

# 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一

後 藤 倬 男

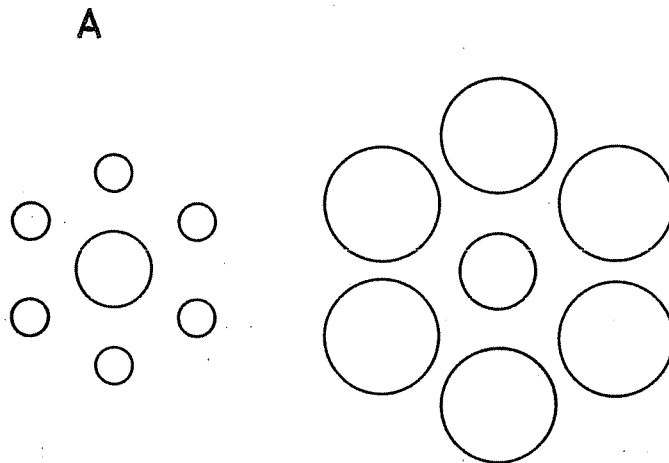
## 問 題

大きさの円対比錯視 (Fig. 1 A) は、この錯視の発見者の名前にちなんで、Ebbinghaus 錯視あるいは Titchener 錯視と呼ばれてきている。「より小さい付加円に取り囲まれている中央円の方が、より大きい付加円に取り囲まれている、もう一方の等しい大きさの中央円よりも大きく見える」この錯視の特徴は、中央円と付加円との「大きさの対比(差異の拡大)」を示唆している。しかし、この錯視の両円の配置が、著名な同心円錯視 (Delboeuf 錯視; Fig. 1 B) と類似していることから、その錯視の成立機構とされる「両円の牽引と反発」を適用できるという主張もなされている。この錯視に関するこれまでの諸研究は、上記の「対比効果 (対比判断)」(Massaro and Anderson, 1971; 後藤, 1978, 1980a, b, 1981, 1982; 後藤・八重島・鈴木・長田・伊藤, 1985; 八重島・鈴木・長田・齋藤・伊藤・後藤, 1986), あるいは、「両円間相互作用 (同化効果)」(Zigler, 1960; 大山・吉田, 1962; Girgus, Coren, and Agdern, 1972; Weintraub, 1979) の両立場から、数多くの検討が行なわれてきている。一方、Morinaga and Noguchi (1962) は、上記の両効果を同じ基礎の上に取り扱い得るとして、対比を主要な要因と認めつつも、同化の影響に言及している。ここで、両円が同じ大きさ(大きさの対比は生じないと考えられる)の場合、中央円の錯視量が過大視になれば、後者の「両円間相互作用」に有利となり、それに対して、錯視が生じないか、あるいは、過小視であれば、<sup>(1)</sup>「対比効果」が、それぞれ支持されると見なされ得る。筆者によって得られた結果(後藤, 1978, 1980 a, b, 1982) は、後者の立場を支持するものであったが、後藤ら (1985) や八重島ら (1986) のその後の検討によれば、多くの被験者の錯視量が、錯視量 0 を中心として、過大視にも過小視にも分布していることが認められた。

それゆえ、本報告の実験 I では、「両円の直径比」および「付加円数」というこれまでの刺激条件に加えて、いま一つの条件である「付加円と中央円の間距離」を取り上げてみる。この刺激条件は、これまでに、Morinaga and Noguchi (1962), 大山・吉田 (1962), Girgus ら

(1) 後藤 (1980 a) によって、付加円群の総面積と中央円との「大きさの対比」が予測された。

(1972), それに, Weintraub (1979) によって検討されてきており, いずれも, 錯視量に対する効果が認められている。この両円間距離は, また, Delboeuf 錯視において, もっとも優位な刺激条件 (Ebbinghaus 錯視の直径比に相当する) であるので, この刺激条件の効果が強く現われれば, 上記の「両円間相互作用」がより関与していることを推測させ, 一方, この刺激条件の効果が弱ければ, 「対比効果 (対比判断)」に有利であると考えられる。そこで, 今回得られた結果を, これまでに行なわれてきた同心円錯視 (同化対比錯視) に関する代表的な研究の結果 (小笠原, 1952) と比較してみる。くわえて, 本報告では, この両円間距離に, これまでに検討されてきた直径比と付加円数とを組み合わせると, これら3種類の刺激条件を総合的に検討することとした。その結果, 刺激図形が非常に多くなったので, 実験を能率的に進めるために, 刺激図形の



Ebbinghaus illusion



Delboeuf illusion

Fig. 1. Size illusion of contrastive circles (Ebbinghaus illusion) and of concentric circles (Delboeuf illusion).

呈示と被験者の反応記録の制御に、マイクロコンピュータを用いた。

ところで、今回の実験でマイクロコンピュータを使用する機会に、錯視量変動の諸要因の一つである「反復試行の効果」についても調べてみることにした。この問題に関しては、これまでに、「錯視に対する練習効果」として、ミュラー・リャー (Müller-Lyer) 錯視を中心に、古くから数多くの研究が報告されてきている (Judd, 1905; Lewis, 1908; Köhler and Fishback, 1950 a, b; Dewar, 1967 a, b, c, d, 1968; Barclay and Comalli, 1970)。そこでは、観察の反復試行に伴って錯視量の減少することが、一般的な傾向としてよく知られている。その際に、「どの錯視にも生じるのか」、あるいは、「過大視量と過小視量がともに減少するのか」、もしもそうだとすれば、「どのような割合で減少するのか」等々については、まだ明瞭な結果が得られていないように思われる。しかも、このような錯視量の継続的な変化は、Ebbinghaus 錯視における錯視量の変動、とくに、直径比 1/1 (付加円=中央円) の場合の変動について、何らかの示唆を与えてくれるのではないかと考えられる。そこで、実験Ⅱでは、実験Ⅰと同様に、上述の「3種類の刺激条件のすべての組み合わせ」について、両空間順位で多数回 (64回) 観察を繰り返し、試行回数の進行に伴って、錯視量がどのような変化を示すかについて検討する。

## 方 法

実験室：名古屋大学教養部心理学実習室。

実験装置：本報告での実験は、マイクロコンピュータ (NEC PC-9801) を使用して行なわれた。Fig. 2 に示されているように、準暗室の実験室内に、アングルフレームに黒ケント紙を貼り付けたフード (H; 縦: 100cm, 横: 100cm, 奥行: 100cm) を設置した。そして、座位で顔面をほぼ固定した被験者 (S) の視線が、観察距離 1m で画面の中央に直角に位置するように、2台のディスプレイ (PC-8853) を 408mm (中心間距離) 離して斜めに並べた。これらの画面の中央には、後述の標準刺激 (SS) と比較刺激 (CS) が、「SS: 右, CS: 左」および「SS: 左, CS: 右」の両空間順位で呈示される。一方、実験者 (E) は、実験Ⅰではディスプレイの後方で、標準刺激のみが呈示される別のディスプレイ (PC-8851) を見ながら、実験Ⅱでは、2台のディスプレイを見ながら、それぞれ本体 (PC-9801) を操作した。

刺激図形：標準刺激と変化刺激は、2台のディスプレイの黒背景上に、白色光 ( $0.15 \text{ cd/m}^2$ ) で描かれている輪郭円 (幅:  $0.4 \text{ mm}$ ) である。画面の中央に呈示される標準刺激の中央円 (CC) の直径は、 $21.5 \text{ mm}$  (輪郭線の外縁から外縁まで、以後も同じ) で一定にされており、周囲の付加円 (SC) の直径を、 $10.75$ ,  $21.50$ ,  $43.00 \text{ mm}$  (付加円と中央円との直径比:  $1/2$ ,  $1/1$ ,  $2/1$ ) の3種類に変化させる。つぎに、付加の数については、1個 (中央円の右側方)、2個 (中央円の左右)、4個 (中央円の上下左右) の3種類とする。さらに、本報告では、中央円と付加円の間隔距離 (外縁から外縁まで) を  $3.1$ ,  $8.6$ ,  $15.8 \text{ mm}$  の3種類に変化させる。実験の目的から

すれば、これらの距離の差異をもっと大きくすることが望ましいが、ディスプレイ画面の彎曲を考えると、上記の 15.8mm が最大であった。以上の 3 種類の刺激条件をすべて組み合わせると、標準刺激は、27 種類（直径比：3×付加円数：3×両円間距離：3）となるが、これに、中央円（直径：21.5mm）のみの統制図形（単円）が加えられるので、標準刺激は、合計28種類(31回呈示)の多きに及んだ。一方、変化刺激は、もう一台のディスプレイ画面に、標準刺激と同様の輪郭円として呈示され、15.5mm~27.5mm の範囲で、実験者の操作によって、定められたステップ（0.75mm）で拡大あるいは縮小する。

実験方法：極限法（完全上下法）。

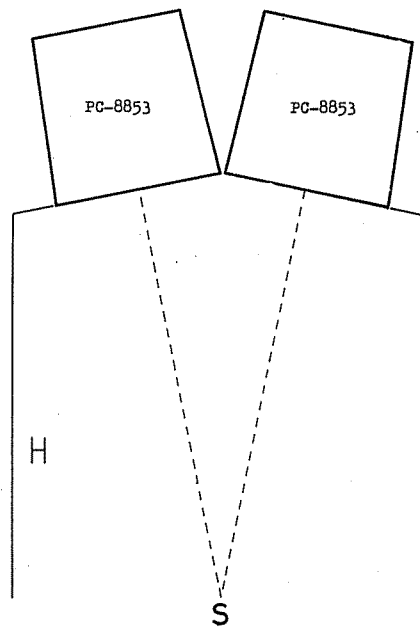
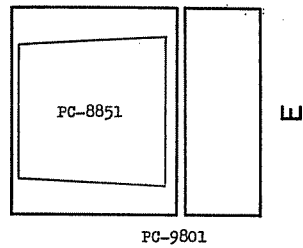


Fig. 2. Schematic diagram of experimental arrangement (S: subject; E: experimenter; H: hood; PC-9801: personal computer; PC-8853, PC-8851: display).

**実験手続:** 室内灯 (蛍光灯: 140 lx) が点灯されている実験室に被験者を案内して10分間過ごさせ、顔面固定器の前の椅子に座らせて、5分間暗順応させた後に実験を開始する。単円の統制図形が最初と最後に2回ずつ呈示され、その間に、27種類の標準刺激がランダムに呈示される。実験者は、各呈示図形について、「下-上-上-下」、あるいは、「上-下-下-上」のどちらかの系列順序にしたがって、比較刺激の大きさを変化させる。一方、被験者は、両眼視で、「標準→比較→標準→比較」の順に両刺激を比較観察し、標準刺激に較べて比較刺激の方が「大きい」・「等しい」・「小さい」の三件法で回答する。実験に際しては、31回の刺激呈示の11回目と21回目に、それぞれ5分間の休憩が入れられた。実験時間は、順応時間を除いておよそ1時間であった。

## 実験報告

### 実験 I

**目的:** 本実験では、これまでの諸研究で Ebbinghaus 錯視に影響すると考えられてきた刺激条件の内、(1)周囲の付加円と中央円との直径比、(2)付加円の数、(3)中央円と付加円の距離、の3種類を組み合わせて、それらの相互作用について検討してみる。

**手続:** すでに『方法』において述べられているように、上記の3種類の刺激条件と統制図形を組み合わせた合計31種類の刺激図形を、各被験者にそれぞれ2回、両空間順位で呈示する。

**被験者:** 視力 (矯正視力を含む) 正常な心理学受講生6名 (男子3名、女子3名)。

**結果と考察:** 以下に、上述の3刺激条件の各々について、それらの錯視量への影響について検討してみよう。

Fig. 3 には、3種類の両円間距離 ( $D$ ) について、直径比 ( $R$ ) に対する錯視量 (被験者6名の平均) の変化が、3種類の付加円数 ( $N$ ) 別にプロットされている。それによれば、付加円数1個と2個 ( $N=1, 2$ ) の場合には、両円間距離が 8.6mm と 15.8mm で、錯視量が直径比の増大に伴って過大視から過小視へ変化しており、Ebbinghaus 錯視の特徴を表わしている。一方、付加円が中央円にもっとも近い両円間距離 3.1mm では、錯視量の変化の傾向が異なっており、 $N=2$  の直径比  $1/2$  (付加円 < 中央円) で過小視が生じている。

しかし、付加円による中央円の取り囲みが完成する付加円数4個 ( $N=4$ ) では、3種類の両円間距離のすべてにおいて、錯視量の変化の傾向が一致しており、直径比  $1/2$  では過大視、直径比  $1/1$  (付加円 = 中央円) および  $2/1$  (付加円 > 中央円) では過小視になっている。そして、直径比  $1/2$  および  $1/1$  では、各両円間距離の間に錯視量の違いが少ないが、直径比  $2/1$  では、両円間距離が増加するに伴って過小視量が増加している。

以上のように、今回のマイコン制御によるディスプレイ呈示を用いた実験においても、これまでに筆者が描画図形で得てきた結果 (後藤, 1978, 1980 a, b) ときわめて類似した傾向が認めら

れた。すなわち、(1)付加円が中央円よりも大きい場合には中央円が過大視され、(2)付加円が中央円よりも小さい場合には明瞭な過小視が得られ、(3)両円が等しい場合にも過小視が生じていた。この傾向は、付加円が中央円を取り囲んでいることによって、Delboeuf 錯視の様相も呈している。「典型的な Ebbinghaus 錯視の付加円数 4 個 (N=4)」において顕著であるが、付加円数 1 個や 2 個でも一部の両円間距離で生じており、この錯視が、両円間の「大きさの対比」によって強く支配されていることを示唆している。

分散分析においては、付加円数と直径比の主効果が認められたが ( $F_{2,10}=6.97, p<0.05$ ;  $F_{2,10}=18.19, p<0.001$ )、筆者のこれまでの検討の中で初めて取り上げた「両円間距離」は、今回の実験での変化範囲では、有意な効果をもたらさなかった ( $F_{2,10}=2.37, p>0.05$ )。しかし、この刺激条件と、上記の付加円数との交互作用は有意になっており ( $F_{4,20}=3.05, p<0.05$ )、これらの刺激条件が、相互に影響を及ぼし合っていることが知られる。それゆえ、以下

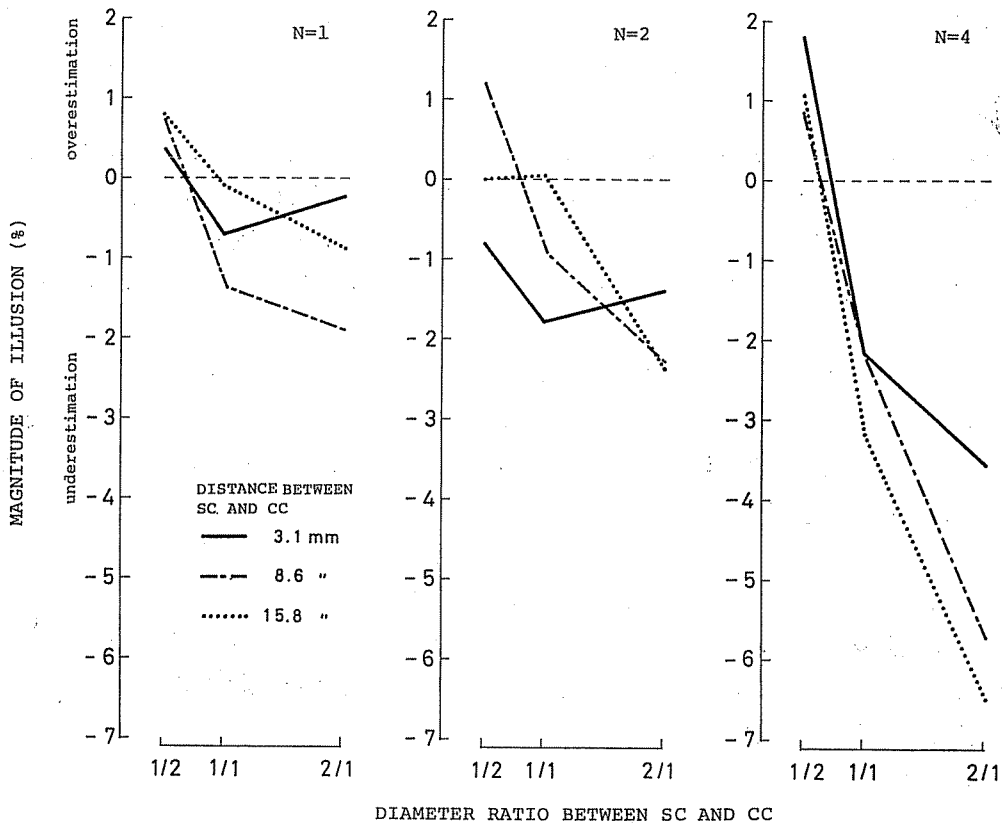


Fig. 3. Magnitude of illusion as a function of diameter ratio between surrounding circle (SC) and center circle (CC) under three kinds of distance between the SC and the CC using three kinds of the SC number.

では、付加円数と両円間距離の効果についてさらに検討してみよう。

Fig. 4 には、3種類の両円間距離について、付加円数の変化に伴う錯視量の変化が、3種類の直径比別にプロットされている。そこでは、付加円数の増加に伴って、直径比1/2では過大視量の増加傾向が認められ、一方、直径比2/1では、過小視量が増加している。このような相反する錯視量の変化の傾向は、分散分析においても示されており、両刺激条件の交互作用が有意になっている ( $F_{4, 20} = 8.90, p < 0.001$ )。また、両円の直径が等しい場合には、この直径比での過小視傾向を反映して、過小視量の増加が認められる。このような錯視量変化の特徴は、すでに、Massaro and Anderson (1971) や後藤 (1982) によっても報告されているが、今回取り上げた両円間距離では、中央円よりも付加円の方が小さい直径比1/2において、付加円数の効果の現われかたに差異が生じていた。

Fig. 5 には、3種類の直径比について、両円間距離の変化に伴う錯視量の変化が、3種類の

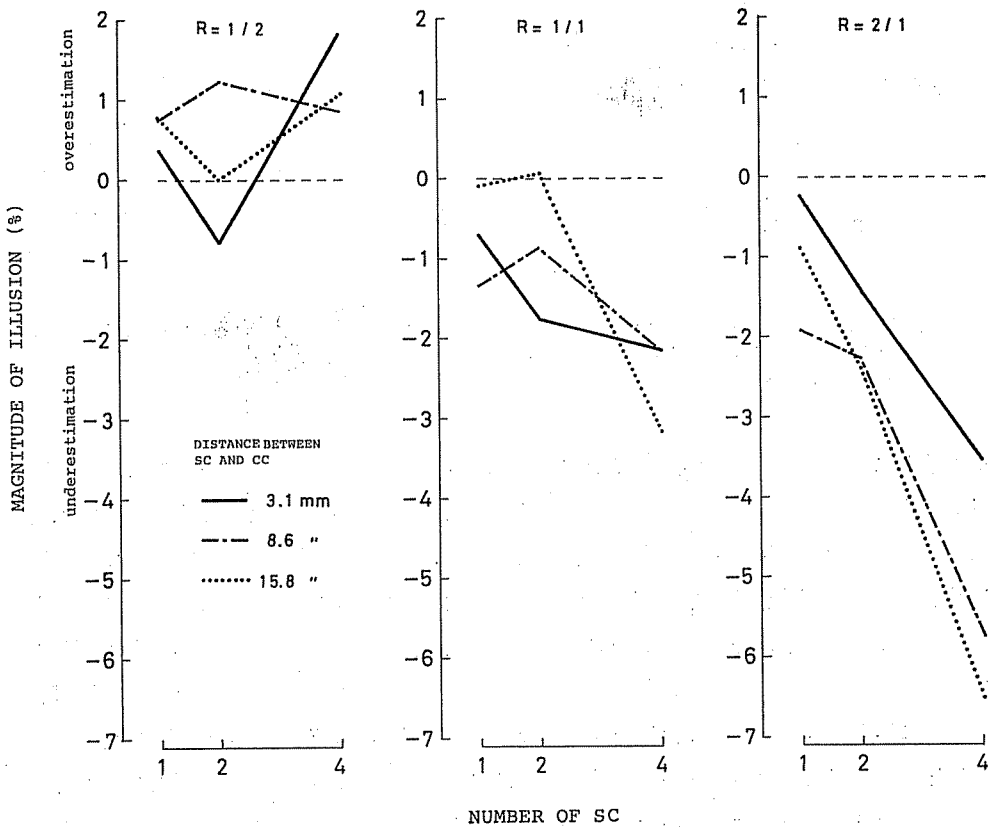


Fig. 4. Magnitude of illusion as a function of the SC number under three kinds of distance between the SC and the CC using three kinds of diameter ratio between the SC and the CC.

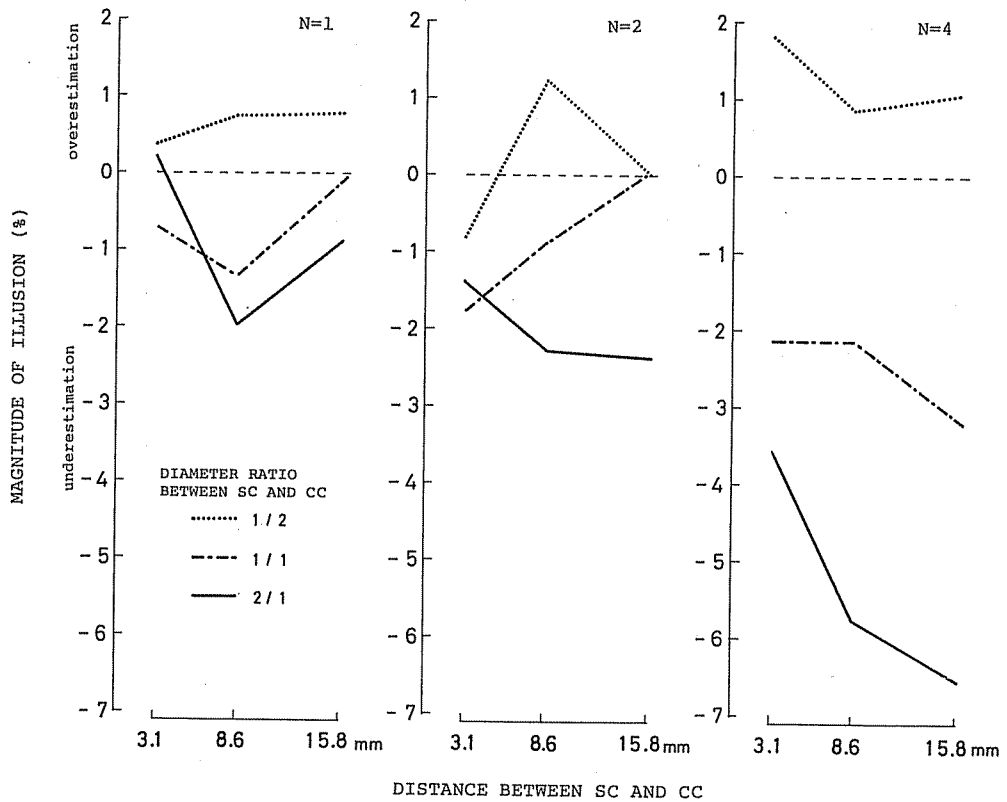


Fig. 5. Magnitude of illusion as a function of the distance between the SC and the CC under three kinds of diameter ratio between the SC and the CC using three kinds of the SC number.

付加円数別にプロットされている。それによれば、付加円数が2個 ( $N=2$ ) では、両円間距離の増加に伴う錯視量の変化に一貫した傾向が認められないが、付加円数1個 ( $N=1$ ) では、過大視化 (過大視の増加と過小視の減少) の有意な傾向が、付加円数4個 ( $N=4$ ) では、過小視化 (過大視の減少と過小視の増加) の有意な傾向が、それぞれ認められた ( $F_{2,10}=4.90, p<0.05$ ;  $F_{2,10}=4.53, p<0.05$ )。このように、「付加円数の差異」および「中央円に対する付加円の相対的な大きさ (直径比) の違い」によって、中央円の見かけの大きさのみならず、「両円間距離の増加に伴う錯視量の変化の仕方が反対になる」という興味ある特徴が見出された。

ところで、本実験で用いた6名の被験者の間には、前述のごとく、各刺激条件に対する錯視量の現われかたに個人差が生じていた。そこで、今回の27種類の刺激条件のすべてについて、過大視あるいは過小視をした被験者の数 (百分比) を棒グラフに示したのが Fig. 6 である。それによれば、「直径比1/2ですべて過大視、直径比1/1で過大視と過小視とが均衡、直径比2/1では



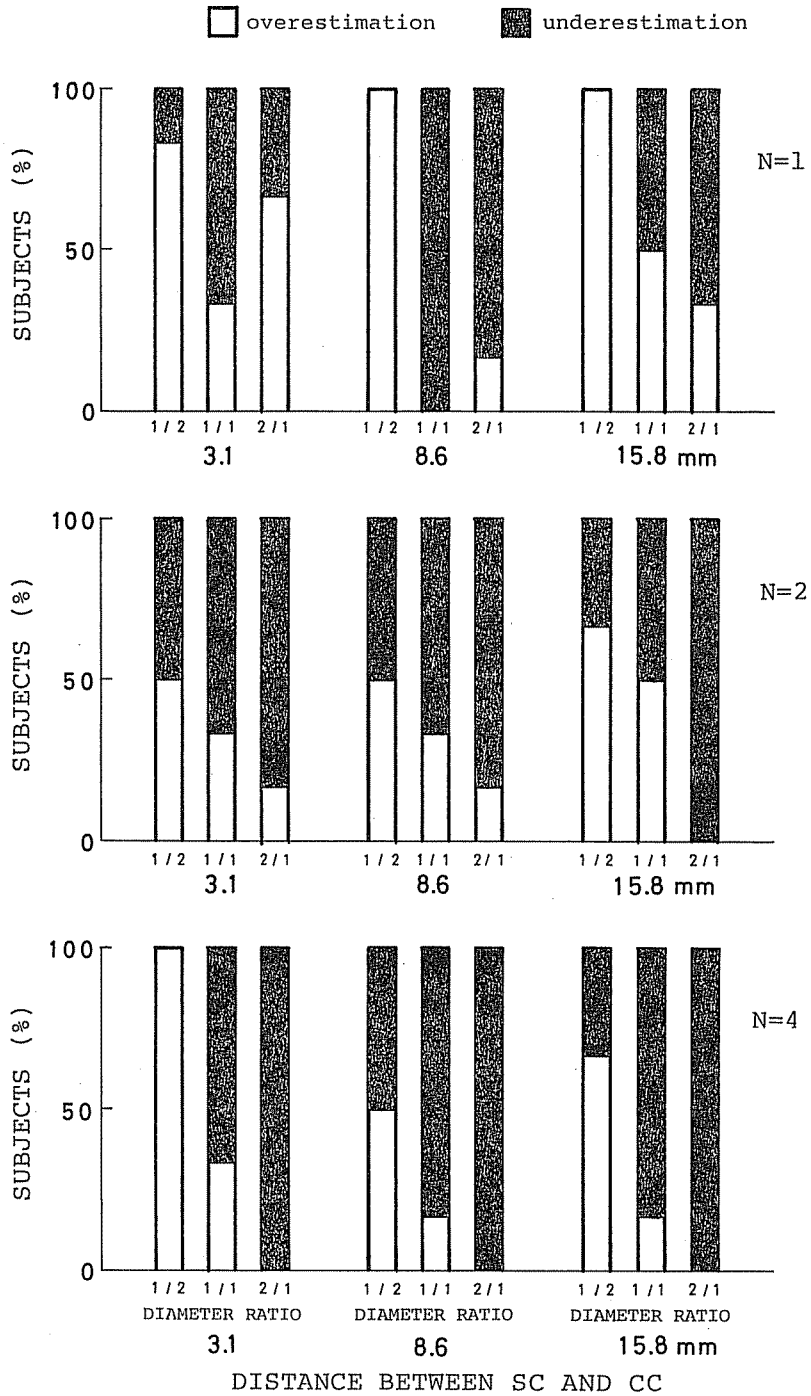


Fig. 6. Subjects conducting overestimation and underestimation under the combination of three stimulus-conditions (three kinds of diameter ratio between the SC and the CC, three kinds of distance between the SC and the CC, and three kinds of the SC number).

すべて過小視」という典型的な傾向は少ないが、付加円数が4個 ( $N=4$ ) でもっともそれに近く、ついで、付加円数2個 ( $N=2$ ) の場合にも、その傾向が認められた。しかも、これらの付加円数では、直径比  $1/2$  で過小視を示す被験者が目立っており、ここでも、筆者のこれまでの実験結果(後藤, 1978, 1980 a, b) と類似して、過小視優位の傾向がうかがわれる。それに対して、付加円数1個では、直径比の変化に伴う過大視あるいは過小視の人数の変化に一貫した傾向が認められず、また、錯視量の過小視化も明らかではなかった。このように、中央円と付加円との直径比の変化に伴う錯視量の対照的な変化は、周囲に配置される付加円の数が2個以上で明瞭に生じているが、本実験で用いた範囲の両円間距離は、それらの変化に有効な影響を及ぼしてはいないようである。

つぎでは、錯視量に示されたこれらの差異に関して、繰り返し観察の影響という観点から検討してみる。

## 実験Ⅱ

**目的:** 本実験では、前実験と同じ刺激条件および手続で、1名の被験者に実験を多数回(64回)繰り返し、3種類の刺激条件の組み合わせのもとで、錯視量がどのような変化を示すかを調べてみる。

**手続:** 前実験とほぼ同様であるが、今回は、実験者が被験者を兼ねており、被験者がディスプレイ画面を観察しながら、顔面固定器の前に置かれているキーボードを操作する。刺激図形の空間順位としては、標準刺激を比較刺激の右-左-左-右の順に配置した。一方、最初の標準刺激(統制図形)に対する比較刺激の直径の変化を、下降(縮小)-上昇(拡大)-上昇-下降の順序で行なった。実験は、原則として1日1回とし、1日の内で繰り返す場合には、最低4時間以上の間隔を置いた。

**被験者:** 視力正常な心理学教官 1名。

**結果と考察:** Fig. 7 には、前実験の Fig. 3 と同様に、3種類の両円間距離の変化に伴う錯視量(両空間順位で64回(連続する両空間順位を平均した32回)の平均)の変化が、3種類の付加円数別にプロットされている。1名の被験者の多数回の反復試行を平均した本実験での結果の傾向は、各両円間距離および各付加円数に共通して、直径比の変化に伴う、Ebbinghaus 錯視の「典型的な錯視量の変化」を示している。すなわち、付加円の数にかかわらず、直径比  $1/2$  (付加円 < 中央円) では過大視、一方、直径比  $2/1$  (付加円 > 中央円) では過小視が生じており、この錯視における両円間の「大きさの対比」の強い効果を示唆している。しかし、付加円と中央円の直径が等しい場合(付加円 = 中央円)の錯視量は、前回の実験の結果とは異なって「過大視」に転じており、この傾向は、付加円数の増加に伴ってより顕著になっている。この点に関しては、前述のごとく、これまでの実験的研究においても結果に一致が得られておらず(Zigler, 1960;

Morinaga and Noguchi, 1962; 大山・吉田, 1962; Massaro and Anderson, 1971; 後藤, 1978, 1980 a, b), Ebbinghaus 錯視の成立にかかわる重大な問題点として, 検討が続けられてきている (後藤, 1978, 1980 a, b; 後藤・八重島・鈴木・長田・伊藤, 1985; 八重島・鈴木・長田・齋藤・伊藤・後藤, 1986)。本報告の実験 I では, 被験者間での見え (過大視および過小視) の分布 (Fig. 6) を調べることによって, この錯視量の変動を, 彼らの基本的な傾向の差異によるものと見なした。

分散分析においても, 直径比は, 各付加円数および両円間距離において, その効果が明瞭であり ( $F_{2, 887}=361.21, p<0.001$ ), これまでの報告 (後藤, 1978, 1980 a, b, 1982) でも述べられているように, この刺激条件の強い影響を示している。

さて, 今回初めて取り上げた「両円間距離」は, 本実験においては錯視量の変化に有意な効果を及ぼしており ( $F_{2, 887}=5.26, p<0.01$ ), 直径比および付加円数との交互作用は, いずれも有意となっている ( $F_{4, 887}=4.37, p<0.01$ ;  $F_{4, 887}=9.23, p<0.001$ )。この点に関して, 前実験の Fig. 5 と同様な形式で, 両円間距離の変化に伴う錯視量 (連続する両空間順位を平均し

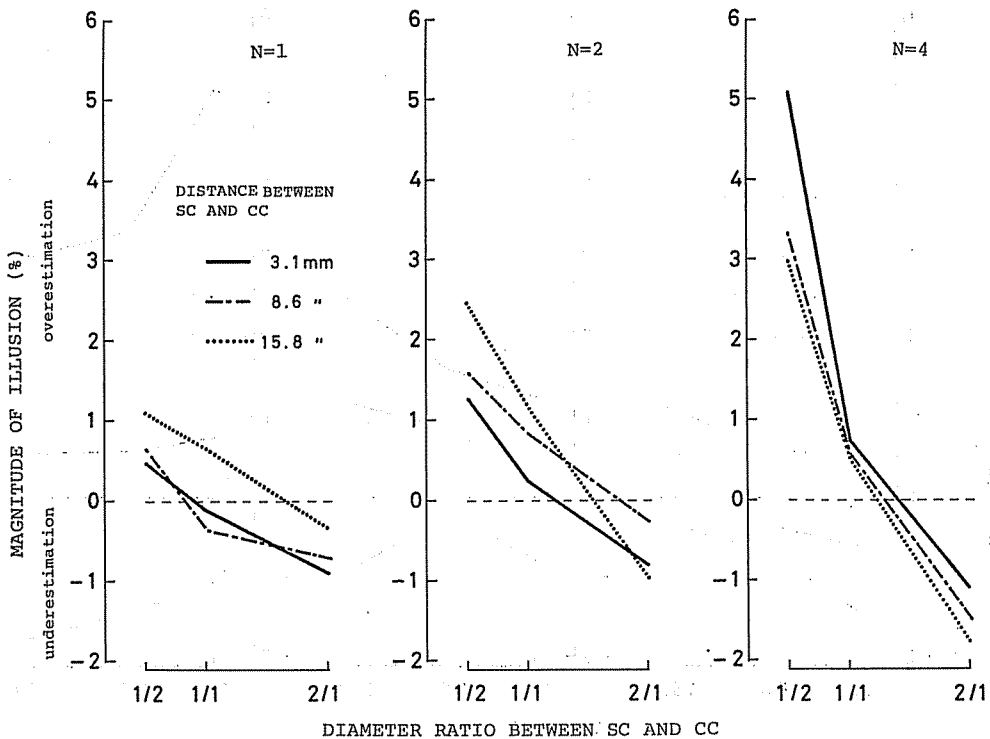


Fig. 7. Magnitude of illusion (averaged for 32 trials) as a function of diameter ratio between the SC and the CC under three kinds of distance between the SC and the CC using three kinds of the SC number.

た32回の平均)がプロットされている Fig. 8 について検討してみよう。それによれば、前実験では一貫して認められなかった「直径比や付加円数によって異なる両円間距離の効果」が明瞭に生じている。すなわち、付加円数が1個と2個 ( $N=1, 2$ ) では、とくに、直径比1/2および1/1において、両円間距離の増加に伴って過大視量が有意に増加(過小視量が減少)している ( $F_{2, 279}=10.32, p<0.001$ ;  $F_{2, 276}=7.39, p<0.001$ )。そして、付加円数が4個になると、すべての直径比において、両円間距離の増加に伴って過大視量が有意に減少(直径比2/1では過小視量が増加)している ( $F_{2, 279}=4.91, p<0.01$ )。

また、同図に明らかなように、付加円数の増加に伴って、上述のような錯視量の変化の差異とともに、直径比1/2および2/1においては、錯視量の絶対値も増加しており、実験Iと同様に、付加円数の有意な効果が認められる ( $F_{2, 837}=32.01, p<0.001$ )。

ところで、Fig. 9 は、前実験の Fig. 3 および本実験の Fig. 7 と同様な観点から、反復試行(両空間順位)での平均の1回目(FIRST TRIAL)と32回目(LAST TRIAL)の錯視量( $N=4$ )の変化を示したものである。ここで、前実験とほぼ同じ実験条件で行なわれた1回目の

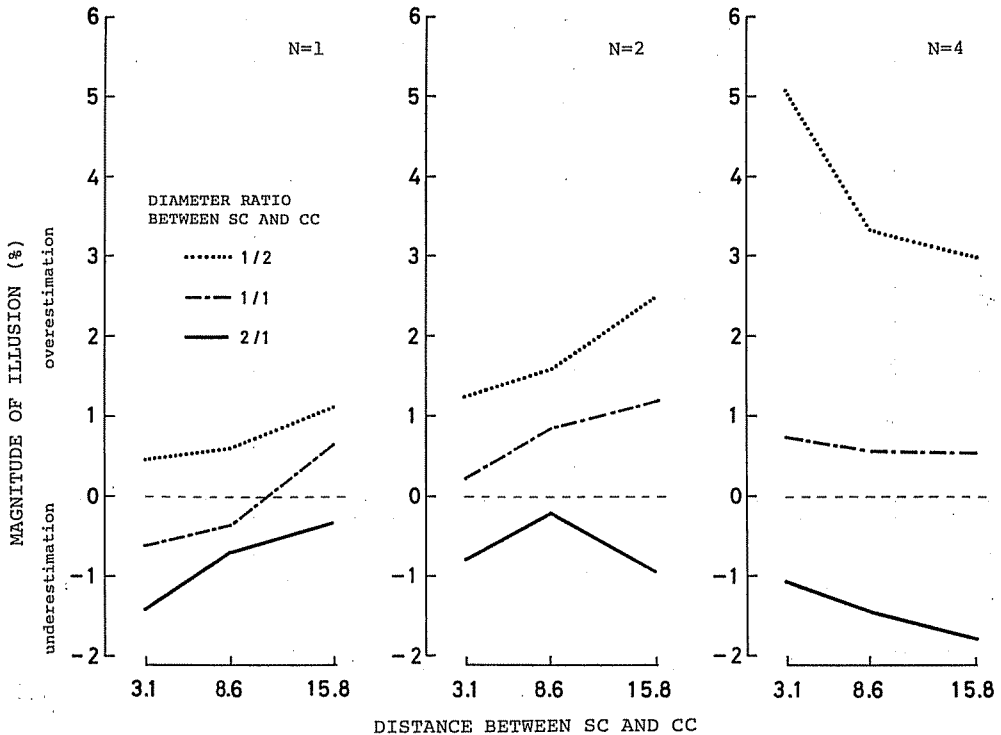


Fig. 8. Magnitude of illusion (averaged for 32 trials) as a function of distance between the SC and the CC under three kinds of diameter ratio between the SC and the CC using three kinds of the SC number.

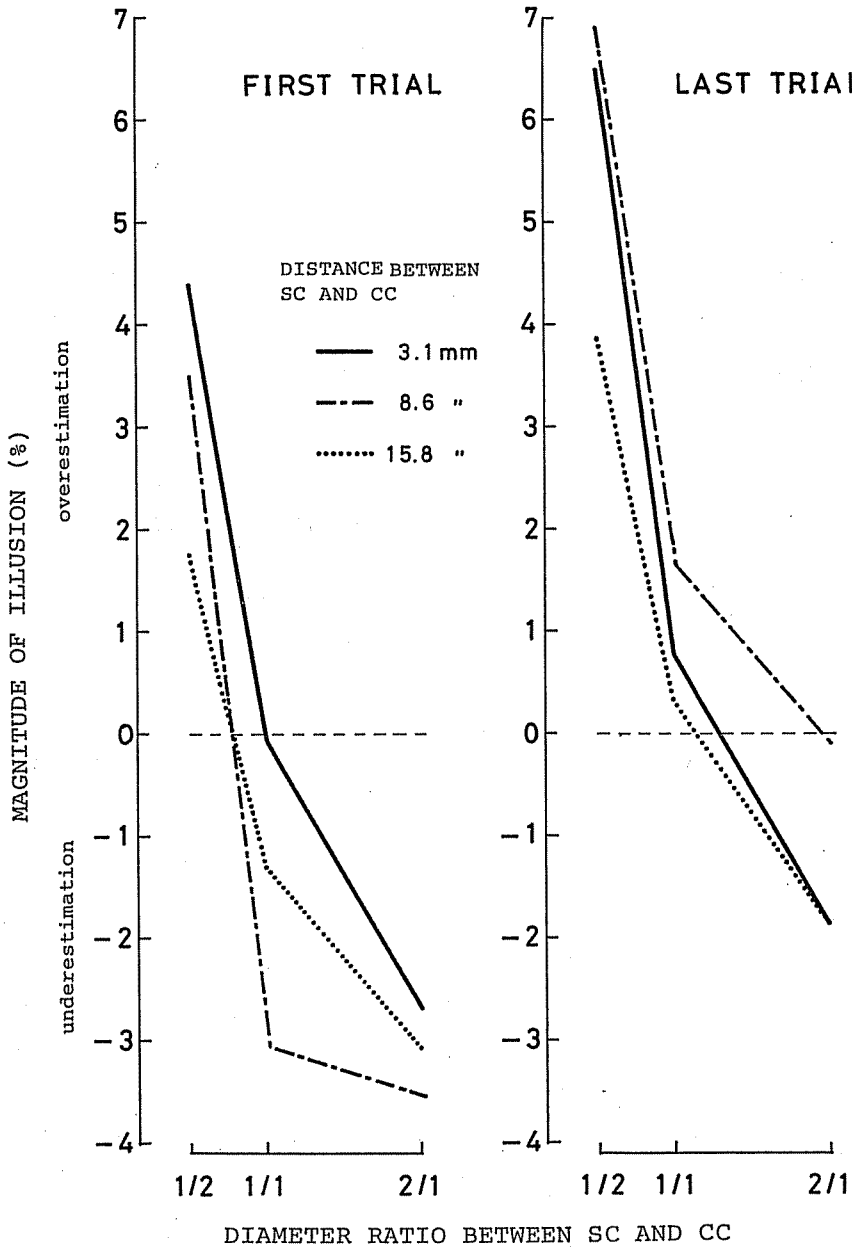


Fig. 9. Magnitude of illusion (N=4) as a function of diameter ratio between the SC and the CC under three kinds of distance between the SC and the CC using the first trial and the last trial.

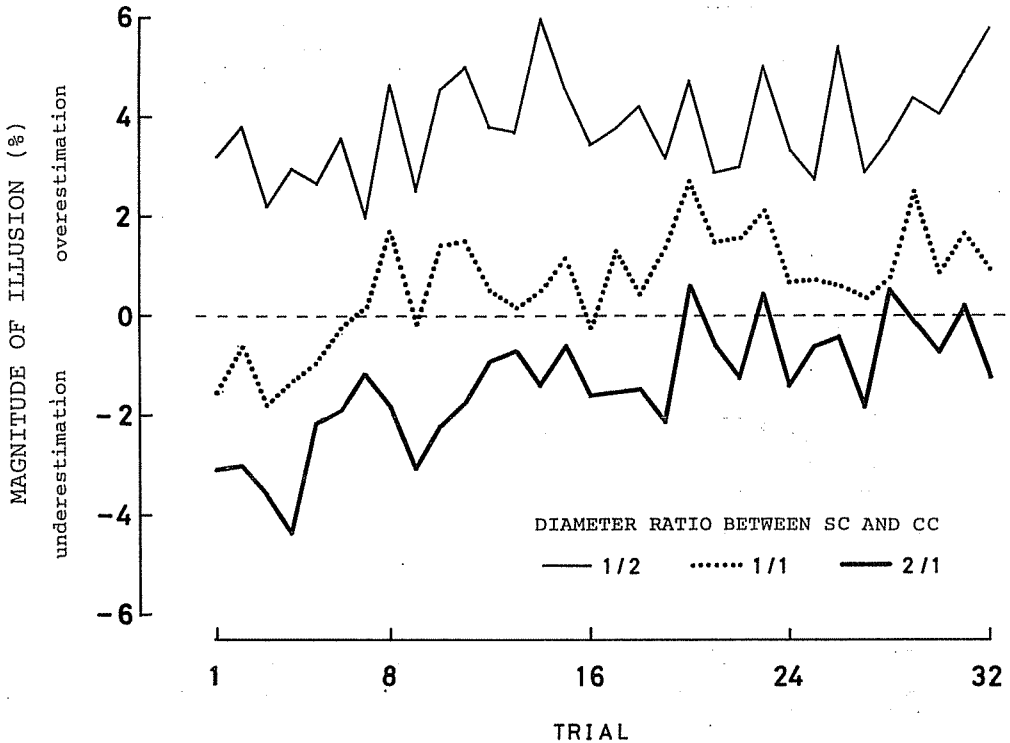


Fig. 10. Variation of the magnitude of illusion (averaged for three kinds of distance between the SC and the CC;  $N=4$ ) as a function of trial under three kinds of diameter ratio between the SC and the CC.

傾向は、どちらかといえば、前実験の Fig. 3 に類似しているが、32回目の錯視量は、むしろ、今回の全平均の結果 (Fig. 7) に近い変化の傾向を示している。両空間順位で32回の反復観察の間に、測定された錯視量は、どのように変化していったのであろうか。

Fig. 10 には、反復観察に伴う錯視量の変化が、「付加円数4個 ( $N=4$ ) の3種類の両円間距離の平均値」を用いて、3種類の直径比についてプロットされている。各直径比の平均錯視量は、反復試行に伴って、いずれも不規則な変動を示しながら変化しているが、そこには、一定の傾向がうかがわれる。すなわち、すべてのグラフが右上がり。(過大視量の増加・過小視量の減少)を示しており、この傾向は、直径比1/2と2/1の錯視量に差異が大きくなる Fig. 10 の「付加円数4個」において明瞭に認められる。このような錯視量の変化の中で、直径比1/1 (中央円=付加円) の場合には、初期の過小視量が、試行の反復とともに減少し、後半からは、それが過大視に転じているのである。

Table 1 には、すべての刺激条件の組み合わせに対して求めてみた1次回帰式の勾配 (GRADIENT) と、反復試行の1回目 (TRIAL 1) と32回目 (TRIAL 32) での錯視量の予測値が示

**Table 1.** Gradient in linear regression and estimated magnitude of illusion in the first trial (Trial 1) and the last trial (Trial 32) under the combination of three stimulus-conditions (the diameter ratio between the SC and the CC, the SC number, and the distance between the SC and the CC).

DIAMETER RATIO	NUMBER OF SC	DISTANCE BETWEEN SC AND CC	GRADIENT	ESTIMATED MAGNITUDE OF ILLUSION (%)	
				TRIAL 1	TRIAL 32
1/2	1	3.1 (mm)	-0.01	0.65	0.22
"	"	8.6	0.02	0.41	0.87
"	"	15.8	0.02	0.82	1.42
"	2	3.1	0.03	0.86	1.65
"	"	8.6	-0.01	1.69	1.49
"	"	15.8	0.01	2.33	2.62
"	4	3.1	0.05	4.39	5.77
"	"	8.6	0.06	2.49	4.25
"	"	15.8	0.02	2.70	3.26
1/1	1	3.1	0.00	-0.58	-0.62
"	"	8.6	-0.03	0.10	-0.86
"	"	15.8	0.01	-0.54	0.79
"	2	3.1	0.04	-0.44	0.89
"	"	8.6	0.05	0.09	1.59
"	"	15.8	0.00	1.22	1.22
"	4	3.1	0.09	-0.64	2.08
"	"	8.6	0.08	-0.57	1.79
"	"	15.8	0.06	-0.30	1.42
2/1	1	3.1	0.04	-1.46	-0.33
"	"	8.6	0.06	-1.52	0.19
"	"	15.8	0.08	-1.52	-0.90
"	2	3.1	0.05	-1.63	0.03
"	"	8.6	0.03	-0.73	0.22
"	"	15.8	0.04	-1.46	-0.33
"	4	3.1	0.11	-2.72	0.60
"	"	8.6	0.09	-2.76	-0.09
"	"	15.8	0.08	-2.95	-0.54

されている。それによれば、付加円数および直径比の増加に伴って、正の方向での勾配の増加が認められ、直径比による勾配の違いが、反復試行に伴う Ebbinghaus 錯視 (Fig. 1A) 全体の錯視量の減少を示唆している。本実験では、錯視量は、「各刺激条件での中央円の PSE と統制図形の単円の PSE との差」として表わされているが、反復試行による「統制図形の PSE の変化」に対して求められた 1 次回帰式の勾配は 0 であった。それゆえ、反復試行に伴う各錯視量の変化は、統制図形 (単円) に対する大きさの判定とは独立していると思なされ得る。

しかし、すべての刺激条件において、Ebbinghaus 錯視の各錯視量が減少するのではなく、「直

径比 1/2 での中央円の過大視量の増加の割合 (勾配) よりも、直径比 2/1 での中央円の過小視量の減少 (過大視化) の割合の方が大きい」ために、この錯視全体の錯視量 (Fig. 1 A に示されているように、両直径比での両中央円の見かけの大きさの差異: 過大視量-過小視量) が減少するのである。しかも、両勾配の差異にもとづく「錯視量減少の割合」は、付加円数によって異なっており、Table 2 のごとく、付加円数の増加とともに、その錯視量減少の割合も低下している。これらの傾向は、従来の反復観察において見落とされてきたものであり、今後により組織的な検討が必要と考えられる。

**Table 2.** Difference using the estimated magnitude of illusion between diameter ratio of 1/2 and diameter ratio of 2/1 in linear regression, and ratio between the first trial (Trial 1) and the last trial (Trial 32) under the combination of two stimulus-conditions (the SC number and the distance between the SC and the CC).

NUMBER OF SC	DISTANCE BETWEEN SC AND CC	DIFFERENCE BETWEEN 1/2 AND 2/1		RATIO
		TRIAL 1	TRIAL 32	
1	3.1 (mm)	2.11 (%)	0.54 (%)	0.26
〃	8.6	1.93	0.67	0.35
〃	15.8	2.33	0.52	0.22
2	3.1	2.49	1.63	0.65
〃	8.6	2.42	1.27	0.52
〃	15.8	3.79	2.95	0.78
4	3.1	7.11	5.17	0.73
〃	8.6	5.25	4.34	0.83
〃	15.8	5.65	3.79	0.67

## 討 論

Ebbinghaus 錯視の主要な 3 種類の刺激条件を組み合わせ、それらの影響を調べた本報告の実験からは、これまでの研究 (Morinaga and Noguchi, 1962; Massaro and Anderson, 1971; 後藤, 1980 b, 1981, 1982) で効果が認められてきた「直径比」と「付加円数」に加えて、今回、筆者にとって初めての組織的な検討であった「両円間距離」も、この錯視への無視できない影響を示していた。すなわち、実験 I (Fig. 5) では付加円数 1 個および 4 個の場合に、実験 II (Fig. 8) ではすべての付加円数において、両円間距離の増加に伴う錯視量の規則的な変化が認められた。前述のごとく、Morinaga and Noguchi (1962) や大山・吉田 (1962) は、本報告で取り上げた Ebbinghaus 錯視と、内円と外円間の距離が決定的な成立要因とされている Delbouef 錯視との関連性を示唆している。また、Girgus ら (1972) は、両円間距離の増加に伴って中央円の過大視量が減少することを指摘し、この傾向から両錯視の類似性を主張してい



る。さらに, Weintraub (1979) は, Girgus らの結果を支持しており, Delboeuf 錯視の成立機序と見なされている「両円の輪郭線間の牽引」を想定している。そこで, 刺激配置が類似している両錯視を, 錯視量の変化によって比較するために, わが国で行なわれた Delboeuf 錯視の代表的な研究として, 小笠原 (1952) の実験を取り上げ, 本実験の「両円間距離」に相当する「内外円間距離」における錯視量を計測してみた。ここで, Ebbinghaus 錯視における両円間距離を Delboeuf 錯視の内外円間距離に対応させる際に, 中央円の円周と, ①付加円の (中央円に相対する) 内側の円周との距離 (INNER), ②付加円の中心との距離 (CENTER), それに, ③付加円の外側の円周との距離 (OUTER) の各々について, 上記の錯視量 (統制円の PSE を基準値とする百分比) を求めてみた。Fig. 11 は, それらを Fig. 5 および Fig. 8 の付加円数 4 個 (N=4) の場合と対応させて示したものである。

いま, Delboeuf 錯視の内外円間距離に相当するものとして, 上記の 3 種類の両円間距離を取り上げた場合, ① INNER では, 直径比 (付加円の大きさ) が変化しても, この距離が本実験において一定にされているので, 錯視量は変わらず, 両円間距離の増加に伴って, 錯視量 (過大視量) が逆 U 字型に変化している (Fig. 11, INNER)。この傾向は, 直径比の変化によって錯視量が過大視や過小視に分かれる今回の実験の結果 (Fig. 5, 8) とは大きく異なっている。

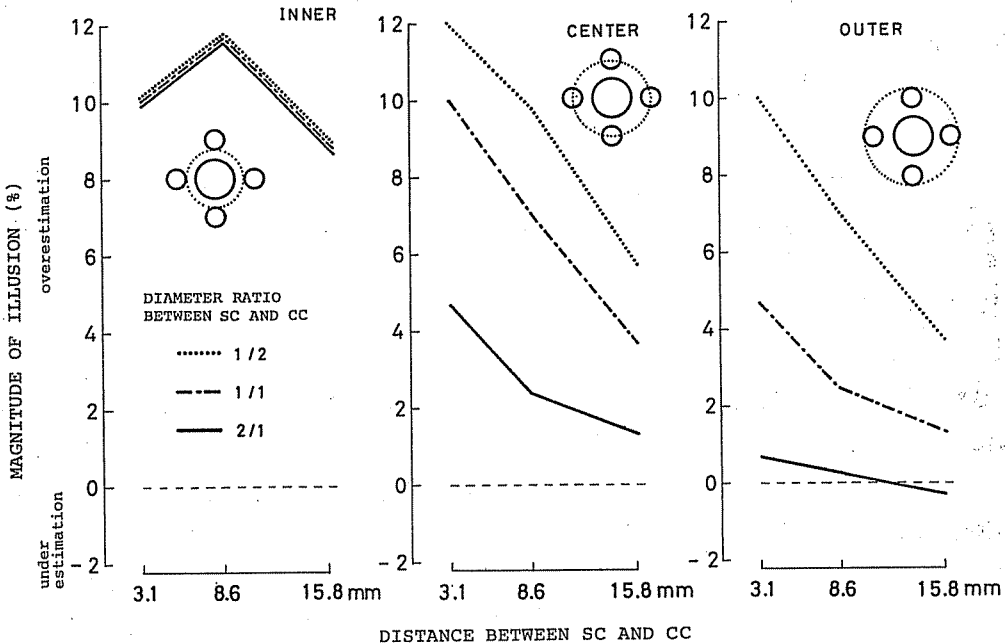


Fig. 11. Magnitude of illusion based on the results of Ogasawara's experiment as a function of distance between the SC and the CC under three kinds of distance between the SC and the CC using inner (INNER), center (CENTER), and outer (OUTER) assumed-outer-circle (dotted line) of Delboeuf illusion.

つぎに、② CENTER においては、各付加円の中心を通る「仮想的同心円 (Fig. 11 (CENTER) の点線)」を外円とする場合の「内外円間距離の効果」を調べたものであるが、同図からは、錯視量がいずれも過大視になっており、しかも、両円間距離の増加に伴って、その過大視量を大きく低下させている。そして、この傾向も、上記の INNER と同様に、本実験の Ebbinghaus 錯視で得られた錯視量の変化 (Fig. 5, 8) とは、明らかな差異が認められる。

さらに、③ OUTER に関しては、Fig. 11 (OUTER) に、各付加円の外側の円周を通る仮想的同心円 (点線) を外円とした場合の錯視量が描かれている。ここでは、大山・吉田 (1962) が指摘しているように、「付加円群の外縁 (OUTER)」の効果がうかがわれ、各錯視量の変化が Fig. 8 の付加円数 4 個 ( $N=4$ ) の傾向に幾分近づいているが、錯視量の過大視が優勢であり、Ebbinghaus 錯視との一致した対応を示してはいないようである。

このように、Delboeuf 錯視との関連において考えられるいずれの両円間距離に関しても、その錯視量変化への影響には、Delboeuf 錯視と Ebbinghaus 錯視とで明らかな差異が生じており、図形配置上の類似性にもかかわらず、両錯視の成立機構が異なっていることを示唆している。くわえて、本報告の実験 I と II の結果は、筆者のこれまでの主張を裏付けており、Ebbinghaus 錯視においては、付加円と中央円の直径比が決定的な効果を及ぼしていると考えられ、両円間に働く『大きさの対比判断』によって、この錯視が成立していると思なされ得る。この判断の生理的背景については、後藤 (1981) によって、「階層的受容野処理機構」が提出されている。

ここで、いま一つの刺激条件である「付加円数」は、いずれの両円間距離においても、比例的に錯視量を変化させており、上記の対比判断の効率に関して、間接的にこの錯視の成立に関与していると思なされる。一方、今回初めて取り上げた「両円間距離」は、付加円による中央円の取り囲みが完成する付加円数 4 個において、直径比  $1/2$  (付加円 < 中央円) では逆比例的 (過大視の減少) に、直径比  $2/1$  (付加円 > 中央円) では比例的 (過小視の増加) に、それぞれ錯視量を変化させており、上記の付加円数とは異なる仕方では、より間接的に、対比判断に関わっていると考えられる。

さて、本報告では、実験 II において、Ebbinghaus 錯視に対する反復試行の影響について検討した。付加円数 4 個の場合について、32回の繰返しに伴う錯視量 (3種類の両円間距離の平均) の変化は、Fig. 10 に示されているように、いずれも不規則に変動しながら、右上がり (過大視量の増加、過小視量の減少) の傾向を示していた。そして、その変化の割合 (直線回帰式の勾配) が、直径比  $1/2$  (過大視) の場合よりも直径比  $2/1$  (過小視) の場合の方が大きくなっており、これは、反復試行に伴う錯視量 (両中央円の見えの大きさの差異: 過大視 - 過小視) の減少を示唆していた。Table 2 に示されているように、典型的な Ebbinghaus 錯視である付加円数 4 個の場合には、3種類の両円間距離を平均した「錯視量の減少率」が 26% となっており、この減少率は、初期の研究結果 (Judd, 1905; Lewis, 1908; Köhler and Fishback, 1950 a, b)

に較べてむしろ少ないものであった。しかし、この錯視量の減少の割合は、付加円数の減少とともに増加しており (付加円数 1 個 : 72%, 付加円数 2 個 : 35%), これには、付加円数 1・2 個で過大視量の増加率 (勾配) が小さかったことが原因となっているが、この点に関しては、今後検討が残されている。

ところで、Ebbinghaus 錯視の成立にとって重要な刺激条件である「直径比 1/1 (付加円 = 中央円)」の場合、錯視量は、各付加円数および両円間距離において、反復試行の初期には、総じて過小視を示していたが、後期になると、ほとんど過大視に転じていた。すなわち、初期には、実験 I の 6 名の被験者の平均値、それに、これまで筆者が行ってきた実験 (後藤, 1978, 1980 a, b) で得られてきた結果と同じ傾向であったが、繰り返しの後期になると、Delboeuf 錯視との関連をも推測させる「過大視」が優位になってくるのである。しかし、この錯視量変化の傾向は、前述の直径比 1/2 および 2/1 の場合と同じく、「錯視量の過大視化」によってもたらされたものであり、これは、各付加円数および両円間距離の勾配が、直径比 1/2 と 2/1 のほぼ中間になっていることからもうかがわれる。

上述の「錯視量の過大視化」が一連の反復試行の中でどのような経過を示すかについてさらに検討するために、両空間順位を平均した 32 回の反復試行について相関行列を作成し、主因子法によって抽出した 3 因子について因子負荷量を求め、各回の反復試行を分類してみた。そして、各因子の負荷量の多い順に 4 個の反復試行回数を選び出し (因子 I : 1, 3, 9, 2 回目; 因子 II : 21, 25, 23, 29 回目; 因子 III : 20, 30, 27, 24 回目), それらを平均して、付加円数 4 個 (N=4) の場合における 3 種類の両円間距離について、直径比の変化に伴う錯視量の変化をプロットしたのが Fig. 12 である。

この図から明らかなように、初期の反復試行回数のみからなる因子 I では、直径比 1/2 での過大視と直径比 1/1 および 2/1 での過小視が顕著である。一方、反復試行の後期の回数で占められている因子 II および III では、直径比 1/1 での過大視への転化と、直径比 2/1 での過小視の減少が目立っており、とくに、因子 II においては、直径比 2/1 での過小視がほとんどなくなっており、上記の「過大視化」のピークを示唆している。くわえて、直径比 1/2 の過大視も、各両円間距離にわたって、因子 I に較べて、因子 II と因子 III では明らかに増加しており、ここでも、反復試行に伴う錯視量の過大視の促進が認められる。

ところで、反復初期の因子 I での錯視量の傾向は、実験 I の 6 名の被験者の結果 (Fig. 3) に類似しており、観察が繰り返されなければ、この錯視量の傾向 (Fig. 9 FIRST TRIAL, Fig. 12 I) が、一般的とされた筈であった。このような初期の傾向 (過小視化) に対して、優勢な後期の「過大視化」傾向は、実験 II の被験者の特殊な見方によって生じたのであろうか。

上記の被験者は、実験者を兼ねてはいたが、毎回の観察において、出来る限り教示に忠実に、しかも 1 回 1 回独立して判断を行なうように努めた。観察結果についても、予測は立てられてお

らず、64回の実験が終了するまで、一切資料を見ることはなく、このような錯視量の変化の傾向は、実験途中には全く予想されていなかった。そこでは、統制図形(単円)の見えるの大きさ(PSE)が32回の繰り返して変化しなかったことから、「円の大きさ」そのものの判断には、目立った変化がなかったといえよう。周囲を様々な大きさの円で取り囲まれている中央円の大きさの判断が、本報告での実験条件のもとで、反復試行に伴って過大視の方向に変化し、付加円と中央円間の「大きさの対比判断」は、その「過大視化(base-line)」の上に、影響力を減少させながら持続していたと見なされ得る。

しかし、練習によって錯視量が変わらない結果も、Müller-Lyer 錯視において報告されており(Letourneau, 1976)、反復試行の効果は、必ずしも錯視量を減少させるとは限らないようである。

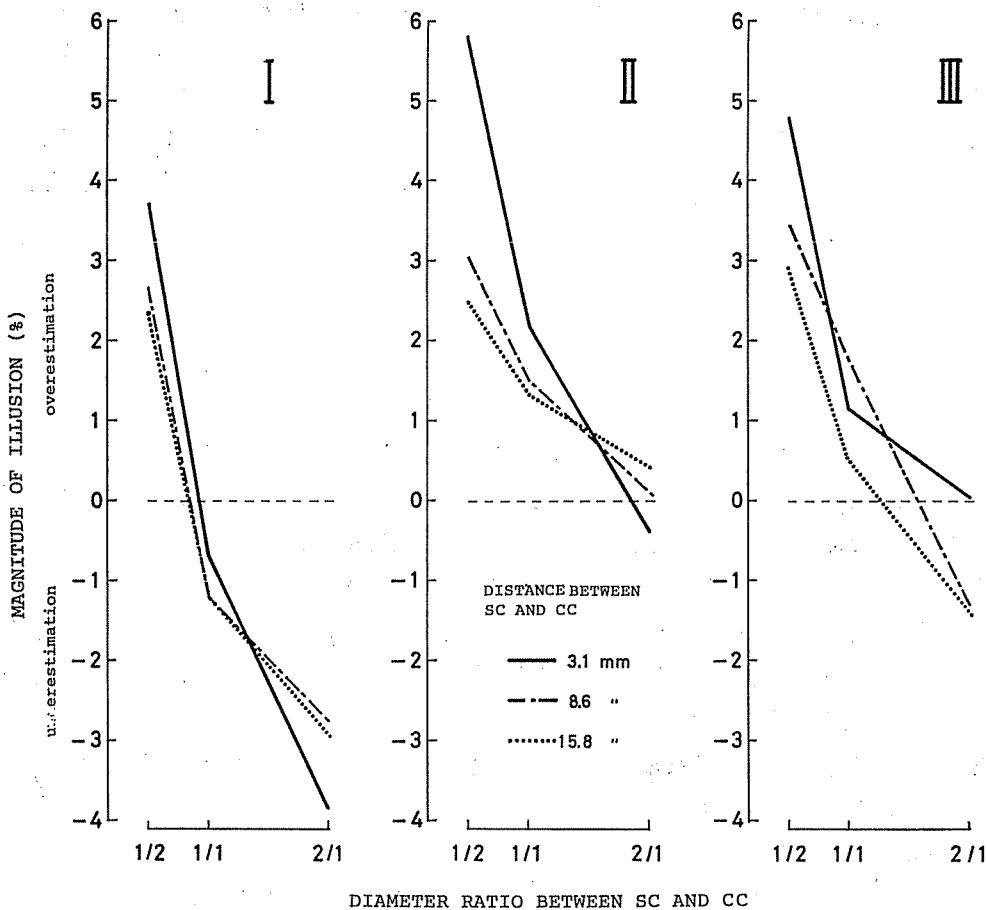


Fig. 12. Magnitude of illusion ( $N=4$ ) as a function of diameter ratio between the SC and the CC under three kinds of distance between the SC and the CC using three trial-groups (blocks) classified by factor analysis.

また、性差 (Dewar, 1967d) や年齢 (Barclay and Comalli, 1970) も、反復試行による錯視量の変化に影響を及ぼしていることが知られている。くわえて、反復試行にもとづく「錯視量の変化」は、「測定された錯視量」に生じていたのであり、「錯視の見え」そのものではないことに留意しなくてはならない。すでに非常に多くの錯視観察を繰り返してきている実験Ⅱの被験者にも、Fig. 1 A の両中央円は、常に、大きさが明らかに異なって見えるのである。それゆえ、このような反復試行による錯視量の変化が、本報告でのように、「すべて過大視化に向かうのが一般的であるのか」、そうであれば、「その原因は何か」、それとも、「本報告で取り上げた Ebbinghaus 錯視、64回の反復試行に代表される実験条件、あるいは、実験Ⅱの1名の被験者のみに特徴的な傾向であったのか」等々については、上記の「錯視の基本的な見えとの関係」とともに、今後、より多くの被験者について、多様な錯視図形や反復試行回数にもとづく、組織的な検討が必要となろう。

## 付 記

- 1) 本報告の一部は、東海心理学会第34回大会 (1985年6月) において、筆者により口頭発表された。
- 2) 本報告での実験資料の解析には、名古屋大学計算機センターを利用した。

## 文 献

- 1) Barclay, R. J. and Comalli, P. E. Jr. Age differences in perceptual learning on the Müller-Lyer illusion. *Psychonomic Sci.*, 1970, **19**, 323-325.
- 2) Dewar, R. E. Stimulus determinants of the practice decrement of the Müller-Lyer illusion. *Canad. J. Psychol.*, 1967a, **21**, 504-520.
- 3) Dewar, R. E. The effect of angle between the oblique lines on the decrement of the Müller-Lyer illusion with extended practice. *Percept. Psychophysics*, 1967b, **2**, 426-428.
- 4) Dewar, R. E. Effect of length of oblique lines and prominence of the horizontal line on the decrement of the Müller-Lyer illusion with extended practice. *Psychonomic Sci.*, 1967c, **8**, 509-510.
- 5) Dewar, R. E. Sex differences in the magnitude and practice decrement of the Müller-Lyer illusion. *Psychonomic Sci.*, 1967d, **9**, 343-346.
- 6) Dewar, R. E. Distribution on practice and the Müller-Lyer illusion. *Percept. Psychophysics*, 1968, **3**, 246-248.
- 7) Girgus, J. S., Coren, S., and Agdern, M. The interrelationship between the Ebbinghaus and Delboeuf illusions. *J. exp. Psychol.*, 1972, **95**, 453-455.
- 8) 後藤倬男 大きさの円対比錯視に関する実験的研究 (I) —主要円と付加円の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.
- 9) 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.

- 10) 後藤倬男 大きさの円対比錯視に関する実験的研究(Ⅲ) 一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.
- 11) 後藤倬男 視覚的対比現象にする実験的研究 光洋社, 1981.
- 12) 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.
- 13) 後藤倬男・八重島建二・鈴木正弥・長田雅喜・伊藤義美 大きさの円対比錯視(Ebbinghaus 錯視)の刺激条件についての一検討 一主要円と付加円の直径比の効果について— 名大教養部紀要, 1984, 28, 85-100.
- 14) Judd, C. H. Müller-Lyer illusion. Psychol. Rev. Mon. Suppl., 1905, 7, 55-81.
- 15) Köhler, W. and Fishback, J. The destruction of the Müller-Lyer illusion in repeated trials. I An examination of the two theories. J. exp. Psychol., 1950a, 40, 267-281.
- 16) Köhler, W. and Fishback, J. The destruction of the Müller-Lyer illusion in repeated trials. II Satiation patterns and memory trace. J. exp. Psychol., 1950b, 40, 398-410.
- 17) Letourneau, J. E. Effects of training in design on magnitude of the Müller-Lyer illusion. Percept. Motor Skills, 1976, 42, 119-124.
- 18) Lewis, E. O. The effect of practice on the perception of the Müller-Lyer illusion. Brit. J. Psychol., 1908, 2, 294-306.
- 19) Massaro, D. W. and Anderson, N. H. Judgmental model of the Ebbinghaus illusion. J. exp. Psychol., 1971, 89, 147-151.
- 20) Morinaga, S. and Noguchi, K. An attempt to unify the size-assimilation and size-contrast illusion. Psychol. Forsch., 1962, 29, 161-168.
- 21) 小笠原慈瑛 同心円の偏位効果について 心研, 1952, 22, 224-234.
- 22) 大山 正・吉田喜久子 付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, Pp. 38.
- 23) Weintraub, D. J. Ebbinghaus illusion: Context, contour, and age influence the judged size of a circular amidst circles. J. exp. Psychol. Human Percept. Perform., 1979, 5, 353-364.
- 24) 八重島建二・鈴木正弥・長田雅喜・齋藤洋典・伊藤義美・後藤倬男 大きさの円対比錯視(Ebbinghaus 錯視)の刺激条件についての一考察 一並置呈示の場合と単独呈示の場合の錯視量の比較— 名大教養部紀要, 1986, 30, 101-109.
- 25) Zigler, E. Size estimates of circles as a function of size of adjacent circles. Percept. Motor Skills, 1960, 11, 47-53.

要 約

**Experimental Study On The Size Illusion Of Contrastive Circles (4):  
Effects Of The Combination Of Stimulus-Conditions And Of The  
Repeated Observations On The Magnitude Of Ebbinghaus Illusion.**

TAKUO GOTO

Department of Psychology, Faculty of Letters,  
Nagoya University

SUMMARY

The purpose of this study is to verify the effects of the combination of stimulus-conditions in Ebbinghaus illusion (Fig. 1A). Magnitude of illusion (MI) of the center circle (CC) was measured in the interrelation with the following three stimulus-conditions; (1) the distance (D) between surrounding circles (SCs) and the CC ( $D=3.1, 8.6, 15.8$  mm), (2) the diameter ratio (R) ( $R=1/2, 1/1, \text{ and } 2/1$ ) of the SCs to the CC, and (3) the number (N) ( $N=1, 2, \text{ and } 4$ ) of the SCs (Exp. 1).

Then, the variations of the MI were investigated by repeating the measurement 64 times on one subject under the same experimental conditions as in the Exp. 1 for (Exp. 2).

Two personal computers (NEC:PC-9801) were used for presenting the many kinds of standard stimulus (SS) and comparison stimulus (CS), and also controlling efficiently the responses of the subject (Fig. 2). Six undergraduate students with normal visual acuity served as the subject.

These subjects were instructed to compare the apparent size between the SS presented randomly at the center of one display and the CS presented at the another display as a single circle. The spatial distribution of the SS to the CS was changed in the order of left(L)-right (R)-R-L in Exp. 1 and 2. The size of the CS was varied through the method of limits.

The results are as follows: (1) The CC of the Ebbinghaus illusion was clearly overestimated under the  $R=1/2$  ( $SC < CC$ ) but it was clearly underestimated under the  $R=1/1$  ( $SC=CC$ ) and  $R=2/1$  ( $SC > CC$ ). This tendency was consistent when using nine combinations of other two stimulus-conditions (Fig. 3).

The above trends were enhanced as the number of the SC increased. However, surrounding the CC by the SCs was not necessary in the Ebbinghaus illusion, because the contrastive change of the apparent size of the CC was verified in the case of the  $N=1$  and the  $N=2$ , in which the SC didn't surround the CC (Fig. 4).

As estimated under the comparatively limited range of figure locomotion inside the display, the consistent variation of the MI was not gained as a function of the distance between the SCs and the CC (Fig. 5). However, with four SCs ( $N=4$ ), the magnitude of overestimation of the CC generally decreased as the distance between the SCs and the CC enlarged with the diameter ratio of  $1/2$  ( $SC < CC$ ). On the other hand, the magnitude of underestimation of the CC generally increased with the  $R=1/1$  ( $SC=CC$ ) and the  $R=2/1$  ( $SC > CC$ ).

The MI variations caused by the difference of the above distance between the SCs and CC were compared with those of the Delboeuf illusion (Fig. 1B) studied by Ogasawara (1952) in regard to the following three kinds of distance between the SC and the CC. Fig. 11 represents three distances ① between the circumference of the CC and the inner circumference of the SCs (INNER), ② between the circumference of the CC and the center of the SCs (CENTER), and ③ between the circumference of the CC and the outer circumference of the SCs (OUTER).

Since the resultant patterns of the MI variations were different from any of those estimated by Ogasawara's results, it may be concluded that the Ebbinghaus illusion was due to the "contrastive judgement" conducted between the SCs and the CC.

(2) In the repeated observations in Exp. 2, the tendency of the MI gained from one subject was similar to that of the average MIs obtained from six subjects in Exp. 1 (Figs. 3, 5, 7, and 8). However, the MIs under the all three kinds of stimulus-condition tend to shift to the "overestimation" in the process of the repeated observations. As shown in Fig. 10, the magnitude of overestimation under the  $R=1/2$  increased as a function of the trial of repetition. Contrarily, the magnitude of underestimation under the  $R=1/1$  and the  $R=2/1$  decreased as a function of the number of trial-repetition.

Consequently, the MI turned to overestimation in the  $R=1/1$  at the latter part of repetition (Figs. 7 and 12). And the underestimation greatly decreased even with the  $R=2/1$  (Fig. 10). The  $R=2/1$  resulted in the greatest gradient of the MI variation (Table 1).

Hence, the total MI of the Ebbinghaus illusion, which was defined as the difference between the MI with the  $R=1/2$  and that with the  $R=2/1$ , decreased as a function of the number of the repetition. The decrease of the total MI took the same trend as the results of the studies conducted on the effect of repeated observation of the optical illusion (Judd, 1905; Lewis, 1908; Köhler and Fishback, 1950a, b; Dewar, 1967a, b, c, d, 1968; Barclay and Comalli, 1970; Letourneau, 1976). However, the rate of the above-mentioned decrease was the smallest with the  $N=4$  in which the stimulus configuration represents the typical appearance of Ebbinghaus illusion (Table 2).

In conclusion, the judgement of "overestimation" gained in the repeated observations is different from the judgment of "contrast in size", provided that the observations were conducted with three stimulus-conditions as independently as possible in each stimulus presentation.