

平行四辺形の対角線の見掛けの長さに
及ぼす図地明度対比の効果

浜 口 恵 治*

(人文学部文学科心理学研究室)

The Effect of Brightness Contrast on the Apparent Length
of the Diagonal of a Parallelogram

Keiji HAMAGUCHI

(Laboratory of Psychology, Faculty of Humanities)

Abstract: A parallelogram has two diagonals (long and short ones). The long one is called a long diagonal, and the short one a short diagonal here. This paper is concerned with the effect of brightness contrast between figure and ground on the apparent lengths of the long diagonal (the first experiment) and the short diagonal (the second experiment). Parallelograms and diagonals were varied independently in brightness contrast. In the first experiment the apparent lengths of long diagonals were underestimated. The differences in brightness between parallelogram and diagonal reduced the illusion, and a maximal illusion was found when the parallelogram and the diagonal had the same brightness. In the second experiment the apparent lengths of short diagonals were overestimated, but brightness differences between parallelogram and diagonal gave no noticeable change in the size of the illusion.

序

平行四辺形には長短二本の対角線を描くことができる。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。これら二本の対角線の見掛けの長さはそれぞれ異なり、長対角線は過小視され、短対角線は過大視される^{1), 2), 3)}。このような現象は「よき形態の法則」⁴⁾により生じると考えることができる^{2), 3), 5)}。平行四辺形は、よい形である長方形の歪んだ形であると考えことができ、そして、「よき形態の法則」の一つの要因である「よい形の要因」の働きにより、平行四辺形は、直立してよい形である長方形に近づこうとする傾向が生じ、そのような現象が生じるのだと考えられる。すなわち、平行四辺形の左右の両辺が直立し、上辺と下辺と直角をなすように(長方形になるように)なれば、長対角線は押し縮められ、反対に、短対角線は引き延ばされることになり、その結果、長対角線は過小視され、短対角線は過大視されることになるのである。

「よい形の要因」は、「よき形態の法則」のうちの幾つかある、まとまりの諸要因のうちの一つで

* 本研究は、塩出浩司氏、吉備重宏氏の協力を得て行われたものである。ここに深く感謝の意を表します。

ある。もし、平行四辺形の長対角線の過小視と短対角線の過大視を、一般的に、「よき形態の法則」で説明することができると思うならば、他のまとまりの要因の影響を受けて、平行四辺形の長対角線の過小視と短対角線の過大視は変化するはずである。「類同の要因」も、まとまりの諸要因のうちの一つである。もし、平行四辺形とその対角線の明度（図地明度対比という用語を用いるべきであるが、前後の文脈から意味が通じる限り、以下の記述において簡単化のため明度という用語を用いる）をそれぞれ独立に変化させた場合、両者の明度が同じであれば類同であり、両者の明度の相違が大きくなるほど類同でなくなるといえる。そして、両者の明度が同じである場合、「類同の要因」が強く働き、長対角線は最も過小視され、短対角線は最も過大視され、また、両者の明度の相違が大きくなればなるほど、長対角線の過小視はより減少し、短対角線の過大視もより減少するという仮説が成り立つ。この仮説の検証実験が以下に行われた。

実 験 I

平行四辺形の長対角線の見掛けの長さに関して、上記の仮説の検証実験が行われた。

方 法

被験者 大学生10人（男6・女4）が用いられた。

刺激 標準刺激は、Fig. 1 - Aに示されているような長対角線のみを持った、外周が底辺3cm、高さ4.5cm、長対角線の長さ7.5cmの平行四辺形である。この外周より内側へ2mm取ることにより線の幅とし、長対角線は両側へ1mmずつ取ることにより線の幅とされた。図形の明度は長対角線・平行四辺形共にW（明灰・Munsell番号N=7.5）、G（中灰・同N=4.5）、B（黒・同N=1.5）のいずれかであり、その組み合わせは、WW（長対角線の明度が明灰・平行四辺形の明度が明灰である図形）、WG（同 明灰・同 中灰図形）、WB（同 明灰・同 黒図形）、GW（同 中灰・同 明灰図形）、GG（同 中灰・同 中灰図形）、GB（同 中灰・同 黒図形）、BW（同 黒・同

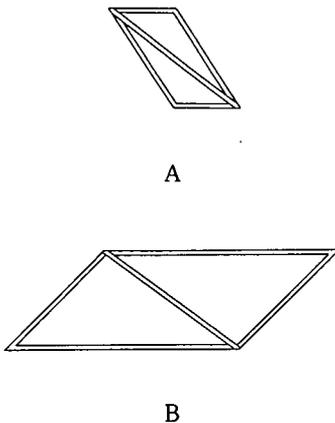


Fig.1 実験I(A)・実験II(B)で用いられた標準刺激

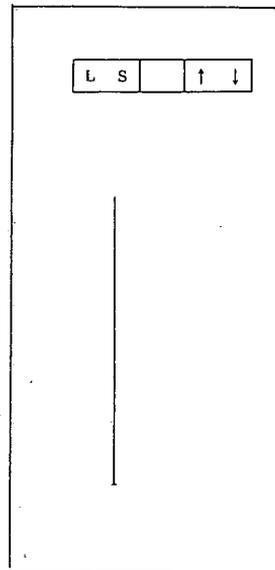


Fig.2 実験I・実験IIで用いられた比較刺激

明灰図形), BG (同 黒・同 中灰図形), BB (同 黒・同 黒図形) の9種とされた。これらの9種の図形を実験条件刺激とし, 統制条件刺激として, 長対角線のみ3種の明度(W, G, B)の統制条件刺激を設けた。これら12種の標準刺激条件図形は, それぞれの明度のMunsell灰色紙より切り取られ, 22.2cm (縦) × 26.0cm (横) の白ケント紙に貼り付けられた。

比較刺激は, Fig. 2に示されているような, 25.8cm (縦) × 12.2cm (横) (B4判の1/3の大きさ) のリコピー感光紙に描かれた, 長さが13cm, 幅が0.5mmの垂直線であった。比較刺激は, 被験者に対して標準刺激の右側に配置された。

手続 被験者調整法が用いられた。測定は一人の被験者に対して48回行われたが, それを4つのブロックに分け, それぞれのブロックにおいて12条件がランダムな順序でそれぞれ一回ずつ, 上昇系列又は下降系列で測定された。第一ブロックにおいて上昇系列(下降系列)で測定された条件は, 第二ブロックにおいては下降系列(上昇系列), 第三ブロックにおいては下降系列(上昇系列), 第四ブロックにおいては上昇系列(下降系列)で測定された。上昇系列の場合, 被験者は, 10cm × 10cmの白紙で, 比較刺激の下部の長さが標準刺激の長対角線あるいは単一斜線の見掛けの長さより短いように残して覆い, そこから白紙を次第に上にずらせて, 長対角線あるいは単一斜線と見掛けの上で等しい長さに見えるように調整し, その位置に印を記した。下降系列はこの反対であった。それぞれのブロックの12条件の測定で, 上昇系列で測定される条件数と下降系列で測定される条件数とは, 等しく6条件ずつになるようにされ, また, 奇数番目の被験者が, ある条件を第一ブロックにおいて, 上昇系列(下降系列)で測定された場合は, その条件は, 偶数番目の被験者において, 第一ブロックに下降系列(上昇系列)で測定されるようにし, 可能な限り順序効果が相殺されるようにした。測定に要する時間は, 被験者のペースに任された。

結果と考察

被験者10人の実験条件刺激と統制条件刺激のPSEの平均をTable 1に示した。実験条件刺激のPSEとその対応する統制条件刺激のPSEの比較をt検定により行い, それらをさらにTable 1に示した。統計的な結果によれば, 平行四辺形の長対角線は, WBを除いて, すべて過小視されたといえる。WBが, 平均値では過小視されていないが, 統計的に過小視されなかったのは, 後述するように, 長対角線と平行四辺形の明度の相違が大きくなるにつれて, 過小視量が減少したためであると考えられる。

さらに, 実験条件刺激のPSEとその対応する統制条件刺激のPSEの差をもって錯視量とし, それをFig. 3に示した。分散分析の結果, 長対角線の明度の効果及び平行四辺形の明度の効果は統

Table 1

平行四辺形の長対角線の見掛けの長さ(PSE・10人の平均)と, 対応する条件間のt検定

条件	W	WW	WG	WB	G	GW	GG	GB	B	BW	BG	BB
PSE(cm)	7.01	6.47	6.77	6.83	7.08	6.83	6.51	6.64	7.17	6.86	6.71	6.55
t検定		t= ** 4.16	t= * 2.76	t= 1.93		t= ** 3.37	t= ** 4.61	t= ** 4.76		t= ** 3.36	t= ** 5.40	t= ** 5.14

* p < 0.05 ** p < 0.01 (条件欄のアルファベット記号は本文参照)

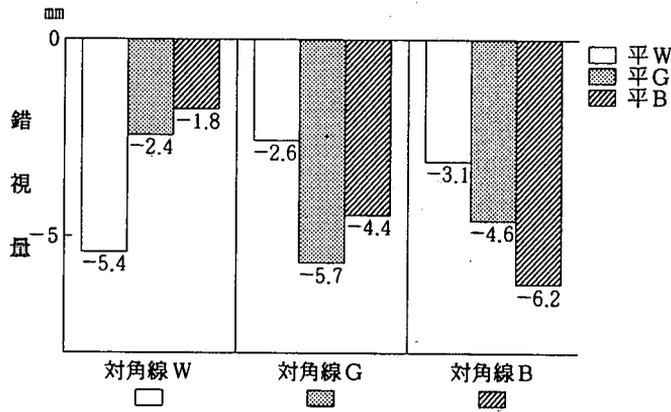


Fig. 3 平行四辺形の長対角線の錯視に及ぼす図地明度対比の効果 (10人の平均)
 (平：平行四辺形 アルファベット記号は本文参照)

Table 2

平行四辺形の長対角線の錯視に関する各条件間のt検定

条件 錯視量	W W -5.4mm	W G -2.4mm	W B -1.8mm	G W -2.6mm	G G -5.7mm	G B -4.4mm	B W -3.1mm	B G -4.6mm	B B -6.2mm
W W -5.4mm									
W G -2.4mm	*								
W B -1.8mm	**	t=1.23							
G W -2.6mm	*	t=0.18	t=0.84						
G G -5.7mm	t=0.33	*	*	**					
G B -4.4mm	t=1.01	t=2.23	*	**	t=1.58				
B W -3.1mm	t=2.01	t=0.63	t=1.30	t=0.84	*	t=1.94			
B G -4.6mm	t=0.70	t=1.96	*	**	t=1.09	t=0.28	*		
B B -6.2mm	t=0.82	*	**	**	t=0.59	t=2.23	**	t=1.91	

* p<0.05 ** p<0.01 (条件欄のアルファベット記号は本文参照)

計的に有意でなかった ($F=1.71$ $df=(2, 18)$ NS, $F=2.28$ $df=(2, 18)$ NS) が、両者の交互作用の効果は有意であった ($F=10.34$ $df=(4, 36)$ $p<0.01$)。また、各実験条件刺激の錯視量間の比較を t 検定により行い、それを Table 2 に示した。これらの統計的な結果と Fig. 3 とから、長対角線の錯視量は、長対角線の明度と平行四辺形の明度が同じである場合に最も大きいといえる。

長対角線の明度と平行四辺形の明度の相違が大きくなればなるほど長対角線の過小視量はより減少するかどうか、長対角線の明度ごとにみてる。まず、長対角線の明度が明灰の場合、平均値では、過小視の絶対値は、WW (5.4mm) > WG (2.4mm) > WB (1.8mm) であり、両者の明度の相違が大きくなるにつれて過小視量は減少した。統計的にも WG と WB は、WW より過小視量は減少した。しかし、WG と WB とは統計的に有意な差はなかった。このように、大勢において、両者の明度の相違が大きくなるにつれて長対角線の過小視量は減少するといえそうである。

長対角線の明度が中灰の場合、平均値では、過小視の絶対値は、GG (5.7mm) > GB (4.4mm) > GW (2.6mm) であり、両者の明度が相違する GW や GB は、両者の明度が同じである GG より過小視量は減少し、GG と GW は統計的に有意な差があった。しかし、GG と GB とは統計的に有意な差はなかった。GW と GB とは、長対角線と平行四辺形との明度差が、Munsell 番号で 3 ずつで同じであるので、GG より同じ程度の過小視量の減少が期待されたのであるが、統計的に有意な差があった。なぜこのような有意な差が生じたのか、この実験のデザインの範囲内では解らない。しかし、大勢において、両者の明度の相違は、長対角線の過小視量を減少させるといえそうである。

長対角線の明度が黒の場合、平均値では、過小視の絶対値は、BB (6.2mm) > BG (4.6mm) > BW (3.1mm) であり、両者の明度の相違が大きくなるにつれて過小視量は減少した。統計的にも、BW は BB より過小視量は減少し、BG と BW とは有意な差があった。しかし、BB と BG とは統計的に有意な差はなかった。このように、大勢において、長対角線の明度が黒の場合も、両者の明度の相違が大きくなるにつれて長対角線の過小視量は減少するといえそうである。

なお、統制条件刺激である長対角線のみ見掛けの長さには、統計的に有意な差はなかった ($F=3.09$ $df=(2, 18)$ NS)。すなわち、単一線分は、明度が相違しても、見掛けの長さには有意な差はないようである。

以上の結果により、両者の明度が同じである場合、「類同の要因」が強く働き、長対角線は最も過小視され、また、両者の明度の相違が大きくなればなるほど、長対角線の過小視はより減少するという仮説は、ほぼ検証されたといえる。

ほとんどすべての長対角線が過小視されたのは、浜口の実験結果^{2), 3)}と同じく、「よき形態の法則」のうち、幾つかあるまとまりの諸要因のうちの一つである「よい形の要因」の働きによるものと考えられ、さらにこの実験において、「類同の要因」の働きが検証されたことにより、平行四辺形の長対角線の過小視を、より一般的に、「よき形態の法則」で説明することが可能になったと考えられる。

実 験 II

平行四辺形の短対角線の見掛けの長さに関して、上記の仮説の検証実験が行われた。

方 法

被験者 大学生10人 (男5・女5) が用いられた。

刺激 標準刺激は、Fig. 1-B に示されているような短対角線のみを持った、外周が、底辺 10.5cm、高さ 4.5cm、短対角線の長さ 7.5cm の平行四辺形である。その他は、長対角線が短対角線に変わっている以外、すべて実験 I と同じである。

手続 長対角線が短対角線になっている以外は、すべて実験 I と同じである。

結果と考察

被験者10人の実験条件刺激と統制条件刺激のPSEの平均をTable 3に示した。実験条件刺激のPSEとその対応する統制条件刺激のPSEの比較をt検定により行い、それらをさらにTable 3に示した。統計的な結果によれば、平行四辺形の短対角線は、すべて過大視されたといえる。

さらに、実験条件刺激のPSEとその対応する統制条件刺激のPSEの差をもって錯視量とし、それをFig. 4に示した。分散分析の結果、短対角線の明度の効果及び平行四辺形の明度の効果、それに両者の交互作用の効果は統計的に有意でなかった ($F=1.78$ $df=(2, 18)$ NS, $F=1.09$ $df=(2, 18)$ NS, $F=0.75$ $df=(4, 36)$ NS)。この統計的な結果とFig. 4とから、短対角線の錯視量は、実験 I の長対角線の場合と異なり、短対角線の明度と平行四辺形の明度の相違によって有意な差を生じないようである。

なお、統制条件刺激である短対角線のみを見掛けの長さには、統計的に有意な差はなかった ($F=0.14$ $df=(2, 18)$ NS)。すなわち、実験 I の結果と同様に、単一線分は、明度が相違しても、見掛けの長さに有意な差が生じないようである。

Table 3

平行四辺形の短対角線の見掛けの長さ (PSE・10人の平均) と、対応する条件間のt検定

条件	W	WW	WG	WB	G	GW	GG	GB	B	BW	BG	BB
PSE(cm)	7.31	7.63	7.64	7.67	7.34	7.66	7.51	7.58	7.35	7.76	7.71	7.73
t検定		t=** 3.52	t=** 3.50	t=** 6.81		t=** 4.01	t=* 2.35	t=** 4.26		t=* 3.04	t=** 3.79	t=** 4.06

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ (条件欄のアルファベット記号は本文参照)

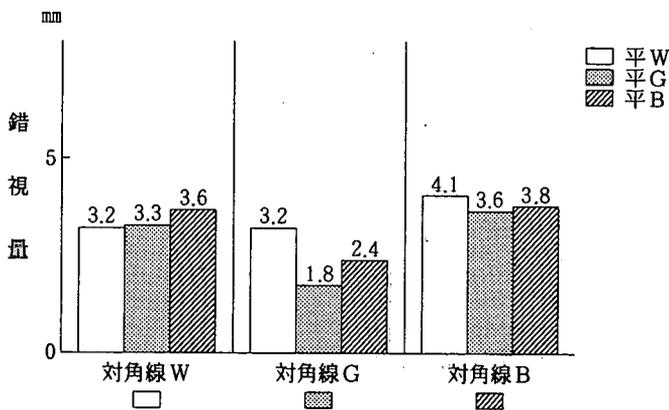


Fig. 4 平行四辺形の短対角線の錯視に及ぼす図地明度対比の効果 (10人の平均)
(平：平行四辺形 アルファベット記号は本文参照)

以上の結果により、両者の明度が同じである場合、「類同の要因」が強く働き、短対角線は最も過大視され、また、両者の明度の相違が大きくなればなるほど、短対角線の過大視はより減少するという仮説は、実験Ⅰの長対角線の場合と異なり、検証されなかったといえる。

すべての短対角線が過大視されたのは、浜口の実験結果^{21, 22}と同じく、「よき形態の法則」のうち、幾つかあるまとまりの諸要因のうちの一つである「よい形の要因」の働きによるものと考えられるが、この実験Ⅱにおいて、「類同の要因」の働きが検証されなかったことにより、平行四辺形の短対角線の過大視を「よき形態の法則」で説明することに疑問があると考えられるであろうか。そのように考えるのは早計であると思われる。Fig. 1-AとFig. 1-Bとを注意して見比べてみると、長対角線と平行四辺形は非常に近接しているが、短対角線と平行四辺形はそうではない。「よき形態の法則」には、「近接の要因」もある。よって、長対角線の場合は、「近接の要因」の相乗作用があったために「類同の要因」の働きが検証され、短対角線の場合は、「近接の要因」の相乗作用がなかったか、または、少なかったために、「類同の要因」の働きが検証されなかったのではないかと考えることができる。

実験Ⅰ・Ⅱの考察

上述のように、平行四辺形とその対角線の明度をそれぞれ独立に変化させることにより、「類同の要因」を操作し、平行四辺形の対角線の錯視を、より一般的に、「よき形態の法則」で説明できるかどうかを検討するために、二つの実験をおこなった。実験Ⅰでは、「類同の要因」の働きが検証されたが、実験Ⅱではそうでなかった。しかし、実験Ⅱの結果は必ずしも実験Ⅰの結果と矛盾するものとは考えられず、平行四辺形の対角線の錯視を、より一般的に、「よき形態の法則」で説明できると考察された。

錯視図形において、平行四辺形の対角線のように、その見掛けの長さとか大きさを測定される図形部分を検査部分と呼び、その他の部分を誘導部分と呼ぶことにする。いろいろな錯視図形において、検査部分と誘導部分の明度をそれぞれ独立に変化させて、それらの明度変化の錯視に及ぼす効果が幾つか研究されている。Wickelgren⁶⁾はミュラー・リヤー (Müller-Lyer) 錯視図形に対して実験を行い、ミュラー・リヤー錯視図形の誘導部分である斜線の図地明度対比の増大は錯視を増大させ、検査部分である主線の図地明度対比の増大は錯視を減少させることを見だし、両者の図地明度対比が同じときに、最大の錯視を見いださなかった。Weintraub, Tong & Smith⁷⁾や浜口⁸⁾も同様の結果を得ている。しかし、Sadza & de Weert⁹⁾は、両者の明度が同じときに最大の錯視を得、両者の明度が相違するほど錯視は減少するとの結果を得ている。また、デルブフ (Delboeuf) の大きさ錯視図形に関しても同様の研究がいくつか行われており、Oyama¹⁰⁾やOyama & Akatsuka¹¹⁾は図地明度差を変化させ、誘導部分の図地明度差が増大するほど錯視は増大し、検査部分の図地明度差が増大するほど錯視は減少するとの結果を得、両者の明度が同じときに最大の錯視を得なかった。Weintraub, Wilson, Greene & Palmquist¹²⁾やWeintraub & Cooper¹³⁾も、図地明度対比を変化させ、同様の結果を得ている。

デルブフの大きさ錯視の場合は一致して「類同の要因」の働きを否定している。このことは、「よき形態の法則」によって、すべての錯視を説明することができないことを物語っていると思われる。錯視は、複数の要因の働きによって生じると考えられている¹⁴⁾。平行四辺形の対角線の錯視には、「よき形態の法則」の働きの比重は大きいのであろうが、デルブフの大きさ錯視に対しては、そうでないのかも知れない。

ミュラー・リヤー錯視図形の場合、Sadzaらの結果は、当実験の平行四辺形の長対角線の錯視の

場合と同じく、「類同の要因」の働きを肯定しているが、Wickelgren や Weintraub らや浜口の結果は「類同の要因」の働きを否定しており、実験結果の不一致が見られる。この不一致の原因は何であろうか。今後、浜口の実験の追実験を行うことによって、結果の不一致の原因を追及するとともに、ミュラー・リヤー錯視に及ぼす「類同の要因」の効果を再検討したい。

References

- 1) Rausch, E. *Struktur und Metrik figural-optischer Wahrnehmung*. p. 338-340, Waldemar Kramer, Frankfurt (1952).
- 2) 浜口恵治 ザンダー錯視の研究. 高知大学学術研究報告, 35, 人文科学, 47-53 (1986).
- 3) 浜口恵治 平行四辺形の対角線の見掛けの長さ. 高知大学学術研究報告, 36, 人文科学, 1-9 (1987).
- 4) Wertheimer, M. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II. *Psychologische Forschung*, 4, 301-350 (1923).
- 5) 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)]
- 6) Wickelgren, B. G. Brightness contrast and length perception in the Müller-Lyer illusion. *Vision Research*, 5, 141-150 (1965).
- 7) Weintraub, D. J., Tong, L., & Smith, A. J. Müller-Lyer versus size/reflectance-contrast illusion: Is the age-related decrement caused by a declining sensitivity to brightness contours? *Developmental Psychology*, 8, 6-15 (1973).
- 8) 浜口恵治 ML錯視に及ぼす明度対比の効果 (2). 高知大学学術研究報告, 30, 人文科学, 89-96 (1981).
- 9) Sadza, K. J., & de Weert, Ch. M. M. Influence of color and luminance on the Müller-Lyer illusion. *Perception & Psychophysics*, 35, 214-220 (1984).
- 10) Oyama, T. The effect of hue and brightness on the size-illusion of concentric circles. *American Journal of Psychology*, 75, 45-55 (1962).
- 11) Oyama, T., & Akatsuka, R. The effect of hue and brightness on the size-illusion of concentric circles: A further study. *Japanese Psychological Research*, 4, 129-134 (1962).
- 12) Weintraub, D. J., Wilson, B. A., Greene, R. D., & Palmquist, M. J. Delboeuf illusion: Displacement versus diameter, arc deletions, and brightness contrast. *Journal of Experimental Psychology*, 80, 505-511 (1969).
- 13) Weintraub, D. J., & Cooper, L. A. Coming of age with the Delboeuf illusion: Brightness contrast, cognition, and perceptual development. *Developmental Psychology*, 6, 187-197 (1972).
- 14) Coren, S., & Girgus, J. S. *Seeing is deceiving: The psychology of visual illusions*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey (1978).

(昭和63年9月7日受理)

(昭和63年12月27日発行)