

## 分割錯視に関する実験的研究 (II)

—図形の大きさ及び配置を変化させた場合—

後 藤 倬 男

### 1. 問 題

分割されている空間がそうでない空間よりも広がって見えるという現象は、いわゆる分割錯視として、他の多くの幾何学的錯視と共に解明への試みが始められてからすでに久しい。この間 Lewis, E. O.<sup>①</sup> や Spiegel, H. G.<sup>②</sup> らの詳細な条件分析的研究が報告されており、わが国においても、小保内、和田ら<sup>③④⑤</sup>がこの錯視を積極的に手掛けて来ている。そこでは、先の小論<sup>⑥</sup>でも紹介したごとく、つぎの2点の一般的傾向が確認されている。それらは、1) 分割数の増加に伴って錯視量が特定の分割数で極大値をもつ山型の変化を示すこと、2) 錯視図形の両端間は相互に接近する方向への力を受けており、これが両端間の距離の過大視という現象と一見矛盾すること等であった。しかるに、上記の2点は、分割錯視を構成している線分ないしは点が均等に配置されている場合(均等分割条件下)に多く認められているのであり、とくに、1)については、錯視量極大の場合の分割数が研究によって異なっており<sup>⑦⑧⑨⑩</sup>、また、2)については、これと類似する現象が他の錯視においても見出されていて、距離の知覚と変位の知覚の間の一見矛盾する現象として取り上げられて来ているのである<sup>⑪</sup>。

筆者は、先の実験報告で、分割錯視における内側線分(分割線分)の両端線分に及ぼす影響について考察した<sup>⑫</sup>。そこでは、光図形として与えられる刺激図形の明るさを変化させることとし、分割錯視図形全体(実験1)と内側の分割線分(実験2)の明るさを変化させて、それらが錯視量にどのような影響を及ぼすかを検討してみた。その結果、線分数の変化については、錯視量が9本線分附近で極大値をもつ山型の変化を示し、線分全体の明るさの増加に伴って錯視量も増大したが、分割されていない面図形においても、その見えの横幅が広がっていった。これから、刺激図形全体の明るさの変化という条件は、分割錯視の成立にそれ程大きな影響を及ぼしてはいないと結論された。また、分割線分の明るさの減少に従って錯視量も低下したが、分割線分を非常に暗くしても(0.00001 mL 以下)、面図形よりも両端2線分間の距離が広がって見られており、2刺激間の空間への他の刺激の介在という効果の大きさを知らされたのであった。

ところで、以上の実験は、いずれも均等分割条件下で行なわれており、線分の長さ40mm、両端2線分間の距離81mm<sup>\*</sup>の大きさの光図形における結果として認められる。しかし、分割線分数

\* 両端2線分の外側の端と端の間の距離が81mmということで、それらの中心の間の距離は80mmになり、本報告ではこちらの数値を用いる。

の変化による錯視量の変化の傾向は、両端2線分間の距離の長さで異なって来るといわれており、各研究者で錯視量が極大値を取る際の分割数が異なっていることも、それが起因しているように思われる。これには、観察距離の違いも当然考慮されなければならないが、そこでは、両端間の距離も含めた分割錯視図形全体の大きさといったものが問題になると考えられる。そこで、両端2線分間の距離はこれまでの実験と同じにして、線分の長さを変化させ、それが錯視量にどういった影響を及ぼすかをまず描画図形について検討してみる(実験1)。つぎに、刺激図形の呈示条件を変化させて、図形を一次光源の点による分割錯視とし、両端の2点間の距離をこれまでの半分(40mm)にして、その影響が分割点数の変化に伴う錯視量の変化の傾向にどのように現われるかを見てみる(実験2)。ところで、以上の実験は、刺激条件がいずれも均等分割で行なわれるのであるが、それ以外の配置の場合の錯視量の低下に関して、4点から成る分割錯視図形の2個の分割点の位置を種々変化させて調べてみる(実験3)。最後に、前の実験3とも関連するいわゆる分割錯視の全体的な図形配置といった条件について考察してみる。ここでは、分割点1個の均等分割錯視から正三角形までの種々の2等辺三角形を3光点によって構成して、分割錯視の両端の2点から正三角形の底辺の2点に至るその2点の見えの間隔距離の変化について検討してみる(実験4)。以上の内、実験2以降はタキストスコープを使用して呈示条件を統制し、実験方法もこれまでの調整法から極限法に変えて測定してみる。

## 2. 実験報告

### 〈実験1〉

**目的** 分割錯視図形を描画図形として呈示し、線分数(N)、線分の長さ(L)、それに、照明の明るさ(H)等を変化させ、それらが錯視量にどのような影響を及ぼすかを調べてみる。

**装置** 従来の実験報告と同じ。

**刺激図形** 等長平行線分から成る分割錯視図形を白ケント紙(反射率85%)に黒インキで描いたものを用いる。刺激図形の前面には2枚の透明ガラスが重ねられ、各々に1mm方角の黒点が水平方向に相互に重なり合うガラス面上に描かれている。これらが測定用の2点で、上側のガラスを左右に動かすことにより、それに描かれている点と図形側のガラス上の点との間隔距離が変化する。これらの位置関係については、筆者の先の報告の図1を参照していただきたい。

**刺激条件** 分割錯視図形としては、両端線分間の距離(D)は80mm一定で、線分数(N)が $N=3, 5, 9, 17, 33, \infty$ (面図形)の6種類を用いる。一方、線分の大きさについては、幅1mmで長さ(L)が $L=1\text{mm}$ (点)、40mm( $D:L=2:1$ )、160mm( $D:L=1:2$ )の3種類に変化させる。さらに、図形への照明の明るさ(H)も、 $H=16.7\text{lux}$ 、 $166.7\text{lux}$ \*の2種類を試みてる。

\* いま、図形の反射率は6%であるから、その明るさは約0.1mL、1.0mLとなる。

手続 本実験は、暗室で実験者調整法によって行なわれる。被験者には、約3秒間図形が照明されて示されるが、この間に両眼視・自由視で観察を行なわせ、分割錯視図形の両端間の距離(D)と右下の調節用2点間の距離(D')とを比較させる。各刺激条件の変化に応じて、上昇・下降各々6回の試行が行なわれる。

被験者 心理学専攻生3名。

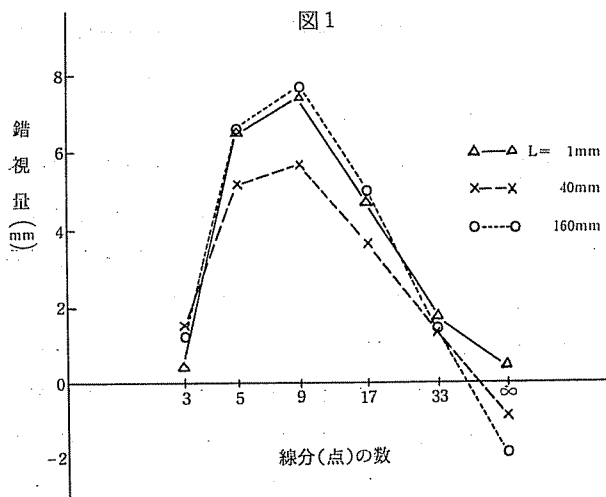
結果と考察 図1には、長さの異なる線分を持つ分割錯視の錯視量(3名の被験者の平均値)が、対数目盛で示した図形の線分数に対してプロットされている。錯視量は、2本線分図形の見えの間隔距離(d')をベースにして、各線分図形の両端2線分のそれ(d)との差(d-d')を以て示されている。また、図2には、各線分数の錯視量が線分の長さに対して示されており、一方、図3には、照明条件の異なる場合の錯視量が、これも対数目盛で示した図形の線分数に対して表わされている。

図1に明らかなように、錯視量(分割空間の過大視量)は、線分の長さの異なるいずれの図形においても、線分数の増加と共に山型の変化を示し、しかも、その極大値は、9本線分図形のあたりに来ている。これは、先の実験結果とも一致しており、両端刺激の間の距離が一定の場合には、錯視量最大の線分数が一致するといえそうである。また、この傾向は、刺激図形とその周囲との明度比が逆転している光図形と描画図形についても全く同じように生起している。

ところで、各線分の長さの影響については、これがその周囲に対してもつ場効果といったものを考慮するとき、線分の長い方がより強い牽引力を受けて、結局は全体としての錯視量を低下させるのではないかと考えられる。これは、横瀬のベクトル式から算出される各線分の端の位置の場の力の大きさ(V)からも予測出来、例えば、3本線分図形においては、 $L=160\text{mm}$ の場合に $V=0.028$ 、 $L=40\text{mm}$ の場合に $V=-0.005$ となり、前者は相互に接近する方向(過小視を生じさせる方向)への変位を予測値の上で示しているのに対して、後者では、逆に反発する方向(過大視を生じさせる方向)への変位となっているのである。一方、小保内も線分の長さを50mmと70mmにした場合の比較を行なっており、70mmの方が全体に錯視量が少なくなるという結果を得ている。しかし、グラフで見る限り両者の差はそれ程大きなものではなく、錯視量の極大点(10本線分図形)では両者の錯視量が一致していることなどから、この点の検討が必要になって来たのである。ここでは、図1, 2に明らかなごとく、線分の長さについては、 $L=1\text{mm}$ ( $L:D=1:80$ )と $L=160\text{mm}$ ( $L:D=2:1$ )といった極端な違いを以てしても、3~33本線分では、錯視量にほとんど違いがない。面図形では、 $L=1\text{mm}$ が過大視、 $L=160\text{mm}$ が過小視という違いはあるが、前者が幅1mm長さ81mmの横線、後者が縦160mm横81mmの大きな縦長の黒い長方形となることから、見えの横の長さの違いといったものは十分に予想出来る。また $L=40\text{mm}$ の分割錯視図形( $L:D=1:2$ )は、横長の長方形となるわけであるが、この図形は、5~17本線分では他の2図形に比べて有意に錯視量が低下している。図2にも示されている

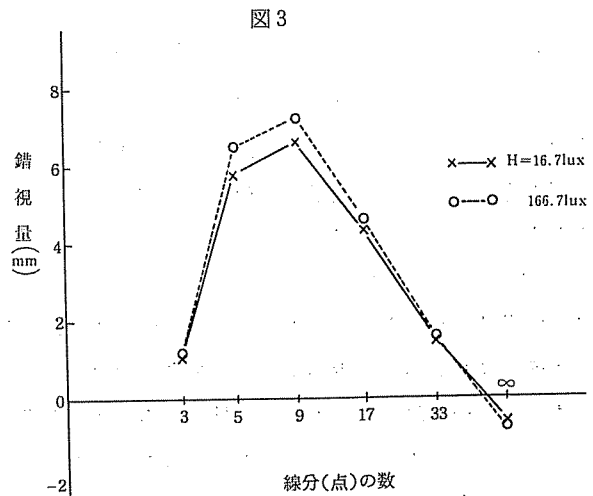
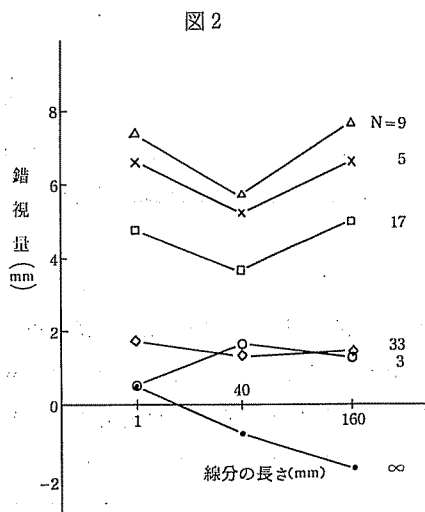
ように、線分の長さの増加に従って錯視量が漸次的に変化することはなさそうであるが、この点については、各線分上の位置による変位の違いを考慮して、「場の力」の観点から、さらに検討を加えてみる必要があると思われる。

つぎに、刺激図形に対する照明の明るさの変化については、先回光図形において明るさを変えた場合には、各種の明るさの暗黒の素地からの絶対的な差といったものを問題にしたのであった。<sup>⑧</sup>今回は、85%の反射率の白ケント紙に6%の反射率を持つ刺激図形を黒インキで描いたものを用いたのであるから、図形と素地との相対的な明度比は、それらへの照明条件が異なっても変わらないわけであるが、視野全体の明るさの違いといったものについても一応検討してみる必要があると考えたのである。図3には、3名の被験者の3種類の線分の長さの錯視量をすべて平均した



値が2種類の照明条件について示されているが、それによると、照明の明るい方の錯視量がわずかに大きくなっているが、各線分数での錯視量にも、その変化の傾向にも、両者にほとんど差異が認められない。

以上、線分数の変化に伴う錯視量の変化、とくに極大値を持つ線分数の移動については、刺激図形の両端2線分間の距離が一定で、しかも均等分割配置の場合、(1) 線分の長さ、(2) 照明の明るさ、(3) 線分



の明るさ<sup>\*</sup>、(4) 図形と素地との明度比の逆転等<sup>\*</sup>の条件の変化には、ほとんど影響されないといえそうである。そこで、つぎでは、刺激配置条件及び実験方法を変化させて、錯視量の変化に影響を及ぼすと考えられる刺激条件(両端間の距離の変化)について考察してみる。

### 〈実験2〉

**目的** 光点による分割錯視図形をタキストスコープで呈示し、点の数(N)の変化に伴う錯視量の変化を調べてみる。今回は、両端2光点間の距離、実験方法等が前回と異なっており、それらの影響を検討してみる。

**装置** 以後の3実験においては、TKKタキストスコープ(竹井製)を使用する。

**刺激図形** 板目表紙(白ボール紙)の所定の位置に直径1mmの穴をあけて刺激図形を作る。それらは、後方の刺激箱からの照明(140 mL)によって光点図形として被験者に見られる。標準刺激と変化刺激は、別々の刺激呈示面から示され、それらがハーフミラーで合成されて、被験者には、光点による分割錯視図形の標準刺激が左、2点より成る変化刺激が右に水平方向に呈示される。両刺激の中心間の距離は90mmである。変化刺激の2点の間隔距離(D')の変化は、各々のD'を持つ刺激図版を一定の順序に従って呈示していくことによって行なう。これは、以後の実験においても同様である。

**刺激条件** 標準刺激の分割錯視図形としては、両端2点間の距離(D)は40mm一定で、点の数(N)がN=3, 4, 5, 9, 11, 17, 21, 33, ∞(幅1mm, 長さ40mmの水平線分)の9種類を用いる。一方、変化刺激の方は、2点間の距離(D')が33mmから50mmまで1mmステップで変化している18枚の刺激図版を使用する。

**手続** 被験者は、タキストスコープの覗き口から刺激図形を観察するが、その方法は、前回と同様である。被験者には、水平方向左側におかれた標準刺激の両端2光点間の距離と右側の変化刺激の2光点間の距離とを比較させる。本実験は、完全上下法によって行なわれ、刺激条件の変化に応じて、上昇・下降各々4回の試行がなされる。

**被験者** 心理学専攻生2名<sup>\*\*</sup>。

**結果と考察** 図4には、分割錯視図形の錯視量(2名の被験者の平均値)が対数目盛で示した図形の点の数に対してプロットされている。錯視量は、標準刺激の両端2点間の見えの距離(d)とベースの2点間のそれ(d')との差(d-d')で示されている。また、D=80mmの場合の光図形(破線)と描画図形(点線)の結果がつけ加えられている。

図4によれば、錯視量は、ここでも点の数の増加に伴って山型のカーブを示している。しかし、両端の間隔距離が2倍の80mmの図形(破線及び点線)と比較してみると、まず、錯視量

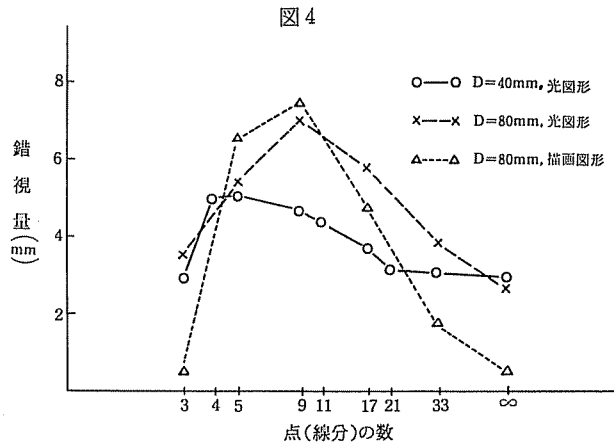
\* 前回と今回の実験結果の比較による。

\*\* 前回の実験の被験者とは別人で、これ以後の実験には共通。

の極大値を取る点の数が異なっており、それが9点附近から5点附近へと、点の数のより少ない方へ移行していることが注目される。この極大値を取る分割数を変化させる条件については、すでに Spiegel が条件分析の一部として手掛けており、分割錯視図形の両端2線分間の距離(A)が大きくなるにつれて分割線数( $n_{opt}$ )が増加していくという結果を得ている<sup>⑧</sup>。彼は、この関係を  $n_{opt} = 0.3A + 2$  という関係式で表わしており、これに従えば、Aが40, 30, 20, 10 cmと変化するにつれて  $n_{opt}$  が14, 11, 8, 5と変化するのである。しかし、彼の結果の中には、A=40 cmで  $n_{opt}$  が17となっている場合もあり、上記の関係は、必ずしも一義的とはなっていないようである。さらに、図形の大きさとしてこれを問題にする場合には、観察距離との関係で視角によって比較を行なうのが適当と考えるが、彼の実験は、270 cmの観察距離で行なわれているので、A=40, 30, 20, 10 cmに対応する錯視量最大の均等分割配置での各線分間の距離は、視角にして、それぞれ  $5^{\circ} 40'$ ,  $5^{\circ} 18'$ ,  $4^{\circ} 43'$ ,  $3^{\circ} 32'$  となり、それらは漸減して、一定にはなっていないのである。一方、筆者の場合には、A=8 cmでは  $n_{opt} = 7$  であり、A=4 cmでは、それが3<sup>\*</sup>となっていて、図4の両グラフからも明らかのように、Aの減少に伴って  $n_{opt}$  も減少にむかうという Spiegel の結果を支持している。ただ、筆者の場合、A=8 cm, 4 cmに対応する  $n_{opt}$  の値が、それぞれ7と3になっており、彼の結果よりも幾分多くなっているが、均等分割配置での各点の間の距離の方は、視覚で  $5^{\circ} 44'$ ,  $6^{\circ} 54'$  となっていて、これらは、彼の結果よりもむしろ大きくなっているのである。Spiegel と筆者の実験条件には大きな違いがあり、それが結果にこのような差異をもたらしていることは十分に考えられるが、ここでは、均等分割配置にある線分あるいは点の間の距離が

ある一定の範囲内で、その分割錯視が最も顕著に見られるというように、線分数と錯視量との関係を言い換えることも出来るように思われる。

以上、均等分割配置における線分(点)の間の距離ということを問題にして来たが、以下の実験では、分割錯視の大きな規定要因の一つと考えられるその均等分割配置の性質について少し検討してみる。

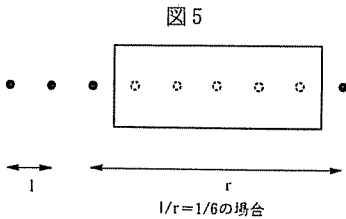


\* 本実験の線分数(N)には、分割線分数(n)の他に両端2線分が含まれているので、Spiegelの結果と分割線分数で比較する場合には、両端線分のみだけ線分数を引いた値( $n = N - 2$ )で行なうことになる。

〈実験3〉

目的 4光点から成る分割錯視図形において、その内の分割2光点の位置を変化させた場合、均等分割配置ではなくなるその図形の錯視量がどのように変化するかを調べてみる。

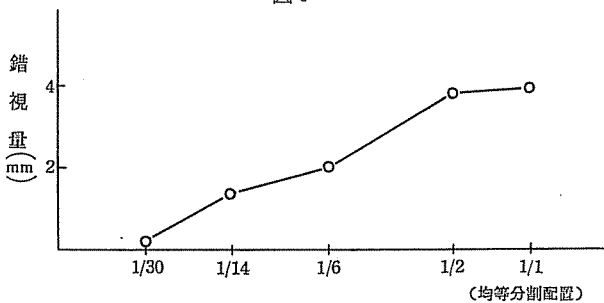
刺激条件 光点の数(N)は4個に一定とし、内側の2光点の位置を変化させる。これは、前回の実験2の各図版の内、N=4, 5, 9, 17, 33の5枚を用いて、N=5~33の4枚についてはそれらの点の左端から3点と右端の1点以外の点を黒ケント紙で覆うことによって作る(図5を参照)。いま、これらの4光点図形の左側の2点間の距離(1)と右側の2点間の距離(r)の比(1/r)は、それぞれ1/1(均等分割配置)、1/2, 1/6, 1/14, 1/30となり、次第に均等分割配置からは遠ざかっていくのである。



結果と考察 図6には、分割錯視図形の錯視量(2名の被験者の平均値)が対数目盛で示した分割点の両端からの距離の比(1/r)に対してプロットされている。

図6によれば、各点の配置が均等分割に近づくに従って錯視量も増大している。図においては1/r=1/1と1/2との差がほとんどなくなっているが、1/r=1/6になると、この不均等分割の影響が明らかに認められ、1/r=1/14といった図形では、見えの上からも左側の3点のgroupingが顕著になり、この3点と1点という知覚が、錯視量を大きく低下させていると考えることが出来る。ところで、この不均等分割配置に関しても、これまでに多くの報告がなされているが、いずれも均等分割から離れるに従って錯視量が減少している。そこでは、不均等分割配置の仕方にも種々の試みがなされているが、線分数を一定にして行なったものとしては、小保内が4本線分図形で外側線分と内側線分との距離を変えており、Spiegelは、線分の色を変化させてこれを行なっている。筆者は、錯視量が比較的大きく分割点数の比較的小さい図形としてこの4点図形を取り上

図6



左側の2点間距離(1)と右側の2点間距離(r)との比(1/r)

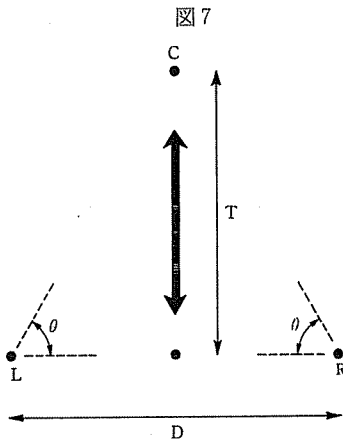
げ、均等分割配置からの漸次的なズレの影響を見てみたのであるが、錯視量の変化の割合は、ほぼ一定していることが知られる。このように、分割錯視における刺激配置は、各刺激(線分とか点)間の距離との関係で、この錯視の見えにかなりの影響を及ぼしていると思われる。そこでつぎでは、分割錯視図形と他の図形

との関連について、上記の観点から初歩的な検討を加えてみよう。

## 〈実験4〉

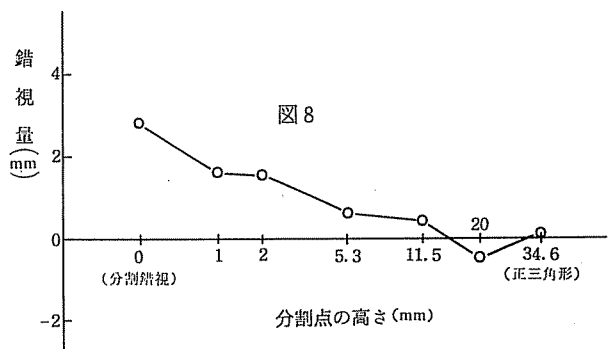
目的 3光点より成る均等分割錯視図形において、その分割点を垂直上方向に移動させていき、3光点による正三角形までの二等辺三角形配置について、一定位置にある両端2点間の見えの距離がどのように変化するかを調べてみる。

刺激条件 図7に示されているごとく、光点の数(N)は3個に一定とし、40 mmの距離(D)を以て水平に配置されている2光点(右:R, 左:L)の垂直二等分線上の他の1点(分割点:C)の高さ(T)が、 $T=0$  (3点による分割錯視), 1, 2, 5.3, 11.5, 20, 34.6 mm (正三角形)の7種類の図形を用いる。各図形の斜辺と底辺とのなす角度( $\theta$ :  $\angle CRL = \angle CLR$ )は、それぞれ  $0^\circ$ ,  $2^\circ 52'$ ,  $5^\circ 43'$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  となる。それゆえ、分割錯視配置においては両端2点間の見えの距離を、三角形配置においては底辺の2点間の見えの距離を、それぞれ標準刺激として測定することになるのである。



結果と考察 図8には、両端2光点(R, L)の見えの間隔距離(d)とベースの2光点のそれ(d')との差( $d-d'$ : 錯視量)が、対数目盛で示した分割点(C)の高さ(T)に対して表わされている。

図8によれば、分割点が他の2点の水平線上から1 mm (視角約  $41'$ ) 離れると、すでに錯視量はかなり減少しているが、この配置では、まだ分割点か他の2点の水平線上より少しつき出しているといった感じで三角形には見えない。しかし、 $T=5.3$  mm ( $\theta=15^\circ$ ) になると、三角形の印象が生じて来る。この配置で錯視量が一段と低下していることが、そういった見えと対応しているように思われる。さらに、 $T=20$  mm では、両端2点間の距離が過小視へと転じているが、これは、2名の被験者に共通して認められ、いわゆる垂直水平錯視様の配置が何らかの効果をおぼしたのではないかと考えられる。これが  $T=34.6$  mm の正三角形配置になると、被験者の1名は過大視、他の1名は過小視になって、平均値では物理的な距離に近づいている。このように、分割点の垂直方向での移動においても、各点から作り上げられる全体的な配置に応じて錯視量の変化が認められるので





ある。ここでは、また、別の観点から、分割距離の過大視ということが、必ずしも一直線上で分割が行なわれていなくても生ずるということにも述べる事が出来る。

以上、今回の実験報告では、1 mm の大きさの小点から成る分割錯視も、線分の長さが160 mm のそれと同じような効果をもつことが知られ、ここに、非常に小さな場の力しか持たぬ小点であっても、それらの配置の仕方によっては、相互に大きな力の交互作用を及ぼし合うということが確かめられたように思われる。しかし、これを場の力の大きさ(変位)の問題として捉えていくには、今後まだ数多くの組織的な条件分析が必要と考えられるのである。

### 3. 要 約

本報告では、まず描画図形によって分割錯視図形を呈示し、線分数、線分の長さ、照明の明るさ等を変化させて、それらが錯視量に及ぼす影響を調べた。また、タキストスコープによって光点図形として分割錯視図形を呈示し、点の数の変化及びそれらの配置の効果について、実験方法をこれまでの調整法から極限法に変えて測定してみた。さらに、分割錯視配置から三角形配置への移行を3光点を用いて行ない、それが2点間の距離の知覚にどのような影響を与えるかを検討した。結果は以下のごとくである。(1) 線分の長さ、照明の明るさ等を変化させても、線分数の変化に伴う錯視量の変化の傾向に大きな違いは見られず、9本線分附近で錯視量の極大値を持つ山型の変化を示した。(2) 両端2点間の距離がこれまでの半分にされたことにより、最大の錯視量を持つ点の数が減少した。しかし、描画図形と光図形との違いや実験方法の違いによる影響はほとんど認められなかった。(3) 4光点図形を不均等分割に配置していくにつれて、両端2点間の距離の過大視量が一定の割合で減少した。(4) 3光点から成る分割錯視図形の分割点を垂直上方向に移動するにつれて、図形は三角形として見られるようになり、それに従って両端2点間の距離の過大視量が減少し、正三角形配置では、過大視はほとんど消失した。

### 文 献

- ① Lewis, E. O. The Illusion of filled and unfilled space., *Brit. J. Psychol.*, 5, 1912, 36-50.
- ② Spiegel, H. G. Über Einfluss des Zwischenfeldes auf gesehene Abstände., *Psychol. Forsch.*, 21, 1936, 327-382.
- ③ 小保内虎夫・日野秀人, 生理心理学的研究 第一報告 分割面知覚の研究, 心研, 5, 1930, 213-240.
- ④ 小保内虎夫, 感応理論の研究 (I) 一分割錯視の研究一, 心研, 8, 1933, 1-20.
- ⑤ 小保内虎夫, 視知覚, 中山書店, 1955.
- ⑥ 和田陽平, 幾何学的錯視における拡散効果, 東京都立大人文学報, 23, 1960, 33-53.
- ⑦ 後藤倬男, 分割錯視に関する実験的研究 一線分の明るさを変化させた場合(1)一, 名大文学部研究論集, XLVIII, 1968, 93-100.
- ⑧ 後藤倬男, 等長平行線分の知覚についての実験的研究 一特に分割錯視との関係において一, 心研, 35, 1964, 227-234.

- ⑨ 盛永四郎・池田洋美, 錯視における偏位の矛盾とデイメンジョンの問題, 心研, 36, 1965, 231-238.
- ⑩ 後藤倬男, 間隔距離の知覚に関する測定条件の実験的研究 (I), 心研, 38, 1967, 14-24.
- ⑪ 後藤倬男, 間隔距離の知覚に関する測定条件の実験的研究 (II), 名大文学部 20 周年記念論集, 1968, 121-133.
- ⑫ 横瀬善正, 視覚の心理学 現代心理学体系14, 共立出版, 1956.