数字及び拡散光弁別課題下での反復呈示刺激 に対する視覚誘発電位の増大

富山大学 室橋春光

**An enhancement of human visual evoked potentials to stimulus repetition during
number and diffuse light discrimination tasks**

MUROHASHI, Harumitsu

Department of Special Education, Faculty of Education, Toyama University
3190 Gofuku, Toyama 930, Japan.

Amplitude characteristics of visual evoked potentials to number (sharp contour) and blurred spot (diffuse contour) stimuli were examined in this experiment. Five male and two female college students were exposed to a series of trials. Each trial consisted of the presentation of seven successive stimuli — a warning stimulus followed by a first triplet of three identical stimuli (stimulus positions 1-3) and a second triplet of another three identical stimuli (positions 4-6). For the numerical stimuli which possessed sharp contours, subjects were required to identify the stimulus pattern by name. For the blurred spot stimuli with diffuse contours, only eye fixation was required of the subjects. Analysis of occipital P260 amplitude revealed significant enhancement at stimulus positions 2 and 3 for the numerical stimuli but not for the blurred spot stimuli. These findings were discussed in terms of the representation process during visual perception.

Key words : visual evoked potentials, occipital P260 enhancement,
contour clearness, pattern processing.

視覚誘発電位(VEP)の後頭部成分のひとつである潜時170msの陰性波(N170)の振幅は、視覚的選択あるいは注意に対応して変動する(Harter & Guido, 1980)。潜時270msの陽性波(P270)の振幅も注意に対応して変動することが指摘されている

が(Donchin & Cohen, 1967), この成分に対応する心理学的機能はまだ十分解明されたとはいえない。

Kitajima, Murohashi, & Kanoh (1980, 1981) は、数字(文字)とチェッカー模様の刺激を継時的に反復呈示する方法によってP270の分析を試みた。その結果、後頭領P270の振幅値が数字刺激及びチェッカー模様の刺激の反復呈示により増大

することを見出した (Kitajima, Murohashi, & Kanoh, 1983)。同一刺激の反復呈示は、誘発電位の振幅値を減少させるといわれている (e.g., Callaway, 1973)。しかし Kitajima et al. (1980, 1981, 1983) の結果は、後頭領導出 VEP の P270 がボタン刺激弁別課題の処理に伴うある種の心理学的機能を反映することを示唆している。

刺激を反復呈示すると知覚学習が進行し、その刺激に対する処理のありかたが変化する (Gibson & Gibson, 1955)。視覚情報処理理論によれば、刺激情報は特徴検出系により処理された後に知覚表象として合成され記憶される (e.g., Lindsay & Norman, 1977)。このような基礎的段階の情報処理においては、知覚学習の影響を受けにくい。他方、高次の処理は、知覚学習の影響を受けやすい (Rumelhart & Siple, 1974)。Kitajima et al. (1980, 1981, 1983) の実験では被験者は大学生であり、数字や文字のような刺激については過剰学習をしている。他方、チェッカー模様については、必ずしも過剰学習をしていない。したがって数字や文字が刺激として反復呈示されるといちはやく知覚学習が進行し、チェッカー模様よりも初期に安定した知覚的表象化が行われるといえる。すなわち、Kitajima et al. (1980, 1981, 1983) における後頭領導出 P270 成分は刺激の反復呈示に伴う振幅値変化からみて、安定した知覚的表象化に関連している可能性がある。

Harter & Guido (1980) は、grating あるいは拡散光を呈示し、視覚的注意を向けたときの VEP を検討した。その結果、潜時 150–250ms の後頭領導出の陰性変動成分は、輪郭の有無により変化した。Kitajima et al. (1980, 1981, 1983) における後頭領導出 P270 成分は、その潜時からみると輪郭の処理になんらかのかたちで関わりをもつ可能性がある。輪郭の処理はより高次の視覚情報処理段階に属し、知覚的表象の形成により直接的に関与すると考えられる。よって本論文では、明瞭な輪郭の有無が後頭領導出 P270 成分に及ぼす影響を検討

することを目的とする。

方 法

被験者 視力 (矯正視力を含む) の正常な大学生 7 名 (男子 5 名, 女子 2 名)。

刺激 3 種類の刺激を用いた。そのうち 2 種類は課題刺激, 1 種類は警告刺激である。課題刺激のひとつは、2 から 9 までの数字である (数字刺激)。この刺激の作成には、12×12 ユニットのチェッカーボード基盤 (1 ユニットの幅は 5 mm×5 mm で、全ユニットに対角線がいてある) を用い、斜線を含めて各数字刺激を作成した (Fig. 1 参照)。他の課題刺激は輪郭の不明瞭なほぼ円形の刺激 (拡散円光刺激) で、数字刺激の基盤と同じ大きさの灰色の色紙を長焦点レンズ ($f=135\text{mm}$) の焦点をずらして接写することにより作成した。警告刺激は、12×12 ユニットのランダムボタンとした (Fig. 1 参照)。これら 3 種類の刺激はいずれも、そのネガをスライド刺激として利用した。いずれのスライド刺激も図柄は白、背景は黒で、図柄部分の明るさは約 3 cd/m^2 、チェッカーボード基盤の視角度は約 3° であった。刺激持続時間は 300ms で、スライドプロジェクターに高速シャッターを装着することによりコントロールした。

Fig. 1 A schematic presentation of the stimulus sequence. One sec. after the stimulus in position 6, the subjects were required to report the number in each triplet. Blurred spot stimuli were presented in the same way as that for the number stimuli except no verbal report was required.

手続き 数字試行と拡散円光試行を実施した。いずれも7つの刺激から成り、最初に警告刺激、次に最初の課題刺激3つ（同一課題刺激の反復呈示、これらを第一課題刺激列と呼ぶ）、さらに次の課題刺激3つ（同一課題刺激の反復呈示、第二課題刺激列）で構成した。ひとつの試行内では、第一、第二いずれの課題刺激列も同じ種類の刺激を呈示した。なお数字試行では、第二課題刺激列に現われる数字は、第一課題刺激列に現われる数字とは異なる場合があった（異／同比は0.5で、同刺激試行と異刺激試行はランダムに配列）。第一及び第二課題刺激列内の刺激を区別するために、呈示順序に従って第一課題刺激列の一番目の刺激を刺激位置1の刺激と呼び、以下刺激位置2、3の刺激と呼ぶ。また第二課題刺激列の一番目の刺激を刺激位置4の刺激と呼び、以下刺激位置5、6の刺激と呼ぶ。警告刺激と刺激位置1の刺激との刺激間隔（on-on）は1500ms、第一及び第二課題刺激列内の刺激間隔はいずれも1000ms、また刺激位置3の刺激と刺激位置4の刺激との刺激間隔は1500msであった。

26試行を1ブロックとして6ブロックの刺激呈示を行った。試行間隔は不規則で平均20s、ブロック間には休憩（約2min）を入れた。ブロック内では数字試行と拡散円光試行の数は等しく、それらの出現順序はランダムになるように配列した。

被験者は電氣的遮蔽を施した暗室内に置かれた歯科用安楽椅子にすわり、その約1m前方にあるプラスチック製半透明スクリーンに映写されるスライド刺激を両眼視条件で観察した。暗順応後、被験者に対してスクリーン中央に常に呈示される赤色凝視点を見るように教示した。数字試行に対する課題は、第一及び第二課題刺激列に現われるふたつの数字を読み取り、最終刺激呈示の約1s後に読みとった数字を口頭で報告することであった。拡散円光試行では、第一・第二いずれの課題刺激列の刺激も全て同一の拡散円光であった。この試行に対する課題は、注視する必要はないが呈

示刺激から視線をそらさないことであり、各試行後の報告は求めなかった。

脳波記録 電極は皿型銀—塩化銀電極で、国際10-20法による前頭領左右（F₃, F₄）、中心領中央（C_z）、頭頂領左右（P₃, P₄）、及び後頭領左右（O₁, O₂）に配置した。また基準電極は両耳垂結合とした。他に、右眼上側及び右側に、眼球運動を監視するための電極を配置した。脳波計（周波数帯域 0.1Hz—3kHz、時定数1.5s）の出力はFMデータレコーダ（周波数帯域 d.c.—1.25kHz）により記録した後、これを再生してミニコンピュータにより加算処理した。脳波及び眼球運動記録は記録紙に残し、眼球運動や体動の生じた試行は加算時に除外した。加算処理は警告刺激及び5つの課題刺激（刺激位置1—5）のそれぞれを含む8s間について行った。なお刺激位置6の刺激については、この刺激呈示に続いて行われる口頭報告の準備のアーチファクトが混入しやすいため、加算処理をしなかった。加算回数は40-60回で、分析精度は7.8ms／pointであった。

データ分析 視覚誘発電位上の成分のピーク振幅値は、各刺激呈示前後約50msずつ計約100ms間の平均電圧値をベースラインとして測定した。視覚誘発電位の成分振幅値の刺激間変動を検討するために、刺激位置2及び3の刺激に対する各成分振幅値から、刺激位置1の刺激に対する同一成分振幅値をそれぞれ差し引いた。そしてその差の大きい方の値を、刺激位置間変動の指標として用いた。振幅値変化の統計的有効性の検定には、主に、繰り返しを伴う二元分散分析（刺激の種類対電極位置）を用いた。

結 果

被験者7名の警告刺激及び課題刺激（刺激位置1-5）に対する視覚誘発電位を総計した波形をFig. 2に示す。これらの波形は、中心領中央（C_z）、後頭領左右（O₁, O₂）から導出・記録したものである。なお右端には眼球運動記録（E. M.）を示

した。Fig. 2をみると、中心領中央導出のVEP波形には、潜時約140msの陰性成分(N140)、潜時約200ms及び300-500msの陽性成分(P200, P350)が認められた。そして第一課題刺激列に対するVEP波形では、各成分とも、数字刺激と拡散円光刺激に対する振幅値の差は小さい。他方、後頭領導出VEP波形では、数字試行に対してのみ潜時約180msの陰性成分(N180)及び潜時約260msの陽性成分(P260)が明瞭に認められた。

前頭領、中心領及び頭頂領から導出したVEPの陰性成分(N140：前頭領及び中心領、あるいはN180：頭頂領)とふたつの陽性成分(P200：前頭領及び中心領、あるいはP260：頭頂領、ならびにP350：前頭領、中心領及び頭頂領)の各振幅値の被験者間平均値をFig. 3に示す。またFig. 4には、後頭領導出VEPの陰性成分(N180)及び陽性成分(P260)の被験者間平均値を示す。

Fig. 2 VEP and EOG waveforms averaged over seven subjects for the number and blurred spot stimuli. Stimulus positions WS and 1-5 are seen along the ordinate.

なお各グラフにおける刺激位置1の左側にある黒丸及び四角は、警告刺激に対する各成分の平均振幅値を示す。

Fig. 3 The centrofrontal and parietal VEP amplitude values measured from the baseline for the number and blurred spot stimuli. Each trace was obtained through averaging the VEP amplitude values over seven subjects. The numbers on the abscissae of each panel indicate the intratrial stimulus positions. Amplitude values for the warning stimuli are shown near position 1.

Fig. 4 The occipital VEP amplitude values measured from the baseline. All details are the same as those in Fig. 2, except that P350 amplitude values are not shown.

後頭領導出N180成分

刺激位置1-3における数字刺激に対するN180の刺激位置間の振幅値変化（刺激位置1の刺激に対するN180振幅値と、刺激位置2あるいは3の刺激に対する同成分振幅値の差）と、拡散円光刺激に対する同成分の刺激位置間の振幅値変化を比べたとき、有意な差は生じなかった。3つの刺激位置（1,2,3）におけるN180振幅値の各値をデータとして用いたときには、数字刺激と拡散円光刺激に対するN180振幅値の間に有意差が生じた（ O_1 について、 $F(1,42)=10.49$, $p<0.005$ ； O_2 について、 $F(1,42)=22.37$, $p<0.005$ ）。

後頭領導出P260成分

刺激位置1の数字刺激に対するP260振幅値は、同位置の拡散円光刺激に対するP260振幅値とはほぼ等しかった。しかし数字刺激に対するP260の刺激位置間(1-3)振幅値変化と、拡散円光刺激に対する同成分の振幅値変化を比べたときには、有意な差が生じた（ $F(1,28)=4.21$, $p<0.05$ ）。Fig. 4にみられるように、数字刺激に対するP260の振幅値変化の方が拡散円光刺激に対する変化よりも明らかに大きい。また刺激位置1,2,3の各刺激に対するP260振幅値をデータとしたとき、数字試行においてのみ各刺激位置の刺激に対する同成分の振幅値間に有意差が生じた（ O_1 について、 $F(2,24)=6.14$, $p<0.025$ ； O_2 について、 $F(2,24)=3.88$, $p<0.05$ ）。

前頭領ならびに中心領及び頭頂領導出 VEP 成分

5つの電極位置（ F_3 , F_4 , Cz , P_3 , P_4 ）から導出した陰性成分（N140あるいはN180）について、数字刺激に対する刺激位置間(1-3)の振幅値変化と拡散円光刺激に対する振幅値変化を比べたとき、有意な差は生じなかった。

5つの電極位置（ F_3 , F_4 , Cz , P_3 , P_4 ）から導出した陽性成分（P200あるいはP260、及びP350）の振幅値は、いずれも刺激位置1において最大で、

刺激位置2及び3で減少した。しかし数字刺激に対するこれらの成分の刺激位置間(1-3)の振幅値変化と拡散円光刺激に対する振幅値変化を比べたときには、有意な差は生じなかった。

考 察

本実験における後頭領導出の後期陽性成分P260は、数字、拡散円光の両刺激の反復呈示に対して振幅値の増大を示した。このとき、拡散円光刺激の反復呈示に対するP260振幅値の増大はわずかであり、数字刺激に対してのみ有意な振幅値の増大を生じた。

Megela, Teyler, & Hesse (1977) 及び Megela & Teyler (1979) は、視覚刺激（言語刺激及び非言語刺激あるいは拡散光）を凝視するのみの条件でそれらを反復呈示したとき、後頭領導出の陰性－陽性成分（潜時100-200ms）の振幅値が次第に減少することを示した。この結果は、視覚刺激が凝視条件のみで反復呈示されるときには、後頭領導出の後期陽性成分の振幅値は減少することを示している。したがって本実験において課題刺激の反復呈示により生じた後頭領導出の後期陽性成分P260の振幅値増大は、課題解決過程の進行に伴う特異的な現象であると推定される。

Harter & Guido (1980) は、潜時150-250msの後頭領導出の陰性変動成分が刺激に輪郭が存在する場合にのみ生ずることを示した。本実験では、数字試行における後頭領導出のN180振幅値は、拡散円光試行における同成分振幅値よりも有意に大きかった。この結果は輪郭処理に関連する陰性変動が、数字刺激に対するN180振幅値に反映されたことを示しているといえよう。

一方、数字試行における後頭領導出のP260の振幅値変化は、拡散円光試行における同成分の振幅値変化よりも明らかに大きかった。このP260の振幅値増大については、陽性成分独自の増大を反映するものではなく、視覚的注意の減少に伴う陰性変動成分の減少に附随した現象であるとみる

考えもある。すなわち、陰性変動成分が P 260 に重畳しているために、陰性変動成分の減少によってみかけ上の P 260 振幅値が増大したとみる考え方である。しかし、刺激位置 1 では刺激の弁別が行われたと推定されるにもかかわらず、数字刺激に対する P 260 振幅値は拡散円光刺激に対する同成分振幅値にほぼ等しかった。したがって本実験における後頭領導出 P 260 は、輪郭処理に直接関連するような陰性変動を反映したとはいいがたい。一方、数字試行における刺激位置 1 から 2 あるいは 3 にかけての P 260 の振幅値変化は、拡散円光試行の場合よりも有意に大きかった。この結果は、P 260 が輪郭処理に続いて生ずる安定的な知覚表象形成のための、なんらかの最終的な処理段階を反映することを示唆している。しかし、この解釈については輪郭の複雑度や表象化の水準を統制することにより、今後さらに詳細に検討する必要がある。

引用文献

- Callaway, E. 1973 Habituation of averaged evoked potentials in man. In H. V. S. Peek & M. J. Herz (Eds.), *Habituation*. vol. 2, *Physiological Substrates*. New York : Academic Press. Pp. 153-174.
- Donchin, E., & Cohen, L. 1967 Averaged evoked potentials and intramodality selective attention. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 22, 537-546.
- Gibson, J. J., & Gibson, A. E. 1955 Perceptual learning : Differentiation or enrichment? *Psychol. Rev.*, 62, 32-41.
- Harter, M. R., & Guido, W. 1980 Attention to pattern orientation : Negative cortical potentials, reaction time and the selective processes. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 49, 410-475.
- Kitajima, S., Murohashi, H., & Kanoh, M. 1980 Visual evoked potentials associated with the verbal and non-verbal problem-solving processes. *Biol. Psychol.*, 10, 103-114.
- Kitajima, S., Murohashi, H., & Kanoh, M. 1981 Task redundancy and an enhancement of the late positive components in human visual evoked potentials. *Biol. Psychol.*, 12, 223-236.
- Kitajima, S., Murohashi, H., & Kanoh, M. 1983 Stimulus repetition and an amplitude increase of the occipital late positive component in the human visual evoked potentials. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 55, 567-574.
- Lindsay, P. H., & Norman, D. A. 1977 *Human Information Processing : An Introduction to Psychology*. New York : Academic Press.
- Megela, A. L., Teyler, T. J., & Hesse, G. W. 1977 ERP response decrement and recovery as a function of stimulus type and scalp location. *Physiol. Behav.*, 19, 15-22.
- Megela, A. L., & Teyler, T. J. 1979 Habituation and human evoked potential. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 93, 1154-1170.
- Rumelhart, D. E., & Siple, P. 1974 Process of recognizing tachistoscopically presented words. *Psychol. Rev.*, 81, 99-118.