きめの勾配を用いたＭＬ錯視に関する遠近法説の検討実験[1)]

浜口　恵治
（人文学部人間文化学科心理学研究室）

An Examination of the Perspective Theory on the ML Illusion: In Relation to the Texture Gradient

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

The influence of the texture gradient patterns on the Müller-Lyer illusion was investigated. The texture gradient patterns between the fins of the Müller-Lyer figure were constructed by many parallel lines (2, 4 and 8 lines) to the shaft of the Müller-Lyer figure. Three kinds of texture gradient patters (fine, plain and rough texture in the proximity of the shaft) were constructed. The apparent shaft lengths of these modified Müller-Lyer figures with various texture gradient patterns were estimated by thirteen university students. The illusion magnitudes were not influenced by the texture gradient patterns. These data consisted with the previous researches. These results were interpreted as inconsistent with an account of Müller-Lyer illusion in term of the perspective theory, since the predictions of the constancy scaling, the systematic changes in the illusion magnitudes to be associated with the systematic changes in the depth cues, were not confirmed.

Key words: illusion, Müller-Lyer illusion, perspective theory, constancy scaling

---

脚注　1
本研究は日本心理学会第65回大会で発表した.

Boring（1942）は，ミュラー・リヤー（Müller-Lyer 以後ＭＬと略す）錯視に関して，12の説を紹介し，その一つとして，シエリー（Thiéry）の遠近法説を挙げている．この説によると，内向ＭＬ図形は，木びき台を上から見た場合に相当し，主線は近くに見えるために小さく見え，外向ＭＬ図形は，木びき台を下から見た場合に相当し，主線は遠くに見えるために大きく見えるという．

このシエリーの遠近法説に対して，Gregory（1963, 1965, 1966, 1968, 1970）は，いわゆる，グレゴリーの遠近法説を提出した．シエリーのいう遠近法的奥行き感がないときにも錯視は生じるので，奥行き感のないときにも，なぜ錯視が生じるのかを説明できる遠近法説を提出した．つまり，一般的に，ＭＬ図形の矢の形は平坦に見え，立体的に見えないが，それでも錯視は生じるので，ＭＬ図形が平坦に見えていても，なぜ錯視が生じるのかを説明した．

グレゴリーは，「コンスタンシー・スケーリング」（constancy scaling）なる概念を提出し，このコンスタンシー・スケーリングを，一次的スケーリング（primary scaling）と二次的スケーリング（secondary scaling）とにわけた．一次的スケーリングは，奥行感ががなくても，奥行き手がかりがあれば，その奥行手がかりの方向にしたがって作動し，二次的スケーリングは，奥行感によって作動するという．一次的スケーリングの場合，それが遠いとか近いとかの奥行感がなくても，遠いとか近いとかの手がかりさえあれば，遠いという手がかりをもつ対象は大きく見え，近いという手がかりをもつ対象は小さく見えるという．

これら二つのスケーリングは，三次元世界で行動するわれわれの三次元配置の対象の知覚において作動し，適応的な知覚を成立させるはずである．ところが，この二つのスケーリングは，写真のような奥行感のある二次元的な図形にも，錯視図形のような，奥行手がかりがあっても，それが錯視図形の描かれている紙の平坦さという両立しえない奥行情報によって打ち消されてしまって，奥行感がない二次元的な図形にも作動し，不適切なコンスタンシー・スケーリング（inappropriate constancy scaling）となって錯視が生じるという．

今井（1982）は，Figure 1のようなポンゾ標準型錯視図形と，これに輻輳線分を幾つか描き加えたポンゾ変形型錯視図形の錯視量を測定し，前者において12.65%，後者において29.10%の錯視量を得た．すなわち，奥行手がかりを強調したポンゾ変形型錯視図形の方に錯視量の増加を得た．しかし，この結果は，山上・牧野（1982）も指摘しているように，奥行手がかりの強調によるとも考えられるが，より多くの輻輳線分の導入が錯視に効果をもたらしたとも考えられる．

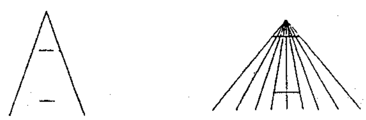

Figure 1. 今井（1982）の実験におけるポンゾ標準型錯視図形とポンゾ変形型錯視図形

本論の目的は，ＭＬ図形を用いて，一次的スケーリングである奥行手がかりの強弱を実験的に操作し，グレゴリーの遠近法説の妥当性を検討することにある．平面に等間隔に描かれた複数の横線を斜め方向から見れば，平行線の見えに粗密が生じ，観察者から遠くに位置する平行線は，間隔が密に見える．すなわち，きめの勾配が生じる，Figure 2 のように，閉じたＭＬ図形を作り，台形部分にきめの勾配を描き加えた．内向ＭＬ図形の場合，主線に向かって粗なきめの勾配をもった図形は，奥行手がかりを強調した順方向図形であり，密なきめの勾配をもった図形は，奥行手がかりを弱めた逆方向図形である．外向ＭＬ図形の場合，主線に向かって密なきめの勾配をもった図形は，順方向図形であり，粗なきめの勾配をもった図形は，逆方向図形である．なお，山上・牧野（1982）が指摘する，より多くの導入線分が錯視に及ぼす効果を考慮に入れて，粗密のない等間隔の平行線を描き加えた等間隔図形も作った．

以下において，ＭＬ錯視がきめの勾配の方向の影響を受けるかどうか，次の二つの仮説を検証することにより，グレゴリーの遠近法説の妥当性を検討した．標準ＭＬ図形に主線と平行な線分を

描き加えたことによる錯視量の変化を相殺して，正味のきめの勾配の方向の効果を測定するため，同じ本数の線分をもった等間隔図形と，同じ本数の線分をもった順方向図形または逆方向図形との比較により，きめの勾配の方向の効果を測定した．きめの勾配を構成する線分の本数は，２本（２本図形），４本（４本図形），８本（８本図形），である．

仮説　1　等間隔図形と比較して順方向図形は錯視量が増大する．

仮説　2　等間隔図形と比較して逆方向図形は錯視量が減少する．

方　　法

被験者　大学生13（男２・女11）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 2 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0.3mm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，Table 1 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．標準刺激の22種の実験条件刺激図形をFigure 3 のグラフの横軸に示した（条件名称はFigure 3 を参照）．Ｉは内向，Ｏは外向，Ｐは順方向，Ｅは等間隔，Ｒは逆方向の記号を表わし，数字は勾配線の本数を表わす．Ｃはきめの勾配線をもったＭＬ図形との比較図形の意味を表わす．これらは，主線150ドット（(100,200)－(249,200)，挟辺50ドット，挟角45°（内向）と135°（外向）の標準ＭＬ図形（CI０，CO0）ときめの勾配を加えたＭＬ図形である．きめの勾配は，内向図形で８本の順方向の勾配をもつ場合（IP8），主線と挟辺の先端間を結ぶ線の間を，89：69：56：45：38：32：27：24で勾配をつけた．同じく４本の場合（IP４）は158：101：70：51であり，２本の場合（IP２）は259：121である．逆方向の勾配をもつ場合（IR８，IR４，IR２）の勾配線の間隔は順方向の逆である．外向図形（OP８，OP４，OP２ OR８，OR４，OR２）は内向図形の逆である．等間隔の内向図形（IE８，IE４，IE２）と外向図形（OE８，OE４，OE２）も設けた．さらに，閉合した内向図形（CI１）と外向図形（CO１）も設けた．統制条件刺激図形（C0０）は主線のみである．

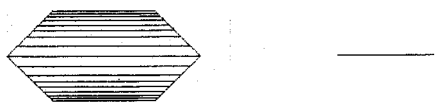

Figure 2.　刺激図形の一例

順方向に８本の線分で構成されたきめの勾配をもった内向ＭＬ図形（IP8）である実験条件刺激図形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等しくなるように調整した．

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75ドットより長くし，下降系列は，245ドットより短くする）である．刺激図形の一例をFigure 2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)）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等しく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，92回（(23条件（22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12分59秒（10分19秒～20分31秒）であった．

結　果

各実験条件のPSE（PSEe）と統制条件のPSE（PSEc）をTable 1に示した．そして，錯視量をPSEe－PSEcで表し，これらをTable 1に示すとともに，22実験条件の錯視量をFigure 3にグラフで表した．Table 1とFigure 3で見るように，内向ＭＬ図形条件においては全て過小視が生じ，外向ＭＬ図形条件においては全て過大視が生じた．以下，同線分数図形間どうしで仮説を支持する結果が生じたかどうかを見て行く．

Table 1. ＭＬ図形の主線の見掛けの長さのPSE（PSEe）と統制条件のPSE（PSEc），及びその錯視量とt検定
（13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	CI0	CI1	IP2	IE2	IR2	IP4	IE4	IR4	IP8	IE8	IR8
PSE(ドット)	140.62	141.81	143.73	142.96	144.37	142.58	142.50	143.92	143.12	141.65	142.62
統制条件の	C00										
PSE(ドット)	148.23										
錯視量	-7.62	-6.42	-4.50	-5.27	-3.87	-5.65	-5.73	-4.31	-5.12	-6.58	-5.62
t検定	**	**	ns	*	ns	*	*	ns	ns	*	*
	t= 3.69	t= 3.30	t= 1.72	t= 2.88	t= 1.43	t= 2.20	t= 2.36	t= 1.75	t= 1.97	t= 2.75	t= 2.35

主線の	C00	C01	OP2	OE2	OR2	OP4	OE4	OR4	OP8	OE8	OR8
PSE(ドット)	171.50	170.96	168.54	168.81	169.83	166.62	169.56	168.90	169.15	167.77	167.83
統制条件の	C00										
PSE(ドット)	148.23										
錯視量	23.27	22.73	20.31	20.58	21.60	18.38	21.33	20.67	20.92	19.54	19.60
t検定	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	t= 9.73	t=11.62	t= 8.04	t= 7.94	t= 8.93	t= 7.79	t= 7.99	t= 8.50	t= 7.96	t= 7.89	t= 7.32

* p<0.05　** p<0.01

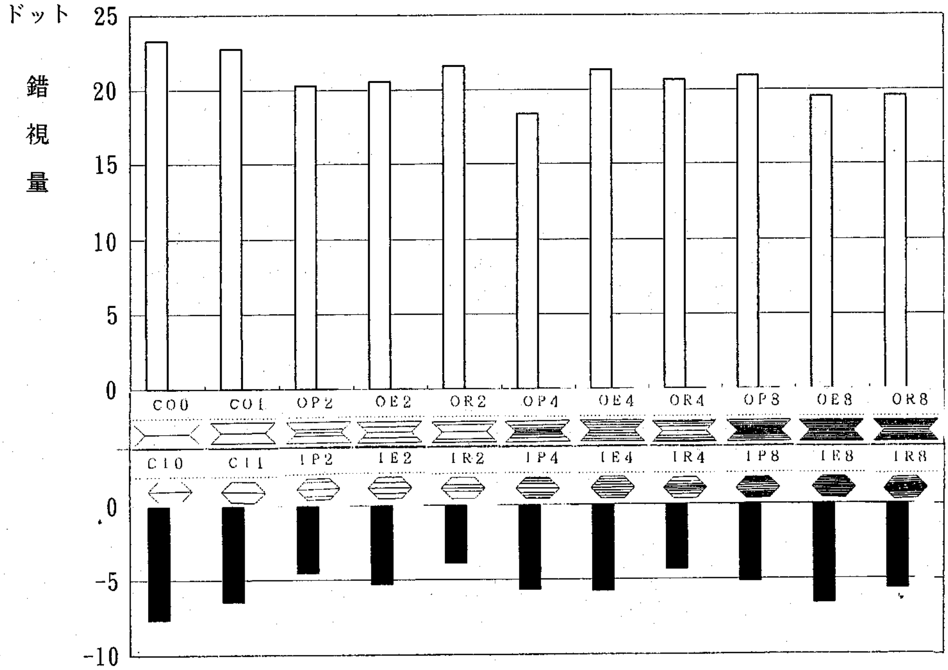

Figure 3.　横軸は標準ＭＬ図形ときめの勾配をもったＭＬ図形からなる実験条件刺激図形を表す．縦軸は錯視量を表わす．同線分数の等間隔図形と比較して順方向図形及び逆方向図形は予測された方向への錯視量の変化を示さなかった．

錯視量：実験条件の PSE（PSEe）－ 統制条件の PSE（PSEc）

仮説 1 に関して，

もし結果が仮説 1 を支持しているならば，順方向図形のほうが等間隔図形より錯視量が大きいはずである．内向図形と外向図形における同線分数の順方向図形と等間隔図形の錯視量を比較したところ，

内向ＭＬ 2 本図形の場合の錯視量は，IP 2 ＞IE 2 でなく IP 2 ＜IE 2 であった．

内向ＭＬ 4 本図形の場合の錯視量は，IP 4 ＞IE 4 でなく IP 4 ＜IE 4 であった．

内向ＭＬ 8 本図形の場合の錯視量は，IP 8 ＞IE 8 でなく IP 8 ＜IE 8 であった．

外向ＭＬ 2 本図形の場合の錯視量は，OP 2 ＞OE 2 でなく OP 2 ＜OE 2 であった．

外向ＭＬ 4 本図形の場合の錯視量は，OP 4 ＞OE 4 でなく OP 4 ＜OE 4 であった．

外向ＭＬ 8 本図形の場合の錯視量は，OP 8 ＞OE 8 であった（$t_{(12)}=1.29\ ns$）が統計的に有為でなかった．

このように仮説 1 を支持する結果は，この仮説の検証に関係する全ての条件間の比較において得られなかった．

仮説 2 に関して，

もし結果が仮説 2 を支持しているならば，逆方向図形のほうが等間隔図形より錯視量が小さいはずである．内向図形と外向図形における同線分数の逆方向図形と等間隔図形の錯視量を比較したところ，

内向ML 2本図形の場合の錯視量は，IR 2＜IE 2であった（$t_{(12)}=0.81$ ns）が統計的に有為でなかった．
内向ML 4本図形の場合の錯視量は，IR 4＜IE 4であった（$t_{(12)}=1.02$ ns）が統計的に有為でなかった．
内向ML 8本図形の場合の錯視量は，IR 8＜IE 8であった（$t_{(12)}=0.87$ ns）が統計的に有為でなかった．
外向ML 2本図形の場合の錯視量は，OR 2＜OE 2でなくOR 2＞OE 2であった．
外向ML 4本図形の場合の錯視量は，OR 4＜OE 4であった（$t_{(12)}=0.39$ ns）が統計的に有為でなかった．
外向ML 8本図形の場合の錯視量は，OR 8＜OE 8であった（$t_{(12)}=0.03$ ns）が統計的に有為でなかった．

このように仮説2を支持する結果は，この仮説の検証に関係する全ての条件間の比較において得られなかった．

以上，仮説1と仮説2を検証する全ての条件間の比較において，仮説1と仮説2を支持する結果は得られなかった．

考　察

本論の目的は，ML図形を用いて，グレゴリーのいう一次的スケーリングである奥行手がかりの増減を実験的に操作し，グレゴリーの遠近法説の妥当性を検討することにあった．しかし，仮説を支持する結果が得られなかったことにより，グレゴリーの遠近法説の妥当性は疑わしいと結論できる．

山上・牧野（1982）は，グレゴリーの遠近法説の妥当性を検討した幾つかの研究を展望し，奥行手がかりがあっても錯視が生じなかった研究を挙げている．そのうちの一つであるShiina & Freeman (1974) は，Figure 4 のような，上に密なきめの勾配をもった水平線図形における，水平線に平行するテスト線分，斜交するテスト線分，直交するテスト線分の錯視量を測定した．そして彼らは，水平線と直交するテスト線分において大きな錯視量を得たが，平行するテスト線分においては統計的に有為な錯視量を得ることができなかった．斜交するテスト線分の場合は両者の中間の大きさの錯視量を得た．

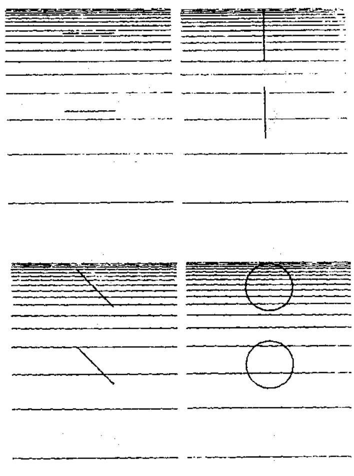

Figure 4．Shiina & Freeman (1974) の実験におけるきめの勾配錯視図形

Gillam (1980) も，上に密なきめの勾配をもった水平線図形に，水平線と平行するテスト線分，直交するテスト線分を描き加えた図形において，錯視が水平線と直交するテスト線分においてのみ生じることを指摘した．もし，グレゴリーの遠近法説が妥当ならば，錯視は，水平線と平行するテスト線分にも，直交するテスト線分にも生じるはずであるが，錯視が粗密の方向と一致した方向のテスト線分にのみ生じることから，グレゴリーの遠近法説の妥当性に疑問が投げかけられた．

本論で用いた変形ML図形におけるきめの勾配

の粗密の方向は垂直方向であり，テスト線分である主線の方向は水平方向であるので，きめの勾配がＭＬ錯視に影響を及ぼさなかったという結果を得ても，本論は先行研究となんら矛盾しない．ＭＬ図形を用いた本論も，先行研究と同じく，グレゴリーの遠近法説の妥当性に疑問を投げかけるものである．すなわち，グレゴリーの遠近法説が妥当ならば，テスト線分の方向に対して，奥行手がかりであるきめの勾配の方向が，水平であろうと垂直であろうと無関係であり，両者の一致・不一致にかかわらず，奥行手がかりの順方向・逆方向に応じて錯視量を増減させるはずである．

Gregory (1965) は，「パンドラの箱」(Pandora's Box, Gregory (1970)) なる実験装置を用いて，ＭＬ図形における主線の見掛けの奥行を測定し，ＭＬ図形の斜線の挟角の変化にともなう錯視量の変化と見かけの奥行の変化とがよく一致することを，グレゴリーの遠近法説の妥当性の証拠の一つに挙げている．Jaeger (1975) は，このパンドラの箱を用いて，外向ＭＬ図形の斜線の長さを変化させた場合，錯視量の変化と見かけの奥行の変化とが一致するかどうか実験的に検討した．しかし，両者がよく一致しないとの結果を得，グレゴリーの遠近法説ではＭＬ錯視を説明できないと主張した．このように，グレゴリーの遠近法説の大きな拠り所になっているパンドラの箱による実験的研究でも，この説の妥当性に疑問が投げかけられている．

引用文献

Boring, E. G. 1942 *Sensation and perception in the history of experimental psychology*, New York: Appleton-Century-Crofts.

Gillam, B. 1980 Geometrical illusions. *Scientific American*, **242**, 102-111.（河内十郎訳 1982 幾何学的錯視 大山正編 イメージの科学 日本経済新聞社 12-21.）

Gregory, R. L. 1963 Distortion of visual space as inappropriate constancy scaling. *Nature*, **199**, 678-680.

Gregory, R. L. 1965 Seeing in depth. *Nature*, **207**, 16-19.

Gregory, R. L. 1966 *Eye and brain — The psychology of seeing*. London: Weidenfeld & Nicolson. 船原芳範訳 1970 見るしくみ — 目と脳の生理学 平凡社

Gregory, R. L. 1968 Visual illusions. *Scientific American*. **219**, 66-76.（大山正訳 1975 錯視のメカニズム 本明寛編 イメージの世界 日本経済新聞社 47-59.）

Gregory, R. L. 1970 *The intelligent* eye. London: Weidenfeld & Nicolson. 金子隆芳訳 1972 インテリジェント・アイ みすず書房

今井省吾 1982 因子分析法による幾何学的錯視の分類 人文学報（東京都立大学），**152**, 1-18.

Jaeger, T. 1975 Effect of changes in fin-length on apparent shaft-length and depth in the Müller-Lyer illusion. *Perceptual and Motor Skills*, **41**, 79-84.

Shiina, K., & Freeman, R. B. Jr. 1974 Dimensional and judgmental determinants of illusions of visual size. *Japanese Psychological Research*, **16**, 76-83.

山上暁・牧野達郎 1982 幾何学錯視の遠近法理論 サイコロジー，**29** (8), 21-29.

平成13年（2001）10月３日受理
平成13年（2001）12月25日発行