

縦縞, 横縞パターンが視覚誘発電位に及ぼす影響

——空間的方位と大きさの効果——

伊 藤 元 雄*

図形の空間的方位や大きさが一過性パターン出現視覚誘発電位 (VEP) に及ぼす効果を検討する試みの一環として, 黒輪郭線の縦縞, 横縞パターンが注視点の下方 0.5° の位置に上端が来るように配置され (下方視野), 両眼視で提示された. 両図形につき, 大きさが (1) 縦 3 cm × 横 3 cm (a, b) (1 倍), (2) 6 × 3 (c, d) (2 倍), (3) 3 × 6 (e, f) (2 倍), (4) 6 × 6 (g, h) (4 倍) の 8 刺激 (Figure 1) が提示された. 9 名の実験参加者を対象に, VEP が後頭隆起部 (I), それより上方 5, 10, 15 cm (I10, I10, I15 cm) 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. 特に部位 I5 でネガティブ波 (N1) とポジティブ波 (P2) が取得された. 各々の平均頂点潜時は 135 ms, 240 ms であった. 反復測定 2 要因 ANOVA (線分方位 2 × パターン方位 / 大きさ 4) が部位 I5 の振幅と潜時に対して実施された. N1 振幅に関して, 線分方位の主効果, 交互作用は有意ではなく, 大きさ / パターン方位の主効果のみが有意であり, 多重比較の結果, (2) > (1), (4) > (1) が有意であった. 大きさには有意差が見られたが, パターン方位には有意差は見られなかった. P2 振幅に関する ANOVA の結果では, 線分方位の主効果, 交互作用は有意ではなく, 大きさ / パターン方位の主効果のみが有意であった. 多重比較の結果では, (2), (4) > (1); (2) > (3), (4); (4) > (3) が有意であった. この条件では, 大きさの他に, パターン方位にも有意差が見られ, 縦縞パターンは横縞パターンよりも有意に大きかった. N1, P2 潜時に関する ANOVA の結果では, 線分方位の主効果, 大きさ / パターン方位の主効果, 交互作用ともに有意ではなかった. パターン方位に関して, N1 振幅では有意差は見られず, P2 振幅で明瞭な差異が見られたが, この結果は恐らく実験参加者の個人差に依るものであろう.

キーワード: パターン出現視覚誘発電位, 下方視野, 縦縞・横縞パターン, 空間的方位, 大きさ

問 題

我々は1900年代以降, 基本的な幾何学的図形を材料として形の知覚と一過性のパターン出現視覚誘発電位 (VEP) との関係について, 数々の条件分析的データを蓄積している (伊藤, 1989, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998, 1999a, 1999b, 1999c, 2000, 2001, 2003, 2005a, 2005b, 2006, 2008; Ito, 1997, 2007; Ito, Kuwabara, Sugata, Suzuki, & Kawai, 1996, 1998; Ito & Sugata, 1995; Ito, Sugata, & Kuwabara, 1997, 1998; Ito, Sugata, Kuwabara, Wu, & Kojima, 1999).

視野下方提示では, 一過性パターン出現視覚誘発電

位 (VEP) の初期 N1 波 (潜時約 140 ms) の振幅は, 等長輪郭線の四角形のパターン方位が垂直から水平になるに従い, 小さくなる傾向がある (佐部利・伊藤, 2002). この変化には縦長の図形から横長の図形へと変化する形の要因に加えて, 空間的異方性の要因, すなわち空間的方位の要因が考えられるであろう. その場合, 単一の輪郭線図形ではなく, 縦縞, あるいは横縞という線分図形を使った場合には一体どうなるのであろうか.

縦縞, 横縞などの空間的方位が VEP に及ぼす効果について, これまでの研究は「斜め効果」(Appelle, 1972) が見られることを明らかにしている. Appelle

* 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

(1972)によれば、「斜め効果」とは「視覚刺激を斜め方向に対して垂直（縦縞）、あるいは水平（横縞）に提示したときに、パフォーマンスに見られる、小さいが一貫した優位性（P.266）」であるとされる。

Maffei & Campbell (1970) は、水平、垂直、斜めの正弦波縞パターンを8Hzの頻度で交替提示し、定常性VEPと網膜のERGを記録した。縞が垂直、水平のときはVEPの振幅や波形は類似していたが、斜めときは振幅値が減少し、さらにERGでは差が見られなかったという。Frost & Kaminer (1975) は、方形波縞パターンを8Hzの頻度で提示し、反転視覚誘発電位を記録した。水平、垂直の縞パターンは斜めの縞パターンよりも反応が大きく、Maffei & Campbell (1970)の結果を確認するものであった。第2の実験では、縞パターンの方位（水平、垂直、斜め）と実験参加者の頭の傾き（0°、45°）を操作して反転VEPを記録し、45°傾斜時には水平、垂直パターンより斜めパターンに対するVEP反応が増加し、異方性は重力よりも網膜を基準系とするという結果を得ている。May, Cullen, Moskowitz-Cook, & Siegfried (1979) も、同様に縞パターンの反転VEPにおいて、垂直縞の方が斜め縞よりも反応が大きかったことを報告している。Yoshida, Iwahara, & Naganuma (1975) は、矩形波の縞パターンを水平、垂直、右斜め、左斜めで提示し、出現VEPを記録し、潜時とその変動性に関しては有意な効果は見られなかったが、振幅に関しては水平、垂直パターンが斜めパターンよりも有意に反応が大きく、水平と垂直間、右斜めと左斜め間には差が見られなかったと報告している。以上、空間的方位に関する従来の研究では、定常性VEP、一過性の反転VEP、出現VEPともに、特に振幅測定に関して、「斜め効果」が一貫して見出されているようである。

一方、刺激図形の大きさがVEPに及ぼす効果については、DeVoe, Ripps, & Vaughan (1968) がMaxwell視系を用いて、4つの異なった大きさのフラッシュ光（10', 22', 45', 2°40'）を視野中心部に瞬間提示し、出現VEPを記録した。結果は総じて直径の関数として、振幅の増大と潜時の減少を示すものであった。Kakigi, Miyazaki, & Mori (1972) は、5種の異なった大きさの正方形のフラッシュ光（1, 2, 4, 8, 16 cm²）を短時間提示し、出現VEPを記録した。その結果、平均振幅が有意に増大し、平均潜時が有意に減少するという結果を得ている。Yoshida (1991) も、直径5°の光円が2°の光円よりも大きな出現VEPを記録したことを報告している。Ito (2007) は、副次的に幾何学的図形

の大きさ（輪郭の長さ）を実験変数とした出現VEPに関する検討を行い、図形の大きさの関数としてVEP振幅が漸次増大するという明瞭な結果を得ている。

これまでの我々の実験は、基本的な幾何学的な図形の形と一過性の出現VEPとの関係を検討したものであり、空間的方位の「斜め効果」、あるいは大きさの効果の検討を直接的に意図したものではない。先述したように、我々の形の知覚に関する研究においても、形の要因との関連で空間的方位や大きさがいかなる効果を持つかを明らかにする必要があると思われる。正方形、あるいは長方形に関してそれらを縦縞、横縞パターンとした場合、一過性の出現VEPを記録する事態では、外周のみの単一の輪郭線図形よりも、得られるVEP電位もより明瞭な変化を見せてくれるのではないかと期待される。そこで、今回は、縦縞と横縞の線分図形を用いて、下方視野提示における線分方位、パターン方位、大きさの効果を振幅、潜時測定について調べてみることにした。

実 験

目 的

縦縞と横縞の線分図形を用いて、下方視野における線分方位、パターン方位、大きさ（面積）の効果をN1, P2両波の振幅、潜時について調べてみる。

方 法

実験参加者 心理学専攻者9名（男5名、女4名、平均年齢33.7歳、範囲22-63歳）。

刺激の提示 4chs. Tachistoscope (TAKEI改良型)の1ch.を刺激野(TF)、他の1ch.を順応野(AF)とし（両開口部12°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/m²、図形オフ時には2mm×2の黒十字形のFP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、白地黒の輪郭線（幅0.3mm）の縦縞と横縞の図形を下方視野（FPの0.5°下方）に提示した。両図形につき、大きさが(1)縦3cm×横3cm(a, b)（1倍）、(2)6×3(c, d)（2倍）、(3)3×6(e, f)（2倍）、(4)6×6(g, h)（4倍）の8刺激（Figure 1）、それに対照刺激としてブランクの1刺激の計9刺激を用意した。

ランダム配列の各1試行（16回提示）を1セッション

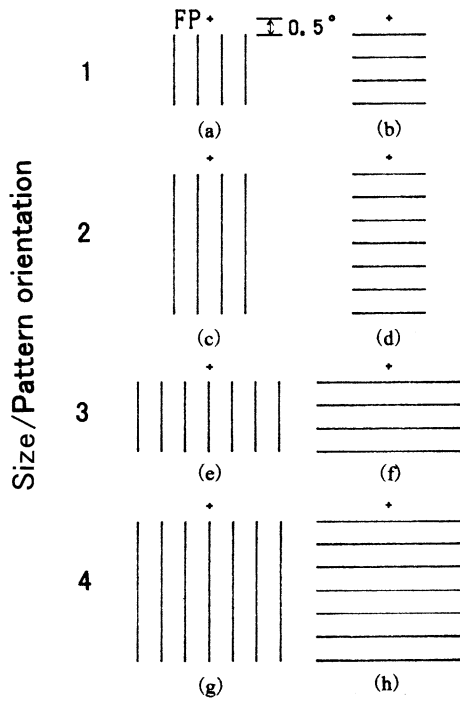


Figure 1: Stimulus figures used in the present experiment. Angular separation between the fixation point (FP) and the top of the figure was held constant at 0.5°.

ンとし, 2セッション実施した. セッション間には任意の時間休憩を挿入した.

VEP の記録 EEG は皿型 Ag-AgCl 電極を用いて基準導出法により記録した. 電極位置は正中線上 inion (I), inion 上方 5, 10, 15 cm (I5, I10, I15) の 4 箇所であり, 基準電極は左耳朶, 接地部位は右耳朶である (Figure 2).

EEG (0.5–30 Hz) は 8 chs. polygraph 360 system (NEC San-ei) で増幅し, TF オンのパルスとともに 14 chs. FM data recorder XR-510 (TEAC) に記録した.

VEP はオフラインで signal processor 7T17 (NEC San-ei) により, 標本化時間 2 ms, 解析時間 512 ms (刺激前 100 ms, 刺激後 412 ms) で処理をし, X-Y plotter 7470A (YHP) で波形を描記した.

データの分析 刺激前 100 ms 間の平均電位を基線として, 各図形条件の VEP 波形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.

最も大きな電位変化が見られた部位 I5 の実験参加者間の平均振幅と平均頂点潜時に関して, 反復測定 2 要因 ANOVA (線分方位 2 × 大きさ/パターン方位 4) を統計解析ソフト「STATISTICA」により実施した.

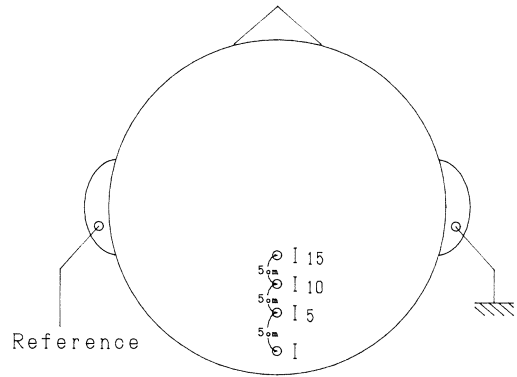


Figure 2: Electrode placement.

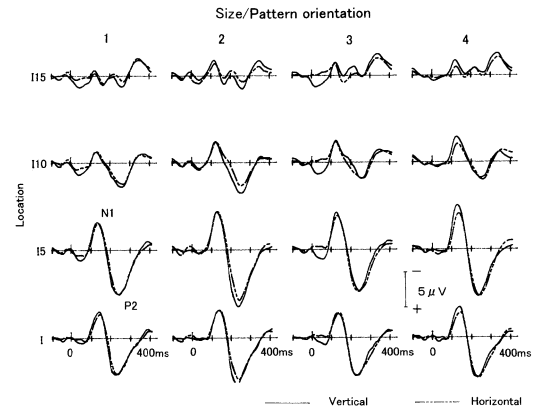


Figure 3: Grand-average of subtracted waves for 9 participants.

なお, 本実験では, 図形の効果が有意であった場合には, Mauchly test ($p < .05$) による球形仮説の検定を行ったが, いずれの場合も仮説は棄却されず, 自由度の ϵ 修正は行わなかった (千野, 1995). また, 多重比較としては LSD 検定 ($p < .05$) を行った.

結果と考察

Figure 3 は, 9 名の総平均差波形を示し, I5 における N1 振幅, P2 振幅の平均, 及び標準偏差 (SD) の変化を Figures 4, 5 に示す.

各条件ともに I5 を頂点とする初期 N1 波 (平均頂点潜時 135 ms), 後期 P2 波 (240 ms) が同定可能であった.

初期 N1 振幅 (I5) に関する ANOVA の結果では, 線分方位の主効果, 交互作用は有意ではなく, 大きさ/パターン方位の主効果のみが有意 ($F [3, 24] = 3.81, p < .0229$) であった. 多重比較の結果では, (2) > (1), (4) > (1) が有意であった.

縦縞と横縞との間に有意差は見られないという線分

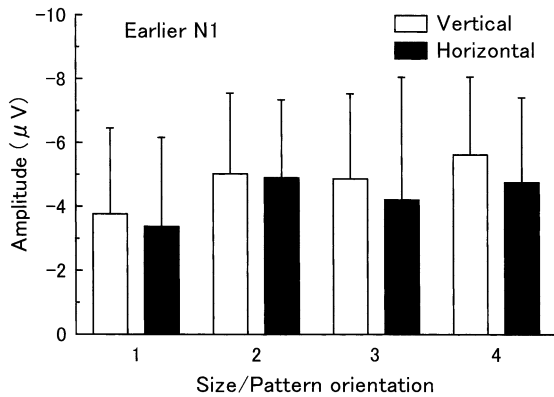


Figure 4: Average of subtracted N1 amplitudes in Location I5. Vertical lines indicate standard deviations (SDs).

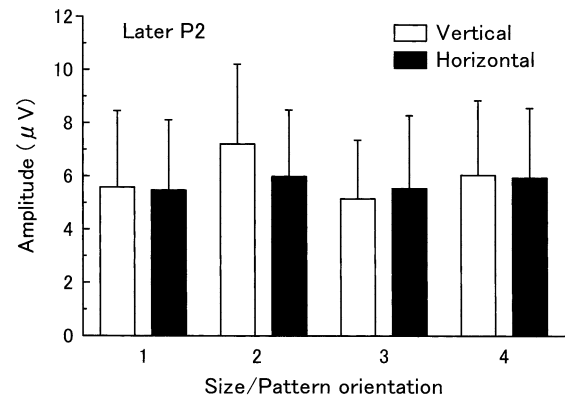


Figure 5: Average of subtracted P2 amplitudes in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

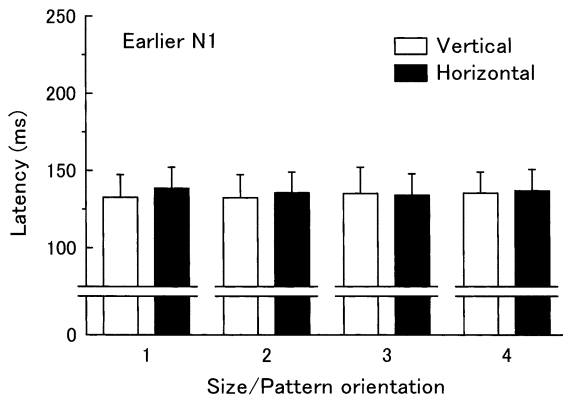


Figure 6: Average of subtracted N1 latencies in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

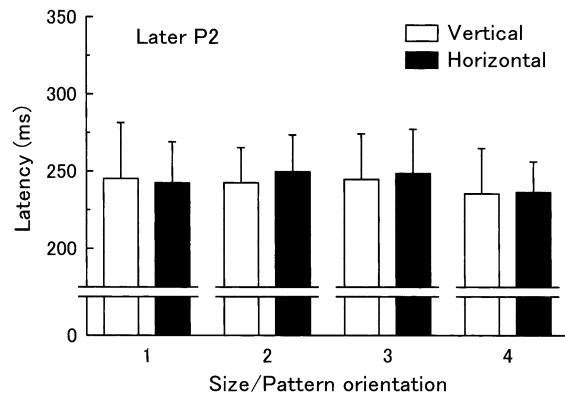


Figure 7: Averages of subtracted P2 latencies in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

方位の結果は従来の定常性 VEP に関する Maffei & Campbell (1970), 反転 VEP に関する Frost & Kaminer (1975), May et al. (1979), 本実験と同じ出現 VEP に関する Yoshida et al. (1975) の結果を支持するものである。

(2) > (1), (4) > (1) という大きさに関する有意な結果もまた従来の出現 VEP に関する DeVoe et al. (1968), Kakigi et al. (1972), Yoshida (1991), Ito (2007) の結果を総じて支持するものであった。特に、本実験と実験条件が少なからず類似している Ito (2008) と同様な結果が得られたことは、刺激図形の大きさが増大すると、VEP の N1 振幅も増大するという結果を積極的に支持するものといえる。

一方、佐部利・伊藤 (2002) の実験からも (2) > (3) という結果が予想されたパターン方位には有意差は見られなかった。パターン方位の要因に縦縞、横縞とい

う線分方位の要因が加わった今回の事態は単一の輪郭線だけの事態とは異なることが考えられるが、この点については後期 P2 振幅に関する結果をも眺めてみる必要がある。

後期 P2 振幅に関する同様な ANOVA の結果では、線分方位の主効果、交互作用は有意ではなく、大きさ／パターン方位の主効果のみが有意 ($F(3, 24) = 8.72, p < .0004$) であった。多重比較の結果では、(2), (4) > (1); (2) > (3), (4); (4) > (3) が有意であった。

縦縞、横縞についても差は見られないという結果が得られ、N1 振幅の場合と同様な結果であった。この線分方位の結果は、前述したように定常性 VEP, 反転 VEP, 出現 VEP に関する諸家の結果と一致しており、縦縞、横縞間には差が見られないとする従来通りの結果といえる。

(2), (4) > (1), (4) > (3) という大きさに関する結果

も N1 振幅の場合と同様であり, 必ずしも顕著な結果ではないが, ほぼ従来通りの結果であるといえよう。

(2) > (3), (4) というパターン方位の結果について, 縦縞パターンは横縞パターンよりも有意に P2 振幅が大きく, しかも大きさが 2 倍のパターンよりも大きかったことが特徴的であった。縦縞パターンの方が振幅が大きいという結果は, 今回は N1 振幅では見られなかった所見である。下方視野における形の効果に関する実験では N1, P2 振幅のうち, 特に N1 振幅においてより明瞭な正三角形 > 円形等の結果が得られ, 方位の比較においても縦縞 > 横縞の明瞭な傾向を示していたのは N1 振幅の方であった (伊藤, 1999a, 佐部利・伊藤, 2002)。パターン方位に関して, N1 振幅ではなく P2 振幅というこれまでとは異なる結果が示されたのは恐らく実験参加者の個人差に依るものであろう。

Figure 6, 7 に, I5 における N1, P2 の頂点潜時の平均, 及び SD の変化を示す。

N1, P2 潜時に関する ANOVA の結果では, 線分方位の主効果, 面積/パターン方位の主効果, 交互作用ともに有意ではなかった。

潜時に関しては, これまでも一貫した所見は得られておらず, 今回の結果も同様であったといえる。

付 記

本報告の概要は, 2007年7月, 第25回日本生理心理学会大会 (札幌医科大学) において発表された。

引用文献

- Appelle, S. (1972). Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: The "oblique effect" in man and animals. *Psychological Bulletin*, **78**, 266-278.
- DeVoe, R. G., Ripps, H., & Vaughan, H. G. (1968). Cortical responses to stimulation of the human fovea. *Vision Research*, **8**, 135-147.
- Frost, B. J., & Kaminer, J. J. (1975). The orientation anisotropy and orientation constancy: A visual evoked potential study. *Perception*, **4**, 51-58.
- 千野直仁 (1995). 教育や心理の分野における ANOVA, MANOVA, GMANOVA 適用上の問題点 愛知学院大学文学部紀要, **25**, 71-96.
- 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 人間文化研究所紀要人間文化 (愛知学院大学), **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 form 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.
- 伊藤元雄 (2008). 幾何学的形態に対する視覚誘発電位 — 図形提示位置の効果 (2) — 愛知学院大学論叢心身科学部紀要, **4**, 9-15.
- 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. pp. 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.
- 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.
- Kakigi, S., Miyazaki, M., & Mori, T. (1972). Human visual evoked response as a function of stimulus size and density of patterned stimulus. *Japanese Psychological Research*, **14**, 133–140.
- Maffei, L., & Campbell, F. W. (1970). Neurophysiological localization of the vertical and horizontal visual coordinates in man. *Science*, **167**, 386–387.
- May, J. G., Cullen, J. K. Jr., Moskowitz-Cook, A., & Siegfried, J. B. (1979). Effects of meridional variation on steady-state visual evoked potentials. *Vision Research*, **19**, 1395–1401.
- 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.
- Yoshida, S. (1991). Dual process model for pulse-light visual evoked potentials. *Japanese Psychological Research*, **33**, 108–114.
- Yoshida, S., Iwahara, S., & Nagamura, N. (1975). The effect of stimulus orientation on the visual evoked potential in human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **39**, 53–57.

最終版平成20年12月1日受理

Influences of a Pattern with Vertical or Horizontal Stripes on Visual Evoked Potentials —Effects of Spatial Orientation and Size—

Motoo ITO

Abstract

As an attempt of the effect of spatial orientation and size on transient pattern-onset visual evoked potentials (VEPs), the top of vertical or horizontal stripes of black contour was binocularly presented at 0.5° under the fixation point (FP). Eight figures in Figure 1 were used. Those sizes were (1) $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ (a, b), (2) 6×3 (c, d), (3) 3×6 (e, f) and (4) $6 \times 6\text{ cm}$ (g, h). VEPs were recorded referentially frominion, 5, 10 and 15 cm above it (I, I5, I10) for nine participants. The grand average of subtracted waves was calculated between the figure and blank (control) conditions. Negative (N1) (averaged peak latency: 135 ms) and positive (P2) (240 ms) waves were identified in Location I5. Two factors ANOVAs of repeated measures were conducted for the amplitude and latency values of Location I5. Regarding the N1 amplitude, the main effect of line orientation and the interaction were not significant, but the main effect of size/ pattern orientation was significant. According to the comparison analyses, (2) $>$ (1) and (4) $>$ (1) were significant. In this condition, the vertical stripes was significantly larger than the horizontal stripes. As to the results of N1 and P2 latencies, the main effects of the line and size/pattern orientations and the interaction were not significant. Regarding the pattern orientation, although the N1 amplitudes were not significant, the P2 amplitudes showed the clear statistical difference. This result might be due to the individual difference of the participants in the present experiment.

Keywords: onset visual evoked potentials, lower visual field, vertical & horizontal stripes, spatial orientation, size