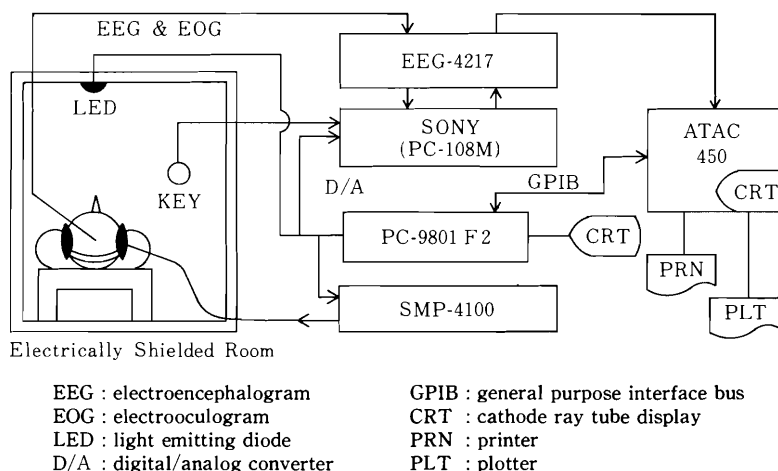
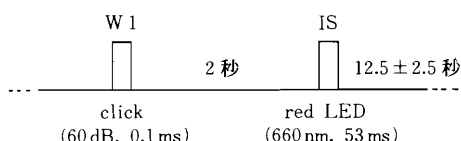


図 1 A ブロックダイアグラム。

[対刺激パラダイム]

「緑のランプがついている間は、それを見るようにして下さい。作業中は、瞬きを避けて下さい。クッという音の後、赤い光が呈示されますが、赤が出たら、素早くボタン押して下さい。」



[2 警告パラダイム]

「クッという音が2回呈示される以外は、先ほどと同様です。緑のランプを見て、作業中の瞬きは避けて下さい。赤が出たら、素早くボタン押して下さい。」

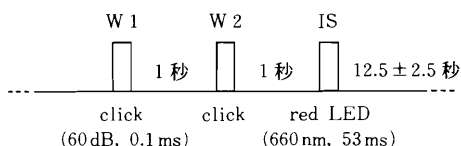


図 1 B CNV パラダイム。

トリガー前125点の平均電位を基線として、オフラインで処理した。データは較正值とともに、general purpose interface bus (GP-IB) を介して PC-9801 F2 に送り、波形を1試行毎にディスプレイに表示し、瞬き・皮膚電気反応などのアーチファクトのある試行を除いて、視覚的に平均加算を行い、結果を磁気ディスクに保存した。但し、各個人における加

算回数は、2つのパラダイム間で同一とした。更に、以上の平均加算データについて、区間平均・移動平均・総合平均等の処理を行った。これらにおける各 ERP 成分の代表値は、Fz・Cz・Pz の各々で以下のように求めた。

P 300 : W 1・W 2 後 200~500 ms の間の最大の陽性頂点電位

早期 CNV : W 1・W 2 後 400~600 ms の 200 ms 間の平均電位

後期 CNV : W 2・IS 前 200 ms 間の平均電位

反応時間 : IS 信号の立ち上がり~ボタン押し信号の立ち上がりまでの誤反応を除く全試行の中央値

但し、W 2 に関連した内因性の各 ERP 成分は、2 警告刺激パラダイムにおいてさえも、出現するかどうかは不明であるが、比較のために対刺激パラダイムでも同一部位で求めた。

- 移動平均に使用した計算式  

$$Y_k \text{ (moving average data)}$$

$$X_k \text{ (original data)}$$

$$Y_k = Y_{k-1} + 1/m (X_k - X_{k-m})$$

$$(k=m, m+1, m+2, \dots, n)$$

$$m=10, n=511$$

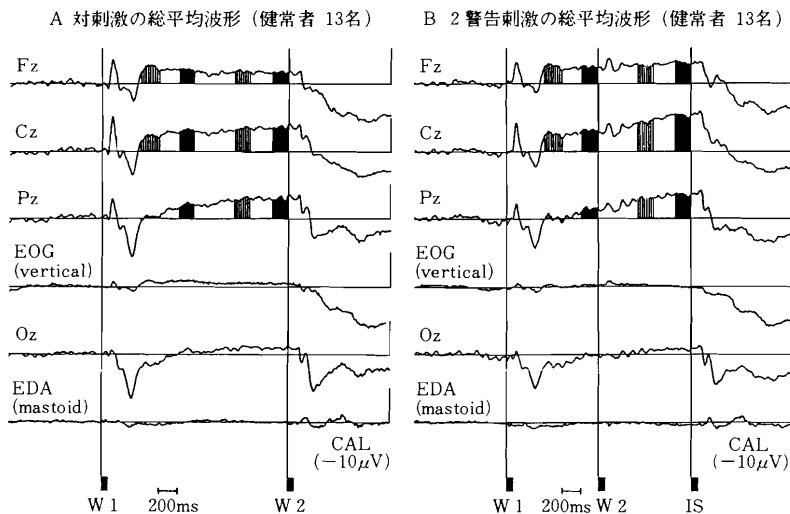


図 2

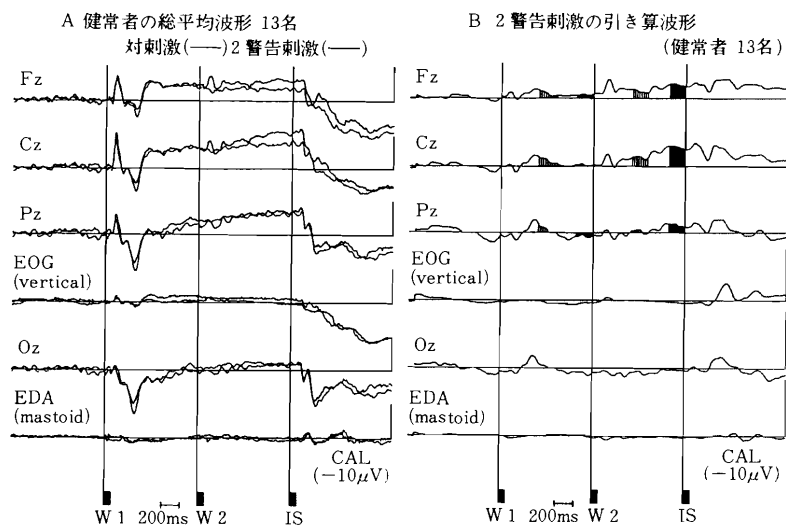


図 3

## II. 結 果

### 〔視察的検討〕

図 2 は、対刺激・2 警告刺激パラダイムそれぞれの総加算平均波形である。縦線の部位は早期 CNV、黒塗りの部位は後期 CNV を示す。2 警告刺激パラダイムの、特に Cz・Pz で、W 1 の P 300 振幅が減少し、Cz におい

て、IS 前の後期 CNV 振幅が増強している。W 1-IS 間の EOG・electrodermal activity (EDA) から眼球運動、皮膚電気反応等の影響が無い事がわかる。

図 3 A は、対刺激・2 警告刺激パラダイムそれぞれの総加算平均波形を重ね描きしたものであるが、W 1-W 2 間では、陰性電位には差がなく、W 1 の P 300 のみが振幅差を示し

表 1 各代表値の平均値と差の検定 (Wilcoxon signed-rank test)

W 1-W 2	P 300	早 期 CNV	後 期 CNV
Fz	7.82±5.18 5.45±4.18 NS(p<0.1)	-4.45±4.86 -5.03±3.27 NS	- 3.96±4.39 - 4.78±4.14 NS
Cz	9.87±5.38 7.12±3.33 p<0.1(p<0.05)	-4.26±4.80 -5.03±4.08 NS	- 6.21±5.16 - 6.25±4.93 NS
Pz	13.11±6.49 10.72±4.38 NS(p<0.1)	-0.23±3.72 -0.21±3.99 NS	- 3.94±4.38 - 2.72±4.12 NS
W 2-IS	P 300	早 期 CNV	後 期 CNV
Fz	-0.44±4.79 -2.22±4.24 NS	-3.48±4.39 -4.97±5.07 NS	- 3.20±5.23 - 5.99±6.35 NS(p<0.1)
Cz	-3.18±4.88 -3.66±4.93 NS	-6.87±4.77 -8.67±4.67 NS(p<0.1)	- 7.16±5.93 -10.71±6.50 p<0.05(p<0.05)
Pz	-2.16±4.97 -0.64±4.62 NS	-5.68±4.50 -5.53±3.97 NS	- 5.81±6.50 - 6.81±5.59 NS

上段：対刺激パラダイム 中段：2 警告刺激パラダイム 下段：両側（片側）確率 (NS: no significance)  
mean±S. D. [ $\mu$ V]

表 2

A) 反応時間の平均値と差の検定 (Wilcoxon signed-rank test)

2 警告刺激パラダイム	267.68±90.44	両側（片側）確率 p<0.1(p<0.05) mean±S. D. [ms]
対 刺 激 パラダイム	287.13±70.68	

B) 反応時間と各代表値との相関 (Spearman's rank correlation)

W 1-W 2	P 300	早 期 CNV	後 期 CNV
Fz	NS 0.495*	NS NS	NS NS
Cz	NS NS	NS NS	NS NS
Pz	NS NS	NS NS	NS NS
W 2-IS	P 300	早 期 CNV	後 期 CNV
Fz	NS NS	NS NS	NS 0.440#
Cz	NS NS	NS NS	0.434# 0.560*
Pz	NS NS	NS NS	0.621** 0.445#

上段：対刺激パラダイム 下段：2 警告刺激パラダイム (数値は順位相関係数)

# : p<0.1 (片側) \* : p<0.05 (片側) \*\* : p<0.05 (両側)

ている。W 2-IS 間では Cz において後半部分に顕著な陰性電位の振幅差が出現している。

図 3 B は、2 警告刺激パラダイムの総平均から対刺激パラダイムの総平均を引き算した波形を移動平均したものである。2 つのパラダイム間で変化する ERP 成分は、W 1 に対する P 300 と IS 前の後期 CNV である事がわかる。

#### [統計的検討]

前述した 3 電極 (Fz・Cz・Pz)×3 成分 (P 300・早期 CNV・後期 CNV) の 9 つの各 ERP 代表値について、対刺激パラダイムと 2 警告刺激パラダイムの間で有意差検定を行った。その結果を表 1 に示したが、W 1 に対する P 300 振幅が減少し (両側確率  $p < 0.1$ )、IS 前の後期 CNV 振幅が有意に (両側確率  $p < 0.05$ ) 増大している。その他の ERP 代表値に統計的有意差はなかった。

また、表 2 A に示すように、反応時間では、対刺激パラダイムに較べて、2 警告刺激パラダイムで短縮の傾向 (両側確率  $p < 0.1$ ) が認められた。さらに、表 2 B に示すように、各 ERP 代表値と反応時間との相関を調べた結果、表 2 B に示すように、対刺激パラダイムと 2 警告刺激パラダイムのいずれでも、IS 前の後期 CNV 振幅の増大と反応時間の短縮との間に有意な相関が得られた。W 1 の P 300 振幅減少と反応時間の短縮との間には相関はなかった。

### III. 考 察

本稿で用いたパラダイムの被験者に対する要求は、“素早く”というように、反応時間の短縮を求めるものである。対刺激に比較して、2 警告刺激パラダイムでは反応時間の短縮が有意に生じ、第 2 警告刺激 W 2 の存在が、課題の遂行に合目的に、効率よく働いたことを示していた。

また同時に、対刺激パラダイムに比較して 2 警告刺激パラダイムでは、W 1-W 2 間の P

300 振幅の減少と W 2-IS 間の後期 CNV の増大が認められた。但し、反応時間の短縮に関連を持っていたのは、W 2-IS 間の後期 CNV のみであった。W 2 に対する P 300 を含めたその他の ERP 成分には変化はなかった。

つまり、第 2 警告刺激 W 2 が存在する事によって、反応時間の短縮が起こり、これには IS 前の後期 CNV 成分の振幅増大が関与していた。後期 CNV 成分は準備電位に関連する成分とされ、<sup>6)</sup> 刺激間に予期が存在する限り CNV は出現するとされるが、W 1-W 2 間の後期 CNV は、2 つのパラダイム間で振幅差がなく、W 2 に対する準備、予期を示す新たな後期 CNV は生じないものと判断される。

また、早期 CNV 成分は<sup>5,7)</sup> 定位反応に関係するとされるが、W 1・W 2 の両方で、対刺激に比較した振幅の変化は無く、早期 CNV 成分が、W 1-W 2-IS という一連の刺激の最初に存在する刺激 W 1 に対して生じるものであって、中間の刺激 W 2 には生じない事が推定できる。

さらに、本稿の W 1 に対する P 300 成分の振幅減少は、課題の遂行 (“素早く反応”) には関与しておらず、従来のオドボールパラダイムを用いた P 300 の研究では、ISI が短くなるとその振幅が減少する事が知られているので、この事からも、この結果を説明できる。

しかしまた、各 ERP 成分は、<sup>8,9)</sup> 慣れの影響を受けて振幅減少する事が知られている。本稿での 2 警告刺激パラダイムは、常に、対刺激パラダイムの検査後に施行されており、2 警告刺激パラダイムの各 ERP 成分は、振幅減少を示す可能性を有している。このような“慣れ”が、P 300 成分の振幅減少に関与した可能性は、否定できない。しかしながら、後期 CNV 成分はむしろ振幅増大を示しており、反応時間短縮の現象との積極的な関係を示している。

以上のように、2 警告刺激パラダイムでは、

第 2 警告刺激 W 2 が、ボタン押しに対する準備電位を表すとされる IS 前の後期 CNV を増大させるような方法で、反応時間の短縮に効果的に利用された事がわかる。但し、この利用が、W 2 に対する P 300 成分が発生しないような形で行われている事は注目に値する。つまり、W 2 に対して認知文脈の更新が生じることなく、パラダイムが要求する目的(“素早く反応”)のために、W 2 が利用されたと言えるのである。

CNV 増大(特に後期 CNV)と反応時間の短縮が相関するという報告<sup>10,11)</sup>があり、これは、我々の今回の結果を支持するものである。しかしながら、第 2 の警告刺激によってこの現象を生じさせる原因こそが重要な問題である。

CNV が発見された当初から、命令刺激 IS の前に警告刺激 W 1 を付加する事によって、反応時間が短縮する事が知られてきた。これは、W 1 と IS との間で preparatory set が発展し易くなるためと説明されてきた。ここでの結果は、この 2 つの刺激の間に第 2 の警告刺激 W 2 を挿入する事によって、この preparatory set の発展が一層促されたと言う事もできる。しかしながら、W 2 に対して認知文脈の更新が起ころなくとも、W 2 が利用されたという本稿の結果の説明にはならない。

IS での反応に対する心理的時間の取り方が、一定間隔の 2 つの警告刺激によって、容易になったという事が予測されるが、今後、挿入する W 2 の時間的配置や出現確率を変えて検討する事が必要と思われた。

## 結 語

1) 従来の対刺激 CNV パラダイム (WS-IS-MR, ISI 2 秒) とその ISI 間に第 2 警告刺激 W 2 を等間隔で挿入した 2 警告刺激パラダイム (W 1-W 2-IS-MR, ISI 各 1 秒) の 2 つのパラダイムを健常者 13 名に対して施行し、各 ERP 成分・反応時間を比較検討した。

2) 対刺激に比較して、2 警告刺激パラダイムでは、反応時間 RT の短縮が有意に生じ、第 2 警告刺激 W 2 の存在が課題の遂行に合目的に働いた事を示していた。

3) 2 警告刺激パラダイムでは、W 1 に対する P 300 成分の振幅減少が認められたが、RT の短縮との間に相関はなく、ISI の短縮や慣れの影響が原因として考えられた。

4) 2 警告刺激パラダイムでは、IS 前の後期 CNV 成分の振幅増大が認められ、これは、RT の短縮との間に有意な相関を認めた。W 2 に対する P 300 の出現は認められなかった。つまり、W 2 において、認知文脈の更新が生じない形で、W 2 が利用されて RT の短縮が生じ、これは、IS に対する準備電位を反映するとされる後期 CNV の増大を示した。この意味づけとして、一定時間間隔の 2 つの警告刺激が反応に対する心理的時間の取り方を容易にしたとも推定できたが、今後の検討が必要と思われた。

5) また、W 1-W 2 間には、陰性電位の変化は生じず、W 2 に対する予期に関連した、新たな CNV 成分は生じないと考えられた。

## 参 考 文 献

- 1) WALTER, W. G. *et al.* : Contingent negative variation : An electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, **203** : 380-384, 1964.
- 2) NAKAMURA, M. *et al.* : The effect of motor-response-deprivation on contingent negative variation (CNV). II : Information of the warning stimulus. *Folia Psychiat. Neurol. Jpn.*, **30** : 11-17, 1976.
- 3) LOVELESS, N. E. *et al.* : The CNV baseline : considerations of internal consistency of data. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., Suppl.* **33** : 19-23, 1973.
- 4) MCCALLUM, W. C. *et al.* : Late slow wave components of auditory evoked potentials : Their cognitive significance and interaction. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **51** : 123-137, 1981.
- 5) ROHRBAUGH, J. W. *et al.* : Brain wave compo-

- nents of the contingent negative variation in humans. *Science*, **191** : 1055-1057, 1976.
- 6) 中村道彦, 他 : Contingent negative variation. *神経進歩*, **23** : 370-385, 1979.
- 7) GAILLARD, A. W. K. : Effects of warning-signal modality on the contingent negative variation (CNV). *Biol. Psychol.*, **4** : 139-153, 1976.
- 8) KARRER, R. *et al.* : Effect of varying the stimulus and response contingencies on the CNV. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., Suppl.* **33** : 39-43, 1973.
- 9) BECKER, D. E. *et al.* : Directing attention toward stimuli affects the P 300 but not the orienting response. *Psychophysiology*, **17** : 385, 1980.
- 10) HILLYARD, S. A. *et al.* : Effects of stimulus and response contingencies on a surface negative slow potential shift in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **22** : 297-304, 1967.
- 11) WAZAK, M. *et al.* : Relationship of slow potential changes to response speed and motivation in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **27** : 113-120, 1969.