長方形の対角線の見掛けの長さ

浜　口　恵　治*

（人文学部文学科心理学研究室）

The Apparent Lengths of the Diagonals of Rectangles

Keiji HAMAGUCHI

(Laboratory of Psychology, Faculty of Humanities)

Abstract: Five rectangles with the diagonal of the same length but the different angles (5°, 15°, 25°, 35°, 45°) were constructed, and the apparent lengths of the diagonals of such various rectangles were measured. The apparent lengths of all the diagonals were underestimated but were not underestimated statistically significantly.

序

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。ところが，長対角線は過小視され，短対角線は過大視される[1),2),3)]。このような現象に対して，Metzger[4)]は，平行四辺形は「よき形態」[5)]である長方形の歪んだ形態であり，平行四辺形は直立することにより，「よき形態」である長方形に近づこうとする傾向がある為，そのような現象が生じると考えた。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，逆に，短対角線は引き延ばされることになり，その結果，長対角線の過小視，短対角線の過大視が生じることになるのである。

上記のような考えに立てば，それを延長して，長方形は平行四辺形の一つの特殊な形ではあるが，「よき形態」をしているので，その対角線は過小視も過大視もされないとの仮説を立てることができる。浜口の1987年の論文[3)]では，長方形の対角線は，幾分かは過小視されたが，統計的に有意に至らず，上記の仮説を疑う根拠はなかったが，浜口の1986年の論文[2)]では，長方形の対角線は，統計的に有意に過小視され，上記の仮説に疑いが持たれた。

両論文で記述されている長方形は，1986年の論文では，水平に対する対角線の角度が31.0°，1987年の論文では，36.87°であり，後者は日常よく見掛ける黄金分割の長方形（35.26°）に近かった。長方形にもいろいろな形のものがある。そのなかでも「よき形態」をしている長方形（例えば，黄金分割の長方形とか正方形）というものがあり，そうで有る無しによって，対角線の見掛けの長さが異なるのではないだろうか。この論文において，Metzger の説[4)]を検討するため，日常よく見掛ける黄金分割の長方形や正方形の対角線の見掛けの長さと，そうでない長方形の対角線の見掛けの長さが実験的に比較検討された。

＊　本研究は，荻山由利氏，奥本博子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。

実　　験

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 に示された10種の図形で，5E（対角線の角度が5°の長方形），

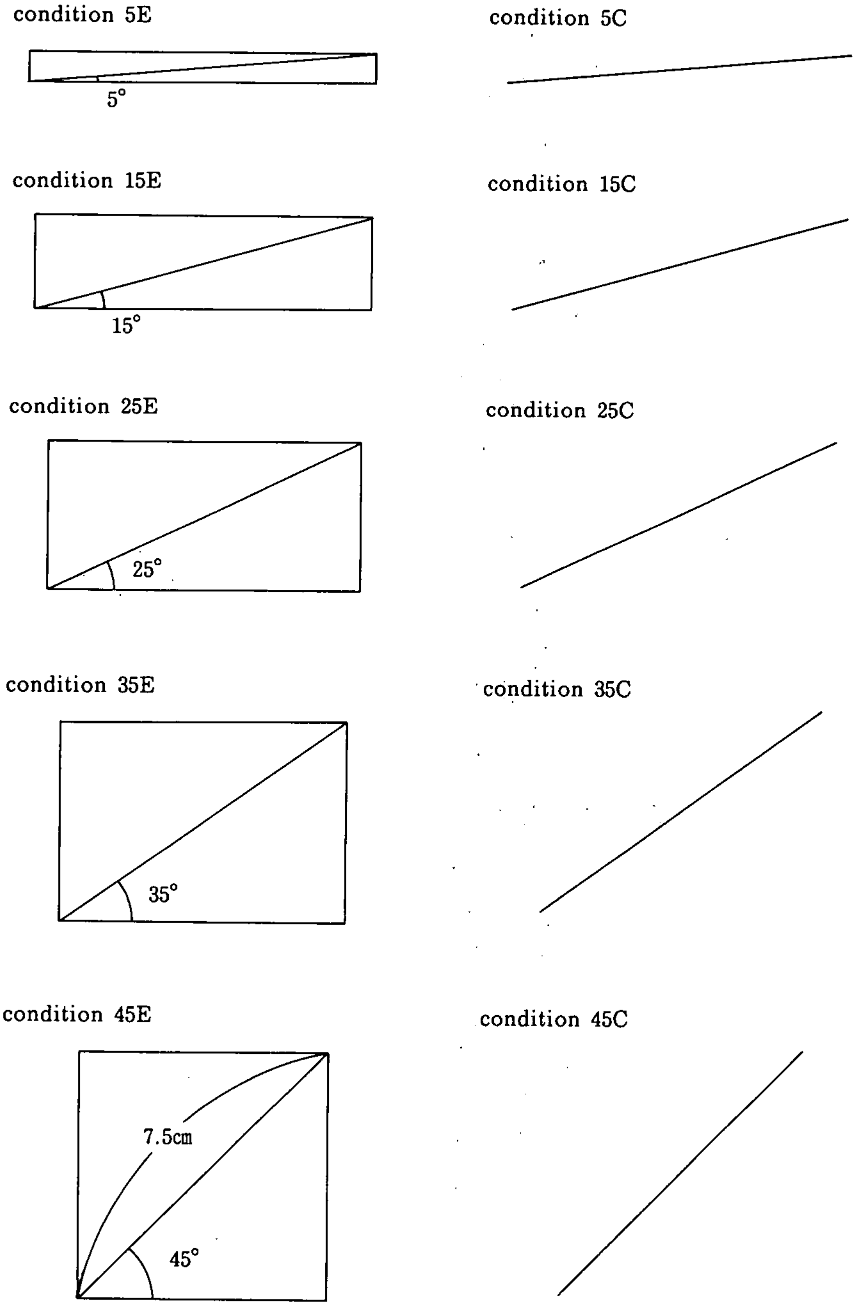


Fig. 1. The standard stimulus presented under each condition.

15E (同15°), 25E (同25°), 35E (同35°, 黄金分割の長方形 (同35.26°) に近似), 45E (同45°, 正方形) の5種の実験条件刺激図形と, それに, それらの対角線のみの5C (5Eに対応), 15C (同15E), 25C (同25E), 35C (同35E), 45C (同45E) の5種の統制条件刺激図形よりなる。これらの対角線の長さはすべて7.5cmであった。標準刺激は, 一つずつ22.0cm(縦)×14.5cm(横) 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, Fig. 2のように, これらの図形は, その中心が下から10.0cmの高さに, 左から9.0cmに位置するように描かれた。

比較刺激は, 1.5mmステップで変化する4.95cm〜9.90cmの垂直線であり, これらは, 一本ずつ22.0cm(縦)×11.5cm(横) の白ケント紙に巾0.5mmで黒インクで描かれた。なお, Fig. 2のように, これらの垂直線は, その中心が, 下から12.0cmの高さに, 左から1.5cmに位置するように描かれた。ランダムに選ばれた標準刺激に対して, 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られた。

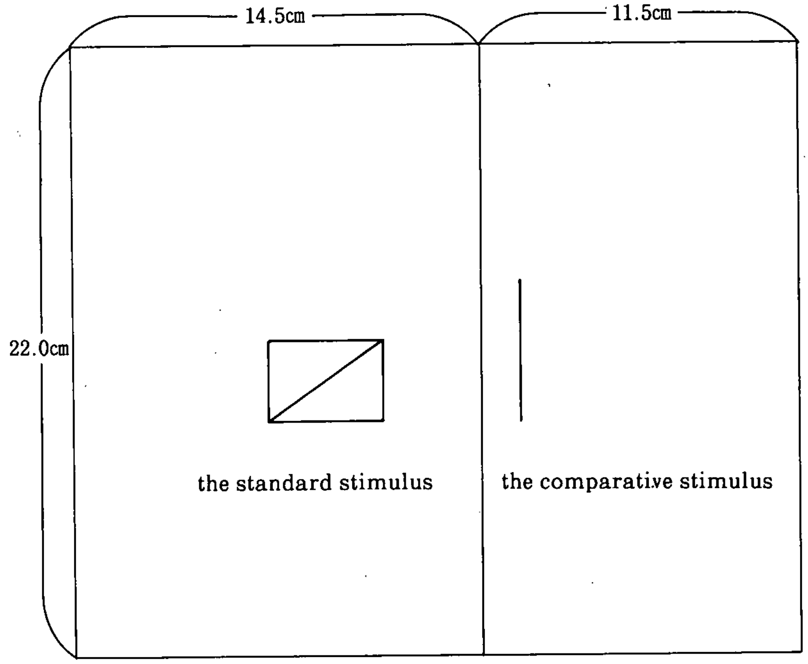


Fig. 2. The arrangement of the standard stimulus and the comparative stimulus.

装　置　刺激呈示のために, DP-6型タキスト・スコープ (竹井機器K.K.製) が用いられた。第一チャンネルは刺激呈示 (白ケント紙上の輝度8.87cd/m²：東京光学機械K.K.製, 色彩輝度計, BM-5で測定), 第三チャンネルには凝視点呈示 (白ケント紙中央の線巾2mm, 長さ1.0cm, N=1.5の×印：白ケント紙上の輝度4.52cd/m²) のために用いられた。

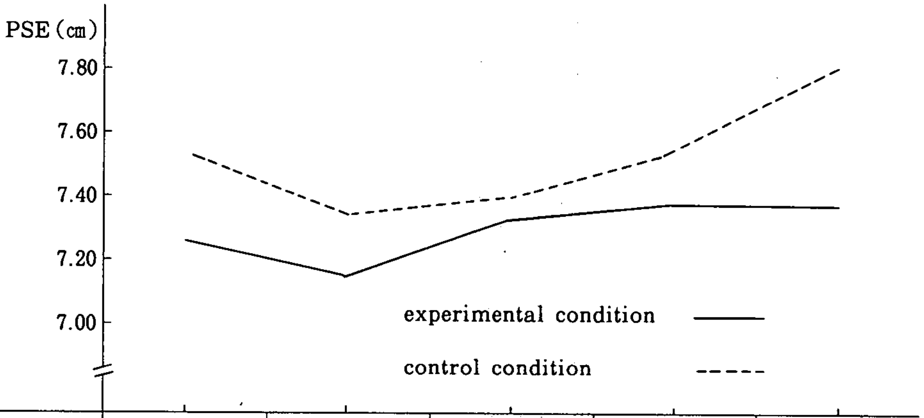
手　続　極限法の変法の一つである上下法 (up and down method) が用いられた。一つの条件につき上昇・下降系列一回ずつで, その順序は条件毎にランダムに行われた。各系列は, 四回の判断の逆転によりなり, PSEは, 各逆転毎に求められ, 合計, 2(系列)×4(逆転)=8のPSEの平均をもって各条件のPSEとされた。各条件の測定順序はランダムに行われた。実験者の「ハイ」の合図の後, 0.5秒〜1.0秒後に刺激図形が0.5秒間呈示された。その直後に被験者は判断を求められた。

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2.0秒～3.0秒）の間，常に凝視点が呈示され，又，その間に実験助手によって次の比較刺激に取り替えられた。教示は，「左側の図形の対角線部分，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』と答えてください」と与えられ，三件法で判断させられた。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された。実験所要時間は40分～67分，平均52.7分であった。

結　　果

各条件における10人の被験者の PSE の平均は Fig. 3 に示された。各実験条件の PSE は，それぞれ対応する統制条件の PSE よりすべて小さかったが，分散分析の結果，実験条件と統制条件間に統計的に有意な差は得られなかった（F=4.96　df=(1, 9) NS)。又，条件間と対角線の角度との交互作用も統計的に有意な差が得られなかった（F=0.58　df=(4, 36) NS)。さらに，対応する実験条件の PSE と統制条件の PSE との比較がなされたが，すべての対応において統計的に有意な差は得られなかった（5E : 5C (t =1.67　df= 9　NS), 15E : 15C (t =1.05　df = 9　NS), 25E : 25C (t =0.56　df= 9　NS), 35E : 35C (t =0.93　df= 9　NS), 45E : 45C (t =1.97　df=9　$0.05<p<0.10$))。

このような統計的な結果からいえば，長方形にも細長いものから正方形までいろいろな形があるが，日常よく見掛けるもの（黄金分割の長方形や正方形）とそうでないものとで，対角線の見掛け



exper. condition	5 E	15E	25E	35E	45E
PSE (cm)	7.27	7.16	7.34	7.39	7.39
control condition	5 C	15C	25C	35C	45C
PSE (cm)	7.55	7.36	7.42	7.56	7.82

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

の長さに錯視が生じたり生じなかったりすることはないといえる。そして，Metzger の説を疑う根拠は何も得られなかったといえる。

考　　察

この論文の実験においても，浜口の1987年の論文の実験結果と同様に，長方形の対角線は，統制条件刺激より幾分かは過小視されたが，統計的には有意に至らなかった。このように，この論文の実験結果は，統計的に有意な結果を得た浜口の1986年の論文の実験結果と一致せず，1987年のと一致した。この事実をもって，長方形の対角線は過小視も過大視もされないと結論できるであろうか。1986年の論文の実験では２つの長方形，1987年のでは１つの長方形，この論文のでは５つの長方形，合わせて８つの長方形の対角線の見掛けの長さが測定されたが，統計的な有意の有無を別にして，いずれの長方形の場合でも，PSE においては，長方形の対角線の PSE の方が統制条件刺激の PSE より小さかった。ここに何か一般的な事実があるのではなかろうか。すなわち，長方形の対角線は過小視されるのであるが，ただ，なんらかの理由で，その量があまり大きくないので，統計的な誤差項である測定の変動を凌駕することができないため，統計的に有意になりにくいのではないだろうか。

その理由の一つとして，空間の異方性の影響が考えられる。３つの論文の実験のいずれにおいても，用いられた長方形の辺の方向は水平・垂直で，空間の主要方向と一致している。錯視量が空間の異方性の影響を受けることは，周知の事実である[6),7),8),9),10),11),12)]。ツェルナー錯視の場合，平行線（主線）が水平方向や垂直方向にある時よりも，これより，45°はずれた方向にある時の方が，その錯視量は顕著である[6),7)]。長方形の対角線の見掛けの長さも，空間の異方性の影響を受け，長方形の辺の方向が空間の主要方向より45°はずれた方向にある時の方が，対角線の見掛けの長さは，より過小視され，統計的に有意な結果が得られ易いかもしれない。

さらにもう一つの理由として，条件刺激が変化しても測定対象がすべて物理的に等しいことを，被験者が知っているかどうかによって，PSE が影響をうける可能性が考えられる。つまり，測定対象がすべて物理的に等しいことを知っていると，過小視を幾分少なめに判断するのではないかということである。統計的に有意差が得られた浜口の1986年の論文の実験で用いられた長方形の対角線は，ザンダー錯視を構成する２つの平行四辺形の対角線といっしょに測定されたので，被験者によって，測定対象がすべて物理的に等しいことを気付かれなかったため，長方形の対角線は統計的に有意に過小視されたのではないだろうか。実際，ザンダー錯視を構成する２つの平行四辺形の対角線が物理的に等しいことを知っていても，それが信じられない程，過小視と過大視との差は大きい。ところが，統計的に有意差が得られなかった浜口の1987年の論文の実験で用いられた長方形の対角線は，少しずつ変化する平行四辺形の対角線といっしょに測定された。そのため，たとえ，変化の両端における平行四辺形の対角線の過小視と過大視の差が，かなりあったとしても，変化の隣あった平行四辺形や長方形の対角線の見掛けの長さの差が小さすぎるため，測定対象がすべて物理的に等しいことに被験者が気付き，これが原因となって，長方形の対角線が統計的に有意に過小視されなかったのではなかろうか。そして同じく，この論文の実験で用いられた５つの長方形の対角線は，Fig. 1 を一見しても解るように，ほとんど見掛けの長さに差が感じられない。そのため，被験者によって，測定対象がすべて物理的に等しいことを気付かれ，それが原因となって，長方形の対角線が統計的に有意に過小視されなかったのではないだろうか。

この論文の実験で用いられた５つの長方形のうち，対角線の角度が45°の長方形（正方形）の対角線は，統計的に有意に過小視されなかったものの，過小視量が最も大きく，統計的に有意な傾向

($0.05<p<0.10$) にあり，他の長方形と非常に異なっているようである。幾何学的には，正方形は量的に変化する長方形の一形態であるが，心理学的には，正方形と長方形とは質的に異なるのかもしれない。

このように考察を進めてくると，Metzger の説を延長して立てられた，長方形は平行四辺形の一つの特殊な形ではあるが，「よき形態」をしているので，その対角線は過小視も過大視もされないとの仮説は疑わしくなる。それでは，もし，この仮説を疑う根拠となる実験結果が得られたならば，Metzger の説そのものをも疑うことになるのであろうか。そのような疑いは間違っていると思われる。つまり，図の内部は本来過小視されるものである[13]が，すべての図の内部が過小視されるわけではなく[14]，浜口の1987年の論文の実験結果のように，「よき形態」の図から歪むにつれて，もとの「よき形態」の図に復帰しようとして，その歪みの方向と反対方向に見掛けの長さが変化すると考えれば，「よき形態」をしている長方形の対角線が統計的に有意に過小視されたとの実験結果が得られたとしても，Metzger の説を疑う根拠にはならない。平行四辺形の短対角線の場合，図の内部本来の過小視を凌駕して過大視になったのであろうし，長対角線の場合は，図の内部本来の過小視に加算されて，さらに過小視されたのであろう。Coren & Girgus[16]は，「よき形態の法則」[5]の諸要因である，近接の要因，類同の要因，閉合の要因，よい連続の要因によって，まとまっている図の内部の見掛けの長さが，過小視されることを報告している。

「よき形態」をしている長方形は，果たして過小視されるのかどうか，また，正方形は長方形と質的に異なっていて，長方形よりさらに過小視されるのかどうかについて，上記で考察した理由を加味した上で，さらに検討実験をする必要がある。

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) 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)〕

5) Wertheimer, M. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II. *Psychologische Forschung*, 4, 301-350 (1923).

6) 盛永 四郎 ツェルネル氏錯視の研究. 心理学研究, 8, 195-242 (1933).

7) Oyama, T. Determinants of the Zöllner illusion. *Psychological Research*, 37, 261-280(1975)

8) Shipley, W. C., Nann, B. M., & Penfield, M. J. The apparent length of tilted lines. *Journal of Experimental Psychology*, 39, 548-551 (1949).

9) 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).

10) Suto, Y. Study on the interdependence of the horizontal-vertical illusion and the divided illusion: I. *Japanese Psychological Research*, 2, 81-93 (1960).

11) 大山 正 視野の異方性に関する一考察. 高木 貞二 (編) 現代心理学の課題, p.76-88, 東京大学出版会 (1971).

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, 人文科学, 63-70 (1986).

13)　速水　滉・宮　孝一　ミュラー・リエル図形に於ける形態把握．心理学研究，**12**，525-552（1937）．

14)　盛永 四郎　ミュラー・リエル錯視とその説明に関する考察二三．心理学研究，**16**，26-39（1941）．

15)　Coren, S., & Girgus, J. S.　Principles of perceptual organization and spatial distortion: The Gestalt illusions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. **6**, 404-412 (1980).

（昭和63年4月14日受理）
（昭和63年9月10日発行）