エビングハウス角度錯視の分析的研究[1)]

——鋭角部分図形と鈍角部分図形に分解して——

浜口　惠治
（人文学部人間文化学科心理学研究室）

An Analytical Study on the Ebbinghaus Angle Illusion: With the Acute and Obtuse Angle Part Figures

Keiji HAMAGUCHI
(*Laboratory of Psychology, Faculty of Humanities and Economics*)

The Ebbinghaus angle illusion figure was decomposed into the acute and obtuse angle part figures. The anisotropy of illusion of each figure was analytically investigated when the orientations of the figures were varied in sixteen steps; clockwise from 0° (vertical) to 337.5°. Twenty three university students estimated the apparent angles of the test lines. The acute angles were perceptually expanded while the obtuse angles apparently contracted. The magnitudes of the obtuse angle illusions were lager than those of the acute ones. The magnitudes of the both angle illusions were minimum when the test lines were oriented in the vertical or horizontal direction. The Ebbinghaus angle illusion is caused by the combination of both angle illusions.

Key words: illusion, angle illusion, Ebbinghaus angle illusion, anisotropy, orientation detectors, lateral inhibition

---

脚注　1
本研究は日本心理学会第59回大会で発表した.

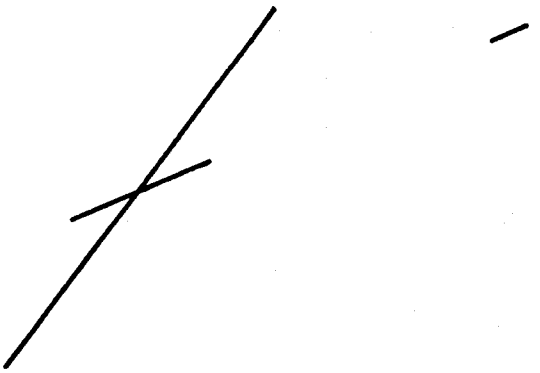


Figure 1．エビングハウス角度錯視図形(今井，1984)

Figure 1 は，エビングハウス角度錯視図形である．この図形において，副線（長線）と鋭角に交差している主線（短線）の，客観的には延長上にある非常に短い線または点は，主観的には交差角の内側に位置しているように見える（主線，副線の用語は今井（1969）による）．しかし，鋭角に交差することは，見方を変えれば鈍角にも交差していることである．このように，この錯視図形は，鋭角部分と鈍角部分とがあるが，鋭角部分の過大視をもって，エビングハウス角度錯視量を測定している（橘・盛永，1930；盛永，1932；浜口，1998）．しかし，鈍角部分の過小視をもって，エビングハウス角度錯視量を測定してもかまわないわけである．この場合，この図形の鋭角部分の角度錯視と鈍角部分の角度錯視とは，どのような関係にあるのだろうか．いろいろなケースが考えられる．

① 鋭角部分のみが過大視され，結果として，鈍角部分が過小視となる．
② 鈍角部分のみが過小視され，結果として，鋭角部分が過大視となる．
③ 鋭角部分の過大視と鈍角部分の過小視とが組合わさっている．
④ 鋭角も鈍角も過大視されるが，鋭角の過大視が鈍角の過大視を凌駕し，鈍角部分が過小視となる．
⑤ 鋭角も鈍角も過小視されるが，鈍角の過小視が鋭角の過小視を凌駕し，鋭角部分が過大視となる．

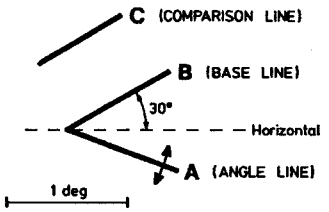


Figure 2．Blakemore たちの角度錯視実験の刺激図形
(Blakemore *et al.*, 1970)

Blakemore, Carpenter & Georgeson (1970) や Carpenter & Blakemore (1973) は，Figure 2 のように，2本の線分が角度を構成するとき，鋭角は過大視され，鈍角は過小視される結果を得て，線分の特定の方向に対して選択的に応答する方向の検出器が存在し，接近し合っている方向の検出器どうしが，相互に側抑制し合って角度錯視を生起させたのであろうと説明し，他の角度錯視にもこの理論が適用可能であることを示した．彼等の理論においては，例えば，線分A（角度線）と線分B（基線）との交点をXY座標の原点とし，第一象限に配置された線分Bと−170°（時計回り）の鈍角を構成するように線分Aを第三象限に配置した場合は，線分Bと＋10°（反時計回り）の鋭角を構成するように線分Aを平行移動して第一象限に配置した場合と，方向からすれば同じであると考えている．したがって，この＋10°の鋭角の過大視量と−170°の鈍角の過小視量は絶対値が等しいことになる．彼等の理論によれば，エビングハウス角度錯視は，③のケースにあたり，鋭角部分の過大視と鈍角部分の過小視が等しくエビングハウス角度錯視に影響していることになる．

安田（1978）は，Blakemore たちや Carpenter たちの追実験を行い類似の結果を得た．しかし，野沢（1977）と浜口（1994）の追実験では，鋭角過大視の結果を得たものの，鈍角過小視の結果は得られず，鈍角も過大視されるとの結果を得た．浜口（1997）は，基線と見掛け上平行になるように比較刺激を調整するのではなく，基線の見掛けの延長上に比較刺激の点が位置するように調整するポイント・マッチング法を用いて，さらに追実験し，鋭角過大視，鈍角過小視の結果を得たが，

鋭角（a°）の過大視量と鈍角（180°－a°）の過小視量の絶対値が等しいという結果は得られず，鈍角過小視量のほうが大きかった．野沢（1977）と浜口（1994）によれば，④のケースにあたる．浜口（1997）によれば，③のケースにあたり，しかも，鋭角部分の過大視と鈍角部分の過小視の組み合わせであるが，鈍角過小視が大きくエビングハウス角度錯視に影響していることになる．

このように，鋭角角度錯視と鈍角角度錯視に関する実験結果は完全に一致しているとはいえない．したがって，エビングハウス角度錯視が，鋭角部分の角度錯視と鈍角部分の角度錯視と，どのように関係して生起するのか，検討する価値は十分にある．また，エビングハウス角度錯視は異方性を示す（橘・盛永，1930；盛永，1932；浜口，1998）．この異方性も，鋭角部分の角度錯視の異方性と鈍角部分の角度錯視の異方性と，どのように関係して生起するのか，検討する価値は十分にある．本論は，浜口（1998）のエビングハウス角度錯視図形の右角図形（Figure 1 と同配置）を，Figure 3 のように鋭角部分図形と鈍角部分図形に分解し，それぞれの部分図形の角度錯視の異方性に関して，浜口（1998）と同様の実験を行った．そして，エビングハウス角度錯視とその異方性が，鋭角角度錯視と鈍角角度錯視と，どのように関係して生起するのかを実験的に検討した．

方　法

被験者　大学生23名が本実験に参加し，鋭角部分図形群11名（男3・女8）と鈍角部分図形群12名（男3・女9）にランダムに分けられた．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，エプソン製の PC-286 NOTE の液晶ディスプレイ（横21.0cm×縦13.0cm）に黒いドット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（Figure 3 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による錯視実験とで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0.32mm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，Table 1 と Table 2 の条件欄に示されているような，実験条件刺激図形と統制条件刺激図形よりなる．実験条件刺激図形は，鋭角部分図形と鈍角部分図形よりなる．主線と副線とは，点（320，200）において，鋭角部分図形では22.5°の鋭角を構成し，鈍角部分図形では157.5°の鈍角を構成する．主線と副線の長さは35ドットと105ドットである．主線は垂直上方向（0°）の状態から，時針方向に22.5°ステップで，点（320，200）を中心に，0°，22.5°，45°，67.5°，90°，112.5°，135°，157.5°，180°，202.5°，225°，247.5°，270°，292.5°，315°，337.5°まで回転させられる．よって，実験条件刺激図形は，鋭角部分図形16種と鈍角部分図形16種になる．これらの図形の名称は，E0000 とか D0225 のように，最初の一文字目をアルファベットの大文字を用いて，鋭角部分図形（E）か鈍角部分図形（D）を表し，次ぎに主線方向の角度を続けることにより表した（D0225 は主線方向22.5°の鈍角部分図形）．統制条件刺激図形は，実験条件刺激図形の主線のみ（単一線分のみ）の16種である．鋭角部分図形と鈍角部分図形の統制条件刺激図形は同じであり，C0225 のように，最初の一文字目をアルファベットの大文字を用いて，統制（C）を表し，次ぎに対応する主線の方向を続けることによって表した（C0225 は主線方向22.5°の統制条件刺激

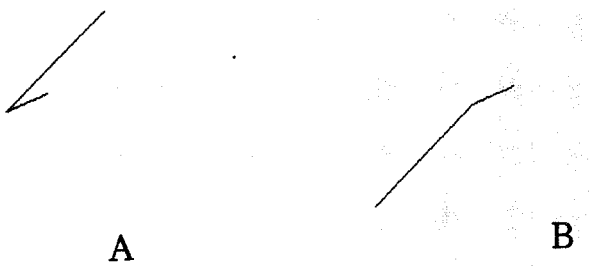


Figure 3. 刺激図形の例
A：主線方向22.5°の鋭角部分図形の実験条件刺激図形と下降系列の比較刺激図形
B：主線方向22.5°の鋭角部分図形の実験条件刺激図形と上昇系列の比較刺激図形
被験者は主線の延長上近辺にある比較刺激図形の点を主線の見掛け上の延長線上に位置するように調整した.

図形).

比較刺激図形は，点（320，200）を中心として，中心より175ドットの半径で回転する点（上昇系列は10°小さい角度から大きくし，下降系列は10°大きい角度から小さくする）である．刺激図形の例をFigure 3－A・B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（以下においてPSE（Point of Subjective Equality）と記述する）を各被験者の各条件の見掛けの方向とした．被験者は，標準刺激図形の主線の見掛けの延長上に来るように，比較刺激図形の点を，右向きか左向きの矢印キーを押すことによって，調整するようにと告げられた．左向きの矢印キーを押すと，点が反時計回転方向に移動し，右向きの矢印キーを押すと，点が時計回転方向に移動して，交点と点とを結ぶ角度が増減した．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，比較刺激の角度が記録され，次の刺激図形が呈示された．各群の一人の被験者に対して，128回（(16方向実験条件＋16方向統制条件)×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，128回の測定の所要時間は，一人平均29分47秒（19分29秒～42分44秒）であった.

結　果

統制条件のPSEと，そのPOE（Point of Objective Equality）との差を求め，POEからの統制条件の偏向量とした．実験条件のPSEに対しても，そのPOEとの差を求め，POEからの実験条件の偏向量とした．時針方向回転なので，偏向量が＋の場合は時計回転方向への偏向であり，－の場合は反時計回転方向への偏向である．各図形群において，それぞれ対応する実験条件の偏向量と統制条件の偏向量の差を求め，それを錯視量（鈍角部分図形群は時計回転方向の偏向は過小視になるので－で表した）とした．鋭角部分図形群の結果をTable 1に示すとともに，Figure 4にグラフで表した．同様に，鈍角部分図形群の結果をTable 2に示すとともにFigure 5にグラフで表した.

Figure 4とFigure 5を見ると，方向変化にともなう統制条件の偏向量の変化は，鋭角部分図形群と鈍角部分図形群とでほとんど同じである．しかし，方向変化にともなう実験条件の偏向量の変化は，鋭角部分図形群より鈍角部分図形群のほうが大きかった．したがって，方向変化にともなう錯視量の変化は，鋭角部分図形群の過小視量より鈍角部分図形群の過大視量のほうが大きかった.

Table 1. 鋭角部分図形の各実験条件の偏向量とその対応する統制条件の偏向量，及びその錯視量と t 検定（11人の平均）

偏向量：PSE−POE

錯視量：（実験条件の偏向量）−（統制条件の偏向量）

E：鋭角を意味する．例えば，E0450は主線方向45°の鋭角部分図形

C：統制を意味する．例えば，C0450はE0450の統制条件刺激図形（主線のみ）

（偏向量と錯視量は四捨五入前の値で計算）

統制条件	C0000	C0225	C0450	C0675	C0900	C1125	C1350	C1575
偏向量	−0.02	−0.37	0.56	1.22	0.11	−0.05	−0.20	0.58
実験条件	E0000	E0225	E0450	E0675	E0900	E1125	E1350	E1575
偏向量	0.91	0.89	2.11	3.40	0.99	1.16	1.65	3.03
錯視量	0.93	1.26	1.55	2.18	0.88	1.21	1.85	2.45
t 検定	t=5.03 **	t=2.84 *	t=2.45 *	t=4.19 **	t=4,59 **	t=3.01 *	t=2.81 *	t=5.28 **

統制条件	C1800	C2025	C2250	C2475	C2700	C2925	C3150	C3375
偏向量	−0.09	0.32	1.23	1.11	0.13	−0.33	0.70	0.58
実験条件	E1800	E2025	E2250	E2475	E2700	E2925	E3150	E3375
偏向量	0.55	2.13	2.37	2.94	0.69	1.24	3.20	3.15
錯視量	0.63	1.18	1.14	1.84	0.56	1.57	2.32	2.57
t 検定	t=2.42 *	t=4.37 **	t=3.33 **	t=7.59 **	t=2.71 *	t=4.88 **	t=6.46 **	t=4.35 **

*p<.05　**p<.01

Table 2. 鈍角部分図形の各実験条件の偏向量とその対応する統制条件の偏向量，及びその錯視量と t 検定（12人の平均）

偏向量：PSE−POE

錯視量：（実験条件の偏向量）−（統制条件の偏向量）（鈍角過小視なので負で示した）

D：鈍角を意味する．例えば，D0450は主線方向45°の鈍角部分図形

C：統制を意味する．例えば，C0450はD0450の統制条件刺激図形（主線のみ）

（偏向量と錯視量は四捨五入前の値で計算）

統制条件	C0000	C0225	C0450	C0675	C0900	C1125	C1350	C1575
偏向量	−0.04	−0.93	−0.38	0.97	0.28	−0.36	−0.08	0.71
実験条件	D0000	D0225	D0450	D0675	D0900	D1125	D1350	D1575
偏向量	1.07	1.87	2.62	4.09	1.31	1.86	2.14	3.92
錯視量	−1.11	−2.79	−2.99	−3.11	−1.02	−2.23	−2.22	−3.21
t 検定	t=4.30 **	t=8.37 **	t=5.77 **	t=5.39 **	t=3.31 **	t=5.10 **	t=4.19 **	t=7.84 **

統制条件	C1800	C2025	C2250	C2475	C2700	C2925	C3150	C3375
偏向量	−0.01	0.15	1.47	0.91	−0.24	−0.58	0.05	0.41
実験条件	D1800	D2025	D2250	D2475	D2700	D2925	D3150	D3375
偏向量	1.43	3.45	4.44	3.85	0.44	2.57	5.00	3.89
錯視量	−1.44	−3.30	−2.98	−2.94	−0.69	−3.15	−4.95	−3.48
t 検定	t=4.56 **	t=7.08 **	t=6.17 **	t=7.39 **	t=5.22 **	t=6.16 **	t=10.40 **	t=7.79 **

*p<.05　**p<.01

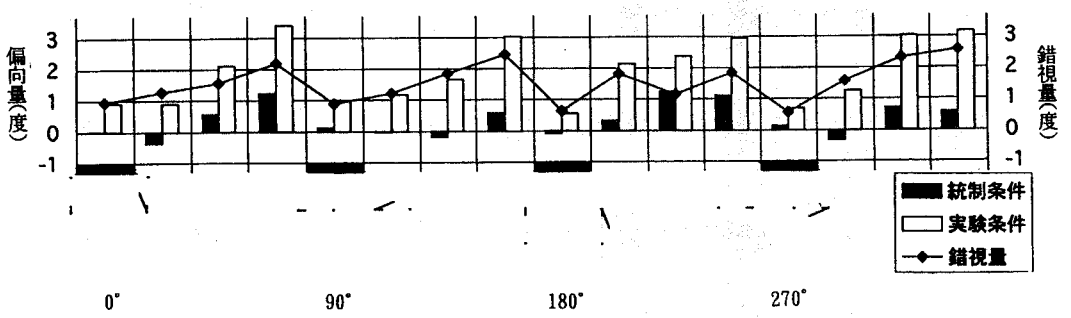


Figure 4．横軸は鋭角部分図形の統制条件刺激図形と実験条件刺激図形を時計回転方向に22.5°ステップで垂直方向（0°）から337.5°まで回転させた場合の図形の傾きを表す．点は比較刺激図形である．左側の縦軸は統制条件と実験条件の偏向量を表し，右側の縦軸は錯視量を表す．鋭角部分図形の角度錯視は90°を周期とした異方性を示している．
偏向量：PSE－POE
錯視量：(実験条件の偏向量)－(統制条件の偏向量)

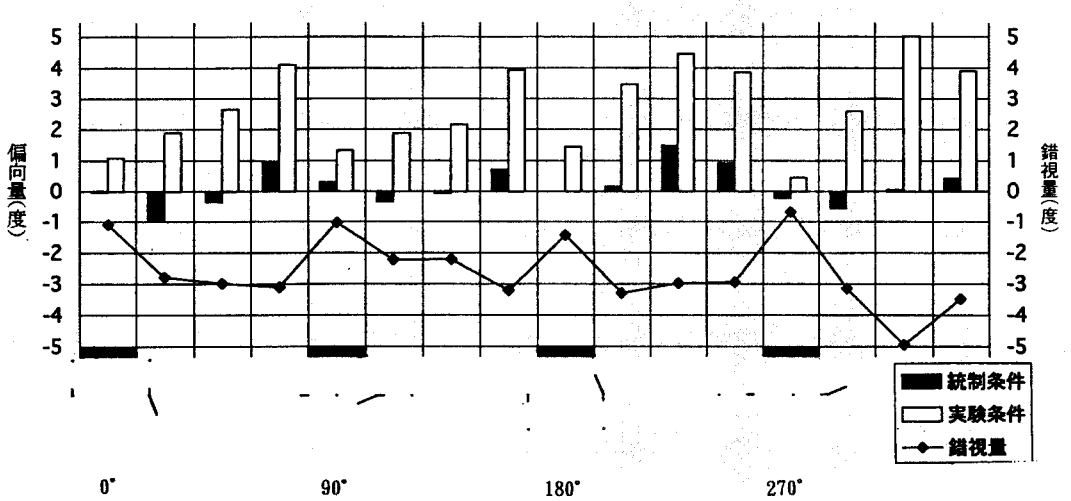


Figure 5．鈍角部分図形の場合．鈍角過小視なので錯視量を負で示した他は Figure 4 の説明と同じ

そして，鋭角部分図形群も鈍角部分図形群も，主線が垂直･水平方向より斜め方向にある錯視量のほうが大きいという異方性を示した．

考　　察

本論は，浜口（1998）のエビングハウス角度錯視図形の右角図形を，ほとんど同じ配置で，鋭角部分図形と鈍角部分図形に分解し，それぞれの角度錯視を異方性と関連させて測定し，鋭角部分図形の鋭角過大視，鈍角部分図形の鈍角過小視，そして，鈍角過小視のほうが鋭角過大視より大きいとの結果を得た．この結果より，エビングハウス角度錯視は，鋭角角度錯視と鈍角角度錯視の組み合わせで生起し，しかも，鈍角過小視が大きくエビングハウス角度錯視に影響していると結論できる．また，エビングハウス角度錯視の異方性も，鋭角角度錯視の異方性と鈍角角度錯視の異方性の

組み合わせで生起し，しかも，鈍角角度錯視の異方性が大きくエビングハウス角度錯視の異方性に影響していると結論できる．

エビングハウス角度錯視図形は，鋭角部分２つと鈍角部分２つに分解できる．本論は，その鋭角部分１つと鈍角部分１つの角度錯視を測定し，角度錯視量が大きく生起する主線が斜め方向のとき，鋭角過大視量約２°，鈍角過小視量約３°の錯視量を得た．もし，エビングハウス角度錯視が，２つの鋭角部分と２つの鈍角部分の角度錯視の単純な和であるとすれば，最大で10°の錯視量が得られることになる．しかし，浜口（1998）は，最大で５°弱の錯視量しか得ていない．盛永（1932）も最大で７°弱の錯視量しか得ていない．したがって，エビングハウス角度錯視やその異方性が，鋭角部分図形と鈍角部分図形の角度錯視やそれらの異方性の単純な和となる組み合わせで生起するとまでは結論できない．本論は，この問題に答えられるように実験計画されていないし，これは非常に興味ある問題ではあるが，この問題に関しては別の機会に研究したい．

引用文献

Blakemore, C., Carpenter, R. H. S., & Georgeson, M. A. 1970 Lateral inhibition between orientation detectors in the human visual system. *Nature*, **228**, 37-39.

Carpenter, R. H. S., & Blakemore, C. 1973 Interactions between orientations in human vision. *Experimental Brain Research*, **18**, 287-303.

浜口惠治　1994 鈍角は過小視されるのか　日本心理学会第58回大会発表論文集，576.

浜口惠治　1997 ポイント･マッチング法による角度錯視の組織的研究　人文科学研究，**5**，1-10.

浜口惠治　1998 エビングハウス角度錯視の異方性の実験的研究　高知大学学術研究報告，**47**，107-118.

今井省吾　1969 幾何学的錯視　和田陽平･大山正･今井省吾（編）　感覚･知覚心理学ハンドブック　誠信書房　537-576.

今井省吾　1984 錯視図形　－見え方の心理学－　サイエンス社.

盛永四郎　1932 エビングハウス氏角の錯視に関する研究（２）心理学研究，**7**，253-266.

野沢　晟　1977 角的布置の錯視効果について　日本心理学会第41回大会発表論文集，214-215.

橘覚勝・盛永四郎　1930 エビングハウス氏角の錯視図に関する実験的研究　心理学研究，**5**，487-502.

安田佳子　1978 角度方向錯視における明度情報の影響　日本心理学会第42回大会発表論文集，344-345.

平成11年（1999）年10月１日受理
平成11年（1999）年12月27日発行