

デルブーフ錯視からリップス大きさ錯視へ (2)

—外円が移動する布置条件における事象関連電位の検討—

今 井 章

キーワード：幾何学的錯視, デルブーフ錯視, リップス大きさ錯視, 事象関連電位

FROM DELBOEUF ILLUSION TO LIPPS SIZE ILLUSION II:

AN INVESTIGATION BY THE EVENT-RELATED POTENTIALS UNDER A CONFIGURATION CONDITION
OF MOVING OUTER CIRCLE

Akira IMAI

Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

Key words: geometrical-optical illusion, Delboeuf illusion, Lipps size illusion, event-related potentials (ERPs)

問 題

いわゆる幾何学的錯視（以下、錯視と記述）については、これまで多くの研究がなされてきており、我々も一連の検討において“3種類の成立要因（同化・対比／空間・位置／角度・方向）の特徴的な組み合わせによって合理的に説明できる”ということをも、3要因相互作用モデルを提起して主張してきている（後藤, 2008; 後藤・甲村・大屋・寺本・丸山・久世・高橋, 2005; Goto, Uchiyama, Imai, Takahashi, Hanari, Nakamura, & Kobari, 2007）。このモデルでは、同化・対比、空間・位置、および角度・方向という3要因から構成される3次元空間内に、各要因の関与度に応じてそれぞれの錯視図形を位置づける。その一方、今日までに知られている錯視図形は、この3要因が様々な程度に関与しているため、3要因のそれぞれの関与度を独立に操作して検討することが難しいことも指摘される。

しかし、錯視図形の幾つかには、この3つの成立要因の中でも、ある一つの要因の影響が相対的に大きく、他の要因からの影響をあまり受けていないと考えられる図形がある。その一つが、デルブーフ (Delboeuf) 錯視 (同心円錯視) 図形であり (後藤・内山・今井・高橋・羽成・中村・小針, 2005; Goto et al., 2007), 上記の3要因相互作用モデルによって、同化・対比の軸上に“他の要因の影響”をほとんど受けることなく配置されている (後藤・甲村他, 2005)。すなわち、デルブーフ錯視は他の要因からの複合的影響を考慮せずに、主として同化と対比という要因に絞って検討することが可能な錯視図形である。しかも、デル

ブーフ錯視では、同心円を構成する内円の縮小、あるいは外円の拡大に伴い同化の影響が弱まり、対比の影響が強まっていくが、この同化から対比への変換過程には、何らかの神経生理学的背景メカニズムの存在が推定される。したがって、錯視現象の背景にある神経基盤を探る試みをデルブーフ錯視から始めることは、錯視に関わる要因をより整理して、その成立条件を明確にしていくために効果的と考えられる。

このような問題意識から、我々はデルブーフ錯視を観察する場面における事象関連電位 (event-related potential; ERP) を測定し、錯視の成立に及ぼす同化と対比という要因と、その脳の神経的応答について検討してきた (今井, 2012, 2013, 2014, 2015; 今井・後藤, 2009, 2010)。この一連の研究では、同化過程のみが関与していると考えられる観察場面 (今井・後藤, 2009) では、前頭部から中心部に優勢な P3 振幅が、閾値付近の刺激ステップに対して減少し、刺激ステップが閾値から離れるにつれて増強すること、外円の直径を徐々に拡大させていった場合 (今井・後藤, 2010) は、同化から対比への変換に伴い錯視量が内円に対する過大視から過小視へと移行した結果としての精神測定関数と、中心部から頭頂部に優勢な P2 振幅値がよく対応すること、逆に内円の直径を徐々に縮小させていった場合 (今井, 2012) には、一貫して外円に対する過小視、すなわち同化の顕著な影響が認められ、この事態においては、前頭部から中心部にかけての N1 振幅、および中心部から頭頂部にかけての P3 振幅が、精神測定関数とよく対応すること、などの諸知見が得られている。

加えて、今井 (2013, 2014) では、同心円から構成される刺激要素の一方の円を、完全な円から4分割して千切れさせ断片化した部分円の刺激パターンを作成し、その刺激の見えと ERP との対応について検討を加えた。その結果、内円に対する判断過程と ERP との対応の検討では、外円が完全円の場合は内円に対する同化 (過大視) の影響が強くなり、外円が分割され円周長が徐々に短縮していくと内円に対する対比 (過小視) 傾向が現れ、同化から対比への変換過程が生じていた (今井, 2013)。この条件下では、前頭部から中心部における N1 および P2 振幅が精神測定関数とよく対応していた。一方、外円に対する判断過程と ERP との対応の検討 (今井, 2014) では、内円の分割、短縮に伴い外円が過小視から過大視方向に移行する傾向が示されたものの、完全には過大視されず、同化の影響のみが認められていた。この条件下では、全頭部的な N1 振幅と精神測定関数とがよく対応していた。

さらに、今井 (2015) では、同心円錯視と他の類似した錯視図形との比較の観点から、同心円の内円の位置を外円の外側まで徐々に移動させた布置条件を設定し、その刺激の見えと ERP との対応について検討を加えた。同心円錯視の内円を外円の外側まで移動させると、リップスの大きさ錯視様の図形に見えることから、その時の外円の見えと ERP との関係を検討した。その結果、内円が様々な位置に移動し、同心円からリップスの大きさ錯視様の図形の見えに近づくにつれて、外円の過小視傾向は減少するが、過大視へは移行しないことが確認された。この事態においては前頭部から中心部にかけての N1 振幅と、中心部から頭頂部にかけての P2 振幅が精神測定関数とよく対応することが示された。しかしここでは、外円を移動させると内円に対する見えがどのように変わり、そして、その見えの変化に対する ERP の変動がどのようなものであるのかについては未検討のままであった。

そこで本研究では、今井 (2015) において検討したデルブーフ錯視を構成する同心円の内円の移動ではなく、外円を徐々に移動させ、最終的には完全に外円が内円と分離するまで移

動した刺激図形を提示し、その事態における内円の見えについて検討することとした。同心円の外円を内円から完全に分離するまで移動させると、やはり今井と同様、刺激図形はリップスの大きさ錯視様の図形になる。したがって、デルブーフ錯視図形がリップスの大きさ錯視様の刺激図形に変化することによって、内円の見えにおける同化から対比への変換過程を検討することができると考えられる。この事態でERPを取得すれば、同化から対比への変換過程に対応する変動成分が惹起されると考えられる。

実験

方法

実験参加者 矯正を含め視力、および色覚が健常な大学生4名（女性1名、平均19.0歳）が実験に参加した。なお、いずれの参加者も錯視についての知識は有していたが、このような実験に参加することは初めてであった。

刺激 同心円を構成する円刺激は、内円は直径で視角 0.67° 、外円は 1.0° とした。内外円比が $2/3$ の、内外円が同心円となるデルブーフ錯視条件（DL）から、外円の中心が内円の中心から徐々に移動していき、外円と内円とが完全に分離しリップスの大きさ錯視様条件（LP）になるまでの間に5段階の布置条件を設定し、合計で7布置条件を設けた。5つの移動条件は、完全な同心円における内円と外円との円周間の距離 0.167° の $1/2$ 移動（IH）、 $2/2$ 移動（外円が内円と外円内で接する；IC）、 $6/2$ 移動（外円の円周が内円の中心上に移動、CC）、 $10/2$ 移動（外円が内円の外側で接する；OC）、 $11/2$ 移動（外円が内円の外側に移動；OH）とし、それぞれを標準刺激とした（Figure 1）。したがって、内円の移動距離はDL条件を 0° とすると、IHは 0.08° 、ICで 0.17° 、CCで 0.5° 、OCは 0.83° 、OHで 0.92° 、そしてLPでは 1.0° となっていた。これらの標準刺激の左右いずれかの位置に比較刺激として単円を、標準刺激の小円と単円との中心点間距離で視角 3.0° 離して提示し、デルブーフ錯視図形を構成した。その際、単円の提示は標準刺激の外円が移動していく方向とは反対の位置に提示した。標準刺激、比較刺激ともにPC（NEC-PC9801vm）によりカラーCRT上に黒色背景（ $0.02\text{cd}/\text{m}^2$ ）に白色（ $20.0\text{cd}/\text{m}^2$ ）で描き、単円は常に視角 0.67° で提示した。

脳波の記録と解析 国際10—20法により正中線上の前頭部（Fz）、中心部（Cz）、頭頂部（Pz）、および後頭部（Oz）より両耳朶連結基準によりポリグラフシステム（日本光電RMP-6000）を用いて導出した。銀—塩化銀（Ag—AgCl）電極を電極糊（日本光電Elefix）を介して頭皮上に配置し、さらにその他、垂直水平成分の眼球静電図を右眼窩上下部位と左右の外眼角に配置した電極より記録した。各電極間抵抗は $5\text{K}\Omega$ 以下とし、生体電気用アンプ（日本光電AN-621G）により $0.08\text{—}100\text{Hz}$ の帯域アナログフィルターと 60Hz のハムフィルターを介して増幅した。刺激提示前 200ms から刺激提示後 800ms までの間を、サンプリング周波数 500Hz で収録・解析ソフト（キッセイコムテックEPLYZER II）によりA/D変換後、PC（Dell Vostro200）に記録しオフライン処理した。脳波は各標準刺激、各部位、および判断結果（大／小）ごとに加算平均した。

手続 電極装着後、参加者に以下のような教示をして課題を行わせた。参加者の課題は、

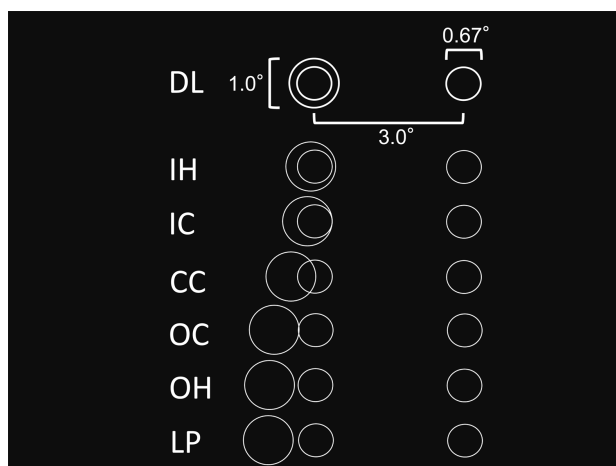


Figure 1 Stimulus configuration used in the experiment. Ordinary Delboeuf illusion figure is constructed as a concentric circle and a single circle (DL). The outer circle of the concentric circle is then moved toward outside of the inner circle, such as IH (inner half away), IC (inner contacted), CC (contour on circle), OC (outer contacted), OH (outer half away), and LP (similar to Lipps size illusion figure). The left hand side figures are standard stimuli, and the right, comparison. The numbers in the figure are visual angle of the stimulus.

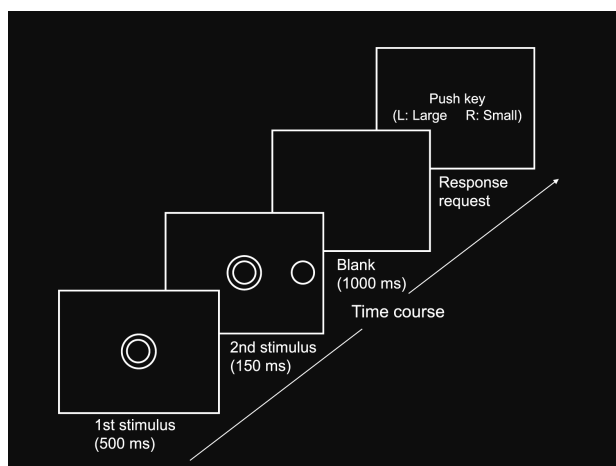


Figure 2 Schematic illustration of stimulus presentation and its time course. The 1st stimulus (concentric circle) is presented for 500 ms duration, which is followed by the 2nd stimulus of 150 ms duration. After the 1st and 2nd stimulus presentations, a blank screen appears for 1000 ms. At the end of the blank screen, a response by key pressing is requested. The example is DL configuration condition.

標準刺激の小円（内円）と比較刺激（単円）とを比較し、単円が小円に対して“大きい”か“小さい”かの判断をキー押しによって行うことであった。恒常法を用い、まず第1刺激として標準刺激をCRT中央部に500ms提示した後、第2刺激として比較刺激を標準刺激と共に、左右いずれか中心点間距離で3.0°離れた位置に150ms提示した。その後、1000msのブランク画面を経てキー押しを促す画面が提示され、参加者にはこの画面提示後にキー押しを

行わせた (Figure 2)。参加者は常に“比較刺激が標準刺激の小円 (内円) と比較して大きい
か小さいか”を 2 件法で判断し、それぞれに該当する PC 用キーボードを左手人差し指と右
手人差し指によりキー押しして回答した。左右のキーに大小判断のどちらを割り当てるかは、
参加者間でカウンターバランスを図った。標準刺激は 7 種類であり、これらが各 5 回ずつラ
ンダムに提示され、計 35 試行で 1 ブロックを構成した。比較円は一つのブロック内では一貫
して左、または右のどちらか一方にのみ提示された。参加者はブロック間に適宜、休憩を挟
みながら左に比較円が提示される 6 ブロック、右に提示される 6 ブロックをカウンターバラ
ンスしながら計 12 ブロック行った。本試行の前には、練習として 10 試行を行った。

結 果

1. 大小判断による精神測定関数

Figure 3 には、標準刺激の布置条件ごとに得られた 4 名の大小反応率を平均した精神測定
関数が示されている。比較円に対する大小反応率は、完全な同心円であった DL 条件におい
てはほぼ“小”反応のみであり、外円が内円から離れだしていく方向から最終的なリップス
の大きさ錯視様図形 (LP) に向かうにつれて“大”反応へと徐々に移行していく様子が認め
られる。したがって、これらの刺激条件では、内円に対する DL での同化の影響による過大
視傾向が、LP 方向へと変化することによって対比の影響による過小視傾向へと変換してい
たといえる。すなわち、外円移動による内円の見えは、同化から対比への変換過程が反映さ
れたものといえる。

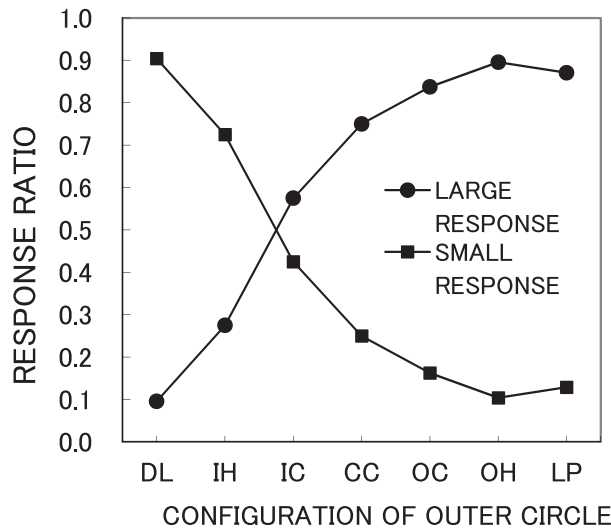


Figure 3 Psychometric functions (n=4) obtained as a function of configurations of outer circle. The labels of horizontal-axis are shown in the legend of the figure 1.

2. 事象関連電位

脳波は布置条件，頭皮上の電極部位，および判断結果ごとに刺激提示前200msから提示後800msまでを加算平均し，ERPの総加算波形を得た（Figure 4a～4g）。

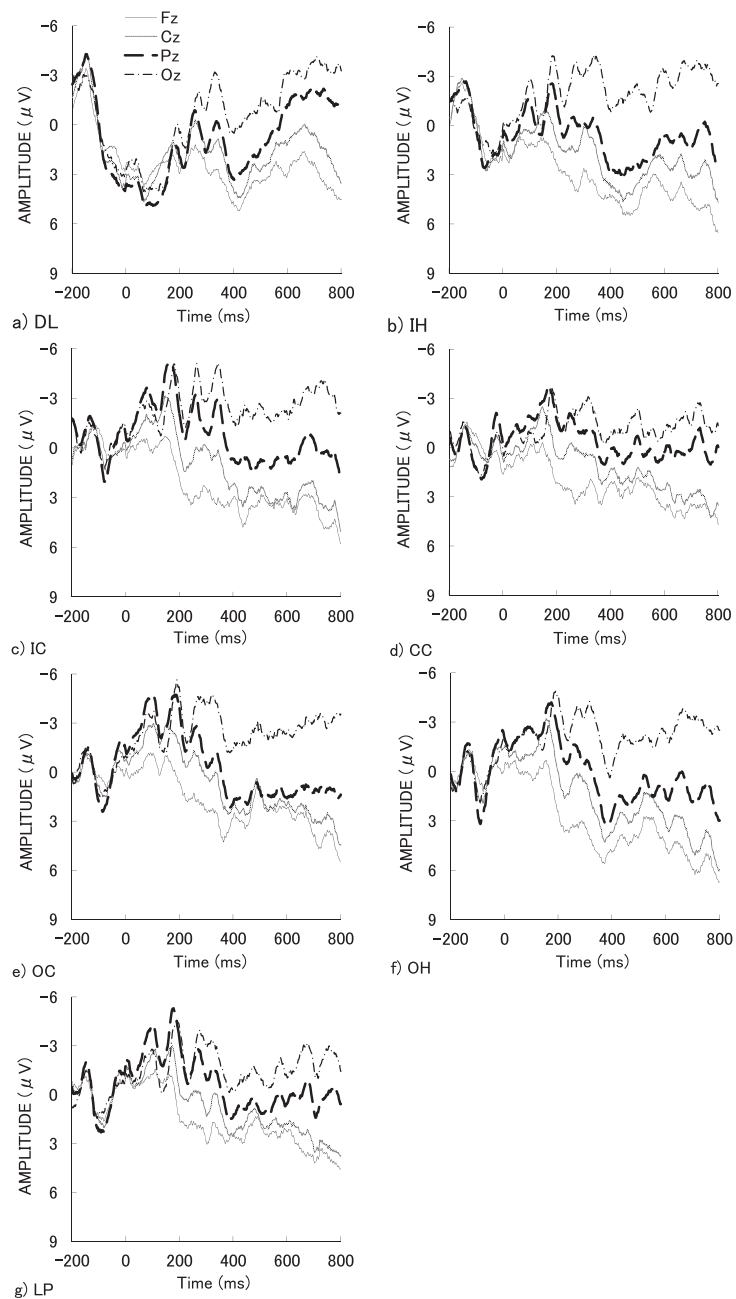


Figure 4 Grand averaged wave form of ERPs at each scalp site obtained for seven configurations of outer circle. The labels denoted from a) to g) are shown in the legend of the figure 1.

なお、Figure 3 に認められるように、参加者による判断結果である大小反応率は、DL 条件と IH 条件では“小”反応が、IC 条件から LP 条件までは“大”反応が優勢であるため、Figure 4 には各参加者について、DL 条件と IH 条件では“小”反応に対する ERP を、IC 条件から LP 条件までは“大”反応に対する ERP を加算平均してある。

得られた ERP の波形から、今井 (2015) と同様、刺激提示後110—200ms に出現した陰性方向への成分を N1、210—260ms に出現した陽性方向への成分を P2、400—600ms に出現した陽性方向への成分を P3 とし、刺激提示前200ms の平均電位をベースラインとしてこれらの区間内のピーク振幅を求めた。これらの平均振幅をプロットしたものが、Figure 5 ~ 7 に示されている。

N1 振幅 N1 振幅について、外円の布置条件(7)×電極部位 (Fz, Cz, Pz, Oz) の分散分析を行った。その結果、部位の主効果のみが有意傾向 ($F_{(3,9)}=3.30, p<.08$) であった (Figure 5)。布置条件の主効果および、布置と部位との交互作用は有意とはならなかった (それぞれ, $F_{(6,18)}=1.85, p<.15; F_{(18,54)}=0.91, p<.57$)。

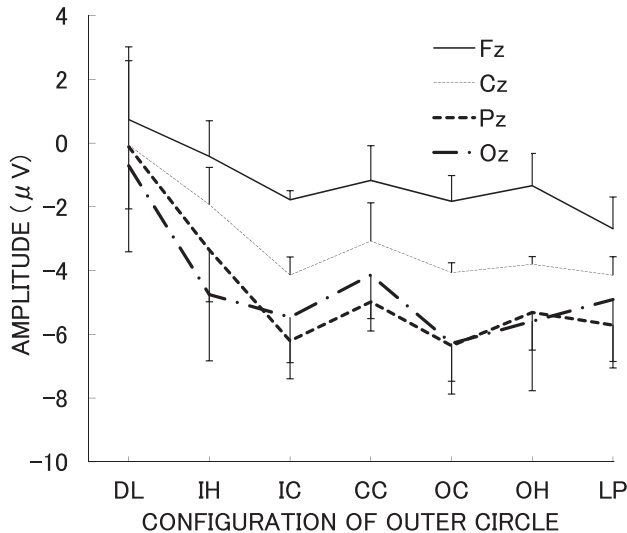


Figure 5 Mean amplitudes of N1 component at each scalp site obtained for configurations of outer circle. A vertical line of each data point is a standard error of mean. The labels of horizontal-axis are shown in the legend of the figure 1.

P2 振幅 N1 振幅と同様に、外円の布置条件×電極部位の分散分析を行ったところ、部位の主効果が有意 ($F_{(3,9)}=5.95, p<.02$) であり、布置と部位の交互作用が有意傾向 ($F_{(18,54)}=1.67, p<.08$) であったが、布置の主効果は有意とはならなかった ($F_{(6,18)}=.70, p<.66$)。部位については、Fz における振幅値が Pz と Oz の振幅値より有意に増大していた。有意傾向であった交互作用について単純主効果の検定を行ったところ、DL 条件を除くすべての布置条件の単純主効果が有意傾向であった (Figure 6)。

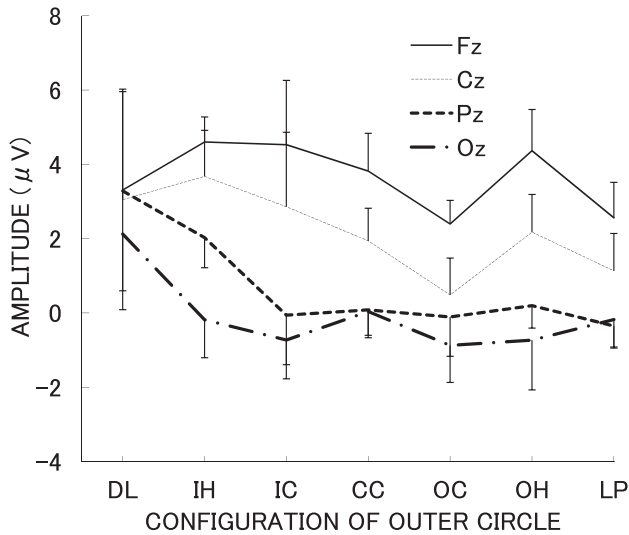


Figure 6 Mean amplitudes of P2 component at each scalp site obtained for configurations of outer circle. Other conventions are the same as in figure 5.

P3 振幅 N1 振幅と同様に、外円の布置条件 × 電極部位の分散分析を行ったところ、部位の主効果が有意 ($F_{(3,9)} = 5.09$, $p < .03$) であった。布置の主効果、布置と部位の交互作用は有意とはならなかった (それぞれ, $F_{(6,18)} = .15$, $p < .99$; $F_{(18,54)} = .54$, $p < .93$) であった (Figure 7)。

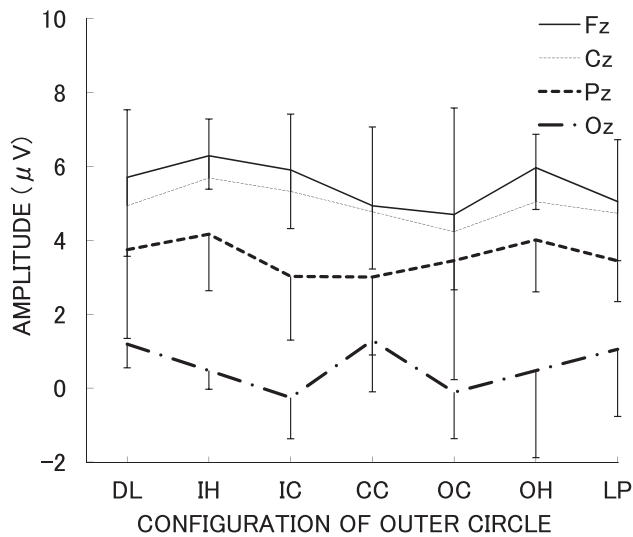


Figure 7 Mean amplitudes of P3 component at each scalp site obtained for configurations of outer circle. Other conventions are the same as in figure 5.

考 察

本研究では、デルブーフ錯視を構成する同心円の外円の位置が変化し、内円から完全に分離するまで移動することによって、あたかもデルブーフ錯視図形がリップスの大きさ錯視様の図形へと変化するような様々な布置条件を設定してERPを測定し、デルブーフ錯視における同化と対比という成立要因に関わる脳の神経的応答について探ることを目的とした。デルブーフ錯視は、同心円の内円と外円との直径比が $2/3$ の場合、同化作用が最も顕著に生ずるといわれ、内円については過大視が、外円については過小視が極大的に生ずる。この内外円比を持つ同心円の外円を、徐々に内円から分離する方向へと移動させる刺激条件を設定すれば、外円が完全に内円と分離した場合、その刺激布置はリップスの大きさ錯視様の図形となる。この刺激図形の場合には主に対比過程が作用すると考えられ、デルブーフ錯視図形がリップス大きさ錯視様図形に変化することで、同化から対比への移行過程に伴う脳の応答が検討できると予想された。

その結果、内外円が完全な同心円布置にある場合(DL)は内円の過大視傾向が認められ、通常のデルブーフ錯視の観察条件と同様な結果が得られた(Figure 3)。この完全な同心円条件から、外円が徐々に内円と分離するように移動していくと、外円が内円とその内側で接するIC条件以降は、内円が過小視される方向に見えるは変化していき、完全に外円が内円から分離していたLP条件までほぼ過小視が持続していた。したがって、本研究で得られたERPは、同化から対比への変換が生じていた観察場面において得られたものと考えられる。

本研究では、これまでと同様N1, P2, およびP3の各成分について、その振幅を分析対象とした。その結果、N1, P2, およびP3成分ともに、刺激布置の主効果は有意とはならず、部位の主効果のみが有意、もしくは有意傾向となっていた。また、P2成分については、布置と部位の交互作用に有意傾向が認められたことから、唯一、布置の影響が示されたと考えられる。以下では、これらの結果について考察してみたい。

N1振幅については、部位の主効果のみが有意であったことから、布置条件に対するN1振幅は見えの変化とは対応しないことが示唆される。Figure 5からは、布置条件DLからLPに変化するにつれてN1振幅が減少する傾向がみられるが、Figure 3では、内円に対する過大視から過小視への変換過程がIC条件からすでに始まっている。したがって、このN1振幅は精神測定関数とは対応していないと考えられる。この結果は、内円が縮小する事態における外円の見えの変動傾向とN1振幅とがよく対応することを示した今井(2012)、あるいは内円が分割、短縮する条件における外円の見えの変動傾向とN1振幅とがよく対応することを示した今井(2014)、さらに内円の布置を外円の外側まで移動させて検討した今井(2015)とは一致していない。これらの研究は、いずれも外円に対する見えを検討しており、この点で本研究のように内円についての見えを検討した結果とは一致しなかったのかもしれない。

N1振幅と同様、P2振幅についても部位の主効果は有意となっていたが、P2振幅については布置と部位との交互作用に有意傾向が示され、N1振幅とはやや異なる変動が認められていた。Figure 6では、布置条件OC前後のP2振幅の変動が、FzとCzにおいてと、Pzと

Ozにおいてとでは、その振幅の変動傾向が異なるように思われる。すなわち、FzとCzでは、OCに向かってP2振幅が減少し、それを超えるとやや振幅が増大するように変化している。一方、PzとOzとでは、DLからICまでP2振幅が減少し、その後はLPまで振幅に大きな増減が認められず、OC後にP2振幅が増加に転ずる様子は示されていない。このP2振幅の変動の様子は、むしろ精神測定関数（Figure 3）と対応しているようにも思われる。Figure 3では、布置IHとICの前後で、内円に対する過大視が過小視に変換している。Figure 6では、振幅の変換点はICではなくOC前後と考えられるため、振幅値の増減の変換点と精神測定関数の変換点は刺激の布置条件においてはやや異なるものの、内円の過小視から過大視への見えの変化の影響が、OC前後のP2振幅に表れたとも考えられる。しかし、OCは外円と内円の位置が完全な同心円から二つの分離した円の配置になった布置である。したがって、P2振幅は過大視と過小視に対する反応を反映しているというよりも、図形の配置の違いによって変動した可能性もある。

P2振幅が錯視図形に対する精神測定関数とよく対応することを示唆した研究としては、今井・後藤（2010）や今井（2013）があげられる。今井・後藤では、外円が拡大する条件下での同化から対比への変換過程における内円に対する反応とERPとの関係が検討されていた。その結果、外円の拡大に伴い内円の過大視が過小視へと移行し、それに伴うP2振幅の変動傾向が精神測定関数の変動とよく一致することが示された。一方、今井では、外円が分割、短縮する条件における内円に対する反応とERPとの関係が調べられた。ここでは、外円が分割されその円周が短縮されるにつれて、やはり内円の過大視が過小視へと移行し、これに伴うP2振幅の変動傾向が精神測定関数の変動とよく一致していた。一方、内円の刺激条件を様々に変えて外円に対する判断を求めた場合（例えば、今井，2012, 2014）には、P2振幅と精神測定関数の対応関係は明確にはなっていない。今回、手続きとしては外円の布置を変えて内円に対する判断を求めたことから、P2振幅が精神測定関数と対応している可能性は指摘でき、特にP2振幅は同化から対比への移行過程に伴って出現する傾向は一貫しているといえる。

P3振幅については、部位の主効果のみが有意であったが、布置条件の変化による振幅の変動傾向はほぼ平坦でありN1やP2とは異なっていた（Figure 7）。すなわち、P3振幅は後頭部から前頭部に向かうにつれて振幅が大きくなっているものの、DLからLPの刺激布置の変化に対してはほとんど変動を見せなかった。P3振幅の変動とデルブーフ錯視との対応関係が示唆されている研究としては、今井・後藤（2009）があげられる。今井・後藤では、閾値決定場面におけるERPを取得したところ、閾値付近でCzとPzにおけるP3振幅が最小になり、そこから反応率が大きまたは小のどちらかに上昇していく過程とP3振幅の増大との対応が示された。また、すでに上記に述べたように今井（2013）では、外円周を分割、短縮させたところ、P3振幅が精神測定関数と対応することが示唆された。しかし、その対応については、同化と対比の過程に対するというよりも、反応としての“大”判断の反応率との一致が示唆されている（今井，2012，2013）。本研究におけるP3振幅も、N1やP2振幅ほど一貫して同化と対比との関連性は示していないといえる。

以上のように、外円の位置が内円との同心円関係から外れて内円の側方へと徐々に移動し、最終的には完全に内円から分離し、リップスの大きさ錯視様の図形へと変化する条件下で観

察された内円の見えは、同化から対比への変換過程の影響を受け内円の過大視が過小視へと転じていた。そして、その結果としての精神測定関数との対応が示唆された ERP 成分は P2 振幅といえる。

これまで P2 振幅は、初期的な研究では、視覚的弁別課題時の刺激特徴との関係 (Friedman, Vaughan, & Erlenmeyer-Kimling, 1978) や弁別課題時の学習過程との関連づけ (Rösler, 1981), あるいは、刺激同定に関わる中枢処理の開始と意志決定の抑制 (Lindholm & Koriath, 1985) などを反映していることが示されている。さらに、ターゲット検出課題におけるターゲットの特徴を備えている視覚刺激に対して増大して出現する (Luck & Hillyard, 1994), 視覚—聴覚というモダリティ間でターゲット刺激と標準刺激が提示されるオッドボール課題において、中心部優勢な P200 がターゲット刺激に対して出現する (Brown, Clarke, & Barry, 2006), あるいは、この P200 がまれな聴覚ターゲット刺激に対して増強して出現する (Brown, Barry, & Clarke, 2009) ことなども近年、示されてきている。本研究では、有意ではなかったものの刺激布置と電極部位との交互作用に有意傾向が示され、特に Fz と Cz における P2 振幅の変動が精神測定関数と対応する可能性が示唆された。しかも、内円に対する見えを検討した場合には、P2 振幅がデルブーフ錯視の見えの変化との対応を一貫してみせることが、これまでの研究 (今井・後藤, 2010; 今井, 2013) から示されている。したがって、内円の過大視 (同化) から過小視 (対比) という変換過程が認められる事態では、見えの変動と P2 振幅とが密接に関連することが示唆される。したがって、同化から対比への変換過程を検討する場合には、特に P2 振幅について注目する必要があると考えられる。

以上のように、本研究結果から、デルブーフ錯視を構成する同心円の外円の布置が変化し、内円と完全に分離するまで側方に移動することによって、あたかもデルブーフ錯視図形がリップスの大きさ錯視様の図形に変化する場合には、その見えには同化から対比への変換過程が関わっていたと考えられる。この条件下では、見えの変動と前頭部から中心部における P2 振幅との関連が示唆された。今後さらに、同化と対比の変換過程と ERP との対応関係を探るためには、例えば、同化と対比の影響が強いジャストロー錯視などの、他の錯視図形についても併せて検討を行ってみることが有効であろう。

付 記

本研究の一部は、2015年日本心理学会第79回大会 (名古屋大学) において発表された。

引用文献

- Brown, C. R., Barry, R. J., & Clarke, A. R. (2009). ERPs to infrequent auditory stimuli in two- and three-stimulus versions of the inter-modal oddball task. *International Journal of Psychophysiology*, *74*, 174–182.
- Brown, C. R., Clarke, A. R., & Barry, R. J. (2006). Inter-modal attention: ERPs to auditory targets in an inter-modal oddball task. *International Journal of Psychophysiology*, *62*, 77–86.

- Friedman, D., Vaughan, H. G., & Erlenmeyer-Kimling, L. (1978). Stimulus and response related components of the late positive complex in visual discrimination tasks. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **45**, 319-330.
- 後藤倬男 (2008). 幾何学的錯視の成立要因についての一検討—代表的な幾何学的錯視に対して「3種類の成立要因の関与量」を評定させた場合—名古屋芸術大学研究紀要, **29**, 157-163.
- 後藤倬男・甲村和三・大屋和夫・寺本一美・丸山規明・久世淳子・高橋晋也 (2005). 4.1 幾何学的錯視の心理的な成立要因の分析 (心理モデル) 後藤倬男・田中平八 (共編著) 錯視の科学ハンドブック 東京大学出版会, pp.350-364.
- 後藤倬男・内山伊知郎・今井章・高橋晋也・羽成隆司・中村信次・小針弘之 (2005). 3. 1. 1 幾何学的錯視における同化と対比 後藤倬男・田中平八 (共編著) 錯視の科学ハンドブック 東京大学出版会, pp.164-176.
- Goto, T., Uchiyama, I., Imai, A., Takahashi, S., Hanari, T., Nakamura, S., & Kobari, H. (2007). Assimilation and contrast in optical illusions. *Japanese Psychological Research*, **49**, 33-44.
- 今井章 (2011). 事象関連電位によるリップスの大きさ錯視の検討 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, **45**, 43-54.
- 今井章 (2012). 事象関連電位によるデルブーフ錯視の検討(3)—内円が縮小する事態における検討— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, **46**, 19-31.
- 今井章 (2013). 事象関連電位によるデルブーフ錯視の検討(4)—外円が分割, 短縮する条件における脳の応答について— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, **47**, 39-51.
- 今井章 (2014). 事象関連電位によるデルブーフ錯視の検討(5)—内円が分割, 短縮する条件における脳の応答について— 信州大学人文学部人文科学論集, **1**(48), 105-115.
- 今井章 (2015). デルブーフ錯視からリップス大きさ錯視へ—内円が外円の外に移動する条件における事象関連電位の検討— 信州大学人文学部人文科学論集, **2**(49), 91-105.
- 今井章・後藤倬男 (2009). 事象関連電位によるデルブーフ錯視の検討—同化過程における脳の応答について— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, **43**, 39-51.
- 今井章・後藤倬男 (2010). 事象関連電位によるデルブーフ錯視の検討(2)—対比過程における脳の応答について— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, **44**, 55-66.
- Lindholm, E., & Koriath, J. J. (1985). Analysis of multiple event related potential components in a tone discrimination task. *International Journal of Psychophysiology*, **3**, 121-129.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, **31**, 291-308.
- Rösler, F. (1981). Event-related brain potentials in a stimulus-discrimination learning paradigm. *Psychophysiology*, **18**, 447-455.

FROM DELBOEUF ILLUSION TO LIPPS SIZE ILLUSION II:

AN INVESTIGATION BY THE EVENT-RELATED POTENTIALS UNDER A CONFIGURATION CONDITION
OF MOVING OUTER CIRCLE

Akira IMAI

Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

ABSTRACT

This study examined the event-related potentials (ERPs) under the condition that four observers compared a single circle (comparison stimulus; visual angle: 0.67°) to inner circle of a concentric circle (Delboeuf illusion figure; standard stimulus) and judged to apparent size of the single circle as large or small by a key pressing. The constant method was used, and the outer circle was prepared for seven kinds of configuration of locating toward outside of the inner circle as follows; 0.0° (complete Delboeuf illusion figure; DL), 0.08° , 0.17° , 0.5° , 0.83° , 0.92° , and 1.0° (looks like Lipps size illusion figure; LP). The ERPs were obtained at four scalp sites of Fz, Cz, Pz, and Oz. The inner circle was overestimated for DL configuration and was kept changing to underestimation for the LP configuration. The components of ERPs such as N1, P2, and P3 were evoked, and the amplitudes of P2 at Fz and Cz were seemed to be changed in response to a psychometric function produced by the behavioral data. It is suggested that the amplitudes of the P2 may covary with a process of transformation from assimilation to contrast when observer investigates Delboeuf illusion figure and varieties of it. The amplitudes of N1 and P3 were not changed with the variation of Delboeuf illusion.

Key words: geometrical-optical illusion, Delboeuf illusion, Lipps size illusion, event-related potentials (ERPs)

(2015年12月4日受理, 12月22日掲載承認)

