

[原著]

図-地反転図形と視覚誘発電位

1. 主として頂点潜時について

辰 濃 治 郎* 石 倉 正二郎**

(昭和48年7月7日受付)

要 旨

反転図形による視覚刺激に応じて図-地反転の二つの相異なる知覚が生ずる。そのおのおのに対応する視覚誘発電位は刺激自体は物理的に同一であるにもかかわらず同一ではない。すなわち後頭部から頭頂にかけて種々なる部位において二つの知覚の場合の誘発電位を記録すると、いずれの部位においても頂点潜時および振幅において相違が見出だされる。この相違は統計的に有意である。二つの知覚のいずれが生じやすいかにより 150 msec 付近までの頂点潜時ことに 100 msec 付近の頂点潜時が変動し、二つの反応の出現率と頂点潜時の変動率は著明な直線関係を示す。

Keywords: 視覚誘発電位, 図形知覚, 図-地反転現象

略語一覧: VEP: visual evoked potential

緒 言

同一の刺激図形を一定の刺激条件で提示しても、その図形の一部がある場合には図として（ほかの部分が地として）知覚され、ある場合には（他の部分が図として）その部分が地として知覚されることがある¹⁾。このような図-地反転をおこしやすい図形は図-地反転図形（本文中では反転図形と略す。）とよばれる。反転図形による視覚刺激は物理的には全く同一の刺激でありながら知覚的には二つの異なった反応を惹き起す点が重要である。

視覚刺激に応じて大脳視覚領に生ずるヒトの知覚反応は電子計算機を用いて背景脳波の混入したままの電位変動を加算することにより背景脳波から分離して観察されうようになった。かくして得られた視覚誘発電位 (VEP) の解析は閃光刺激に応ずる反応という単純なものから²⁾ 近時は種々の図形刺激に応ずる反応にまで及ん

でいる³⁾。

Jeffreys は水平線により分割された半円図形を刺激図形として用いた場合の VEP を inion から vertex にいたる正中線上の種々の部位から記録し、その VEP のパターンに一定の部位的遷移が存在することを報告した⁴⁾。すなわち水平線より上に描いた半円による刺激と、下に向いた半円による刺激とでは二つの異なった部位的遷移が観察され、彼はこの相違を視野の上または下の刺激が視覚領のそれぞれに対応する部位に反応を惹き起すからであると結論した。

このような網膜上の刺激部位が視覚領の反応部位と固定した対応をもつという主張が正しいとするならば、反転図形の誘発する電位変動はその二つの異なる知覚のいずれにおいても相等しいことになるはずである。そしてもしこれが事実であるとするならば図あるいは地の知覚という二つの異なる皮質活動は VEP には反映されない

* 千葉大学医学部第一生理学教室, **千葉大学人文学部心理学教室

** (現在所属) 電通, マーケティング局調査部

JIRO TATSUNO*, SHOJIRO ISHIKURA**: Reversible Figures and Visual Evoked Potential
I On the Peak Latency.

* Department of Physiology, School of Medicine, Chiba University. ** Department of Psychology,
Faculty of Humanities and Social Sciences, Chiba University.

Received for publication, July 7, 1973.

ことになる。もし逆に二種の知覚が異なった VEP として現われるならばその相違点は何であるかが問題となり、この点から知覚の本態に関する追究の糸口が得られるであろう。

本論文は図-地反転図形を用いる実験によって大脳皮質の部位的決定論に対して検討を加えるとともに、大脳皮質が知覚に関与する態度の一部を明らかにし、刺激に対する被験者の反応の容易さが VEP において頂点潜時の促進という形になって現われてくることを述べる。

方 法

健康な大学生および大学職員の男女それぞれ3名を被験者とした。ほとんどが以前に図-地反転実験の被験者としての経験がある。年齢は1名を除いて20才台である。矯正視力を含めて視力は1.0以上である。被験者は遮光遮音したシールドルーム内の椅子に座りスクリーンに面し、そのスクリーンの中央の注視点を凝視する。一部の実験では人口瞳孔を用いて視線を固定し、また全実験において眼球の運動をモニターし、移動の激しい場合は解析から除去した。

スクリーンにプロジェクター (ELMO 製 S-30) を用いて図1に示すような反転図形を投影し刺激とした。反転図形は白と黒の6個の扇形よりなり、図1Aは黒地と白地の比が60:60であり、Bは90:30、Cは30:90である。おのおの黒の扇形が上方に向うもの (Uをもって表す。) と下方に向うもの (Dをもって表す。) の二通りの提示を行なったので計6個の刺激図形を用いたこ

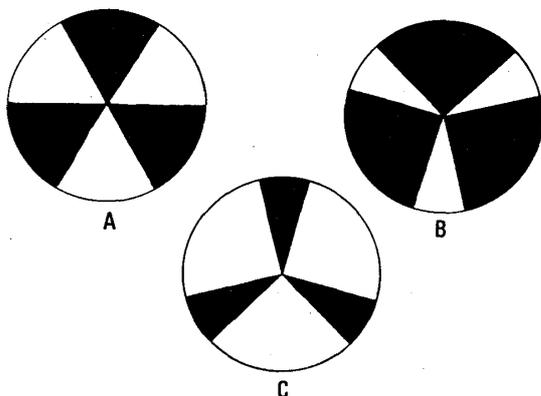


図1. 刺激図形

- A 中心角 60° の黒色扇形 3 個と中心角 60° の白色扇形 3 個よりなる。
- B 中心角 90° の黒色扇形 3 個と中心角 30° の白色扇形 3 個よりなる。
- C 中心角 30° の黒色扇形 3 個と中心角 90° の白色扇形 3 個よりなる。

ことになる。図形の大きさはスクリーン上で直径 50 cm で視覚としては約 17° である。白・黒の扇形部分および灰色背景の照度はそれぞれ 250 lux, 4.5 lux, 6.5 lux であった。刺激の提示時間はほぼ 1 秒で刺激と刺激の間の時間間隔は 5~10 秒であった。刺激は出現頻度の小さい方の反応が 30 回に至るまで繰返すことを原則とした。

VEP 記録のための電極は国際法に規定された O_z , P_z および C_z の部位におき不関電極は両耳朶におき単極導出を行なった。電極は直径 8 mm の Ag-AgCl の皿電極を用いた。観測部位の電位変動は脳波計 (東芝 EEG 23 A) で増幅しデータレコーダー (TEAC R 70) に貯蔵した。プロジェクターの明滅は CdS を用いた photo sensor で電圧変化に転換し、データレコーダーの 1 チャンネルに貯蔵し、再生時 ATAC のトリガーとして用いた。

被験者は刺激図形を知覚した第一印象で図となる部分が黒か白かまたはどちらともいえないかをプッシュボタンによって刺激図形の提示後に報告する。黒を黒とした反応 (以後黒反応と略す) か白を白とした反応 (以後白反応と略す) かに従ってデータレコーダー再生時に加算解析装置 (日本光電 ATAC 501-20) のそれぞれのチャンネルにふりわけて加算した。刺激時点より 512 msec の間を 256 個に分割して分析したので、2 msec ほどの電位をデジタル化している。

加算結果は紙テープにパンチアウトし、ミニコンピュター (日立 HITAC 10 II) によって解析した。すなわち出現頻度の異なる黒反応と白反応を標準化して振幅の大小を直接比較できるようにしてグラフとして描かせ、また両反応の差もグラフ化し、その差の総和を一定時間ごとに集計するなどの処理を行なった。

黒反応と白反応の差が有意であることを確かめるため両反応に関係なくランダムに 30 回加算して VEP を求めこれを 10 箇所で行ない、10 個の VEP の頂点潜時の標準偏差を求め、黒反応、白反応の頂点潜時の平均の頂点潜時からの偏倚と標準偏差値を比較して偏倚の有意性を確かめた。また刺激前の電位変動を観察するためデータレコーダーの逆転によりトリガーより 130 msec 前にパルスを作り、これにより ATAC による加算を行なった。

実 験 成 績

1. 黒反応と白反応の出現率

同一図形を繰返し提示した場合の黒反応 (B), 白反応

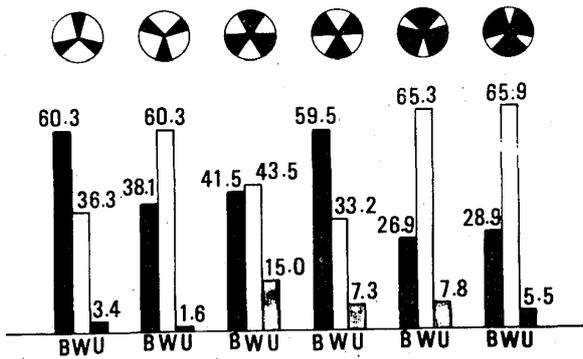


図 2. 黒反応と白反応の出現率

B: 黒反応, W: 白反応, U: 判断不能, 数字は百分率で表わした出現率, 刺激図形はヒストグラムの上に示した。

(W) およびどちらともいえないという反応 (U) の出現率を各刺激図形ごとに全被験者について算出し平均値を求めた。図 2 にその結果を示す。

60°-60° の刺激図形では U および D ともに黒反応と白反応の出現率は同率で, 90°-30° では白反応の出現率が高く, 30°-90° では黒上の場合に黒の出現率が高い。以上は面積比の異なる場合はその小さい図形の方が図に

なりやすいというゲシュタルト理論と一致する。ただし 30°-90° 黒下では例外的に白反応の出現率が大きい。

2. 黒反応および白反応の VEP

開眼による α 波抑制のため 30 回程度の加算で SN 比の改善は著しく VEP が顕著となる。図 3 に 60°-60° D の一例を示す。実線は黒反応, 破線は白反応の誘発電位で上段は C_z , 中段は P_z , 下段は O_z での記録である。黒反応と白反応の出現の比は 30:103 で白が約 3 倍出やすい。

黒反応については O_z において約 60 msec に著明な陰性の頂点があり, P_z と C_z ではそれぞれ約 90 msec と 100 msec に著明な陽性の頂点がある。Cigánek の III²⁾ に相当するこの頂点が部分的に遷移し, ことに P_z と O_z 間で極性が逆転する点は Jeffreys の全円図形の刺激に対する反応の遷移とすこぶるよく一致する。白反応は黒反応に比べて上記の頂点にいたる潜時が短縮していることが注目される。 C_z および P_z では 130 msec 付近の陰性頂点もその潜時が短縮している。この頂点潜時の短縮と出現率の関係は後に述べる。

150 msec から 300 msec のいわゆる二次反応²⁾の範囲

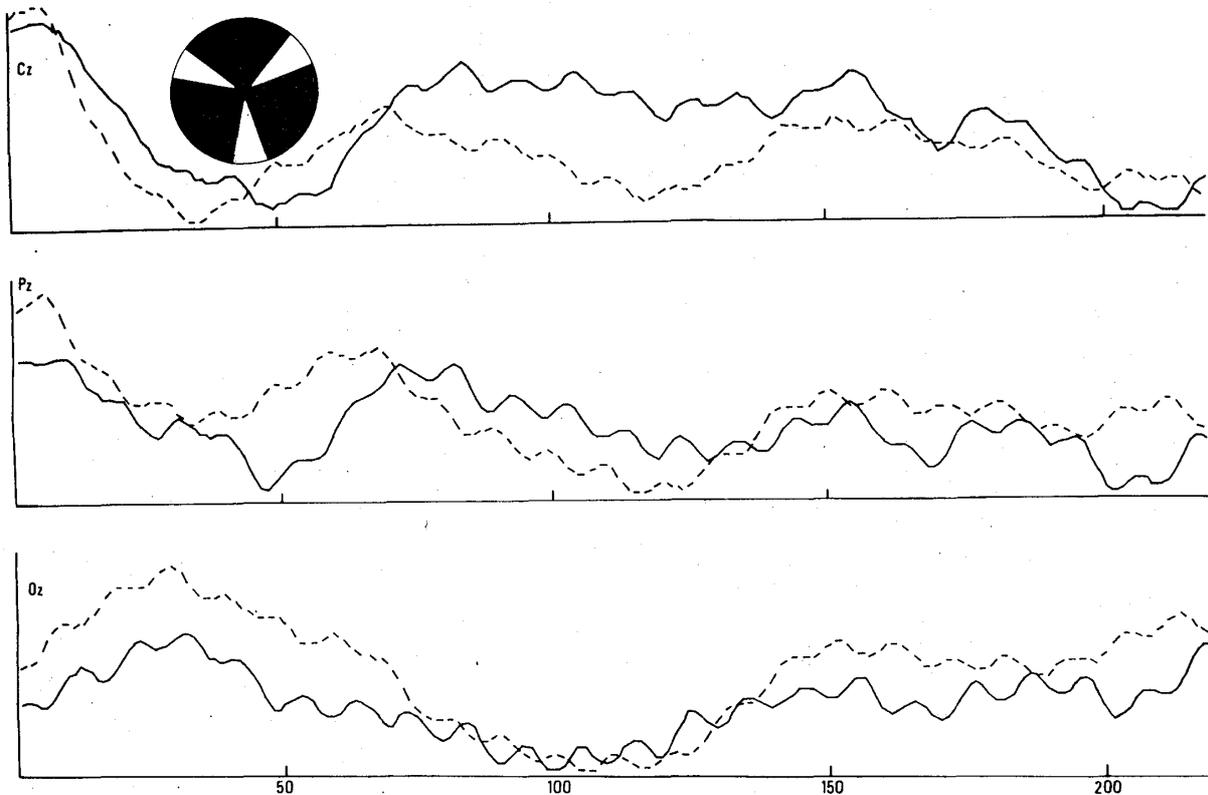


図 3. 視覚誘発電位の部分的遷移

60-66 D の刺激に対する反応の一例。実線は黒反応, 破線は白反応を示す。上段は C_z , 中段は P_z , 下段は O_z での単極導出による記録, 黒反応と白反応の出現の比は 30:103。横軸の数値はアドレスを示し実時間は $\times 2$ msec である。上方の振れが関電極の陰性を示す。

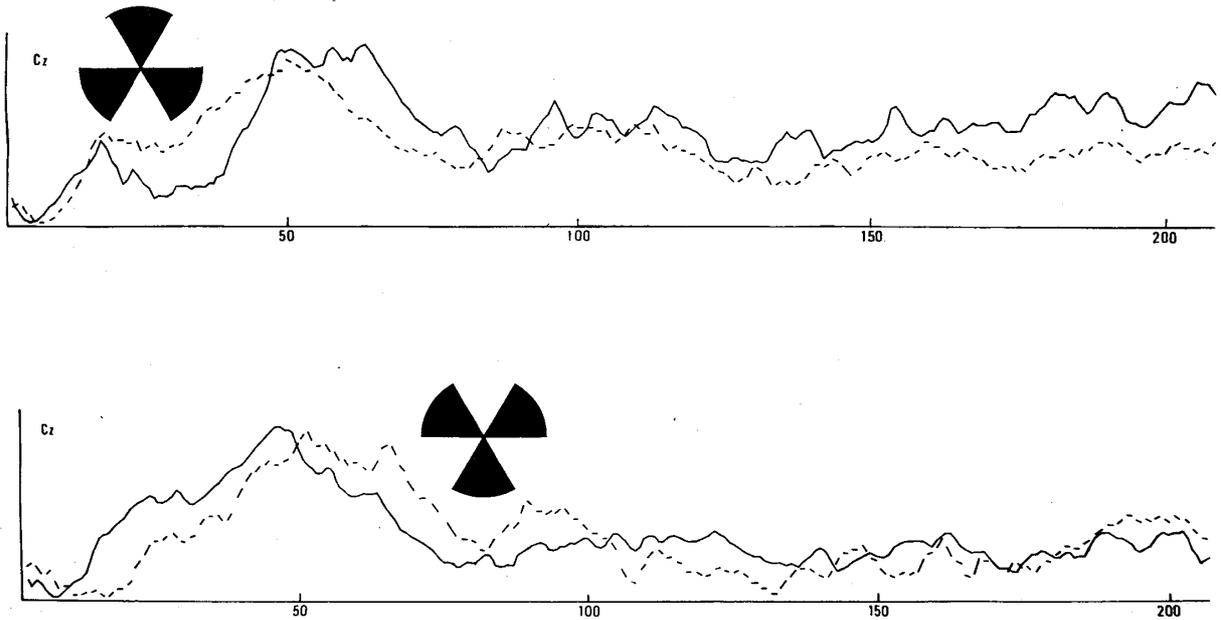


図 4. 出現率の差による頂点潜時の変化
 上段は 60-60 U の C_z における黒反応 (実線) と白反応 (破線), 出現の比は 26:67。
 下段は 60-60 D の C_z における黒反応 (実線) と白反応 (破線), 出現の比は 44:34。
 横軸の数値はアドレスを示し実時間は $\times 2$ msec。上方の振れが C_z の陽性を示す。

では図 3 にも見られるように黒反応と白反応の間の振幅の差が著しく、それは C_z に最も大きく次いで P_z で、 O_z ではあまり明瞭でない。この所見はほとんど全例に共通して観察された。これよりさらに後の部分では VEP のパターンも不定となるし黒・白反応の差も一定の傾向を示さなくなる。この二次反応における VEP と知覚との関係は別の論文に詳述する。

3. 頂点潜時の差異について

先に述べたように 150 msec 付近までの黒反応と白反応の VEP の差は頂点潜時の差に由来するように考えられる。この頂点潜時の差は出現率と関連を有すると推測された。すなわち、図 4 に 1 例を示すごとく、上段の 60-60 U で黒反応対白反応の出現の比が 26:67 の時は破線で示される白反応の頂点潜時が短縮され、逆に下段の 60-60 D で、44:34 の比で黒反応が出現しやすい場合実線で示される黒反応の頂点潜時は短縮している。換言すれば、出現率が逆転する時、その潜時の大きさも逆転する。

この出現率と頂点潜時との関係は、60~100 msec に見られる O_z での陰性波、 P_z 、 C_z での陽性波で最も著明で全被験者のほぼ全記録に認められる。一方ほかの頂点潜時においては、その関係はかなり不確実となる。

六つの刺激図形の刺激において、黒反応と白反応との比が比較的広い範囲に散らばる二人の被験者について、

上記の頂点潜時で黒反応に対するものを L_B 、白反応に対するものを L_W として $(L_B - L_W) / L_B$ を計算してこれを縦軸に、それに応ずる黒反応および白反応の反応数をそれぞれ F_B 、 F_W として $F_B / (F_B + F_W)$ を横軸にとって

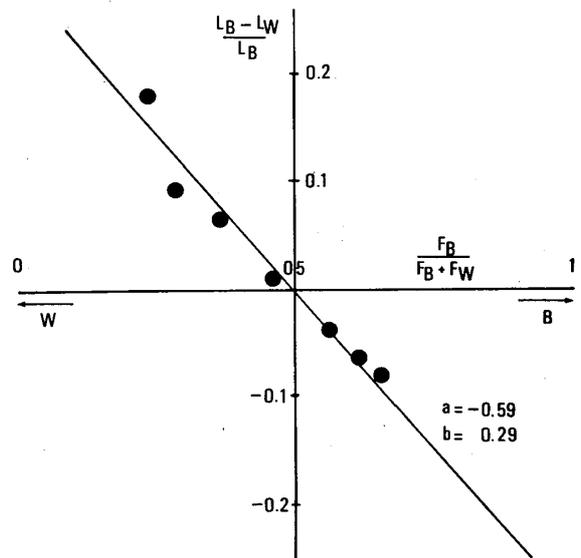


図 5. 黒・白反応の出現率と両反応の潜時の差の関係

F_B : 黒反応の出現数 L_B : 黒反応の潜時
 F_W : 白反応の出現数 L_W : 白反応の潜時
 矢印は黒反応 B および白反応 W の増大する方向。黒丸を結ぶ直線 の方向係数を a Y 軸の切片を b で示す。

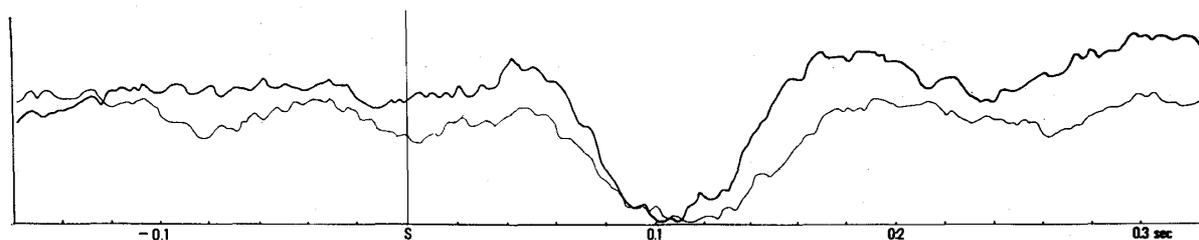


図 6. 刺激前 130 msec からの加算の一例

太線は黒反応、細線は白反応。S は刺激時点 60-60 D に対する O_z での反応。黒反応と白反応の出現の比は 44:34。刺激前すなわち S より左側において黒反応に特別な所見が認められない。これは刺激前に潜時の短縮を惹起す原因となる現象が生じていないことを示す。

両者の関係を示したものが図 5 である。

$F_b/(F_b+F_w)$ の存在する範囲で、きわめて明瞭な直線関係が存在し、最小二乗法によりその直線は $Y = -0.59X + 0.29$ と求められた。0.5 すなわち黒反応と白反応が同数で出る場合潜時の差も 0 にきわめて近いことが図から読み取れる。

4. 頂点潜時の差に関する検討

これらの頂点潜時の差が偶然的なものでないことは上述の明瞭な直線関係からも推測されるが、さらにランダムに 30 個の反応を加算したものを 10 個つくり、これから平均と標準偏差を求め黒反応および白反応の平均からの偏倚と標準偏差との比較を行なった。両反応の偏倚はほとんど 2σ と 3σ の間にあり、時に 3σ を越える。これより偏倚は 5%~0.3% の危険率で有為であることがわかる。

つぎに頂点潜時の短縮が VEP 全体の前方向への移動すなわち刺激を予期して刺激提示前になんらかの反応が開始されるという可能性を除くため、刺激前 130 msec にトリガーポイントを移し、これから加算を行なって黒反応と白反応を比較したが、図 6 に見られるように黒反応の頂点潜時短縮は 100 msec および 160 msec 付近のみで刺激時点付近には両反応の間に特別な反応の差は認められなかった。

考 察

物理的に同一であり網膜上には同一の結像をする反転図形が知覚の段階で二種に分かれる時そのおのおのに対する VEP は同一ではない。これは Jeffreys の主張する⁴⁾ 網膜上の点と大脳視覚領の点に対応しているという説に大きな疑問を生ぜしめる事実である。そして大脳皮質が単なる感覚の受理でなく、図-地の判別のごときさらに高度な処理を行なう知覚の場であると考え、そ

こに生ずる VEP がその知覚の内容に従って変容すると考える方が自然であり、この実験の結果もそれを示すものである。

反転図形の刺激が惹起す二つの反応の直違は、一次反応の範囲内では主として頂点潜時の差に由来することが見出だされた。因みに二次反応の範囲ではその相違は振幅の差が主となる。

黒反応、白反応の差の最も著明な 100 msec 付近の頂点は Cigánek の III, Speck らの III に相当する電位変動だが、この一次反応の最も遅いしかし最も優勢な波は多シナプス径路を経て大脳皮質に到達する複雑な過程を反映しそれ故内容の大きな信号の処理過程と考えられる。この頂点潜時が刺激強度に左右され、強刺激で潜時の短縮が報告されている⁵⁾。このような外的因子によるばかりでなく、出現率の大きさに顕われる反応の“容易さ”という心理的機制がこの頂点潜時の短縮に明瞭な関係をもつことが明らかにされた。なお、この波の振幅が注意の集中度によって変化することは、Cigánek⁶⁾ によって観察されている。

図形視の場合の VEP が二次反応の部分で陽性方向に向かう波を作ることは多くの研究者に確認されているが⁷⁾、本研究でも出現率の高い反応はより著明な陽性方向への振れを示し、それゆえ二反応の間に振幅の差が生じた。その点については別の論文で論ずるつもりである。

この論文の一部は第 50 回日本生理学会大会で報告した。なお、本研究にあたり多大のご援助をいただいた千葉県精神衛生センターの諸兄姉ことに岩崎巧氏に厚く謝意を表す。

SUMMARY

Two opposite perceptual responses to pres-

entations of a reversible figure gave rise to two different visual evoked potentials, despite of the physically identical stimulation. The differences of the two VEPs consisted in the amplitude of the late components and in the latencies of the peaks appeared between 50 and 100 msec. Especially the peak latency around 100 msec was susceptible to the appearance ratio of the two perceptual responses and the shortening of the peak latency occurred in accord to the high rate of appearance of the response. $(L_B - L_W)/L_B$ was found to have distinct linear relation to $F_B/(F_B + F_W)$. The fact suggested that easiness of the response facilitated the cortical mechanism which produced the visual evoked potential.

文 献

- 1) 和田陽平, 大山 正, 今井省吾 編: 感覚+知覚心
理学ハンドブック, 460-477, 誠信書房, 東京 1969.
- 2) Cigánek, L.: The EEG response (evoked potential) to light stimulus in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 13, 165-172, 1961.
- 3) Regan, D.: Evoked potentials in psychology, sensory physiology and clinical medicine. 52-65. Chapman and Hall LTD., London, 1972.
- 4) Jeffreys, D. A.: Cortical source locations of pattern-related visual evoked potentials recorded from the human scalp. *Nature*, 229, 502-504, 1971.
- 5) Cobb, W. A. and Dawson, G. D.: The latency and form in man of the occipital potentials evoked by bright flashes. *J. Physiol.*, 152, 108-121, 1960.
- 6) Cigánek, L.: Some problems of measurements of the evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 24, 281, 1968.