

ザンダー錯視に関する ML 錯視説の検討実験¹⁾

浜口 恵治

(人文学部人間文化学科心理学研究室)

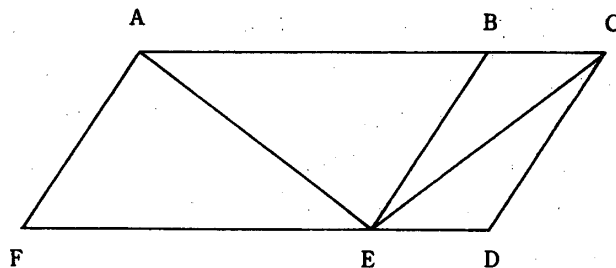
The Relation between the Sander Illusion and the Müller-Lyer Illusion

Keiji HAMAGUCHI

(Laboratory of Psychology, Faculty of Humanities and Economics)

The relation between the Sander Illusion and the Müller-Lyer Illusion was investigated experimentally. I examined the combination effects of the various included angles of A-figures (15°, 30°, 45°) and B-figures (15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°). The A-figures are the variation figures of the Müller-Lyer figure, with two included angles (one at the upper left of the shaft, and other at the lower right of the shaft). The B-figures are the variation figures of the Müller-Lyer figure, with two included angles (one at the lower left of the shaft, and other at the upper right of the shaft). The AB-figures (in-going Müller-Lyer figures) are the combination figures of the A-figures and the B-figures. If oblique lines of the AB-figures are elongated, the parallelograms with diagonal are constructed. Twelve students estimated the apparent shaft lengths of thirty six figures (one control, three A-figures, eight B-figures, and twenty four AB-figures). The apparent shaft lengths of some in-going Müller-Lyer figures were overestimated. The relation between the Sander Illusion and the Müller-Lyer Illusion was discussed.

Key words: Sander illusion, Müller-Lyer illusion, in-going figure



第1図 ザンダーの平行四辺形 (ザンダー錯視図形)

第1図の三角形AECは二等辺三角形であるので、左側の平行四辺形ABEFの対角線AEと右側の平行四辺形BCDEの対角線CEは客観的に等しい。しかし、主観的には左側の対角線AEの方が

脚注1

本研究は日本心理学会第67回大会で発表した。

長く、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 (今井, 1984)。この錯視の原因についていろいろな説が提出されている (Cooper, Runyon, Tatz & Heimer, 1972; Metzger, 1953; Pressey, 1967; Robinson, 1972; Runyon & Cooper, 1970)。

浜口 (1986, 1987, 2000) と Hamaguchi (1993) は、これらの諸説の正否の検討実験を行い、Rausch (1952) のデータに基づいて、「よき形態の法則」(Wertheimer, 1923) によりザンダー錯視を説明した Metzger (1953) の説を支持する結果を得た。平行四辺形には、長短二本の対角線が描け、長いほうを長対角線、短いほうを短対角線と呼ぶことにすると、平行四辺形は、よい形態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、よい形態である長方形に近づこうとする傾向 (直立傾向) があり、ザンダー錯視は、この直立傾向により、短対角線 (第1図の左側の平行四辺形の対角線 AE) は過大視され、長対角線 (同右側の平行四辺形の対角線 CE) は過小視されると、Metzger は説明した (メッツガー説と略す)。

浜口 (2000) は、平行四辺形の直立傾向と対角線の見かけの長さの関係を実験し、直立傾向の結果を得、平行四辺形の対角線の錯視と斜辺の傾きの角度錯視 (直立傾向) とは正の相関関係になることを発見した。しかし、よい形態である長方形の対角線が過小視された。これは、浜口 (1986) と Hamaguchi (1993) でも見られた。メッツガー説を単純に延長して考えると、よい形態である長方形には錯視が生じないはずであるので、メッツガー説だけではザンダー錯視を説明できない。

ザンダー図形を構成する平行四辺形とその対角線は、対角線をミュラー・リヤー (以下において ML と略す) 図形の主線に、4 辺を斜線に当てはめると、内向 ML 図形になる。この内向 ML 図形条件の主線にあたる対角線の過小視が右側の平行四辺形において強く働くために、左側の対角線と客観的に同じ長さにもかかわらず、主観的には右側の対角線のほうが短く見える (Runyon & Cooper, 1970; Robinson, 1972) と説明されることがある (ML 錯視説と略す)。しかし、短対角線は内向 ML 図形の主線にあたり、一般的には、内向 ML 図形の主線は過小視されるので、この短対角線の過大視は説明しにくい。

浜口 (2002) は左上と右下のみに挟角をもつ図形 (A 図形と略す) と左下と右上のみに挟角をもつ図形 (B 図形と略す) を組み合わせて、挟角の組み合わせの効果を研究し、A 図形と B 図形の合成図形である AB 図形の錯視量は、おおむね、A 図形と B 図形の錯視量の和の約半分になることを発見した。そして、挟角が鈍角である図形のほうが、挟角が鋭角の図形より錯視量の絶対値が大きかったので、鋭角と鈍角の挟角で構成されている内向 ML 図形でも過大視が生じた。

本論では、挟角が 15° , 30° , 45° である A 図形と、挟角が 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° である B 図形を設けた。そして、A 図形と B 図形を組み合わせ、斜線を延長すれば、長対角線をもつ平行四辺形から、長方形を経て、短対角線をもつ平行四辺形になるように ML 図形を変化させた場合、内向 ML 図形でも、適当な鋭角と鈍角の挟角で構成されれば、過大視が生じるかどうかを、本論は、浜口 (2002) の追実験も兼ねて、実験的に検討することを目的とした。

以下において、つぎの仮説を検証する。

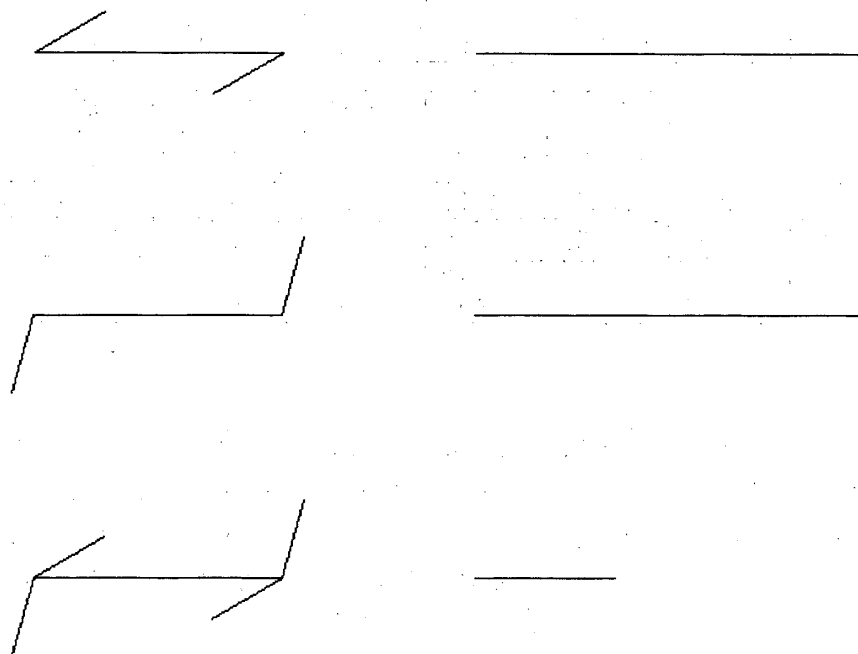
仮説 内向 ML 図形でも、適当な鋭角と鈍角の挟角で構成されれば、過大視が生じる。

方 法

被験者 大学生12 (男2・女10) 名が本実験に参加した。全員正常視力かあるいは正常視力に矯正されていた。

刺激 刺激図形は、標準刺激図形と比較刺激図形よりなり、NEC製のPC-9801NA40/Cの液晶ディスプレイ(横19.2cm×縦12.0cm)に白いドット(1ドット=0.3mm)で描かれて呈示された。刺激図形は約60cmの距離で観察された。このようなドット図形の場合、ドットとドットの間隙は、ごく僅かなので、60cmぐらいの観察距離では、ドットが垂直や水平に配列されている場合は、ドット群直線としてではなく、直線として自然に知覚されるが、斜めに配列されるといくぶんドット群直線として知覚される(第2図参照)。しかし、先行して行った幾つかの実験において、実線図形による錯視実験とドット群直線図形による錯視実験とではほぼ同じような結果を得ているので、両者間に機能的な違いはほとんど無いものとしてドット図形を用いることにした。したがって、以下の図形に関する記述は、640ドット×400ドットのディスプレイ上におけるものなので、長さはドット単位で記述する。しかし、nドットの長さは、約0.3mmのn倍に等しい。また、点の位置は左上をXY座標の原点とするので、Yは下方を+として記述する。

標準刺激図形は、第1表の条件欄に示されているような、A図形、B図形、AB図形よりなる実験条件刺激図形35種と主線のみ統制条件刺激図形よりなる。条件名称は、A30120のように、



第2図 刺激図形の例 上図は左上と右下のみに30°の挟角をもつ実験条件刺激図形(A図形 A30000)と下降系列の比較刺激図形、中図は左下と右上のみに105°の挟角をもつ実験条件刺激図形(B図形 A00105)と下降系列の比較刺激図形、下図はA図形(A30000)とB図形(A00105)より合成された実験条件刺激図形(AB図形 A30105)と上昇系列の比較刺激図形。

被験者は比較刺激図形の線分の長さをML図形の主線の見掛けの長さと同しくなるように調整した。

第1表 ML 図形の主線の見掛けの長さの PSE (PSEe) と統制図形の PSE (PSEc), 及びその錯視量と t 検定 (12人の平均) (1ドット=0.3mm) (錯視量は四捨五入前の値で計算) 錯視量: PSEe - PSEc

| 主線の PSE(ドット) | A00000 | A00015 | A00030 | A00045 | A00060 | A00075 | A00090 | A00105 | A00120 |
|--------------|--------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | | |
| | 150.17 | 140.73 | 140.78 | 144.31 | 145.72 | 150.45 | 151.93 | 159.18 | 162.68 |
| 錯視量 | | -9.43 | -9.38 | -5.86 | -4.45 | -0.28 | 1.77 | 9.01 | 12.51 |
| t 検定 | | ** $t = 3.85$ | ** $t = 4.19$ | * $t = 3.07$ | * $t = 2.24$ | <i>ns</i> $t = 0.17$ | <i>ns</i> $t = 1.13$ | ** $t = 4.45$ | ** $t = 6.73$ |

| 主線の PSE(ドット) | A15000 | A15015 | A15030 | A15045 | A15060 | A15075 | A15090 | A15105 | A15120 |
|--------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | | | |
| | 142.09 | 137.83 | 139.92 | 140.96 | 144.18 | 144.84 | 145.62 | 149.18 | 152.65 |
| 錯視量 | -8.07 | -12.34 | -10.25 | -9.21 | -5.98 | -5.33 | -4.55 | -0.99 | 2.48 |
| t 検定 | * $t = 3.08$ | ** $t = 4.67$ | ** $t = 4.80$ | ** $t = 4.49$ | * $t = 2.82$ | * $t = 2.52$ | * $t = 2.77$ | <i>ns</i> $t = 0.44$ | <i>ns</i> $t = 1.48$ |

| 主線の PSE(ドット) | A30000 | A30015 | A30030 | A30045 | A30060 | A30075 | A30090 | A30105 | A30120 |
|--------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| | | | | | | | | | |
| | 142.63 | 141.27 | 140.77 | 143.71 | 144.68 | 145.28 | 146.82 | 151.74 | 154.78 |
| 錯視量 | -7.54 | -8.90 | -9.40 | -6.46 | -5.49 | -4.89 | -3.35 | 1.57 | 4.61 |
| t 検定 | ** $t = 3.48$ | ** $t = 4.22$ | ** $t = 4.29$ | * $t = 2.95$ | ** $t = 3.23$ | * $t = 2.52$ | <i>ns</i> $t = 1.85$ | <i>ns</i> $t = 0.75$ | * $t = 2.89$ |

| 主線の PSE(ドット) | A45000 | A45015 | A45030 | A45045 | A45060 | A45075 | A45090 | A45105 | A45120 |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| | | | | | | | | | |
| | 144.74 | 142.68 | 143.60 | 142.87 | 144.56 | 147.28 | 149.42 | 151.90 | 157.08 |
| 錯視量 | -5.43 | -7.48 | -6.57 | -7.30 | -5.61 | -2.89 | -0.75 | 1.73 | 6.91 |
| t 検定 | * $t = 2.26$ | * $t = 3.02$ | * $t = 2.97$ | ** $t = 3.12$ | * $t = 2.81$ | <i>ns</i> $t = 1.31$ | <i>ns</i> $t = 0.40$ | <i>ns</i> $t = 1.13$ | ** $t = 3.03$ |

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

A (Angle) に続けて A 図形部分の挟角 2 桁 (30°), 次いで B 図形部分の挟角を 3 桁 (120°) で記した。これらは, 主線150ドット ((100,200)-(249,200), 斜線50ドットである。A 図形の挟角は $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ であり, B 図形の挟角は $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ, 105^\circ, 120^\circ$ である。

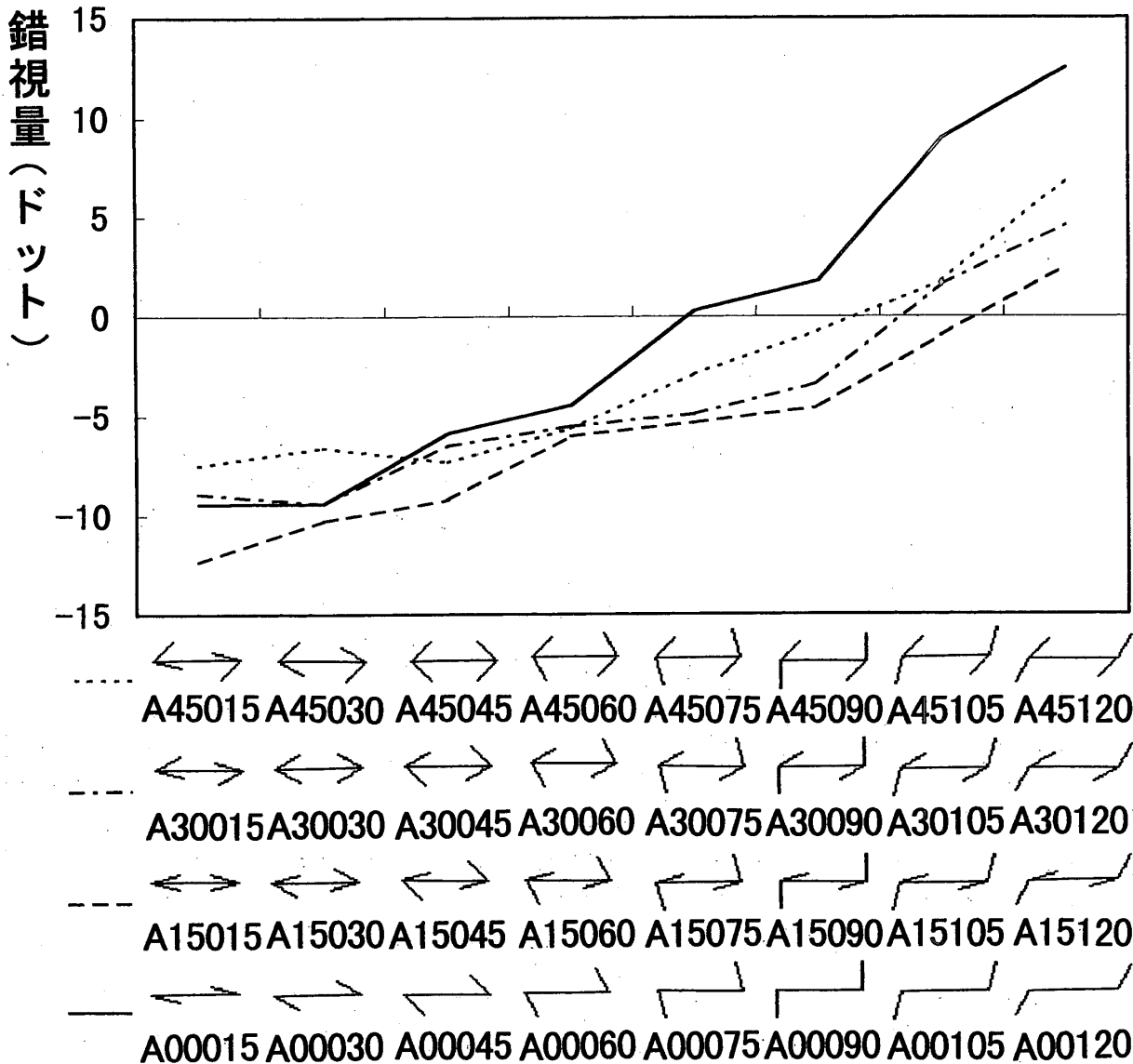
比較刺激図形は, (365,200) を左端とする長さの変化する水平線 (上昇系列は85ドットより長くし, 下降系列は, 235ドットより短くする) である。刺激図形のうち, いくつかの例を第2図に示した。

手続 被験者調整法 (上昇系列2回・下降系列2回) が用いられ, この4回の測定値の平均 (PSE (Point of Subjective Equality) と略す) を各被験者の各条件の見掛けの長さとした。主線の見掛けの長さと同じに見えるように比較刺激の線分の長さを, キーボードの右向きあるいは左向きの矢印キーを押すことによって調整するようにと被験者は告げられた。右向きの矢印キーを押すと, 線分の右端が右に移動し, 左向きの矢印キーを押すと, 線分の右端が左に移動して線分の長さが増減した。続いて被験者は, 調整が完了したらスペースキーを2回押すようにと告げられた。これにより1回の測定が終わり, 比較刺激の長さが記録され, 次の刺激図形が呈示された。一人の被験者

に対して, 144回 (36条件 (35実験条件 + 1 統制条件) × 4 ブロック) の測定を行った. 刺激図形はランダムな順序で呈示された. 測定は被験者のペースで行われ, 実験所要時間は, 平均16分08秒 (14分19秒~21分02秒) であった.

結 果

実験条件の PSE (PSEe と略す) と統制条件の PSE (PSEc と略す) 及び錯視量 (PSEe - PSEc) を第 1 表に示した. そして, B 図形を独立変数にとり, A00015から A00120の B 図形に A15000,



第 3 図 15°から120°まで15°ステップの挟角で変化する B 図形に各 A 図形を重ねた AB 図形の錯視量の変化と B 図形のみでの錯視量の変化 縦軸は錯視量 (ドット). 右肩上がりの比較的滑らかな折れ線が, A 図形の挟角が15°, 30°, 45°と大きくなるにつれて上に積み重なり, B 図形の挟角が鈍角になると, 内向図形でも過大視が生じている.

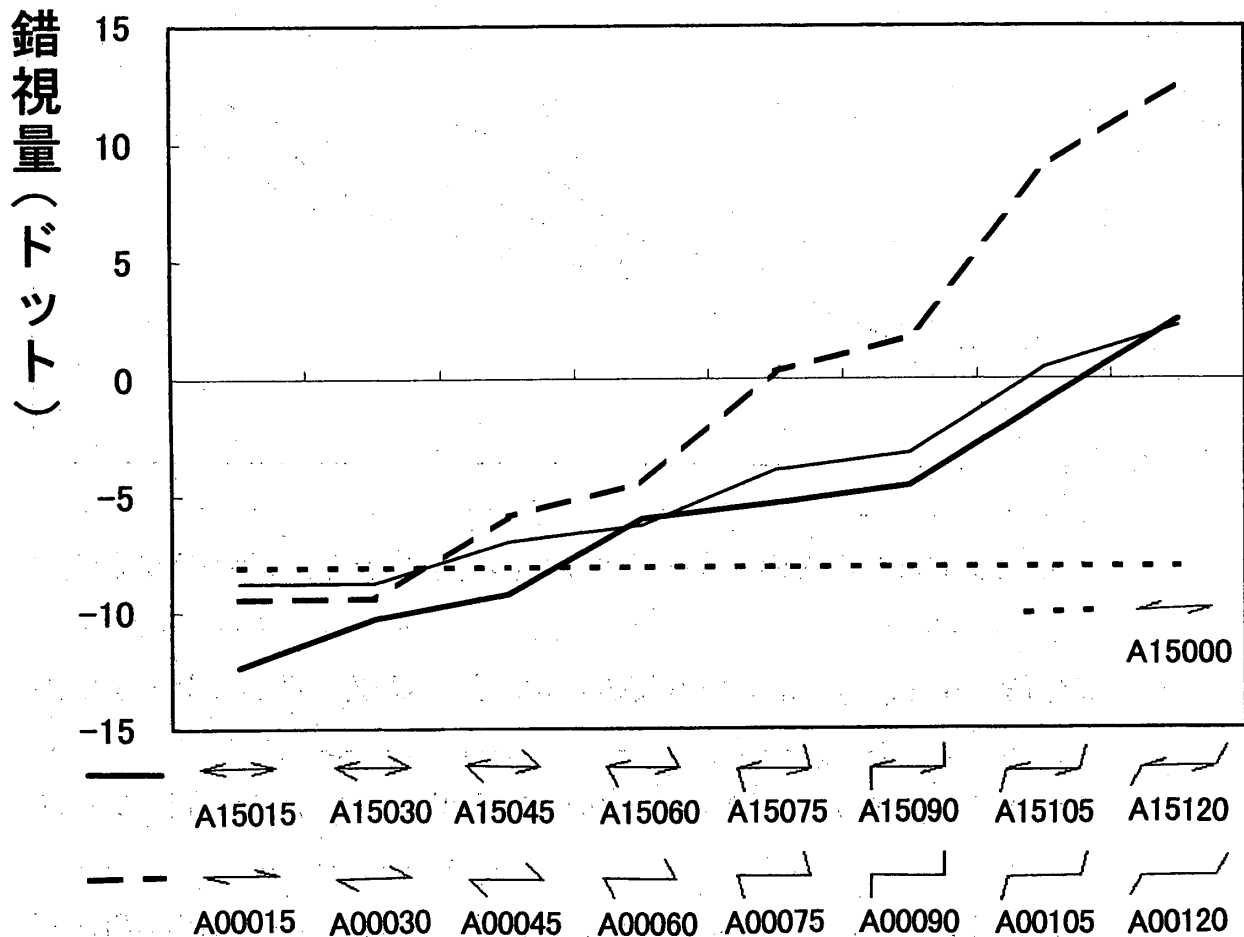
錯視量: 実験条件の PSE (PSEe) - 統制条件の PSE (PSEc)

A30000, A45000の各A図形を重ね合わせた, それぞれのAB図形の錯視量の変化, 及びB図形のみ
の錯視量の変化を第3図にグラフで表わした.

挟角 15° のA図形に挟角 15° から 120° のB図形を組み合わせたAB図形の場合, 内向角度が 30° から
 135° になるにつれて過小視が減少してA15120では過大視になっている. しかし, 有意ではなかつ
た.

A図形の挟角が 30° であるAB図形の場合, 内向角度が 45° から 150° になるにつれて過小視が減少
してA30105とA30120では過大視になっている. そして, A30120では有意であった ($t_{(11)}=2.89$
 $p<.05$).

A図形の挟角が 45° であるAB図形の場合, 内向角度が 60° から 165° になるにつれて過小視が減少
してA45105とA45120では過大視になっている. そして, A45120では有意であった ($t_{(11)}=3.03$
 $p<.01$).

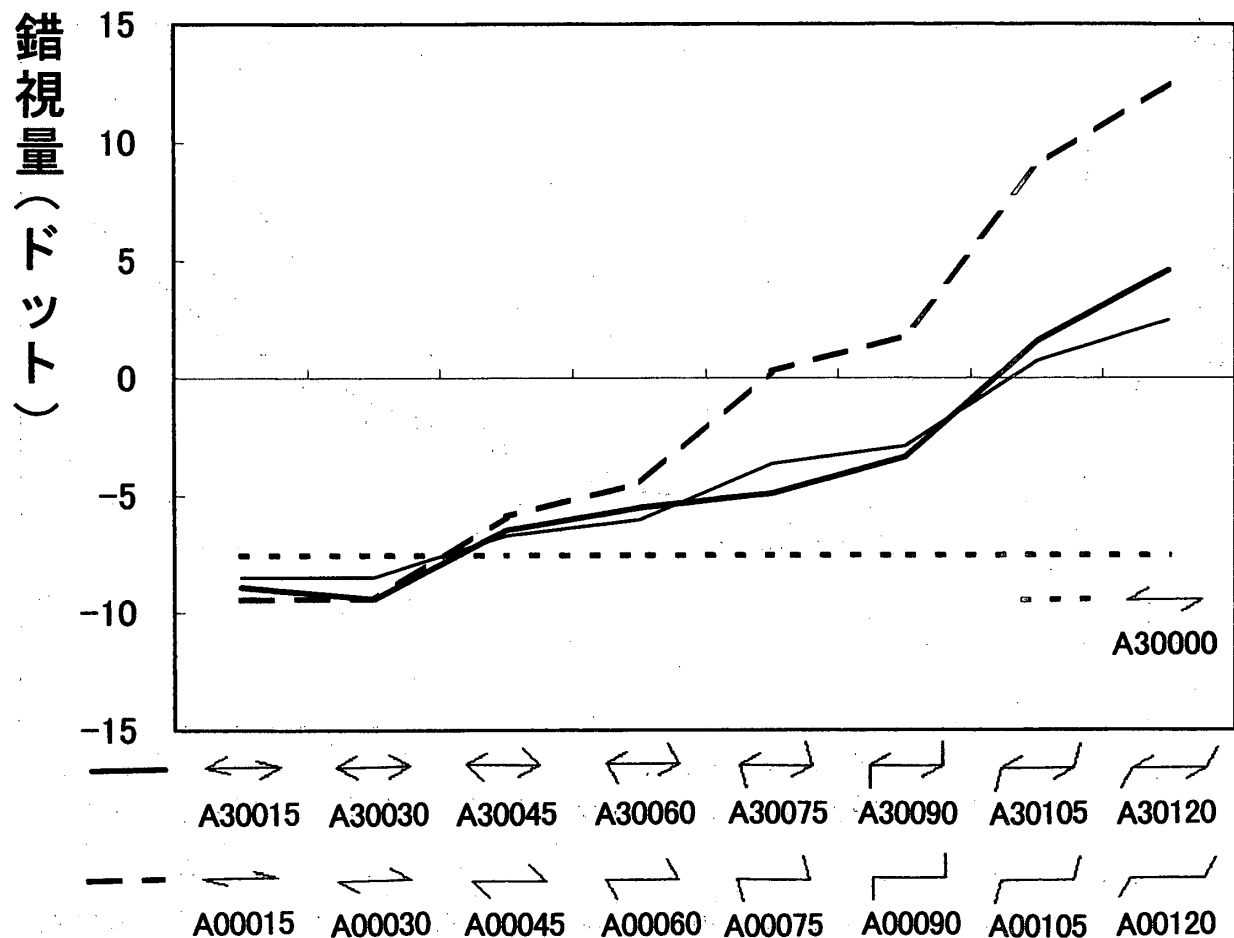


第4図 各B図形にA図形A15000を重ねたAB図形の錯視量の変化 縦軸は錯視量(ドット).
各B図形の錯視量にA図形A15000の錯視量を加えて $1/2$ を乗じた値を細実線で表し, こ
れら部分図形の合成図形であるAB図形の錯視量をグラフに太実線で重ねて表した. AB
図形の錯視量(太実線)はその各部分図形の錯視量の和の $1/2$ (細実線)付近を上下して
いる.

考 察

内向 ML 図形 A30120 と A45120 とで有意に過大視されたので、仮説を支持する結果が得られたと結論できる。Runyon & Cooper (1970) や Robinson (1972) の ML 錯視説、すなわち、内向 ML 図形条件の主線にあたる対角線の過小視が右側の平行四辺形において強く働くために、左側の対角線と客観的に同じ長さにもかかわらず、主観的には右側の対角線のほうが短く見えるという ML 錯視説では、一般的に、内向 ML 図形の主線は過小視されるので、短対角線の過大視 (Rausch, 1952 ; 浜口, 1986, 1987, 2000 ; Hamaguchi, 1993) は説明しにくい。しかし、本論において、斜線を延長すれば、短対角線をもった平行四辺形になるような内向 ML 図形で、主線の過大視が得られたので、ザンダー図形の左側の平行四辺形の対角線の過大視を ML 錯視説で説明することができる可能性が生じた。

挟角90°の B 図形 A00090 を挟んで、鋭角と鈍角の挟角関係が対称関係にある、A00075 と A00105, A00060 と A00120 の錯視量の絶対値を、第 3 図で比較すると、鋭角図形より鈍角図形のほうが錯視量の絶対値が大きい。浜口 (2002) も、鋭角図形より鈍角図形のほうが錯視量の絶対値が大きいことを発見した。そして、A 図形と B 図形の合成図形である AB 図形の錯視量は、A 図形と B 図形の錯視量の和の約半分になることを発見し、内向 ML 図形でも、適当な鋭角と鈍角の挟角で構成されれば、過大視が生じることを発見した。本論の A30120 と A45120 の有意な過大視も、浜口 (2002)



第 5 図 A 図形が A30000 である他は、第 4 図と同じ。

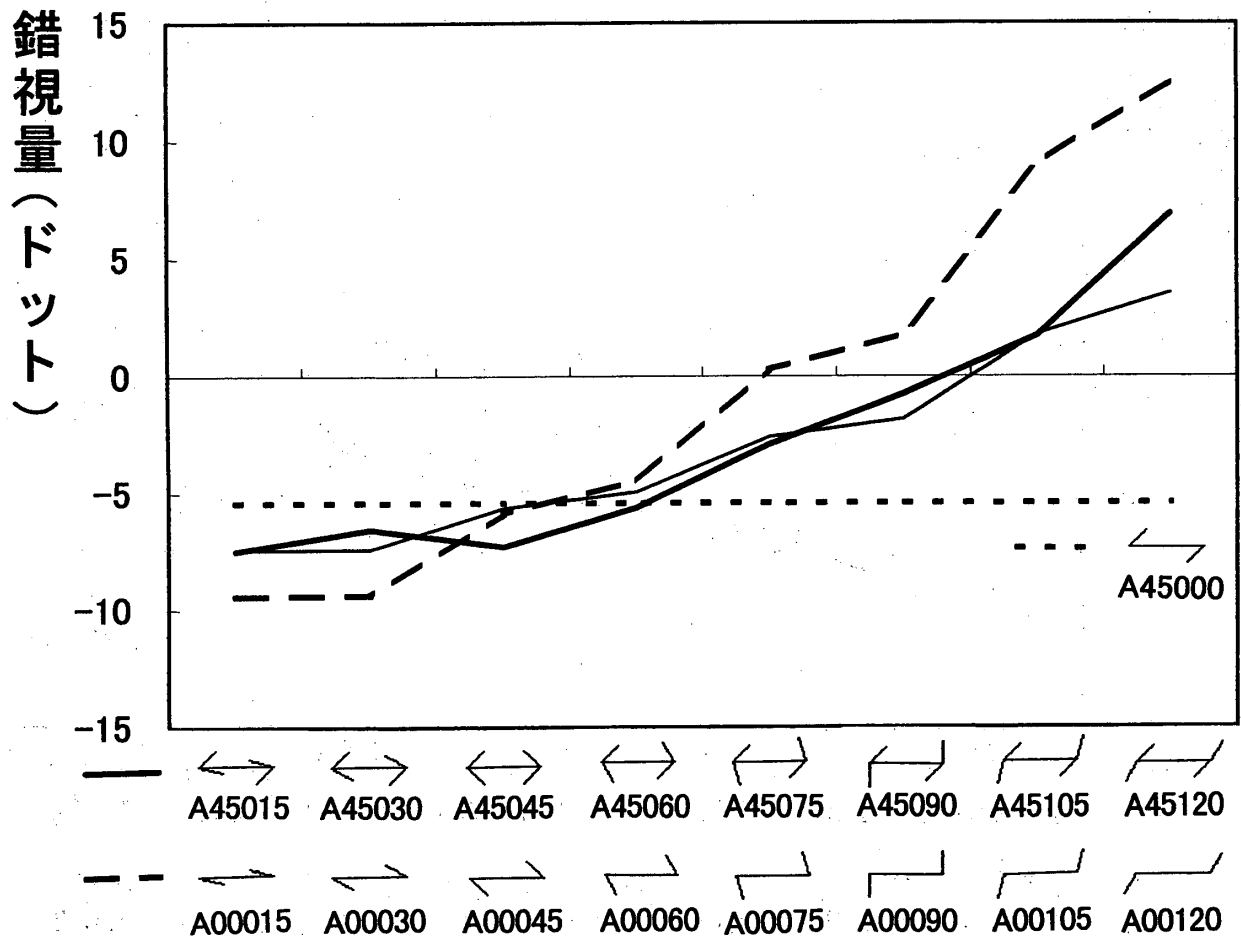
と同様の結果であるかどうかの考察をおこなってみる。

第4図は、独立変数になっている A00015から A00120の B 図形の各錯視量に、A 図形 A15000の錯視量を加えて、1/2を乗じた値をグラフに細実線で表し、A15015から A15120の AB 図形の錯視量をグラフに太実線で重ねて表した。グラフによると AB 図形の錯視量(太実線)は、その各部分図形の錯視量の和の1/2(細実線)付近を上下している。

同様に、第5図、も A00015から A00120の B 図形の各錯視量に、A 図形 A30000の錯視量を加えて、1/2を乗じた値をグラフに細実線で表し、A30015から A30120の AB 図形の錯視量をグラフに太実線で重ねて表した。グラフによると AB 図形の錯視量(太実線)は、その各部分図形の錯視量の和の1/2(細実線)付近を上下している。

同様に、第6図も、A00015から A00120の B 図形の各錯視量に、A 図形 A45000の錯視量を加えて、1/2を乗じた値をグラフに細実線で表し、A45015から A45120の AB 図形の錯視量をグラフに太実線で重ねて表した。グラフによると AB 図形の錯視量(太実線)は、その各部分図形の錯視量の和の1/2(細実線)付近を上下している。

このように、本論においても、浜口(2002)の結果と同様に、A 図形と B 図形の合成図形である AB 図形の錯視量は、A 図形と B 図形の錯視量の和の約半分になっている。内向 ML 図形でも、適当な鋭角と鈍角の挟角で構成されれば、過大視が生じると言え、本論において、A30120と A45120とに有意な過大視が生じた。



第6図 A 図形が A45000である他は、第4図と同じ。

Hamaguchi (1993) は、内向角度 130° (本論の表記では A30100) のザンダー図形及び平行四辺形の短対角線に対して10%余の過大視の結果を得ている。本論では A30090で-3.35ドット, A30105で1.57ドットだったから、補間すると A30100では、-0.07ドットになる。これは殆ど0%にあたる。ML 錯視はある範囲まで斜線の長さの関数 (Lewis, 1909) なのだが、A30100の斜線を平行四辺形近くまで延長した場合、鈍角の B 図形での過大視の増大と鋭角の A 図形での過小視の増大が相殺しあうので、過大視が生起してもほんの少しだろう。このように ML 錯視説だけではザンダー図形の短対角線の大きな過大視は説明できない。

浜口 (2000) は、平行四辺形は、よい形態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、よい形態である長方形に近づこうとする傾向があり、この直立傾向により、短対角線は過大視され、長対角線は過小視されるとの、メツガー説にいう、平行四辺形の斜辺の直立傾向を検証した。しかし、メツガー説を単純に延長して考えた場合、生じないはずのよい形態である長方形の対角線の過小視も得られたので、メツガー説のみではザンダー錯視は説明できないとした。

ザンダー錯視には少なくとも2つの説が関与していると考えられる。ML 錯視説では短対角線の大きな過大視は説明できないが、メツガー説を加えるとこの大きな過大視が説明できるのではないか。また、メツガー説では長方形の対角線の過小視は説明できないが、ML 錯視説を加えるとこの過小視が説明できるのではないか。すなわち、メツガー説と ML 錯視説の要因が働いて、短対角線は、長方形の対角線の過小視を凌駕して過大視され、長対角線は、長方形の対角線の過小視に加算されてさらに過小視されるのではないかと考えられる。

引用文献

- Cooper, M. R., Runyon, R. P., Tatz, S. J., & Heimer, W. I. 1972 The Sander illusion as a function of relative space and component lines. *Perception & Psychophysics*, 11, 102-104.
- 浜口恵治 1986 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.
- 浜口恵治 1987 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.
- Hamaguchi, K. 1993 An experimental study of the Sander illusion. *The Japanese Journal of Psychonomic Science*. 12, 39-44.
- 浜口恵治 2000 平行四辺形の対角線の錯視に関するメツガー説の検討実験 —斜辺の傾きの角度錯視と関連して— 高知大学学術研究報告, 49, 人文科学, 1-8.
- 浜口恵治 2002 ML 錯視に及ぼす挟角の組み合わせの効果 人文科学研究 (高知大学人文学部人間文化学科), 9, 19-29.
- 今井省吾 1984 錯視図形 —見え方の心理学— サイエンス社.
- Lewis, E. O. 1909 Confluxion and contrast effects in the Müller-Lyer illusion. *British Journal of Psychology*, 3, 21-41.
- Metzger, W. 1953 *Gesetze des Sehens*. Frankfurt: Waldemar Kramer. 盛永四郎 (訳) 1968 視覚の法則 岩波書店.
- Pressey, A. W. 1967 A theory of the Mueller-Lyer illusion. *Perceptual and Motor Skills*. 25, 569-572.
- Rausch, E. 1952 *Struktur und Metrik figural-optischer Wahrnehmung*. Frankfurt: Waldemar Kramer.
- Robinson, J. O. 1972 *The psychology of visual illusion*. London: Hutchinson.
- Runyon, R. P., & Cooper, M. R. 1970 Enhancement of Sander illusion in minimal form. *Perception &*

Psychophysics, 8, 110-111.

Wertheimer, M. 1923 Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II.

Psychologische Forschung, 4, 301-350.

平成15年(2003)10月1日受理

平成15年(2003)12月25日発行