

ザンダー錯視の研究

浜口 恵治*

(人文学部文学科心理学研究室)

A Study of the Sander Illusion

Keiji HAMAGUCHI

(Laboratory of Psychology, Faculty of Humanities)

Abstract: The apparent lengths of the left and the right diagonal of the Sander parallelogram were measured. The left diagonal was overestimated and the right diagonal was underestimated. We conclude that the Sander illusion was caused by the combination of the overestimation of the left diagonal and the underestimation of the right diagonal.

序

Fig. 1-1の三角形AECは、二等辺三角形であるので、左側の平行四辺形ABEDの対角線AEと右側の平行四辺形BCFEの対角線CEは、客観的に等しいのであるが、主観的には、右側の対角線CEの方が短く見える。これをザンダー錯視(Sander illusion)という。この錯視図形は、1926年にSanderにより考案され、ザンダーの平行四辺形と呼ばれている¹⁾。

ザンダー錯視の原因について、いろいろな説明がなされている。Pressey²⁾は、central tendency effectなる概念を提出して、この錯視を説明している。すなわち、右側の平行四辺形BCFEの対角線CEは、他の辺BC, CF, FE, EBと文脈をなしており、この文脈の中でCEが最も長い。それ故、この文脈のcentral tendency(平均化)の影響を受けて過小視される。そして、左側の平行四辺形ABEDの対角線AEも、他の辺AB, BE, ED, DAと文脈をなしているが、この文脈の中でAEは中間の長さなので、central tendencyの影響を受けても過小視も過大視もされない。それ故、CEはAEに比べて短く知覚される。

Runyon & Cooper³⁾は、ザンダーの平行四辺形はミュラー・リヤー(Müller-Lyer)の錯視図形の特別な場合であると考えた。右側の平行四辺形BCFEの対角線CEを、ミュラー・リヤーの錯視図形の主線とみなし、辺CB, CFを一方の矢羽根、辺EB, EFを他方の矢羽根とみなすと、この図はミュラー・リヤーの内向図形とみなすことができる。同様に、左側の平行四辺形の場合もミュラー・リヤーの内向図形とみなすことができる。ところが、右側の平行四辺形の場合の方が、より内向の程度が大きく、したがって、より過小視され、CEはAEに比べて短く知覚されることが考えられる。Robinson⁴⁾も同様の説を提出している。

Cooper, Runyon, Tatz & Heimer⁵⁾は、ザンダー錯視は、ミュラー・リヤーの錯視図形の特別な場合であると共に、対角線を囲んでいる平行四辺形の面積の相対的な大きさの影響も受けると考えた。すなわち、右側の平行四辺形の面積は左側の平行四辺形の面積に比べて小さい。それ故、小さい面

* 本研究は、下元圭介氏の協力により行われたものである。ここに深く感謝の意を表します。

積を持った平行四辺形に囲まれている対角線 CE は、大きい面積を持った平行四辺形に囲まれている対角線 AE に比べて過小視される。

平行四辺形には二本の対角線が描けるが、それらの長さは等しくない。長い方の対角線を長対角線と呼び、短い方の対角線を短対角線と呼ぶことにする。Fig. 1-1 において、左側の平行四辺形の対角線 AE は短対角線であり、右側の平行四辺形の対角線 CE は長対角線である。Rausch⁶⁾は、短対角線は過大視され、長対角線は過小視されることを発見した。Metzger⁷⁾は、この Rausch の発見に基づいて、平行四辺形は、よい形である長方形の歪んだ形であり、平行四辺形は直立することにより、よい形である長方形に近づこうとする傾向があると考えた。平行四辺形が直立すれば、短対角線は引き伸ばされ、長対角線は押し縮められることになり、その結果、短対角線の過大視、長対角線の過小視が生じることになる。このように Metzger は、「よき形態の法則」⁸⁾によってザンダー錯視を説明した。

このようにザンダー錯視の原因に対して、4つの説明がなされている。Pressey の説によれば、左側の対角線 AE は過大視も過小視も生じないはずであるが、Rausch のデータでは短対角線 AE は過大視を示しており、Pressey の説は疑問である。

Runyon & Cooper と Robinson の説によれば、左側の平行四辺形の対角線 AE を主線とするミュラー・リヤーの錯視図形は、内向図形と考えられるので、過大視は生じないはずである。しかし、これも Rausch のデータと矛盾する。

Cooper, Runyon, Tatz & Heimer の説によれば、右側の小さい方の平行四辺形の長短二本の対角線 (CE, BF) は全て過小視されるはずであるが、Rausch のデータによれば、CE は長対角線であるので過小視されているが、短対角線 BF は過大視されており、Cooper 等の面積説も疑問である。Pressey の説は、理論だけでデータは提出されていないが、Runyon & Cooper (Robinson も説だけ) や Cooper 等はデータを提出している。しかし、これらのデータは対角線 CE が対角線 AE に比べて過小視されたというデータであり、それらの説を部分的に又は間接的に支持しているに過ぎない。それに比べて、Rausch のデータは組織的全体的であり、かつ直接的である。この Rausch のデータに基づいた Metzger の「よき形態の法則」によるザンダー錯視の説明は非常に説得力があるように思われる。

ところが、Rausch の研究における平行四辺形の長対角線の過小視や短対角線の過大視は、統制条件 (単一線分) に対して定義されていない。単一線分は、方向によって見掛けの長さが異なる^{9), 10), 11), 12)}。よって、対角線の客観的な長さ主観的な長さの比較によって、過小視や過大視を定義するのではなく、対角線と同じ長さ方向を持った単一線分の見掛けの長さ対角線の見掛けの長さの比較をしないと正確ではない。したがって、本論文において、統制条件を設定した上で、ザンダー錯視は平行四辺形の長対角線の過小視と短対角線の過大視の組み合わせによって生じるのかどうかを検討する。

実 験

方 法

被験者 大学生10人

刺激 標準刺激は、Fig. 1 に示した7種の図形である。これらは、1つずつ21.3cm (タテ) × 13.4cm (ヨコ) の白ケント紙に巾0.5mmで黒インクによって描かれた。なお、これらの図形の中心は、地のケント紙の中心より1cm下に描かれた。Fig. 1 における対角線又は斜線の長さは全て5.0cmである。Fig. 1-1 (条件Aと条件B) がザンダーの平行四辺形であり、Fig. 1-2 (条件C)

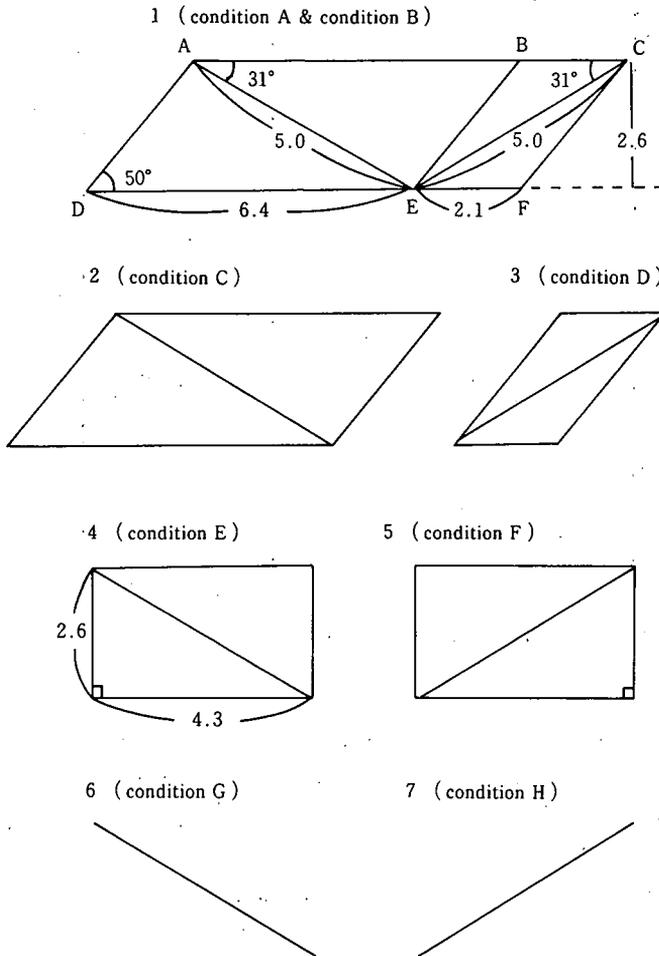


Fig. 1. The standard stimulus presented under each condition. (cm)

は、その左側の平行四辺形、Fig. 1-3 (条件D) は、その右側の平行四辺形である。Fig. 1-4 (条件E) と Fig. 1-5 (条件F) は、これらの平行四辺形と同じ長さと同方向の対角線を持った長方形である。これら5種類の図形は、実験条件刺激である。そして、Fig. 1-6 (条件G) は、条件A (Fig. 1-1の左側の平行四辺形)、条件C、条件Eの対角線と同じ長さと同方向を持った単一線分であり、これらに対する統制条件刺激である。Fig. 1-7 (条件H) は、条件B (Fig. 1-1の右側の平行四辺形)、条件D、条件Fの対角線と同じ長さと同方向を持った単一線分であり、これらに対する統制条件刺激である。

比較刺激は、1.5mmステップで変化する2.60cm~7.55cmの垂直線であり、これらは、1本ずつ21.3cm (タテ) × 7.1cm (ヨコ) の白ケント紙に巾0.5mmで黒インクで描かれた。なお、これらの垂直線の中心は、地のケント紙の中心より1cm上になるように描かれた。

標準刺激は左に、比較刺激は右に、Fig. 2のような配置で呈示された。ランダムに選ばれた1つの標準刺激に対して、比較刺激は、呈示毎に、次第に長く、又は、次第に短くなるように取り替え

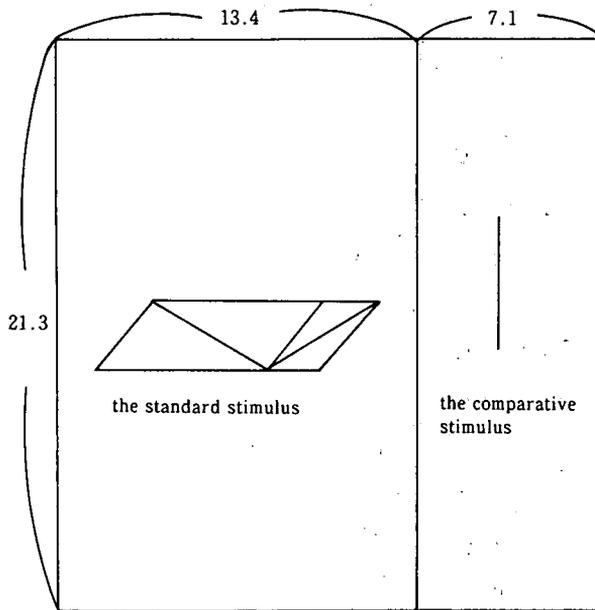


Fig. 2. The arrangement of the standard stimulus and the comparative stimulus. (cm)

られた。

装置 刺激呈示のため、DP-6型タキスト・スコープ（竹井器機 K.K. 製）を用いた。第1チャンネルは刺激呈示（白ケント紙上の輝度 8.87 cd/m^2 ：東京光学機械 K.K. 製，色彩輝度計，BM-5で測定），第3チャンネルは凝視点（白ケント紙中央の線幅 2 mm ，長さ 1 cm ， $N=1.5$ の×印）呈示（白ケント紙上の輝度 4.52 cd/m^2 ）のため用いた。

手続 極限法の変法の1つである上下法（up and down method）を用いた。1つの条件につき上昇・下降系列一回ずつで，その順序は条件毎にランダムに行った。各系列は，4回の判断の逆転によりなり，PSEは各逆転毎に求められ，合計2（系列） \times 4（逆転）=8つのPSEの平均を以って各条件のPSEとした。各条件の測定順序はランダムに行った。なお，条件Aと条件Bは同じ図形を用いるが，評価すべき対角線の位置を測定前に被験者に伝えることにより，条件Aと条件Bを区別した。実験者の「ハイ」の合図の後，0.5秒～1.0秒後に刺激図形が0.5秒間呈示され，その直後に被験者は判断を求められた。刺激が呈示されていない間，あるいは刺激間隔時間（被験者のペースに合わせて，2秒～3秒）の間，常に凝視点が呈示され，又，その間に実験助手が次の比較刺激に取り替えた。教示は，「左側の図の対角線部分，又は，単一の斜線に比べて，右側の垂直線が，短いと見えたら『短い』，等しいと見えたら『等しい』，長いと見えたら『長い』と教えてください」と与え，三件法で判断させた。そして，客観的な長さではなく主観的な長さで比較するよう，図形を部分的にではなく全体的に観察するように注意した。実験所要時間は28分～43分で，平均35.8分であった。

結 果

各条件における10人の被験者のPSEの平均をFig. 3に示した。これを分散分析したところ条件

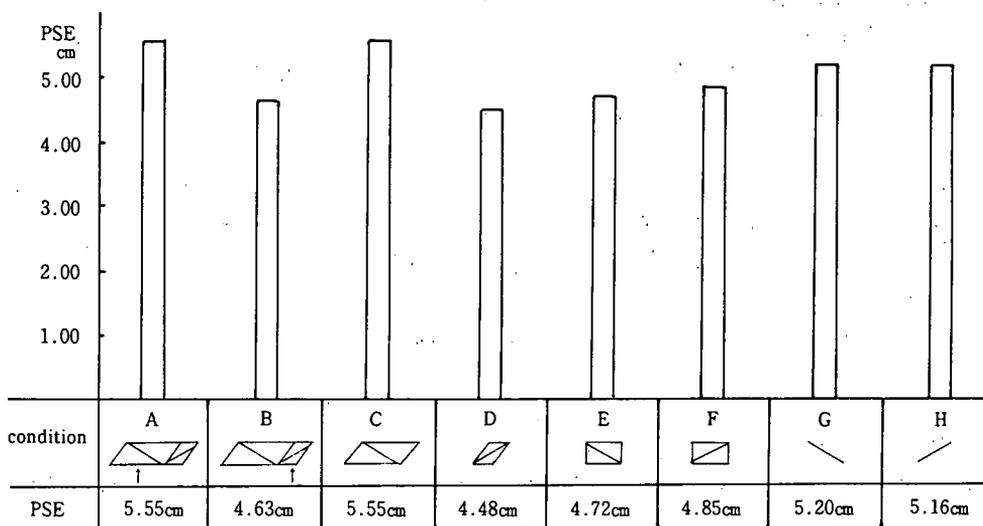


Fig. 3. The apparent length (PSE) of each condition.

Table 1
The *t* tests between conditions

cond. PSE	A 5.55cm	B 4.63cm	C 5.55cm	D 4.48cm	E 4.72cm	F 4.85cm	G 5.20cm	H 5.16cm
A 5.55cm								
B 4.63cm	$t=4.65^{**}$							
C 5.55cm	$t=0.01$	$t=5.96^{***}$						
D 4.48cm	$t=7.82^{***}$	$t=0.96$	$t=6.09^{***}$					
E 4.72cm	$t=10.9^{***}$	$t=0.54$	$t=8.86^{***}$	$t=1.66$				
F 4.85cm	$t=12.3^{***}$	$t=1.24$	$t=5.69^{***}$	$t=3.08^*$	$t=1.25$			
G 5.20cm	$t=2.44^*$	$t=2.79^*$	$t=2.65^*$	$t=3.20^*$	$t=4.63^{**}$	$t=1.96$		
H 5.16cm	$t=3.98^{**}$	$t=3.08^*$	$t=5.00^{***}$	$t=4.36^{**}$	$t=5.01^{***}$	$t=3.11^*$	$t=0.21$	

cond.: condition

* $P < 0.05$: ** $P < 0.01$: *** $P < 0.001$

間に統計的に有意な差があった ($F=16.56$ $df=(7,63)$ $p<0.01$)。さらに各条件間の t 検定を行い、それを Table 1 に示した。これによると、ザンダーの平行四辺形の左側の対角線 (条件 A PSE = 5.55cm) は、統制条件 (条件 G PSE = 5.20cm) に対して過大視された ($t=2.44$ $df=9$ $p<0.05$)。又、ザンダーの平行四辺形の左側の平行四辺形と同じである単独な平行四辺形の対角線 (条件 C PSE = 5.55cm) も条件 G に対して過大視された ($t=2.65$ $df=9$ $p<0.05$)。条件 A と条件 C は、平行四辺形の短対角線である。この結果からいえば、平行四辺形の短対角線は過大視されるといえる。条件 A の PSE と条件 C の PSE は同じであった ($t=0.01$ $df=9$ NS)。このことから、ザンダーの平行四辺形の左側の対角線の見掛けの長さは、右側の平行四辺形やその対角線の影響を受けないようである。

ザンダーの平行四辺形の右側の対角線 (条件 B PSE = 4.63cm) は、統制条件 (条件 H PSE = 5.16cm) に対して過小視された ($t=3.08$ $df=9$ $p<0.05$)。又、ザンダーの平行四辺形の右側の平行四辺形と同じである単独な平行四辺形の対角線 (条件 D PSE = 4.48cm) も条件 H に対して過小視された ($t=4.36$ $df=9$ $p<0.01$)。条件 B と条件 D は、平行四辺形の長対角線である。この結果からいえば、平行四辺形の長対角線は過小視されるといえる。条件 B の PSE と条件 D の PSE はほぼ同じであった ($t=0.96$ $df=9$ NS)。このことから、ザンダーの平行四辺形の右側の対角線の見掛けの長さは、左側の平行四辺形やその対角線の影響を受けないようである。

この実験では、長方形の対角線 (条件 E と条件 F) の見掛けの長さも測定した。条件 E (PSE = 4.72cm) も条件 F (PSE = 4.85cm) も、それぞれの統制条件 (G・H) に対して過小視された ($t=4.63$ $df=9$ $p<0.01$, $t=3.11$ $df=9$ $p<0.05$)。又、条件 E と条件 F は、同じ長方形における方向が対称な対角線である。方向が、対称的に異なっても見掛けの長さは異ならないようである ($t=1.25$ $df=9$ NS)。

条件 G と条件 H は、長さは同じであるが方向が互いに対称である傾いた単一線分であるが、それらの見掛けの長さは異ならないようである ($t=0.21$ $df=9$ NS)。

考 察

平行四辺形の短対角線条件である条件 A と条件 C は全て過大視され、長対角線条件である条件 B と条件 D は全て過小視された。この結果は、Rausch の結果と殆ど一致した。ただ、Rausch は、幾つかの短対角線条件においては全て過大視されたと述べているが、長対角線条件においては、幾つかのうち、ただ 1 つの例外を除いて過小視されたと述べている。Rausch は、統制条件を設けず、物理的な長さ (POE) が 16.1cm である長対角線と単純に比較して、再生された長さ (PSE) が 16.2cm であったことに対して、これを例外と述べている。本実験において、長対角線の PSE が比較されるべき統制条件 (H) の PSE は、5.15cm で、これは、POE (5.00cm) と、単純に比較した場合大きいことになる。もし、Rausch も統制条件を設けていたならば、POE = 16.1cm より少し大きな PSE を得ていたかもしれない。そして長対角線も例外なく全て過小視されていたかもしれない。この様に、Rausch の実験は、統制条件を設けてなく、又、過大視とか過小視の記述も、単に POE と PSE を比較して、PSE が大きければ過大視、小さければ過小視と記述しているに過ぎない。これに比べて、本実験は、統制条件を設定し、過大視や過小視は統計的な検定に基づいて記述しており、本実験の方が説得力があると思われる。

ザンダーの平行四辺形の左側の対角線は短対角線であり、これは過大視され、右側の対角線は長対角線であり、これは過小視されるわけだから、当然左側の対角線の方が長く、あるいは、右側の

対角線の方が短く知覚されることになる。又、短対角線は、条件Cの様に単独の平行四辺形の場合も、条件Aの様に右側にもう1つの小さな平行四辺形やその長対角線がくっついている場合も過大視量に差はなく、長対角線は、条件Dの様に単独の平行四辺形の場合も、条件Bの様に左側にもう1つの大きな平行四辺形やその短対角線がくっついている場合も過小視量に差はなかった。よって、ザンダー錯視は、平行四辺形の短対角線の過大視と、長対角線の過小視の組み合わせによって生じると結論できる。

Metzgerは、序において述べたように、平行四辺形は直立することにより、よい形である長方形に近づこうとする傾向があり、その傾向が、短対角線の過大視、長対角線の過小視を生じさせると考えた。そうすると、よい形である長方形の対角線は、過大視も過小視も生じないはずである。本実験において、長方形の対角線(条件Eと条件F)の見掛けの長さも測定してみた。その結果、長方形の対角線は、いずれも過小視された。この結果から、平行四辺形の対角線の過大視、長対角線の過小視、ひいては、ザンダー錯視を単純に「よき形態の法則」によって説明することには疑問が生じる。これについては、今後の研究課題としたい。

References

- 1) 今井 省吾 錯視図形——見え方の心理学——. p. 35, サイエンス社 (1984).
- 2) Pressey, A.W. A theory of the Mueller-Lyer illusion. *Perceptual and Motor Skills*, 25, 569—572 (1967).
- 3) Runyon, R.P., & Cooper, M.R. Enhancement of Sander illusion in minimal form. *Perception & Psychophysics*, 8, 110—111 (1970).
- 4) Robinson, J.O. *The psychology of visual illusion*. p. 24, Hutchinson, London (1972).
- 5) Cooper, M.R., Runyon, R.P., Tatz, S.J., & Heimer, W.I. The Sander illusion as a function of relative space and component lines. *Perception & Psychophysics*, 11, 102—104 (1972).
- 6) Rausch, E. *Struktur und Metrik figural-optischer Wahrnehmung*. p. 338—340, Waldemar Kramer, Frankfurt (1952).
- 7) Metzger, W. *Gesetze des Sehens*. Waldemar Kramer, Frankfurt (1953). [盛永 四郎 (訳) 視覚の法則. p. 150—155, 岩波書店 (1968)]
- 8) Wertheimer, M. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II. *Psychologische Forschung*, 4, 301—350 (1923).
- 9) Shipley, W.C., Nann, B.M., & Penfield, M.J. The apparent length of tilted lines. *Journal of Experimental Psychology*, 39, 548—551 (1949).
- 10) Pollock, W.T., & Chapanis, A. The apparent length of a line as a function of its inclination. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, 170—178 (1952).
- 11) Suto, Y. Study on the interdependence of the horizontal-vertical illusion and the divided illusion: I. *Japanese Psychological Research*, 2, 81—93 (1960).
- 12) 浜口 恵治 ミュラー・リヤー錯視の異方性. 高知大学学術研究報告, 34, 63—70 (1986).

(昭和61年9月2日受理)

(昭和61年12月27日発行)

