



実験方法の概観は図1の実験ブロックダイアグラムに示されている。

実験は、A. コントロール、B. 速度見越し反応の2つの条件で測定を行なった。

## 2) コントロールと速度見越し反応

被験者は、マイクロスイッチに右手拇指をのせて、安静にして眼前の反応ランプを凝視した状態で、脳波を導出記録した。トリガーパルスは、験者がEOGに注意して、眼球運動のアーチファクトがないことを確認しながら、5秒に1回ずつトリガーし、データレコーダーに脳波と同時記録した。速度見越し反応は、市販の装置がモーターを使用しているので、そのアーチファクトが脳波計に混入するために独自で工夫をしたものを用いた。速度見越し反応装置は、反応加算分析装置ATAC-250 (日本光電社製) のブラウン管上にスリットをあけた黒い厚紙で遮蔽して、ビームの先行側に、目標ライン (黄色) を垂直に設定する。スイッチ ( $S_1$ ) で光ビームが左から右に掃引され、同時に電子ストップウォッチが作動する。そして、光ビームが目標ラインを通過したと判断した時に、被験者はスイッチ ( $S_2$ ) を押し、同時に電子ストップウォッチが停止する仕組みである。

被験者は、眼前2mに設置された速度見越し反応装置を凝視し、ある区間のスリットを水平に走る光ビームを見て、その掃引速度を判断し、光ビームが消失してから目標ラインまでの距離および時間を予想して、光ビームが目標ラインを通過したと思われる時点で、拇指を屈曲しスイッチを押す動作を行なった。トリガーパルスはスイッチを押した時点としてデータレコーダーに記録した。

測定条件は、スリット区間と掃引速度を変えた3つの条件で行なった。

B-1: 光ビーム速度…200msec/div

スリット区間…4 div

(3.2cm, 800msec)

目標ライン…光ビームがスタートしてから8 div (6.4cm)

B-2: 光ビーム速度…500msec/div

スリット区間…4 div

(3.2cm, 1600msec)

目標ライン…B-1と同様

B-3: 光ビーム速度…B-1と同様

スリット区間…2 div

(1.6cm, 400msec)

目標ライン…B-1と同様

反応のためのシグナルは、10～15秒間隔で提示して、各シリーズ所要時間が20分間で、全体としては2時間を要した。実験中、EOGを見ながら眼球運動が激げしくなった時に、適時休息を入れた。

## 3) 脳波の記録

脳波は、直径8mmの皿型銀電極を用い、国際式10-20電極配置法の $C_3$ 、 $C_4$ の前方1cmの部位 $C_3'$ 、 $C_4'$ および $P_0$ の頭皮上に固定し、両側の耳介を連結したものを無関電極として、脳波計 (日本光電社製EV-5) によって、時定数1.5秒で設録した。

## 4) 脳波の分析

脳波の分析は、記録した磁気テープを逆転して、時間を逆方向に追跡し、反応加算解析装置(ATAC-250, 日本光電社製) によって、運動開始前2秒間および5秒間の脳波と40～55回平均加算して行なった。実験中の全脳波は記録紙に記録しておいて、分析に際してそれを逆方向に見て行き、EOGの動揺、およびアーチファクトのある箇所はすべて除外した。

速度見越し反応時間は電子ストップウォッチ (小松測器社製) によって測定した。

## III. 結果および考察

### 1) コントロール

脳波の導出部位において、後頭は $P_0$ 、動作側と反対側皮質運動野は $C_3'$ 、同側皮質運動野は、 $C_4'$ の記号を用いて以後の説明を行う。

$P_0$ : -24 $\mu$ V,  $C_4'$ : -15 $\mu$ V,  $C_3'$ : -13.3 $\mu$ Vの比較的安定した電位が得られた。本実験ではこれを基線にして、速度見越し反応について運動前2000msec～5000msecの電位変化を継時的に測定した。基線より上方への電位変化を陰性とし、下に電位変化をしたものを陽性とした。平均加算の平均回数は44～45回である。(図2)



図2. 安静時の加算脳電図

導出部位は、反対側皮質運動野

$C_3'$ で加算回数は45回行なう。本実験ではこれを control line とした。

## 2) 速度見越し反応

本研究では、Walter らのいうCNVを記録した。CNV電位は警告 — 命令刺激後に、スイッチ押しなどの動作を行なう時に、その2つの刺激間に生じる電位であるが、本研究では、光ビームが消失した時点から目標までの遮蔽された区間に生じたゆるやかな陰性電位をCNVとした。

## 2) CNVと光ビーム速度について

光ビームが見える区間が同じで (4 div - 3.2cm) 光ビーム速度の異なる条件 (200msec/div, 500 msec/div) を比較すると、CNV最大電位は、光ビーム速度が速い場合、 $C_4' \cdot 16.3\mu V$ ,  $C_3' \cdot -17.78\mu V$ ,  $P_o \cdot -20\mu V$  を、光ビーム速度が遅い場合、 $C_4' \cdot -25.6\mu V$ ,  $C_3' \cdot -23.8\mu V$ ,  $P_o \cdot -30\mu V$  を記録した。CNV全体の変化は、CNV全体では  $9\mu V$  の電位差があった。CNV出現時間は動作前約2000msec 頃で、波形のピーク時は動作前1250msec であり、光ビーム速度の違いによって大きな相違は見られなかった。見越し反応時間の誤差は、光ビーム速度が速い場合  $810\text{msec} \pm 233\text{msec}$ , 遅い場合  $656\text{msec} \pm 241\text{msec}$  を記録した。光ビーム速度の相違にかかわらず、類似した波形パターンを導出記録したことは視覚情報量に差があっても、運動準備機構が動作前のある定められた時間から機能しているものと考えられる。本研究については、調整されたタイミング動作は、おそらく動作前2000msec 頃から、なんらかの運動準備機構の関与があると推察される。

CNVは、予想・注意・意欲・決断などの精神的活動を反映しているという報告が数多くある。類似したCNV波形パターンを記録したことは、

予測・決断などの精神的活動を反映していると考え、調整されたタイミング動作は、予測と決断の能力が重要な要素であると思われる。

CNV全体の波形を見ると、CNV電位が光ビーム速度の速い方より遅い方で大きい陰性電位が記録されたことは、スリット区間が同じであるが、目標ラインで正確に動作するために、予測、判断する時間が長いことにより、注意力、集中力が増すこと、また視覚情報量が多いことによる脳内各部の興奮性が高まっていることが考えられる。見越し反応時間の誤差は、光ビーム速度の遅い方が小さいことから考えて、動作前の視覚情報量が多い方がタイミング動作を正確にできると考えられる。(図3, 図4, 図5)

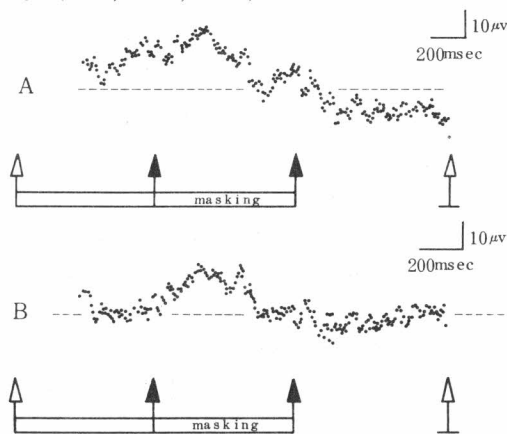


図3. 光ビーム速度の速い見越し反応時のCNV

スリット区間 4 div (3.2cm), 光ビーム速度 200msec/div で  $\uparrow$  から光ビームが見えはじめ,  $\uparrow$  で光ビームが消え, 次の  $\uparrow$  が目標ラインで、被験者はその時点で正確に動作をしたが、実際は  $\Delta$  で遅れて動作をしている。A. 動作肢と反対側の  $C_3'$  で導出40回平均加算。B. 動作肢と同側の  $C_4'$  で導出, 40回平均加算。

破線は図2の control line で A・Bとも遮蔽された部分でゆるやかな陰性の電位変化が見られる。

## 3) CNVとスリット区間

光ビーム速度 (200msec/div), スリット区間 (4 div - 3.2cm) の速度見越し反応の場合, CN

V最大電位は  $C_4: -6.9\mu V$ ,  $C_3: -6.5\mu V$ ,  $P_0: -14\mu V$  を記録した。

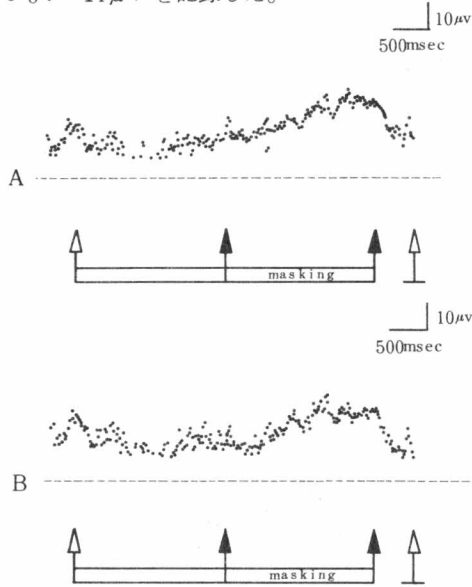


図4. 光ビーム速度の遅い見越し反応時のCNV

スリット区間 4 div (3.2cm), 光ビーム速度 500msec/div, A. 動作肢と反対側の  $C_3$  で導出41回平均加算, B. 動作肢と同側の  $C_4$  で導出41回平均加算, 破線は図2の control line, A・B. どちらも遮蔽された部分でゆるやかな上向きの陰性電位変化が見られる。

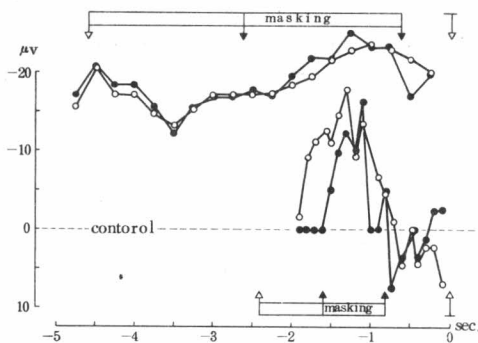


図5. 速度見越し反応時のCNV

動作開始時点として、それ以前2秒および5秒の分析時間を20等分して、それぞれの時間における電位をプロット

した図である。○—○は  $C_3$ , ●—●は  $C_4$  で、分析時間2秒の方が光ビーム速度 200msec/div, 5秒が光ビーム速度 500msec/div の時電位変化である。破線は control line を示す。

光ビーム速度が同じで (200msec/div) スリット区間が異なる条件 (4 div — 3.2cm, 2 div — 1.6cm) の結果を比較すると,  $C_3, C_4$  のどちらの部位でも, スリット区間の長い方が短い方よりも CNV 電位の大きい波形を記録した。スリット区間が短いことは, 視覚情報量が少なく, 予想するに不確定な要素が多いので CNV 電位は大きくなると考えたが, 結果は逆になった。これは視覚情報量の多い少ないが大きな原因であると考えられる。つまり運動準備機構は, ある程度の強さの入力がなければ, その機能を果たさないということが推察される。(図6)

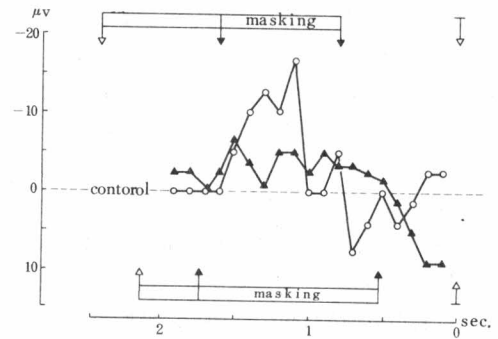


図6. スリット区間の相違によるCNV電位

光ビーム速度は, 200msec/div, ○—○はスリット区間が 4 div (3.2cm) ▲—▲はスリット区間が 2 div (1.6cm) 導出部分は  $C_4$ , 40回の平均加算。破線は control line を示す。

### 3) タイミング動作と運動準備機構

CNVは, 皮質下の中枢活動 — 可能性として視床, 脳幹びまん性興奮 — によって大脳皮質に広汎にひろがるものと報告されている。<sup>10</sup>

また Robert は, 実験動物より視床非特殊核, 尾状核を初めとする皮質下構造から CNV を記録

しており、CNVは皮質下の深部起源であることが示唆されている。CNVの陰性成分は中枢神経系の興奮性シナプス後電位を意味するのではないかという報告もある<sup>22)</sup>。本研究と上記のことを考えると、CNV電位は、複雑な中枢課程を反映していると同時に、一定期間ある特定の感覚入力を選択(注意・意欲・予測・決断)および特定のパターンの形成(構え、タイミング)を反映しているものと考えられる。また受容器(眼)から効果器、(筋肉)までの中枢神経系路は、M. Glickstein<sup>23)</sup>らによると、光刺激は、網膜から外側膝状体を経て、1つは皮質視覚領から皮質運動量への一連の皮質シナプス経路、1つは皮質視覚領から橋を経て小脳へ、さらに腹側視床部を経由して皮質運動野に達する経路、もう1つは皮質視覚領から大脳基底核、腹側視床部を経由して皮質運動領へ達する経路が報告されている。そしてEvarts<sup>23)</sup>らは、運動指令が皮質運動野から錐体路系を経て脊髓前根に達し、 $\alpha$ ・motor neuronを介して効果器の筋へ到達することを報告している。本研究と以上のいくつかの報告から、運動準備機構は、複雑な中枢系路のどこかに中枢を有する経路で、タイミング動作を調節するメカニズムを反映していると考えられる。しかし運動準備機構の中枢、およびそのメカニズムについてはほとんど解明されておらず、今後の大きな研究課題である。

#### Ⅳ. 要 約

- 1) 光ビーム速度の違い、スリット区間の違いによる条件で、 $C_3$ 、 $C_4$ 、および $P_0$ の部位でCNV電位を記録した。
- 2) 光ビーム速度の相違にかかわらずCNV出現時間は、運動前2000msec頃であり、また遮蔽した部分で類似したCNVの波形パターンを記録した。
- 3) 光ビーム速度の違い方が速い方に比較して約 $9\mu V$ 大きいCNV電位を記録した。
- 4) スリット区間の長い方が短い方に比較して約 $7\mu V$ 大きいCNV電位を記録した。

#### Ⅴ. 参考文献

- 1) 調技孝治：タイミングの心理，不昧堂出版，1972.
- 2) 松田岩男編：運動心理学入門，大修館書店，46-48，1976.
- 3) Walter, W.G., Cooper R. Aldrige, V.J., Mc Callum, W.G. and Winter, A.L. : Contingent Negative Variation : an electric sign of sensory motor association and expectancy in human brain, *Nature* 203 : 380-384 1964.
- 4) Law, M.D., Coats, A.C., Rettig, G.M., Mcsherry, J.W. : Anxiety, attentiveness - alertness : a phenomenological study of the CNV, *Neuropsychologia* (Oxford) 5 : 379-384 1967.
- 5) Mc Callum, W.C., Walter, W.G. : The effects of attention and distraction on the Contingent Negative variation in normal and neurotic subjects, *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 25 : 319-329 1968.
- 6) Tecce, J.J., Scheff, N.M. : Attention reduction and suppressed direct - current potentials in the human brain, *Science* 155 : 1436-1439, 1967.
- 7) Irwin, D.A., Knott, J.R., Mac Adam, D.W., Robert, C.S. : Motivational determinants of the "Contingent Negative Variation", *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 21 : 538-543 1966.
- 8) Roberts, C.S. Mc Adam, D.W., Knott, J.R. Irwin, D.A. : Slow potential change in human brain related to level of motivation, *J. comp. physiol. psychol.* 63 : 20-23 1967.
- 9) Low, M.D., Mcsherry J.W. : Further observations of psychological factor involved in CNV genesis, *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 25 : 203-207 1968.
- 10) Jarvilehto, T., Fruhstorfer, H. : Differentiation between Slow Cortical

- potential associated with motor and mental act in man Exp. Brain Res. 11: 309-317 1970.
- 11) Joseph J. Tecce : Contingent Negative variation and Individual Differences - A new approach in. Brain Research, Arch. Gen. psychiat. 24: 1-16, 1971.
- 12) Joseph J. Tecce : Contingent Negative Variation (CNV) and Psychological Processes in Man, Psychol. Bull. 77: 73-108 1972
- 13) 及川俊彦, 藤谷喜子:  
ヒトの脳運動電位について — とくに付随陰性電位 (CNV) との関係,  
脳波と筋電図 1: 3-7 1972.
- 14) Mc Callum, W.C. and Cummins, B. :  
The effect of brain lesions on the contingent negative variation in neurosurgical patient, Electroenceph. clin. Neurophysiol, 35: 449-456 1973.
- 15) Roberts, C.S. and Irwin D.A. :  
Slow potential changes in cat brain during classical appetitive and aversive conditioning of jaw movement, Electroenceph, clin. Neurophysiol. , 27: 152-161, 1969.
- 16) Irwin, D.A. and Robert ; C.S. :  
Slow potential changes in cat brain during classical appetitive conditioning of jaw movements using two levels of reward, Electroenceph. clin. Neurophysiol, 28: 119-126 1970.
- 17) Robert, C.S. :  
Cortical and subcortical slow potentials in the monkeys brain preparatory interval, Electroenceph clin. Neurophysiol, 33: 389-402 1972.
- 18) M. Glickstein : Brain mechanism in reaction time, Brain reserch. 40: 33-37 1972.
- 19) M. Glickstein : ALAN R. Gibson, Visual cell in the pons of the brain Scientific American (Japanese) 7: 82-90 1977.
- 20) 久保田競, 佐藤昌康編:  
現代の神経科学 4, 感覚と行動の神経機構, 127-142 1976.
- 21) 吉井直三郎:  
脳波, エピステーメ, 86-104 1976.
- 22) Picton, T.W. and Hillyard S.A. :  
skin potentials in electroencephalography Electroenceph, clin. Neurophysiol. 33: 419-424 1972.
- 23) Vernon B. Brooks, S.David Stoney. JR. : Motor mechanism : The role of the pyramidal system in motor Control , physiol Review 337-392 1971.