

Ponzo 錯視の錯視量におよぼす輻輳線分の両眼視差および 背景の肌理密度勾配の効果ⁱ

原田 晃輔ⁱⁱ・高橋 啓介

The Effects of Binocular Disparities in The Convergent Lines and Gradient of Texture in The Background upon The Consequent Degrees of Ponzo Illusion. Kosuke HARADA and TAKAHASHI Keisuke

The purpose of this study was to examine the validity of the Constancy Scaling Theory (Gregory, 1963) in the Ponzo illusion through the two experiments. In experiment 1, we tested the effects of the binocular disparities added to the convergence lines upon the consequent degrees of the Ponzo illusion. The binocular disparities were noncrossed and crossed, and the degrees of disparities were 0.0° (control), 0.5° , 1.0° , and 1.5° . The stimulus figure was presented to the experimental participants dichoptically and the consequent degrees of Ponzo illusion were measured by using constancy method. In experiment 2, we tested the effects of the binocular disparities added to the convergence lines and the gradient of texture in the background upon the consequent degrees of the Ponzo illusion. The binocular disparities were 0.5° noncrossed disparity, 0.5° crossed disparity, and no disparity (control). The background was set three experimental conditions: Eliminated depth, emphasized depth, and conflicted depth. As in experiment 1, the stimulus figure was presented to the experimental participants dichoptically in each experimental condition and the consequent degrees of Ponzo illusion were measured by using constancy method. The results of those experiments were that both of the binocular disparities and the gradient of texture in the background did not affect the consequent degrees of Ponzo illusion systematically. It is suggested that the constancy scaling theory does not have sufficient validity to explain the process of formation of the Ponzo illusion.

Keywords: Ponzo 錯視 恒常性尺度 両眼視差 肌理密度勾配

Ponzo illusion constancy scaling binocular disparities gradient of texture

1. 問題

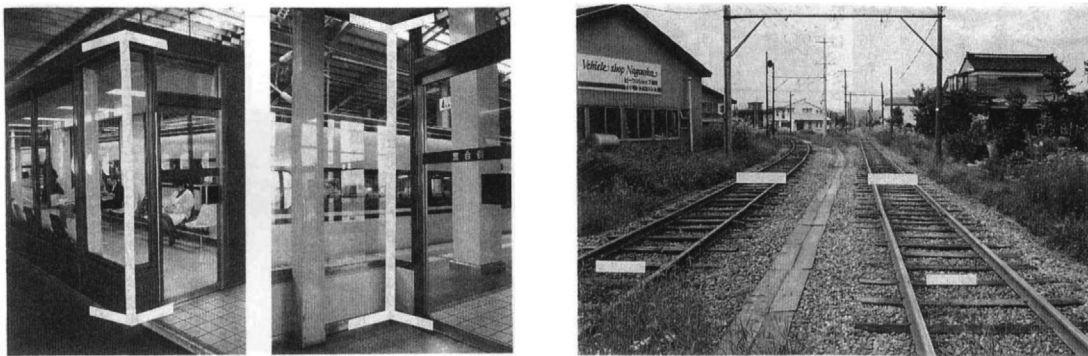
Gregory(1963)は、幾何学的錯視に共通する原理は、大きさの恒常性の錯誤によって「遠く

ⁱ 本研究は平成 21 年度愛知淑徳大学研究助成による助成を受けた。

ⁱⁱ 医療法人湘山会眼科三宅病院視能訓練士。

のものに対応する部分を拡大し、近くのものに対応する部分を縮小する」とする「錯視の遠近法理論」を提唱した。この理論では、大きさの恒常性を成立させるメカニズムを恒常性尺度(constancy scaling)と呼び、その尺度が不適切に作動する場合に錯視が生じるとされる。恒常性尺度には、奥行き手がかりの図形的特徴によって無意識的に働く primary scaling と、見えの奥行きや、刺激配置に基づいて top-down 的に作用する奥行きに関する仮説によって働く secondary scaling とがあり、これらが奥行き感に従って正常に機能すれば恒常性という正しく、適切な知覚をもたらし、刺激の奥行き特徴によって無意識的・自動的に誤って機能すると錯視が生じると考える。Gregory(1963; 1968)、Gillam(1971)によれば、Müller-Lyer 錯視や Poggendorf 錯視は、ものの長さや位置を判断する際に、その 3 次元構造を「考慮に入れる」働きを反映していると考えられる。つまり、図形的特徴による知覚的奥行きを考慮に入れ、幾何光学の観点からつじつまの合うように視覚入力を解釈した結果成立すると考えることができる。

Müller-Lyer 錯視の場合、Figure 1 に示したように、内向図形は 3 次元的には壁の引っ張った角のように見え、外向図形は部屋の隅のように見える。通常の視環境では、角は手前に出ており、隅は奥に引っ込んでいるため、隅は角よりも奥行き的には遠くに存在することが多い。Müller-Lyer 錯視では内向図形や外向図形の矢羽根によって上記のような通常の視環境における奥行き感が誤って導かれ、その奥行きによって constancy scaling が無意識的・自動的に作動し、結果的に恒常性の錯誤が生じ、網膜上では等しい長さに投影される主線の長さには錯視が成立するのだと解釈される。同様に、Ponzo 錯視も、Figure 1 に示したように、「大きさと距離によるスケール」で共通する機序を考慮しないと、その生態学的な機能を見出すことができない。



Müller-Lyer Illusion

Ponzo Illusion

Figure 1 Demonstration of The Illusions in the Context of Gregory's Constancy Scaling Theory.(Suzuki, 1990)

Ponzo 錯視は、2 本の輻輳線分の中に 2 本の同じ長さの平行線分が配置された時に、頂角に近い線分がより長く見える幾何学的錯視である。これは輻輳線分が線遠近法的奥行き手がかりとなり、それによって constancy scaling が作動し、結果として恒常性の錯誤が生じたためだと解釈することができる。Figure 1 に示したのと同様の風景写真に Ponzo 錯視図形を重ね合わせた Leibowitz, et al.(1969)、Leibowitz & Pick(1972)は、風景写真の奥行き手がかりがより豊富な条件ほど錯視が大きくなるという、奥行き手がかりの加算性を報告している。同様に今井(1982)も、遠近感、奥行き感が強調された図形では平均錯視量が増大するとの所見を

報告しており、奥行き手がかりは Ponzo 錯視の成立要因ではないが、錯視を強める要因ではあると結論づけている。

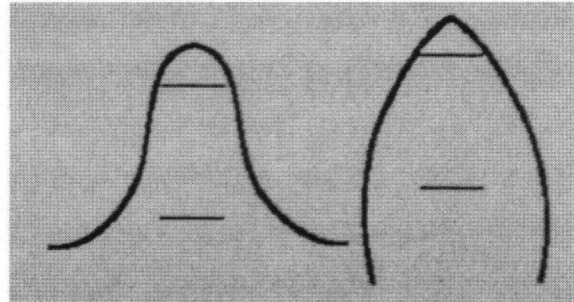


Figure 2 Fisher's Stimulus Figure (Fisher, 1968)

他方、Fisher(1968)は、Figure 2 に示したように輻輳線分を曲線にすることによって、輻輳線分が奥行き手がかりとして機能しないようにした刺激事態においても Ponzo 錯視と同様の現象が生じることを報告している。また山上・牧野(1982)は、Figure 3 に示したような、輻輳線分が奥行き手がかりとならないような図形においても Ponzo 錯視と同様の現象が生じることを報告している。

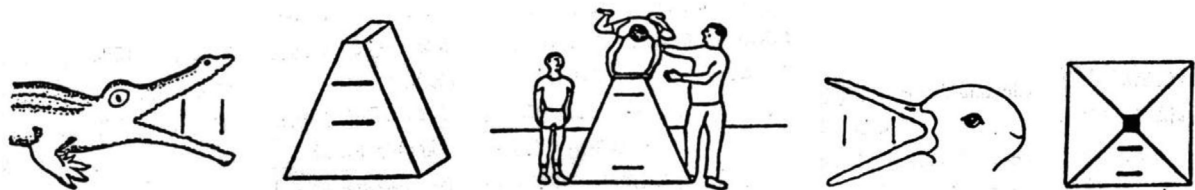


Figure 3 Ponzo Illusions in The Figural Structures without Depth Cue.
(Yamagami & Makino, 1982)

和田(1971)は、輻輳線分内の平行線分を単円に変えて、その大きさに錯視が生じるかを検討しており、単円をどの位置に布置しても、見えの大きさに差が認められないことを見出している。また、平面的な刺激に絵画的な奥行き手がかりを加えた Newman & Newman (1974) や Maturana, *et al.*(1973)の研究では、絵画的な奥行き手がかりは錯視の大きさに効果をおよぼさないとの所見が報告されている。和田(1971)は、Ponzo 錯視は奥行き手がかりではなく、輻輳線分内に視標が呈示されることが重要であり、奥行き知覚は Ponzo 錯視の成立要因ではないと結論づけている。

上記のように、Gregory(1963)の constancy scaling theory は、幾何学的錯視の機序を説明する統一的原理であるとは単純に認めることはできないが、錯視と3次元知覚との間の関係性のある側面を捉えたものであると考えられる。こうした点を検討するために、高橋・林(2009)は、2次元配置における錯視現象と3次元配置における恒常現象とを比較し、奥行き知覚が、錯視と大きさの恒常性とにどのように関与しているかを複合的に検討する必要があると考え、

2次元配置である Ponzo 錯視において、奥行き感を組織的に操作した背景が、その錯視量におよぼす効果について検討している。その結果、2次元配置における奥行き手がかりは Ponzo 錯視の見えに影響を与える要因として関与している可能性が示唆された。このことは、背景の奥行き手がかりの Ponzo 錯視におよぼす効果が、恒常性とどのような関係にあるのかを検討する必要性を示しており、Ponzo 錯視と同様の刺激布置を有する3次元構造に、組織的に操作された奥行き感を成立させる手がかりや背景刺激を付加し、それらが Ponzo 錯視の錯視量におよぼす効果や、大きさの恒常性と錯視との関係を詳しく検討する必要があるだろう。そこで本研究では、2次元配置である Ponzo 図形の輻輳線分に交差視差、非交差視差を付加することで3次元化し、奥行き感を成立させる両眼視差手がかりを操作することで、それが Ponzo 錯視の錯視量におよぼす効果を検討する。また、両眼視差奥行き手がかりに加えて背景刺激に肌理密度勾配を付加することで、両眼視差、肌理密度勾配の2要因が Ponzo 錯視の錯視量におよぼす効果や、錯視と大きさの恒常性との関係を検討する。

2. 実験 1

1) 目的

Ponzo 錯視の成立機序の仮説として、Gregory(1963)による constancy scaling theory の妥当性を検討するために、高橋・林(2009)は、Ponzo 図形の背景の肌理密度勾配を組織的に操作することで、奥行き手がかりを操作し、Ponzo 錯視の錯視量におよぼす効果を検討した。その結果、背景の奥行き手がかりが、Ponzo 錯視に、ある一定の効果をもたらすとの所見を得ている。しかしそこでは、背景の奥行き手がかりと、大きさの恒常性システムとの関係性については十分な検討が加えられていなかった。そこで本実験では、Ponzo 図形と同様の刺激布置に両眼視差を加えることで図形に3次元構造を構成し、両眼視差を組織的に操作することによって、Ponzo 錯視の錯視量と大きさの恒常性とがどのように変動するかを検討する。

2) 方法

- (1) 実験参加者： 視力、立体視健常な21歳大学生4名（男性2名、女性2名）。
- (2) 装置： 刺激呈示には、17inchCRTディスプレイ(MITSUBISHI RDF223H)を用いた。刺激の作成・制御にはマイクロコンピュータ（Dell Studio XPS）を用い、アプリケーションソフトとして、Flash8(Macromedia)を用いた。また刺激を両眼分離呈示するために、反射型実体鏡(SOKKIA MS-16)の接眼レンズを外して用いた。

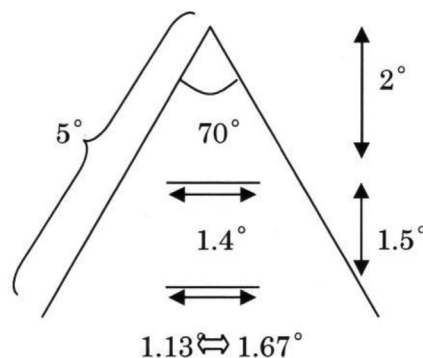


Figure 4 Ponzo Figure as The Stimulus

- (3) 刺激： Figure 4 に示した通り、輻輳角 70° 、輻輳線分の長さ視角 5° 、輻輳角頂点から標準刺激までの距離視角 2° 、輻輳角頂点から比較刺激までの距離視角 3.5° 、標準刺激と比較刺激との間隔視角 1.5° 、標準刺激の長さ視角 1.4° の Ponzo 図形を刺激とした。比較刺激は視角で $1.13^\circ \sim 1.67^\circ$ の範囲で、視角 0.09° ステップの 7 段階を設定した。

両眼視差は、輻輳角頂点に非交差視差、交差視差を与え、それらを水平方向に 2 枚並べ、両眼分離呈示する刺激とした。

- (4) 実験条件： 両眼視差条件として、 -1.5° 、 -1.0° 、 -0.5° 、 0° 、 0.5° 、 1.0° 、 1.5° の 7 条件を設定した。これらの条件の内、 -1.5° 、 -1.0° 、 -0.5° の 3 条件は非交差視差であり、 0.5° 、 1.0° 、 1.5° の 3 条件は交差視差であった。また、 0° 条件は統制条件であった。

- (5) 手続き： 実験は明室で行い、観察距離は 66.0cm とした。恒常法によって錯視量を測定した。CRT ディスプレイ上に刺激を呈示し、実験参加者に実体鏡を通して両眼分離呈示刺激を観察させ、融像させた。実験参加者には、各視差条件および統制条件において呈示される Ponzo 図形の輻輳線分に挟まれた、平行に配置された 2 本の水平線分の長さを比較し、上方の線分（標準刺激）に対して、下方の線分（比較刺激）の長さが、「短い」「同じ／わからない」「長い」を判断させ、刺激呈示直後に口頭で応答させた。

各実験条件において、7 種類の比較刺激をそれぞれ 20 回ずつ、計 140 回をランダムに呈示した。また、実験条件の呈示順序も実験参加者間でカウンターバランスを取った。

3) 結果と考察

各実験条件における実験参加者の反応から標準刺激に対する比較刺激の主観的等価値 (PSE: 視角) を求め、標準刺激の長さ 1.4° から各測定試行の PSE を減ずることで錯視量を算出した。

Figure 5 に、各両眼視差条件における視差角の変化に伴う平均錯視量の変化を示した。

錯視量におよぼす視差の効果について分散分析を行ったところ、視差の主効果が有意であった ($F(6,234)=8.837, p<.001$)。すなわち、Figure 5 によると、統制条件に較べると程度は低いが全ての実験条件で、標準刺激の過大視が認められた。両眼視差 0.5° 、 1.0° では両眼視差の方向にかかわらず、錯視量が両眼視差 0° の統制条件より顕著に小さくなり、また両眼視差が大きくなるのに伴って錯視量が減少する傾向が認められた。両眼視差 1.5° では、両眼視差の方向によって、錯視量に差が認められた。すなわち、非交差視差である -1.5° 条件では、両眼視差 1.0° とほぼ同じ錯視量を示したのに対して、交差視差である 1.5° 条件では錯視量が統制条件の水準まで回復している。非交差視差は、輻輳線分がもたらす奥行き感を強調する方向の両眼視差であり、それが錯視に効果をもたらすのであれば、錯視量は増大し、標準刺激の過大視傾向は強められなくてはならない。他方、交差視差は輻輳線分のもたらす奥行き感とは矛盾する方向の両眼視差であり、輻輳線分の線遠近法的奥行き手がかりが両眼視差奥行き手がかりよりも強い場合には、統制条件と同程度の錯視量が得られるはずである。

あるいは、両眼視差奥行き手がかりが輻輳線分の線遠近法的奥行き手がかりよりも強ければ、錯視量は過小視に変位しなければならない。しかし、本実験の結果は上記のいずれの場合とも矛盾するものであった。すなわち、輻輳線分に両眼視差を付加すると、その方向にかかわらず、錯視それ自体が消失するよう作用する可能性が示唆される。輻輳線分に両眼視差を付加することは、Ponzo 錯視の図形構造に変化を加えることである。つまり本実験の結果は、Ponzo 錯視においては、刺激布置としての図形構造が、その成立に重要な規定要因となっていることを示唆しており、山上・牧野(1982)の所見を支持するものだと考えられる。しかしながら、交差視差 1.5° において再び過大視傾向が統制条件水準に回復することは謎であり、今後の検討課題である。

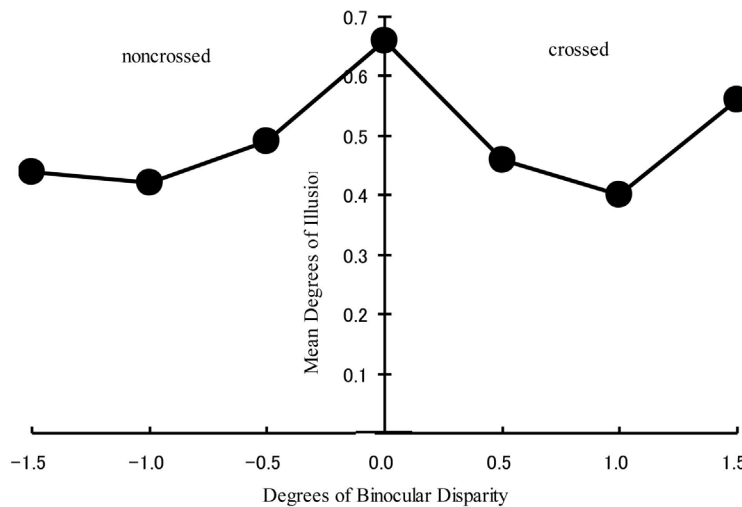


Figure 5 Mean Degrees of Illusion as A Function of Degrees of Binocular Disparities.

実験資料の解析過程において、実験参加者の判断が各実験条件における 20 試行の測定試行中に変動する傾向が認められた。そこで、実験参加者の実験資料を前半 10 試行と後半 10 試行の測定試行に分割し、実験の繰り返し効果について検討することにした。

Figure 6 に、各両眼視差方向条件における視差角の変化に伴う平均錯視量の変化を実験試行の前半 10 試行(a)、後半 10 試行(b)ごとに示した。

錯視量におよぼす試行の前後半の効果について分散分析を行った結果、試行の前後半の主効果が有意で($F(1,39)=178.923, p<.001$)、試行の前後半と視差との交互作用が有意であった($F(6,234)=3.959, p<.001$)。Figure 6 によると、前半の試行では、Figure 5 で検討した傾向がより顕著であり、非交差視差では視差が大きくなるのに伴って錯視量が減少する傾向が明確に認められる。また、交差視差においても、視差 1.0° までは非交差視差と同様の傾向を示すものの、視差 1.5° で錯視量が統制条件の水準まで回復する傾向が明確である。ところが後半の試行ではこうした傾向が認められない。まず、統制条件においても錯視量が大きく減少し、標準刺激の弱い過大視傾向しか認められない。非交差視差、交差視差いずれにおいても、両眼視差 0.5° 、 1.0° 条件では統制条件と同じ水準の錯視量を示しており、両眼視差の方向、両眼視差の大きさの効果が認められない。それに対して、両眼視差 1.5° では、非交差視差、交差視差いずれにおいても、統制条件よりも標準刺激の過大視が強まる傾向が認められる。

錯視を繰り返し観察することによって、錯視量が漸減する現象については古くから知られており (Köhler & Fishback, 1950a; Köhler & Fishback, 1950b; Lang, 1988; Porac, 1989; Schiano & Jordan, 1990; Tanaka, 1975; 田中, 1976; 田中, 1990)。繰り返し観察による知覚学習の効果である可能性が示唆されている。統制条件における錯視量が著しく減少したのは同様の可能性があると考えられる。また、知覚学習効果によって、輻輳線分に付加した両眼視差奥行き手掛りの効果についても、作用が漸次変化していることも考えられる。この点についても今後検討を深める必要がある。

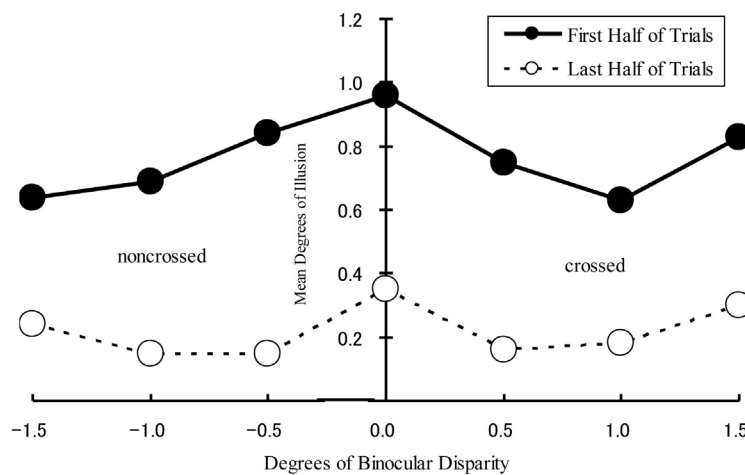


Figure 6 Mean Degrees of Illusion in Both of The First Half of Trials and The Last Half of Trials as A Function of Degrees of Binocular Disparites.

3. 実験 2

1) 目的

実験 1 では Ponzo 図形の輻輳線分に組織的に操作した両眼視差を付加し、錯視量におよぼす効果について検討したが、両眼視差によって惹起される奥行き感によって、大きさの恒常性システムが作動し、錯視に変動をもたらす傾向は見出されず、両眼視差の付加が Ponzo 錯視の図形構造に変化を来たし、その結果として錯視が抑制される傾向が示唆された。しかし、高橋・林(2009)では、輻輳線分に両眼視差を付加しない Ponzo 図形の背景に、肌理密度勾配による奥行き手掛りを与えた場合、Ponzo 錯視に組織的な変動をもたらすとの所見が報告されている。そこで、実験 2 では、実験 1 で用いた刺激に、さらに肌理密度勾配による奥行き手掛りを、その背景刺激として付加した時に、両眼視差と肌理密度勾配とが Ponzo 錯視にどのような効果をもたらすかについて検討する。

2) 方法

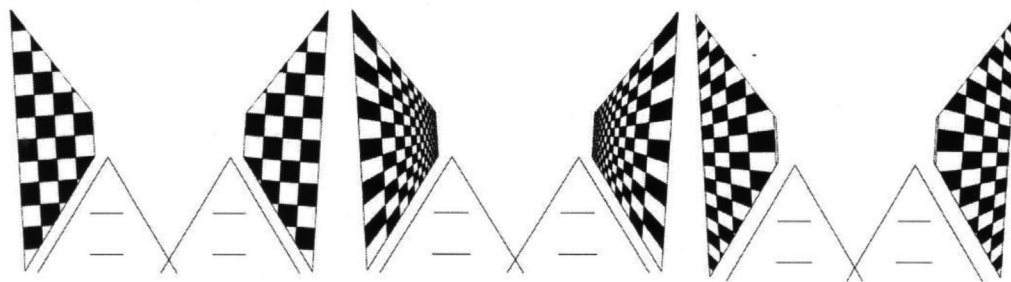
- (1) 実験参加者： 視力、立体視健常な大学生男性 3 名 (平均年齢 20.3 歳、SD=1.66)。
- (2) 装置： 刺激呈示には、17inchCRT ディスプレイ(MITSUBISHI RDF223H)を用いた。刺激の作成・制御にはマイクロコンピュータ (Dell Studio XPS)

を用い、アプリケーションソフトとして、Flash8(Macromedia)を用いた。また刺激を両眼分離呈示するために、反射型実体鏡(SOKKIA MS-16)の接眼レンズを外して用いた。

- (3) 刺激： Figure 4 に示した通り、輻輳角 70° 、輻輳線分の長さ視角 5° 、輻輳角頂点から標準刺激までの距離視角 2° 、輻輳角頂点から比較刺激までの距離視角 3.5° 、標準刺激と比較刺激との間隔視角 1.5° 、標準刺激の長さ視角 1.4° の Ponzó 図形を刺激とした。比較刺激は視角で $1.13^\circ \sim 1.67^\circ$ の範囲で、視角 0.09° ステップの 7 段階を設定した。

両眼視差は、輻輳角頂点に非交差視差、交差視差を与え、それらを水平方向に 2 枚並べ、両眼分離呈示する刺激とした。

背景刺激は、視角 $9.25^\circ \times 2.75^\circ$ の範囲に台形で呈示した。背景刺激は Figure 7 に示した 3 種類を用いた。①肌理密度勾配を持たない白黒正方形のチェッカーパターン(奥行き消去条件)(a)。②白黒チェッカーパターンが台形上底から下底に向かって滑らかに拡大するパターン(奥行き強調条件)(b)。③白黒チェッカーパターンが台形上底から下底に向かって滑らかに縮小するパターン(奥行き矛盾条件)(c)。



(a) Eliminated Depth (b) Emphasized Depth (c) Conflicted Depth

Figure7 Background Stimulus as The Experimental Conditions.

- (4) 実験条件： 両眼視差条件として、 -0.5° (非交差視差)、 0° 、 0.5° (交差視差)の 3 条件を設定した。視差 0° 条件は統制条件である。また、背景条件として、輻輳線分に誘導される奥行き感を消去する背景を呈示する奥行き消去背景条件、輻輳線分に誘導される奥行き感を強調する背景を呈示する奥行き強調背景条件、輻輳線分に誘導される奥行き感と矛盾する背景を呈示する奥行き矛盾背景条件の 3 条件を設定した。

両眼視差条件と背景条件とを総当たりで組み合わせさせた 9 条件を実験条件とした。

- (5) 手続き： 実験は明室で行い、観察距離は 66.0cm とした。恒常法によって錯視量を測定した。CRT ディスプレイ上に刺激を呈示し、実験参加者に実体鏡を通して両眼分離呈示刺激を観察させ、融像させた。実験参加者には、各実験条件において呈示される Ponzó 図形の輻輳線分に挟まれた、平行に配置された 2 本の水平線分の長さを比較し、上方の線分(標準刺激)

に対して、下方の線分(比較刺激)の長さが、「短い」「同じ／わからない」「長い」を判断させ、刺激呈示直後に口頭で応答させた。

各実験条件において、7種類の比較刺激をそれぞれ20回ずつ、計140回をランダムに呈示した。また、実験条件の呈示順序も実験参加者間でカウンターバランスを取った。

3) 結果と考察

実験資料は、実験1と同様に処理し、標準刺激の錯視量を算出した。Figure 8に各奥行き背景条件における平均錯視量の両眼視差に伴う変化を示した。

錯視量におよぼす背景と視差の効果について分散分析を行ったところ、背景の主効果($F(2,58)=14.903, p<.001$)、視差の主効果($F(2,58)=6.982, p<.001$)が有意であった。また、背景と視差との交互作用の傾向が認められた($F(4,116)=2.365, p=.06$)。Figure 8によると、視差条件にかかわらず、他の背景条件に較べて奥行き矛盾背景条件での錯視量が有意に低く、背景条件にかかわらず、視差 0° で最も過大視傾向強くなり、 -0.5° 、 0.5° 条件ではその過大視傾向が有意に減少することが認められる。しかし、背景と視差との交互作用の傾向も認められたことから、Figure 8に基づいて条件ごとにより詳細に検討する必要がある。

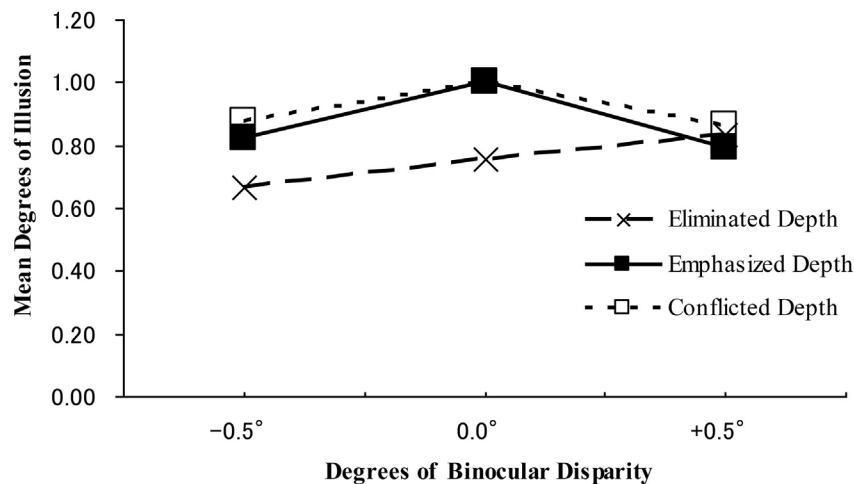


Figure 8 Mean Degrees of Illusion in Each Depth Condition of Background as A Function of Degrees of Binocular Disparities.

Figure 8によると、いずれの奥行き背景条件、両眼視差条件でも、標準刺激の過大視が生じている。 -0.5° 、 0° 条件では、奥行き消去背景条件に較べ、奥行き強調背景条件、奥行き矛盾背景条件でより大きな過大視が生じた。

両眼視差 0° 条件では両眼視差要因は関与しておらず背景要因の効果だけを検討することができる。奥行き消去背景条件では、背景による奥行き効果がないために、輻輳線分による奥行き効果のみの過大視が生じていると考えられる。奥行き矛盾背景条件では、輻輳線分による線遠近法的奥行き手がかりと、それと矛盾する背景の肌理密度勾配の奥行き手がかりとが等価性を有すれば錯視が消失することが予測される。しかし本実験では、奥行き強調背景条件、奥行き矛盾背景条件ともに標準刺激の過大視傾向を強調する効果が認められた。これ

は、背景の肌理密度勾配の奥行き手がかりの奥行き方向にかかわらず、視覚系におよぼす効果が等しいことを示唆する。

視差 -0.5° 条件においても、視差 0° の時と同様に、背景の肌理密度勾配奥行き手がかりの奥行き方向にかかわらずほぼ同程度の錯視量となり、奥行き消去背景条件では他の2背景条件に較べ錯視量が小さくなる傾向が示された。非交差視差である 0.5° 条件では、両眼視差要因のみを考えれば、両眼視差 0° 条件よりも標準刺激の過大視傾向は強まるか、少なくとも、輻輳線分の線遠近法的奥行き手がかりによって惹起されるのと同程度の過大視が生じることが期待されるが、結果はその予測に反する。背景要因を考慮すると、視差 -0.5° 条件における奥行き消去背景条件と奥行き強調背景条件の錯視量の関係については、恒常性メカニズムにより錯視量が増大すると仮定すれば、奥行き強調背景条件の方が奥行き消去背景条件よりも背景の肌理密度勾配の奥行き手がかりの効果が強く、結果的に錯視量が大きくなったと考えることができる。また、奥行き矛盾背景条件でも奥行き強調背景条件と同程度の錯視量が認められたことは、背景に与えられた奥行き情報によって視覚系の解釈が異なっている可能性も考えられる。しかし一方、実験1で検討したのと同様に、視覚系が本実験の刺激事態を合理的に解釈することができず、図形構造を破壊しないように、付加された奥行き手がかりのうちのいずれかの手がかりを無視した可能性も否定できない。

交差視差条件(+)においては、すべての奥行き背景条件でほぼ同等の錯視量となった。交差視差は輻輳線分の線遠近法的奥行き手がかりと矛盾する奥行きをもたらし両眼視差であり、この条件では、両眼視差要因のみを考えると、錯視量の減少、あるいは消失が期待される。しかし、その水準は奥行き消去背景条件を除いて、非交差視差条件とほぼ同等であったことから、図形構造の破壊を回避するという視覚系の振る舞いの結果を示していると考えるのが合理的であろう。

奥行き強調背景条件、奥行き矛盾背景条件では、輻輳線分に両眼視差が付加されると、非交差、交差にかかわらず、両眼視差 0° に較べて有意に錯視量が減少し、過大視傾向が弱まった。他方、奥行き消去背景条件では、両眼視差 0° に較べて、非交差視差で錯視量が減少し、交差視差で錯視量が増大する傾向が認められた。これは、両眼視差のもたらし奥行き感から考えると、constancy scaling theory から予測される錯視量の変動の方向と逆となっており、本実験における刺激事態においては、奥行き手がかりが錯視に組織的な効果をおよぼさなかったと考えられる。

上記の結果は、実験1と同様、輻輳線分に付加した両眼視差が錯視に対して組織的な効果をおよぼさないことを、さらに、背景に付加した肌理密度勾配の奥行き手がかりも両眼視差と同様に錯視に対して組織的な効果をおよぼさないことを示唆している。実験2で設定した要因は、いずれも錯視の成立を複雑化していることになり、constancy scaling theory から予測される、付加された奥行き手がかりの組織的で明確な効果については検出することができなかった。

実験1と同様に、試行の前半10試行と後半10試行とで、錯視量に変動があるか否かを検討した。Figure 9に、各奥行き背景条件における平均錯視量の両眼視差に伴う変化を、(a)前半10試行、(b)後半10試行に分けて示した。

錯視量におよぼす試行の前後半の効果について分散分析を行った結果、試行の前後半の主効果が有意であった($F(1,29)=4.250, p<.05$)。Figure 9によると、前半10試行と後半10試行との間に、奥行き背景条件、両眼視差条件による錯視量の変動について、試行の平均の実験資

料と大きく異なる傾向は見いだされなかった。ただ、実験 1 とは逆に、全体として、前半 10 試行に比べ、後半 10 試行で、錯視量が大きくなる、すなわち過大視傾向が強まることが示された。

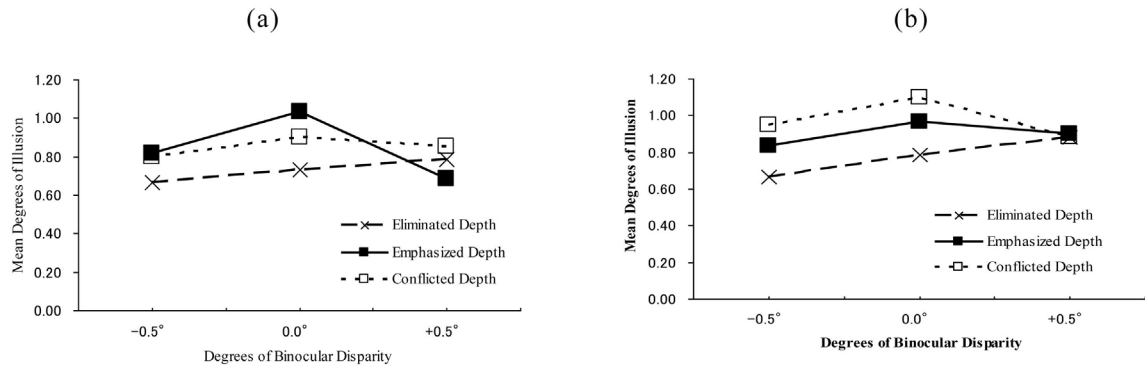


Figure 9 Mean Degrees of Illusion in Each Depth Condition of Background as A Function of Degrees of Binocular Disparities: (a) First Half of Trials. (b) Last Half of Trials.

実験 1 に較べると、実験 2 での刺激呈示回数は条件数に応じて多くなっていたにもかかわらず、実験 1 で認められた、錯視の繰り返し呈示による錯視量の漸減は実験 2 では認められなかった。それは実験 1、実験 2 とともに、実験参加者の疲労度をその都度観察しながら休憩を挿入しており、実験実施の時間的統制が実験間、実験参加者間で一貫していなかったことによる可能性を否定できない。しかし他方、実験 2 で用いた刺激の図形的特徴が練習効果を阻害する要因となっている可能性もある。

4. 討論

実験 1 では、輻輳線分に非交差視差および交差視差を付加し、両眼視差の量を 0° 、 0.5° 、 1.0° 、 1.5° に操作し、Ponzo 錯視の錯視量におよぼす効果を検討した。その結果、輻輳線分に付加した両眼視差は、非交差、交差にかかわらず標準刺激の錯視量を減少させることが示された。

実験 2 では、輻輳線分に非交差視差、交差視差それぞれ 0.5° を付加し、それに加え、輻輳線分の線遠近法的奥行き手がかりから惹起されると予測される奥行きを消去する肌理密度を有した背景、奥行きを強調する肌理密度勾配を有した背景、奥行きと矛盾する肌理密度勾配を有した背景を付加し、線遠近法、両眼視差、肌理密度勾配の 3 つの奥行き手がかりの相互作用が Ponzo 錯視の錯視量におよぼす効果について検討した。実験 1 の結果と総合的に検討するために、Figure10 に、実験 2 の結果に、実験 2 の両眼視差条件に対応した実験 1 の結果を統制条件としてスーパーインポーズして示した。

Figure10 によると、背景に肌理密度勾配の奥行き手がかりを付加すると背景刺激がない場合に較べて、輻輳線分に付加された両眼視差の方向、大きさにかかわらず、標準刺激の錯視量が増大することが示された。つまり、背景に何らかの奥行き手がかりを導入すると、錯視量が増大することが示されている。これは、高橋・林(2009)の奥行きを強調する背景では錯視量が増大し、矛盾した奥行きの背景では錯視が逆転するという所見とは異なるものである。

こうした差異が生じた理由として指摘しておかなければならないのは、背景刺激の呈示の仕方である。高橋・林(2009)は背景全体に肌理密度勾配を呈示したが、本実験においては、Ponzo図形の左右に背景を呈示しており、背景それ自体の輪郭にすでに線遠近法的奥行き手がかりが混入している。そのことが、背景を呈示した場合に背景が呈示されない場合に較べて錯視量の増大をもたらした可能性を否定できない。他方、輻輳線分の線遠近法的奥行き手がかりを打ち消すような背景刺激を呈示した場合は、交差視差 0.5° 条件では、他の背景条件のように、統制条件に較べての錯視量の減少が認められなかった。これは、交差視差 0.5° 条件において線遠近法、両眼視差、肌理密度勾配の相互作用が他の条件とは異なっていることを示しており、錯視成立の機序に差異があることを示唆している。

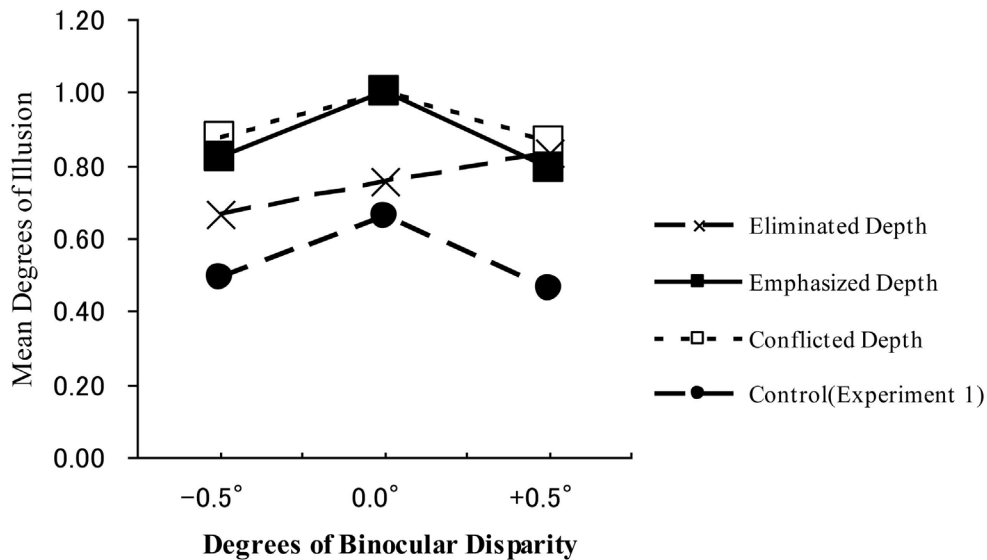


Figure 10 Mean Degrees of Illusion in Each Depth Condition of Background and No Background Condition(Control: Results in Experiment 1) as A Function of Degrees of Binocular Disparities.

本研究における所見は、輻輳線分に付加した両眼視差奥行き手がかりも、背景の肌理密度勾配の奥行き手がかりも、輻輳線分の線遠近法奥行き手がかりと相互作用して組織的に錯視に影響することを裏付けるものではなく、多様な奥行き手がかりを導入することによって、視覚系がそれらを統合的に処理・解決できず、それらのいずれかを無視することで結果的にPonzo図形の図形構造を破壊しない方向で解決した可能性を示唆するものであったと考えるのが妥当であろう。したがって、山上・牧野(1982)の「奥行き知覚や奥行き手がかりは、錯視を生じるための十分条件でも必要条件でもない」とし、その図形構造が重要であるとの見解を支持するものと捉えることができる。つまり、少なくともPonzo錯視において、Gregoryのconstancy scaling theoryの適用性は低いということになる。しかしその一方で、山上・牧野(1982)の見解によると、両眼視差や肌理密度勾配といった奥行き手がかりを付加しても、Ponzo錯視はそれらが付加されない場合と同様の傾向を示さなければならず、本研究において認められた様々な錯視量の変動については説明できない。この点については、Ponzo図形に付加する奥行き手がかりを整理して、精密な条件分析を積み重ねる必要があるだろう。

References

- Fisher, G. H. (1968) Gradients of distortion seen in the context of the Ponzo illusion and other contours. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 212-217.
- Gillam, B. (1971) A depth processing theory of the Poggendorff illusion. *Perception & Psychophysics*, 56, 135-141.
- Griggs, R. (1974) Constance scaling theory and the Müller-Lyer illusion: More disconfirming evidence. *Bulletin of Psychonomic Society*, 4, 168-170
- Gregory, R. L. (1963) Distortion of visual space as inappropriate constancy scaling. *Nature*, 199, 678-680.
- Gregory, R. L. (1968) Visual illusions. *Scientific American*, 219, 678-680.
- 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(都立大学)』, 152, 1-18.
- Köhler, W. & Fishback, J. (1950a) The destruction of the Müller-Lyer illusion in repeated trials. I: An examination of two theories. *Journal of Experimental Psychology*, 40, 267-281.
- Köhler, W. & Fishback, J. (1950a) The destruction of the Müller-Lyer illusion in repeated trials. II: Satiation patterns and memory trace. *Journal of Experimental Psychology*, 40, 398-410.
- Lang, G. M. (1988) Selective adaptation vs transfer of decrement: The conjoint effects of neural fatigue and perceptual learning. *Perception & Psychophysics*, 43, 207-209.
- Leibowitz, H., Brislin, R., Perlmutter, L., & Hennessy, R. (1969) Ponzo perspective illusion as a manifestation of space perception. *Science*, 166, 1174-1176.
- Leibowitz, H. W. & Pick, H. (1972) Cross-cultural and educational aspects of the Ponzo perspective illusion. *Perception & Psychophysics*, 12, 430-432.
- Maturana, H. R., Varela, F. G. Frenck, S. G. (1973) Size constancy and the problem of perceptual space. *Cognition*, 1, 97-104. 118.
- Newman, C.V. & Newman, B. M. (1974) The Ponzo illusion in pictures with and without suggested depth. *American Journal of Psychology*, 87(3), 511-516.
- Porac, C. (1989) Is visual illusion decrement based on selective adaptation? *Perception & Psychophysics*, 46, 279-283.
- Schiano, D. J. & Jordan, K. (1990) Müller-Lyer decrement: Practice or prolonged inspection? *Perception*, 19, 307-316.
- 鈴木光太郎 (1990) 『錯覚のワンダーランド』 関東出版社
- 高橋啓介・林真里 (2009) 奥行き手がかりを操作した背景がポンゾ錯視の錯視量におよぼす効果 『医療福祉研究(愛知淑徳大学)』, 5, 65-72.
- Tanaka, H. (1975) An experimental examination of the satiation theory and the efferent readiness theory on decrement of the Müller-Lyer illusion. *Japanese Psychological Research*, 17, 147-151.
- 田中平八 (1976) 幾何学的錯視の持続視と眼球運動 『人文学報(都立大学)』, 111, 99-123.
- 田中平八 (1990) 幾何学的錯視と選択的順応 『日本心理学会第54回大会発表論文集』, 468
- 和田陽平 (1971) ポンゾ錯視について 『人文学報(都立大学)』, 83, 1-12, 23, 25, 224, 227, 233, 234.
- 山上暁・牧野達郎 (1982) 幾何学的錯視の遠近法理論 『サイコロジー』, 29, 21-29.