

# 直交3軸のうち1軸反転が生み出す形・動き知覚の歪み —不可能図形と影絵の回転による検討—

吉村 浩一 (法政大学)

■Effects of the Reversal of One of the Three Rectangle Axes on Form and Motion Perception: An Investigation Through the Impossible Figure and the Spinning Silhouette Illusion.

YOSHIMURA, Hirokazu (Hosei University)

## Abstract

*Belvedere*, a famous impossible figure created by M.C. Escher turn to be possible if the lower half of the figure would be reversed in the left-right dimension, which was originally found by Yasushi Kajikawa. Nobuyuki Kayahara, a Japanese media producer, created another interesting work, which also concerns the reversal of one of the three rectangle axes. It was named *Silhouette Illusion*, which is composed of the spinning shadow of a person. While the reversal happens in the front-back dimension in the latter case, observers perceive it as the reversal of another property such as the spinning direction and/or the reversal of the silhouette person's posture. Based on these phenomena, I discussed that we do not always perceive the reversal as it is, but we would perceive it in the other dimensional reversal or the changes of other properties.

## Key words:

impossible figure, silhouette motion, left-right reversal, front-back reversal, silhouette illusion

## キーワード：

不可能図形、影絵の動き、左右反転、前後反転、シルエット錯視

## はじめに

2Dアニメーション、および最近ではあまり作られなくなった影絵アニメーションでは、前後軸に関わる奥行き情報が極端に圧縮される。見る人々は、圧縮された奥行き情報を知覚的に復元して作品を鑑賞するわけだが、その復元メカニズムは知覚心理学においてまだ解明されていない。もし、鑑賞者が作り手の思惑と異なる復元を行えば、作り手が思ってもいない異様な見え方になってしまう。本論では、こうした現象を引き起こす1つの要因に注目する。それは、描かれた(映し出された)対象物を構成する直交3軸(上下・前後・左右)のうち1軸のみが反転されたときに生じる知覚効果である。左右軸が反転されたはずなのに、その効果が奥行き感の反転に転嫁されたり、前後軸が反転されたはずなのにそれ以外の軸の反転として知覚されたりする現象である。前者の具体例として、本研究では紙面に描かれた立体的構造物のあり得ない見え方、すなわち不可能図形を取り上げる。後者の例としては、スクリーン上に映し出された影絵の回転を検討する。両者に共通する物理的操作は、“(直交3軸のうち) 1軸のみの反転”である。

## 1. 不可能図形の構造に関する興味深いデモンストレーション

アートの世界で“不可能図形”といえば、誰もがオランダの版画家エッシャーの作品群を思い浮かべる。中でも1958年の「物見の塔」以降の、「上昇と下降」(1960)、滝(1961)など、実空間には存在しない描寫は、エッシャーらしさを象徴する作品群といえる。「物見の塔」が制作された1958年という年は重要である。なぜなら、数学学者ペンローズら(Penrose and Penrose, 1958)が、エッシャーの作品と原理を共有する「不可能な三角形」と題する論文を心理学の専門雑誌に発表した年と一致するからである。1958年、ペンローズらは、三次元実体物としては存在不可能な構造物を二次元紙面上に描き出す原理を発表し、エッシャーはその原理を踏まえた作品「物見の塔」を発表した。下世話な想像を巡らすと、プライオリティをめぐり両者の間に何らかの軋轢があったのではないかと気になると

■受稿日：2008年10月30日／received on October 30, 2008.

受理日：2008年12月20日／accepted on December 20, 2008.

ころである。しかし、このケースに限れば、彼らの間のやりとりは、むしろ心温まるものであった。両者と親交のあった坂根（1994）に、次のような記述がある。「かつてエッシャーの絵画はペンローズを触発して、あのペンローズの三角形を生み出させ、さらにその三角形がエッシャーを刺激して滝や物見の塔を生み出させた」（p.248）。要するに、お互いが分野の違う相手の仕事を尊重し刺激し合ったのである。

### 1.1 間違った結合

上に上げたエッシャーの作品群やペンローズの不可能な三角形は、一般に“間違った結合”として説明されている。図1に示すペンローズの不可能な三角形を見てみよう。エッシャー研究家としても知られるブルーノ・エルンスト（1983）は、次のように解説する。

ペンローズはこれを三次元的に直交する構造と称しているが、もちろん現実空間に存在する構造体の投影図ではない。“不可能な三角形”は、ごくあたりまえの構造要素を、間違ったつなぎかたをすることで、[二次元の]絵の上ではじめて可能にしたものである。3つの直角自体はきわめて正常なものだが、空間的には不可能な、誤った方法で一種の三角形になるように結合され、その結果、三角形の内角の和が270度にもなってしまっているのである。（p.139）

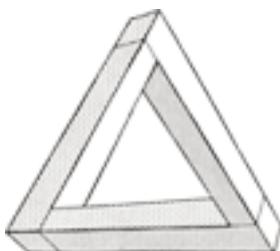


図1. ペンローズ（Penrose and Penrose, 1958）の不可能な三角形

“間違った結合”による説明は、もちろん上に紹介したエッシャーの作品群にもあてはまる。「物見の塔」を例にとれば、階下と階上をつなぐ柱の結合が間違っている。

### 1.2 梶川（2007）の発見

間違った結合と正しい結合では、何が違うのか。間違った結合を作り出すのに、何らかのルールがあるのか。この点に関して、最近、梶川（2007）が“目から鱗”的な解説図を提案した。「物見の塔」の階下と階上をつなぐ柱のあたりで、作品を上下に真っ二つに切断し、下部だけをぐるりと180度回転させ、元の上部とつなぎ合わせたのである。図2が、そうした操作の結果できあがった、「不思議でない物見の塔」である。不合理なのは切断されたはしごくらいで、本質的に重要な階下と階上の建物のつながりは可能な接合と化している。すなわち、不可能な構造物が可能な構造物に変化したのである。8本の柱が元の絵とぴったりつながることは奇跡的ともいいくべきだが、梶川のデモンストレーションで本質的な点は、“間違った結合”的一方を180度回転させると“正しい結合”になることを示したところにある。作図過程を逆にたどれば、“正しい結合”的下半分を180度回転させてつなぎ合わせると、“間違った結合”になることになる。これは、「物見の塔」にだけあてはまる偶然的な事象なのか。それとも、一般性を有する法則的事象なのか。

この点を検討するため、梶川が「物見の塔」に施した操作を、ペンローズの不可能な三角形にも行ってみよう。三角形の場合、接合すべき柱は（「物見の塔」の8本とは異なり）左右の2本だけなので、おまかに位置合わせさえすれば、接合が可能か不可能かの判断は容易につく。図3は、図1のペンローズの不可能な三角形を真ん中あたりで水平に切断し、下半分を梶川が行ったのと同じ操作を施して上部とつなぎ合わせたものである。その結果、結合に関係しない底辺部分は不可能なまま残るが、再結合に関わった左右の2辺は、見事に可能な結合に変化して

いる。すなわち、図1の場合とは異なり、内側面は内側面のまま下辺に接合し、外側面も外側面として下辺につながっている。

こうなれば、いよいよこの操作が不可能な構造物を実在可能な構造物に変化させる一般則であるとの期待が高まる。そこで、この操作が、なぜ実在可能と不可能な物体世界を行き来させることになるかについて、より正確な記述を行っていきたい。

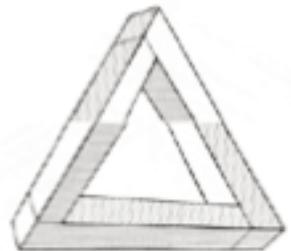
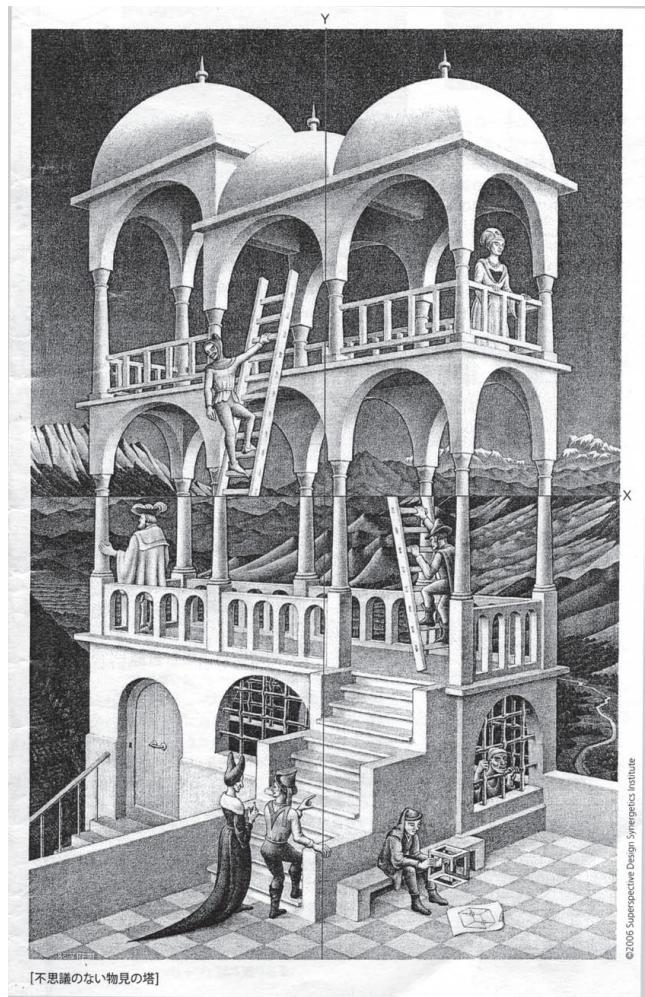


図3. 可能な三角形：不可能な三角形の下半分を左右反転  
底辺を除く2辺では、外側面は外側面として、内側面は内側面として底辺につながっている。すなわち、接合部は可能な結合となっている。

### 1.3 行われたのは 180 度の回転操作か

上に紹介した梶川の操作には、問題にすべき点がある。梶川の行ったのは、本当に「ぐるりと 180 度回転させる」操作だったのだろうか。紙に書かれた図をぐるりと 180 度回転させると、裏面の何も書かれていない面が現れる。へりくつのように聞こえるが、裏返すと白紙の裏紙が前面にくると見なすのが、三次元実体物に対する正確な記述である。それに対し、裏返しても表の絵がそのまま透けているとすれば、表裏一体、すなわち前後軸に関して対称形の三次元物体であるという例外的ケースとなる。このように変換操作に関する正確な理解を踏まえれば、前後対称性を有さないエッシャーの「物見の塔」の下半分に対して梶川（2007）が行った図2の操作は、実は 180 度回転ではなく、「左右 1 軸のみの反転」だったことになる。もし、180 度回転、すなわち裏返し操作を行うとすれば、三次元実体物のまつ直交 3 軸のうち、前後と左右の 2 軸反転を行ったことになる。それは、左右 1 軸のみの反転とは明らかに異なる操作である。図3の場合も同様に、180 度回転ではなく、左右 1 軸のみの反転により、間違った結合が正しい結合に化したのである。



図4. 鏡に映し出された右手は左手の形になっている

#### 1.4 鏡の世界と対掌体

直交3軸のうち1軸のみを反転させると、元の物体とは重ならない新しい形態が生まれる。もちろんそれには条件があり、元の物体が直交3軸のいずれに関しても非対称形である必要がある。その条件のもと1軸のみを反転すれば、鏡に映し出された鏡像と実物の関係にあるものを生み出すことになる。鏡像変換とは、実物を（鏡面に垂直な）1軸に関してのみ反転する変換である。言い換えれば、実物とその鏡像は、鏡面を対称面とする対称関係にある（吉村, 2004参考）。われわれの右手は、直交3軸に関していずれも非対称で、図4に示すように、右手を鏡に映すと、その像は実物の左手の形になる。右手と左手は、どのような回転や空間移動を行っても絶対に一致しない。要するに鏡像は、実物の右手とは異なる形（左手の形）を生み出すのである。右手と左手がこのような関係を象徴することから、“掌（手のひら）”の字を用いて、この関係にあるものを“対掌体”と呼ぶ。分子科学の世界では、分子構造における重要な性質とされている。

さて、三次元実体物に対して成り立つこの関係は、紙に書かれた絵や文字の場合にもあてはまる（Yoshimura and Tabata,

2007）。その場合、前後軸とは紙の表面と裏面を突き抜ける軸となる。それに対し、裏返すという操作は、前後軸のみならず、左右軸も反転することになる。したがって、梶川（2007）がエッシャーの「物見の塔」に施した図2の操作は、裏返し、すなわち180度回転（前後と左右の2軸反転）ではなく、左右軸1軸のみの反転であった。そして、そのような1軸反転は、元の絵とは一致しない新しい形態=対掌体を生み出すのである。

#### 1.5 実在可能な図形と不可能図形の相互交替性

図2の「不思議のない物見の塔」も図3の「可能な三角形」も、結合部を境界線として、元は不可能だった図形部分を左右反転させて再結合することにより、可能な図形に変換するものであった。それでは、元々可能な図形から出発して同様の操作を行えば、不可能図形になるのだろうか。図2と図3に限れば、それが成り立つことは明らかである。しかし、常にそうなるかどうかは、慎重に見極める必要がある。

まず、それぞれの辺を構成する柱の2面が見えている三角形について考えてみたい。もし、図形が左右対称に描かれていれば、左右軸の1軸反転操作から期待される効果は、まったく表に現れない。なぜなら、図形の左右対称性によって反転操作が吸収されてしまい、反転前の形と全く同じ形、すなわち可能な三角形のまま留まるからである。ここでも、直交3軸のいずれに関しても対称性をもたないことが、対掌体が生じる必要条件であると理解できる。

それでは、左右対称性をどこまで崩せばよいのか。面の結合関係を変換するには、一本の柱を構成する2つの面の幅を入れ替わる必要がある。すでに示した可能な三角形（図3参照）からわかるように、右斜め前方からの視点では、右側の柱の外側面と左側の柱の内側面が、それぞれの柱を構成する2面のうち右寄りに位置する。ところがこの位置関係が、図形下半分の左右反転操作により、それぞれの柱の左側に配され図形上半分と結合するため、全体として不可能な図形が生まれるのである。同じ原理を直方体の枠組み図形に適応したものが、梶川（2007）

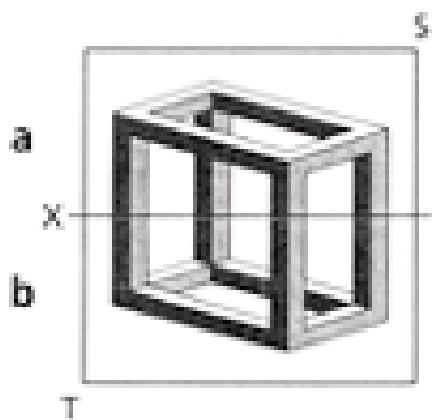


図5a. 梶川（2007）に示されている実在する直方体

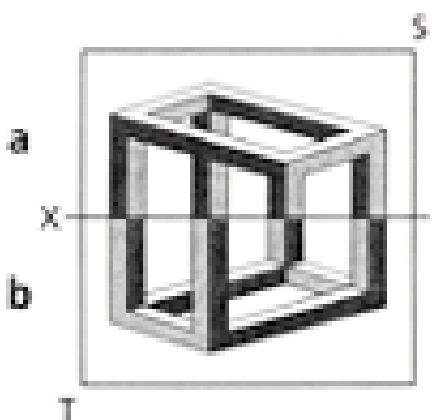


図5b. 梶川（2007）に示されている不可能な直方体

に示されているので紹介しておこう。図5がそれである。a図は、可能な直方体枠組み図形を構成する各柱のうち、左斜め前から見て正面にくる面が濃く塗られている。それらは、各柱を構成する2面のうち左側に位置している。それに対し、図形下半分の左右反転（b図）により、濃く塗られた面は各柱の右側

位置に移動する。そして、図形の上下で、右側からの視点と左側からの視点が組み合わさった新たな結合が形成される結果、不可能図形が生み出されることになる。

### 1.6 理論化への可能性

こうした具体例の検討を踏まえて、一般性ある理論的説明を目指すべきである。しかし、理論化を目指すには、現状はまだアイデア段階にあると認めざるを得ない。筆者の見解は、左右軸の1軸反転操作が“誤った結合”を生み、不可能図形産出につながるというものである。しかし、左前方視点からの図形と右前方視点からの図形を接合することが“誤った結合”を生むという多視点結合説とでも呼ぶべき考え方も成り立つ。実際、杉原（2008）は“ピカソ風スケッチの技”と称して、左右からの視点の組み合わせにより不可能図形を生み出せることを指摘している。ただし、たとえ多視点合成説に立つとしても、左右性が説明の原理となっている。それに対し、「不思議のない物見の塔」を発見した梶川（2007）は、超遠近法という考え方に基づく説明を提唱している。筆者には、超遠近法は回転変換を説明原理にしているように思えるが、2軸変換を伴う回転変換よりも、1軸反転を不可能図形創出の本質と見なす方が、より簡潔な理論構築に近づきやすい。今後、可能であれば、梶川氏との議論を踏まえて、不可能図形生成のメカニズム解明を目指していきたい。

### 2. 影絵の回転感の反転

図6に示したのは、茅原伸幸氏がインターネット上に公開（<http://www.procreo.jp/lab0/lab013.html>）している“Silhouette Illusion”（以下、「シルエット錯視」と呼ぶ）の一コマである。片足を上げて回転する女性の影絵の動きが、約1.5秒で1回転する動きとして36枚の静止画が連続提示される（なめらかな回転運動が実現されている）。無限回転を繰り返すその動きを見ていると、ふとした瞬間、今まで時計回りに回っていると思っていたのに反時計回りに回転方向を変えたように見える。そ



図6. シルエット錯視の一コマ  
(制作者の茅原伸幸氏の好意により掲載)

してまた、いつの間にか、時計回りに戻っている。すなわち、回転方向感が錯視的に入れ替わるのである。ホームページでは、次のように解説されている。「一定方向にまわり続けている人のシルエットがふとした瞬間から逆方向にまわりはじめるような錯覚が起こります。回転している方向によって右足をあげていたり、左足をあげていたり・・・不思議な感覚になります」。まさにその通りなのだが、このデモンストレーションには、影絵の動き、回転感の反転、バイオロジカル・モーションという、知覚心理学や影絵アニメーションにとって非常に興味深い問題が見え隠れする。

## 2.1 反転しても変化しないこと

百聞は一見にしかずで、まずは上記ホームページを閲覧し、シルエット錯視をしばらく観察してもらいたい。まず知覚される反転は、回転方向感であろう。今まで時計回りだったものが反時計回りに、知らぬ間に回転方向を変えたように知覚する。さらに観察を続けると、回転方向感の反転に伴い、上げている足の左右も入れ替わることに気づく。回転方向感と連動して、右足を上げていたものが左足に替わるのである。このように、いろいろなことが入れ替わる交替現象の中で、ただ1つ、いっこうに変わらないことがある。それは、回転するのが常に上げている足の方向だという点である。すなわち、身体を支えている

軸足と反対側への回転しか知覚されないのである。

なぜ、上げた足の方向にしか回転しないのか。何人の人に観察してもらったが、誰一人として、身体を支えている軸足側に回転していると知覚する人は現れなかった。そこで、次のような奇抜な説を思いついた。「人の身体の動きを知覚するとき、われわれは人の身体の動きとしてどのような動きが可能かについての心的枠組みをもっており、それを投影して影絵の動きを見る。そのため、人の身体の動きとして起こりにくい（あるいは起こりえない）動きは知覚されない」。確かに、軸足側への回転はバランスをとりにくく、実行しにくいかもしれない。もしこの説が正しいなら、バイオロジカル・モーションをめぐる新発見となる。動きについての身体図式が、生物の動きを知覚する枠組みとして機能するという画期的見解へつながる。

実は、北崎（2007）が、この発想に通じる考え方を示している。「ヒトの認知処理において不可能ポーズは標準より逸脱したものであり、可能ポーズのほうがより典型的なものである」（p.257）。そして、それは“生体力学的制約（Biological constraint）”に属するもので、勉強したりして意識的に身につけたものではなく、あくまで潜在的・無意識的な知識だというのである。「シルエット錯視」において、もしこのような制約が発動されているとすれば、非常に興味深いことである。

## 2.2 時間軸上での変化

残念ながら、この可能性を粉碎する反証が、ちょっとしたアイデアにより手に入った。36枚の画像の変化を、時間軸に沿って逆転させたのである。要するに、映画での“フィルムの逆回し”である。そうすると、観察する人全員が、今度は軸足側に回転しているとしか見なくなってしまった。鷺見（2002）が指摘するように、映画フィルムを逆回しすれば、吐いたタバコの煙が口の中に吸い込まれていく、食べた物が口から吐き出されるなど「覆水盆に返る」的なありえない映像になることもある。シルエット錯視の逆再生は後者に属す事象というべきである。残念ながら、人の身体の上げた足の側への回転と



図7. ジンステーデンの風車 (Boring, 1942より引用)

同様に、軸足側への回転も現実的回転として、われわれは知覚できるのである。

こうして、「バイオロジカル・モーションに関わる新発見」はあえなく崩れ去ったが、確認のため、人の身体の動きとは異なる無生物の動画映像でも同様の反転現象が観察できることを確かめておきたい。検討のための好材料が、知覚心理学の古典的テキストの中に見いだせる。メッツガー (1968) の『視覚の法則』(原著, 1953) や Boring (1942) のテキストで取り上げられている“ジンステーデンの風車”である。図7は、後者のテキスト (p.270) から引用したものである。風車の4枚羽根のうち1枚は、風車小屋と重なっていて、影絵だけでは羽根と風車小屋のどちらが手前かわからない。もし、羽根が手前だとすると、風車の回転方向 (m) は反時計回りとなり、逆に風車小屋が手前なら、風車の回転方向 (m) は時計回りになる。

上記テキストには静止画しか示されていないが、幸いこの動きの動画資料が手に入った。かなり古い教材ではあるが、文映教育映画社が制作した心理学教育用16mmフィルム『知覚の成立』(指導: 金子隆芳) の中にである。冒頭部分に、自作した模型を使った風車の影絵の動きが登場する。その映像をコンピュータに取り込み、動画映像編集ソフトを使って正再生と逆再生(逆回し)バージョンを作成した。その際、図7に示した画像素材では、シルエット錯視での上げた足に相当する示差的特



図8. 目印の半円つきジンステーデンの風車

(文映教育映画社制作『知覚の成立』中のデモンストレーション映像に、加工を施したもの)

この時点で一番上にある羽根の右上に小さな半円を付加した。これにより、風車全体の回転方向が半円側か半円のついていない側か判別可能になる。

徴がないので、図8では、素材画像の1枚の羽根の片側にこぶのようなふくらみを付加した。これにより、ふくらみ側への回転かふくらみのない側への回転かが判別可能になる。結果は、予想通り、正再生か逆再生(逆回し)かに応じて、ふくらみ側への回転とふくらみのない側への回転が切り替わった。このように、無生物の動きの場合であっても、シルエット錯視の場合と同じ現象が観察できた。結果として、「バイオロジカル・モーションに関わる新発見」は完全に消滅した。逆回しによる回転方向が上げた足側か軸足側かの切り替わりは、素材画像がどのようなシークエンスで提示されるかという時間的順序性に支配され、バイオロジカル・モーションとは何ら関係ないのである。

### 2.3 本当に反転するものは何か?

シルエット錯視では、回転方向の反転、上げた足の左右の切り替わり、それに逆回しによる回転方向が上げた足側か軸足側かの切り替わりが知覚された。しかし、影絵の回転において直接起こっていることは、奥行きの反転すなわち前後軸の反転なの

直交3軸のうち1軸反転が生み出す形・動き知覚の歪み：不可能図形と影絵の回転による検討  
吉村 浩一

である。ところが興味深いことに、そのことは知覚する人の意識にのぼらない。言ってみれば、シルエット錯視では、根源的反転は知覚されない。その理由として考るべきことは、奥行き感、運動方向感、(人体の)形態感には、意識されやすさに順序性があるということである。シルエット錯視の場合、知覚されやすさの順序は、運動方向感>形態感>奥行き感ということになる。しかも、奥行きの反転感は弱いというより、限りなくゼロに近い。

知覚過程で起こっている因果的かつ時間的順序からいうと、奥行きの反転→運動方向の反転、奥行きの反転→形態の切り替わりであり、最初に起こっている、すなわち原因はいずれも奥行きの反転である。にもかかわらず、それが意識にのぼらない。このような図式に出会うと、Irvin Rockという知覚心理学者の示した見解に思い至る。「知覚の前に知覚はない」とするゲシュタルト心理学の考え方に対する岩の主張である。それは、Rockが自ら学び育ったゲシュタルト心理学から離脱するきっかけになった考え方である (Rockの知覚論については、吉村, 2001の解説書を参照してもらいたい)。ここでのシルエット錯視の考察で明らかになった「奥行き感の反転は意識にのぼらない」という見解は、むしろゲシュタルト心理学の考え方と合致し、Rockの主張にそぐわない。はたして、Rockの考え方は間違っているのだろうか。この問題について、次に考えてゆきたい。

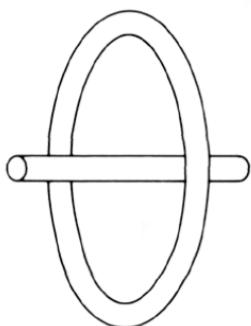


図9. 円に見える楕円 (Rock, 1984 より引用)

#### 2.4 「知覚の前に知覚はない」という考え方

図9を見てももらいたい。網膜上では楕円形に見えるけれども、われわれはそれを円と知覚する、いわゆる“形の恒常性”を示すデモンストレーションである。そこでは、知覚の恒常的側面、すなわち、紙面上に描かれているのは楕円だから知覚されるのは円であることが強調される。ゲシュタルト心理学が強調するこの知覚現象に対し、Rock (1977) は次のように反論する。

われわれは傾斜した円を円であると“知覚”すると同時に、網膜上に投影された像の広がり方 [近刺激] が“楕円”であることにもまた気づいている。われわれがもし知覚の恒常的側面のみを語るなら、それは現象的事実を極端に歪ませてしまうことになる。…中略…もし近刺激の属性が意識にのぼってこないというのであれば、現象的世界がどのようなものであるかを想像することは難しい。対象物そのものの [客観的・物理的な形] と同じに見えることになってしまう。しかし事実は、恒常性が働いているときですら、遠くにあつたり傾いていたりする対象物は、同じ大きさや形のものが知覚者に正対している場合とぴったり同じには見えないのである。(Rock, 1977, p.348)

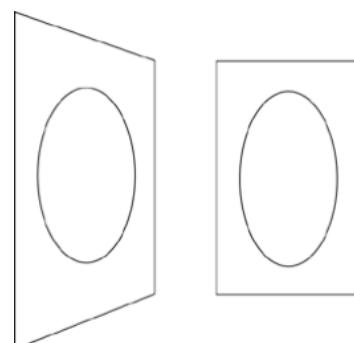


図10. 客観的に同じ形の2つの楕円が異なった形に見える  
(左の楕円の方が円に近い形に見える)

この記述を受けて、Rockは「知覚の前に知覚がある」と主張する。すなわち、“円”との知覚の前に“楕円”との知覚がある。しかし、本節で取り上げたシルエット錯視では、回転方向感（運動知覚）や上げている足がどちらであるかを把握すること（形の知覚）に先行し、それらの原因である前後の反転（奥行き知覚）は意識にのぼらなかった。この事実は、Rockの主張を脅かす。

さらに、上の引用文に直接関係する円と楕円の見え方においても、図10のデモンストレーションは、Rockの見解に疑問を投げかける。左右2つの楕円は、紙面上ではまったく同じ形なのだが、どう見ても、左の楕円の方が横にふくらんで見える。すなわち、正円に近く見える。外枠の四角形枠組みが、楕円の形を知覚する際に、布置として機能する。布置は全体性を作り出す。これこそゲシュタルト心理学の本質であり、この点においてゲシュタルト心理学の主張は正しい。Rockは、上の引用文中、「傾いていたりする対象物は、同じ大きさや形のものが知覚者に正対している場合とぴったり同じには見えない」ことを強調した。確かに「ぴったり同じ」ではないが、紙面に描かれた物理的形とも明らかに異なる形が知覚されるのもまた事実である。知覚の前に知覚があり、その知覚は意識化することができ、さらに意志的努力により解除できるとするRockの主張は、必ずしも正しくない。ゲシュタルト心理学とRockの主張はともに極端に過ぎる。恒常性を扱った多くのデータが、完全恒常（客観的事実と完全に同じに知覚される）と恒常性ゼロ（網膜上に与えられた刺激通りに知覚される）の中間の値を示すことからも予測できるように、知覚的事実は両者の中間にこそ存在するのである。

#### おわりに

エッシャーの不可能図形は、実体物としては存在しないが、紙面上では描くことが可能である。そして左右軸を反転してつなぎ合わせる操作を通して、不可能図形生成のメカニズム解明

への第一歩を踏み出すことができた。シルエット錯視では、原因が前後軸1軸のみの反転であるにもかかわらず、それは意識されないことが示された。図6の静止画だけを見ていると、前後が頻々と入れ替わるが、回転時には前後反転は意識にのぼらない。日常生活では、影絵でも見ない限り、対象物の前後を知覚することに困難を来すことはない。こちら向きか向こう向きかは、たとえば人間の姿の場合、顔が見えているか後ろ頭が見えているかという形態情報から、たやすく捉えることができる。それほど容易にできる前後の知覚に敏感なセンサーは必要ない。限られた能力は、より必要性の高い情報収集にチューニングしておくべきである。対象物（補食動物）が動いているか止まっているかは、被捕食動物にとって安全の確保、大きさに言えば生命保持に必要な情報である。そのため、われわれの知覚系は、前後よりも動きの知覚に敏感なのかもしれない。奥行き感の反転が回転方向の反転感を導くという現象については、本稿で取り上げたシルエット錯視以外にも、知覚心理学でよく知られた古典的知見がある。“エームズの台形窓” (Ames, 1951) もその一例である。窓とは台形ではなく矩形であるという形に対する知覚枠組みが、ゆっくり回転している窓の奥行き知覚を誤らせ、回転方向の反転感として意識（知覚）される。われわれは動きの知覚に敏感であるという上に示した見解が、ここでも成り立っている。本稿で行った1軸反転を基本に据えた検討が、今後、絵画・映画・アニメーションの領域で発展的に検討されることを期待したい。

#### 引用文献

- Boring, E.G. (1942) *Sensation and perception in the history of experimental psychology*. Appleton-Century-Crofts.  
エルンスト, B. 坂根巖夫（訳）（1983）エッシャーの宇宙 朝日新聞社（原著, 1976）  
梶川泰司（2007）超遠近法で解くエッシャーの秘密 日経サイエンス, 1月号, 68-77.  
北崎充晃（2007）身体ポーズと動作の認識 基礎心理学研究, 25, 254-261.

- メッツガー, W. 盛永四郎 (訳) (1968) 視覚の法則 岩波書  
店 (原著, 1953)
- Penrose, L.S. and Penrose, R. (1958) Impossible objects: A special  
type of illusion. *British Journal of Psychology*, **41**, 31-33.
- Rock, I. (1977) In defense of unconscious inference. In  
W.Epstein(ed.) *Stability and constancy in visual perception*.  
New York: John Wiley & Sons. pp.321-373.
- Rock, I. (1984) *Perception*. New York: Scientific American Library.
- 坂根巖夫 (1994) 訳者あとがき エッシャー, M.C. 坂根巖夫  
(訳) 無限を求めて：エッシャー、自作を語る 朝日新聞  
社 pp.244-252.
- 杉原厚吉 (2008) だまし絵の絵の描き方入門 誠文堂新光社
- 鶴見成正 (2002) 映画の逆回し アニメーション研究, **2**, 2-4.
- 吉村浩一 (2001) 知覚は問題解決過程—アーヴィン・ロック  
の認知心理学— ナカニシヤ出版
- 吉村浩一 (2004) 鏡の中の左利き—鏡像反転の謎— ナカニ  
シヤ出版
- Yoshimura, H. and Tabata, T. (2007) Relationship between frames of  
reference and mirror-image reversals. *Perception*, **36**, 1049-  
1056.