

事象関連電位によるデルブーフ錯視の検討¹

—同化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：デルブーフ錯視，事象関連電位，同化過程，P3振幅

DELBOEUF ILLUSION SEEN BY THE BRAIN UNDER THE INFLUENCE OF ASSIMILATION PROCESS: AN EVENT-RELATED POTENTIALS STUDY

Akira IMAI* & Takuo GOTO**

*Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

**Department of Design, Nagoya University of Arts

KeyWords ; Delboeuf illusion, event-related potentials (ERPs), assimilation process,
P3 amplitude

問 題

幾何学的錯視（以下，錯視と記述）とは，平面図形の幾何学的性質（大きさ，長さ，距離，方向，角度，曲率，形など）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“見え”の現象のことであり，そのような見えを引き起こす刺激布置を錯視図形という。錯視は，観察者の態度や過去経験に一定の程度，影響されることが確認されている（後藤,1987,1990;後藤・大屋,1989）が，見えの印象が多くの観察者を通じて一貫していることから，単に“勘違い”や“情報処理の誤り”というよりも，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。こういった理由から，なぜ錯視が生ずるのか，どのように錯視現象が生起しているのか，という問題は多くの研究者の関心を引いてきた。すなわち，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である。

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）の特徴的な組み合わせによって合理的に説明できる”ということ提起してきた（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3要因相互作用モデル（仮説）によれば，それぞれの錯視図形は，同化・対比，空間・位置，および角度・方向という要因を

示す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つの成立要因のなかでも、“同化・対比の成立要因が顕著に大きい錯視”図形の一つとしてデルブーフ (Delboeuf) 錯視 (同心円錯視) について、後藤・内山・今井・高橋・中村・小針 (2003) は組織的な検討を行っている。ここでは、外円の増大に対する内円の過大視 (同化) 量が、外内円の直径比3:2付近をピークに、外円のさらなる増大によって内円の“過小視 (対比)”へと変化することに注目した。その結果、“同化から対比への変換の様相”は、通常同心円図形や、同心円の中心部あるいは内円と外円との円間部を塗りつぶした“充実”図形においてもほぼ同様に生ずること、さらにその様相は、直径比3:2付近の同化の極大値から直径比の増大に伴い直線的に対比へと移行することが示された。

この検討においてとりあげられたデルブーフ錯視は、上記の3要因相互作用モデルによって、ほぼ同化・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 (後藤他, 2005)。いいかえるとデルブーフ錯視は、同化ないしは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ほぼ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、この点については未検討である。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、代表的な錯視図形としてミュラー・リヤー (Müller-Lyer) 図形がと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り、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。例えば、大屋・後藤・甲村・寺本・丸山・久世・高橋 (1994) は、エビングハウス図形の見えにおける個人差の変動について報告し、刺激布置の微妙な変化は、その見えを変えることによって実験データを大きく変動させることを示唆している。このことは、刺激布置の条件分析的アプローチによる錯視の説明には限界があることを示している。すなわち、“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、より効果的である” (後藤他, 2005, p.352) といえる。

従って、後藤他 (2005) 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。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・リヤー図形は、後藤他のモデルによれば、同化・対比、空間・位置および角度・方向という3つの要因が組み合わさった、顕著に複雑な刺激図形であることが示されている。その点において、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

きる可能性が高いであろう。

そこで本研究では、まず同化・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(同心円錯視)をとりあげ、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、内円と外円からなる同心円が、その左または右に配置された比較円よりも大きく見えたり、小さく見えたりする錯視図形である。一般に、同心円の内円と外円との直径比が2:3の場合、比較刺激としての単円との判断を行わせると内円の過大視が、外円と比較刺激との判断を行わせると外円の過小視が極大的に生ずる。これらはいずれも同化によるものと考えられるが、まずこの同化過程について、恒常法により ERPs を手がかりとして検討することを本研究の目的とした。

実 験

方 法

実験参加者 実験者の一人である成人男性1名と男子大学生3名(年齢21-46歳)が参加した。いずれも正常な視力および色覚を有していた。

なお、実験者以外の実験参加者は、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 恒常法の手続により、対比効果が極大点に達する条件である内外円比2:3の同心円(2重円)を標準刺激とした。比較円は、標準刺激の水平方向左右いずれかの位置に大きさが7ステップからなる単円を、標準刺激と中心点間距離で 3.0° 離して提示した。7ステップの比較刺激と標準刺激とをランダムに組み合わせ、デルブーフ錯視図形を構成した。刺激提示はPC(NEC PC-9801vm)制御により、CRT上に黒色背景(0.02 cd/m^2)に白色(20.0 cd/m^2)で、直径が視角 1.5° の外円と 1.0° の内円を提示した。比較円は、外円との比較用と内円との比較用に2系列用意した。外円との比較では、 1.5° を中点として1ステップ 0.08° ずつ変化する比較円を中点の前後3ステップ分ずつ計7ステップ、内円の場合は 1.0° を中点として同様に前後3ステップ分ずつ計7ステップを用意した。

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)を用いて脳波を導出した。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 $10 \text{ K}\Omega$ 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 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 までの間の脳波を、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 EP-LYZER 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、各刺激ステップ、標準刺激(内円/外円)、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、実験参加者に以下のような課題の教示を行った。参加者の課題は、標準刺激と比較刺激とを比較し、比較刺激が標準刺激に対して“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、左右いずれかの中心点間距離で 3.0° 離れた位置に150 ms 提示した。その後、1秒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 1)。参加者は常に比較刺激について、標準刺激の外円または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、または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、参加者間でカウンターバランスを図った。比較刺激のステップは7段階とし、各ステップ刺激が5回ずつ、計35試行で1ブロックを構成した。1ブロック内でのステップ刺激の提示はランダムとし、参加者にはブロック内では、内円についてのみ、あるいは外円についてのみ判断させた。内円、外円それぞれについて判断させる試行ブロックは同数とし、ブロックの提示順は参加者間でカウンターバランスを図った。本試行の前には、10回の練習試行を行った。参加者はブロック間に適宜、休憩を挟みながら1日につき8-10ブロックを2日間にわたり行った (合計16-20ブロック)。

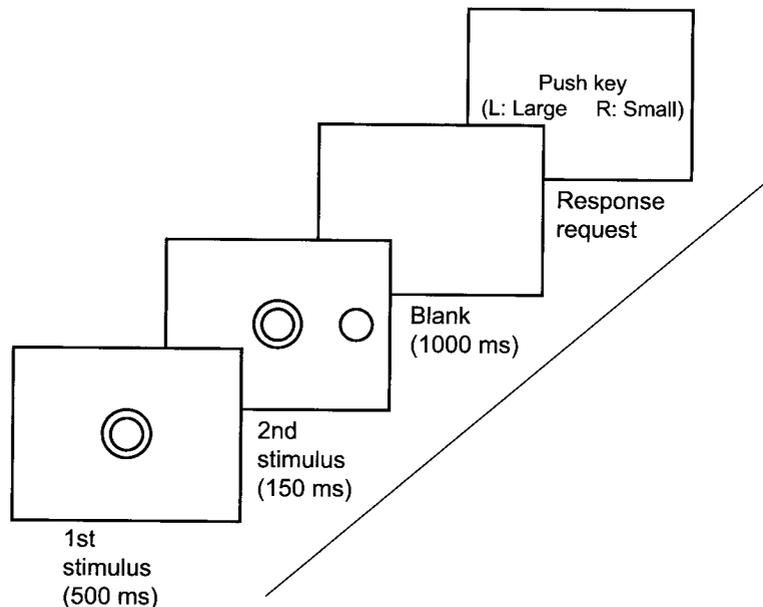


Figure 1 Schematic illustration of stimulus presentation and its time course. The first stimulus (concentric circle) is presented for 500 ms, which is followed by the second stimulus of 150 ms. After the 1st and 2nd stimulus presentations, the blank screen appears for 1000 ms. At the end of the blank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

結 果

1. 大小判断による心理物理学的関数

Figure 2 には、内円と外円についての大小反応率を刺激ステップの関数としてプロットしたものが示されている。この図に認められる関数から、直線補完法により閾値（反応率50%）を求めたところ、 1.0° の内円に対しては $+0.05^\circ$ の過大視（Figure 2a）が、 1.5° の外円に対しては -0.06° の過小視（Figure 2b）が認められた。従って、瞬間提示されたデルブーフ錯視図形に対しても、自由観察時とはほぼ同様な見えが生じていたことが示された。

2. 事象関連電位

脳波は、頭皮上の各部位、刺激ステップ、標準刺激、および判断結果ごとに、刺激提示前200 ms から提示後800 ms までを加算平均し、ERPsの波形を得た。Figure 3a~ 3d には、内円に対する“大”反応によるERP波形が、Figure 3e~ 3h には内円に対する“小”反応によるERP波形が示されている。同様に、Figure 4a~ 4d には外円に対する“大”反応によるERP波形が、Figure 4e~ 4h には外円に対する“小”反応によるERP波形が示されている。

なお、実験参加者による判断結果である大小反応は、閾値付近ではほぼ半数ずつ出現するが、閾値から刺激ステップが離れるにつれて、大または小反応のどちらかの判断が一方的に

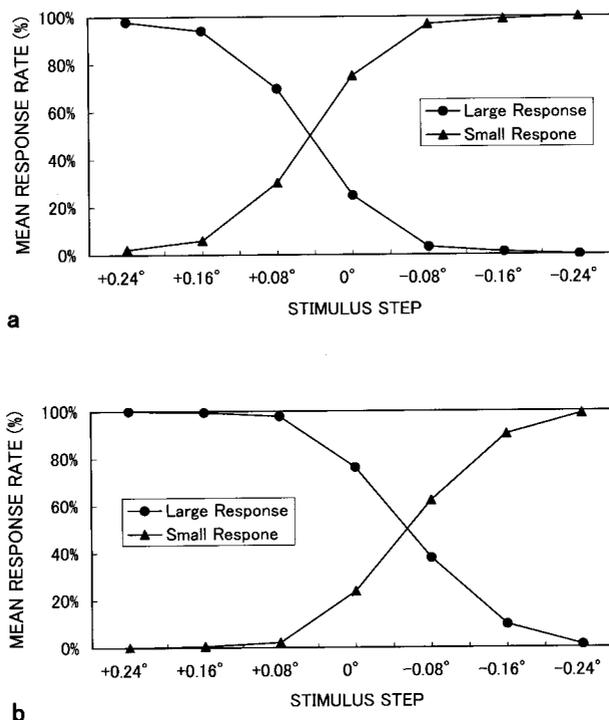


Figure 2 Psychophysical functions obtained by large and small response rates. For the inner circle, a ; for the outer circle, b.

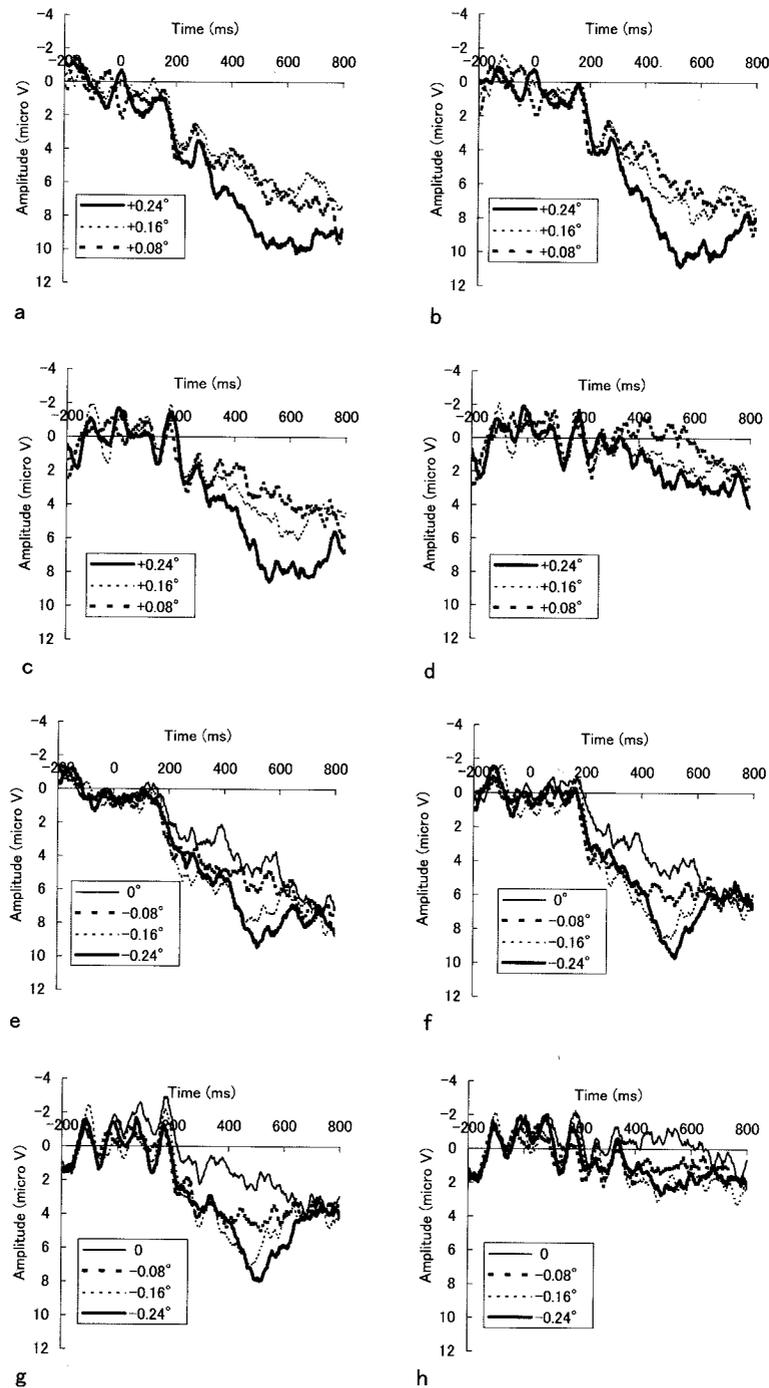


Figure 3 Grand averaged wave forms obtained for the comparison of the inner circle by large (a-d) and small (e-h) responses. The midline frontal site of Fz, a and e; the midline central site of Cz, b and f; the midline parietal site of Pz, c and g; the midline occipital site of Oz, d and h.

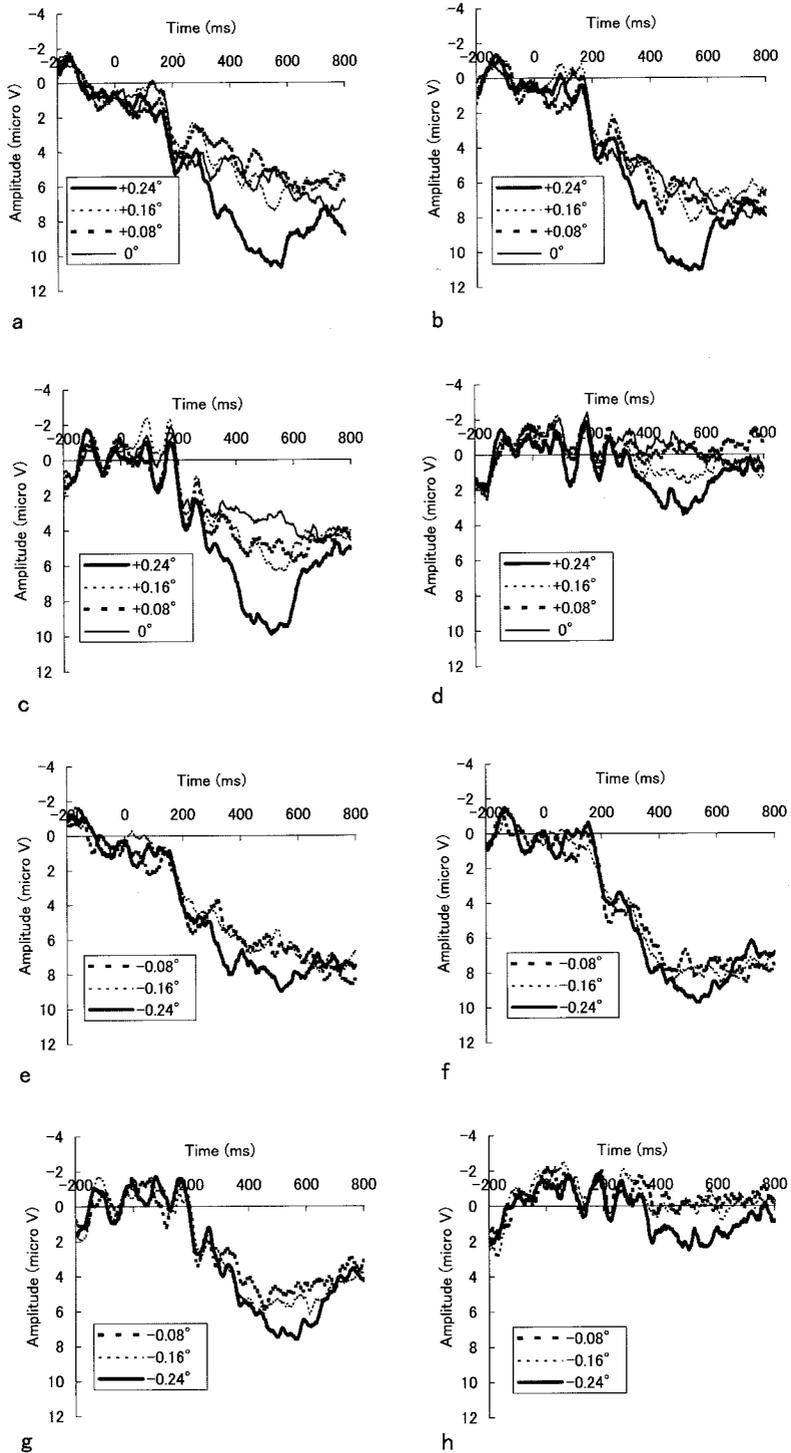


Figure 4 Grand averaged wave forms obtained for the comparison of the outer circle by large (a-d) and small (e-h) responses. Others are identical with those in Figure 3.

増大することになる (Figure 2)。しかし通常、ERP は数十回程度、同一刺激の提示立上り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。そのため、ある刺激ステップ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、その刺激ステップにおいて出現しなくなる反応に対応する ERP は得られない。従って、すべての刺激ステップについて大反応、および小反応に対する ERP 波形を求めることはできない。

上述のことから、Figure 3 には、内円についての大反応 ($+0.24^{\circ}$ — $+0.08^{\circ}$) および小反応 (0° — -0.24°) の、Figure 4 には外円についての大反応 ($+0.24^{\circ}$ — 0°) および小反応 (-0.08° — -0.24°) の、各部位での加算平均波形が示されている。

Figure 3 および Figure 4 に示されている ERPs の波形には、まず潜時170 ms 前後にピークを持つ N1 とされる陰性成分、潜時250 ms 前後にピークを持つ P2 とされる陽性成分、および、潜時400—600 ms にピークを持つ P3 とされる陽性成分が認められる。

そこで、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 と定義し、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 5—7 に示されている。

N1 振幅 まず比較対象が標準刺激の内円の場合、外円の場合について得られた反応を別々にして、N1 振幅について部位×刺激ステップの分散分析を行ってみた。その結果、内円 (Figure 5a)、外円 (Figure 5b) ともいずれの効果も有意とはならなかった。そこで、内円と外円を要因に組み込み、部位×刺激ステップ×比較円の分散分析を行った。その結果、ステップの主効果の有意傾向 ($p < .10$) のみが認められた。

P2 振幅 N1 振幅と同様に、内円、外円について得られた反応を別々にして、P2 振幅について部位×刺激ステップの分散分析を行ってみた。その結果、内円 (Figure 6a)、外円 (Figure 6b) ともいずれの効果も有意とはならなかった。そこで、やはり N1 振幅と同様に内円と外円を要因に組み込み、部位×刺激ステップ×比較円の分散分析を行った。その結果、部位と比較円の交互作用が有意 ($F_{(3,9)} = 5.65$, $p < .05$) となった。そこで単純主効果の検定を行ったところ、外円における部位の単純主効果に有意傾向 ($p < .10$) が認められたのみであった。

P3 振幅 N1 振幅と同様に、内円、外円について得られた反応を別々にして、P3 振幅について部位×刺激ステップの分散分析を行ってみた。その結果、内円では部位とステップの主効果、および交互作用のいずれもが有意 ($F_{(3,9)} = 12.73$; $F_{(6,18)} = 8.24$; $F_{(18,54)} = 2.58$, $p < .01$) であった (Figure 7a)。そこで単純主効果の検定を行ったところ、全ての部位においてステップの単純主効果が有意 ($p < .001$) であり、全てのステップにおいて部位の単純主効果が有意 ($p < .005$) であった。この交互作用は、P3 振幅の増減が各部位ごとに各ステップにより異なっていることを示していたが、全般的には、Cz における P3 振幅が最大であり、閾値付近 (0°) から刺激ステップが離れるに従って、P3 振幅が増大するという傾向を示していた。一方、外円では部位とステップの主効果が有意 ($F_{(3,9)} = 38.93$; $F_{(6,18)} = 5.22$, $p < .01$) であった。多重比較を行ったところ、P3 振幅は Cz, Fz, Pz, Oz の順に増大しており、Oz とその他の部位の比較が全て有意であったが、他の3部位間には有意差は認めら

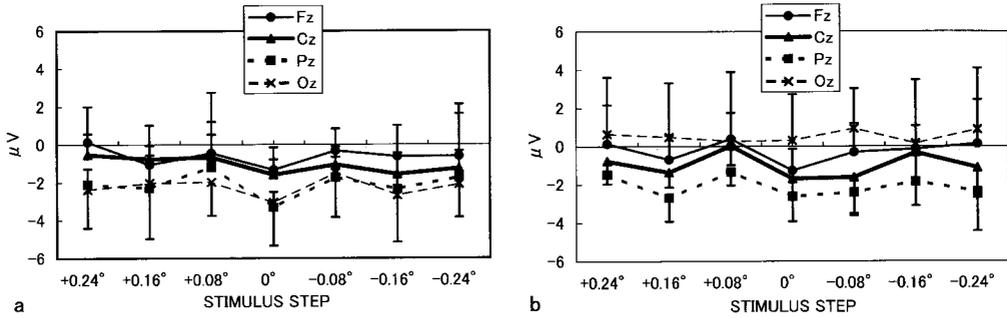


Figure 5 Mean amplitudes of N1 for each stimulus step at each scalp location to inner circle (a) and outer circle (b). The error bars indicate a standard error of mean. Note that the amplitude of N1 to the inner circle is collected for "large" responses and plotted at the stimulus steps of +0.24° to +0.08°, and for the "small" response at 0° to -0.24°. For the N1 amplitude to the outer circle, "large" response is collected and plotted at +0.24° to 0° and "small" response at -0.08° to -0.24°.

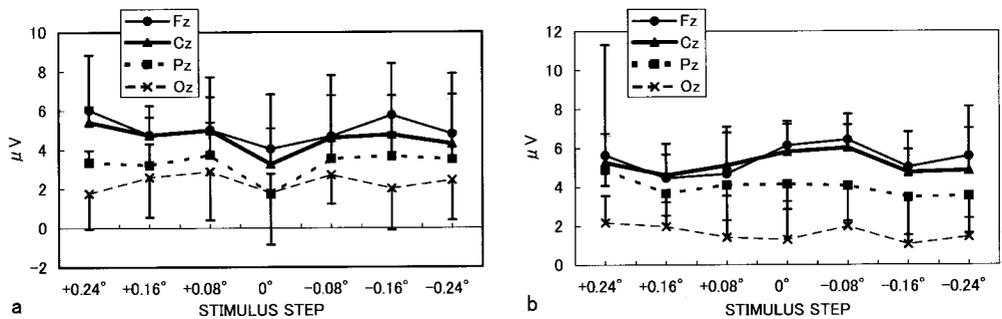


Figure 6 Mean amplitudes of P2 for each stimulus step at each scalp location to inner circle (a) and outer circle (b). Others are identical with those in Figure 5.

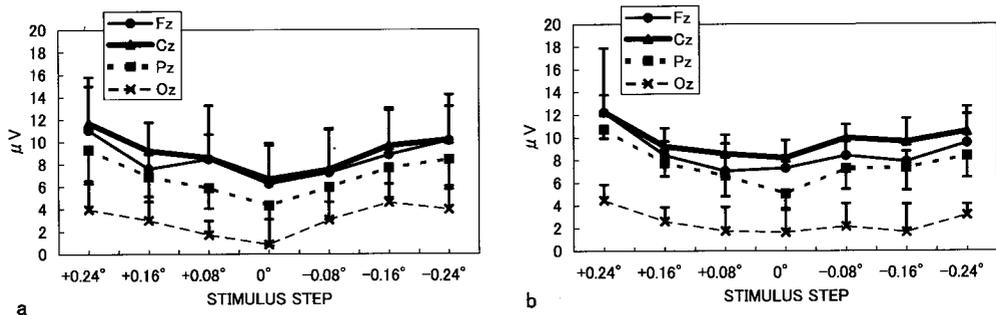


Figure 7 Mean amplitudes of P3 for each stimulus step at each scalp location to inner circle (a) and outer circle (b). Others are identical with those in Figure 5.

れなかった。また、P3 振幅は刺激ステップ+0.24°で最大、0°で最小であり、この差は有意であった。その他、刺激ステップ+0.24°での P3 振幅は、+0.08°、-0.16°、-0.08°での振幅と有意差が認められた。

P3 振幅についても、N1, P2 振幅と同様に、内円と外円を要因に組み込み、部位×刺激ステップ×比較円の分散分析を行ってみた。その結果、部位とステップの主効果が有意 ($F_{(3,9)}=27.68; F_{(6,18)}=13.01, p<.001$) であった。多重比較を行ったところ、P3 振幅は Cz, Fz, Pz, Oz の順に増大しており、Oz とその他の部位との比較が全て有意であったが、他の 3 部位間には有意差は認められなかった。また、P3 振幅は刺激ステップ+0.24°で最大、0°で最小であった。振幅を大きさの順に並べると、+0.24°、-0.24°、-0.16°、+0.16°、-0.08°、+0.08°、0°となり、0°を最小振幅値としてほぼ V 字型の関数が得られた。

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、同心円の内円と外円との直径比が 2 : 3 の場合、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。これらの効果はいずれも同化によるものと考えられるが、まずこの同化過程について、ERPs を取得して検討した。

刺激として同化効果が最も強固に出現すると考えられる、同心円の内外円の直径比 2 : 3 の刺激を標準刺激、単円を比較刺激として、恒常法の手続により ERPs を導出した。刺激は瞬間提示によったが、大小判断による心理物理学的関数から、一般的なデルブーフ錯視を観察した場合と一致する過大視と過小視の傾向が認められたことから (Figure 2)、この手続により得られた ERPs は、同化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る。この条件下では、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を考察してみる。

ERPs の総加算平均波形を検討したところ、本研究では、主要な成分として N1, P2, および P3 が惹起されていたとみなされ、それぞれの成分について振幅を分析の対象した。その結果、N1 と P2 成分については、部位や刺激ステップの主効果は有意とはならず、これらの振幅はいずれも刺激変数の関数として明確な変動を示していなかった。

しかし、P3 については、内円に対する比較においても、外円に対する比較においても、その振幅は部位や刺激ステップにより有意な変動を示していた。すなわち、内円、外円ともに P3 は閾値付近の刺激ステップに対しては振幅が減少し、刺激ステップが閾値から離れるにつれて振幅が増強していた。この傾向は、中心部 Cz で最大であり、前頭部 Fz はほぼ、中心部と同様な振幅量が示されていた。

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) であるとも、あるいは処理資源の配分の指標 (Wickens, Kramer, Vanasse, & Donchin, 1983) ともみなされており、P3 振幅は高次の認知過程との関連が強い成分であると想定されている。一方、我々は最近、Cz と Pz 優勢な P3 振幅が単純な信号

検出課題において、信号検出の感受性の指標である d' と強い関係を持つことを見出している (Imai & Tsuji, 2004)。このことは、P3 振幅が広い意味での判断過程に関わって出現することを示唆しており、閾値決定や刺激の弁別感受性の指標となることを示していると考えられる。従って今回、恒常法という手続きにより、デルブーフ錯視の錯視量を測定したが、ここで出現した P3 が、過大視や過小視として示される錯視量の指標となるのか、あるいは閾値決定に伴う判断過程に固有な成分として出現していたのか、今回の実験のみから決定することは難しい。この意味で、本研究における内外円の直径比 2 : 3 としたデルブーフ錯視における錯視量を規定していたと考えられる同化過程に特有の結果として、この P3 振幅が出現していたかどうかは不明である。しかし、Imai & Tsuji (2004) で示された d' と関連が強かった P3 振幅は Cz と Pz で最大であり、むしろ今回の Cz と Fz で最大であった P3 振幅とはやや異なっていたといえる。従って、瞬間提示された錯視図形について瞬間的に判断するという課題は、Imai & Tsuji で用いられた空間周波数の移動検出課題よりも、さらに高次の判断過程が関与する課題であったと考えられる。このことが P3 振幅の優勢部位の差異をもたらしていたのであろう。

以上のように、本研究では閾値付近では減少し、閾値から刺激ステップが離れるにつれて振幅が増大する、前頭部から中心部優勢の P3 が出現していた。この成分が、今回の実験で用いられたデルブーフ錯視図形の錯視量を規定する要因と想定された同化と対応しているかどうかについては、さらに対比が関与すると考えられる条件を設定して検討することが必要であろう。すなわち、デルブーフ錯視の内外円比 2 : 3 から外円を徐々に大きくしていくと、内円の過大視がやがて過小視へと転ずることが明らかにされている (後藤他, 2003) が、この過程における ERPs を取得して検討する必要がある。

以上のように、本研究結果から、デルブーフ錯視の同化過程 (内円の過大視と外円の過小視) には前頭部から中心部優勢に出現する P3 振幅が関与している可能性が示唆された。従って今後は、P3 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できるかどうかをさらに探るため、対比が生ずる刺激条件下での検討が必要である。

付 記

1. 本研究の一部は、2008年日本心理学会第72回大会 (北海道大学) 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

- 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.
- 後藤倬男 (1987). 大きさの円対比錯視 (Ebbinghaus 錯視) に関する実験的研究 (IV) 一付加円と

- 中央円の直径比・付加円数・両円間距離等の刺激条件および観察回数の効果について— 名古屋大学文学部研究論集, **XCIX**, 53-76.
- 後藤倬男 (1990). 反復観察にもとづく大きさの錯視 (Size illusions) の刺激条件に関する実験的研究 名古屋大学文学部研究論集, **108 (哲学 36)**, 93-109.
- 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・大屋和夫 (1989). 大きさの円対比錯視の呈示条件に関する実験的研究 名古屋大学文学部研究紀要, **105 (哲学 35)**, 37-59.
- 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.
- 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: 東京大学出版会, Pp.350-364.
- 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.
- 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.
- 大屋和夫・後藤倬男・甲村和三・寺本一美・丸山規明・久世淳子・高橋晋也 (1994). ブックレット法による幾何学的錯視の研究(7) —付加円弧図形の数が大きさ錯視に及ぼす影響 (続報) — 日本心理学会第58回大会発表論文集, 575.
- 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.
- 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 UNDER
THE INFLUENCE OF ASSIMILATION PROCESS:
AN EVENT-RELATED POTENTIALS STUDY**

Akira IMAI* & Takuo GOTO**

*Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

**Department of Design, Nagoya University of Arts

ABSTRACT

We obtained the event-related potentials (ERPs) under the condition that four observers compared a single circle (comparison stimulus) to inner or outer circle of a concentric circle (Delboeuf illusion figure) and responded to apparent size of the single circle as large or small by a key pressing. The constant method was used, and the size of comparison stimulus was prepared separately for the inner and the outer circle. This comprised two variations of seven circle steps changing from the same size of the inner or outer circle to larger and smaller size than the inner ($\pm 24.0\%$) or the outer ($\pm 16.0\%$) circle in diameter. The ERPs were obtained at four scalp sites of Fz, Cz, Pz, and Oz. The inner circle was overestimated for 0.05° , and the outer underestimated for 0.06° , with showing the occurrence of assimilation process. Although several components of the ERPs were emerged under the observation of Delboeuf illusion, only P3 amplitudes at Fz and Cz were prominently changed in response to the psychophysical function produced by the behavioral data. Results suggest that the P3 amplitude may covary with the psychophysical judgment process when observers see Delboeuf illusion, and that the assimilation process may be described by some electrophysiological indices such as P3 amplitude.

Key words : Delboeuf illusion, event-related potentials (ERPs), assimilation process, P3 amplitude

(2008年11月4日受理, 11月18日掲載承認)