

幾何学的形態に対する視覚誘発電位——刺激提示位置の効果 (2)

伊 藤 元 雄*

図形の提示位置がパターン出現視覚誘発電位 (VEPs) に及ぼす効果の一環として、長さが等しい3種の輪郭線の幾何学的図形が下方視野 (LVF), 上方視野 (UVF), 下方視野+上方視野 (LVF+UVF) の各条件で両眼視で提示された。 (1) LVF, UVF, LVF+UVF 間の VEP の差異, (2) LVF と UVF の単純加算波形と LVF+UVF の波形の一致度が調べられた。図形は正三角形1, 正三角形2, 円形であった (Figure 1)。7名の被験者を対象に、一過性 VEP が後頭隆起部 (I), その上方5, 10, 15cm (I5, I10, I15cm) から基準導出された。図形条件とブランク (対照) 条件との総平均差波形が記録された。LVF では N1 波 (平均頂点潜時144ms) と P2 波 (249ms), UVF では P 波 (140ms), LVF+UVF では N 波 (163ms) と P 波 (255ms) が取得された。平均値の差の検定が部位 I5 の振幅と潜時に対して実施された。主要な結果は次の様であった。 (1) では, LVF の N1 波, UVF の P 波, LVF+UVF の N 波の振幅において三角形1の方が統計的に有意に三角形2よりも大きく, また三角形1の方が三角形2よりも円形との振幅差が大きい傾向にあった。 (2) では, LVF と UVF の波を加算した波形が LVF+UVF の波形にほぼ一致していたことから, LVF+UVF の N 波は LVF の N1 波と UVF の P 波との単純な加算波であり, 同様に LVF+UVF の P 波はほぼ LVF の P2 波であるらしいことが明らかとなった。

キーワード：形の知覚, 幾何学的図形, パターン出現視覚誘発電位, 刺激提示位置

問 題

我々は十数年来基本的な幾何学的図形を材料として形の知覚と一過性パターン出現視覚誘発電位 (VEP) との関係を検討しているが (伊藤, 1989, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998, 1999a, 1999b, 1999c, 2000, 2001, 2003, 2005a, 2005b, 2006; Ito, 1997, 2007; Ito, Kuwabara, Sugata, Suzuki, & Kawai, 1996, 1998; Ito & Sugata, 1995; Ito, Sugata, & Kuwabara, 1997, 1998; Ito, Sugata, Kuwabara, Wu, & Kojima, 1999), 図形の提示視野が異なると, VEP も形の影響を超えた固有な変化を示すことが知られている (伊藤, 1999a, 1999b, 2006)。すなわち, 下方視野 (lower visual field: LVF) では頂点潜時が約140msの初期陰性波 (N1波) と潜時が約240msの後期陽性波 (P2波) が明瞭であり, 上方視野 (upper visual field: UVF) では N1 波に潜時帯がほぼ対応した, 極性が反転した初期陽性波 (P 波) が見られるが, P2波に対応した極性反転波の後期 N 波は見ら

れない。そして, 中心視野 (central visual field: CVF) では, LVF に類似してはいるが, LVF より振幅が小さい初期 N 波と後期 P 波が出現している。また, そこに形の効果が加わると, LVF では N1 波の振幅は総じて正三角形>円形であるが, P2波の場合は正三角形>円形の効果は N1 ほど明瞭ではない (個人差が大きく, 被験者によっては明瞭な傾向を示す者もいる)。そして, UVF では初期の P 波に今までのところ図形間に顕著な振幅の差異は示されておらず, CVF でも N 波, P 波には図形間の差異は認められてはいない。

さて, 伊藤 (2006) における CVF の事態は, 正三角形, 逆正三角形, 円形を視野中心部に提示し, 図形の下部と上部がそれぞれ LVF と UVF に提示されていた。円形はともかく, 正三角形, 逆正三角形の場合には図形上部と下部では線分の長さが異なる不完全な, 閉合性を欠いた非対称の図形が LVF と UVF に出現していたことになる。こうした図形の代わりに, LVF と UVF にそれぞれ一個の完全な正三角形, 逆正三角形, 円形

*愛知学院大学心身科学部心理学科

(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: motoo@dpc.aichi-gakuin.ac.jp

を配置した事態では、LVF、UVF、それに LVF+UVF の提示において図形間にはいかなる VEP の振舞いの差異が示されるであろうか。また、LVF + UVF における 2 つの図形が同時提示される事態は一つの図形がそれぞれ単独に提示される LVF と UVF の事態とどういう関係にあるのか。LVF+UVF の VEP は LVF と UVF の VEP を単純に加算すれば理解可能か否かがまず明らかにされるべきであろう。

そこで、本実験ではこれまでと類似の実験条件下で LVF、UVF、LVF+UVF における正三角形、逆正三角形、円形の VEP を測定し、これらの点を検討してみることとした。

実 験

目 的

正三角形、逆正三角形、円形を LVF、UVF、LVF+UVF に提示することにより、(1) 図形間にどのような差異が示されるか、(2) 単独の LVF と UVF の単純な加算波形が LVF+UVF の波形とどの程度一致するかを検討する。

方 法

実験参加者 心理学専攻者 7 名 (男 6 名、女 1 名、平均年齢 35.7 歳、範囲 21-64 歳)。

刺激の提示 改良型 4chs. tachistoscope (竹井機器) の 1ch. を刺激野 (TF)、他の 1 ch. を順応野 (AF) とし (両開口部 $12^{\circ} 16'$ 平方)、実験者ベースで両野を切り替えることにより刺激を提示した (刺激提示時間: 100ms, SOA: 約 1-2s)。両眼観察で、観察距離は 80cm である。TF の平均輝度は約 37cd/m^2 、図形オフ時には $2\text{mm} \times 2$ の黒十字形の FP (凝視点) のみをもつ同輝度の白紙の AF を常時提示した。

図形条件として長さ 12cm、幅 0.5mm の黒輪郭線の正三角形、逆正三角形、円形の 3 種の図形につき、図形の上端が FP の下方 0.5° (LVF)、図形の下端が FP の上端 0.5° (UVF) になるようにして、LVF+UVF、LVF、UVF の図形各々 3 種 (三角形 1、三角形 2、円形) を作成した (Figure 1)。この 9 種に対照条件 (白紙のブランク図形、FP のみ) を加えた計 10 種を刺激材料とした。10 種の刺激のランダム配列、各 1 施行 (各刺激とも同一刺激を 15 回反復提示) を 1 セッションとし、計 2 セッション実施した。

VEP の記録 脳波は、inion (I)、inion 上方 5、10、15 cm (I5, I10, I15) の 4 部位から単極導出し (基準電極は

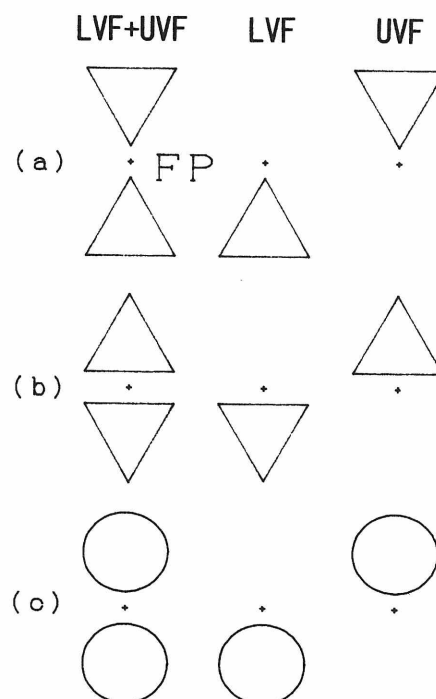


Figure 1: Stimulus figures in equilateral triangle 1, equilateral triangle 2 and circle. Each of them was presented in the lower visual field (LVF), the upper visual field (UVF) and the LVF+UVF. Angular separation between the fixation point (FP) and the top (the bottom) of the figure was held constant at 0.5° .

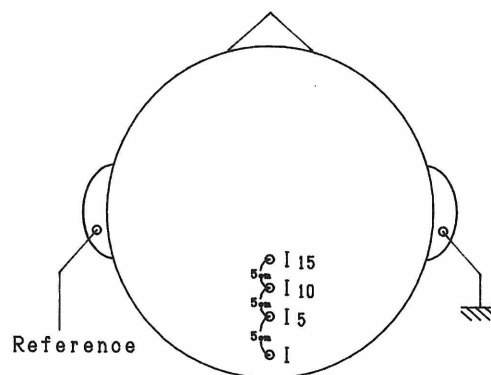


Figure 2: Electrode placement.

左耳朶、接地は右耳朶) (Figure 2), 8chs. polygraph 360 system (NEC San-ei) で増幅し ($0.5-30\text{Hz}$), 刺激オンのパルスとともに 14chs. data recorder XR-510 (TEAC) に記録した。VEP は、オフラインで EPLYZER II (キッセイ・コムテック) により各施行ごとに刺激提示前 100ms、提示後 500ms の 600ms の区間を 15 回加算平均

した（標準化時間2ms）。刺激提示前100msの平均電位を基線として各図形条件のVEPから対照条件の波形を減算し、被験者ごとの差波形（30回加算：15回×2セッション）を算出した。

結果と考察

Figure 3に実験参加者7名の総平均差波形を示す。

I5, Iのposteriorな部位において、LVFでは初期N1波と後期P2波、UVFでは初期P波、LVF+UVFでは初期N波と後期P波が明瞭であった。I5について平均頂点潜時を計ってみると、LVFのN1波は144ms、P2波は249ms、UVFのP波は140ms、そしてLVF+UVFのN波は163ms、P波は255msであった。

(1) について

Figure 4に初期N波、N1波、P波の平均振幅の変化（部位I5）、Figure 5に後期P波、P2波の平均振幅の変化（部位I5）を示す。

I5におけるそれら各電位の振幅に関する平均値の差の検定結果によれば、LVFのN1波では三角形1>円形が有意（ $t_{(12)}=-2.57, p<.05$ ）、UVFのP波では、三角形1>三角形2、円形が有意（ $t_{(12)}=2.42, 2.50, ps<.05$ ）、LVF+UVFのN波では、三角形1>円形が有意（ $t_{(12)}=-2.75, p<.05$ ）であった。LVFのN1波、LVF+UVFのN波の三角形2>円形には有意差は認められなかったが、 $ps=0.12, 0.11$ と有意傾向に近い値であった。

今回の実験では、LVFの正三角形のN1振幅は円形よりも有意に大きく、逆正三角形のN1振幅は円形との間に有意差はなかったが、有意傾向に近い値であり、正三角形と逆正三角形間には有意差は見られないという結果であった。これまでの我々の実験結果（伊藤, 1999a; 伊藤, 2003, 2005, 2006）と併せ考えると、輪郭の長さの等しいこれら3種の図形（いずれも視角約3°以下）をLVFで提示する条件でFPの下方0.5°~3°の位置に図形の上端が来るように配置した場合には、正三角形>円形、逆正三角形>円形、正三角形>逆正三角形ということになるのではないかと考えられる。また、特に正三角形>円形の効果が明瞭であるということが特徴的であった。FP下方に一つの鋭角部分が位置している正三角形と、その位置に180°の直線部分が来ており、その左右に2つの鋭角部分をもつ逆正三角形、そしてその位置にほぼ直線に近い曲線が位置している円形のそれぞれの固有な形の違いを考えれば、こうした結果がもたらされることも首肯できよう。

ここでの角度性に加えて、異方性（方向性）の要因の関与も考えられるが（佐部利・伊藤, 2002; 伊藤,

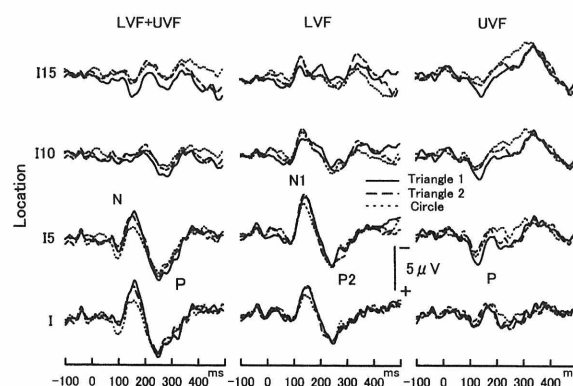


Figure 3: Grand average of subtracted waveforms with seven subjects.

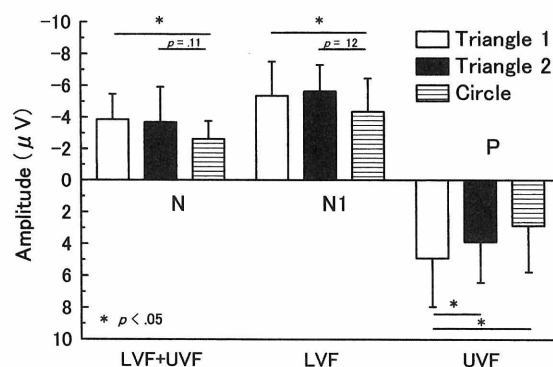


Figure 4: Changes of averaged amplitudes of earlier potentials (N, N1 and P) in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

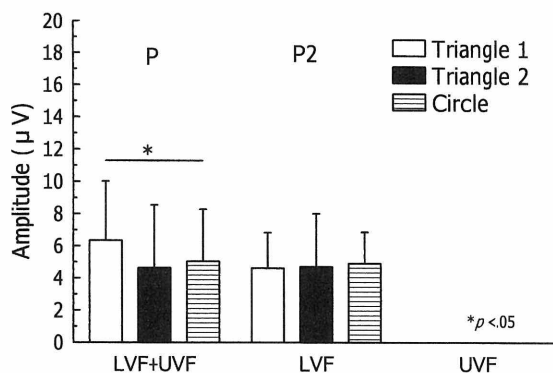


Figure 5: Changes of averaged amplitudes of later potentials (P and P2) in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

2006), これらの要因の関与の程度について輪郭の長さの等しい菱形、楕円形を用いて検討を行った伊藤・菅田 (2007) では、それらは46%, 54%とほぼ同程度の効果であったことが示されている。

なお、LVF の P2 振幅については、今回は図形間に有意差は認められなかった。また、潜時については (Figures 6, 7), N1 波, P2 波とも図形間に何ら有意差は検出できなかった。

UVF においては、本実験でも N1 波に潜時帯がほぼ一致した反転波形 P 波が得られ (N1 波: 144 ms, P 波: 140ms), P 振幅に関して図形間には逆正三角形 > 正三角形, 円形の有意な関係が得られた。

この条件では FP に一番近い部分は鋭角的な逆正三角形の一部である。正三角形の場合は FP の近くにあるのは左右に角度図形をもつ直線部分である。この条件では、正三角形は円形との間に十分な角度効果を生み出さないのであろう。伊藤 (2006) 他のこれまでの実験では、UVF の P 波に関して、FP と図形下端間の距離が本実験と同じ 0.5° の場合には逆正三角形の振幅が円形よりも大きい傾向を示したが、本実験の場合にはより明瞭な結果が示されたといえよう。

なお、伊藤 (2006) と同様、本実験においても後期 P2 波の潜時帯に対応した、極性が反転した後期 N 波は検出されず、また潜時についても、図形間には何ら有意な差異は示されなかった。

LVF+UVF の場合は、N1 波と同様な初期 N 波と、P2 波と同様な後期 P 波が見られた。N 振幅は三角形 1 > 円形が有意、三角形 2 > 円形は有意傾向に近い値であった。伊藤 (2006) における CVF の条件では図形間に有意と思われる差異は見出されなかったが、本実験では上述のように比較的明瞭な結果が三角形と円形との間に示されたといえる。CVF においては LVF と UVF に提示された図形が非対称、かつ不完全な部分図形であったことに依るものであろう。正三角形、逆正三角形ともに、完結した 2 つの角張りのある閉合図形が 2 個提示された方が、はるかに効果は強いものと思われる。

三角形 1 は LVF の正三角形、UVF の逆正三角形の両図形が FP を中心にして提示される条件であり、同様に三角形 2 は逆正三角形と正三角形が提示される条件である。このような FP を中心の一つの鋭角的な部分と部分が向かい合ってる三角形 1 と直線的な部分と部分が向かい合ってる三角形 2 の図形パターンの違いからしても、三角形 1 の場合に三角形 2 よりも N 振幅は大きくなることが予想されたが、両図形間には今回は有意差は認められなかった。

LVF+UVF での後期 P 振幅 (Figure 5) については、図形間では三角形 1 > 円形が有意であった ($t_{(12)}=2.67$, $p<.05$)。LVF における P2 振幅においてはとかく個人

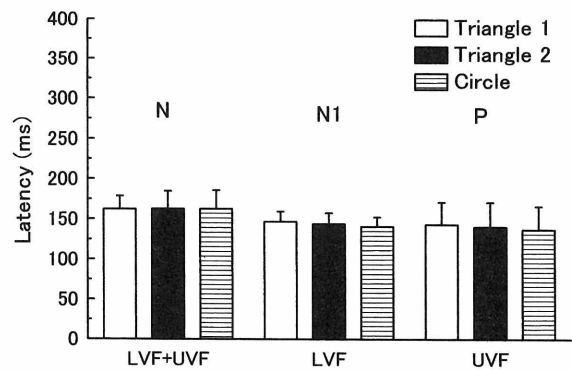


Figure 6: Changes of averaged peak latencies of earlier potentials (N, N1 and P) in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

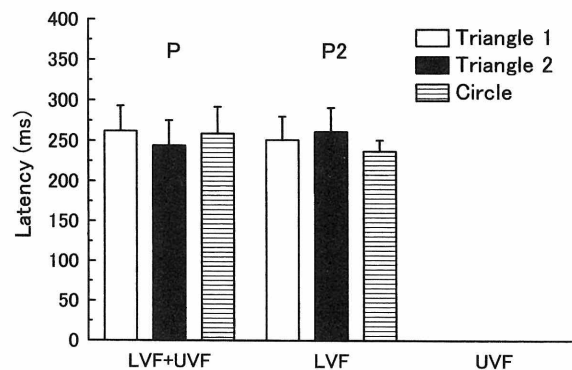


Figure 7: Changes of averaged peak latencies of later potentials (P and P2) in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

差が大きく、一貫した明瞭な有意効果を得ていないが、LVF+UVF の P 振幅に有意差が見られたことで、N 振幅と同様、基本的には P 振幅もおなじように正三角形 > 円形の効果をもつものといえよう。

(2) について

この問題については、三角形 1, 三角形 2, 円形のいずれの配置においても検討が可能であるが、たとえば角度性の効果が最も大きいと思われる三角形 1 において、部位 I5 における LVF, UVF と LVF+UVF の波形、それに LVF の波形に UVF の波形を単純加算した波形を示すと、Figure 8 の様である。

LVF と UVF の波を単純加算した波形がおおむね LVF+UVF 波に一致していることから、LVF+UVF の N 波は LVF の N1 波と UVF の P 波の単純な加算波形であり、同様に LVF+UVF の P 波はほぼ LVF の P2 波であるらしいことが分かる。N1 波やその極性反転波と考えられる P 波に対する LVF+UVF の N 波の頂点

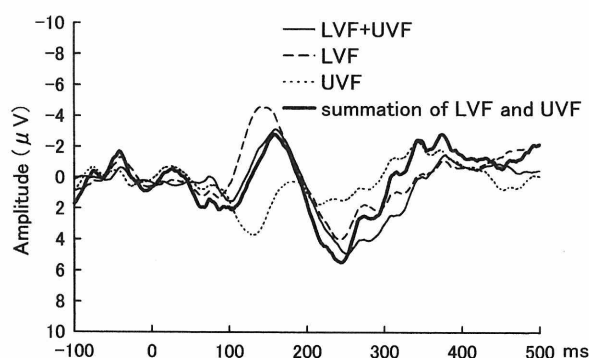


Figure 8: The LVF, UVF and LVF+UVF waves and the summed waves of the LVF and UVF in Location I5.

潜時の遅れも図によって理解されよう。

視野内の刺激位置が VEP に及ぼす効果については、Halliday (1982) らが組織的な検討を行っている。彼らは、健常者を対象とした市松模様を使ったパターン反転 (reversal) の一過性 VEP において、左半側、右半側視野、そして全視野の刺激を行い、左半側視野と右半側視野の単純な加算波形が全視野刺激の波形に一致すること、また左半側上 2 分の 1 視野 (quadrant) と左半側下 2 分の 1 視野の加算波形が左半側視野の波形に一致することを見出している。彼らによれば、視野の異なった領域からの反応については単純な幾何学的加算が存在し、組み合わせられた反応が抑制されたり、促進されたりするような相互作用は存在しないとされる。UVF と LVF の反応については、パターン反転、パターン消失 (offset) のみならず、本実験と同様なパターン出現 (onset) においても同様な加算関係が成立し、全視野刺激 (UVF+LVF) に対する反応と同じになるとしている。

一方、我が国でも臨床医学の領域において、欧米諸国の研究を背景に市松模様を刺激材料としたパターン反転の研究が眼科系疾患の臨床検査法の拡充を目指して、基礎系、臨床系の領域でともに幅広く行われている (黒岩・Celesia, 1989; 佐藤・平井・山岡, 1990; 丹羽・鶴, 1997; 黒岩・園生, 1998ら)。

田村・黒岩・白井・川名・石山 (2002) は、健常者を対象に市松刺激を使ったパターン反転 VEP について、慣例的に使用されている Queens Square 方式の電極配置法 (Halliday 学派が提唱した 5 個の基準電極を正中後頭部を中心に左右対称的に並べる方法) ではなく、本実験のように電極を正中線上に配列した方法で、LVF と UVF の刺激が全視野 (LVF+UVF) 刺激とどのような違いを示すかを検討している。その結果、LVF、

UVF 刺激時の潜時と振幅は、LVF+UVF 刺激時とは異なっていること、UVF における潜時延長は網膜神経節細胞以降の脳皮質への伝達段階でのプロセスに関連していること、LVF ではその振幅が UVF よりかなり大きく、視覚皮質の機能に占める LVF の役割は UVF よりも相対的に大きい可能性があることを報告している。彼らの場合、刺激装置が CRT でチェックサイズ 30' の市松パターン (全視野刺激: $10^{\circ} \times 16^{\circ}$, 半側刺激: $5^{\circ} \times 16^{\circ}$) を使用し、反転周期 2s での VEP を記録しており、得られた VEP 電位も潜時帯が 75ms, 100ms の N75, P100 の 2 種であり、また LVF と UVF の加算波形については論議がなされていないので、我々の結果との比較は困難である。パターン出現 VEP とパターン反転 VEP を同様な電極配置、同様な刺激配置下で採取し、検討してみることが今後の課題といえるかもしれない。

付 記

本報告の概要は、2008 年 9 月、日本心理学会第 72 回大会 (北海道大学主催) において発表された。

引用文献

- Halliday, A. M. (Ed.) (1982). *Evoked potentials in clinical testing*. London: Churchill Livingstone.
- 伊藤元雄 (1989). 形の知覚と視覚誘発電位の関係—研究の覚え書き— 愛知学院大学文学部紀要, **19**, 1-10.
- 伊藤元雄 (1993). 幾何学的パターンに対するヒトの視覚誘発電位 愛知学院大学文学部紀要, **23**, 1-15.
- 伊藤元雄 (1994). 幾何学的図形の形が視覚誘発電位に及ぼす影響—等視角条件における分析— 愛知学院大学文学部紀要, **24**, 1-14.
- 伊藤元雄 (1995). 幾何学的形態に対する視覚誘発電位—視野内図形提示位置の効果— 愛知学院大学文学部紀要, **25**, 47-54.
- 伊藤元雄 (1996). 幾何学的形態に対する視覚誘発電位—パターン関連成分の分析— 愛知学院大学文学部紀要, **26**, 1-13.
- Ito, M. (1997). Effects of the different forms of isosceles triangles, the square and the circle on visual evoked potentials. 愛知学院大学文学部紀要, **27**, 13-22.
- 伊藤元雄 (1998). 形の異なる平行四辺形, 正三角形, 円形が視覚誘発電位に及ぼす効果 愛知学院大学文学部紀要, **28**, 15-21.
- 伊藤元雄 (1999a). 視覚誘発電位による形の知覚に関する心理生理学的研究 あるむ
- 伊藤元雄 (1999b). 心理生理学的研究における視覚誘発電位—その測定法, 分類, 研究動向と有用性— あるむ

- 伊藤元雄 (1999c). 形の異なる二等辺三角形, 正方形, 円形が視覚誘発電位に及ぼす効果 (2) 愛知学院大学文学部紀要, **29**, 11-18.
- 伊藤元雄 (2000). 幾何学的パターンの角度性が視覚誘発電位に及ぼす効果 愛知学院大学文学部紀要, **30**, 7-12.
- 伊藤元雄 (2001). 正三角形, 円形に対する視覚誘発電位—図形要素数の効果— 愛知学院大学文学部紀要, **31**, 1-6.
- 伊藤元雄 (2003). 幾何学的形態に対する視覚誘発電位—空間的定位の効果 (2)— 愛知学院大学文学部紀要, **33**, 1-7.
- 伊藤元雄 (2005a). 図形の形と空間的定位が視覚誘発電位に及ぼす効果 愛知学院大学人間文化研究所紀要人間文化, **20**, 73-84.
- 伊藤元雄 (2005b). 幾何学的形態に対する視覚誘発電位—空間的定位の効果 (3)— 愛知学院大学論叢心身科学部紀要, **1**, 1-7.
- 伊藤元雄 (2006). 幾何学的形態に対する視覚誘発電位—刺激提示位置の効果— 愛知学院大学論叢心身科学部紀要, **2**, 1-7.
- Ito, M. (2007). Effects of figure and size of geometric figures on visual evoked potentials. 愛知学院大学論叢心身科学部紀要, **3**, 1-6.
- Ito, M., Kuwabara, H., Sugata, T., Suzuki, K., & Kawai, Y. (1996). Visual-evoked potentials to geometric forms: Examination of the effect of selective attention. In C. Ogura, Y. Koga, & M. Shimokochi (Eds.), *Recent advances in event-related brain potential research*. Amsterdam: Elsevier. 67-71.
- Ito, M., Kuwabara, H., Sugata, T., Suzuki, K., & Kawai, Y. (1998). Visual evoked potentials to geometric forms in the randomized presentation. *Japanese Psychological Research*, **40**, 111-116.
- Ito, M., & Sugata, T. (1995). Visual evoked potentials to geometric forms. *Japanese Psychological Research*, **37**, 221-228.
- 伊藤元雄・菅田達也 (2007). 図形の知覚と視覚誘発電位の関係—図形の形の効果 (30)— 日本心理学会第71回大会発表論文集, 422.
- Ito, M., Sugata, T., & Kuwabara, H. (1997). Visual evoked potentials to geometric forms: Effects of spatial orientation. *Japanese Psychological Research*, **39**, 339-344.
- Ito, M., Sugata, T., & Kuwabara, H. (1998). Effects of the sharp and round parts of geometric figures on visual evoked potentials. 生理心理学と精神生理学, **16**, 33-40.
- Ito, M., Sugata, T., & Kuwabara, H., Wu, C., & Kojima, K. (1999). Effects of angularity of the figures with sharp and round corners on visual evoked potentials. *Japanese Psychological Research*, **41**, 91-101.
- 黒岩義之・Celesia (1989). 視覚誘発電位—その正常波形と臨床応用 西村書店
- 黒岩義之・園生雅弘 (編) (1998). 臨床誘発電位ハンドブック 中外医学社
- 丹羽真一・鶴紀子 (編) (1997). 事象関連電位—事象関連電位と神経情報科学の発展— 新興医学出版社
- 佐分利真吾・伊藤元雄 (2002). 幾何学的パターンの角度性が視覚誘発電位に及ぼす効果—上方・下方視野における検討— 生理心理学と精神生理学, **20**, 201.
- 佐藤謙助・平井富雄・山岡順 (監) (1990). 誘発電位の基礎と臨床 創造出版
- 田村東子・黒岩義之・白井康之・川名ふさ江・石川陽事 (2002). パターン反転視覚誘発電位における上・下半視野刺激の意義 臨床神経生理学, **30**, 354-360.

最終版平成20年9月22日受理

Visual Evoked Potentials to Geometric Forms: Effects of Locus of Stimulus Presentation (2)

Motoo ITO

Abstract

As an examination of the effect of locus of stimulus presentation on pattern-onset visual evoked potentials (VEPs), three outlined geometric figures of equal length were presented binocularly in the lower visual field (LVF), the upper visual field (UVF) and the lower+upper visual field. Primarily two problems were discussed: (1) What were VEP differences among the LVF, the UVF and the LVF+UVF? and (2) How was the coincidence between the LVF and UVF summed waves and the LVF+UVF waves? Figure conditions were equilateral triangle 1, equilateral triangle 2 and circle (see Figure 1). Transient VEPs were recorded monopolarly frominion, 5, 10 and 15 cm above it (I, I5, I10 and I15) for 7 subjects. The grand average of subtracted wave-forms was recorded between the figure and blank (control) conditions. N1 and P2 waves (averaged peak latencies: 144 ms and 249 ms) in the LVF, N wave (140 ms) in the UVF and N and P waves (163 ms and 255 ms) in the LVF+UVF were identified. Tests of the difference of averages were conducted for the amplitude and latency values of Location I5. Main results were as follows: In (1), regarding the N1 in the LVF, the P in the UVF and the N in the LVF+UVF, amplitudes in the triangle 1 were significantly greater than those in the triangle 2, and amplitude differences between the triangle and the circle were bigger in the triangle 1 than in the triangle 2. In (2), because of the coincidence between summed waves in the LVF and the UVF and those in the LVF+UVF, it was shown that the N wave in the LVF+UVF was summations of the N1 in LVF and the P in UVF, and the P wave in the LVF+UVF was close to the P2 in the LVF.

Keywords: form perception, geometric figures, pattern-onset visual evoked potentials, locus of stimulus presentation

