Ponzo 錯視における 2 種のみえの大きさ変化

早稲田大学

山 上 暁¹

TWO KINDS OF APPARENT SIZE DISTORTION IN THE PONZO ILLUSION

AKIRA YAMAGAMI

Waseda University

It was proposed that there are two kinds of apparent size distortion to be distinguished in the Ponzo illusion. The apparent size of the single line in the converging lines (CL) became larger as it was located nearer to the apex. However, this distortion could not predict the obtained illusion sufficiently. Hence there should be assumed another kind of size distortion in the perception of the size relation as a result of comparison of two parallel lines (PL). In this comparison process, breaking of the continuity of CL and elimination of the oblique components from CL had a slight decreasing effect on the illusion. Moreover, it was found in the various contour figures that the greater the separation of PL was, the larger the illusion was.

Ponzo 錯視とは、2 本の輻輳線分 (converging lines, 以下 CL と略す) に囲まれた等大 2 対象のうち、角頂あるいは輻輳した部分に近い方の対象の大きさが、他方の対象より大きく知覚される現象である。CL 内の対象として 1912 年に 2 つの円が、1928 年に 2 本の平行線分 (parallel lines, 以下 PL と略す) が配置された錯視図形が M. Ponzo によって発表されている (Robinson, 1972)。Ponzo 錯視図形を対象とした研究は Gregory (1963) のいわゆる遠近法的説明が提唱されて以来、その説の適用される典型的な錯視図形と見なされることによって、数多く見出されるようになった。それらの研究のほとんどが PL を用いた Ponzo 図形を対象としている。円を用いた Ponzo 図形が実験的にとりあげられる機会が少なかったことの理由のひとつとして、2 つの Ponzo 図形の成立が同一の機制によっていると考えられていたことが挙げられよう。

ところが和田 (1971) の実験結果は、Gregory の理論に対する反証を提示するとともに、この考え方に疑問の余地があることを示唆する。すなわち和田 (1971) の研究では、CL 内に 2 円を並べてお互いを見くらべた場合には角頂に近い円の方が明らかに大きく知覚されるにもかかわらず、CL 外の比較円によってそれぞれの円のみえの大きさを測定すると有意な差が認められないことが示された。Gregory (1963) の説からは、単円の場合にも角頂に近いほど大きく知覚されることが予測されるの

で、この結果は遠近法説に対する反証となる。他方 Houck, Mefferd, & Wieland (1969, Exp. 3b) で、PL を用いた Ponzo 図形において CL 内の 2 本の PL がそれぞれ CL 外の線分と比較された場合には、角頂に近い線分がより大きく知覚されている。和田 (1971) の円を用いた Ponzo 図形での結果と Houck, et al. (1969) の PL を用いた Ponzo 図形での結果の相違は、CL 内対象が異なる 2 つの Ponzo 錯視の成立の機制が、少なくとも部分的には異なることを予想させる。このことは 2 本の CL がなす角 (輻輳角 θ) の 2 等分線上に 2 本の垂直線分を配置した場合に錯視がみられないという現象 (Gillam, 1973; Humphrey & Morgan, 1965; Shiina & Freeman, 1974 など) とともに、CL 内の対象の形や位置関係により CL のもたらす効果が異なることを示し、Ponzo 錯視の成立機制を解明するいとぐちを提供する。

しかしながら、Houck, et al. (1969) の測定結果は特定の刺激配置のみのものであり、和田 (1971) のように単一対象の CL 内での位置を種々に変化させたわけではない。さらに Houck, et al. (1969) では、それぞれの PL のみえの大きさの差が、2 本の PL を比較した時の錯視量に匹敵するものかどうかの検討にも注意が払われていない。それゆえ本研究では、CL が PL にもたらす効果を調べることを目的として、まず Houck, et al. (1969) の実験を拡張して単一線分を CL 内の種々の位置に提示し、その位置の関数としての過大視を測定する。それによって、円を用いた場合との結果のちがいを

¹ 本研究を御指導下さいました早稲田大学教育学部牧野達郎教授に感謝の意を表します。

明確にするとともに、それぞれの単一線分の過大視量が 2 本の PL を並置し比較した時の錯視量とどのような関係をもつかを検討する。

実 験 I

目的 まず単一水平線分の CL 内での位置を変化させることによって、そのみえの長さがどのように変化するかを測定する。

方 法

実験に用いる Ponzo 図形とその変形図形の基本とした図形の各部の大きさおよび略号を Fig. 1 に示す。刺激図形はすべて厚手白色ケント紙に黒色製図用インキで .5mm の太さに描かれている。実験 I では CL 内の単一線分の位置を 10 水準に変化させ、そのみえの長さを modulus 刺激を用いたマグニチュード推定法により測定した。各被験者の言語反応系のバイアスを除くために、あとに述べるような手続で calibration を行ない、測定結果は mm 単位で得られた。

被験者 早稲田大学学生 7 名（以下すべて被験者は早稲田大学学生）。

刺激図形 実験図形：水平線分の長さは 40mm。その位置変化は CL 上端からの垂直距離 i (Fig. 1 の i_1 に相当) の変化で表わし、0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 および 140mm の 10 種が用いられた。calibration 図形：用紙中央に 1 本の水平線分のみ描かれ、その長さが 36 mm から 50 mm まで 1 mm ステップで変化する 15 種の図形からなる。modulus 図形：長さ 40 mm の水平線分が用紙中央に描かれている。

装置および配置 刺激図形は被験者の前額平行面にある高さ 92 cm 幅 91 cm の一様な灰色をした提示板に配置された。実験図形および calibration 図形を被験者から見て常に右に提示し、modulus 図形はその左側に、

FIG. 1. Abbreviations and dimensions of stimulus figure.

θ (converging angle) $= 2\alpha = 30^\circ$, $e_1 = e_2 = 40$ mm, $f_1 = 60$ mm, $h = 150$ mm (140 mm in Exp. III & IV), $i_1 = 20$ mm (10 mm in Exp. III & IV), f_2, i_2, d : variable, $H = 185$ mm (192 mm in Exp. III), $W = 271$ mm (272 mm in Exp. III), line width : .5 mm, viewing distance : 115 ± 5 cm.

用紙の中心間を約 40 cm 離して置く。図形の中心は被験者の目の高さに一致し、観察距離は 115 ± 5 cm.

手続 実験図形と calibration 図形の計 25 枚を確率化し 5 回くりかえして提示した。そのうちはじめの 1 回は練習試行とし、結果の分析からは除いた。modulus 図形の水平線分のみえの長さを 100 とした時の各図形の水平線分のみえの長さを数値で答えさせた。

処理 被験者ごとに calibration 図形に対する 4 回の反応の幾何平均 (Marks, 1974, p. 44) の物理的長さに対する回帰方程式を、直線関数、べき関数、対数関数について最小自乗法により求めた。そのうち決定指数 (r^2) の最も高い関数型を選んでその被験者の calibration 方程式とし、各実験図形に対する反応値を各自の方程式を用いて物理尺度上での数値に変換した。

結 果

calibration 方程式の関数型は被験者 7 名のうち 3 名が直線型、4 名が対数型であった。各被験者の 3 種の関数型の決定指数はすべて .95 前後で関数型によるちがいはごくわずかであった。各実験図形に対する 7 名の被験者の calibration をうけた測定値の平均から、各人の方程式においてマグニチュード 100 に対応する物理的長さの平均値である 40.94 mm を減じて過大視量を算出した。CL 内の位置 (i) の変化に対する過大視量変化を Fig. 2 に示す。位置変化の効果が有意にみられ ($F_{0(9,60)} = 7.45$, $p < .01$) 単一水平線分が角頂からへだたるにつれて過大視量はほぼ単調に減少し、 $i = 140$ mm の位置では約 3% の過小視を示した。またこの単調減少の傾向はすべての被験者において見られた。

実験 I の結果は、和田 (1971) の結果と異なり、Gregory の理論から予測されるみえの大きさ変化に一般的傾向としては一致する。しかしながら、この CL 内の単一線分のみえの長さの変化のみによって水平線分を用いた Ponzo 錯視が量的に十分に予測しうるであろうか。実験 II ではこの点が検討された。

FIG. 2. Mean magnitudes of overestimation of the single line as a function of position in the converging lines. i : the distance of the line from the top ends of the converging lines.

実験 II

目的 CL 内の 2 本の水平線分の間隔 (d) を変化させた時の錯視量変化と、実験 I でみられた CL 内の単一水平線分の過大視量から予測される錯視量の変化を比較する。

方法 Fig. 1 において $e_1=40$ mm, $f_1=60$ mm として一定に保ち、2 本の PL の間隔 (d) を変化させた Ponzo 図形の錯視量を測定した。 d の値は実験 I と対応できるように -20, -10, 10, 20, 30, 40, 60, 80 および 120 mm の 9 水準とした。 e_1 線分を 100 とした時の e_2 線分のみえの長さをマグニチュード推定法により測定。被験者は実験 I と同じ 7 名で、その他は実験 I に準ずる。

結果 錯視実測値は d の変化により有意に変化し ($F_{0(8,54)}=8.27$, $p<.01$), Fig. 3 に実線で示されているように、 d が大きくなるに従ってほぼ直線的に増大する。 d が負の値をとる場合 Fig. 3 では錯視量も負の値を示すが、 e_2 線分が e_1 線分より上位にあるので、角頂に近い線分がより長く知覚されるという意味で正の Ponzo 錯視である。 d が大きくなるに従って錯視量が増大する傾向はすべての被験者においてみられた。実験 I の結果から求められた予測値は Fig. 3 に破線で示されている。実測値・予測値とも間隔 (d) の変化に対してそれぞれ直線的に変化し (実測値 $r^2=.996$, 予測値 $r^2=.958$), さらに両者の回帰係数 (実測値 .148, 予測値 .123) の間に有意な差が認められた ($t=2.44$, $p<.05$)。すなわち d が大きくなるに従って、両者のズレが大きくなることが示された。

考察 実験 II より線分を用いた Ponzo 図形における錯視量は、CL 内の 2 本の水平線分それぞれのみえの大きさ変化からかなりの部分が予測されるものの、それだけでは十分ではないことが判明した。これは個々の対

FIG. 3. Comparison of the predicted and the mean obtained illusion as a function of the separation (d) of the parallel lines. The prediction based upon the result of Exp. I (Fig. 2).

象のみえの大きさ変化以外の効果を考えねばならぬという意味で和田 (1971) の結果と一致するものであり、Gregory の理論のみならず Ponzo 錯視を説明しようと提出されている諸理論における implicit な仮定に反する。たとえば Pressey の assimilation theory (Pressey, 1971; Pressey, Butchard, & Scrivner, 1971) では、水平線分が CL によって形成される context に同化されることを基本として錯視量の予測式をたてているが、2 線分のそれぞれに対する同化量のみが問題とされている。また Fisher (1969, 1973) の contour proximity theory では CL と PL の両端との間隔が規定因と考えられ、その効果は間隔が小さいほど線分の長さの過大視量が大きいという contour proximity principle に従うとされている。これは実験 I の結果と一致するが、ここでも Ponzo 錯視が単一水平線分のみえの長さの変化に還元しうると考えられているようである。それゆえこれらの理論のどれもが Ponzo 錯視を十分に説明するものとはいえない。CL 内の単一線分のみえの長さの変化がどのようにして起こるかについては、実験 I の結果そのものからは上述の 3 つの理論あるいは他の説明原理の優劣を決定することは出来ない。いっぽう Ponzo 錯視が個々の対象のみえの大きさに還元できないということは、2 つの円あるいは 2 本の線分が CL 内に並置され、比較されることが錯視を規定していることを示唆する。ここで 2 つの問題が生ずる。第 1 は CL 内の単一線分のみえの大きさ変化が何によって規定されているかという問題である。第 2 は CL 内の 2 線分の比較の過程に働く要因は何かという問題である。Ponzo 錯視を十分に解明するためにはこの 2 つの間に答えねばならないが、本論文では以下第 2 の問題についての実験的検討をすすめる。

実験 III

目的 CL 内の 2 本の水平線分の比較の過程において CL がどのような機能的役割を果しているのかを調べるために、CL に対して一種の破壊操作を加えて、錯視量がどのように変化するかをみた。まず実験 III-1 で CL の線分としての連続性を変化させた。

実験 III-1

方法 被験者は 6 名。実験図形は Fig. 1 の CL のかわりに短い垂直線分を配置した 5 種 (Fig. 4 の A, B, C, D および P)。2 本の PL の両側に高さ 20 mm の垂直線分を 2 本ずつ配置した図形 (A)。その上下の垂直線分の間には高さ 20 mm の垂直線分をさらに 1 本 (B)、3 本 (C)、5 本 (D) 加えた図形および Ponzo 図形からなる。各垂直線分の中心はすべて Fig. 1 の CL に対応する線上にある。この他に Fig. 1 と異なるのは、 $W=272$ mm, $H=192$ mm, $h=140$ mm, $d=120$ mm と

ることである。統制図形は長さ 40 mm の PL のみからなる。錯視量は極限法の手続による移調法 (大山, 1972) によって測定された²。移調用図形は 2 本の水平線分からなり、下位線分は常に 40 mm、上位線分は 36 mm から 52 mm まで 1 mm ステップで変化する。

結果 Fig. 4 の各実験図形の下部に 6 名の被験者の平均錯視量を示す。A 図形から D 図形へと垂直線分が増えるに従って錯視量もわずかに増大する傾向がみられるが、統計的に有意とは認められなかった ($F_{0(4,25)} < 1$)。

次に CL の物理的連続性は保って、その斜線成分を除いた場合に錯視量はどう変化するかをみた。

実験Ⅲ-2

方法 被験者は 6 名、実験図形は実験Ⅲ-1 で用いた図形の垂直線分を延長し、水平線分で結び階段状にした 4 種 (Fig. 4 の E, F, G, H) と Ponzo 図形。他はすべて実験Ⅲ-1 に準ずる。

結果 Fig. 4 の各図形の下部に 6 名の被験者の平均錯視量を示す。垂直線分が 2 本 (E)、3 本 (F)、5 本 (G) と増すに従って錯視量も大きくなる傾向が見られたが、統計的検定の結果では図形変化の効果は有意とならなかった ($F_{0(4,20)} = 2.57, p < .05$)。

考察 実験Ⅲ-1 では CL の斜線成分が除かれ、連続性が破壊されることによって錯視量がわずかに減少するという傾向が見られた。実験Ⅲ-2 では CL の斜線成分がなくても錯視量がわずかに減少する傾向がみられたが、階段数の多い図形では Ponzo 図形に匹敵する錯視量が得られた。このように、CL の図形的特徴としての斜線成分や連続性はそれぞれ錯視量変化にある程度の効果をもつことが示唆されたが、一方 A 図形のような CL に相当する図形的成分の大部分が除かれた図形においてもかなりの錯視がみられることも判明した。また実験Ⅲ-2 と同時に行なわれた測定で、2 本の短い垂直線分を両側にもつ PL を別々に他の線分で測った結果から算出された錯視予測量 4.4% が、それらを上下に配置した Fig. 4 の A 図形と同じ図形での測定錯視量 11% よりもかなり小さい ($t = 2.70, p < .05$) ことも示された。これらの結果は 2 本の短い垂直線分に囲まれた水平線分という

部分的要素が同じであっても、その 2 本の水平線分が上下に並置され、比較されるという、より全体的な布置での配置関係そのものが Ponzo 錯視にとってより重要であることを示している。この全体的な布置の特徴としては例えば、CL を短い垂直線分にかえても、その部分が全体として斜線形態をなしていることが考えられる。実験Ⅲで用いられた図形では垂直線分の数が増えるに従って、その斜線形態はより顕著となる。それでは、このような布置での比較の事態において、2 本の PL の間隔 (d) の変化は錯視に対してどのような効果をもっているのだろうか。実験Ⅳではこの点について検討を加えた。

実験Ⅳ

目的 Ponzo 錯視における 2 本の PL の間隔 (d) の役割を検討するために、PL をとり囲む線分図形と間隔 (d) を要因分析的に変化させて錯視量の変化をみた。

方法 被験者は 11 名。実験図形として、CL と CL の変形 4 種を用い PL の間隔 (d) を 30, 60, 120 mm の 3 水準に変化させた図形系列が用いられた (Fig. 5 参照)。

P 系列 (Ponzo 図形)

B 系列 (CL 中断図形, PL の両端に高さ 20 mm 分の CL に対応する斜線分を残す)

H 系列 (H 字型 2 段図形, 各 PL の両端に長さ 20 mm の垂直線分がある)

FIG. 5. Mean magnitudes of illusion in Exp. IV as a function of the separation (d) of the parallel lines and the contour variants.

FIG. 4. Stimulus figures used in Exp. III-1 (A—D & P) and Exp. III-2 (P & E—H). Mean magnitudes of illusion (%) are indicated below the stimulus figures.

² マグニチュード推定法を用いた実験とは実施時期が異なる。

これら 3 種の系列については、 d が 30, 60, 120 mm と変化するに従って f_2 (Fig. 1 参照) は 76, 92, 124 mm と変化する。

S 系列 (H 系列と同じだが f_2 は常に 124 mm で一定)

C 系列 (統制図形, 長さ 40 mm の 2 本の PL のみで間隔を 3 水準に変化)

$i_2=10$ mm を保っているもので、 d の変化に伴って h も変化する。他の図形特性は Fig. 1 と同じ。錯視量は実験 I での方法に準じたマグニチュード推定法により測定した。くりかえしは 3 回で、下位線分 (e_2) を modulus とすること以外はすべて実験 II と同じ手続。反応値の処理法では calibration 図形に対する直線回帰方程式から、各被験者の calibration 方程式を導く簡便法を用いた。

結果 11 名の被験者の平均錯視量を Fig. 5 に示す。分散分析の結果は、PL の両側の図形の主効果 ($F_{0(4,150)}=28.05, p<.01$), PL の間隔 (d) の主効果 ($F_{0(2,150)}=70.36, p<.01$) および両者の交互作用 ($F_{0(8,150)}=3.36, p<.01$) のすべてが有意であった。

(a) P 系列と B 系列はどの d の値においても互いにほぼ同一の錯視量を示した ($F_{0(1,60)}<1$)。

(b) H 系列の錯視量は、B 系列のそれに比べていずれの場合にも小さく ($F_{0(1,60)}=11.86, p<.01$)、その差は d が大きくなる傾向をみせている。

(c) H 系列と S 系列の錯視量の間には有意な差が認められないが ($F_{0(1,60)}<1$)、 $d=60$ mm のところで S 系列の方が大きい錯視量をとる傾向がみられる。

(d) S 系列では、 d が大きくなるほど錯視量も大きい ($F_{0(2,30)}=12.58, p<.01$)。

(e) C 系列でも間隔変化の効果がみられたが ($F_{0(2,30)}=3.33, p<.05$)、その差は小さい。

考察 (a) P 系列と B 系列の図形的差異は、CL における連続性の有無である。両図形系列において同量の錯視が得られたことは、CL の図形的連続性が Ponzo 錯視にとって必要条件ではないことを示している。この結果は実験 III の結果と一致する。

(b) P, B 系列と H 系列の図形的差異は斜線成分の有無である。H 系列の垂直線分を斜線にかえた B 系列において P 系列と同等の錯視量を得られたことは、CL の斜線成分が錯視にある程度の効果をもつことを示している。このことも実験 III の結果と一致する。

(c) $d=60$ mm における S 系列と H 系列の錯視量の差の傾向は、下位線分の両側の 2 本の垂直線分の間隔 (f_2) のちがいを反映していると考えられる。

(d) S 系列において変化するのは、2 本の PL の間隔 (d) のみである。しかし C 系列の結果から明らかなように、単に比較する 2 線分の間隔が増しただけでは、S 系列にみられたような錯視量の増大はみられない。それ

ゆえ S 系列の結果は、PL の両端の図形が PL に及ぼす効果が PL の間隔が増すに従って大きくなるという形でとらえなければならない。ここでも実験 III の考察で述べた、CL に相当する部分の全体としての斜線形態の効果と考えられる。

結 論

実験 I では CL 内の単一水平線分が、角頂に近いほど大きく知覚されていることが明らかにされた。しかし個々の水平線分のみえの大きさ変化からだけでは、Ponzo 錯視が十分に予測されないことが実験 II によって示された。それゆえ PL を用いた Ponzo 図形における CL の機能を問題とする時、次の 2 種類のみえの大きさ変化が区別されねばならない。

(1) CL 内の単一対象にみられるみえの大きさ変化。

(2) CL 内の 2 対象の比較の過程におけるみえの大きさ変化。

和田 (1971) の結果と本研究の実験 I の結果を比べれば、CL 内対象が円の場合と線分の場合とで、CL の効果が異なることが示唆される。すなわち円を用いた Ponzo 図形の場合には (1) の大きさ変化がみられない。それゆえ CL 内対象が円の場合の錯視量は、(2) のみえの大きさ変化のみを反映していると考えられる。それでは PL を用いた Ponzo 図形における錯視量はどのようにとらえられるであろうか。実験 II における (1) のみえの大きさ変化からの予測値と実測錯視量の差のあらわれ方から、2 種類のみえの大きさ変化の加算として Ponzo 錯視が成立するというモデルが考えられる。Shiina & Freeman (1974) は円を用いた Ponzo 図形と PL を用いたものの錯視量を同一の条件の下で測定し、前者で 4.6% 後者では 12.4% という値を得ているが、両図形において (2) の効果が同一であると仮定すると、ここで錯視量に差がみられたことは加算モデルを支持すると考えられる。

このように、2 種の大きさ変化の加算として Ponzo 錯視をとらえると、それぞれのみえの大きさ変化を規定する要因を区別して明らかにしていかなければならない。2 対象の比較の過程に及ぼす CL の効果については、実験 III・IV より次のことが見出された。実験 III・IV より、CL の線分としての連続性の有無は錯視にとって必要条件ではなく、斜線成分の有無は 2 線分の比較に際してある程度の効果をもつものの、むしろ異なる frame をもつ 2 線分が、CL に相当する部分が形づくる全体としての斜線形態の中に並置されているという刺激の布置がより重要であると推測された³。実験 IV では、そのような布置において 2 線分の間隔が増すほど錯視量が大きくなることが示された。

Ponzo 錯視の成立機制に対して 2 種類の大きさ変化の

加算モデルを採用し、それぞれの変化における CL の効果を問題にする時、この 2 つの大きさ変化を分離して測定する手続が必要となる。そのために錯視量の測定と同時に、CL 内の個々の対象のみえの大きさを、実験 I で用いられたような CL の効果をうけない、あるいは CL の効果が一定と考えられる比較刺激によって測定することが望まれる。2 種の大きさ変化の加算性についての仮定は、このような測定手続によって検証可能である。

要 約

(1) 実験 I において、Ponzo 図形の輻輳線分 (CL) 内の単一線分が過大視され、その過大視量は線分が角頂に近いほど大きいことが見出された (Fig. 2)。しかし、

(2) 個々の線分の過大視からだけでは、Ponzo 錯視の予測が十分には行えないことが実験 II で示された (Fig. 3)。それゆえ 2 本の平行線分 (PL) の比較の過程における CL の効果が吟味され、

(3) 実験 III では、物理的特性としての CL の連続性の破壊や、その斜線成分の除去は錯視量を減少させる方向にある程度の効果をもつ傾向が示された (Fig. 4)。しかし一方、これらの物理的特性が除かれた図形 (Fig. 4 の A) でもかなりの錯視量が得られたことから、刺激図形の全体の布置がより重要であると考えられた。

(4) 実験 IV では、PL の間隔と PL を囲む線分図形の効果が検討され、図形により間隔の増大にともなう錯視量の増加率が異なることが見出された (Fig. 5)。

以上の実験結果から、CL が PL に及ぼす効果として

(a) 単一対象に対するみえの大きさ変化と、

(b) 2 線分の比較の過程におけるみえの大きさ変化の 2 種のみえの大きさ変化が区別されねばならないとされた。

³ ここでは、水平線分の両端に位置する垂直線分あるいは斜線分が frame の役目を果していると考え、単一対象に対する CL の効果を明らかにするためには、この frame としての働きが検討されねばならないと同時に、frame の定義づけも明確化されねばならない。Shiina & Freeman (1974) の judgmental factor の指摘はこの点についても示唆深い。

引 用 文 献

- Fisher, G. H. 1969 Towards a new explanation for the geometrical illusions: I. The properties of contours which induce illusory distortion. *British Journal of Psychology*, **60**, 179-185.
- Fisher, G. H. 1973 Towards a new explanation for the geometrical illusions: II. Apparent depth or contour proximity? *British Journal of Psychology*, **64**, 607-621.
- Gillam, B. 1973 The nature of size scaling in the Ponzo and related illusions. *Perception & Psychophysics*, **14**, 353-357.
- Gregory, R. L. 1963 Distortion of visual space as inappropriate constancy scaling. *Nature*, **199**, 678-680.
- Houck, R. L., Mefferd, R. B., Jr., & Wieland, B. A. 1969 The Ponzo illusion: Inadequacy of apparent depth explanations. *Perceptual and Motor Skills*, **28**, 423-433.
- Humphrey, N. K., & Morgan, M. J. 1965 Constancy and the geometric illusions. *Nature*, **206**, 744-745.
- Marks, L. E. 1974 *Sensory process: The new psychophysics*. New York: Academic Press.
- 大山 正 1972 知覚測定法としての移調法の適用と意義 高木貞二(編) 現代心理学と数量化 東京大学出版会 Pp. 133-153.
- Pressey, A. W. 1971 An extension of assimilation theory to illusions of size, area, and direction. *Perception & Psychophysics*, **9**, 172-176.
- Pressey, A. W., Butchard, N., & Scrivener, L. 1971 Assimilation theory and the Ponzo illusion: Quantitative predictions. *Canadian Journal of Psychology*, **25**, 486-497.
- Robinson, J. O. 1972 *The psychology of visual illusions*. London: Hutchinson.
- Shiina, K., & Freeman, R. B., Jr. 1974 Dimensional and judgmental determinants of illusions of visual size. *Japanese Psychological Research*, **16**, 76-83.
- 和田陽平 1971 ポンゾ錯視について 都立大学人文学報, **83**, 1-12.

SUMMARY

The effects of the converging lines (CL) on the apparent size distortion of the parallel lines (PL) in the Ponzo illusion were examined.

(1) In Exp. I (seven subjects), the apparent size of the single line was measured with the comparison line outside CL. The apparent size varied as a function of the location in CL ($F_{0(9,60)}=7.45$, $p<.01$); the magnitudes of overestimation decreased monotonically as the line was located further from the apex (Fig. 2).

(2) In Exp. II (same seven subjects), the predicted illusion based on the single line distortion was compared with the measured Ponzo illusion. Obtained illusion became larger as the separation (d) of PL increased ($F_{0(8,54)}=8.27$, $p<.01$). When the separation was small, the predicted and the obtained magnitudes were almost the same. But as the separation increased, their discrepancy also increased (Fig. 3). This result suggested that the additive effect was operating in the comparison process of the two lines. Therefore, the effect of CL in this comparison process was examined.

(3) In Exp. III, some kind of disturbance in the operations of CL were introduced.

(a) Exp. III-1 (six subjects): When the physical continuity and the oblique components of CL were eliminated, the magnitudes of the illusion decreased slightly but this trend was not statistically significant ($F_{0(4,25)}<1$, Fig. 4 A, B, C, D, & P).

(b) Exp. III-2 (six subjects): When only the oblique components were eliminated, the

illusion showed some trend of decrease but this trend was not statistically significant ($F_{0(4,20)}=2.57$, $p>.05$, Fig. 4 E, F, G, H, & P). These results suggested that the physical characteristics of CL had some additive effect on the illusion, but rather the whole stimulus arrangement was thought to be more important from the result of the figure in Fig. 4 A.

(4) In Exp. IV (11 subjects), the effect on illusion of contour figures and PL separation was examined. Stimulus figures were shown in Fig. 5. In the S figure series, the separation of each pair of short vertical lines was constant. In all cases of contour variants, the magnitudes of the illusion became larger as the separation of PL increased ($F_{0(2,150)}=70.36$, $p<.01$). The effect of contour variation ($F_{0(4,150)}=28.05$, $p<.01$) and the interaction of contour by separation ($F_{0(8,150)}=3.36$, $p<.01$) were significant.

Based upon all of these results, it was proposed that two kinds of apparent size distortion should be distinguished in the Ponzo illusion.

(a) The apparent size distortion of an individual object in CL.

(b) The apparent size distortion in the comparison process of two objects in CL. The result of Exp. II suggested that these two kinds of apparent size distortion were additive in the Ponzo illusion. To examine this additivity, the measurement of the individual line by the comparison line outside CL is necessary at the same time with the measurement of the illusion.