

鏡にはなぜ左右が反対に映って上下は反対に映らないのか，という問いについて

大 滝 朝 春*

A Riddle of the Mirror Image

Tomoharu OHTAKI*

ブルーバックス『物理質問箱』の解答者は、「鏡にうつる像は左右反対になるのに，なぜ上下反対にならないのですか」という「質問64」に対して何とも素気ない答え方をしている。「大切なことは，物体と像とは鏡に対して「面対称」の関係になっているということである。「点对称」や「線対称」は小学校の算数であつかっているから，説明は省こう。面対称とは，一つの平面に対して，その両側の立体形の物体が対称になっている場合をいう。だからこの項の問いに対する「純粋な幾何学」の解答としては，鏡に対しては，物体と像とはたがいに面対称の関係になっている……でおしまいにしてもいいはずである。¹⁾」ところがこれだけではさすがに不親切にすぎると思ったのであろう。次に視点を変えて，逆に解答者の方から問いを投げかけている。「幾何学的には少しの矛盾もないが，それにもかかわらず，ここでの問いのような疑問がでてくるのはなぜか。²⁾」そしてこの問いに対しては，この問題は必ずしも物理学，幾何学だけの問題ではなく，多分に心理的な要素もからんで生じてくる問題ではあるまいか，と述べてから，このような疑問が生じる心理を次のように説明している。「人間は（人間に限らず，多くの動物は），右と左とは同じ形をしているが，上下はまったくちがう。だから鏡のまえに立つとき，まず上下の方向はたがいに正しい位置にある……とさきにきめてしまう。そうすると左右は反対だと考えざるをえない。³⁾」「地球上には上下の方向に重力があり，まず上下の方向をさきに意識する。この場合も，「上下を固定的に考えた後に」左右を調べることになるから，左右の方だけが反対だということになってしまう。⁴⁾」

しかしこの説明をもってしても，まだ十分とは言えないであろう。解答としては依然として不親切であり，以上の説明で納得する読者はまずいないのではあるまいか。ただし，実はこの不十分な解答において，この問題を考察する上での貴重な指摘がなされている。それは次の3点に整理することができる。

1. 物体と像とは鏡に対して面対称の関係にある。

* 人文系列 (Department of Liberal Arts and Sciences)

2. 人は上下の方向をまず固定的に考えてしまう。
3. 人間は右と左とは同じ形をしている。

まず、物体とその像が鏡に対して面对称の関係にあることから、鏡に物体の像が映るという事態を、紙に印章を押印するという事態でとらえ直すことができる。そこで、話をわかりやすくするために、図1のように1個の×印だけを彫った印章を用意する。そしてその印章を、その握り方によって×印が印面や紙面のどこに位置することになるかは無視して任意に握り、図2のように、(1)紙に押印してから紙から離して印面をこちら側に向けて紙の横に並べる。(2)あるいは逆に、印章をその印面をまずこちら側に向けておいてから、次に紙に押印する。そのひとつの例が図3である。するとこの場合、図4のように、印章の印面と同じ形で同じ模様の描かれた透明な板ガラスを、ある垂線を軸に180°回転させたのと同じことがなされたことになる。そして図4からもわかるように、板ガラスの双方の模様は、すなわち印面と紙面の模様は、回転の軸となった垂線に対して線対称の関係になるのである。ところで、板ガラスを回転させる軸となる垂線は、実は任意である。つまり図5のような垂線を軸に回転させてから平行移動しても、また図6のように板ガラスの中心を通る垂線を軸に回転させてから平行移動しても、結果は図4の場合と同じである。そしてこれらのいずれの場合も、双方の模様は、回転の軸である垂線に対して線対称の関係になることがわかる。

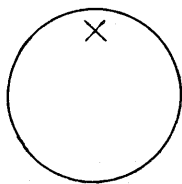


図1

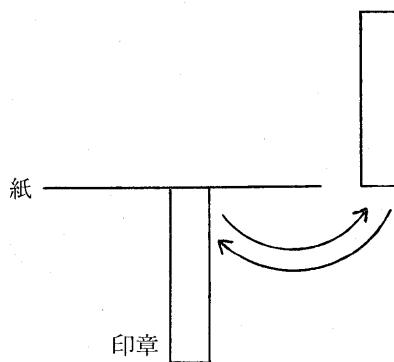


図2

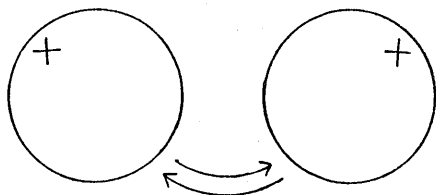


図3

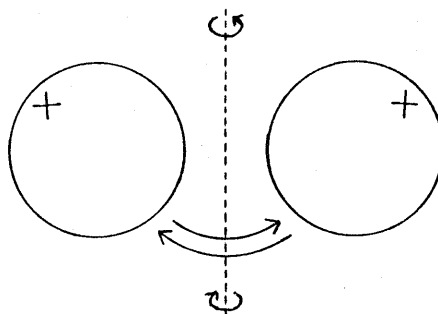


図4

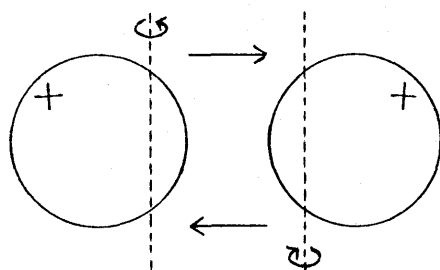


図 5

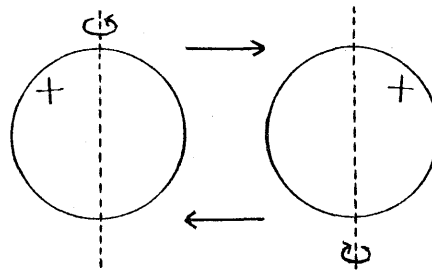


図 6

プラトンは『ティマイオス』の中で、なめらかな光ったものすなわち鏡において、見られるものから出る火が眼から出る火と結びあうことによって、鏡に像があらわれると説明している⁵⁾。そして鏡に左右が反対に映る理由を次のように述べている。「また、左側が右側に見えるのは、衝突の常則〔鏡を介さないで、対象を直視する場合の、内外の火の衝突の常則〕に反して、視覚の、いつもとは反対の部分に、〔見られる対象の〕反対の部分との接触が起こるからです。⁶⁾」訳者はここで述べられている内容を、図7のように図示している。この図からわかるように、鏡に映る像を見るときはすなわち、鏡に向いている面に模様が描かれた透明な板ガラスを背後から見ると同じことなのである。そして透明な板ガラスを背後から見るとは、その板ガラスを180°回転させるのと同じことなのである⁷⁾。

ところで、図3, 4, 5, 6において×印が印面と紙面に占めている位置はひとつの例にすぎない。そもそもが印章の握りは任意だったのである。つまり、印章を任意に握り、任意の垂線を軸に180°回転させたのである。したがってたとえば図8のように、印章を紙に押印し、その状態

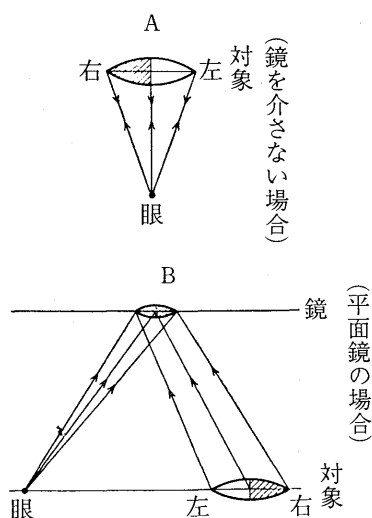


図 7

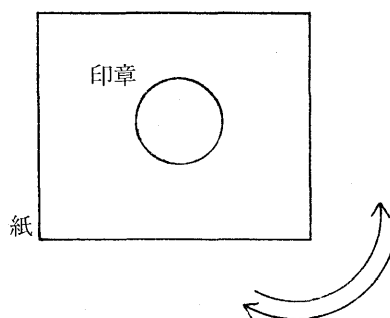


図 8

で紙を印章とともに任意にまわしてから印章を紙から離し、任意の垂線を軸に180°回転して印面をこちら側に向ける場合を考えてみるがよい。つまり最初に垂線を回転の軸としたのは図を見やすくするためなのであって、軸となる直線は実はいかなる直線でもよかったのである。それゆえ印面と紙面の模様は、任意の直線に対して線対象の関係にあることがわかる。

そこで話を印面と紙面の関係から、物体とその鏡像の関係にもどすならば、物体の見え姿とその鏡像は任意の直線に対して線対称の関係にあることになる。それでは図9のように、鏡の前に右手にバットを持った人間が立っている場合を想定してみよう。鏡像とその人の正面の姿とを並べたのが図10である。そして図のように点線で示された4本の直線について、その人の正面の姿と鏡像とが線対称になっているかどうかを確かめてみよう。確認しやすいように、直線が数字のついている方が上にくる垂線になるようにして両者を並べたのが、図11である。

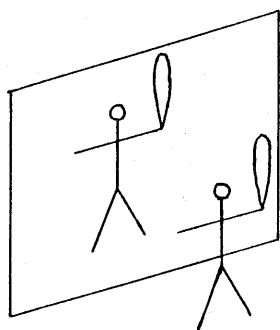


図9

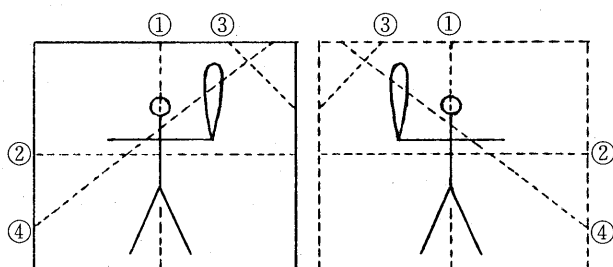


図10

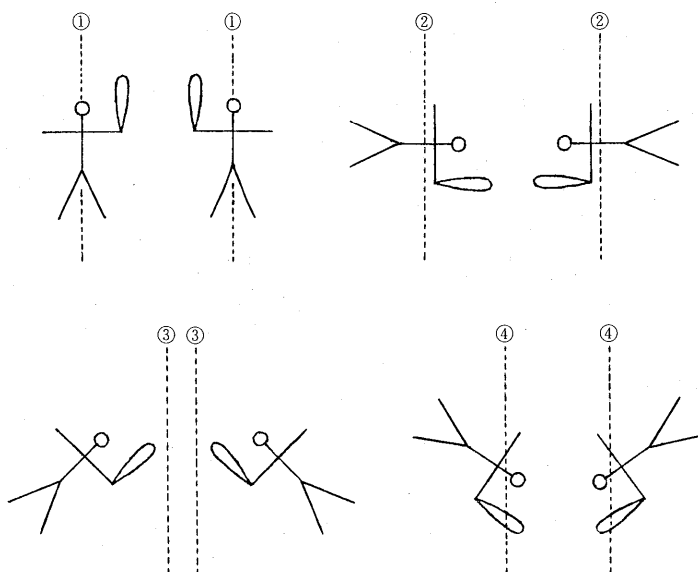


図11

このように図から、物体の見え姿と鏡像とは、任意の直線に対して線対称の関係にあることがわかる。ところで『物理質問箱』で指摘されているように、重力の影響から人はまず、上下の方向を固定的に考えてしまう。そこで人は鏡に映った自分の姿を見る際に、どの直線を軸に見ようと任意であるにもかかわらず、どうしても上下の直線を軸に見てしまう。しかも正面から見た人の体は左右が同じ形をしている。そこで左右がほぼ対称な構造をした体が、その中心を通る上下の直線に対して線対称に映っているの、人は、左右が反対に映っていると見るのである。そして人の体は水平な直線に対しても線対称に映っているのだが、人が水平な直線を軸に自分の体を見るということはめったになく、かつ人の体は上と下が同じ形でないために、上下は左右とは異なり反対に映らないとみなされることになるわけである。

ただし、左右が反対になるとは言っても、それはあくまでも物体と鏡像は上下の直線に対して左右対称であるということであって、右と左がそのまま入れ替わるということではない。たとえば「鏡」という文字は、鏡に図12のように映るのであって、図13のように映るわけではない。右手にバットを持っている人の鏡像は確かに左手にバットを持っているが、鏡像の左手は、右手から左手に平行移動したバットを持っているのではない。両方のバットは、あるいは両方のバットの対応しているどの部分、どの箇所についてもやはり、任意の直線に対して線対称の関係にあるのである。



図12



図13

人が上下と左右をまったく同等とはみなさないで、まず上下の方向を意識してしまう要因として、重力のみならず、人が常日頃から上下が極端にちがって左右がほぼ同じ形をしているものを見慣れているという事実もあげられよう。つまり自然物であれば、その原因としては重力の影響も大きいのであろうが、山、樹、草花、炎等がそうである。また人工物についても、建築物や家具、調度品の多くにこの特徴が見られる。これらの下の部分は地面や床等に接触して全体を支えているのに対して、上はそれとは役割が全く異なっている。ところが左右にはこのような機能上の極端な違いのない場合が多い。そこで、例外的に変則的な効果が意図される場合もあるが、ほとんどの場合は全体として整った形が要求されるので、左右の外観の同じものが多いのである。

ところで大森荘蔵氏は、『新視覚新論』所収の『付 どうして鏡像は左右反転であって上下反転ではないのか』において、「左右反転」についてそれを非常に狭い意味で論じている。「左右反転が確たる意味をもつのはただ私が私の鏡像にすっぽりはまる場合、すなわち私が鏡像と移動合同である場合だけである。…したがって、左右対称の姿勢においてのみ左右反転を語ることがで

きる。⁸⁾」人は完全な左右対称の姿勢にある場合にのみ、一つの垂線のまわりに回転してその鏡像に「すっぽり」はまることができる。大森氏によると、このように立体図形が少なくとも一つの対称面をもつ面対称な図形でその鏡像と移動合同である場合にかぎって、左右反転を語ることができる⁹⁾。「人体鏡像の左右反転は、人体が或る姿勢において左右対称であることによる。そしてそれ以外の反転がないのは、それ以外の対称面をもたないからである。左右反転は人体の対称性に由来する幾何学的現象であって、鏡像一般の性質ではない。¹⁰⁾」

しかし大森氏が扱っている「左右反転」は、鏡像一般の性質に由来する現象の特殊な場合にすぎない。すなわち、まず鏡像一般の性質として、鏡像はその物体の見え姿と任意の直線に対して線対称である。次にその特殊な場合として、人体の正面が鏡に映っている場合は、人体がほぼ左右対称であり、しかも人がどうしても上下の直線を軸に見てしまうために、左右が反対に映って見える。そして、さらにその特殊な場合として、人が完全に左右対称の姿勢にある場合に、大森氏が論じるところの「左右反転」が生じるのである。ところで完全に左右対称の姿勢にある人体の右と左は、カントが「不一致対称物」と呼ぶ2つの立体である。「まさに同一の限界内には包まれ得ないけれども他の立体に完全に等しくかつ類似している一つの立体を、私は前者の不一致対称物と名づける。¹¹⁾」人体が2つの不一致対称物から成る立体である場合に、しかも体の右側とその鏡像、左側とその鏡像がそれぞれ不一致対称物であるために、大森氏の論じる「左右反転」が生じるのである。

また我々は上下の直線を軸に鏡を見るのが習慣になっているにすぎないからこそ、時には無理をして、水平な直線を軸に見ることも可能である。朝永振一郎氏は『鏡のなかの世界』において、次のような「つむじまがり」に言及している。「だから純粋に幾何光学だけからいえば、右と左とが逆になるという代わりに、つむじまがりが出て、上と下とが逆になるのだ、といっても反論はできそうにない。¹²⁾」つまり体の中心あたりを通る水平な直線を軸に見れば、鏡像は左右はそのままだが頭と足が反対に映って見えることになる。『物理質問箱』でも、このようなつむじまがりの人間が投げかけるかもしれない問いがあげられている。「鏡にうつる像は、右手（たとえばほうたいをしていて、はっきりわかるとする）は像の右手と同じ方向に、左手も像と同じ所にうつる。左右はただしい。左右がただしいのに、像は頭と足が実物とは反対になっている。なぜだろう¹³⁾」

人が鏡に映った像について語る場合、鏡の横からまわって鏡のうしろに立っている自分を想定して、その時の自分の姿と鏡像とを比較して語るのが普通である。つまり、人は上下の方向を固定的に考えるので、図14のようにこの上下の直線を軸に本人が鏡の横からまわった場合を考えてしまう。この場合、右手にほうたいをしているとする。しかし仮に本人が鏡のうしろにまわった場合を考えるのであれば、鏡の横からまわらねばならない理由はないのだから、図15のように水平な直線を軸に上から、あるいは下からまわってもよいはずであるし、あるいは何なら斜めにまわってもよいはずである。そして上または下から鏡のうしろにまわった場合を想定すれば、鏡像は左右は正しいが頭と足が反対に映っているとみなされることになる。先ほどの「つむじまがり」

はこのような場合を考えていたのであろう。

しかしどのようなまわり方をしようとも、鏡のうしろにいと想定された当人の見え姿と鏡像とは、任意の直線に対して線対称であることに変わりはない。すなわち図16のように、鏡の横からまわった場合の見え姿と鏡像とには図10と同じように対応する点線を引くことができ、図17のように、鏡の上または下からまわった場合の見え姿と鏡像とについても同様である。そして比較しやすいように数字のついている方が上にくるようにして両者を並べるならば、いずれの場合も図11と同じ様になるのである。人は鏡にはありのままに姿が映ると考えているが、ところがこの「ありのままに」の意味は、物体と鏡像とは鏡に対して面対称の関係にあって、すべての箇所それぞれが正確に対応しているということなのである。したがって、ある特定のまわり方をした場合に、ある特定の姿勢で鏡のうしろに位置することになる自分の姿と鏡像とを、そのまま比べること自体が不適切なのである。横からまわった自分の姿が鏡像と左右が反対になるのは、我々が固定的に考えている上下の直線がそのまま対称軸に相当し、しかもその上下関係がそろっているからに他ならない。

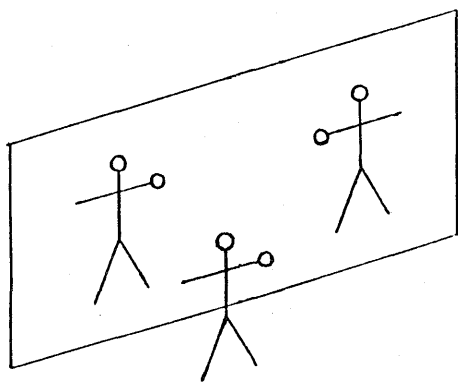


図14

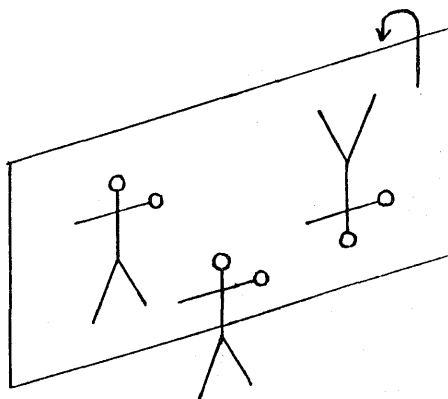


図15

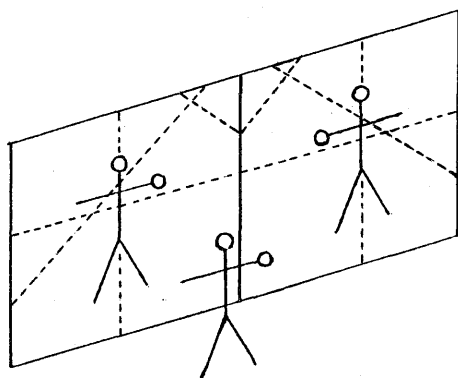


図16

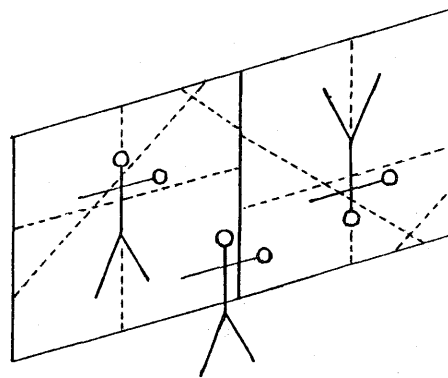


図17

ところで朝永氏は、『鏡のなかの世界』において次のような問題をあげている。「そのうちに、上と下とが逆になって見えることだってあるといい出したものが出てきた。畳の上にあおむけにねころんで、顔の前に水平に鏡をかかげてみれば、畳の下に下向きになった顔が見えるではないか、という。なるほど、それもそうだ。そういえば、池にうつる風景は上と下とが逆になっている。しかし、それにもかかわらず、ではどうして縦においた鏡では右と左とが逆になり、平においた鏡では上と下とが逆になる、というように見えねばならないのか。そのように見えねばならぬ必然性は一体あるのかないのか。平においたとき上と下とが逆に見えるというなら、縦においたときには、前とうしろとが逆になったように見えねばならないではないか。¹⁴⁾」しかしこの問題提起においては、問いの立て方がそもそも不適切である。というのも、鏡を平においても縦においても実は同じことなのであって、そこには何ら違いはないからである。ここでは、物体の一面とその鏡像の関係が問われているのではなく、鏡の中と外とのそれぞれの奥行きのある世界の関係が問題になっているのである。

たとえば図18のように池に樹が映っている場合を考えてみると、確かに上と下とが逆である。ところで物体とその鏡像とは鏡に対して面対称の関係にある。そこで、池に映っている樹を見るとはいかなる事態であるかを図示すると、図19のようになる。つまりこの場合、樹の真下に、鏡に相当する池面に対して面対称な樹があって、それをある位置から見ているのと同じことになるのである。Aから見ると下の樹のs-uの部分の部分が池のp-rに映って見え、Bから見ると、s-tの部分の部分が池のq-rに映って見えるわけである。こうして見ると、確かに上下が反対に映って見える。しかし図19全体を樹が下にくるように90°回転してみると、図20のように、鏡を縦においたのと同じことになる。すると今度は、前とうしろが逆に映っていることになる。朝永氏は「平においたとき上と下とが逆に見えるというなら、縦においたときには、前とうしろとが逆になったように見えねばならないではないか」と述べているが、まさにその通りなのである。

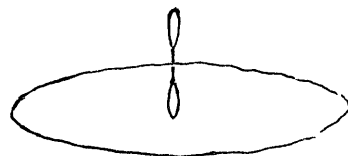


図18

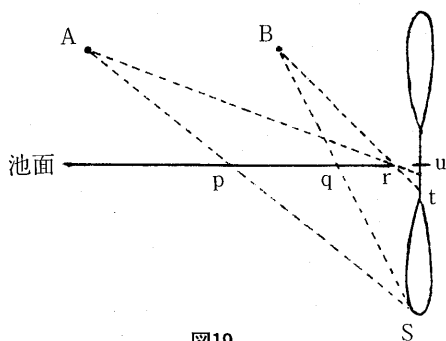


図19

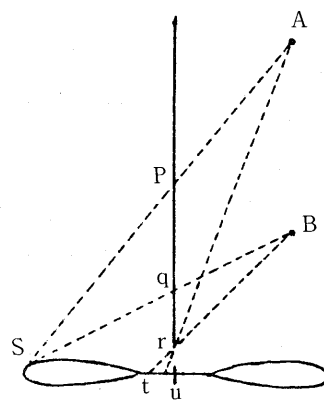


図20

池に樹が映っているというこの事態は、図21のように平らにおかれた鏡の前に何らかの図の描かれた板が立てられているのと同じ事情にある。縦におかれた板に描かれている図とその鏡像とが、水平な鏡に対して面对称の関係にあるのだから、両者の上と下とが逆になるのは当然である。次に図21全体を90°回転してみよう。すると図22からわかるように、水平におかれた板に描かれている図とその鏡像とが、縦におかれた鏡に対して面对称の関係にあるのだから、Aの位置から見れば両者の前と後ろとが逆に見えるのは当然である。またBの位置から見れば、両者は左右が反対に映っていると見えることになる。

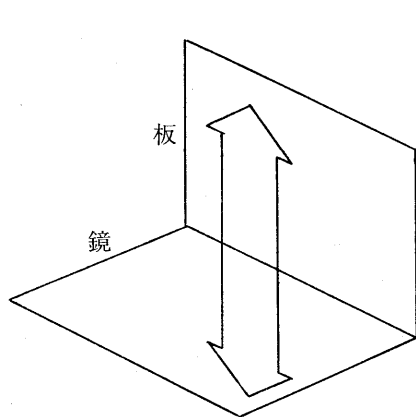


図21

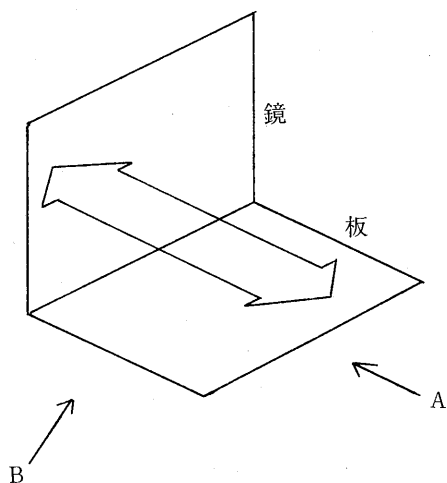


図22

人が鏡の前に立っているといった場合は、図23のように、印章を紙に押印した際の紙面の模様が鏡像に相当していた。これに対して風景が池に映るといった例で示される鏡像の場合は、図24のように、印章を鏡の向こう側で押印してこちら側へまわし、印章と紙面の模様が鏡に対して面对称になるよう印章を印面を上に向けて置いてから鏡を取り除いて、紙面の模様を図20のようにAやBなどの位置から見た見え姿が、鏡像に相当する。つまり結局は後者の場合も、物体と鏡像

は模様の描かれた透明な板ガラスを180°回転させた場合と同じ関係にあることになる。図25のように、鏡の前で右手にバットを持った人が床の上に寝ている場合を考えてみるとわかるように、人とその鏡像はやはり任意の直線に対して線対称の関係にある。したがって両者を比較しやすいように数字のついている方が上にくるように並べるならば、やはり図11のようになるのである。ただしこのような場合は鏡像を正面から見ることができず、常に斜めからしか見ることができない。

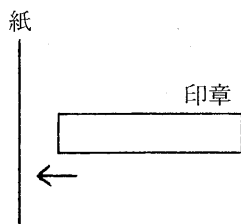


図23

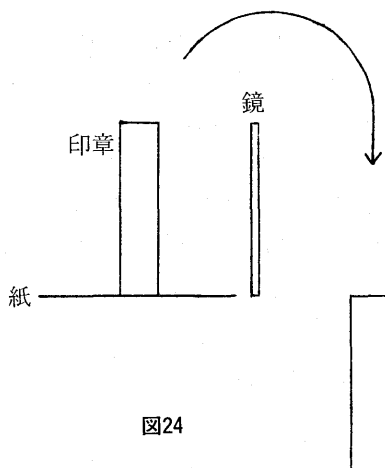


図24

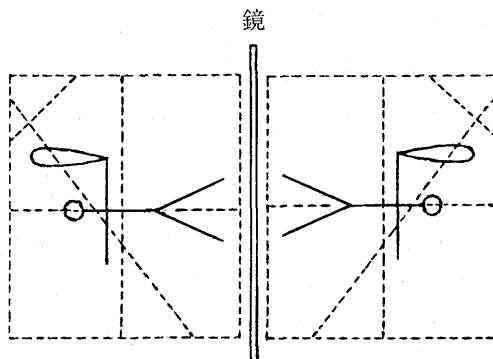


図25

我々が鏡を見る場合、鏡の向こう側に、鏡に対して鏡のこちら側と面対称な世界が広がっていて、我々はその向こう側の世界を鏡という窓を通して見ているとみなすことができる。そして、物体の鏡の方を向いている面の鏡像が問題なのか、それとも物体の鏡に対する奥行き方向の面の鏡像が問題なのか、また鏡が縦におかれているのか平らにおかれているのか、さらには鏡像をどの位置から見るのかといった違いに応じて、ある場合は左右が、ある場合は上下が、ある場合は前後が反対に映っていることになるのである。

ところで「畳の上にあおむけにねころんで、顔の前に水平に鏡をかかげてみれば、畳の下に下向きになった顔が見えるではないか」という反論には、上下の把握に混乱が見られる。この場合の上下関係は、鏡の中と外の奥行きにおいて生じる上下関係である。したがってこの上と下は、鏡に近い方と遠い方のどちらかに置きかえることのできる上下であり、鏡の前に人が立った際の頭の方の意味での上と足の方の意味での下とは、上下の意味がまるで違うのである。また朝永氏も同様の混乱に陥っている。つまり朝永氏はまず「ではどうして縦においた鏡では右と左とが逆になり」と述べておいてから、そのあとで「縦においたときには、前とうしろとが逆になったように見えねばならないではないか」と疑問をなげかけている。ところが、鏡には右と左が逆に映ると見られるのは、人がバットを片手に持って鏡の前に立っている場合などであるのに対して、前とうしろとが逆になると見られるのはこれとは異なり、物体の鏡に対する奥行き方向の面が鏡像である場合だからである。したがって両者の事態は別に相対立しているわけではないのである。

朝永氏はまた、無重力状態の場合にも言及している。「近ごろは人工衛星が飛んで、無重力状態を人間が経験することができる。宇宙船のなかでは、だから、上と下との区別はない。そこで、宇宙船のなかで鏡をみたらどう見えるか、ガガーリンさんに聞いてみたい。¹⁵⁾」しかし、宇宙船の内部には重力はないが、その内部の構造上の上下はあるはずである。つまり天井が上、床が下で計器類もこの構造にあわせてセットされているはずである。では宇宙船の外に出て鏡を見たらどうなるか。少なくとも当人にとっての上下はあるだろう。つまり頭の方が上で足の方が下で

ある。

人が鏡に自分の姿が左右反対に映っていると見るのは、人体の正面の見え姿がほぼ左右対称であるためである。すなわち、人体の正面の見え姿は左右がほぼ対称な形をしていて、右と左にはそれぞれ、眼、耳、手、足といった同じ特徴が見られるためである。ところが、仮に体の左右が完全に対称か、少なくとも目で見て識別できる呈度の相違がなければ、自分の正面の姿と鏡像とが体の中心を通る垂線に対して線対称であるにもかかわらず、人は左右が反対に映っていると見なかなかならないであろう。実際のところ、人が鏡には左右が反対に映ると見るのは、どちらかの眼をつぶる場合とか、どちらかの腕をあげる場合とか、体の左右どちらかにケガをしている場合等々といったように、左右が基本的に対称的な形をしていて、しかも部分的にもしくは色その他の契機が相違している場合である。たとえば図26の場合には、物体が左右対称でしかも左右の玉の色が異なっているので、人は左右が反対に映っていると見るであろう。ところが図27や図28のように、左右の形が対称でない場合には、人は左右が反対に映っていると見なかなかなないはずである。

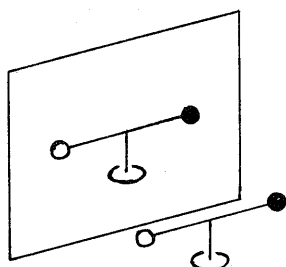


図26

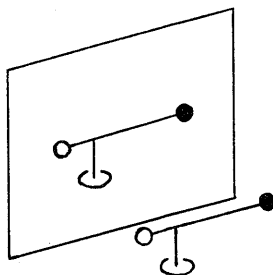


図27

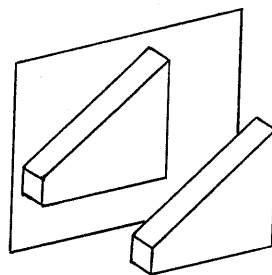


図28

また、人が鏡に自分の姿が左右反対に映っていると見るのは、人が上下の方向を固定的にとらえているためである。したがって仮に人間の体が上下対称の形をしていたとしても、人はやはり鏡に自分の体が上下反対に映っていると見なかなかなないであろう。たとえば図29のように、上下が対称で上と下とで玉の色が異なる物体が鏡に映っている場合、図30からもわかるように、物体の姿と鏡像は中心を通る水平な直線に対して線対称なのであるが、上下について人は正しく映っていると見るのが普通であろう。

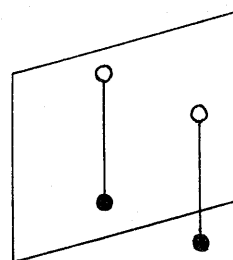


図29

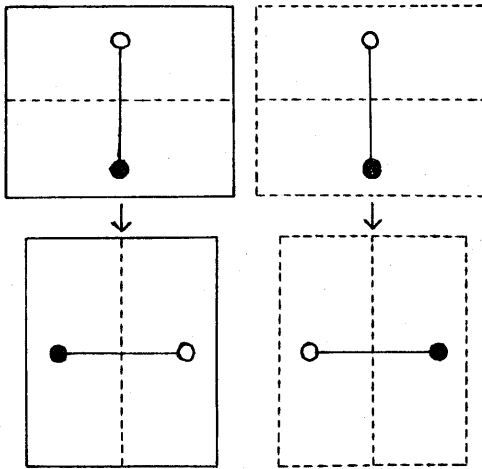


図30

このように、物体の見え姿とその鏡像とは任意の直線に対して線対称の関係にあるのだが、我々にとっては上下の方向がもっぱら固定的な基準軸となっているために、人体の正面の姿のようなほぼ左右対称の形姿が映っていて、しかも左右に部分的にかあるには何らかの点で違いがある場合に、左右が反対に映っていると見るのである。これに対して形姿が、少なくとも識別可能な相違がないほど左右対称である場合や、逆に左右が全く異なる形をしているか、あるいは少なくとも全体的に左右対称でない場合などは、人はめったに左右が反対に映っていると見ることはない。また上下がほぼ対称な形姿

が映っていて、しかも上下に部分にかあるいは何らかの点で違いがある場合、人は、上下の方向を固定的に考えているために、上下は正しく映っていると見るのが普通で、反対に映っていると見ることはめったにないのである。

注

- 1) 都筑卓司他『物理質問箱』講談社ブルーバックス, 1983年, 193頁。
- 2) 同前, 194頁。
- 3) 同前, 194頁。
- 4) 同前, 194頁。
- 5) プラトン『ティマイオス』, 46 A 2 - B 3, 『プラトン全集』第12巻所収, 岩波書店, 1975年, 種山恭子訳, 67-68頁。
- 6) ibid., 46 B 3 - 6, 邦訳68頁。
- 7) ただし、プラトンの述べるところによれば、図7の右と左を上と下におきかえればわかるように、上下も反対になるのであり、その他いかなる方向についても同様なのであるが、プラトンは気がつかなかったようである。
- 8) 大森荘蔵『新視覚新論』東京大学出版会, 1986年, 107頁。
- 9) しかし両者は、「ぴったり」と重なる「完全合同」ではない。なぜなら図形上の各点は、鏡像対応点に重ならないからである。前掲書107頁参照。
- 10) 大森荘蔵, 前掲書, 109頁。
- 11) Kant, Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume, Acad., Bd. II, S.382.
- 12) 朝永振一郎『鏡のなかの世界』みすず書房, 1981年, 131頁。
- 13) 都筑卓司他, 前掲書, 194-195頁。
- 14) 朝永振一郎, 前掲書, 132-133頁。
- 15) 同前, 134頁。