

幾何学的図形の多角形化が視覚誘発電位に及ぼす効果

伊藤 元雄*¹⁾ 古里 淑乃*²⁾ 菅田 達也*³⁾ 佐部利真吾*⁴⁾

幾何学的図形の多角形化がパターン出現視覚誘発電位 (VEP) に及ぼす効果の一環として、輪郭線の長さが等しい8つの図形が下方視野にタキストスコープで両眼視で提示された。図形は、正三角形、菱形、正五角形、正六角形、正七角形、正八角形、正十角形、円形であった。10名の実験参加者を対象に、一過性の VEP が頭頂隆起部 (I), それより上方 5, 10, 15cm (I10, 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。ネガティブ (N1) 波 (平均頂点潜時: 約140-150ms) とポジティブ (P2) 波 (約235-250ms) が取得された。反復測定 1 要因 ANOVA が部位 I5 のそれらの振幅と潜時に対して実施された。N1, P2振幅に関して、N1のみ多角形化の効果に有意差が見られ、多重比較の結果では正三角形>正五角形以降の6図形、菱形>正七角形以降の4図形が有意であった。また、正五角形>正七角形、正十角形、円形には有意傾向が見られた。N1, P2潜時に関する多重比較の結果では、いずれの図形間にも有意差は見られなかった。本実験の結果は、面積が等しい図形を用いて同様な検討を行った古里他 (1999) の結果に概ね一致しており、また N1振幅が角度性 (angularity) の関数として単調減少を示した Ito et al. (1999), Ito (1997), 伊藤 (1998, 1999c, 2000) の所見とも矛盾しない結果であるといえる。

キーワード: 形の知覚, パターン出現, 視覚誘発電位, 図形の多角化, 下方視野

問 題

生活体に変化する環境に適応していくためには、感覚、知覚の働きが必要である。とりわけ、視覚における形の知覚は重要である。主要な形の知覚の研究には精神物理学的、行動学的、心理生理学的、あるいは生理心理学的な研究が含まれるが、形の知覚の特性やメカニズムの解明を目指す時、従来の心理学的知見に加えて、視覚誘発電位 (VEP) などを反応指標とした心理生理学的研究は脳内情報処理過程に関する有効な情報を与えてくれるという点で意義をもつ (伊藤, 1999a)。

VEP は通常、定常性と一過性、パターンとフラッシュの各 VEP, またパターン VEP は出現、反転、消失の各 VEP に区分されており、基礎的領域のみならず、病院臨床などの応用的分野における研究も数多く行われている (黒岩・園生, 1998; 伊藤, 1999b)。

筆者らは十数年来、基本的な幾何学的図形を用いて形の知覚とパターン出現 VEP との関係を実験的に検討してきた。これまでの研究は、図形の形の効果の分析 (Ito & Sugata, 1995; 伊藤, 1994, 1998, 1999c, 2001; Ito, 1997, 2007), 図形の空間的定位・視野内刺激提示位置の効果の分析 (Ito, 1997; 伊藤, 2003, 2005a, 2005b, 2006, 2008, 2009; Ito, Sugata, & Kuwabara, 1997), 図形の形の効果に関する分析的アプローチ (Ito, Sugata, Kuwabara, Wu, & Kojima, 1999; Ito, Sugata, & Kuwabara, 1998; 伊藤, 2000), 主体的要因の作用の検討 (Ito, Kuwabara, Sugata, Suzuki, & Kawai, 1996, 1998), 図形の形に関連した VEP 成分の検討 (伊藤, 1996), 総説 (伊藤, 1989, 1993, 1999a, 1999b), その他 (伊藤, 1995) に分類することができよう。

さて、視野下方提示の事態では図形の面積が等しい場合、図形周囲の輪郭線の長さが等しい場合、輪郭線

* 1) 愛知学院大学心身科学部心理学科

* 2) 富山県高志通園センター

* 3) 名古屋文化学園保育専門学校

* 4) 愛知学院大学大学院心身科学研究科心理学専攻

(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

の長さや面積の比が等しい場合、あるいは図形の視角的大きさが等しい場合のいずれにおいても、また固視点 (FP) と図形の中心間、FP と図形の上端間の視角的距離を等しくした場合でも、正三角形の N1 振幅は円形よりも大きくなるということが明らかにされている (伊藤, 1993, 1994, 1999a; Ito & Sugata, 1995)。N1 波は平均頂点潜時が 140ms 位の陰性電位であるが、この電位に続いて頂点潜時が 240ms 位の陽性電位である P2 波が誘発される。P2 振幅においても時々正三角形 > 円形の関係が示されるが、それは通常 N1 波の場合ほど明瞭ではない。

図形の種々な量的刺激変数を等しくした場合にこのような結果が得られるということは、N1 振幅に正三角形と円形の形の効果の違いが反映されていると見ることが出来る。この点に関してより詳細な情報を得るために、Ito et al. (1999), Ito (1997), 伊藤 (1998, 1999c, 2000) では、下方視野において単一線分の角度図形や等面積、あるいは等輪郭線の二等辺三角形や平行四辺形の角度性を変化させた実験を実施し、角度性の関数として N1 振幅が増大するという結果を得ている。

正三角形は 60° の 3 つの鋭角部分から成る角度性が大きな図形、円形は角度性がまったくない図形とみなせるので、正三角形から円形に至るまで順次、菱形、正五角形、正六角形、正七角形、……と図形を変化させて行くことによって、P2 振幅はともかく、N1 振幅には角度性の関数として漸次減少の傾向が見られることが予想される。そこで、本論文では、これらの点を含めて、N1, P2 波の振幅、頂点潜時にいかなる変化が見られるかを検討してみることにした。

実 験

目 的

下方視野において、輪郭線の長さが等しい条件で正三角形から円形へと図形を多角形化することにより、一過性の出現 VEP が示す変化を検討する。

方 法

実験参加者 心理学専攻者 10 名 (男, 女各 5 名, 平均年齢 28.5 歳, SD 11 歳)。

刺激の提示 3 chs. tachistoscope DP-6 (Takei) の ch. の 1 つを刺激野, 1 つを順応野とし (ともに開口部約 15° 平方), 実験者ベースで両野の切り替えにより刺激を提示した (提示時間: 100ms, SOA: 1.5-2.5s)。両眼観察 (観察距離 80cm)。刺激野の平均輝度は 5cd/

m², 図形オフ時には 2mm×2 の黒十字型の FP のみをもつ同輝度の順応野 (ブランク) を常時提示した。刺激図形は輪郭長 12cm, 線幅 1 mm の白地黒輪郭線図形 (正三角形, 菱形, 正五角形, 正六角形, 正七角形, 正八角形, 正十角形, 円形) であり, 全て図形の上端が FP の 1° 下方に位置するように配置した (図 1)。これに対照条件 (輝度 5cd/m², ブランク) を加えた計 9 種の刺激のランダム配列の各 1 施行 (1 施行は同一刺激を 16 回反復提示) を 1 セッションとし, 計 4 セッション実施した。

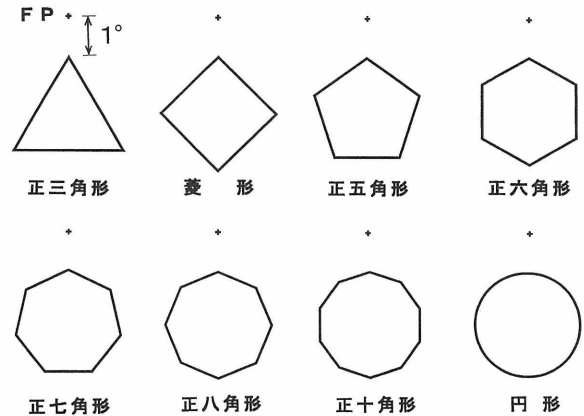


図 1 刺激図形

固視点 (FP) と各図形の上端間の視角的距離は 1° である。

VEP の記録 脳波は, inion (I), inion 上方 5, 10, 15cm (I5, I10, I15) の 4 部位から単極導出し (基準電極は両耳朶連結, 接地は Cz), 4 chs. polygraph 365 (NEC San-ei) で増幅し (0.5-30Hz), 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 signal processor 7T17 (NEC San-ei) により各施行ごとに刺激提示前 100ms, 提示後 412ms の 512ms の区間を 15 回加算平均した (標準化時間 1 ms)。

データの分析 刺激前 100ms 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, 実験参加者ごとの差波形 (60 回加算: 15 回 × 4 セッション) を算出した。

最大の陰性, 陽性の電位が出現した実験参加者間の部位 I5 の平均振幅と平均頂点潜時に関して, 反復測定 1 要因 ANOVA (図形 8 水準) を統計解析ソフト「STATISTICA」により実施した。なお, 本実験では多角形化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

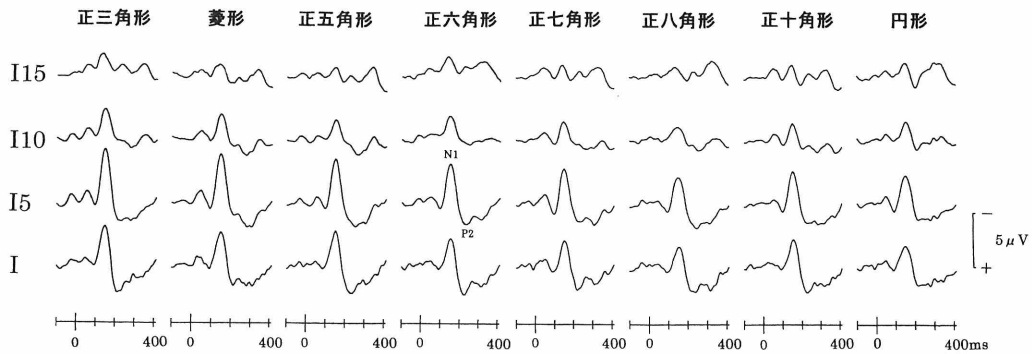


図2 実験参加者10名の平均差分総加算波形

なかった(千野, 1995). また, 多重比較としては Tukey の HSD 検定 ($p < .05$) を行った.

結果と考察

図2に, 実験参加者10名の総平均差波形を示す.

部位 I5 の波形を見ると, いずれの図形においても N1 波 (平均頂点潜時約 140–150ms) と P2 波 (約 235–250ms) が明瞭であった.

図3, 4に, N1波とP2波の部位間の平均振幅の変化, それに部位 I5 の平均振幅の変化と SD を示す.

図によれば, N1波, P2波ともに I5 で振幅はピークを示しており, 特に N1 振幅には正三角形から正七角形にかけて漸次減少の傾向が見られ, 以後円形にかけてほぼ同一の水準を維持している. 一方, P2 振幅には一義的な変化の傾向は見られない.

N1, P2 振幅に関する ANOVA (図形 8) の結果によれば, N1 のみ図形の効果が有意であり ($F [7,63] = 12.72, p < .0001$), 多重比較の結果, 有意差が見られたのは, 正三角形 > 正五角形, 正六角形, 正七角形, 正八角形, 正十角形, 円形, それに菱形 > 正七角形, 正八角形, 正十角形, 円形であった. また正五角形 > 正七角形, 正十角形, 円形には有意傾向が見られた.

古里他 (1999) は, 本実験と同様な実験事態で図形の面積が等しい場合の多角形化の効果を検討し, N1 振幅は同様に漸次減少するという結果を得ている (図5). 本実験と同様な ANOVA の結果では, 図形の効果は有意であり ($F [7,63] = 19.05, p < .0001$), 多重比較の結果, 有意差が見られたのは, 正三角形 > 正五角形, 正六角形, 正七角形, 正八角形, 正十角形, 円形であった. また, 菱形 > 正七角形, 正八角形, 正十角形, 円形が有意であり, 正三角形 > 菱形には有意傾向が見られた.

面積が等しい事態のみならず, 輪郭の長さが等しい

場合にも, N1 振幅に漸次減少の傾向が見られたことは, 注目に値しよう. それは等面積の場合よりも図形間の見かけの大きさがほぼ等しいと感じられる等輪郭長における変化傾向を示すものとして積極的な意味をもつからである.

Itō et al. (1999) は, 特に下方視野では等輪郭長, 等面積の正三角形が円形や正方形よりも大きな N1 反応を生ずるという所見 (伊藤, 1999b) から, 等輪郭長の種々な角度 (45°, 90°, 135°, 180°) の単一線分

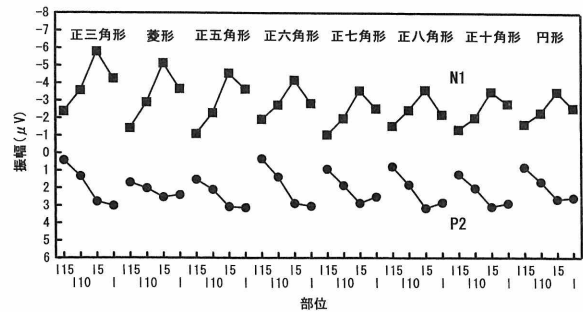


図3 N1 振幅, P2 振幅の部位間 (I15, I10, I5, I) の平均的变化

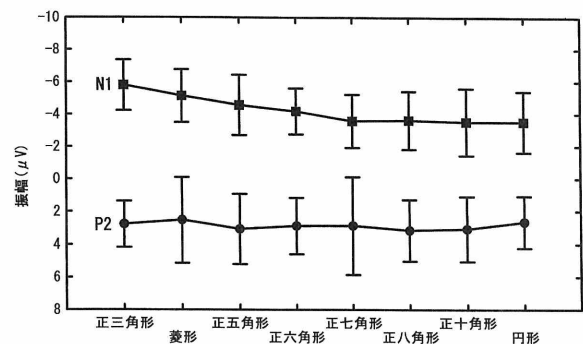


図4 N1 振幅, P2 振幅の平均的变化
部位は I5 である. 垂直線のバーは 1 標準偏差 (SD) を示す.

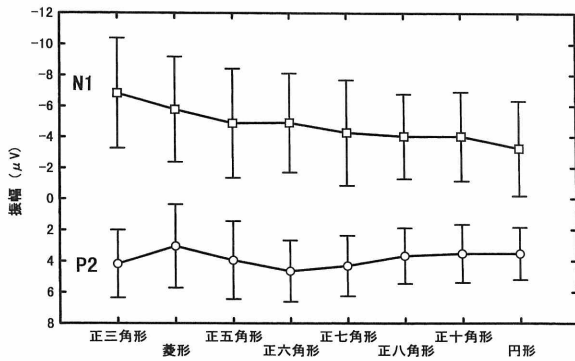


図5 古里他(1999)におけるN1振幅,P2振幅の平均的变化部位はI5である。垂直線のバーは1SDを示す。

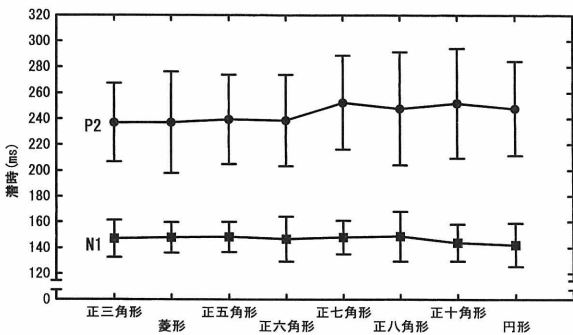


図6 N1潜時,P2潜時の平均的变化部位はI5である。垂直線のバーは1SDを示す。

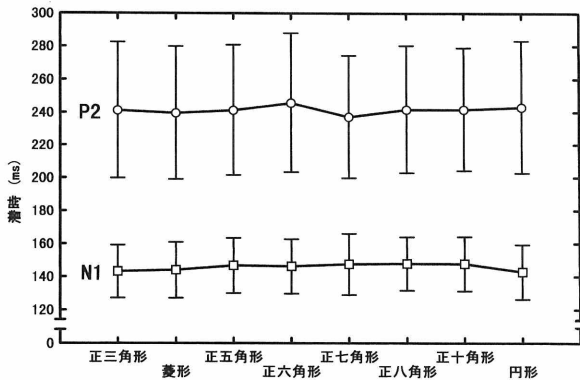


図7 古里他(1999)におけるN1潜時,P2潜時の平均的变化部位はI5である。垂直線のバーは1SDを示す。

の角度図形の角張りと円みがN1振幅に及ぼす効果を検討し、角度性の方が角張り/円みよりも効果が大きく、角度の増加に伴い、N1振幅が漸次減少するという結果を得ている。一方、Ito (1997) は等面積、伊藤 (1999c) は等輪郭長の条件で、頂角の異なる二等辺三角形 (頂角30°, 60°, 90°, 120°, 150°) を下方視野に提示し、角度性の増大に伴って同様にN1振幅は

漸次減少することを明らかにしている。また、伊藤 (1998) は、下方視野で等輪郭長の平行四辺形が種々角度を変えるという事態 (上下角30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180° (正方形)) で、角度性の増加に伴ってN1振幅は漸次有意に減少することを報告している。さらに、伊藤 (2000) は、Moskowitz et al. (1974) と類似のパターンを用いて、下方視野における等輪郭長の事態で3バーと1バーの角度パターン (45°, 90°, 135°, 180°) を用意し、角度性の変化がN1振幅に及ぼす効果を分析した。そこでは、3バーは1バーよりも反応が大きく、角度の増加に伴い、いずれの場合もN1振幅は漸次減少するという結果を得ている。

このように、本実験の結果は、等面積の刺激条件であることと実験参加者が異なっていることを除いては、本実験と同一の条件下で取得された古里他 (1999) の結果、そして単一の角度線分や全体的図形の角度性を変化させた Ito et al. (1999), Ito (1997), 伊藤 (1998, 1999c, 2000) の結果とも整合しており、下方提示におけるパターン出現 VEP のN1振幅の変化には、図形の角度性が重要な規定要因として作用していることを示すものと考えられる。鋭角的であれば振幅は大きく、逆に鈍角的であれば振幅は小さくなるといえよう。

一方、P2振幅に関しては (図4)、有意な多角形化の効果は見出されなかった。等面積条件で検討を行った古里他 (1999) のANOVAの結果も同様であった (図5)。等輪郭長、等面積いずれの場合も各図形間に有意差が見られなかったということから、P2振幅では一義的な変化は見られないということであろう。Ito et al. (1999), 伊藤 (1998, 1999c, 2000) においても、P2振幅には有意な変化は見られなかった。もっとも、P2振幅に関して、これまでの実験ではN1振幅よりもより明瞭な変化を示す実験参加者もあり、図形差がN1振幅において大きく、P2振幅では小さい者、それとは逆の関係を示す者と、そこには少なからず個人差が見られたことも否定できない事実である (伊藤, 2008, 2009)。

図6は、部位I5のN1波、P2波の平均頂点潜時の変化とSDを示す。

N1, P2の頂点潜時に関するANOVAの結果では、P2のみに有意差が見られたが ($F [7,63]=2.31, p < .05$), 多重比較の結果では有意な図形効果は見出されなかった。等面積の条件で検討を行った古里他 (1999) のANOVAの結果では、いずれも有意な図形の効果は認められなかった (図7)。同様に、Ito et al. (1999), 伊藤 (1998, 1999c, 2000) においても、N1波、P2波と

もに頂点潜時には角度性の関数としての有意な変化は見出されなかった。

付 記

本報告の概要は、2002年9月、日本心理学会第66回大会（広島大学）において、伊藤・古里・菅田・佐部利により、発表された（伊藤・古里・菅田・佐部利，2002）。

引用文献

- 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.
- 古里淑乃・伊藤元雄・菅田達也（1999）. 図形の知覚と視覚誘発電位の関係—図形の形の効果(22)— 日本心理学会第63回大会発表論文集, 234.
- 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 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—刺激提示位置の効果(2)— 愛知学院大学論叢心身科学部紀要, **4**, 9-15.
- 伊藤元雄（2009）. 縦縞, 横縞パターンが視覚誘発電位に及ぼす影響—空間的定位と大きさの効果— 愛知学院大学心身科学研究所紀要, 心身科学, **1**, 1-7.
- 伊藤元雄・古里淑乃・菅田達也・佐部利真吾（2002）. 図形の知覚と視覚誘発電位の関係—図形の形の効果(23)— 日本心理学会第66回大会発表論文集, 378.
- 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.
- 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・園生雅弘（編）（1998）. 臨床誘発電位ハンドブック 中外医薬社
- Moskowitz, A. F., Armington, J. C., & Timberlake, G. (1974). Corners, receptive fields, and visually evoked potentials. *Perception & Psychophysics*, **15**, 325-330.

最終版平成21年5月5日受理

Effects of Increasing the Angularity of Geometric Figures on Visual Evoked Potentials

Motoo ITO, Yoshino FURUSATO, Tatsuya SUGATA, Shingo SABURI

Abstract

As an examination of the effects of increasing the angularity of geometric figures on pattern-onset visual evoked potentials (VEPs), 8 outlined geometric figures of equal length were presented binocularly under the condition of lower visual field. They were an equilateral triangle, a diamond, a regular pentagon, a regular hexagon, a regular heptagon, a regular octagon, a regular decagon and a circle. Transient VEPs were recorded monopolarly from inion, 5, 10 and 15cm above (I, I5, I10 and I15) for 10 subjects. The grand average of subtracted wave-forms were recorded between the figure and blank (control) conditions. Negative (N1) (average peak latency: about 140–150ms) and positive (P2) (235–250ms) waves were identified. One-way ANOVAs of repeated measures were conducted for the amplitude and latency values of Location I5's waves. The main results were as follows: on the N1 amplitude, the effect of increasing angularity of the figures were significant. According to the comparison analyses, the equilateral triangle evoked significantly greater responses than the regular pentagon and the following 5 figures. The diamond elicited significantly larger responses than the regular heptagon and the following 3 figures. Furthermore, the regular pentagon showed significantly larger tendencies than the regular heptagon, the regular decagon and the circle. Regarding the N1 and P2 peak latencies, there seemed no significant differences among the figures. The results in the present experiment on the N1 amplitude resembled the ones using the equal contour length in Furusato et al. (1999) and were consistent with those in Ito (1997, 1998, 1999c, 2000) and Ito et al. (1999), which showed significant decrease as a function of angularity of the figures.

Keywords: form perception, pattern-onset, visual evoked potentials, increasing angularity of figures, lower visual field