

等長平行線分図形の場の力 についての実験的研究*

—図形の配置条件の影響について—

後 藤 倬 男

1. 問 題

等長平行線分図形の見えに関しては、1) 両端線分間がその間に介在線分がある場合により広がって見える分割錯視現象^{①②③}、2) 線分間の相互作用で生ずると思われる各線分の変位現象^{④⑤}、3) これらの諸現象の測定にも用いられる間隔距離の知覚^{⑥⑦}、さらに、4) そういった線分図形が周囲に及ぼす場効果^{⑧⑨}、とくに、周囲の小点に見えの変位を生じさせているような力（心理的ベクトル場^{⑩⑪⑫⑬}）といった問題がとり上げられ得る。これらの内、1) については、分割錯視に関する実験的研究として、線分の明るさ・大きさ・それに配置といった諸刺激条件の効果を検討し、図形の配置条件の直接的な影響を認めた^{⑭⑮}。また、2) については、各線分の変位量を測定し、3本線分までは、各線分の頂点部位の変位が横瀬の心理的ベクトル場の理論式から予想される傾向と一致していることが知られた^⑯。さらに、3) では、間隔距離の知覚を規定する観察条件・刺激図形の配置条件等を分析し、両者のある種の組み合わせが2点の間隔距離の見えに影響を及ぼすことが確かめられた^{⑰⑱}。これらの条件分析的検討は、いずれも限られた範囲内でのものであったが、線分図形がもたらす特定の見え——線分間の間隔距離の変化とか変位（ゆがみ）の生起——を一つの「変位場」としてとり扱う場合、刺激図形の配置条件の決定的な効果を改めて確認させることになったのである。そこで、今回は、前述の問題点の4)とも関連させて、等長平行線分図形を中心に刺激配置条件を変化させて、その影響を検討してみる。

ところで、上記の影響については、横瀬の心理的ポテンシャル場・心理的ベクトル場の理論式^⑲が、これまでの数多くの検証実験^{⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗}を通じて、比較的複雑な幾何学的図形についても、これらの図形の場の力の布置関係のある程度予測して来ている。しかるに、例えば、等長平行線分図形の各線分の持つ場の力を考えてみる場合に、周囲の被影響図形（小光点）に直接に（介在図形なしに）相対している線分に対しては、これまでの形の場の理論式^㉘が十分に適用出来る。しかし、他の線分を介して小光点に相対している刺激配置の場合にどのような影響を及ぼし合うかという点については、まだ検討の余地が残されているように思われる。そこで、まず、線分図形の線分數

* 本研究には、文部省科学研究費（奨励研究）による研究の一部が加えられている。

を変化させて、その周囲の種々なる位置での光覚閾値を測定し、そのような刺激配置条件の違いが周囲に及ぼす場の強さの効果について検討してみる(実験1)。つぎに、線分数の変化に伴う場の力の大きさの変化を見るために、図形周囲の種々なる位置での小光点の変位置を調べてみる(実験2)。また、各線分図形の両端に見合う横幅を持つ面図形について、その図形の横幅の変化が小光点の変位置に及ぼす効果を測定してみる(実験3)。そして、以上を横瀬の形の場の理論^④と関連させて考察してみる。

2. 実験報告

〈実験1〉

目的：分割錯視を形成している等長平行線分図形において、分割線分(両端線分以外の線分)の数を变化させた場合、図形周囲の小光点の光覚閾値を測定することによって、線分数変化の影響を調べてみる。

装置：従来の報告とはほぼ同様であるが、小光点の明るさの変化は、照明電源の電圧の変化で行われる。^{*}

刺激条件：線分数の異なる等長平行線分図形が、一次光源にて被験者の眼から70 cm前方の刺激呈示面に示される。各線分は、幅1 mm、長さ41 mm一定で、線分数(N)が1, 2, 3, 5, 9本の5種類を用いる。 $N=2\sim 9$ の場合の両端線分間の距離は80 mmである。 $N=3\sim 9$ が分割錯視図形となる。小光点(Tp)は、被験者の背後から直径1 mmの円でプロジェクターにより投射され、右端線分から図形の中心線上を右へ2, 5, 10, 15, 20 mmの距離(D)に呈示される。各線分の明るさは、いずれも10 radlux(1 mL)である(Fig. 1)。

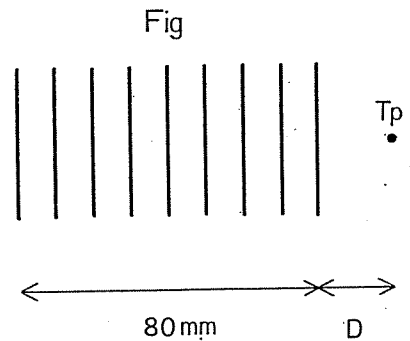


Fig. 1

手続：本実験は、暗室で実験者調整法によって行われ

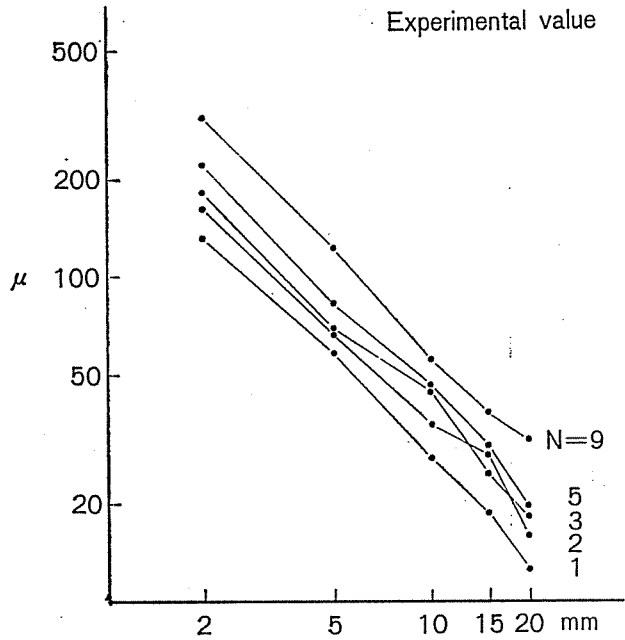
る。被験者には、約15分間の暗順応の後、単眼視で観察を行わせる。各刺激図形周囲の各位置について、5回の下降系列によって5個の光覚閾値が得られる。また、各位置での図形のない場合の小光点の閾値も測定される。

被験者：心理学専攻生3名。

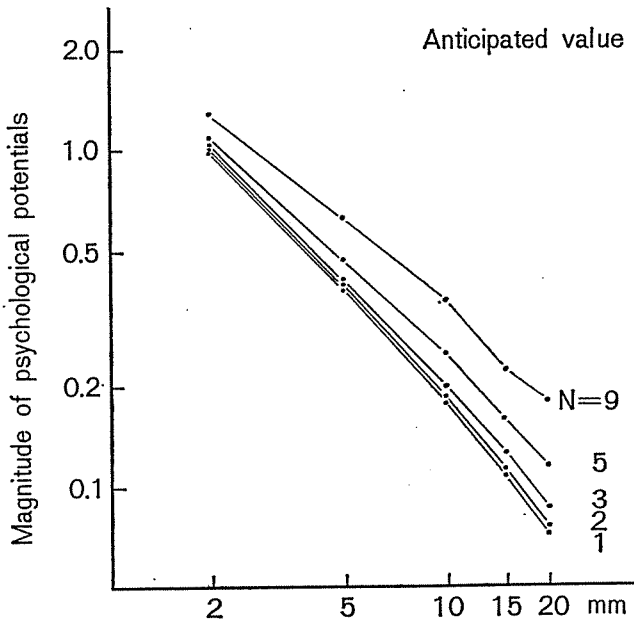
結果と考察：Fig. 2には、小光点の光覚閾値の相対値が、図形と小光点の間の距離(D)に対して、それぞれ両対数グラフ上にプロットされている。この実験値は、横瀬の心理的ポテンシャ

* この方法は、小光点の色温度の変化を伴うので問題を含んでいるが、本実験は、これ以後の実験の予備実験的な意味も持っており、まず、全体的な傾向をこれまでの結果と比較してみるために、本研究室で従来から行われているこの方法を用いた。

ルに対応するものと考えられ、図形のない場合の小光点の閾値 (rlx 単位) を t_0 とし、図形のある場合の小光点の閾値を t_1 として、 $\mu = t_1 - t_0 / t_0$ なる式で相対値変換したものをを用いた。また、Fig. 3 は、各線分に対して、小光点の各位置での心理的ポテンシャル値を横瀬の理論式^④から算出し、2本線分以上については、各線分の心理的ポテンシャル値の総和を求めて、ひとまずこれらを予測値として、Fig. 2 に対応する形で示したものである。一方、Fig. 4 は、Fig. 2 の実験値を横軸に線分数をとって、小光点と図形との距離 (D) ごとのカーヴで両対数グラフ上に示



Distance between figure and test-point
Fig. 2



Distance between figure and test-point
Fig. 3

Anticipated value

したものであり、Fig. 5 がそれに対応する予測値のグラフである。

Fig. 2 によれば、図形からの距離が大きくなるに従って各線分図形の μ の値は減少しており、この距離による変化については、Fig. 3 の予測値もこれを示しており、過去の数多くの実験においてもそれが確認されて来ている。また、2本線分以上についても、 $D=15\text{mm}$ の位置でやや傾向に乱れが見られるものの、図形からの距離による勾配にはほとんど差異がなく、 $N=1, 2, 3, 5, 9$ でそれぞれ $-1.01, -0.96, -0.98, -1.02, -1.02$ とほぼ等しい値を示しており (平均 -1.00)、線分数の

増加とともに平行移動した形になっている。一方、予測値では、 $N=2$ 以上については、先にも

述べたように各図形的全線分に対する心理的ポテンシャル値 (Mp) の総和を考えたのであるが、それによると、図形からの距離による Mp の勾配は、線分数の増加とともにわずかではあるが減少しており (Fig. 3)、この点が両者の異なる点となっている。

ところで、線分数 (N) の変化の影響に関しては、Fig. 4 に示されているごとく、線分数の増

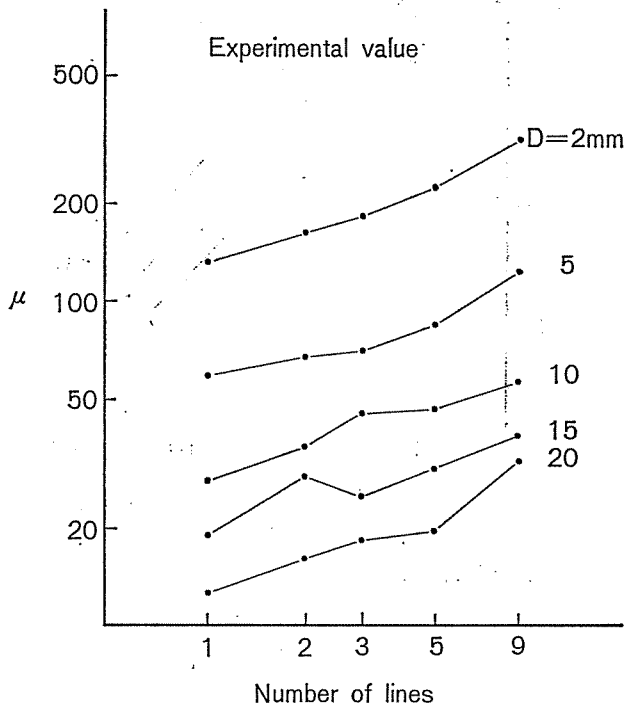


Fig. 4

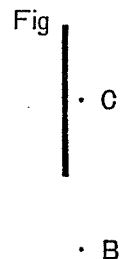
加に伴って各位置での光覚閾値が上昇していく傾向が認められる。この場合、 $N=1$ と $N=2$ 以上とは、図形の配置において質的な差異があるのである。すなわち、今回は、 $N=2$ から 9 までは、両端 2 線分間の空間を他の線分で次第に充実させていったわけである。しかし、Fig. 4 からは、 $N=1$ と $N=2\sim 9$ の実験値の間に目立った傾向の違いは認められなかった。また、この場合にも、それに対応する予測値のカーブは、実験値のそれとはやや異なった傾向を示しており、線分数の増加に伴って Mp の値も増加していくが、対

数グラフ上で直線的な変化とはなっていないようである (Fig. 5)。なお、両端線分間の間隔距離の過大視量 (分割錯視の錯視量) は、線分数の増加とともに増大しており、 $N=9$ で最大になっている。そして、この点では光覚閾値の変化と同じ傾向を示すが、錯視量の方は、線分数がさらに増加すると逆に減少していくのである^①。以上から、実験値においても、また、予測値から予想される傾向に関しても、本実験条件下での線分数の増加は、図形から種々なる距離に

ある周囲の位置での光覚閾値を一定方向に変化させており、この影響は、分散分析によっても $F=8.40 \cdot P<0.01$ で有意であった。

さて、こういった刺激条件下で図形が周囲に及ぼす影響は、小光点の光覚閾値 (感受性) を変化させると同時に、その小光点の変位をも生じさせている筈であるから、

* 予備的な観察として、右図のような光図形と 3 光点を与えて、各光点の明るさの変化と位置のずれを報告させたところ、明るさについては中心線上の光点 C が最も暗く、また、3 光点は一直線上にはなく、光点 C がやや図形に近づいて見えるということであった。



つぎでは、線分数の変化を一方的に行って、図形周囲に投入された小光点の変位量を調べてみることにする。

〈実験 2〉

目的：等長平行線分図形において、線分数の変化に伴って図形周囲の各位置に投射された小光点がどのような変位を示すかを調べてみる。

刺激条件：一次光源で呈示される各線分の大きさは、前回と同様である。線分数 (N) は、1.5 mm 間隔で 1, 4, 16 本並んでいる 3 種類を用いる。小光点及び補助光点は、被験者の背後から 80 mm 間隔でプロジェクターによって 1 mm の円で

投射される。この小光点は、各線分図形の右端の中心線上に図形外縁から 2, 5, 10, 15, 20 mm の距離 (D) を以て呈示され、その変位量が測定される。小光点と補助光点の右下には、線分図形と同じ光源で 2 個の調節用光点が呈示される。線分図形及び 4 個の光点の明るさは 0.5 mL である。

手続：本実験は、実験者調整法で行われる。被験者には、両眼視・自由視によって観察させ、小光点と補助光点との見えの間隔距離 (d) を、自由に間隔 (d') が変えられる 2 個の調節用光点で測定する。図形の種類及び小光点の位置の変化に応じて、下降・上昇各々 5 回の試行を行い、5 個の測定値を得る。

被験者：心理学専攻生 3 名*。

結果と考察：3 名の被験者の変位量の平均値が、Fig. 6 では図形と小光点の間の距離 (D) に対して、Fig. 7 では線分数 (N) に対して、それぞれプロットされている。変位量の実験値の算出の仕方は、これまでと同様である。

Fig. 6 によれば、まず、1 本線分図形 ($N=1$) について、図形から 2 mm の距離 ($D=2$ mm)

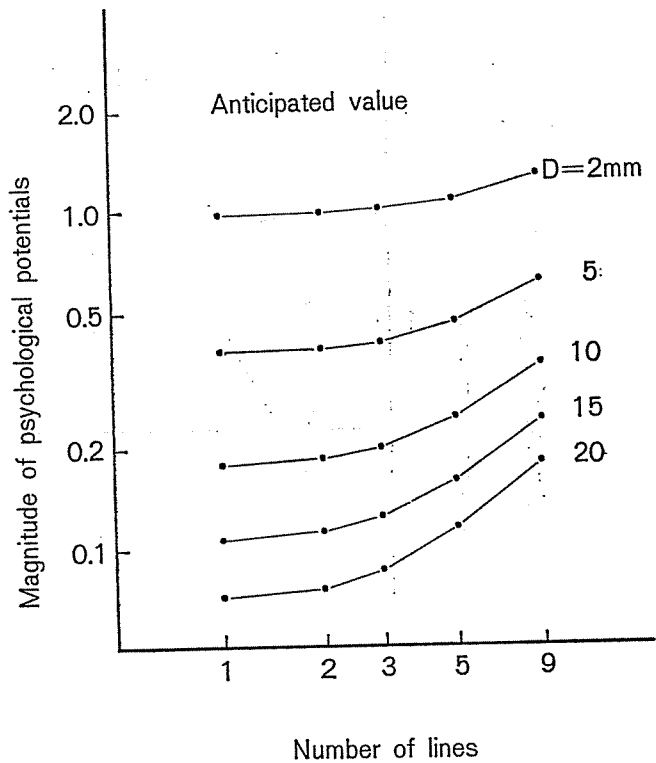


Fig. 5

* 実験 1 の被験者とは別で、これ以後の実験には共通。

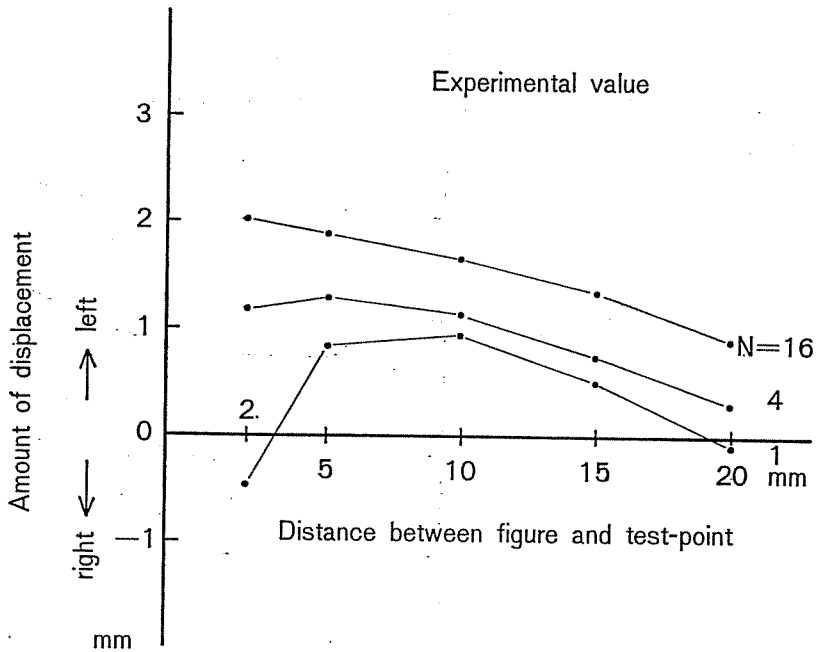


Fig. 6

では、小光点は図形から遠ざかる方向(-)に変位し、 $D=10\text{ mm}$ で図形への変位量(+)が最大になり、それ以後は漸減している。この傾向については、これまでの結果と異なるところはないが、ただ、今回は、 $D=20\text{ mm}$ でわずかではあるが図形から遠ざかる方向への変位を示すまでに、図形への変位量が全体に減少していることが特徴的である。これは、今回の図形の明るさが前回よりも減少していることによるのかも知れない*。一方、4本線分図形($N=4$)では、すべての位置について図形への変位が認められるが、 $N=1$ の場合よりも $D=2\text{ mm}$ での変位量の下降が少なく、 $N=1$ の山型のカーブとはやや変化の様相を異にしている。さらに、16本線分図形($N=16$)になると、上記の傾向が一層明瞭になり、そのカーブは、 $D=2\text{ mm}$ から 20 mm に向って、図形への変位量が単調減少になって来ている。これは、変位量の極大値をとる位置がより図形に近づいていくともいえることが出来る。このように、小光点と直接には相対していない側での線分数の増加は、単に小光点の図形への変位量を全体的に増加させるばかりではなく、図形からの距離の変化に伴う変位量の変化の傾向にも影響を及ぼしているのである。いま、1本線分図形の変位量のカーブについては、横瀬の心理的ベクトル場の理論式から予測値が得られ、それが実験値とよく対応することは、これまでにすでに確かめられて来ている。そこで、1本線分以上の図形については、ひとまず各線分に対する心理的ベクトル値を各線分について

* 先回は1 mLであった。

加えて $N=4, 16$ の予測値として考えてみると、Fig. 8のごとくなる。予測値では、 $D=2\text{ mm}$ の場合の変位量の下降が予想され、各線分数のカーブの図形からの距離による変化の傾向には、実験値との差異が認められる。これは、予測値の算出の仕方にも問題があると思われ、とくに、 $D=2\text{ mm}$ での図形への変位量に関する実験値と予測値の間の大きな違いについては、今後も検討を続けていく必要があると考えられる。

ところで、Fig. 7 には、線分数の変化に伴う各測定位置 (D) での変位量が示されているが、

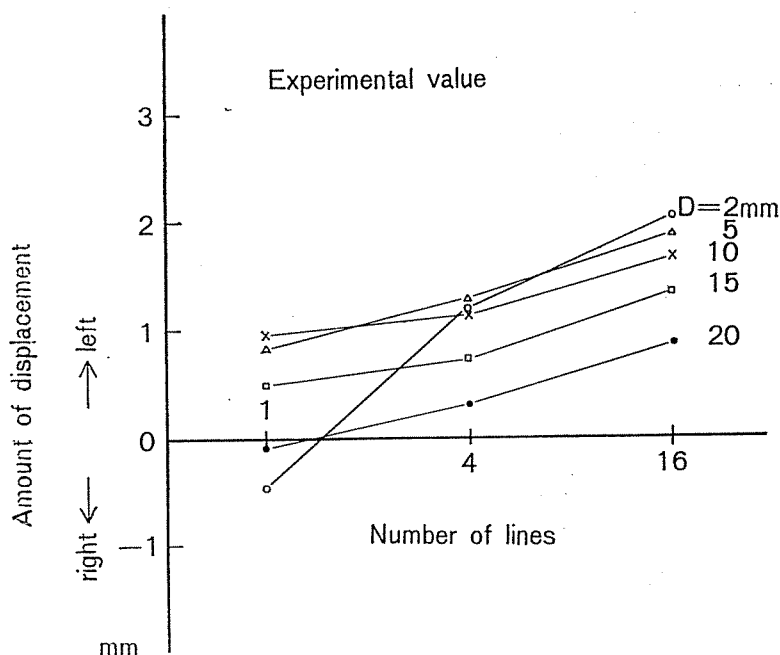


Fig. 7

いずれも線分数の増加とともに図形への変位量も増加する傾向にあり、直接に小光点と相対しない側での線分増加の影響は、小光点の変位量の増加という形で認められるのである。分散分析によっても、線分数変化の影響は、 $F=45.70 \cdot P<0.001$ で有意となっていた。ここでは、 $D=2\text{ mm}$ の場合の増加の割合が最も著しく、 $D=5\sim 20\text{ mm}$ では、ほぼ同じ勾配を示していることが注目される。しかし、 $D=2\text{ mm}$ の $N=1\sim 4$ の変化が他と大きく異なっており、この点に関しては、図形近傍の位置での線分増加の影響について、今後の検討の余地が残されている。そして、以上からは、小光点の変位量は、線分数の対数に比例して変化するということがいえるように思われる。

つぎでは、刺激条件の今一つの変化として、本実験の各線分図形の両端線分間を一樣な面図形とした刺激図形について、それらの周囲の小光点の変位量を測定してみる。

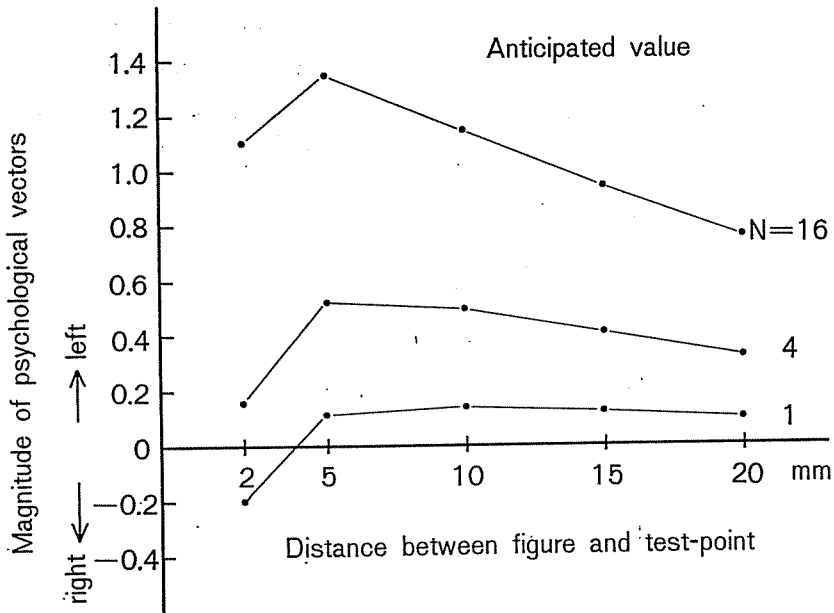


Fig. 8

〈実験 3〉

目的：長方形面図形において、横幅の長さ (W) が変化させられる場合、図形周囲の各位置に投射された小光点がどのような影響を受けるかを検討してみる。

刺激条件：一次光源で呈示される刺激図形の縦の長さは 41 mm で、前回までの線分の長さと同様である。そして、この長方形図形の横幅 (W) が 1, 8.5, 38.5 mm の 3 種類を用いる。これは、前回の異なる線分数を持った $N=1, 4, 16$ の各線分図形の両端線分間の距離に相当する*。ここで、 $N=1$ と $W=1$ mm とは同じ図形である。各光点の呈示方法、測定位置、それに図形や光点の明るさ等は前回と同様である。

手続：前回と同じ。

結果と考察：3名の被験者の変位量の平均値が、Fig. 9 では図形と小光点の間の距離 (D) に対して、Fig. 10 では、対数目盛上にとった図形の横幅 (W) に対してそれぞれプロットされている。

Fig. 9 によれば、得られた傾向は、前回の線分数の変化の場合ときわめてよく類似している。しかし、図形への変位量が全体に減少しており、とくに、図形の横幅が 1 mm ($W=1$ mm) の場合、小光点は、 $D=15, 20$ mm でむしろ図形から遠ざかる方向 (-) への変位を見せている。そして、この $W=1$ mm の図形は、前述のごとく、前回の $N=1$ と実際には同じ刺激図形なの

* 分割錯視では、これらの図形を $N=\infty$ として示している。

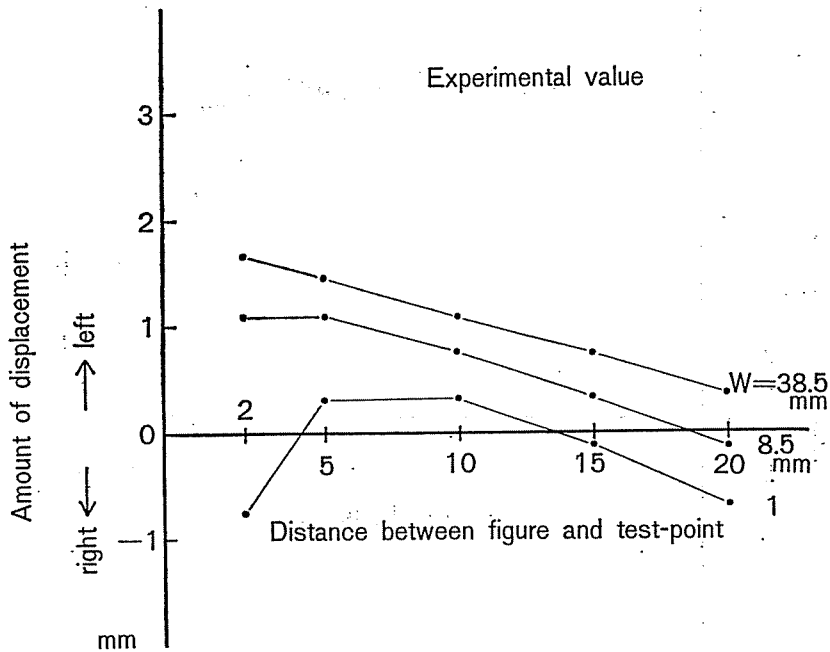


Fig. 9

である。今回のこのような差異は、同一の被験者によって示された実験系列の違いによる変化としてそれ自体考察されなければならないが、これは筆者の以前の研究^④においても認められており、いずれも変化の傾向にまで及ぶものではないが、今後の検討の課題となるように思われる。また、 $W=8.5, 38.5$ mm についても、全体に図形への変位量が少なくなっているが、図形と小光点の間の距離の増加に伴う変位量減少のカーブが $D=2\sim 20$ mm の範囲内で次第に単調減少型に移行するという傾向については、前回の $N=4, 16$ の場合とほとんど一致している。このように考えてみると、刺激図形が線分数の変化する線分図形であっても、同様の仕方で横幅の変化する面図形であっても、それらの図形の周囲に投入された小光点の変位の傾向には、ほとんど違いがないといっても良さそうである。

ところで、横幅 (W) の変化の影響については、小光点の光覚閾値を指標にして、三角形図形の高さを変化させた内山の実験^⑤や、リングの中を変化させた伊東の実験^{⑥⑦}によって、図形の面積変化の影響が指摘されて来ている。もともと光覚閾値によって示される場の強さと変位によって示される場の力の大きさは、横瀬の理論式^⑧の上からも相互に比例するものである^⑨ので、本実験の小光点の変位量も図形の横幅の影響を受けることが予想されるのである。事実、横軸に横幅の長さをとって示した Fig. 10 では、各位置でのカーブは、いずれも右上りの傾向を示しており、上記を確認出来るのである。しかし、刺激図形が描画図形として示される場合にも同じような影響

* 通例、白ケント紙 (反射率約85%) に黒インキで描かれたもの。

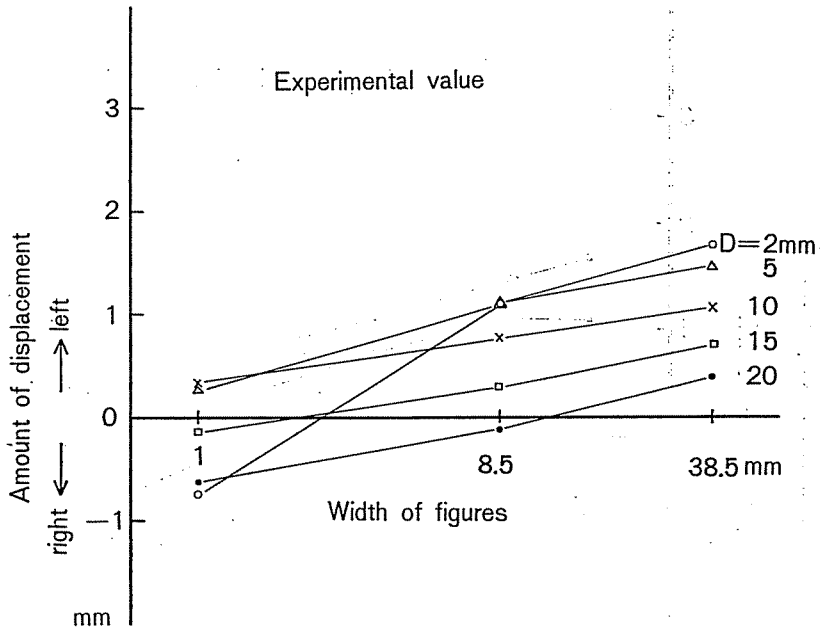


Fig. 10

が認められるかどうかについては、今後に検討の余地が残されている。

さて、これまでの実験では、刺激図形の線分数の変化とか横幅の変化が図形周囲の場の強さ(感受性場)と場の力の大きさ(変位場)にある種の summation 効果を及ぼしていることが知られた。しかし、線分増加を行った図形では、線分間の相互作用が当然考えられ、図形全体が一つの結構を構成していて、単に各線分の加算としての図形ではなくなっていることは明らかである。この点で実験値が予測値と傾向をやや異にしていることも理解される。それゆえ、小光点に相対していない側での図形の部分的な変化ということではなくて、図形全体のパターンの変化としてこれをとらえていくことが大切であり、この方向に沿って、安定した変位量の実験値の取得が今後も続けられていくことが必要であると思われる。

3. 要 約

本報告では、まず、一次光源で等長平行線分図形を呈示し、分割錯視配置のこの図形の両端線分以外の線分(分割線分)の数を変化させて、それが図形周囲の小光点の光覚閾値に及ぼす影響を調べた。つぎに、線分数を1, 4, 16本と一定方向に変化させ、それが図形から種々なる距離を以て呈示される小光点の変位量に及ぼす効果を見てみた。また、上記の3線分図形を一様に面図形とした長方形図形を用いて、横幅の変化が小光点の変位量に及ぼす影響についても検討してみた。結果は以下のごとくである。(1) 分割線分数の増加に伴って、各測定位置での小光点の光

覚閾値は、ほぼ一定の割合で増加していた。(2) 線分数の増加に伴って、各測定位置での小光点の図形への変位量が増加しており、その増加の割合は、本実験の範囲内では、線分数の対数に比例する形になっていた。(3) 長方形面図形の横幅の増加も(2)と同様な変位量の変化を示していたが、この場合には、小光点の図形への変位量の水準に差異が見られた。

文 献

- ① Berliner, A. & Berliner, S. The distortion of straight and curved lines in geometric fields., *Amer. J. Psychol.*, 61, 1948, 153-166.
- ② Eriksson, E. S. Field effects and two-dimensional form perception., *Scand. J. Psychol.*, 8, 1967, 218-242.
- ③ 後藤倬男 等長平行線分の知覚についての実験的研究——特に分割錯視との関係において——, 心研, 35, 1964, 227-234.
- ④ 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.
- ⑤ 後藤倬男 分割錯視に関する実験的研究——線分の明るさを変化させた場合(1)——, 名大文学部論集, XLVIII, 1968, 93-100.
- ⑥ 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.
- ⑦ 後藤倬男 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——, 名大文学部論集, LI, 1970, 39-48.
- ⑧ 市川典義 三次元的視覚における形の場のベクトルの測定, 心研, 27, 1956, 153-156.
- ⑨ 市川典義 三次元空間におよぼす図形の効果について——円面図形と小点の変位——, 名大文学部論集 XXVII, 1961, 125-140.
- ⑩ 市川典義 二次元的視覚場に関する理論的考察——ポテンシャル場とベクトル場との機能的関係について——, 名工大学報, 16, 1964, 1-10.
- ⑪ 伊東三四 視覚場における明るさの要因について——図形の明るさの要因と面積の要因との相互作用——, 徳大教養部紀要, IV, 1969, 1-21.
- ⑫ 小島外弘 二刺激間の間隔距離知覚についての実験(I), 心研, 24, 1954, 290-298.
- ⑬ 小谷津孝明 視覚の誘導場 和田・大山・今井編 感覚・知覚ハンドブック, 東京 誠信書房, 1969.
- ⑭ 森孝行 視覚の場 八木監 大山編 講座心理学 4知覚, 東京大学出版会, 1970.
- ⑮ Orbison, W. B. Shape as a function of vector-field., *Amer. J. Psychol.*, 52, 1939, 31-45.
- ⑯ Spiegel, H. G. Über Einfluss des Zwischenfeldes auf gesehene Abstände., *Psychol. Forsch.*, 21, 1936, 327-382.
- ⑰ 鈴木正弥 間隔距離知覚に関する一研究, 名大文学部論集, XXXIX, 1965, 67-76.
- ⑱ Taylor, M. M. Geometry of a visual illusion., *J. O. S. A.*, 52, 1962, 565-569.
- ⑲ Taylor, M. M. Figural after-effects: A psychophysical theory of the displacement effect., *Canad. J. Psychol.*, 16, 1962, 247-277.
- ⑳ 内山道明 視覚に於ける場の強さを求める実験式について, 名大文学部論集, IX, 1954, 93-112.
- ㉑ 横瀬善正 視覚の心理学, 東京 共立出版, 1956.
- ㉒ 横瀬善正 伊東三四 円および円弧図形の場の強さについての実験および理論的展開, XXXVI, 1964, 93-104.

- ⑳ Yokose, Z. & Goto, T. The measurement of the magnitude of the field-force of a circle and circular arcs., *Jap. Psychol. Res.*, 7, 1965, 101-109.
- ㉑ 横瀬善正・後藤倬男 円および円弧図形の場の力の大きさの測定, 名大文学部論集, **XLV**, 1967, 35-44.
- ㉒ Yokose, Z. A study of character-patterns based upon the theory of psychological potential field., *Jap. Psychol. Res.*, 12, 1970, 18-25.