

令和3年度サイエンス・ファイト作品紹介

学 校 佐 世 保 市 立 中 里 中 学 校

学 年 1 年

氏 名 服 部 桃 々

タイトル 万華鏡の原理の研究
～鏡のどこで光は反射しているのか～

概 要

- 1 鏡2枚の対面鏡では、鏡で1回、2回、3回反射された鏡の位置は、鏡の高さの $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/6$ で反射されていることが分かる。
- 2 直角三面鏡と直角四面鏡で撮った写真から反射の原理が理解できる。
- 3 開き角 60° で作った3枚の鏡では、6回対称の像がさらに反射が繰り返されてたくさんの像を見ることができた。万華鏡の筒の中に三角柱状の内面鏡が作られていて、6回対称のたくさんの像が繰り返されていることで万華鏡の原理がさらに理解できる。

万華鏡の反射原理の研究

～鏡のどこで光は反射しているのか～



佐世保市立 中里中学校 1年 服部 桃々

1 研究の動機

2枚の組み合わされた鏡の前に物体を置いたとき複数の像が鏡に映って見える。この現象を見て思いついたのが、内部に鏡が入っている万華鏡だった。万華鏡をのぞくと模様が無限に変化する。万華鏡の内部で何が起きているのか気になったから調べたいと思った。

2 研究の目的

- (1) 2枚の鏡を向き合い（対面）させたときに、鏡に映る像を鏡の高い位置（先端）から写真を撮って、鏡のどの部分で反射した光かを模式図と鏡の先端で撮った写真から確認する。
- (2) 直角三面鏡と直角四面鏡に像がどのように撮れるのか。その理由を考える。
- (3) 鏡の長さを半分にするとうなるのかを平行な2枚の鏡（対面）で写真を撮り、その理由を模式図で説明する。

3 実験内容の項目

- (1) 対面鏡の反射回数と反射位置との関係
- (2) 二面鏡と三面鏡（万華鏡）との違い
- (3) 直角三面鏡と直角四面鏡
- (4) 鏡の長さを半分にするとうなるのか

4 実験内容

(1) 対面鏡の反射回数と反射位置との関係

対面鏡の反射回数と反射位置を調べるため、片面（A面）の鏡の高さ $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/6$ のところに青いテープを貼り、1回反射、2回反射、3回反射の位置の像が消えることを確認する。

ア 対面鏡と写真機の位置の関係



図1

2個の木箱に高さ12cmのポリカーボネイド鏡を貼る。



図2

2枚の対面鏡の下に活字5を書き真上から写真を撮る。

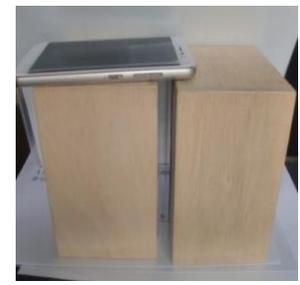


図3

カメラの位置は常に鏡の高さ12cmで撮る。



図4：対面鏡の写真

図1は、対面鏡を撮った写真で、左右に4回反射の像を見ることができる。左右とも偶数回の反射では表の像で、奇数回の反射では裏の像となる。

イ 1回反射の鏡の位置を調べる

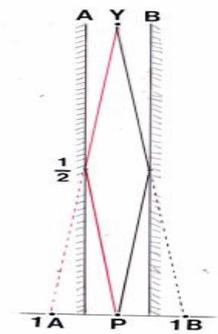


図5
1回反射の模式図



図6
1/2の高さに貼った
青いテープ

1回反射 (1A) の5の文字が消える

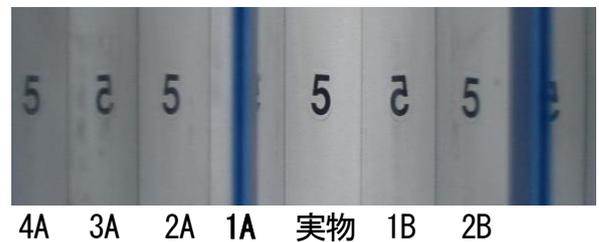


図7
1Aに映る青いテープの写真

図5の模式図では、P点から出た赤い線で示した光は鏡Aの高さの $1/2$ で反射してカメラのレンズYに入り、その延長線の1Aの位置に映る。図6は、鏡Aの $1/2$ の高さに青いテープを貼った写真である。図7は、その対面鏡の写真で、1Aの位置に青い線が見える。このように鏡の高さの半分の位置で反射した1回反射の光は1Aの位置に映り、その1Aの位置の5の文字が消えることが分かった。

ウ 2回反射の鏡の位置を調べる

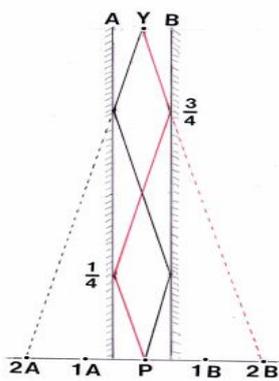


図8
2回反射の模式図

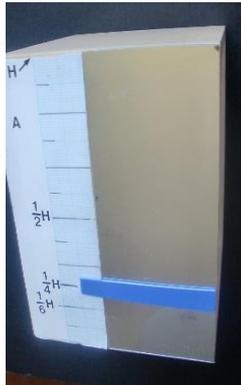


図9
1/4の高さに貼った
青いテープ

2回反射 (2B) の5の文字が消える

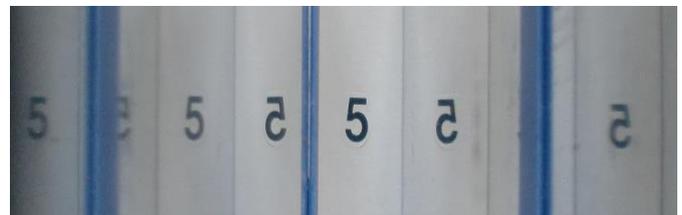


図10
2Bに映る青いテープの写真

図8の模式図では、P点から出た赤い線で示した光は鏡Aの $1/4$ の高さで反射した後、鏡Bの $3/4$ の高さで反射してカメラのレンズYに入り、その赤線で示した延長線の2Bの位置に映る。図9は、鏡Aの $1/4$ の高さに青いテープを貼った写真である。図10は、その対面鏡の写真で2Bの位置に青い線が見える。このように鏡の高さの $1/4$ の位置で反射した2回反射の光は2Bの位置に映り、その2Bの位置の5の文字が消えることが分かった。

エ 3回反射の鏡の位置を調べる

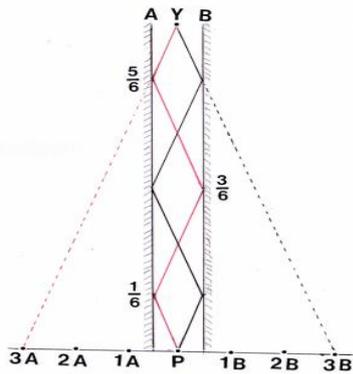


図11：3回反射の模式図

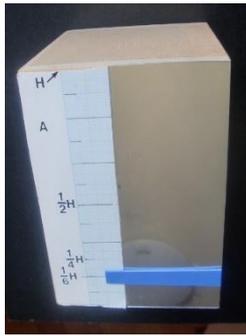


図12

1/6の高さに貼った青いテープ

3回反射（3A）の5の文字が消える。



図13：3Aに映る青いテープ

図11の3回反射の光は鏡Aの1/6の高さで反射し、その後、鏡Bの3/6の高さで反射し、最後に、鏡Aの5/6の高さで反射する。その後、カメラYに入るのので、その赤線で示した延長線は、3Aの位置になる。図12は、鏡Aの1/6の高さに青いテープを貼った写真である。図13の写真では、3Aの位置に青い線が見える。このように3回反射の像は3Aの位置になるので、3Aの位置で5の文字は消えていることが分かる。

(2) 二面鏡と三面鏡(万華鏡)との違い

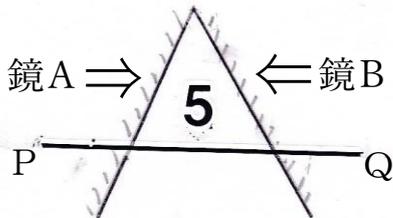


図14：二面鏡の模式図

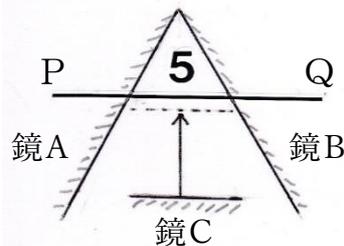


図15：三面鏡の模式図

図14は、これまで説明した自作の二面鏡の模式図である。

図15は、さらに3枚目の鏡Cを加えて三面鏡とする。そのためには同じ鏡の高さで横幅が狭い鏡Cを点線で示したところまで移動させるとよい。



図16：二面鏡で撮った写真



図17：三面鏡で撮った写真

図16と図17は、開き角 60° の二面鏡と三面鏡で同じものを撮った写真である。二面鏡で撮ると六角形1つであるが三面鏡で撮るとその周りに六角形が繰り返されて映る。



図18：二面鏡で撮った写真

図18は、二面鏡の写真で、開き角 90° で尖ったものを撮ると4本の尖った針が 90° に並び十字架のように見える。開き角 72° では、アジサイの小さな花びら1枚を撮ると5枚の花びらに見える。



図19：三面鏡で撮った写真

図19は、三面鏡の写真で、開き角 72° では、五角形で少し重なった模様になる。開き角 45° では、中心部の模様の周りに8回対称の模様が撮れる。

(3) 直角三面鏡と直角四面鏡

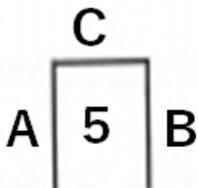


図20

直角三面鏡の模式図



図21：直角三面鏡で撮った写真

図20の3枚の鏡ABCは、互いに 90° をなしている。図21は、鏡Cで反射されて2列に映る像となり、上下は対称となっている。

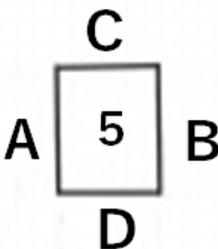


図22

直角四面鏡の模式図



図23：直角四面鏡で撮った写真

図22の4枚の鏡ABCDは、互いに 90° をなしている。図23は、鏡CDで反射するので、左右上下に反射が繰り返されて万華鏡のように映る。

(4) 鏡の長さを半分にするとうなるのか

対面鏡の写真



図 2 5 : 鏡の高さ 1 2 cm、2 枚の鏡の間隔 1. 5 cm



図 2 6 : 鏡の高さ 6 cm、2 枚の鏡の間隔 1. 5 cm

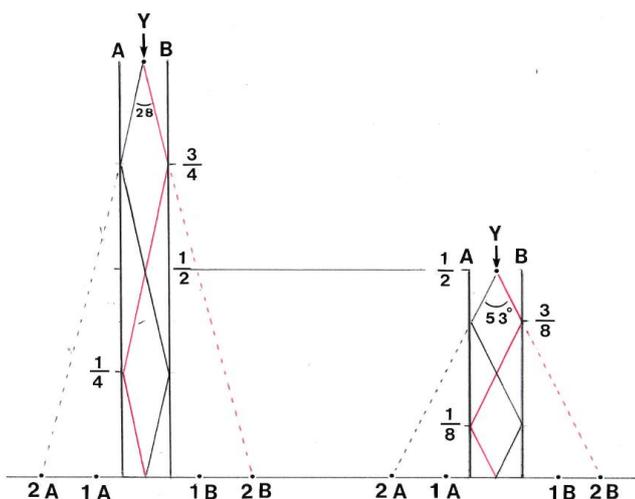


図 2 4 : 2 回反射とその長さ半分の模式図

図 2 4 の左の模式図は、すでに説明してきた 2 回反射を示すものである。右の模式図は、対面鏡の間隔は同じ 1. 5 cm で鏡の長さを半分の 6 cm のときの光路図を示す。この図では、鏡 A の $1/8$ のところで反射した光が、鏡 B の $3/8$ のところで反射してレンズ Y に入る。このように、レンズ Y から見ると 2 A 点と 2 B 点の開き角度は、図から 53° であった。

ところが、鏡の長さが 1 2 cm の模式図では、2 A 点と 2 B 点を見ると開き角度は 28° である。

図 2 5 の開き角度が小さい方は、多くの反射した像を見ることができる。鏡の高さが半分になると開き角度が大きいのので反射した像は少なくなり、拡大された像として映る。この結果は、高さが半分のときに示した図 2 6 の写真からも明らかである。

5 結果のまとめ

- (1) 対面鏡では、鏡で 1 回、2 回、3 回反射された鏡の位置は鏡の高さの $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/6$ で反射されていることが鏡に青いテープを貼ることで分かった。
- (2) 直角三面鏡と直角四面鏡で撮った写真から反射の原理が理解できた。
- (3) 開き角 60° で作った 3 枚の鏡では、6 回対称の像がさらに反射が繰り返されてたくさんの像を見ることができた。万華鏡の筒の中に三角柱状の内面鏡が作られていて、6 回対称のたくさんの像が繰り返されていることで万華鏡の原理がさらに理解できた。
- (4) 鏡の長さを半分にするとう像は大きく見えて、像の数は少なくなることが分かった。

6 今後の課題

光の反射の実験をやってきたが、今後は光の屈折の実験をしたい。