

下方・上方視野における幾何学的図形の角度性が 視覚誘発電位に及ぼす効果

伊藤元雄*¹⁾ 佐部利真吾*²⁾

幾何学的図形の角度性がパターン出現視覚誘発電位(VEPs)に及ぼす効果に関する検討の一環として、長さが等しい輪郭線の単一線分の角度図形が下方視野、上方視野に両眼視で提示された。各視野の図形の角度条件は45°、90°、135°、180°の4種であった。12名の実験参加者を対象に、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。そして、図形条件とブランク(対照)条件との差波形が記録された。下方視野では陰性電位のN1波(平均頂点潜時約143ms)、上方視野では陽性電位のP波(約134ms)が取得された。反復測定ANOVAが各視野ごとに部位I5の振幅、及び潜時に対して実施された。下方視野のN1波、そして上方視野のP波の振幅は、いずれも角度が増すにつれ、有意な減少を示した。潜時の測定に関しては、有意な効果は見られなかった。本実験の結果は、角度性の関数として、下方視野のN1波と上方視野のP波がそれぞれ陰性、陽性方向に漸次減少することを示しており、両者が同じVEP成分、すなわちC2を主成分とするというJeffreys & Smith(1979)の考え方を支持している。

キーワード：形の知覚、視覚誘発電位、下方・上方視野、単一線分角度図形、角度性

問 題

視覚誘発電位(visual evoked potential: VEP)とは、視覚刺激により誘発される視覚皮質起源性の電位変動である。VEPは、定常性(steady-state)と一過性(transient)に区別することができる。前者は、刺激を高頻度で反復提示することで、視覚系が先行する刺激による変化から回復する前に次々に刺激を与えて、最終的に定常的な電位レベルに達した状態で記録される。一方、後者は、刺激を低頻度で提示し、視覚系が先行刺激による影響から十分に解放され、安定した初期の電位レベルに戻った状態で記録される。一過性VEPは、刺激の出現(onset)、または消失(offset)からの時間経過に伴う電位変化を表している。一過性VEPを生起させる刺激としては、有彩色と無彩色がある。有彩色によって惹起される色に関連したVEPに対して、無彩色を用いるVEPは、輝度変化(flash)とパターン(pattern)のVEPに区分される(Regan,

1972; Desmedt, 1977; 諸富, 1992; 伊藤, 1999b)。

輝度変化VEPは、等質で一様なフラッシュ光によって誘発され、輝度の増減による電位変化を表している。それに対して、パターンVEPは、輪郭線やコントラストといった、空間的に非等質なパターンによって誘発される電位である。パターンVEPは、パターンの提示の仕方により、パターン出現(pattern-onset)、消失(pattern-offset)、反転(pattern-reversal)の各VEPに分類される。出現VEPと消失VEPは、それぞれパターンの出現、消失により誘発されるVEPである。反転VEPは、パターンを交互に反転させる、たとえば縞模様(grating)や市松模様(checkerboard)の明領域と暗領域の輝度を交互に反転させることにより生起するVEPである。

一過性パターン出現VEPについては、Jeffreysらが一連の研究により、基本的な成分として頂点潜時が65-85msのC1、90-110msのC2、130-150msのC3を同定し、以下のような特徴をもつことを報告した

*1) 愛知学院大学心身科学部心理学科

*2) 愛知学院大学心身科学研究所

(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

(Jeffreys & Axford, 1972a, 1972b; Jeffreys, 1977). それら 3 成分は下方視野 (lower visual field: LVF), 上方視野 (upper visual field: UVF) 間で極性が反転する. 下方視野では陽性—陰性—陽性の波形として, 上方視野では陰性—陽性—陰性の波形として出現する. C1 はコントラストの変化に対して感度が高く, 順応が生じにくいものに対して, C2, C3 は輪郭をもつパターン刺激に対して鋭敏であり, 順応が生じやすい. 3 成分の脳内起源については, 単純な双極子モデルを仮定した研究から, C1 は有線野 (17野), C2, C3 は非有線野 (18, 19野) に発生源があると推定している. 特に C2 の発生源について, 上方視野が反映される後頭葉の下部表面の双極子と, 下方視野が反映される上部表面の双極子が直交するモデルを提案している. そして, そのモデルから計算された電位分布と, 実験から得られた電位分布がよく一致することを報告している.

また, それら 3 成分の他に, 傍中心窩刺激, 奥行き手がかりを含む刺激に鋭敏に反応する後期陰性電位 (late negative potential: LNP), 刺激の複雑さ, 不規則さに対して特異的な反応増強を示す後期陽性電位 (late positive potential: LPP), 刺激パターンのグローバルな特徴, 特に顔パターンに対してよく反応し, 頭頂付近で観察される頭頂陽性電位 (vertex positive potential: VPP) が同定されている (Jeffreys, 1989).

他方, Ermolaev らは, ダートボード (dartboard) などの刺激を視野中央に提示した一連の研究により, 中心視, 高輝度でよく惹起される N100 と, 周辺視, 低輝度でよく惹起される N130 を同定した (Ermolaev & Kleinman, 1983, 1984; Ermolaev, 1985). これら N100 と N130 について, Jeffreys (1996) は, それぞれ C2 と LNP に対応すると述べており, C2 は腹側処理系, LNP は背側処理系に起源をもつと推定している. つまり, C2 または N100 と, LNP または N130 は, 視覚系の 2 つの処理系を反映し, 前者は形態視系, 後者は空間視系に対応するとしている.

Jeffreys らによる, C1, C2, C3 成分における上方, 下方視野間の極性反転という所見に対しては種々議論が行われている. Lehman, Meles, & Mir (1977) は, パターン反転 VEP を用いたトポグラフィカルな分析から, 極性の反転を潜時のずれにより説明した. 彼らは, 上方, または下方視野提示により生起する各波形が, 潜時を 43ms ずらせば近似することを示し, 極性の反転は, 成分の潜時のずれによって見かけ上生じるものであると主張した. それに対し, Jeffreys & Smith (1979) は, パターン出現 VEP における C1, C2 成分

の順応効果を検討し, 上方, 下方視野とも C2 に同様な順応効果が出現したのに対して, C1 にはそれが現れなかったことを示した. この結果から, 極性の反転は, Lehman et al. (1977) が主張した潜時のズレによる見かけ上のものではなく, 上方, 下方視野間で同様の特性を有する成分が, 上方, 下方視野間でその極性を反転させていると主張した.

伊藤らは, 下方視野に幾何学的図形を提示した際の一過性パターン出現 VEP の振舞いを調べた一連の研究において, 初期の陰性成分 (N1 波), 後期の陽性成分 (P2 波) を同定し, 以下のような所見を得た (伊藤, 1994, 1999a; Ito & Sugata, 1995; Ito, Sugata, & Kuwabara, 1997). N1 波について, 正三角形は円形, 正方形に比べて大きな振幅を生じ, それは等面積条件, 等輪郭長条件, 等輪郭長/面積条件, 等視角条件でも同様であった. また, 固視点と図形との位置関係を操作しても同様であった. そして, 倒立三角形, 菱形などを用いて定位を操作した条件でも, 倒立三角形, 菱形では円形よりも反応が大きいうような同様の振舞いを示した. P2 波についても同様の傾向を示したが, N1 波ほど明瞭ではなかった. この幾何学的図形に対する VEP の振舞いについては, 実験参加者の心的準備状態 (覚醒水準), 選択的注意という主体的要因の影響を受けないことを報告している (Ito, Kuwabara, Sugata, Suzuki, & Kawai, 1996; Ito, Kuwabara, Sugata, Suzuki, & Kawai, 1998). また, 二等辺三角形, 平行四辺形, 単一輪郭線の角度図形などを用いた研究では, 垂直方向の角度の増大に伴って N1 波の振幅が減少するという「角度性の効果」を報告している (Ito, 1997; 伊藤, 1998; Ito, Sugata, Kuwabara, Wu, & Kojima, 1999).

これまでパターン出現 VEP に対する形の効果について, 伊藤らは主に下方視野の事態で検討してきた. 角度の増大に伴って振幅が減少するという角度性の効果については, 上方視野での研究は少なく, 単一線分の角度図形を下方視野, 上方視野の事態で同一の実験内で変化させた条件分析的研究は行われていない. そこで, 本研究では, 下方, 上方視野提示事態における角度性の効果を比較, 検討し, 併せてその電位がいかなる成分に基づくかについて考察を行ってみることにした.

目 的

単一線分から成る角度図形を提示し, 角度の増大に伴って下方視野の陰性電位 N1 波の振幅に角度性の効

果が見られるかを確認し、さらに同様な角度性の効果が上方視野の陽性電位 P 波の振幅にも現れるか否かを検討する。併せて、N1 波、P 波がいかなる VEP 成分に基づくかについて試論的な考察を行う。

方 法

実験参加者 心理学専攻者 12 名 (男性 3 名, 女性 9 名, 平均年齢 28.1 歳, SD 9.7 歳)。

刺激の提示 改良型 4chs. tachistoscope (竹井機器) の 1ch. を刺激野 (TF), 他の 1ch. 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, TF の平均輝度は約 $37\text{cd}/\text{m}^2$ であった。図形オフ時には $2\text{mm} \times 2$ の黒十字形の固視点 (FP) のみをもつ同輝度の白紙の AF を常時提示した。

刺激図形は, 45° , 90° , 135° , 180° の角度をもつ 8cm の単一輪郭線 (線幅 0.7mm) の角度図形で, 視野中央の FP の上方または下方に, 視角 0.5° の距離をとって配置した (Figure 1)。これに FP のみの対照条件を加えた計 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 セッションとして, 計 4 セッション実施した。図形はすべて X-Y plotter DXY-1300 (Roland) により, 白紙に黒インクで描出した。

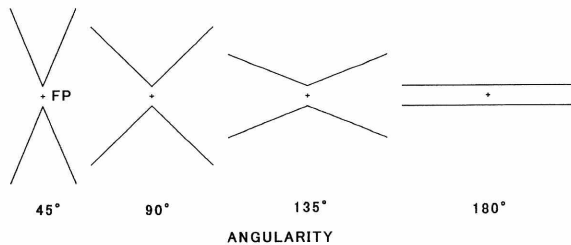


Figure 1

Single-lined angular figures with different angularities used in the present experiment. Each figure was presented under or above the fixation point (FP). Angular separation between the FP and the top (the bottom) of the figure was held constant at 0.5° .

VEP の記録 脳波は, inion (I), inion 上方 5, 10, 15cm (I5, I10, I15) の 4 部位から両耳朶連結を基準として (接地は Cz), 8chs. polygraph 360 system (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 (標本化時間 1ms)。

データの分析 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, 実験参加者ごとの差波形 (60 回加算: 15 回 \times 4 セッション) を算出した。平均振幅 (部位 I5) に関して, 視野別に反復測定 1 要因 ANOVA を角度性 (4) に対して, また平均頂点潜時 (I5) に関して, 反復測定 2 要因 ANOVA を視野 (2) \times 角度性 (4) に対して実施した。なお, 本実験では Mauchly test による球形仮説の検定を行ったが, すべて球形仮説は採択されたので, 自由度の修正は行わなかった。ただし, 2 要因 ANOVA については, 大局的球形仮説は棄却された。また, 必要に応じて Tukey 法 ($p=.05$) による多重比較を行った。

結果と考察

Figure 2 に, 実験参加者 12 名の各条件における総平均差波形を示す。いずれの角度条件でも, I5 を頂点とする単極性の電位分布を示す N1 波 (下方視野条件: 平均頂点潜時約 143ms) と, P 波 (上方視野条件: 平均頂点潜時約 134ms) が同定可能であった。

Figure 3 に, 下方視野における N1 波と上方視野における P 波の平均振幅の頭皮上分布を示し, Figure 4 に, 最大振幅が得られた部位 I5 における N1 波と P 波の平均振幅, 及び SD の変化を示す。これらの図より, 角度の増大に伴って, N1 波, P 波ともに振幅が漸次減少しているのが分かる。I5 における N1 波振幅に関する ANOVA (角度性 (4)) の結果, 主効果が有意であった ($F [3,33]=23.50, p<.0001$)。多重比較の結果によれば, 45° 条件は他のいずれの条件よりも有意に大きく, 90° 条件と 135° 条件は 180° 条件より有意に大きかった。I5 における P 波振幅に関する ANOVA (角度性 (4)) の結果, 主効果が有意であった ($F [3,33]=22.12, p<.0001$)。多重比較の結果, 180° 条件は他のいずれの条件よりも有意に小さく, 45° 条件は 135° 条件より有意に大きかった。

このように, 実験の結果は, N1 波の振幅が角度の増大に伴って漸次減少し, 下方視野における角度性の効果が確認された。そして, P 波についても角度の増大に伴って漸次振幅が減少し, 上方視野においても同様な角度性の効果が現れることが明らかになった。下方視野における N1 波の陰性方向での減少, 上方視野

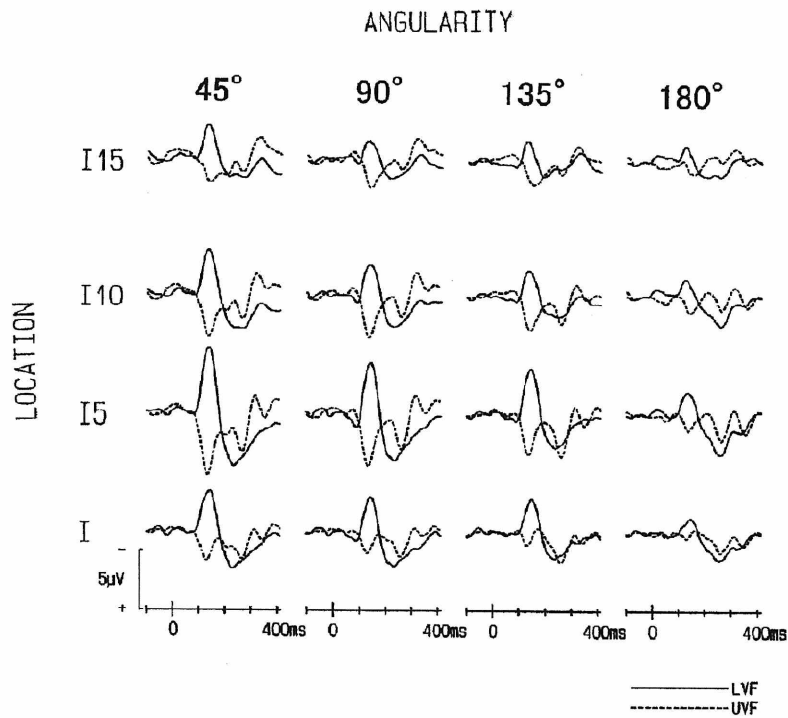


Figure 2

Grand-averaged subtracted waves for the different angular figures in the lower visual field (LVF) or the upper visual field (UVF). Twelve participants joined the experiment.

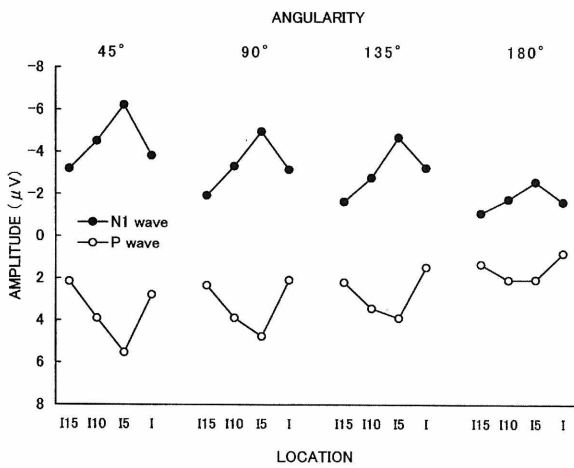


Figure 3

Averaged scalp distributions of the amplitudes of the N1 wave in the LVF and the P wave in the UVF as a function of angularity.

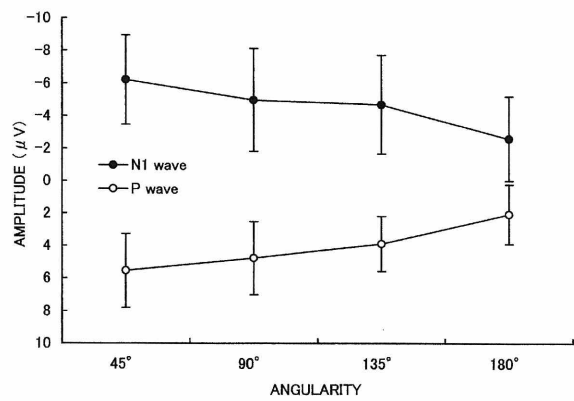


Figure 4

Changes of averaged amplitudes of the N1 wave in the LVF and the P wave in the UVF as a function of angularity in Location I5. Vertical lines indicate SDs.

における P 波の陽性方向での減少という、両視野間の電位の極性反転には一体いかなる VEP 成分が関わっているのであろうか。

先述したように、この点に関連した諸家の研究としては、Jeffreys & Smith (1979), Lehmann et al. (1977) らの研究が挙げられる。しかし、彼らの研究に言及する前に、本実験で得られた N1 波、P 波と諸家が得ている成分電位間の潜時の違いについて論じておく必要がある。Jeffreys (1977), Jeffreys & Axford (1972a, 1972b) は、正方形の配列図形や市松模様を用いたパターン出現 VEP に関する実験で、3 相性の波形の分析からパターンの出現に関連した基本的成分として、C1, C2, C3 の 3 つを同定し、下方視野と上方視野で電位の極性反転が生じることを明らかにした。ここで問題となるのは Jeffreys らと我々の波形との間の頂点潜時の違いである。我々の結果では N1 波の平均頂点潜時は約 143ms、P 波は約 134ms であったが、彼らの C2 は 90-110ms とかなり短かった。その理由として考えられるのは、Jeffreys らとの実験条件の差異である。第 1 に、Jeffreys らが通常 100cd/m² 以上の高輝度でパターンを提示していたのに対して、我々の輝度水準は 37cd/m² であった。輝度の低下は一般に出現、消失、反転の各 VEP 電位の頂点潜時の遅延を生じさせることを Kriss & Barrett (1985) も報告しており、この輝度の差異が結果に影響していた可能性がある。第 2 に、Jeffreys らが使った市松模様や正方形の配列図形（直径 6-12° 位の半円形）は我々の図形（角度図形：最大 5.71° 以内）よりも大きく、より大きな網膜領域が刺激されていた。刺激の大きさがフラッシュ VEP に及ぼす効果に関する実験によれば、面積の増大により、頂点潜時は漸次短縮することが見出されている (Eason & Dudley, 1971; Kakigi, Miyazaki, & Mori, 1972)。このように、Jeffreys らと我々との実験条件の差異を考えれば、本実験における N1 波、あるいは P 波は彼らのいう C2 に大略相当する電位成分であろうと考えられる。

さて、パターン出現、あるいは反転における上方、下方視野間の電位の極性反転を、視覚皮質の網膜依存的な体制をベースにした一定潜時をもつ成分の頭皮上電位分布の差異の反映と考えてよいかどうかという重要な問題がある (伊藤, 1996)。Lehmann et al. (1977) は、市松模様を用いた反転 VEP のマッピングに関する研究で、この点を問題にした。彼らは、上半と下半の視野刺激に対する反応は一定潜時（約 100ms）をもつ成分電位の極性反転の結果ではなく、それはそれら

2 つの刺激作用が明瞭に潜時の異なった、また幾分トポグラフィの異なった成分電位を頭皮上に誘発した見かけ上の結果であるとした。すなわち、これまで明らかにされてきた電気生理学的所見、あるいは解剖学的、知覚的、行動的所見からすると、下方視野（上半網膜）系は上方視野（下半網膜）系に比べてはるかに機能的にすぐれており、VEP に関しても下方視野の方が潜時もはやく、振幅も大きい反応を生じさせる。したがって、両成分電位の時間的推移が異なり、ある時点に限って見れば極性反転が見かけ上出現することにもなるという。彼らは、43ms 時相をずらした下方と上方視野の電位分布パターンがほぼ一致することを実際のマッピングのデータで例示した。この Lehmann et al. (1977) の主張に対して、Jeffreys & Smith (1979) は、出現 VEP における時間的に対応した 2 つのピークの極性反転は潜時のズレによるものではなく、一定潜時をもつ対応した成分の表面電位分布の差異に依るものであることを実験的に明らかにした。彼らは、正方形配列を用いて、C1（潜時約 75ms）、C2（95ms）の先行刺激（輪郭線図形）に対する順応効果を検討し、両者は異なった順応効果を示すが（C2 には著しい順応効果が見出されるが、C1 には見られない）、C1, C2 がそれぞれ視野の上、下間の順応刺激に対して極めて一貫した振舞いを示したことから、出現 VEP に関しては Lehmann らの批判は当たらないと結論づけている。本実験の結果は、このように Lehmann et al. (1977) ではなく、Jeffreys & Smith (1979) を支持する結果であるといえる。

しかしながら、本実験における N1 波、P 波は純粋に C2 のみを成分とする電位として考えて良いのであろうか。この問題を考察する時に、参考になる研究が Ermolaev らによって行われている。Ermolaev et al. (1983) は、ダートボード・パターンを用いた背景照明が出現 VEP に及ぼす効果に関する実験において、刺激後 200ms 以内に生ずる陰性波が N100 と N130 の 2 つの成分波から成り、高照明水準（約 172cd/m²）下では N100、低照明水準（約 11cd/m²）下では N130 が優位となることを指摘した。我々の輝度水準は 37cd/m²、我々が初期に行った実験では約 5cd/m² であり、特に後者の実験事態は N130 がより生じやすい事態であった。実際、その事態では、施行によってはノッチ (notch) のある 2 峰性の N1 波を示す実験参加者が幾人かいた (Ito & Sugata, 1995)。これまで頂点の同定はあくまでも最大電位を基準として行っており、結果的に両波の明確な分離は行われていない。N100 には視野の上、

下で電位の極性反転が生じるが、N130にはそうした反転は生じないといった振舞いの特徴からも、両者の発生起源は別であり、N100はC2に相当すると考えられている。したがって、N1波は、C2のみから構成されているというよりは、その時の条件に依存してN130が優位に、あるいは劣位に重畳する混合波形として位置づけておくことが妥当のように思われる。N1波の頂点潜時が約134ms、P波のそれが約143msと約10msの遅れが出現していたのも、下方視野においてはC2にN100が加わっていたためと考えられる。

Jeffreys et al. (1972a, 1972b) は、C1は有線皮質(17野)に起源をもつ、主にコントラストに特異的な成分、C2, C3は非有線皮質(18, 19野)に起源をもつ主に輪郭線に特異的な成分としているが、Jeffreys (1989) は、パターン出現VEPはこれらの成分に加えて、パターンと背景との相対的な奥行きに特異的なLNP(頂点潜時約165ms)、複雑な、不規則なパターンに特異的なLPP(約240ms)、それに顔パターンに特異的なVPP(約170ms)から成ると報告している。彼によれば、C1, C2, C3は網膜的に対応した、より低次の皮質領域に、一方LNP, LPP, VPPはそうした体制をほとんどもたないか、まったくもたないより高次の皮質領域に発生源があるとされる。そして、Jeffreys (1996) はパターン出現VEPに関する研究において、中心窩から数度内に提示される不連続なパターン要素によって最も良く誘発される初期成分としてのC2と後期陰性成分であるLNPは、それぞれErmolaev (1985) のいうN100とN130に対応すると述べている。Jeffreys (1996) によれば、C2よりも長い潜時(200ms位まで)とより広範囲な電位分布を示すLNPは、奥行き手がかりを含む刺激、傍中心窩刺激(1.5°以上)に提示されるパターン刺激、局所的な非パターン刺激(たとえば、輝度変化)によって促進されるとされる。N130も傍中心窩刺激や低い照明水準に鋭敏であると考えられている(Ermolaev, 1985)。LNP, N130はともに視野対応的な成分ではないと考えられており(Jeffreys, 1989; Ermolaev, 1985)、またJeffreys (1989) はC2とLNPは時として単一の頂点をもつ陰性の幅広の波形を形成することがあることを指摘している。通常は単一の頂点をもつ陰性波(N1)が出現した我々の実験事態は、単一の線分図形がJeffreysやErmolaevの実験におけるよりも低い輝度水準で提示されたので、LNP、あるいはN130を生じやすい事態であったと考えられる。したがって、Jeffreys (1996) らの主張からしても、N1はC2、そしてLNP(N130)の両者か

ら成る電位として位置づけることが妥当であろう。

なお、本実験における潜時の測度に関しては(Figure 5)、N1波、P波頂点潜時(15)に関するANOVA(提示視野2×角度性4)の結果、いずれの効果も有意ではなかった。

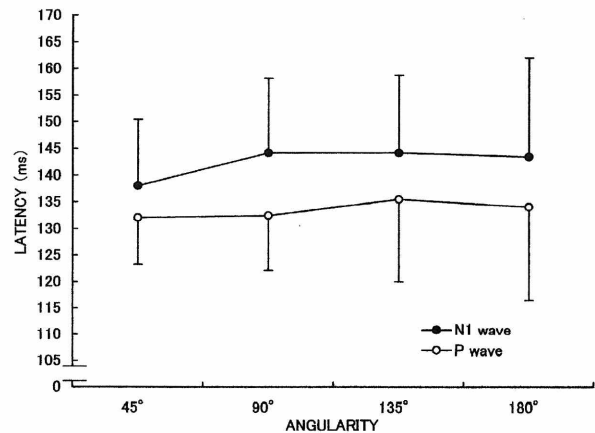


Figure 5

Changes of averaged peak latencies of the N1 wave in the LVF and the P wave in the UVF as a function of angularity in Location 15. Vertical lines indicate SDs.

付 記

本報告の概要は、2002年5月、第20回日本生理心理学会大会(早稲田大学主催)において、佐部利真吾・伊藤元雄により発表された(佐部利・伊藤, 2002)。

引用文献

- Desmedt, J. E. (Ed.) (1977). *Visual evoked potentials in man: New developments*. Oxford: Clarendon Press.
- Eason, R. G., & Dudley, L. M. (1971). Effect of stimulus size and retinal locus of stimulation on visually evoked cortical responses and reaction in man. *Psychonomic Science*, **23**, 345-347.
- Ermolaev, R. Y. (1985). Retinal factors affecting visual evoked potentials. In D. Papakostopoulos, S. Butler, & I. Martin (Eds.), *Clinical and Experimental Neuropsychophysiology*. London: Croom Helm. pp. 30-65.
- Ermolaev, R. Y., & Kleinman, D. (1983). The effect of background illumination on pattern onset visual evoked potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **55**, 546-556.
- Ermolaev, R. Y., & Kleinman, D. (1984). The effect of eccentricity and colour on negativity in pattern onset visual evoked potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **59**, 347-360.

- 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.
(Ito, M. (1994). Influences of the form of the geometric figures on visual evoked potentials: Analyses in the condition of equal visual angle. *Bulletin of the Faculty of Letters of Aichi Gakuin University*, **24**, 1-14.)
- 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. (1996). Visual evoked potentials to geometric forms: Analyses of the pattern-related components. *Bulletin of the Faculty of Letters of Aichi Gakuin University*, **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.
(Ito, M. (1997). *Bulletin of the Faculty of Letters of Aichi Gakuin University*, **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.
(Ito, M. (1998). Effects of the different forms of the parallelograms, the equilateral triangle and the circle on visual evoked potentials. *Bulletin of the Faculty of Letters of Aichi Gakuin University*, **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 名古屋: あるむ
(Ito, M. (1999a). *Psychophysiological studies on form perception by means of visual evoked potentials*. Nagoya: Arm.)
- 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— 名古屋: あるむ
(Ito, M. (1999b). *Visual evoked potentials in the psychophysiological studies: The measurement, the classification, the survey on the studies and the usefulness*. Nagoya: Arm.)
- 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 the 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., Wu, C., & Kojima, K. (1999). Effects of the angularity of the figures with sharp and round corners on visual evoked potentials. *Japanese Psychological Research*, **41**, 91-101.
- Jeffreys, D. A. (1977). The physiological significance of pattern visual evoked potentials. In J. E. Desmedt (Ed.), *Visual evoked potentials in man: New developments*. Oxford: Clarendon Press. pp. 134-167.
- Jeffreys, D. A. (1989). Evoked potential studies of contour processing in human visual cortex. In J. J. Kulikowski, C. M. Dickinson & I. J. Murray (Eds.), *Seeing contour and color*. London: Pergamon Press. pp. 529-545.
- Jeffreys, D. A. (1996). Visual evoked potential evidence for parallel processing of depth- and form-related information in human visual cortex. *Experimental Brain Research*, **111**, 79-99.
- Jeffreys, D. A., & Axford, J. G. (1972a). Source locations of pattern-specific components of human visual evoked potentials. I. Component of striate cortical origin. *Experimental Brain Research*, **16**, 1-21.
- Jeffreys, D. A., & Axford, J. G. (1972b). Source locations of pattern-specific components of human visual evoked potentials. II. Component of extrastriate cortical origin. *Experimental Brain Research*, **16**, 22-40.
- Jeffreys, D. A., & Smith, A. T. (1979). The polarity inversion of scalp potentials evoked by upper and lower half-field stimulus patterns: Latency or surface distribution differences? *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **46**, 409-415.
- 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.
- Kriss, A., & Barrett, G. (1985). Checkerboard VEPs: A review of stimulus-response relationships. In D. Papakostopoulos, S. Butler & I. Martin (Eds.), *Clinical and experimental neuropsychophysiology*. London: Croom Helm. pp. 1-29.
- Lehmann, D., Meles, H. P., & Mir, Z. (1977). Average multichannel EEG potential fields evoked from upper and lower hemi-retina: Latency differences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **43**, 725-731.
- 諸富隆 (1992). 視知覚と視覚誘発電位 (I) 北海道大学教育学部紀要, **57**, 29-116.
(Morotomi, T.)
- Regan, D. (1972). *Evoked potentials in psychology, sensory physiology and clinical medicine*. London: Chapman and Hall.
- 佐部利真吾・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

伊藤 元雄, 佐部利 真吾

ける検討— 生理心理学と精神生理学, **20**, 201.
(Saburi, S., & Ito, M.)

最終版平成22年 5 月 5 日受理

Effects of the Angularity of Geometric Figures in Lower and Upper Visual Fields on Visual Evoked Potentials

Motoo ITO, Shingo SABURI

Abstract

As an examination of the effects of the angularity of geometric figures on pattern-onset visual evoked potentials (VEPs), single-lined angularity figures of equal length were presented binocularly in the lower visual field (LVF) and the upper visual field (UVF). Figure conditions consisted of four figures of different angularities (45°, 90°, 135° and 180°) in each visual field. Transient VEPs were recorded referentially from inion, and 5, 10 and 15cm above it (I, I5, I10 and I15) for 12 participants. The subtracted waves were recorded between the figure and the blank (control) conditions. Negative potential, N1 wave (averaged peak latencies: about 143ms) in the LVF and the positive potential, P wave (about 134ms) in the UVF were identified. ANOVAs of repeated measures were conducted for the amplitudes and the latencies of Location I5 in both visual fields. Regarding the amplitude of the N1 and the P, they both significantly decreased as the angularity gradually increased. As to the latency measure, significant effects were not found. These results come close to supporting the assertion by Jeffreys & Smith (1979) that the N1 in the LVF and the P in the UVF mainly consist of the same VEP component, C2.

Keywords: form perception, visual evoked potentials, lower and upper visual field, single-lined angular figure, angularity

