

## 大きさの円対比錯視 (Ebbinghaus 錯視) に関する実験的研究 (V)

—Ebbinghaus 錯視と Delboeuf 錯視の関係についての一考察—

後 藤 倬 男

### 問 題

筆者は、これまで、大きさの異なる周囲の円群に囲まれている2個の中央円間の大きさが異なって見える「Ebbinghaus 錯視 (図1 A)」について、その刺激条件の効果を検討してきた (後藤, 1987, 1990, 1991; 後藤・大屋, 1989)。この錯視に関しては、中央円の周囲に付加円群が環状に配置されている刺激布置が「Delboeuf 錯視 (図1 B)」に類似していることから、いくつもの研究が、両錯視の成立機序における関連を示唆してきている (盛永, 1935; Morinaga & Noguchi, 1962; Coren & Girgus, 1974, 1978)。そこでは、両円間の距離の増加に伴って中央円の過大視量が減少することから、両円間の「牽引」が、基本的な要因になっていると主張されてきた。付加円群の環状配置においては、中央円と付加円の間隔距離の変化に伴って中央円の見えの大きさが変化しており (Coren & Girgus, 1974, 1978; 後藤, 1987, 後藤・大屋, 1989)、「両円間の牽引的な交互作用」が確かに認められる。しかし、付加円1個でも、他方の検査 (中央) 円の均等な方向への拡大や縮小が生じており、また、中央円よりも大きな付加円の呈示で中央円が「過小視」されることから、筆者は、「この錯視には“大きさの対比判断”が基本的な要因となっている」と見なしてきた (後藤, 1978, 1980a, b, 1982, 1990, 1991; 後藤・大屋, 1989)。くわえて、各錯視には、それぞれ多くの要因が関与しており、それらの要因間の関係を探ることが、各錯視の成立機序の解明にとって重要な手段と考えられる。

ところで、Delboeuf 錯視には、両円間の距離の変化に伴う中央円の見えの大きさに関して、きわめて規則的な変化が報告されてきている (盛永, 1935; 小笠原, 1952)。それは、「両円間の直径比が3:2の辺りで過大視のピークが生じ、それ以上の直径比で過大視量が減少して、直径比が5~6:1 (盛永, 1935), あるいは、両円間距離70~90mm (小笠原, 1952) 辺りで過小視に転じる逆U字型の錯視量曲線を示す」というものである。しかし、筆者の検討においては、直径比3:2の過大視のピークについては、比較的安定した結果がもたらされているが (後藤, 1990)、過大視から過小視への変換点の内外円間の直径比については、「従来よりも小さい外円の直径で過小視へ変換する」という結果が一貫して得られている (後藤, 1991)。Delboeuf 錯視に関する従来の研究では、直径比3:2での過大視量のピークが注目されてき

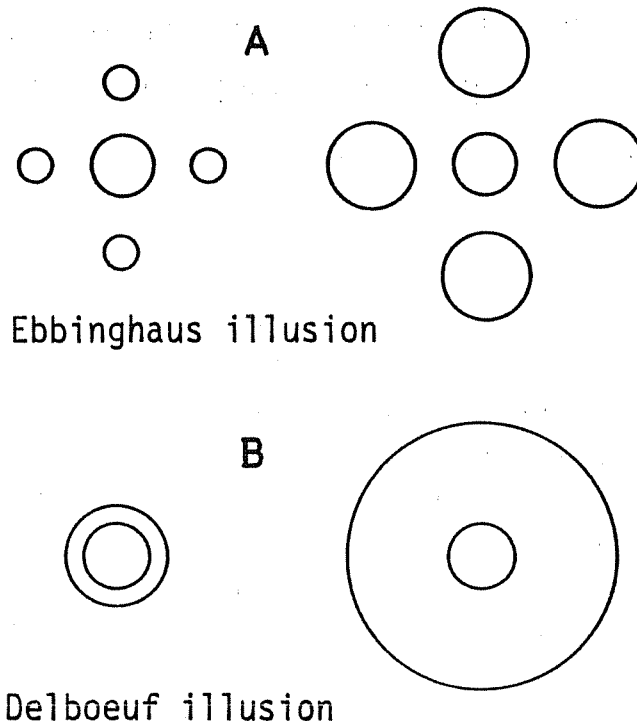


Fig. 1. Size illusions investigated in this study.

たが、錯視量のこの変換点の直径比の同定は、両円の牽引（同化）を主要な要因とする Delboeuf 錯視の説明にとって基本的な問題であり、Ebbinghaus 錯視との関連を考えていく上にも重要な観点であるので、この点に関して、両錯視を組み合わせ、等しい刺激呈示条件のもとで組織的に検討してみる必要があると思われる。

それゆえ、両錯視の刺激呈示条件を同一の実験系列で測定することとし、その場合に、多人数の観察者に多様な刺激図形を一斉に呈示できる有効な測定方法として、「ブックレット法」<sup>(1)</sup>を用いることとした。今回は、この測定法を用いて、Ebbinghaus 錯視と Delboeuf 錯視について、それぞれ対応する刺激呈示条件を組み合わせ、多くの観察者の観察結果を分析することにより、刺激配置の近似している両錯視が、それぞれの錯視の成立機序においてどのような関連を持っているかを検討してみる。

(1) 『方法』の「刺激図形」において、呈示される冊子（ブックレット）が詳しく説明されている。この「ブックレット法」を用いた錯視実験において、多様な錯視の多種類の刺激条件を、多くの観察者に一斉に呈示することが可能となった。

## 方 法

刺激図形：刺激呈示用紙には、標準刺激 (Ebbinghaus 錯視, Delboeuf 錯視, それに、統制図形の単円) が、A4のゼロックス用紙に黒の輪郭図形 (幅: 0.5mm) としてコピーされている。両錯視は、ゼロックス用紙のほぼ中央に描かれており、中央円と統制図形の単円の直径は、輪郭の両端間の距離で 20mm にされている。ここで、Ebbinghaus 錯視では、両円間距離 (輪郭線の外縁から外縁まで) が 5mm で、中央円の上下左右に 4 個の付加円が配置されており、それらの直径が、5, 10, 20, 30, 40mm (直径比: 1/4, 1/2, 1/1, 3/2, 2/1) の 5 種類に変化する。一方、Delboeuf 錯視では、中央円と同心の付加円 (外円) の直径が 40, 50, 70, 90, 110mm (付加円と中央円の直径比: 4/2, 5/2, 7/2, 9/2, 11/2) の 5 種類に変化する。これらは、最初と最後に統制図形の単円を挟んでランダムな順序に並べられ、ホッチキスによって一冊の「ブックレット」に綴じられている。

手続：被験者は、講義時間の中での実験実習として本実験に参加し、受講用の机の上に置かれたブックレットを、普通の書字姿勢で正面に観察し、中央円の見えの大きさ (直径) を、右下の水平直線上に長さとして印を付けることによって示した (表出法)。また、統制図形の単円の直径 (20mm) を 1000<sup>(2)</sup> としたときの各中央円の見えの大きさの量推定値を、所定の箇所に記入するように求めた (量推定法)。被験者には、両眼自由視で観察させ、観察時間に制限を加えなかったが、ほとんどの被験者が 10 分以内で 12 図形の測定を行った。

被験者：知覚関係の講義の出席者で、一連の実験系列をすべて行った男子大学生 20 名 (矯正を含めて視力は正常) が参加した。

## 実験結果

図 2 には、Ebbinghaus 錯視における付加円と中央円の直径比の変化に伴う中央円の見えの大きさ (表出法による平均錯視量<sup>(3)</sup>) の変化がプロットされている。同図からは、両円の直径比の変化に伴って錯視量が過大視から過小視へ明瞭な変化を示している ( $F_{4,76}=9.69, P<0.001$ ; 直径比 1/4-3/2, 1/4-2/1, 1/2-3/2, 1/2-2/1 の間に有意差が認められた<sup>(4)</sup>)。また、同図には、同時に量推定された中央円の直径の見えの大きさ (量推定法による平均錯視量) が、上記の平均錯視量と共通の単位<sup>(3)</sup> でプロットされている。この錯視量の変化の傾向も、上記とほぼ同様

- (2) 他の実験 (Goto et al., 1990; 後藤, 1991) での何人かの被験者の判定から、非常に細かい数値ではあるが、このような基準値 (モデュラス) が選ばれた。実験では、1001 とか 998 といった評定値が、高い確信度でしばしば報告されている。
- (3) これらの錯視量は、すべて、「各測定値 (I) と統制図形 (単円) の測定値 (C) との差 (I - C) の、C に対する百分比 (100 (I - C) / C)」として示されている。
- (4) 以下の分散分析は、すべて錯視量の角変換値で行われている。また、下位検定には、「テューキーの HSD 検定」が用いられている。

であり ( $F_{4,76}=36.04$ ,  $P<0.001$ ; 直径比  $1/4-1/1$ ,  $1/4-3/2$ ,  $1/4-2/1$ ,  $1/2-1/1$ ,  $1/2-3/2$ ,  $1/2-2/1$ ,  $1/1-3/2$ ,  $1/1-2/1$  の間に有意差が認められた), 両錯視量の間にも, 直径比との交互作用にも, ともに有意差がなかった (それぞれ,  $F_{1,19}=0.11$ ,  $F_{4,76}=1.63$ ,  $P>0.1$ )。それゆえ, 両測定法によって, ほぼ同様の錯視量の傾向が得られていることが知られる。一方, 図3には, Ebbinghaus 錯視と混合して測定された Delboeuf 錯視の平均錯視量 (付加円<外円>と中央円<内円>の直径比の変化に伴う中央円の見えの大きさ) が, Ebbinghaus 錯視と同様な手続きで求められてプロットされている。そこでは, 両平均錯視量が, 付加円と中央円の直径比の変化に伴って過大視から過小視への明瞭な変化を示していた (表出法:  $F_{4,76}=22.11$ ,  $P<0.001$ ; 直径比  $4/2-7/2$ ,  $4/2-9/2$ ,  $4/2-11/2$ ,  $5/2-9/2$ ,  $5/2-11/2$  の間に有意差あり, 推定法:  $F_{4,76}=33.76$ ,  $P<0.001$ ; 直径比  $4/2-5/2$ ,  $4/2-7/2$ ,  $4/2-9/2$ ,  $4/2-11/2$ ,  $5/2-7/2$ ,  $5/2-9/2$ ,  $5/2-11/2$  の間に有意差あり)。くわえて, 両錯視量の変化の傾向も上記の Ebbinghaus 錯視の場合と類似して

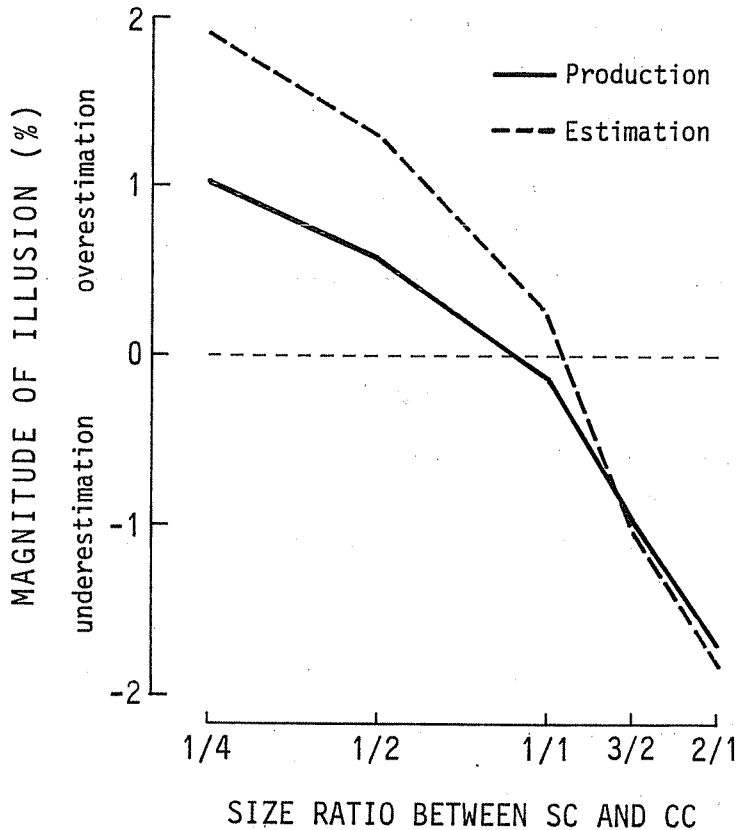


Fig. 2. Variations of the magnitude of Ebbinghaus illusion (averaged for 7 trials and 20 subjects) as a function of size ratio between surrounding circles and center circle by using production and magnitude estimation.

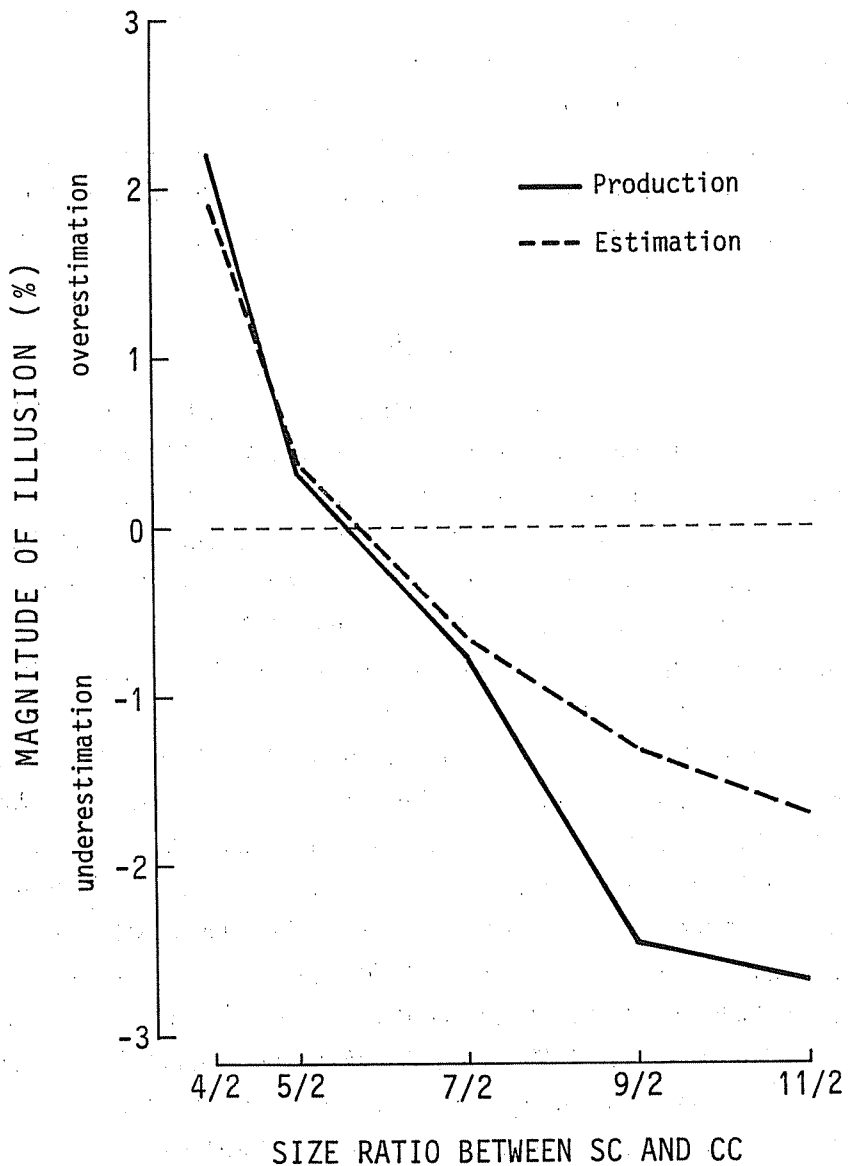


Fig. 3. Variations of the magnitude of Delboeuf illusion (averaged for 7 trials and 20 subjects) as a function of size ratio between surrounding (outer) circle and center circle by using production and magnitude estimation.

おり、両錯視の間にも直径比との交互作用にも、ともに有意差がなかった（それぞれ、 $F_{1,19} = 0.06$ ； $F_{4,76} = 0.69$ ）。

さて、図2および3から、両錯視の直径比の変化に伴う平均錯視量の変化の傾向が類似していることが知られるが、いま、図2の横軸の直径比として、Ebbinghaus 錯視における各直径の付加円（4個）の仮想的な外周円と中央円との直径比をとれば、図3のそれらに一致する。そこで、両錯視について、表出法による錯視量を用いて分散分析を試みてみたところ、両錯視の差の主効果（ $F_{1,19} = 5.91$ ,  $P < 0.05$ ）および共通の直径比の主効果が有意となっているが（ $F_{4,76} = 27.07$ ,  $P < 0.001$ ）、両錯視の差と直径比との交互作用に有意差はなく（ $F_{4,76} = 1.48$ ,  $P > 0.1$ ）、Delboeuf 錯視における外円と Ebbinghaus における付加円の仮想外周の大きさ（直径）の変化が、中央円の見えの大きさに対して類似した効果を持っていることがうかがわれる。

## 討 論

本報告では、大きさの対比・同化錯視の成立機序を総合的に検討するために、筆者がこれまで主として調べてきた Ebbinghaus 錯視と、この錯視と図形配置が似ており、成立機序の類似性が問題になっている Delboeuf 錯視とをランダムに組み合わせて、冊子（ブックレット）として呈示した。くわえて、簡便な「表出法」と「量推定法」を併用して一斉に観察させることにより、知覚実験の経験の乏しい多くの被験者<sup>(5)</sup>からの観察値（錯視量）の取得を企図した。

図2および3において、Ebbinghaus 錯視と Delboeuf 錯視の平均錯視量の変化は、「Ebbinghaus 錯視の付加円群の仮想外周」および「Delboeuf 錯視の同心の外円」と、「両錯視の中央円」との直径比の変化」に対して、非常に類似した傾向を示している。これは、両錯視が同じ成立機序を有しているとする Coren & Girgus (1974, 1978) の構想を一部支持するものである。また、大山・吉田 (1962) は、「Delboeuf 錯視の外円の直径」と、「Ebbinghaus 錯視の付加円の直径」および「中央円と付加円間の距離」を変化させて、両錯視を比較している。彼らは、両円の直径が同じ（直径比1/1）場合にも、付加円（6個）の仮想外周（外径）の拡大によって中央円の過大視量が減少することから、「Ebbinghaus 錯視が両円の大きさの対比のみからは説明できず、外径の大きさも重要な働きをしている」と見なしている。くわえて、筆者が Ebbinghaus 錯視の中央円と付加円間の距離を変化させた場合の中央円の錯視量の変化も、本報告の実験結果と同様に、付加円群の仮想外周の変化に対応する傾向を示していた（後藤, 1987；後藤・大屋, 1989）。しかし、大山・吉田と筆者らの結果の大きな違いは、大山・吉田が中央円よりも大きい付加円群の場合（本実験での直径比3/2）にも「中央円の過

(5) われわれは、このような被験者によって示される「錯視傾向」が、錯視の成立にとってより基本的な視点を与えるとも考えており、共同研究として、「ブックレット法による錯視研究」（大屋他, 1991）を進めてきている。

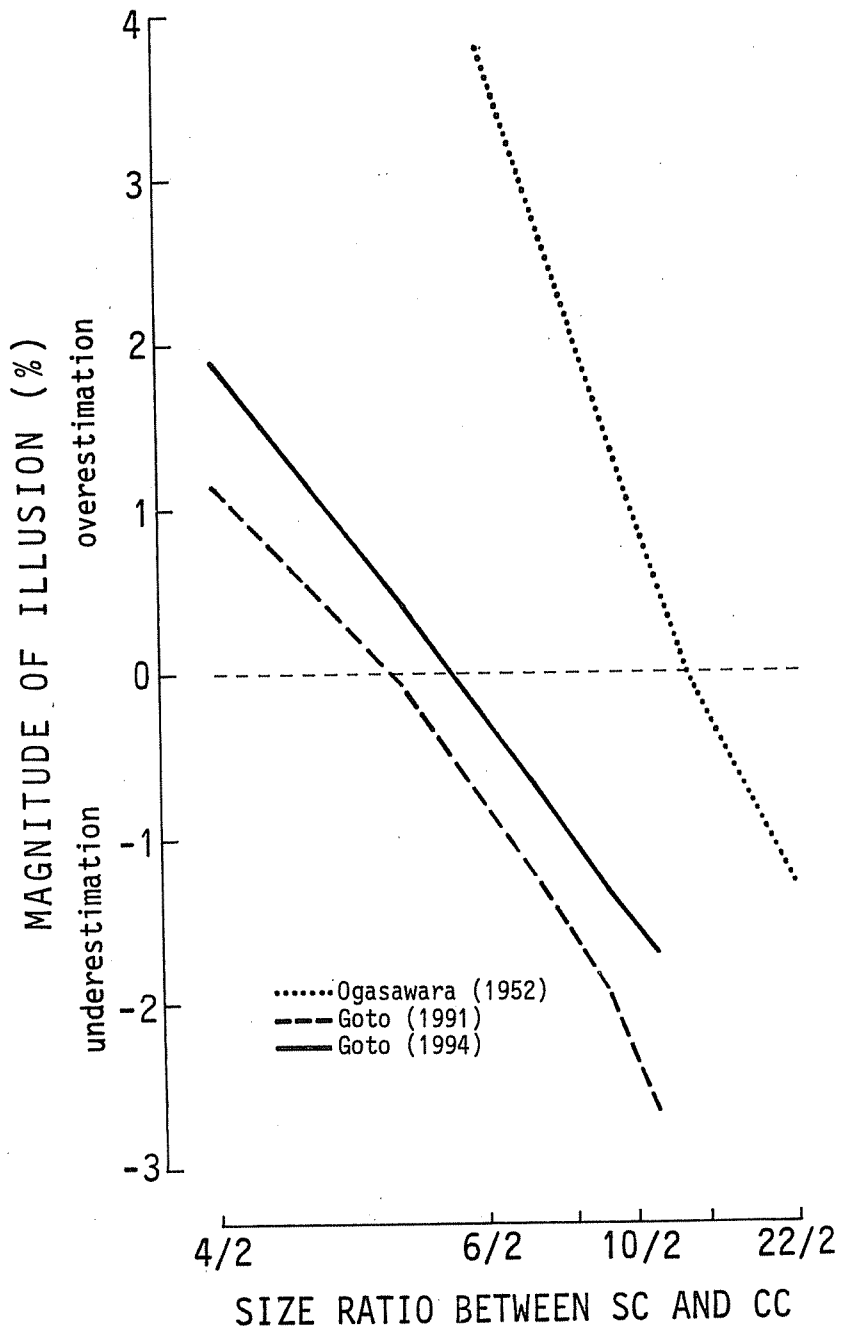


Fig. 4. Variations of the magnitude of Delboeuf illusion as a function of size ratio between surrounding (outer) circle and center circle under three experiments (Ogasawara: method of limits; Goto: magnitude estimation).

大視」を得ていることである。これは、Ebbinghaus 錯視において見られる通常の錯視量の変化（中央円の過小視）とは大きく異なっており、両円間の牽引（同化）効果が強く働いていた実験事態であったことがうかがわれる。

ところで、筆者は、構造の類似している両錯視の間の相互作用を検討するために、Ebbinghaus 錯視の繰り返し観察の Delboeuf 錯視への効果を調べてきている（後藤，1991）。そこでは、Ebbinghaus 錯視の150回の繰り返し観察によって Delboeuf 錯視の錯視量（量推定値）が抑制されることが知られたが、統制群の平均錯視量の基本的な傾向は、図4に示されているように、本実験結果にほとんど一致していた。この実験の場合も、本実験と同様な刺激配置にもとづく「ブックレット法」で測定が行われたが、被験者も手続（たとえば、20秒に制限された観察時間）も異なっていた。しかし、図4の錯視量の傾向（錯視量曲線）は、これらの共通した刺激呈示事態においては、錯視量の変化がきわめて安定していることを示唆している。さらに、筆者の別の実験（未発表）においても、Delboeuf 錯視の錯視量曲線が、従来よりも過大視から過小視への変換が早く（より小さい直径比で）生じることが見出されており、この特異な傾向の検討が、本報告の主要な目的であった。

本報告での実験結果の最大の特徴は、Delboeuf 錯視の錯視量が（同時に測定された Ebbinghaus 錯視の錯視量と同様な傾向を示して）、外円の直径が中央円（内円）の2～3倍になると過大視から過小視に転じることである。これは、従来の両円間の牽引（同化）による過大視化（盛永，1935；小笠原，1952；Coren & Girgus，1974）とは異なっている。この原因としては、両円間の「一体性」と「二肢性」の把握による「同化」から「対比」への転換が、本実験条件においては、従来よりも小さい直径比（ $4/2 \sim 6/2$ ）で生じたと見なされ得る。しかし、今回の実験条件で、なぜ従来よりも転換を生じさせる直径比が小さくなったのであろうか。

そこで考えられる原因の一つとしては、今回の実験条件において被験者がしばしば報告した「両円の奥行的な見え」が挙げられる。錯視の遠近法的説明（Gregory，1963）に対しては、矛盾する結果が示されているが（Fisher，1970；Goto et al.，1990）、「両円間の距離が近い直径比 $4/2 \sim 6/2$ までは、中央円が外円よりも奥に見え、それ以上の両円間距離では手前に見える」ことが、中央円の大きさの変化（過大視→過小視）に付加的に関与していたことがうかがわれる。

以上のような刺激配置条件に加えて、今回、両錯視をランダムな順序で「混ぜ合わせて」呈示したことによって、「Delboeuf 錯視の方が Ebbinghaus 錯視よりも両円間（内円—外円、あるいは、中央円—付加円群の仮想外周円）が“充されていない”こと」から、両円間の“分離”が Delboeuf 錯視においてより容易に行われ、両円の円周が近くにある場合においても、「（奥行においても）異なる2円として知覚されていたのではないか」と考えられる。すなわち、被験者は、今回の刺激配置および刺激呈示条件において、内円と外円（Delboeuf 錯視）、および、中央円と付加円の外周（Ebbinghaus 錯視）の比較により注目して観察を行ったこと



が、今回の実験結果をもたらしているように思われる。したがって、このような観察による効果を考慮すれば、両錯視の成立機序としては、やはり「両円間の対比判断」が、より基本的な要因であると見なされ得る。

くわえて、このような（両錯視を“混ぜ合わせて”呈示するという）実験事態での一種の「文脈効果」に関しては、大きさの対比錯視として、Delboeuf 錯視や Ebbinghaus 錯視と刺激布置の類似している Baldwin 錯視<sup>(6)</sup>をランダムに組み合わせた、組織的な検討が今後に必要なとなろう。

### 付記

- 1) 本実験の資料の解析には、名古屋大学大型計算機センターを利用した。

### 文献

- 1) Coren, S. & Girgus, J. S. Transfer of illusion decrement as a function of perceived similarity. *J. Exp. Psychol.*, 1974, 102, 881-887.
- 2) Coren, S. & Girgus, J. S. *Seeing is deceiving: The psychology of visual illusion*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, 1978.
- 3) Fisher, G. H. An experimental and theoretical appraisal of the perspective and size-constancy theories of illusions. *Quart. J. Exp. Psychol.*, 1970, 22, 631-652.
- 4) 後藤倬男 大きさの円対比錯視に関する実験的研究 (I) —主要円と付加円間の明度差および色相差の効果について— 名大教養部紀要, 1978, 22, 89-103.
- 5) 後藤倬男 大きさの円対比錯視に関する実験的研究 (II) —円・円環・扇形等の付加図形の総面積の効果について— 名大教養部紀要, 1980a, 24, 77-92.
- 6) 後藤倬男 大きさの円対比錯視に関する実験的研究 (III) —付加円と主要円の直径比および付加円の数の効果について— 名大教養部紀要, 1980b, 25, 63-74.
- 7) 後藤倬男 大きさの円対比錯視に関する実験的研究 日本心理学会第46回大会予稿集, 1982, P. 91.
- 8) 後藤倬男 大きさの円対比錯視 (Ebbinghaus 錯視) に関する実験的研究 (IV) —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— 名大文学部論集, 1987, 哲学33, 53-76.
- 9) 後藤倬男 反復観察にもとづく大きさ錯視 (Size illusions) の刺激条件に関する実験的研究 名大文学部論集, 1990, 哲学36, 93-109.
- 10) 後藤倬男 Ebbinghaus 錯視の反復観察にもとづく Delboeuf 錯視の錯視量変化に関する実験的研究 —ブックレット法を用いての検討— 名大文学部論集, 1991, 哲学37, 75-85.
- 11) 後藤倬男・大屋和夫 大きさの円対比錯視の呈示条件に関する実験的研究 名大文学部論集, 1989, 哲学35, 53-76.
- 12) Goto, T., Kohmura, K., Teramoto, K., Ohya, K., Maruyama, N., Kuze, J., & Takahashi, S. Experimental study on geometrical illusions presented under special environment (1): Effects of continuous and intermittent presentations of a homogeneously illuminated

(6) 図1Aの Ebbinghaus 錯視の上下の付加円を除いて、左右2個の付加円とした錯視。

- hemisphere background. *Psychologia*, 33, 1990, 171-178.
- 13) Gregory, R.L. Distortion of visual space as inappropriate constancy scaling. *Nature*, 1963, 199, 678-680.
  - 14) 盛永四郎 大きさの同化対比の条件 増田博士謝恩 最近心理学論文集, 1935, Pp. 28-48.
  - 15) Morinaga, S. & Noguchi, K. An attempt to unify the size-assimilation and size-contrast illusions. *Psychol. Forsch.*, 1962, 29, 161-168.
  - 16) 小笠原慈瑛 同心円の偏位効果について 心理学研究, 1952, 22, 224-234.
  - 17) 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 II ブックレット法による幾何学的錯視の研究 「幾何学的錯視に及ぼす多様な呈示条件の効果に関する研究」(平成2年度科学研究費補助金一般研究(C) 研究成果報告書, 研究代表者:後藤倬男), 1991, Pp. 18-37.
  - 18) 大山 正・吉田喜久子 附加円錯視の規定要因の分析 日本心理学会第26回大会発表論文集, 1962, P. 38.

要 約

EXPERIMENTAL STUDY ON THE SIZE ILLUSION OF CONTRASTIVE CIRCLES (5):  
RELATIONSHIP BETWEEN EBBINGHAUS AND DELBOEUF ILLUSIONS

TAKUO GOTO

Department of Psychology, Faculty of Letters,  
Nagoya University

SUMMARY

When two center circles (CCs) of identical size are presented side by side either in Ebbinghaus (E) illusion or in Delboeuf (D) illusion (Fig. 1), the sizes of these CCs look different as the size contrast or assimilation interacts either between the surrounding circles (SCs) and the CC in E illusion or between the concentric outer circle (COC) and the CC in D illusion.

This study examines the underlying relationship between E and D illusions, which have a similar appearance, by presenting mixed stimuli of E and D illusions, and the magnitudes of illusion (MIs) were obtained by two kinds of measurement.

The black stimulus figures (E and D illusions) were printed on white sheets of paper (211×298mm) and presented in a form of "booklet" to the subjects.

The MIs of the CCs (dia: 20mm) in E and D illusions were measured in one session using two methods; production and magnitude estimation. These illusions were observed by the subject located 40 cm apart. The size ratios of E illusion (REs) and D illusion (RDs) are as follows. REs: between the SCs and the CC — 1/4, 1/2, 1/1, 3/2, and 2/1; RDs: between the COC and the CC — 4/2, 5/2, 7/2, 9/2, and 11/2. These ten stimulus figures with different size ratios from two illusions (E and D) were presented randomly in one session with the control figure (single circle) presented at the beginning and the end of each session.

Subjects, 20 university students in the introductory psychological course, took part in this experiment. In one session, they were asked to observe 12 figures within ten minutes using two measuring methods and they performed seven sessions consecutively over seven weeks, once every week.

This experiment has revealed the following three results. (1) The MIs of E and D illusions showed no significant difference when they were measured using two kinds measurement (production and magnitude estimation). This means that these two methods are useful in measuring the MIs for many untrained participants with use of the booklet method. (2) With E illusion, the MIs displayed characteristic variations as a function of the RE between the SCs and the CC (Fig. 2). These variations reflected clear *size contrast* between the SCs and the CC as we suggested in our previous studies (Goto, 1978, 1980a, b, 1982, 1987, 1990, 1991; Goto & Ohya, 1989). (3) The MIs of D illusion shifted from overestimation to under-

estimation as the RD between the COC and the CC increased (Fig. 3). This tendency was almost the same as those found by Morinaga (1935) and Ogasawara (1952). However, the transition (zero point) from overestimation to underestimation occurred when the RD was quite smaller than the RDs obtained in their experiments (Fig. 4).

In conclusion, this experiment using the two kinds of measurement with the booklet method has again verified that E illusion is *size-contrast oriented*. The traits of MIs variations in E and D illusions looked alike each other if the COC of D illusion was matched with the "estimated" outer circle in the SCs of E illusion. Consequently, these two illusions seem to originate from the common factor as Coren & Girgus (1974, 1978) already indicated. Although they included E illusion into D illusion to explain the cohesive contour interaction between the COC (SCs) and the CC, I would argue that D illusion should be included into E illusion because the size contrast is more dominant to cause mainly these illusions. Accordingly, this D illusion is caused due to the size contrast between the COC and the CC, and the cohesive factor may partly work only when the COC (SC) and the CC are positioned close each other and look like a ring (Ogasawara, 1952). However, this study suggests that the other factor of such as "apparent depth" between the SCs and the CC may play an important role as *the supporting factor throughout these size illusions*.