

3 鏡の世界の3つの「逆」

～ 逆の逆の逆の像を見る ～

1 研究の動機

3年前の姉の理科研究がきっかけになった。2枚の合わせ鏡の角度によって鏡に映る像の数を研究したもののだが、鏡に映るたびに像の向きが反転することが書いてあった。私は、むしろ像の反転の方に興味がわいた。これがきっかけとなって、鏡の像は左右が逆なのに上下が逆にならないのはなぜか、という疑問も思い出した。

2 研究の目的

鏡の像が逆になること（反転）について、実験で様々な逆転の像を確かめ、その意味を解明する。

3 研究の考え方

(1) 鏡に映る像は「左右が逆にならないのに上下が逆にならない」理由

これは、インターネットなどで調べると、すぐに分かった。結論を簡単に言えば、「左右反転していないので、設問自体が間違っている」ということになる。逆になっているのは前後、つまり鏡に対して前後の方向である。

鏡に映る像は、実体の上側は像の上になるし、下側は下に映る。右側は右に、左側は左に映っている。しかし、実は前後が逆になっている。問題は、逆かどうかの判断に、人間の主観や習慣、様々な感覚が加わってくることだ。鏡の像を見たときに、人は左右や前後の向きについて、鏡に向かっていて自分ではなく、像の位置や向きに（回り込んで）立った意識になって判断してしまうようだ。上下の方向は引力があり、頭と足は全然似ていないこと、逆に左右はよく似ていることが関係して、左右の方向に反転した意識を持ちやすいと言われている。

立体として前後、左右、上下の3方向のうち、前後（鏡の面に垂直な）1方向だけ逆転する。これが本質ということだが、本やインターネットのホームページから分かった。

(2)「逆」の意味

資料から分かったことは、鏡に映る像は鏡の面に垂直な方向だけ逆になる（反転する）ということだった。しかし、

立体的に考えると、更に左右や上下の方向にも逆があるのではないか

1度映った像がもう1度逆転するとどうなるか

その逆転した像が更に逆転するとどうなるか

などについては分からなかった。鏡を組み合わせて像を映す実験をして写真に撮り、鏡の「逆」の意味を考えることにした。

(3)「逆」の基準

鏡に映る像の「逆」を立体的に考える

主観や感覚が判断に加わらないようにする

このため感覚的に分かりやすいようにキューピーの人形を置いて、

人形を基準に立体的に3つの軸を決める

3つの軸について、プラスの方向とマイナスの方向も決めておく

ことにした。3つの軸を x, y, z とし、以下のとおり決めて実験の基準にした。なお、写真を写すときに、目盛りを入れたゲージを x, y, z の方向に置いた。

そして、人形を基準に3つの軸を以下のよう

ア x 軸方向：人形は右手を上を上げて、上げた方の手をプラス、左手を横に向けた方をマイナスとする。また、人形の顔の右側にホクロをはり付け、ホクロのある方をプラス、無い方をマイナスとする。

イ y 軸方向：人形の頭（上）の方をプラス、足（下）の方をマイナスとする。

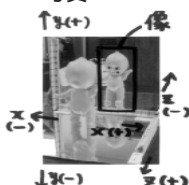
ウ z 軸方向：人形の背中、尻の方をプラス、顔やヘソの方向をマイナスとする。

4 実験内容、結果

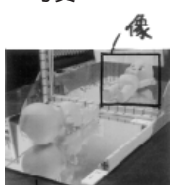
(1) 鏡の像は、鏡の面に垂直な方向だけ逆になる。(上下、左右、前後の問題は関係ない。)

資料や本に書いてあったことを実験で確かめた。鏡を人形の正面、下、横の位置になるように置いて、像の向きと反転する向きを確かめた。結果として、鏡の面に垂直な方向だけに反転が起こり、人形の向きには関係がないことが分かった。(写真—1、2、3)

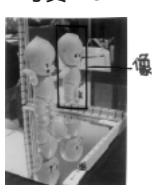
写真—1



写真—2



写真—3



(2) 1軸反転

x軸、y軸、z軸で、1回反転した像を確認した。鏡を基準にすると、常に鏡の面に垂直な方向だけ反転している。

x軸反転

人形のx軸方向が反転している。実体と像の上げた手と下げた手の位置関係が逆である。実体と像の上下関係と顔、ヘソの方向は一致している。(写真—4)

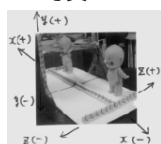
y軸反転

人形のy軸方向が反転している。実体と像の上下関係が逆である。実体と像の上げた手と下げた手の位置関係と顔、ヘソの方向は一致している。(写真—5、6)

z軸反転

人形のz軸方向が反転している。実体と像の顔、ヘソの方向が逆である。実体と像の上げた手と下げた手の位置関係と上下関係は一致している。(写真—7、8)

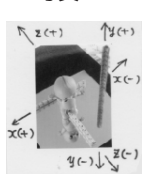
写真—4



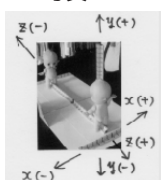
写真—5



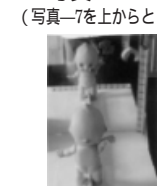
写真—6



写真—7



写真—8



(写真—7を上からとった)

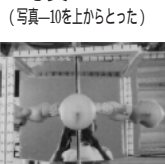
(3) 2軸反転

x軸、y軸反転

人形のx軸とy軸方向が反転している。実体と像の上下関係と上げた手と下げた手の位置関係が逆である。実体と像の顔、ヘソの方向は一致している。

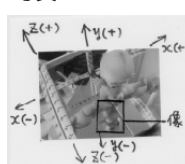
(写真—9、10、11)

写真—9



(写真—10を上からとった)

写真—10



写真—11



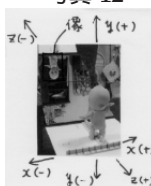
(写真—10のアップ)

y軸、z軸反転

人形のy軸とz軸方向が反転している。実体と像の上下関係と顔、ヘソの方向が逆である。実体と像の上げた手と下げた手の位置関係は一致している。

(写真—12、13、14、15)

写真—12

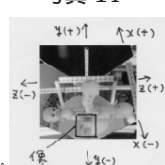


写真—13

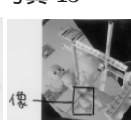


(写真—12のアップ)

写真—14



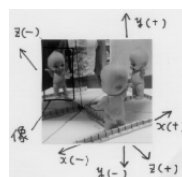
写真—15



(写真—14と同じ)

x軸、z軸反転

人形のx軸とz軸方向が反転している。実体と像の上げた手と下げた手の位置関係と顔、ヘソの方向が逆である。実体と像の上下関係は一致している。(写真—16)

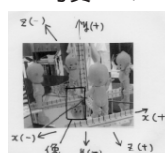


写真—16

(4) 3軸反転 (x軸、y軸、z軸反転)

人形のx軸、y軸、z軸方向が反転している。実体と像の上下関係と上げた手と下げた手の位置関係と顔、ヘソの方向全てが逆である。(写真—17、18、19)

写真—17



写真—18



写真—19



(5) その他

写真—20、21はx、z軸反転の合わせ鏡で映した像(写真—16)を、更にy、z軸反転の合わせ鏡で映したものである。x、y、zの各軸が逆転した3軸反転像に見えるが、写真をとった視点が違う。他の写真とは逆に、鏡の方から実体の人形の方を見た写真になっており、像が人形と同じ方向を向いている。x軸：—：反転、y軸：—：反転だが、z軸は反転していないので、3軸反転像ではない。

写真—16 x : - y : + z : -

x、y軸反転 x : - y : - z : +

反転像を更に反転させると元に戻る。

写真—20



写真 - 21

(写真 - 20のアップ)

5 考察

(1) 実験結果のまとめ

以上の結果を表—2にまとめる。

鏡に映る像は、鏡との位置関係によって、鏡に反射するたびに立体3軸のうち、1軸だけ反転する。

合わせ鏡にすると2軸で反転するが、合わせ鏡は2回反射しているので、その結果である。

立体的に考えると、像の向きの正と逆の組み合わせは複雑になるが、反転の反転は元に戻るので、結局x、y、zの各方向の正と逆(+と-)の組み合わせになる。

逆の逆の逆(3軸反転)画像は、合わせ鏡の組み合わせで写真をとるのが難しく、また合わせ鏡にすると一度に2軸反転してしまうので、x、y、zの3軸を一度にマイナスにすることが難しい。結局鏡3枚を垂直に組み合わせた「立体三面鏡」のような合わせ鏡を使って、撮影することに成功した。

鏡に映る像は、立体的に見ると結局、x(左右) y(上下) z(前後)の3方向それぞれ実体に対して正(プラス)と逆(マイナス)がある。

これをまとめると、表—1のとおりで、これで立体的に見て全ての逆の像の組み合わせを実験で確かめたことになる。実体を含めて8通りあるが、これは正か逆の2通りがそれぞれ立体的に、(左右、上下、前後)3方向にあるため、 $2^3 = 8$ 通りである。つまり、鏡による反転は、立体的に見て7種類ある。

表—1

x, y, z 軸の1軸、2軸、3軸反転								
実体	1軸反転			2軸反転			3軸反転	
	写真1	写真2	写真3	写真4	写真5	写真6	写真7	写真8
x	+	-	+	+	-	+	-	-
y	+	+	-	+	-	-	+	-
z	+	+	+	-	+	-	-	+

(2) 鏡の像が反転する原因

鏡の像の反転がなぜ鏡の面に垂直になるかを考えると、結局中学1年生の理科で習った、

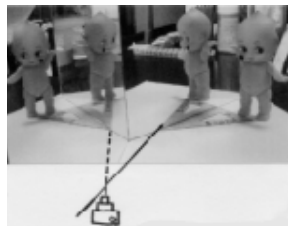
入射角 = 反射角

という関係が原因だと考えられる。鏡の面に垂直な軸が反転するが、反転の軸が垂直になるということは、

入射角 = 反射角 = 90度

という特別な場合である。

入射角が90度ではない普通の場合でも、反射角方向から見ると、鏡の面に対して反転(鏡の面を軸にして実体と像が対称)している。(写真—22)(図—1)



写真—22

6 感想

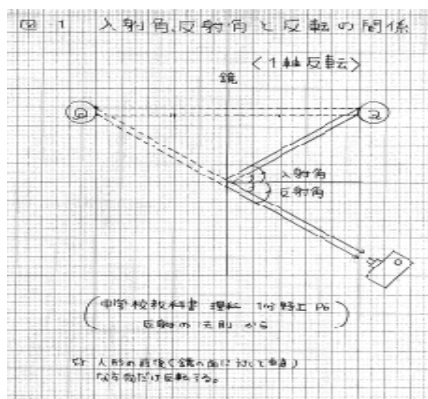
(1) インターネットは役に立った。ただし、役に立つのはどこまでがすでに分かっているかが分かることだと思う。はじめに感心がわいた、「鏡の像の左右が逆になるのに、上下が逆にならないのはなぜか」ということはインターネットを見ればすぐ分かった。資料を見れば分かることを研究するのはやめて、鏡の像が逆転することそのものを実験して研究することにした。

また、どういふ本が参考になるかもインターネットで分かった。

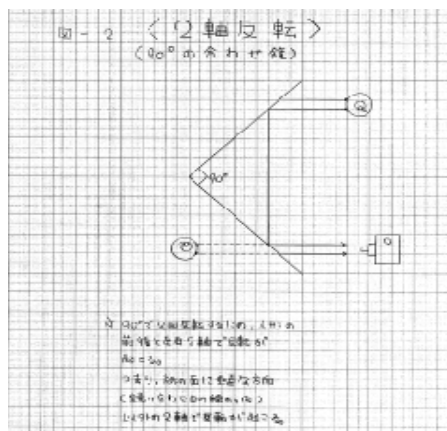
(2) 鏡の像を徹底的に解明した本（鏡の中のミステリー：高野陽太郎著、岩波書店）も参考になった。この本は、左右、上下の逆が人間の習慣や感覚の影響を複雑に受けていることを教えてくれた。

(3) そこで、実験を始めるときにx、y、z軸の3方向と正と逆を決めることにした。実験の途中や実験結果を考察するときに、考えが混乱しないですんと思う。

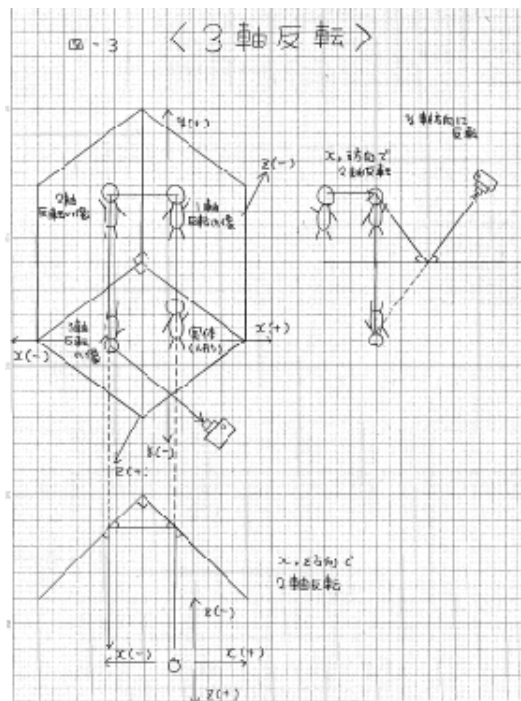
図—1



図—2



図—3



表—2

表—2 実験結果のまとめ（1次元、2次元、3次元）

次元	1次元	2次元	3次元
1次元	鏡の面に垂直な方向に反転する。		
2次元	鏡の面に垂直な方向に反転する。	鏡の面に垂直な方向に反転する。	
3次元	鏡の面に垂直な方向に反転する。	鏡の面に垂直な方向に反転する。	鏡の面に垂直な方向に反転する。