

テクスチャによる立体的印象と体力との相関関係

竹 下 健 太

Halper(1997) はマンハッタンにある *The Future* という名のビルのベランダにおこる錯視について報告している。Halper (1997) によればこのビルのベランダは、一般的なベランダの形である長方形ではなく平行四辺形であり、そして傾いた長方形として知覚されるという。このビルのベランダは、実際は壁に対して垂直であるにも関わらず、形の恒常性の制約を受けずに、見る位置や、距離によって、さまざまな傾きの長方形に見える。またこの錯視現象はとても強力で、ベランダの実際の形を知っていても起こり、かつ、何度見ても起こる。Griffiths & Zaidi (2000) はこのベランダの模型を用いて、この錯視を実験的に検討した(以下これをベランダ錯視図形と呼ぶ)。彼らは、どれくらい傾いて見えるかと、平行四辺形あるいは長方形のどちらに見えるかを実験参加者に尋ねた。その結果、すべての実験参加者にあてはまる一般的な法則が発見できなかったことから、平行四辺形を、奥行き手がかりが少ないときにどのように知覚するかは、その個人が持つ、いくつかの知覚的仮定によるのではないかと提案している。すなわち、いくつかの知覚的仮定が共存しており、どのようにそれらの折り合いをつけるかには個人差があるのではないかと考えている。また、Griffiths & Zaidi(1998) は上記のベランダと同じく、実際とは異なった形に見える立体の例として Figure 1 に示すような図形を報告している。これは平らな板を Figure 1 のように切り抜いて作られた刺激が、実際とは異なり、カールした長方形として知覚されるというものである。この錯視は、両眼よりも単眼で観察した方が、また、視線に対して傾けた方が、この錯視がよく見えたと報告している(以下これをカール錯視図形と呼ぶ)。しかし、この研究においても、この錯視図形に対する主観的観察報告にとどめるのみで、実験的検討を加えていない。

このようにこれまでの研究は、上記のような立体錯視について、“このような現象がある”と報告したにとどまっている。これは、立体錯視の研究が少ないために、その研究方法が確立していないためである。そこで、竹下・渡辺(2005)は立体錯視図形を実験的に検討するための尺度を見つけるために、立体感のリアルさと、見えの奥行という二つの尺度を用いて、カール錯視図形に対して実験的検討を加えた。立体感のリアルさによる評価とは、本当は平面であるカール錯視図形が立体であるように見えたとき、どのくらいリアルにそう見えたかを数値で報告させる尺度であり、見えの奥行とは、立体的に見えたとき、具体的にどのくらいカールして見えたか(図形の各部分が自分からどのくらい奥行きをもって見えたか)をマグニチュード推定法で評価させたものである。その結果、立体感のリアルさの評価が、Griffiths & Zaidi (1998) の観察報告を裏付ける結果をもたらし、見えの奥行の評価ではもたらさなかった。そのことから、竹下・渡辺(2005)は立体感のリアルさの評価を、立体錯視を捉えるのに適した尺度であるとした。

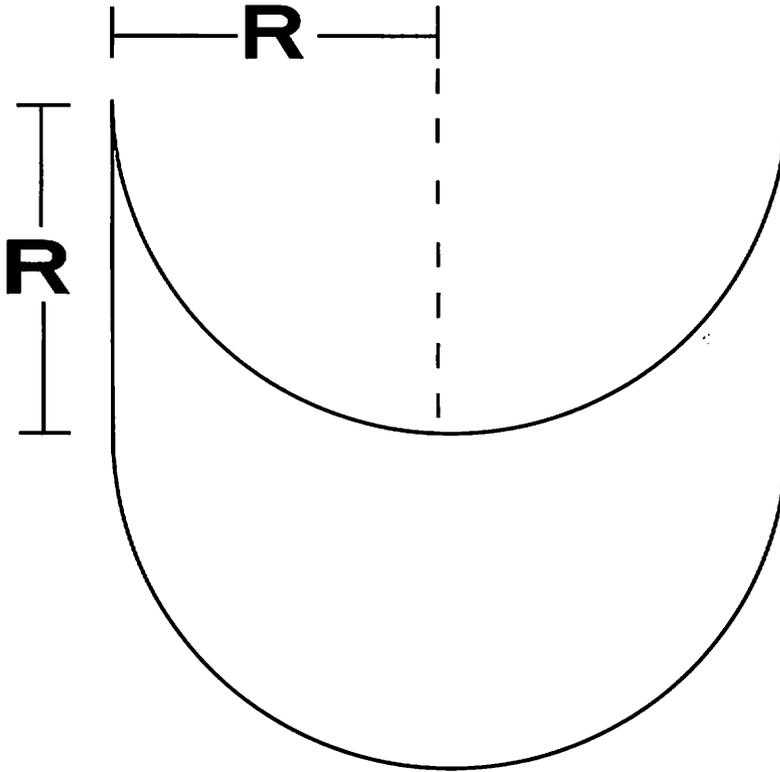


Figure 1. Illustration of a stimulus reproduced after Griffiths & Zaidi (1998).

竹下・渡辺（2005、2008）は、立体感のリアルさの尺度と見えの奥行きの尺度を用いて様々な三次元的立体錯視について実験的検討を加え、図形表面のテクスチャと輪郭線の関係が重要であることを示した。また、これらの実験でも立体感のリアルさの尺度の方が見えの奥行の尺度よりも、この錯視における条件間の違い（両眼と単眼、刺激の傾き、テクスチャの方向）をうまく捉えていた。

なぜ見えの奥行の尺度では、この錯視をうまくとらえることができなかつたのであろうか？これは、Griffiths & Zaidi (1998) が観察報告した以外の要因が関わっているためであると考えられる。

Gibson (1979) は奥行きを知覚する際のテクスチャの重要性を強調するとともに、ある観察者が、彼を囲む環境についての情報を知覚する際、知覚されるのは彼との関係性であると提唱した。例えば、水平で、平らで、彼が立てる広がりを持ち、彼の体重を支えることが出来る地面は、「立つことができる」ものとして知覚される、そして、その判断において重要な手がかりとされるのは、その地面のテクスチャである、とした。これは言い換えると、観察者が環境を知覚する際、自分の体の大きさや体重と、対象のテクスチャの関係が奥行き判断に影響するということである。

また近年、Gibson (1979) とは異なった観点から、観察者が環境の知覚において、観察者と環境の関係の知覚をなしていることを示す研究が行われた (Yang, Dixon & Proffitt, 1999)。Yang らは垂直線が同じ長さの水平線よりも過大視されるフィック錯視は、水平方向に移動するよりも、垂直方向に移動する方がより大きく体力を必要とするため生起すると主張した。さらに、水平垂直にかかわらず、

ある距離を知覚するとき、その観察者が、その距離を移動するために、どれだけ体力を消費するかを知覚しており、これがその距離の知覚に影響しているとし、これを effort 理論と名付けた。これは言い換えると、観察者が環境や奥行きを知覚する際、自分の体力との関係が奥行き判断に影響するということである。

彼らは、ある建物と、その建物の写真におこるフィック錯視の量を比較する実験を行い、写真よりも実際の建物の方が垂直方向の過大視が起きること、また、水平方向でも、垂直方向ほどではないが、写真よりも過大視が起きることを示した。そしてこの結果は、実際の建物の方が移動に予想される体力が想像しやすかったためであるとし、effort 理論の裏付けとした。Yang らの研究から、Raudsepp & Djupsjobacka(2005) は、effort 理論が正しいならば、体力のある者ほど、フィック錯視において垂直線の過大視が起こらないはずであると予想した。彼らはコンピューター画面上に提示したフィック錯視における錯視量を測ったのち、実験参加者の握力を測定し、錯視量と握力の相関を調べたところ握力の強いものほど錯視量が少なかったことから、effort 理論を支持した。さらに Witt, Proffitt, & Epstein (2003) は水平距離の知覚において、重い荷物を担いだ観察者の方が、荷物を担がない観察者よりも、距離を長く知覚することを示した。またこの傾向は観察距離が長い方が大きかった。この結果も effort 理論を支持している。

これらの結果から、観察者の体格あるいは体力が、見えの奥行きに影響を与えたことが予測される。

また He, Wu, Ooi, Yabrough, & Wu (2004) によれば奥行き判断において、まず観察距離が短距離では両眼視差手がかりによる絶対的距離判断が行われる。次にその奥行き判断を基準として、遠距離ではテクスチャを手がかりとして、相対的距離判断が行われる。effort 理論により観察距離が大きくなればなるほど、予測される消費体力が大きくなり、体力のない観察者において距離が過大視されることをあわせて考えると、以下のような仮説が立てられるであろう。

仮説：距離の過大視と体力の関係は、近距離判断において重要な両眼視差手がかりによる距離判断よりも、遠距離において重要なテクスチャ手がかりによる奥行き判断の影響が大きいときはっきり表れる。

目的 上記の仮説を検証するために、Figure 3 のような両眼視差とテクスチャが伝える奥行き情報が矛盾した刺激(竹下・渡辺、2005)を用いた。両眼視差手がかりの情報はこの刺激が平らであることを伝えているのに対し、テクスチャによる奥行き手がかりはこの刺激が折れ曲がっていることを伝えている。(以下これを屈曲錯視図形と呼ぶ。)もし上記の仮説が正しければ具体的な奥行き判断において、特に、単眼で観察した場合すなわちテクスチャに基づく奥行き判断の値は、体力と相関すると予測できる。

方法

実験参加者 視力あるいは矯正視力が正常な大学生、男 5 名女 7 名合計 12 名であった。

装置 Figure 2 に示すように刺激提示器として、2.5×2.5×30cm の棒を 2.5×2.5×15cm の棒とちようつがいずつなぎ、後者に幅 2 cm、長さ 10cm、厚さ 3 mm の磁石を貼り付けて垂直に立てたものを用意した。また刺激の傾きを調節するために物体の重力線に対する傾きを測定するアングルファインダーを用意し、提示器に取り付けることで、刺激の重力線に対する傾きを調節できるようにした。

刺激 Figure 3 に示すように、頂角 (vertex angle) 45°、短辺 (short edge) 7 cm、長辺 (long

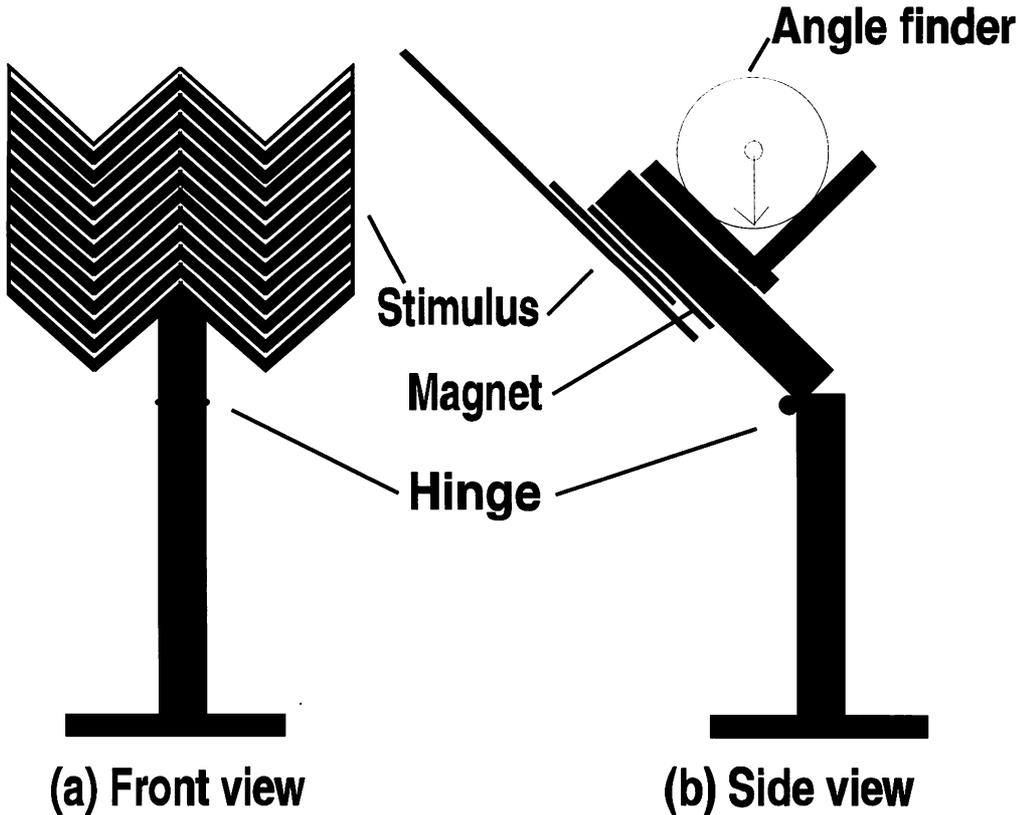


Figure 2. Illustration of an apparatus used for presenting stimuli .

edge) 15cmの平行四辺形を2枚線対象に並べて張り合わせたものに幅5mmの縞模様テクスチャをつけたものを厚紙に張り付け、切り抜いたものを刺激図形とした。刺激の垂直方向と水平方向の大きさは等しく20cmであった。

刺激面の中央が、180cm離れて顔面固定した実験参加者の目線の高さとなるように刺激提示器を設置した。この距離はGriffiths & Zaidi (2000) と同じである。刺激を目線に対して垂直に提示した場合、刺激の垂直成分と水平成分の大きさは等しく視角で 6.36° であり、縞の幅は 0.16° であった。 45° 傾けた場合には、垂直成分は視角で 4.50° 、水平成分は、観察者に近い方が視角で 6.89° 、遠い方が 6.54° であった。また刺激を 45° 傾けたとき、縞の幅がわずかに変化し 0.16° から 0.17° の範囲で変化した。刺激図形を傾けても影ができにくいように、実験参加者の背後の頭上から白熱灯のデスクライトによって照明した。このとき、刺激の輝度は、すべての条件において白い部分が約 $4.54\text{cd}/\text{m}^2$ 、黒い部分が $0.54\text{cd}/\text{m}^2$ であった。

手続き 約3分間の暗順応の後、暗室で実験参加者に、刺激提示器にとりつけた刺激図形を観察させた。また観察時以外は、刺激および刺激提示器を見ないように教示した。まず練習試行として、Figure 4のような練習用の刺激を用いて2（観察方法：単眼及び両眼） \times 2（傾斜角：刺激面が眼線に対して 45° 及び 90° ）の4条件をランダムな順番で観察させて刺激に対する2つの評価法を実験参加者に理解してもらった。この練習用刺激は竹下・渡辺（2005）によって、Figure 3よりも錯視量の小

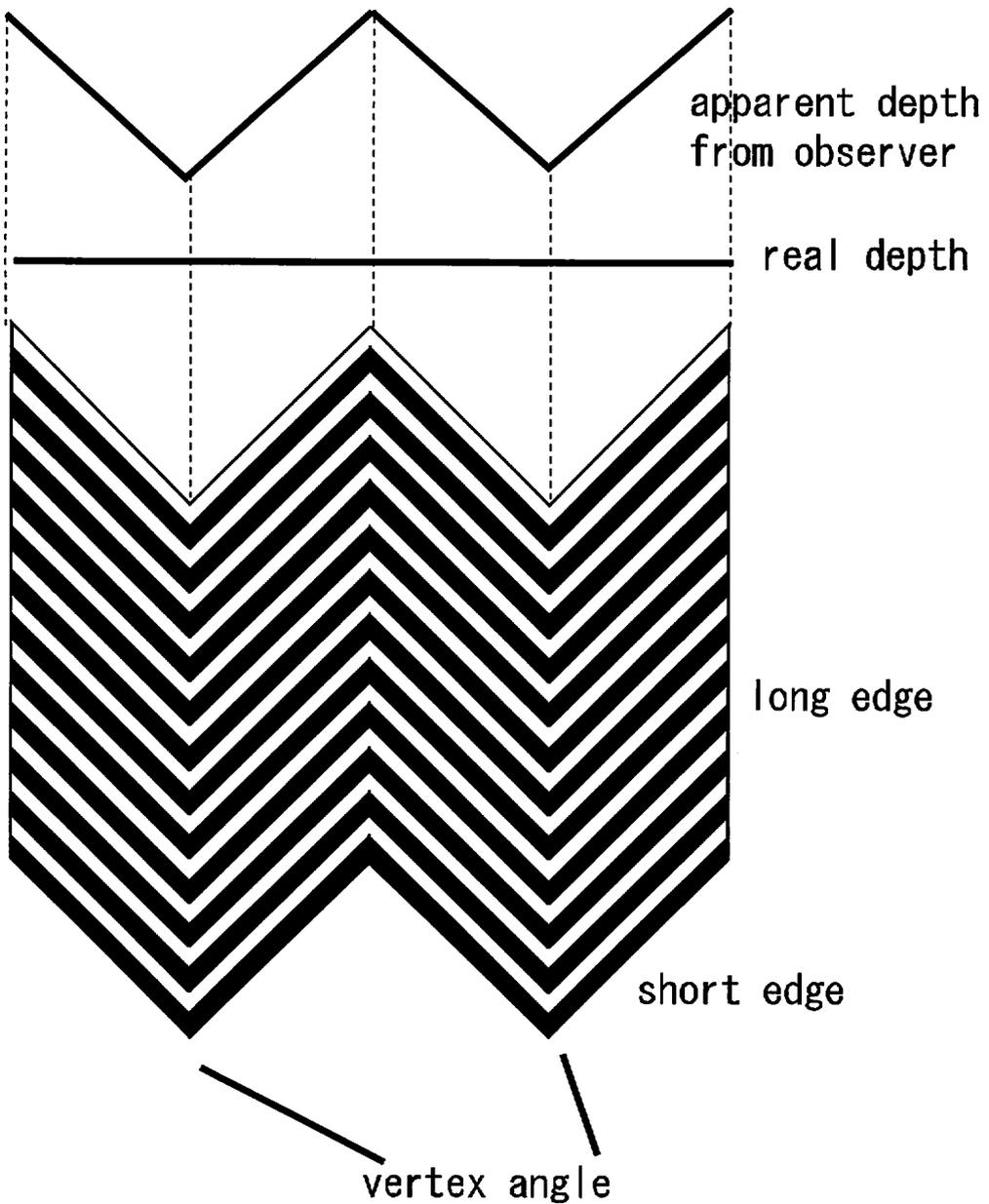


Figure 3. Illustration of stimulus used in Experiment .

さい立体錯視図形とされたものである。1つめは立体感のリアルさで、一枚の平らな厚紙を曲がった形に切り抜いただけという印象があるなら“0”、長方形の厚紙を曲げて提示したというリアルで立体的な印象があるなら“5”として、0から5までの整数で答えてもらった。2つめは、奥行きで、屈曲した長方形の印象があった場合、長方形の知覚された屈曲面の角度が、90°に見える場合を“10”、屈曲せず平らな平面に見える場合を“0”とし、90°以上に見える場合は、10以上の整数

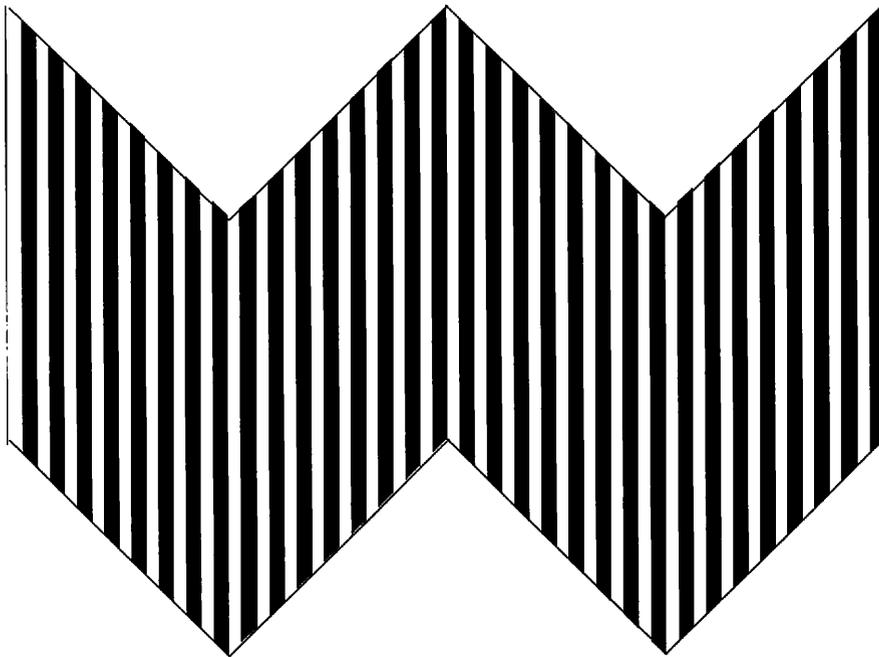


Figure 4. Illustration of stimuli for practice.

で答えてもらった。

また、立体感のリアルさは、どのくらい屈曲して見えているかにかかわらず、リアルで立体的な印象があるかどうかを評価するものであることを、練習試行中に適宜説明した。

次に本試行として、実験参加者に、刺激提示器を用いて、視線に対して90°あるいは前方に45°傾けて提示した Figure 3 のような本試行刺激を180cmの距離から両眼あるいは単眼で、ランダムに1回ずつ観察させ、上記の2つの尺度を使って評価させた。これを1ブロックとして3ブロック行った。その後、実験参加者の両手の握力を計測した。

結果

まず、各条件とも3ブロックの本試行の各実験参加者の各評価値の平均値を求め、データとして用いた。各条件の12名の実験参加者の立体感のリアルさの評価及び、見えの奥行の評価の平均値を Figure 5 に示す。図より、立体感のリアルさの評価値は、両眼条件より単眼条件の方が高いこと、また、刺激が視線に対して垂直な場合より45°傾いている場合の方が高いことが分かる。立体感のリアルさの評価値のデータに関して、2（観察方法）×2（傾斜角）の2要因の分散分析を行ったところ、観察方法及び傾斜角の主効果がそれぞれ有意であった ($F(1, 10) = 9.659, p < .05$; $F(1, 10) = 5.865, p < .05$)。見えの奥行きの評価値のデータに関しても同様の分散分析を行ったところ、観察方法の主効果のみ有意傾向があり、傾斜角の主効果は有意ではなかった ($F(1, 10) = 4.389, p < .10$; $F(1, 10) = 0.366, p > .10$)。

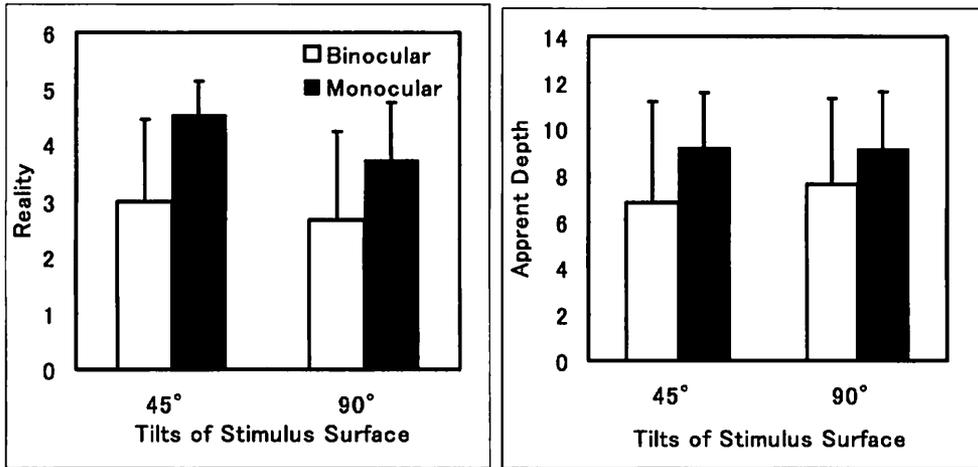


Figure 5. Mean perceived 3 D impression: reality and apparent depth for each condition of observation; monocular and binocular as a function of tilt of stimu 1 us surface from a line of sight: 45 and 90 degrees.

次に、各ブロックにおける各実験参加者の各評価値と、本試行後に測定した各実験者の握力をデータとして用いた。各ブロックにおける、観察条件（両眼及び単眼）及び刺激提示（45°及び90°）条件によってできる4条件に対する左右の握力との相関を Table 1 に示す。表より、第1ブロックにおける単眼90°条件で、奥行き知覚と右手及び左手の握力の間には中程度の負の相関が見られ ($r = -0.497, p < .10$; $r = -0.576, p < .05$)、そこ以外では有意な相関が見られなかったことが分かる。

Table 1. Coefficient of correlations between maximum handgrip force (right and left) and rating of apparent depth.

Block 1				
	Binocular		monocular	
	45°	90°	45°	90°
Right	0.069	-0.380	-0.133	-0.497 +
Left	0.234	-0.477	-0.075	-0.576 *
Block 2				
	Binocular		monocular	
	45°	90°	45°	90°
Right	-0.209	-0.341	-0.067	-0.157
Left	-0.055	-0.193	-0.185	-0.026
Block 3				
	Binocular		monocular	
	45°	90°	45°	90°
Right	-0.191	0.130	0.139	0.037
Left	0.003	0.300	0.249	0.194

+ $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

考 察

立体感のリアルさの評価値において、観察条件における両眼条件と単眼条件との間に、また刺激の提示角度における45°条件と90°条件との間に、有意差が見られた。両眼よりも単眼の方が、また、90°提示よりも45°提示の方がよりリアルな立体感があると評価された。これは竹下・渡辺（2005）のカール錯視図形における結果と同じである。

握力との相関は、第1ブロックの単眼90°条件における奥行きの度合のみ見られ、より握力があるほど、奥行きを少なく知覚した。第1ブロックにおいてのみ視覚的錯視と体力に相関が見られ、その他のブロックでは見られなかったのは、体力と錯視の相関関係は、学習によって減退するとした Raudsepp & Djupsjodacka (2005) と同じ結果である。このことから、テクスチャが信頼できる手がかりである場合、具体的な見かけの奥行きは観察者の体力の影響を受けることが考えられる。テクスチャは、元来、両眼視差に比べてより遠い距離において働く奥行き手がかりである。したがって以上の結果は、より遠い距離判断をするときに、体力の影響が現れるという effort 理論を支持する。

また、今回の結果は、前述した Griffiths & Zaidi (2000) が、三次元立体錯視における一般的な傾向を捉えるのに失敗した理由を示唆している可能性がある。彼らは、平行四辺形を単眼で観察した場合に知覚される主観的傾きにおける一般的傾向を捉えようとしたが、個々人のデータにおける傾向が違いすぎたために失敗し、何故このような違いがあるのかわからないとした。この個々人の違いは、上記の結果と合わせて考えると、単眼の距離判断において、実験参加者の体力が影響したためとも考えられる。もしも彼らの実験を再度行い、加えて実験参加者の体力を測定したならば、その傾きの評価値と観察者の体力に有意な相関がでる可能性がある。

また、竹下・渡辺（2005）は、立体感のリアルさという尺度を用いることで、立体錯視を数量化することに成功しており、今回の実験でも、立体錯視に観察方法と、刺激提示角度が与えた影響をよくとらえている。しかし、この立体感のリアルさという尺度は、今回の実験において、体力との相関は見られなかった。それに対して、見えの奥行きの尺度は、立体錯視に観察方法と刺激提示角度が与えた影響は捉えることができなかったが、表1に示すように握力との相関が一部で見られた。このように、立体錯視には、主に視覚的な条件によって、左右される側面と、観察者の体力等の条件によって、左右される側面があることがわかる。

このことは、Gibson (1979) の記述を思い出させる。彼は、「例えば水平であり、平らで、彼が立てる広がりを持ち、彼の体重を支えることが出来る地面は、「立つことができる」をものとして知覚される、と述べている。このうち前者2つ、「水平であること」と「平らであること」は観察者とは関係していない物理的特徴であるが、後者2つ「彼がたてる広がりを持ち、彼の体重を支えることができる」という点は、観察者の体格と関わりがあるので、観察者の体格を考慮に入れなければならない。

しかし、今回の実験だけでは、立体錯視のどのような側面が、一般化可能であり、どのような側面が、観察者の体力等を考慮に入れなければならないかについて、はっきりしたことはいえない。また、今回は奥行きの両眼手がかりが奥行きなしという情報を伝え、テクスチャの手がかりが奥行きありという情報を伝えているという矛盾した図形を使ったが、仮説を検証するためには、両手がかりが矛盾していない図形や、伝える情報が、今回とは逆な刺激でも、実験を行うべきであると思われる。さらには、現実場面において知覚される距離にたいしても、どの奥行き手がかりと体力が深く関係しているか検討するべきであろう。例えば、本実験で示唆されたことが正しければ現実場面での奥行き知覚

においても、単眼で観察して知覚した距離のほうが、両眼で観察して知覚した距離よりもテクスチャによる手がかりの影響が大きくなり、体力との相関が出るはずである。今後の研究課題である。

引用文献

- Gibson, J.J.(1979). *The ecological approach to visual perception*. London: Houghton Mifflin Company .
- Griffiths, A.F., & Zaidi, Q. (1998) . Rigid objects that appear to bend. *Perception*, **27**, 799-802.
- Griffiths, A.F., & Zaidi, Q. (2000). Perceptual assumptions and projective distortions in a three-dimensional shape illusion. *Perception*, **29**, 171-200.
- Halper, F. (1997) . The illusion of The Future. *Perception*, **26**, 1321-1322.
- He,Z.J., Wu, B., & Ooi, T., L., Yarbrough, G., & Wu, J. (2004) Judging egocentric distance on the ground: Occlusion and surface integration. *Perception*, **33**,789-806.
- Raudsepp, J & Djupsjobacka, M. (2005) Handgrip maximum force and the visual horizontal-vertical illusion. *Perception*, **34**, 421-428.
- 竹下健太・渡辺功 (2005) 輪郭線とテクスチャが立体感に与える影響 九州心理学会第66回発表論文集。
- 竹下健太・渡辺功 (2008) テクスチャと輪郭線が立体感の印象に与える影響 日本心理学会第72回発表論文集。
- Witt, J.K, Proffitt, D.R., & Epstein,W. (2004) Perceiving distance: A role of effort and intent. *Perception*, **33**, 577-590.
- Yang, T.L, Dixon, M.W., & Proffitt, D.R.(1999)Seeing big things: Overestimation of heights is greater for real objects than for objects in pictures. *Perception*, **28**, 445-467.

Correlation between fitness and 3D impression from texture.

TAKESHITA kenta

要旨 ABSTRACT

The present study was conducted to examine the correlation between fitness and visual 3D impression from texture. The visual stimulus were produced from a simple shape with a contour and texture. Twelve undergraduates participated in the Experiment. We used two types of ratings for measuring the impression of this: reality and apparent depth of perceived 3D impression. After the rating, I measured the maximum handgrip strength of each observer.

The results showed that there are correlation between the rating of apparent depth and fitness when visual stimulus was produced on the monocular depth cues. It suggest that the fitness of the observer affect the apparent distance when the distance is rated by the depth cue which are valid for estimation of longer distances, and observer feels more effort for move longer distance unconsciously. On the whole the result support the effort theory which proposes that fitness of a observer affect perceived distance of the observer.