

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)—

後 藤 倬 男

1. 問 題

長い歴史を持ちながら常に新しい現象である幾何学的錯視については、心理学者によって各種条件分析が続けられて来ているが、最近では、情報工学の方面から、視覚モデルによる錯視現象の説明が試みられている。⁽¹⁾しかし、そういった全く新しい手段を以てしても、諸現象の変化の様相を解明するには至っておらず、その意味で、諸現象の精密な条件分析の積み上げということも常に必要であると思われる。

さて、分割錯視に関するこれまでの研究では、⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾1) 線分数の増加に伴って、錯視量が一定の線分数で極大値を持つ山型の変化を示すこと、2) 両端線分間は通例過大視され、相互に遠ざかる方向への変位ということが考えられるが、実際には、相互に接近する方向への力を受けていること等が確認されて来ている。⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾そこでは、分割線分の両端2線分への影響(内部的なエネルギーの高まりといったもの)が、それらの見えの間隔距離を変化させていると考えられた。⁽¹⁰⁾それゆえ、筆者は、そういった内部的な力の働きを探る一方向として、刺激図形とその周囲との明度差といった条件をまず取り上げ、光図形として呈示される分割錯視図形の各線分の明るさを変化させた場合、錯視量(過大視量)がどのような変化を示すかを検討してみる。

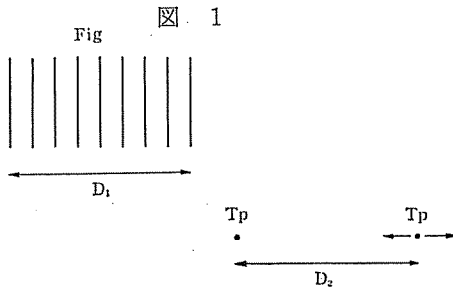
ところで、和田は、同心円錯視と分割錯視について一連の研究を続けているが、⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹¹⁾条件分析の一つとして、図形と周囲との明度差を問題にしている。⁽⁹⁾⁽¹¹⁾彼は、白紙に黒色と明灰色の線分を描いて明度差を作り(4本線分図形)⁽⁹⁾、また、明度差に対応するものとして、線分の太さ(1.2mm, 0.2mm)を変えて(5本線分図形)⁽¹¹⁾錯視量を比較している。その結果、明度差が大きいほど錯視量は増加しており、この関係は、線分の太さについても認められた。他方、光線分の明るさの変化に関しては、⁽⁵⁾Spiegel がすでに実験しているが、彼は、わずか2種類の変化しか行なっておらず、結果についても、単に錯視量の大小を問題にしているにすぎない。それゆえ、筆者は、この点をもう少し詳しく検討してみようと考え、分割錯視図形の線分全体(実験1)と分割線分(実験2)の明るさを幾段階にも変化させて、それらが両端2線分の間隔距離の見えにどのような影響をおよぼすかを調べる。

2. 実験手続

実験装置 従来の実験報告と同一。⁽¹²⁾⁽¹³⁾

刺激図形 長さ 40mm, 幅 1mm の等長平行線分からなる分割錯視図形 (Fig) が用いられる。この図形の両端 2 線分の間隔は 81mm である。図形の各線分は、透明ガラスに貼り付けられた黒ケント紙上に切り抜かれており、背後からの照明によって光図形として見られる。この図形の右下には、測定用 2 光点 (Tp) が呈示されるが、左側の光点は 1mm 平方に黒ケント紙を切り抜いたものであり、右側の光点は、その黒ケント紙を幅 1mm で水平に切り抜き、それに垂直に、幅 1mm に切り抜いた黒ケント紙を貼り付けた透明ガラスを当てることによって作る。このガラスを左右に動かすと、右側の光点が左右に移動して、左側の光点との間隔距離を変えるのである。分割錯視図形 (全線分——実験 1, 両端 2 線分——実験 2) と測定用 2 光点の明るさは

同じにされる。図形と光点の位置関係が図 1 に示されている。



実験手続 本実験は、実験者調整による調整法で行なわれる。被験者は、両眼視・自由視で観察し、分割錯視図形の両端線分間の間隔 (D_1) と、右下の 2 個の測定用光点間の間隔 (D_2) とを比較する。線分の明るさの変化に応じて、上

昇・下降各々 5 回の試行が行なわれる。

被験者 心理学専攻生 4 名。

3. 実験報告

〈実験 1〉

目的 光図形として呈示される分割錯視図形において、線分数 (N) と各線分の明るさ (H) とを変化させた場合、錯視量 (I) がどのような傾向を示すかを検討してみる。

刺激条件 分割錯視図形としては、 $N=3, 5, 9, 17, 33, \infty$ (40mm×81mm の面図形) の 6 種類を用いる。一方、図形の明るさは、 $H=0.01, 0.1, 1.0, 10.0, 60.0$ mL の 5 種類に変化させる。これは、照明電源の電圧を変えることによって得られる。

結果と考察 図 2 には、明るさの異なる分割錯視図形の錯視量 (4 名の被験者の平均値) が、図形の線分数 (対数目盛) に対してプロットされている。錯視量は、いずれも各線分図形の両端 2 線分の見えの間隔距離を t_1 、2 本線分図形のそれを t_0 として、 t_1-t_0 によって示されている。また、図 3 には、線分数の異なる分割錯視図形の錯視量が、各線分の明るさに対して両対数グラフに示されている。

図 2

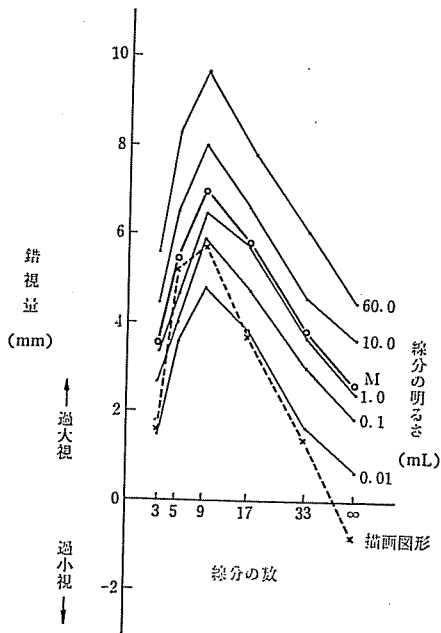
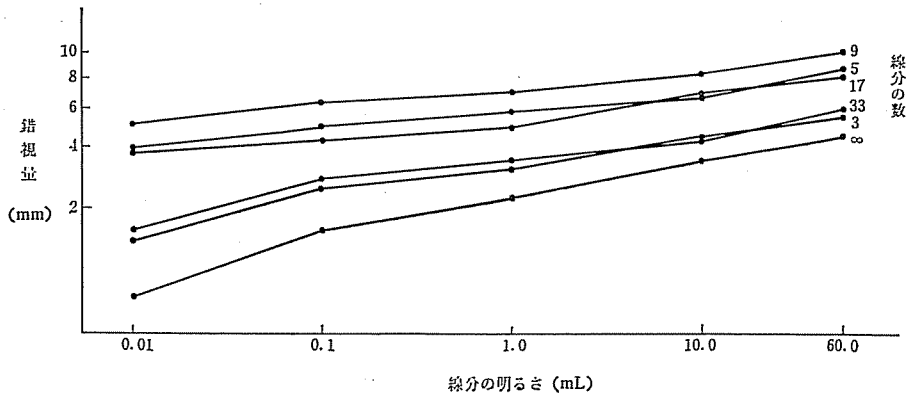


図2によれば、いずれの明るさの分割錯視図形も、それらの錯視量(過大視量)は、線分数の増加に伴って、9本線分図形あたりで極大値を持つ山型の傾向を示している(Mは平均)。この傾向については、今までの研究報告の多くが述べて来ているところである。ただ、極大値に対する線分数は、各報告で同一ではなく; Spiegelのそれは17本線分図形であるが、これは、彼の図形の両端線分が、長さ60mm、幅4mm、それらの間隔400mmであり、分割線分が、長さ50mm、幅2mmで、等長平行線分を用いておらず、⁽⁵⁾刺激条件が筆者の場合と大きく異なっていることにその原因を求められる。一方、線分の明るさの変化に伴う錯視量の変化については、図3によれ

図 3



ば、いずれの線分図形においても、線分の明るさの増加と共に錯視量も増加している。Spiegelは、明るさを $1/10$ にした場合のみを行なっており、錯視量には変化がないとしているが、⁽⁵⁾白紙に黒色の図形を呈示した場合には錯視量が減少することを見出しており、この事実から、小保内も、⁽⁷⁾分割錯視を規定する要因として光の強さを認めている。いま、図3において、各線分図形の点群

* 筆者の結果(未発表)もそれを支持している。図2の点線のグラフは、黒色の描画図形の結果を示したものである。

は、大体直線上にならんでおり、0.1 mL 以上の明るさについては、ほぼ平行と見なしても良いようである。そして、3本線分図形と33本線分図形、5本線分図形と17本線分図形は、いずれもよく類似した傾向を示している。そこで、各直線の勾配を求めてそれらの平均を取ってみたところ、0.14 という値が得られた。これから、錯視量 I と各線分の明るさ H との間には、

$$\log I = 0.14 \log H + c$$

すなわち、

$$I = kH^{0.14}$$

という関係がなりたつ。従って、いま、線分の明るさが H_0 であるときの分割錯視図形の錯視量 I_0 がわかれば、他の明るさ H のときの錯視量 I は、

$$\frac{I}{H^{0.14}} = k = \frac{I_0}{H_0^{0.14}}$$

であるから、

$$I = I_0 \left(\frac{H}{H_0} \right)^{0.14}$$

という関係式によって知ることが出来る。

ここで、上記の線分の明るさという条件が分割錯視をどのように規定しているかを検討してみる。というのは、本実験の結果、面図形 ($N = \infty$) も、その明るさが増加するに従って、他の分割錯視図形と同じようにその見えの幅を増加させているからである。いま、面図形は、分割が極限に達した場合とも考えられ、そういった意味で、内部の力の強さは最も高いといえるが、この図形を、分割された空間の過大視という現象として分割錯視の中に入れることは出来ないように思われる。そこで、この面図形の幅の過大視量(錯視量)がほとんど明るさの増加のみによるとして、そういった要因を取り去った場合にどのようなかと考え、各線分図形の錯視量から面図形のそれを減じた値を出してみたのである。それらを両対数グラフに示したのが図4であるが、そこでは、各線分図形の点群は、ほぼ水平にならんでおり、それらの直線の勾配は、ほとんど0になっている。^{**}そして、線分数(分割数)による錯視量の差異がはっきりと表わされており、横軸に線分数を取って示した図5によって、それが一層明瞭になっている。すなわち、線分の明るさ(図と地の明度差とも考えられる)は、線分数の異なる分割錯視図形の錯視量を全体に一定の割合で変化させるもので、分割空間の過大視という現象にそれほど大きな影響をおよぼすものではないということが知られるのである。しかし、上記は、分割錯視図形の線分全体の明るさを変化させた場合であり、同一錯視図形の線分の間で明るさを変化させた場合にどうなるかという問題が当然生じて来る。そこで、次には、錯視量の最も大きかった9本線分図形について、それを

* 小島は、2本線分の間隔距離について、線分の明るさの増加と共に過大視量が増加することを報告している。⁽¹⁴⁾

** 各直線の勾配の平均値は0.01であった。

図 4

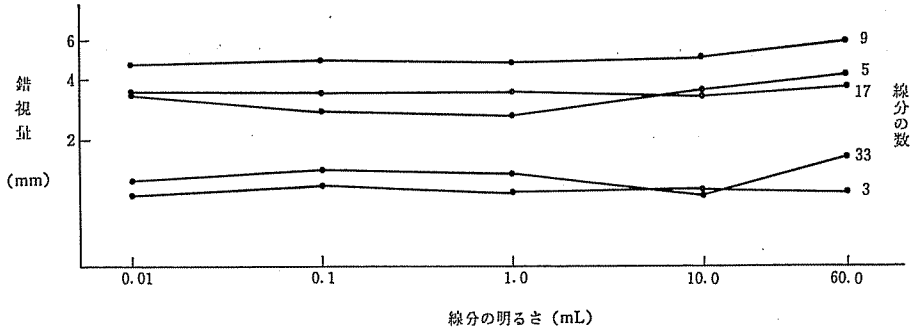
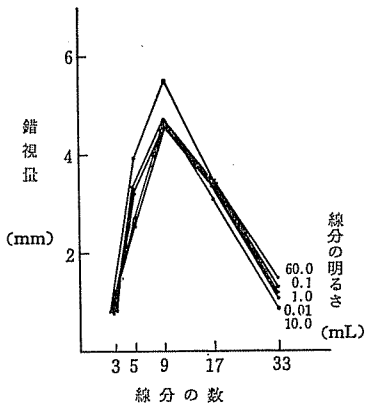


図 5



検討してみる。

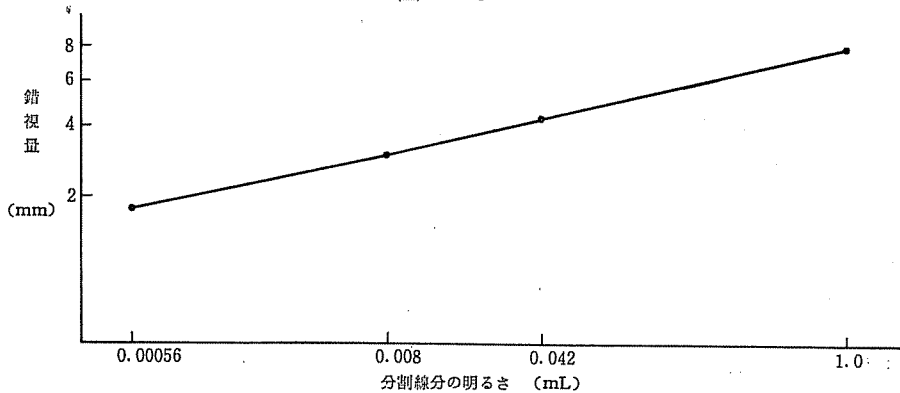
〈実験 2〉

目的 光図形として呈示される 9 本線分の分割錯視図形において、その分割線分(両端 2 線分以外の 7 線分)の明るさ (H') を変化させた場合、錯視量 (I') がどのような傾向を示すかを検討してみる。

刺激条件 前実験の 9 本線分図形 ($N=9$) を用いる。両端線分と測定用光点の明るさは 1.0mL に一定。分割線分には、白ケント紙を 1, 2, 4, 8 枚合わせて裏側を覆って明るさを変化させる。それぞれの場合

の分割線分の明るさは、覆わなかった場合：1.0mL、1 枚の場合：0.042mL、2 枚：0.008mL、4 枚：0.00056mL であったが、8 枚の場合には、測定が不可能であった。

図 6



* 東芝製光電照度測定装置 (LV-1A 形) を用いて測定した。

結果と考察 図6には、9本線分図形の錯視量（4名の被験者の平均値）が、分割線分の明るさに対して両対数グラフにプロットされている。錯視量は、分割線分の明るさの異なる9本線分図形の見えの間隔距離を t_1 、2本線分図形のそれを t_0 として、 $t_1 - t_0$ によって示されている。

図6によれば、分割線分の明るさの増加に伴って錯視量も増加している。これは、分割線分を暗くすると両端2線分の間隔距離の過大視量が顕著に減少してゆくということであり、分割線分の両端線分におよぼす影響の大きいことが知られる。そして、図6の点群は、ここでも直線上にならんでおり、その直線の勾配を求めてみると、0.20であった。これから、前実験の場合と同じようにして、9本線分図形の錯視量 I' と分割線分の明るさ H' との間には、

$$I' = kH'^{0.20}$$

という関係がなりたち、分割線分の明るさが H'_0 のときの錯視量 I_0 がわかれば、他の明るさ H' のときの錯視量 I' は、

$$I' = I_0 \left(\frac{H'}{H'_0} \right)^{0.20}$$

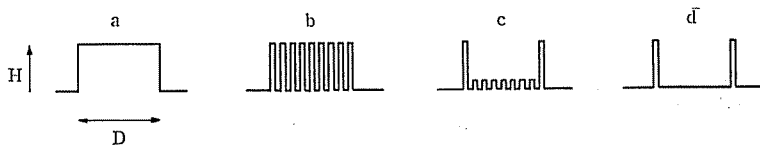
という関係式によって知ることが出来る。

ところで、分割線分のみを暗くすることについては、Spiegelも同様な方法を用いて実験を行なっているが、⁽⁹⁾ 彼の場合、分割線分の明るさを $1/6$ にすると、錯視量は約20%減少しており、筆者の場合よりも減少の割合が大きくなっている。^{*} また、彼の結果では、分割線分の明るさの減少によって錯視量が極大となる線分数が移動しており、11本線分図形と17本線分図形が同じ過大視量を示している。すなわち、極大値を取る線分数が減少するのである。これから、分割線分の明るさの変化は、錯視量の極大値を変化させ得るという点について、分割線分の数の変化と同じような効果をもつことになり、分割錯視の規定要因としての重要性は、線分全体の明るさを変化させる場合よりも大きいと考えられる。

4. 討 論

いま、明るさの強弱 (H) を縦方向に、図形の間隔 (D) を横方向に取って図式的に示すとすれば、面図形 (a)、一様な明るさの分割錯視図形 (b)、分割線分のみを暗くした分割錯視図形 (c)、それに2本線分図形 (d) 等は、図7のごとくなるであろう。

図 7



* 筆者の結果では、彼の値の約半分しか減少を示していない。

そして、d の見えの間隔距離を1とすると、実験1, 2の結果から、 $a=2.18$; $b=4.61$ (実験1), 7.83 (実験2); $c=4.83, 3.74, 2.54, 1.84$ となる。この場合、内部的な明るさの強まりからすると、上記の図形の順位は、 $a>b>c>d$ となるはずであるが、これに対して錯視量は、 $b>c>a>d$ となっているのである。ここに、 $b>a$ はすべての場合に当てはまり、 $c>a$ も、分割線分の非常に暗い場合(0.00056mL)を除いて当てはまるのである。これは、両端線分間が均等に分割されていることが知覚されるだけで、その間隔は、それが明るい照明で面図形として呈示される場合よりも広がって見えるということをも物語っているのである。この事実は、いわゆる「線分による分割」という条件がこの錯視を大きく規定しており、線分間の交互作用として、形の力の大きさ(ベクトル)という観点から考察を進めてゆくことが大切であることを示している*。そして、分割線分を8枚のケント紙で覆った場合(分割線分の明るさは、3000luxの明るさの部屋で明順応した眼を10分以上暗順応させてやっと明視出来る)にも、明らかに過大視が生じているのであり、これは、2本線分間の空間への介入という要因の持つ影響の大きさを示すものと考えられる。

5. 要 約

本報告では、光図形によって分割錯視図形を呈示し、線分数と線分の明るさを変化させて、それらの錯視量(過大視量)を測定してみた。また、9本線分からなる分割錯視図形の分割線分の明るさを変化させて、その影響を調べてみた。結果は以下のごとくである。(1)線分数の変化に伴って、本実験条件下では、錯視量は、9本線分あたりで極大値を持つ山型の変化を示した。この傾向は、いずれの明るさの分割錯視図形においても認められた。(2)各線分の明るさが増加すると、錯視量もそれに伴って増加した。そして、その増加の割合は、各線分図形ではほとんど一致していた。(3)9本線分の分割錯視図形において、分割線分の明るさを減少させると、錯視量も顕著に減少した。しかし、明るさを非常に暗くしても、面図形の場合に比べて錯視量は大きくなっており、2本線分図形の場合よりも明らかに間隔が過大視されていた。

文 献

- (1) 藤井克彦, 錯視はなぜおこるか?—生体の情報処理機構の一断面—, 数理科学, 5, No. 7, ダイヤモンド社, 1967, 13-20.
- (2) Lewis, E. O. The illusion of filled and unfilled space., *Brit. J. Psychol.*, 5, 1912, 36-50.
- (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)—分割錯視の研究—, 心研, 8, 1933, 1-20.
- (5) Spiegel, H. G. Über Einfluss des Zwischenfeldes auf gesehende Abstände., *Psychol. Forsch.*, 21, 1936, 327-382.

* $b=7.83$, $c=4.83\sim 2.54$ とした場合。

(16)(17)(18) (19)

** 場の力の強さ(ポテンシャル)と図形の明るさとの関係については、伊東、横瀬・伊東の研究がある。

- (6) 中河原通之, 分割面知覚の一実験的研究, 心理学論文集, **VI**, 1938, 149-157.
- (7) 小保内虎夫, 視知覚, 中山書店, 1955.
- (8) 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.
- (9) 和田陽平, 幾何学的錯視に及ぼす明度差の効果, 東京都立大人文学報, **27**, 1962, 9-22.
- (10) 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.
- (11) 和田陽平, 幾何学的錯視における刺激明度差と線の太さの効果, 東京都立大人文学報, **50**, 1965, 1-11.
- (12) 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.
- (13) 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, 名大文学部研究論集, **XLV**, 1967, 35-44.
- (14) 小島外弘, 二刺激間の間隔距離知覚についての実験(1), 心研, **24**, 1954, 290-298.
- (15) 横瀬善正, 視覚の心理学 現代心理学体系14, 共立出版, 1956.
- (16) 伊東三四, 視覚場における明るさの要因について—輪廓線図形の場合(1)— 名大文学部研究論集, **XXXIII**, 1963, 29-44.
- (17) 伊東三四, 視覚場における明るさの要因について—輪廓線図形の場合(2)— 名大文学部研究論集, **XXXIX**, 1965, 53-66.
- (18) 伊東三四, 視覚場における明るさの要因について—輪廓線図形の場合(3)— 名大文学部研究論集, **XLII**, 1966, 45-57.
- (19) 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, 名大文学部研究論集, **XXXVI**, 1964, 93-104.