

事象関連電位によるデルブーフ錯視の検討(2)¹

—対比過程における脳の応答について—

今井 章・後藤 倬男²

キーワード：幾何学的錯視，デルブーフ錯視，事象関連電位，対比過程，P2 振幅

DELBOEUF ILLUSION SEEN BY THE BRAIN: EVENT-RELATED POTENTIALS REVEAL THE TRANSITION PROCESS FROM ASSIMILATION TO CONTRAST

Akira IMAI* & Takuo GOTO**

* Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

** Department of Design, Nagoya University of Arts

Key words: geometrical-optical illusion, Delboeuf illusion, event-related potentials (ERPs), contrast process, P2 amplitude

問 題

我々の知覚世界は、外界の物理的世界を正確にコピーしたものではなく、知覚世界と物理的世界とは不一致が生ずることがある。このことを端的に示す現象の一つが錯覚であるが、その中でも視覚的な錯覚のことを錯視という。錯視には3次元空間における月の錯視なども知られているが、最もよく知られておりまた研究も盛んに行われてきた錯視は、2次元平面上の刺激図形の幾何学的性質が、刺激の物理的な性質や関係とは組織的かつ量的に異なって知覚されるという幾何学的錯視についてである。幾何学的錯視（以下、錯視と記述）の見えの印象は、多くの観察者を通じて一貫しているため、観察者の“勘違い”や“情報処理の誤り”ではなく、何らかの理由で我々の視覚システムに内包されるに至ったメカニズムであると考えられている。このような理由から、錯視現象は古くから多くの研究者の関心を引いてきており、錯視の成立メカニズムを明らかにすることは、我々の知覚世界の成り立ちそのものを解明することとみなされている。

この錯視について我々は、“3種類の成立要因（同化・対比／空間・位置／角度・方向）の特徴的な組合せによって合理的に説明できる”ということを提起してきた（後藤，

2008；後藤・甲村・大屋・寺本・丸山・久世・高橋，2005a；Goto, Uchiyama, Imai, Takahashi, Hanari, Nakamura, & Kobari, 2007)。この3要因相互作用モデルでは、それぞれの錯視図形は、同化・対比，空間・位置，および角度・方向という要因による3軸から構成される3次元空間内に，各要因の関与の程度に応じて位置づけられることになる。

この3つの成立要因の中でも，大きさ（面積・距離）の“同化・対比の成立要因が顕著に大きい錯視”図形の一つがデルブーフ（Delboeuf）錯視（同心円錯視）であり，我々は，このデルブーフ錯視に注目して組織的な検討を行った（後藤・内山・今井・高橋・中村・小針，2003）。デルブーフ錯視は，その中心的構成要素としての2重同心円が単円との比較において，外円と内円との直径比3/2の場合に極大的に内円が過大視，外円が過小視される錯視である。この錯視は，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図形である（後藤他，2005a）。いいかえるとデルブーフ錯視は，同化と対比という要因が錯視に及ぼす効果を詳細に検討するにあたり，他の要因からの複合的影響をあまり考慮する必要のない，条件統制が比較的単純化できる錯視図形ということになる。加えて，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が，この点を明らかにした研究はまだない。従って，錯視という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，錯視という複雑な現象を取り巻く要因をより明確化し，条件を整理していくために有効であろうと考えられる。

一方，事象関連電位（event-related potentials；ERPs）や，非侵襲的神経イメージング（neuroimaging）法の開発によって，錯視とその脳内神経基盤に関する研究も最近，行われるようになってきた（Qiu, Li, Zhang, Liu, & Zhang, 2008；Weidner & Fink, 2006）。これらの研究では，錯視図形としてミュラー・リヤー（Müller-Lyer）錯視が採りあげられているが，その他の錯視図形については検討が行われていない。錯視には上記のように，錯視量として測定される幾何学的性質に大きさ，長さ，距離，方向，角度など様々な側面があることから，ある錯視図形について明らかにされた神経基盤についての推定が，そのまま他の錯視図形についても当てはまるかどうかは不明である。従って，“より現実的な「幾何学的錯視の成立要因」を探るためには，錯視研究の草創期から行われてきた記述的な“錯視の分類”と関連させることが，より効果的”（後藤他，2005a, P. 352）であり，後藤他が提起した3要因相互作用モデルに従い，錯視図形を分類・整理しながら，その神経基盤的な対応を探ることが有効であると考えられる。例えば，これまでの研究（Qiu et al, 2008；Weidner & Fink, 2006）で用いられているミュラー・リヤー錯視は，後藤他，後藤・内山・今井・高橋・羽成・中村・小針（2005b）や後藤（2008）によれば，同化・対比，空間・位置，および角度・方向という3つの要因が全て関係している，複雑な刺激図形であることが示されている。むしろ，3つの要因のうち主な一つがより重点的にはたらいっている図形から検討する方が，問題をより整理できるであろう。

このような問題意識に基づき我々は，同化・対比の成立要因が顕著に大きい錯視であるデルブーフ錯視を採りあげ，その刺激を観察する場面におけるERPsを測定し，同化と対比という成立要因に対する脳の神経的応答について探ることにした。まず，同化過程のみが関与していると考えられる観察場面におけるERPsを取得してみたところ（今井・後藤，2009），

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が示された。一般に P3 振幅は、文脈の更新ないしはワーキングメモリの反映 (Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988a, 1988b)、処理資源の配分の指標 (Wickens, Kramer, Vanasse, & Donchin, 1983)、あるいは感受性の指標 (Imai & Tsuji, 2004) であるといわれており、高次の認知過程との関連が強い成分であると考えられている。従って、閾値の変動に対応しながらその振幅を変化させていた前頭部から中心部優性の P3 が、“同化” に特有に現れる成分であるかどうかについては、確証を得るには至らなかった。すなわち、同化から対比へと錯視図形の見えが変化する刺激条件を設定し、ここでの ERPs を計測する必要があることが指摘された。

そこで本研究では、前報 (今井・後藤, 2009) に引き続き、同化・対比の成立要因が顕著に大きいデルブーフ錯視を採りあげ、この錯視図形を観察させながら ERPs を測定し、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とした。本研究では、デルブーフ錯視を構成する同心円の、外円と内円との直径比が3/2から徐々に増大する刺激事態を構成し、同化が最も顕著に生ずる外内円比3/2から、対比へと変化する18/2まで外円を増大させて検討することにした。従って、この事態で ERPs を取得すれば、同化から対比への変換過程に対応した ERPs の成分が検討できると思われる。

実 験

方 法

観察者 矯正を含め視力および色覚が健常な大学生 8 名 (平均20.5歳, うち男子 2 名) が実験に参加した。なお、何れの観察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 外内円比が3/2から18/2の同心円を標準刺激として、その左右いずれか中心点間距離で視角7.0°離れた位置に比較円として単円を提示し、デルブーフ錯視図形を構成した。刺激は PC (NEC-PC9801vm) によりカラー CRT 上に黒色背景 (0.02 cd/m²) に白色 (20.0 cd/m²) で描き、直径で視角1.5°, 3.0°, 6.0°, 9.0°で外円を、1.0°で内円を提示して同心円を作成した (“外内円比” すなわち “外円比較円比” はそれぞれ3/2, 6/2, 12/2, 18/2)。さらに、外内円比は3/2であるものの、比較円が内円よりも物理的に大きい条件として、外円を1.0°で、内円を0.67°で提示する条件 (外円比較円比は2/2) を設けた。以上の組合せにより、デルブーフ錯視図形について外内円比 4 種類、計 5 条件を作成した。

脳波の記録と解析 国際式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10 KΩ以下とし、生体電気用アンプ (日本光電 AN-621G) により0.08-100 Hz の帯域アナログフィルターと60 Hz のハムフィルターを介して増幅した。刺激提示前200 ms から刺激提示後800 ms までの間を、サンプリング周波数500 Hz 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。脳波は各部位, 各標準刺激 (外内円比), 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, 観察者に以下のような教示を行った。観察者の課題は, 標準刺激の内円と比較刺激 (比較円) とを比較し, 比較刺激が標準刺激の内円に対して “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500 ms 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7.0° 離れた位置に150 ms 提示した。その後, 1000 ms のブランク画面を経てキー押しを促す画面が提示され, 観察者にはこの画面提示後にキー押しを行わせた (Figure 1)。観察者は常に比較刺激について, 標準刺激の内円と比較して大きいか小さいかの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。左右のどちらのキーに大小判断のどちらを割り当てるかは, 観察者間でカウンターバランスを図った。標準刺激の外内円は4種類であるが刺激図形は5種類としたため, 5種類の標準刺激が各6回ずつランダムに提示され, 30試行で1ブロックを構成した。本試行の前には, 10回の練習試行を行った。観察者はブロック間に適宜, 休憩を挟みながら10—12ブロックを行った。

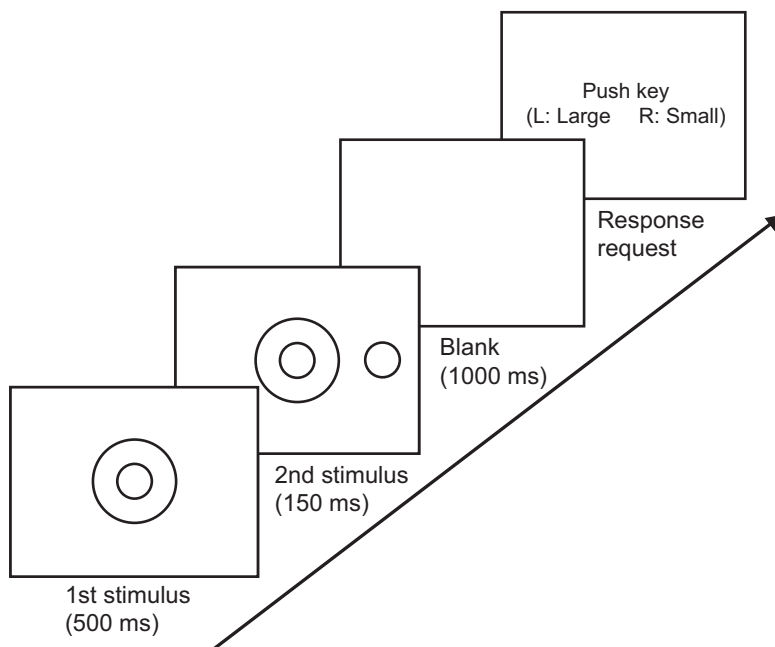


Figure 1 Schematic illustration of stimulus presentation and its time course. The first stimulus (concentric circle) is presented 500 ms, which is followed by the second stimulus of 150 ms. After the 1st and the 2nd stimulus presentations, a blank screen appears 1000 ms. At the end of the blank screen,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

結 果

1. 大小判断による精神測定関数

Figure 2には、8名の平均である精神測定関数が示されている。外内円比が3/2（同化）から18/2（対比）に移行するにつれて、比較円に対する判断が“小”から“大”へと変化していることが認められる。すなわち、瞬間提示事態においても、自由観察時と同様なデルブーフ錯視の見えが生起していたと考えられる。

この図に認められる関数から、直線補完法により反応率50%における外内円比を求めた結果、7.25/2となった。従って、外内円比が3/2からおよそ7/2を超える付近から、内円の過大視が過小視へと変化し、同化から対比への変換が生じていたと考えられる。

2. 事象関連電位

脳波は、頭皮上の各部位、標準刺激の外内円比、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、ERPsの波形を得た（Figure 3a～3f）。

なお、観察者による判断結果である大小反応は、反応率が50%となる刺激条件付近（外内円比6/2）ではほぼ半数ずつ出現するが、条件によっては、大または小反応のどちらかの判断のみが増大する（外内円比2/2, 3/2, 18/2など）。しかし通常、ERPは数十回程度、同一刺激の提示時間に同期させたある時間区間の脳波を加算平均することによって求められる。従って、ある刺激条件では大反応または小反応についてのみの反応しか出現しなくなるため、その条件において出現しなくなる反応に対応する信頼性の高いERP波形は得られない（ここでは、2/2, 12/2, 18/2の小反応, 3/2の大反応, Figure 2参照）。

上述のことから、Figure 3には、外内円比2/2における大反応（3a）、3/2における小反応

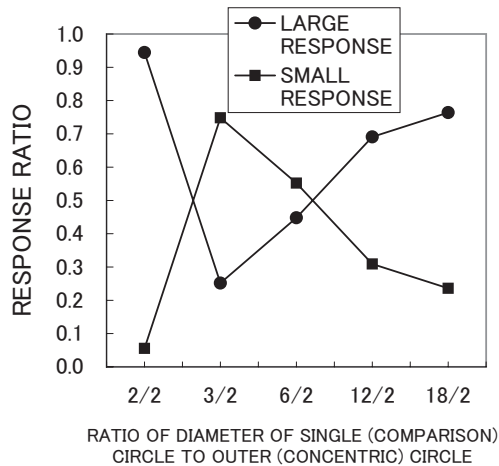


Figure 2 Psychometric functions obtained for a combination of the ratio of outer/inner or single circle's diameter and the judgement of large/small response.

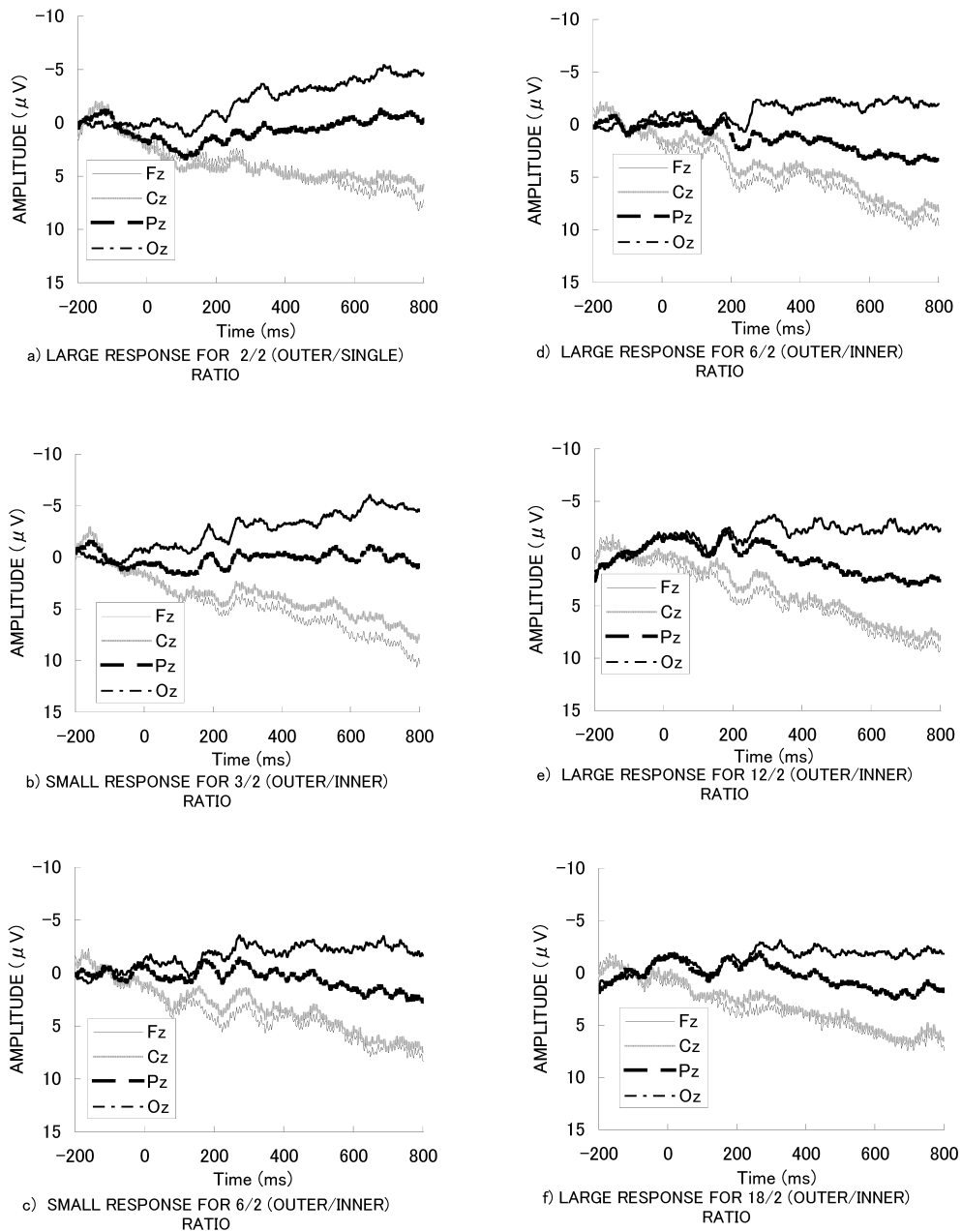


Figure 3 Grand averaged wave forms of ERPs at each scalp location obtained for a combination of the ratio of outer/inner or single circle's diameter and the judgement of large/small response.

(3b), 6/2における小大反応 (3c, 3d), 12/2における大反応 (3e), および18/2における大反応 (3f) による各部位における ERP 波形が示されている。

得られた ERPs の波形から, 前報 (今井・後藤, 2009) と同様, 刺激提示後110—200 ms に出現した陰性方向への成分を N1, 210—260 ms に出現した陽性方向への成分を P2, 400—600 ms に出現した陽性方向への成分を P3 とし, 刺激提示前200 ms 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 4 ~ 6 に示されている。

N1 振幅 N1 振幅について部位 (Fz, Cz, Pz, Oz) × 外内円比—判断の組合せ (2/2 (L), 3/2 (S), 6/2 (S), 6/2 (L), 12/2 (L), 18/2 (L)) の分散分析を行ってみた。そ

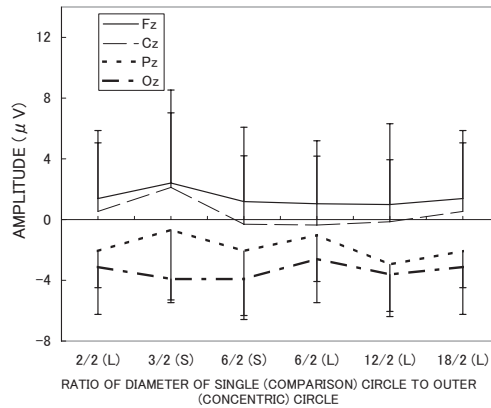


Figure 4 Mean amplitudes of N1 at each scalp location obtained for a combination of the ratio of outer/inner or single circle's diameter and the judgement of large/small response. A vertical line of each data point is a standard error of mean. Note that the (L) and (S) in the figure show the observer's response of "large" and "small."

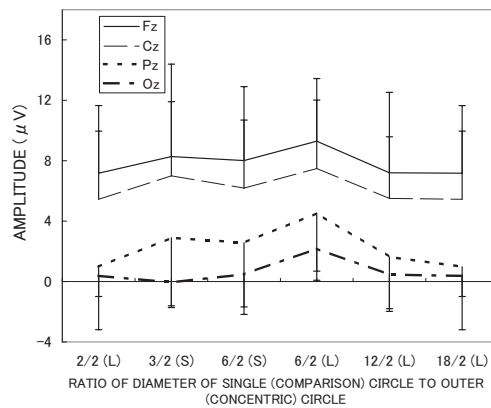


Figure 5 Mean amplitudes of P2 at each scalp location obtained for a combination of the ratio of outer/inner or single circle's diameter and the judgement of large/small response. Others are the same as in Figure 4.

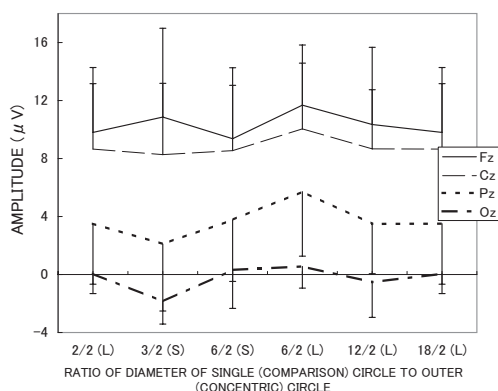


Figure 6 Mean amplitudes of P3 at each scalp location obtained for a combination of the ratio of outer/inner or single circle's diameter and the judgement of large/small response. Others are the same as in Figure 4.

の結果、部位の主効果 ($F(3, 21) = 9.94, p < .001$)、および部位と組合せの交互作用 ($F(15, 105) = 3.88, p < .001$) が有意であった (Figure 4)。下位検定の結果、全ての組合せにおける部位の単純主効果が有意 ($p < .05$) であり、Czにおける組合せの単純主効果が有意傾向 ($p < .07$) であった。

P2 振幅 N1 振幅と同様に、部位 × 外内円比一判断の組合せの分散分析を行ったところ、部位の主効果 ($F(3, 31) = 33.85, p < .001$)、組合せの主効果 ($F(5, 35) = 2.91, p < .05$)、および部位と組合せの交互作用 ($F(15, 105) = 1.83, p < .05$) のすべてが有意であった (Figure 5)。下位検定の結果、全ての組合せにおける部位の単純主効果 ($p < .001$)、CzおよびPzにおける組合せの単純主効果 ($p < .05$) が有意であり、Fzにおける組合せの単純主効果に有意傾向 ($p < .06$) が示された。

Figure 5 に認められるように、P2 振幅は大小判断の反応率が50%付近となる外内円比6/2における大反応で最大値をとっており、ここから大反応の反応率が上昇する方向 (12/2, 18/2)、あるいは減少する方向 (3/2, 2/2) に向かうにつれて、振幅値が減少している。このP2 振幅の変動傾向は、Figure 2 に示された精神測定関数とよく一致していた。

P3 振幅 N1 振幅と同様に、部位 × 外内円比一判断の組合せの分散分析を行ってみた。その結果、部位の主効果 ($F(3, 21) = 23.68, p < .001$)、および部位と組合せの交互作用 ($F(15, 105) = 2.22, p < .01$) が有意であった (Figure 6)。下位検定の結果、全ての組合せにおける部位の単純主効果が有意 ($p < .001$) であり、Pzにおける組合せの単純主効果が有意 ($p < .05$) であった。

考 察

本研究では、同化・対比の成立要因が顕著に大きい錯視とされたデルブーフ錯視について、その刺激を観察する場面における ERPs を測定し、同化と対比という成立要因に対する脳の神経的応答について探ることを目的とした。デルブーフ錯視は一般に、同心円の外円と内円

との直径比が3/2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。この外内円比から徐々に外円の直径が増えると、およそ直径比6/2付近から対比作用が生じ始め、内円の過小視傾向が出現し始める (Goto et al., 2007; 後藤他, 2003)。この同化から対比への変換過程における脳の応答を探るべく、本研究では、外内円比3/2の同心円から徐々に外円の直径を増大させながら、同時に ERPs を取得して検討した。今井・後藤 (2009) と同様、同心円を標準刺激、単円を比較刺激として、瞬間提示による恒常法の手続に基づき検討を行った結果、大小判断による精神測定関数からこの事態においても、一般的なデルブーフ錯視を観察した場合と一致する傾向が認められた (Figure 2)。従って、この手続により得られた ERPs は、同化から対比への変換過程が生じている観察場面において得られたものと考えられ、今井・後藤と同様、ERPs の主要な成分として N1, P2, および P3 が惹起されていた。以下では、この ERPs について得られた結果について考察する。

本研究では、主要な成分として 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 (Figure 4) と P3 (Figure 6) 成分については、部位の主効果は有意であったものの、外内円比と判断の組合せの主効果は有意とはならず、これらの振幅はいずれも同化から対比への変換過程の関数として明確な変化を示さなかった。

しかし、P2 については、部位および外内円比一判断の組合せの主効果、および部位と外内円比一判断の組合せの交互作用も有意となった。この交互作用は、Cz および Pz において外内円比一判断の組合せの単純主効果が認められたことから、この部位における P2 振幅の精神測定関数との緊密な対応関係を示唆するものであった。すなわち、Figure 5 に認められるように、P2 振幅は大小判断の反応率が50%となる閾値付近の外内円比6/2における大反応で最大値をとっており、ここから大反応の反応率が上昇する方向 (12/2, 18/2)、あるいは減少する方向 (3/2, 2/2) に向かうにつれて振幅値が減少していた。この Cz および Pz における P2 振幅の変動傾向は、Figure 2 に示された精神測定関数とよく一致していた。

今井・後藤 (2009) では、同化が極大的に作用する外内円比3/2の同心円を観察させ、内円および外円と単円との比較を通じて ERP 成分に検討を加えた結果、この事態における精神測定関数と Fz および Cz における P3 振幅との関連が認められた。本研究では、同化から対比へと移行する時の反応率による精神測定関数と最もよく対応していたのは、Cz および Pz における P2 振幅であり、今井・後藤とは一致していなかった。P3 振幅は、高次の認知過程との関連が強く (Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988a, 1988b; Wickens, Kramer, Vanasse, & Donchin, 1983)、また判断過程に関わって出現することも示唆されている (Imai & Tsuji, 2004)。こういった知見と本研究結果とを併せて考察すると、今井・後藤における P3 振幅は、同化過程の反映というよりも、むしろ閾値決定課題に特有に生じた成分であったことが示唆される。従って、同化から対比への変換過程と対応する ERP は、頭頂部から中心部で得られた P2 成分であると思われる。

P2 振幅は、初期の研究では、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唆されている。また近年、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) ことも示されている。さらに最近では、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こと (Brown, Clarke, & Barry, 2006), さらにこの P200 はまれな聴覚ターゲット刺激に対して増強して出現することが示されている (Brown, Barry, & Clarke, 2009)。本研究の P2 振幅は、視覚刺激の提示事態で出現し、また大小反応の変化率と一致するように変動していた。従って、外内円比の増大による同化から対比への変換過程は刺激の“見え”の変化をもたらし、その変化の検出が P2 振幅に反映されたものと考えられる。もし、このことが正しければ、同化から対比への変換過程の現れとしての“見え”の変化が生じる事態を構成すれば、今回と同様な P2 振幅の変動が示されるはずである。例えば、デルブーフ錯視以外にも同化・対比の影響が強いエビングハウス錯視 (後藤他, 2005b; 後藤・今井, 2009) などについて、詳細な検討を行ってみる必要がある。

以上のように、本研究結果から、デルブーフ錯視の同化から対比への変換過程には、頭頂部から中心部にかけて優勢に出現する P2 振幅が関与していると考えられる。今後はさらに、この P2 振幅を手がかりに同化と対比の変換過程を検討することが妥当であるかどうか、他の同化対比錯視といわれるボールドウィン錯視や、あるいは同化・対比の影響が強いエビングハウス錯視、さらにザントの角度対比錯視などについても検討を重ね、組織的に調べる必要がある。

付 記

1. 本研究の一部は、2009年日本心理学会第73回大会 (立命館大学) において発表された。
2. 名古屋芸術大学デザイン学部

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.
- Donchin, E. (1981). Surprise! ... Surprise? *Psychophysiology*, *18*, 493-513.
- Donchin, E., & Coles, M. G. H. (1988a). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, *11*, 357-374.
- Donchin, E., & Coles, M. G. H. (1988b). On the conceptual foundations of cognitive psychophysiology. *Behavioral and Brain Sciences*, *11*, 408-419.
- Friedman, D., Vaughan, H. G., & Erlenmeyer-Kimling, L. (1978). Stimulus and response related components of the late positive complex in visual discrimination tasks. *Electroencephalography and 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・今井章 (2009). 大きさの円対比錯視 (Ebbinghaus 錯視) の成立要因に関わる刺激条件についての研究 —付加円3個の錯視図形における「付加円と中央円の直径比」・「両円間距離」・「反復観察」などの効果の検討— 名古屋芸術大学研究紀要, **30**, 117-129.
- 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 (2005a). 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 (2005b). 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.
- 後藤倬男・内山伊知郎・今井章・高橋晋也・中村信次・小針弘之 (2003). 大きさの円同化対比錯視における「同化と対比の変換過程」についての検討 日本心理学会第67回大会発表論文集, 530.
- 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.
- Imai, A., & Tsuji, K. (2004). Event-related potential correlates of judgment categories and detection sensitivity in a visual detection task. *Vision Research*, **44**, 763-773.
- 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.
- Qiu, J., Li, H., Zhang, Q., Liu, Q., & Zhang, F. (2008). The Müller-Lyer illusion seen by the brain: An event-related brain potentials study. *Biological Psychology*, **77**, 150-158.
- Rösler, F. (1981). Event-related brain potentials in a stimulus-discrimination learning paradigm. *Psychophysiology*, **18**, 447-455.
- Weidner, R., & Fink, G. R. (2006). The neural mechanism underlying the Müller-Lyer illusion and its interaction with visuospatial judgements. *Cerebral Cortex*, **17**, 878-884.
- Wickens, C., Kramer, A., Vanasse, L., & Donchin, E. (1983). The performance of concurrent tasks: A psychophysiological analysis of the reciprocity of information processing resources. *Science*, **221**, 1080-1082.

DELBOEUF ILLUSION SEEN BY THE BRAIN: EVENT-RELATED POTENTIALS REVEAL THE TRANSITION PROCESS FROM ASSIMILATION TO CONTRAST

Akira IMAI* & Takuo GOTO**

* Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

** Department of Design, Nagoya University of Arts

ABSTRACT

We examined the event-related potentials (ERPs) under the condition that eight observers compared a single circle (comparison stimulus; visual angle: 1.0°) to inner circle of a concentric circle (Delboeuf illusion figure; standard stimulus) and responded 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 five kinds of diameter, constructing 3/2 ($1.0^\circ/0.67^\circ$, $1.5^\circ/1.0^\circ$), 6/2 ($3.0^\circ/1.0^\circ$), 12/2 ($6.0^\circ/1.0^\circ$), 18/2 ($9.0^\circ/1.0^\circ$) outer/inner ratios. The ERPs were obtained at four scalp sites of Fz, Cz, Pz, and Oz. The comparison stimulus was underestimated for the ratio of 3/2 and overestimated for 12/2 and 18/2, showing a transition process from assimilation to contrast. Although several components of the ERPs were emerged under the observation of Delboeuf illusion, only P2 amplitudes at Cz and Pz were proportionally changed in response to the psychometric function produced by the behavioral data. It is suggested that the P2 amplitude may covary with the transition process from assimilation to contrast when observers investigate Delboeuf figure. Functional importance of the P2 amplitude is discussed along with the previous findings and the present results.

Key words: geometrical-optical illusion, Delboeuf illusion, event-related potentials (ERPs), contrast process, P2 amplitude

(2009年11月4日受理, 11月24日掲載承認)