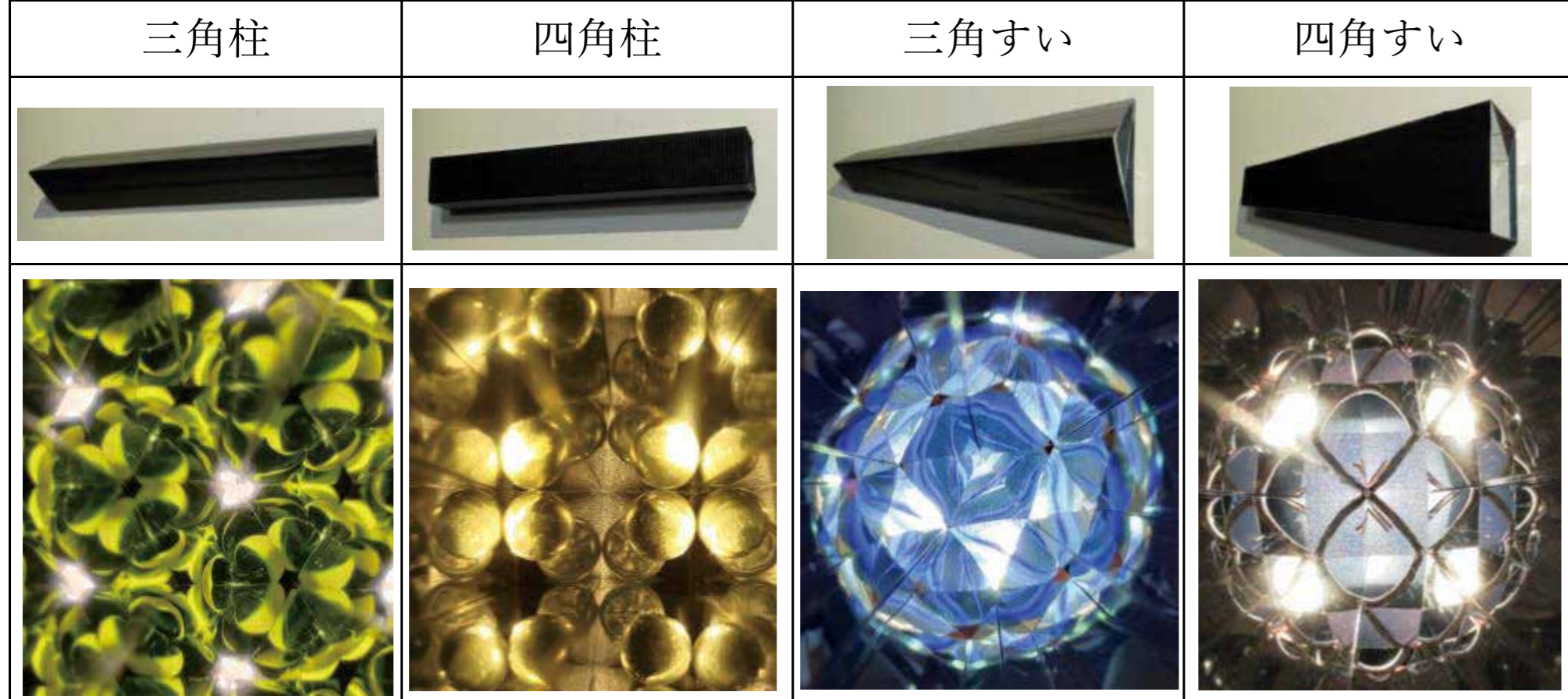


四角すい万華鏡が球に見えるのはなぜ？

国分寺市立第二小学校 6年 今村諄美

1. 研究の動機

私は万華鏡が小さい時から大好きだ。夏休みに万華鏡が作れるキットで楽しんでいたら、他の形でも作ってみたいとなり色々な形を作成してみた。すると、三角すいや四角すいでは、鏡像が球になることに気が付いた。どうして鏡の反射だけで球になるのか不思議に思い、研究することにした。



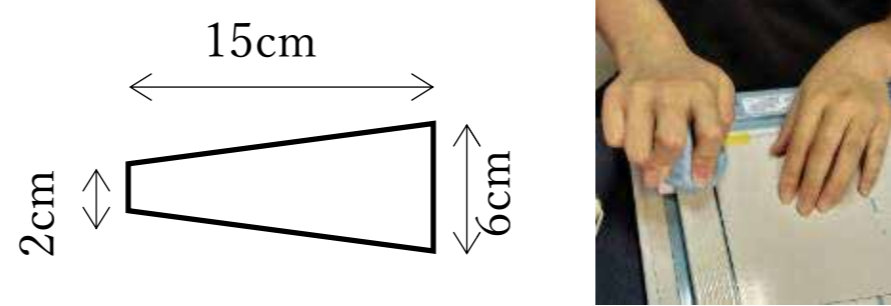
2. 予想

上の写真のように、三角柱や四角柱では万華鏡は筒部分が真っ直ぐだが、三角すいや四角すいでは、筒に角度がついている。このことから、筒に角度がつくと、球に見えると予想した。 ※研究は反射が分かりやすい四角すいで行う。

3. 研究の準備

研究で使う四角すい万華鏡を作成する

材料：薄いプラスチック製の鏡
ガムテープ



4. 研究：四角すい万華鏡のしくみを研究する

実験①：四角すい万華鏡のしくみが分からないので、分かりやすそうところをみつける。

方法：四角すい万華鏡で写真を撮り、少しでもヒントを見つける。

※ビー玉では上下左右が分かりにくいので、数字の「2」で研究を行う

結果①：写真から中央の縦と横が一番分かりやすい。

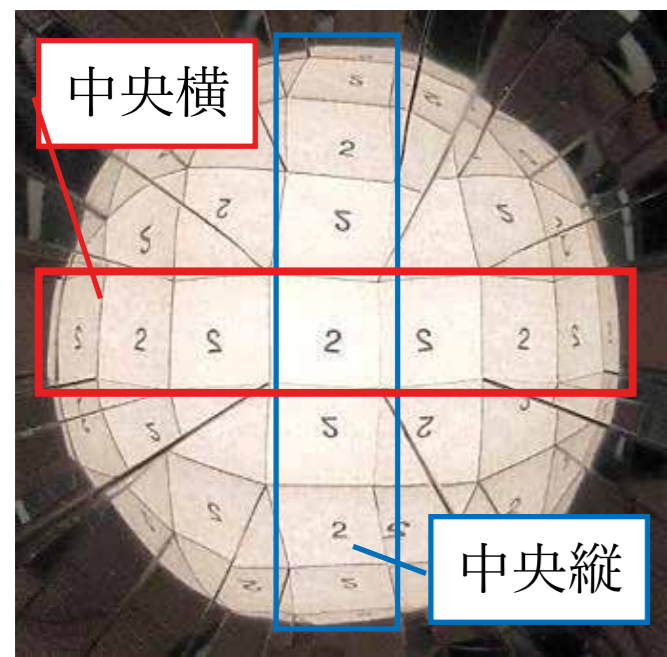
まず、中央横から考える。ここから分かることを見つける。



中央横の写真から分かること

- ①まん中は実物
- ②外側に行くと細くなる
- ③2⇔S⇔2⇔S・・・をくり返す

新しい疑問：①外側へ行くと細くなる
②2⇔S⇔2⇔S・・・の規則性がある



実験②：中央横の写真を、鏡2枚を使って再現する。

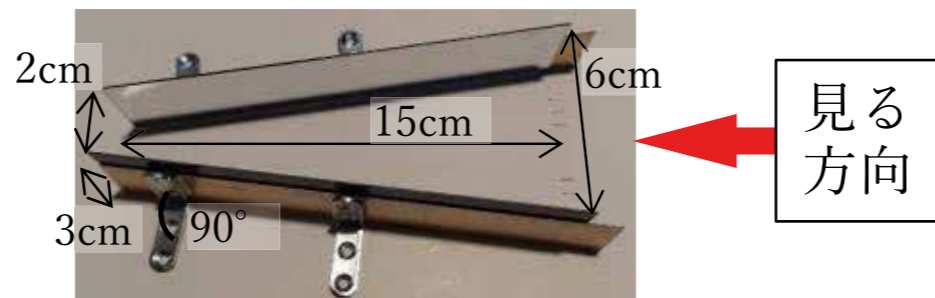
方法：実験器具の鏡2枚を使って、①中央横を再現する。

- ・実験器具を四角すいと同じ位置・角度にする。
- ・実験器具で再現したものが、①中央横と同じになるか確かめる。

※実験①で一番分かりやすかった中央横で研究を行う

実験器具

垂直になるように鏡を固定してある
赤い矢印の向きで見る



①中央横



②実験器具で
再現したもの



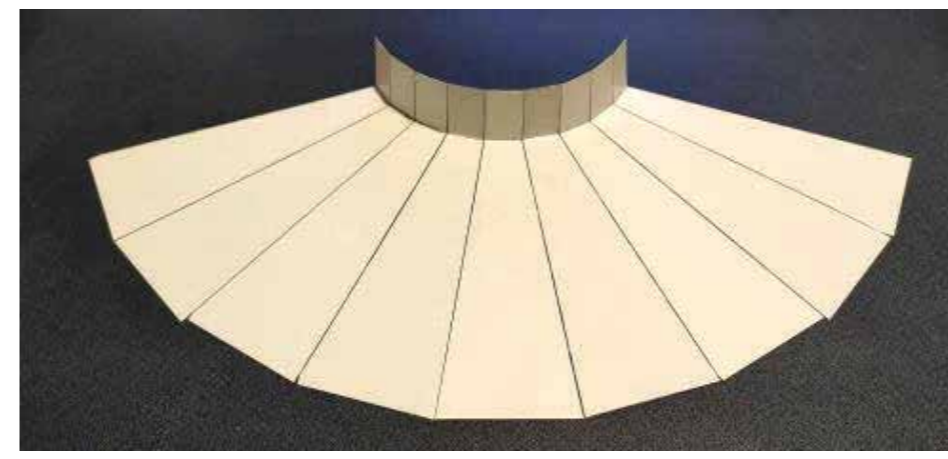
結果②：①中央横の写真と②実験器具でとった写真は同じに見えるので、鏡2枚の実験器具で中央横が再現された

実験③：実験②の写真を3Dで再現する。

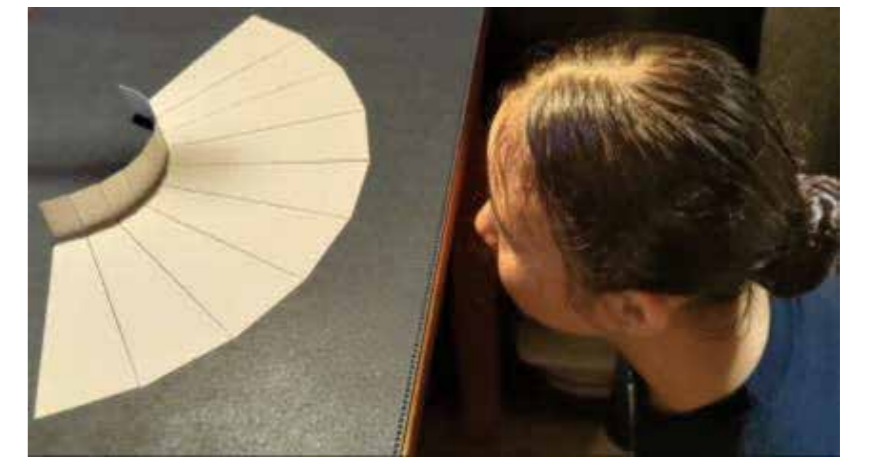
鏡の中はどうなっているか分からないので、現実で同じものを作ってみる。

方法：②写真の実物大モデル=3Dを作成して、同じに見えるか確かめる。

- ・②写真より「2」の紙は9枚うつつているので、四角すいの実物大の紙と「2」の紙を9枚はり合わせる。

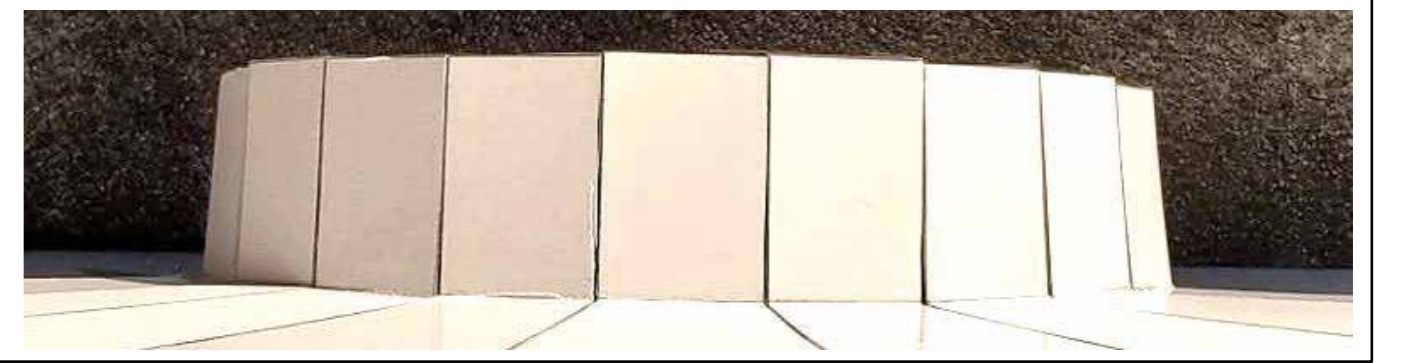


実物大3Dモデルの全体像



実験②と同じに見えるか確かめる

画用紙で再現した
実験②写真の実物大
3Dモデル



結果③：実験②写真と実物大3Dモデルの写真は同じに見えるので、実験②の実物大3Dの再現ができた。

考察①：「疑問①外側へ行くと細くなる」しくみを考える。

実験③より実物大3Dモデルの形は、中央の実物を9枚はり合わせた結果、外側は「おうぎ形」になった。

また中心部分は、実物大3Dモデルや実験②写真より、「カクカクした円柱の形」をしていることが分かる。

四角すい万華鏡の中央横が「疑問①外側へ行くと細くなる」：

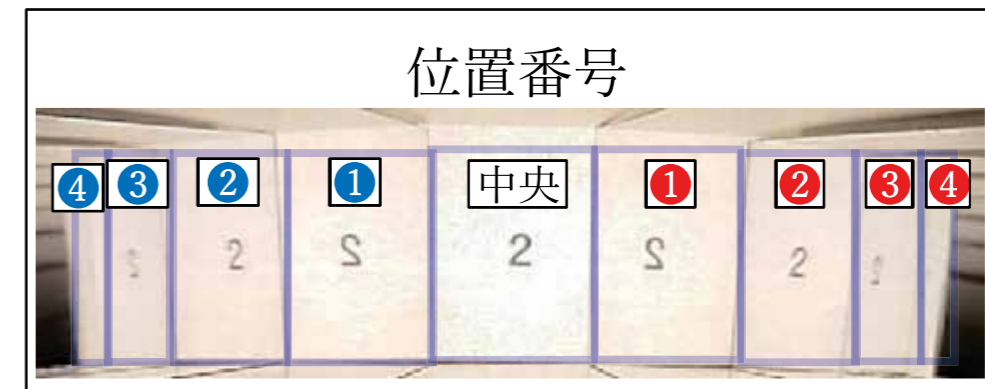
中央横が円柱の形に見えるので、外側へ行くと細く見える。

実験④：実物大3Dモデルと鏡一枚を使って、研究②の各位置を再現する。

鏡が2枚向かい合うと鏡像がいくつもでき、反射のしくみが分からない。しかし、鏡1枚なら鏡像は1つしかできないので、鏡像から反射前の位置がわかる。このしくみを使って、実験②写真の反射前の位置を全て再現する。

方法：数字の「2」の紙(右写真)を実物大3Dモデルに置き、反射前の位置を探す。

新しい疑問：③鏡の反射のしくみ

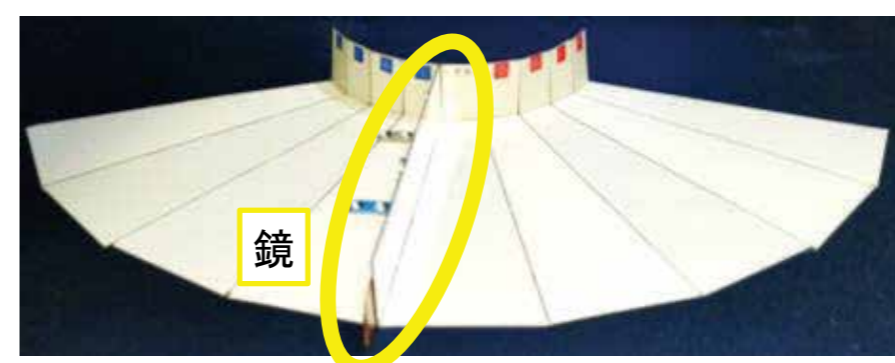


数字の「2」
青・逆 赤・正

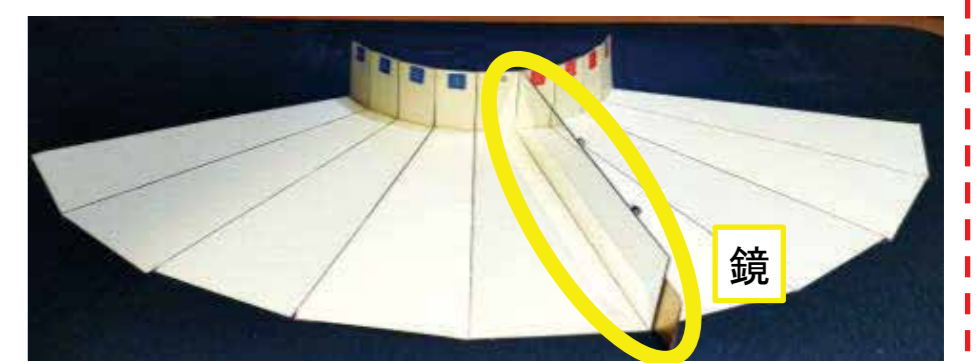


結果④：再現された反射前の位置の写真

鏡の位置：① ② ③ ④は左側



鏡の位置：① ② ③ ④は右側



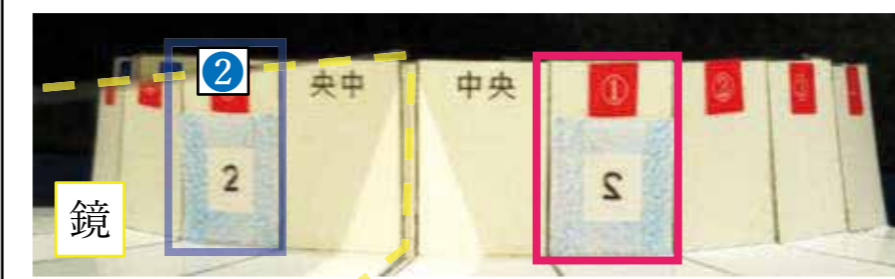
①の反射前の位置：中央 数字：正



①の反射前の位置：中央 数字：正



②の反射前の位置：① 数字：逆



②の反射前の位置：① 数字：逆



③の反射前の位置：② 数字：正



③の反射前の位置：② 数字：正



④の反射前の位置：③ 数字：逆



④の反射前の位置：③ 数字：逆



考察2: 「疑問③鏡の反射のしくみ」を考える

実験④より、鏡の反射には規則があると考えられる。その規則を見つける。

1. 結果④を表にする 2. 左の表をルートにする 3. 図にする

| 反射前 | ⇒ | 反射後 |
|-----|---|-----|
| 中央 | ⇒ | ① |
| ① | ⇒ | ② |
| ② | ⇒ | ③ |
| ③ | ⇒ | ④ |
| ④ | ⇒ | 中央 |

規則 赤⇒青
青⇒赤になる

| 左ルート | 右ルート |
|------|------|
| 中央 | 中央 |
| ↓ | ↓ |
| ① | ① |
| ↓ | ↓ |
| ② | ② |
| ↓ | ↓ |
| ③ | ③ |
| ↓ | ↓ |
| ④ | ④ |

規則 数字が増える度に
赤⇒青、青⇒赤になる

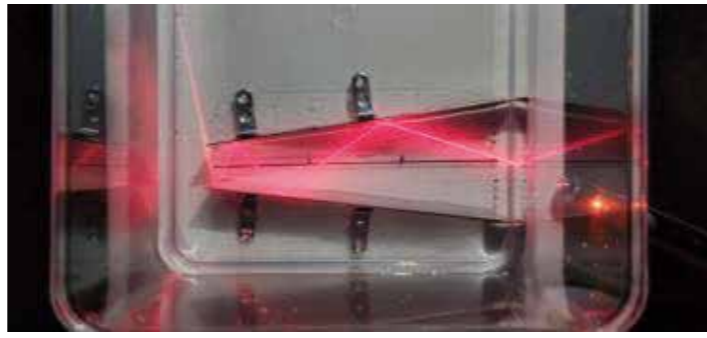
規則 鏡に反射しながら、ジグザグに進む
— 左ルート
— 右ルート

「疑問③鏡の反射のしくみ」:
二枚の鏡の間をジグザグに反射しながら進むしくみということが考えられる。

実験⑤: 考察2の考えが正しいか実験で確かめる。

考察2を確かめる方法に悩み参考資料を読んでいたら、煙の中や牛乳入りの水の中なら光の通る線が見えることが分かった。この実験を行い、光のルートを見て確かめることにした。

- ①②③④の鏡の反射を考察2から予想する。
- 実験を行い、反射を確かめる。

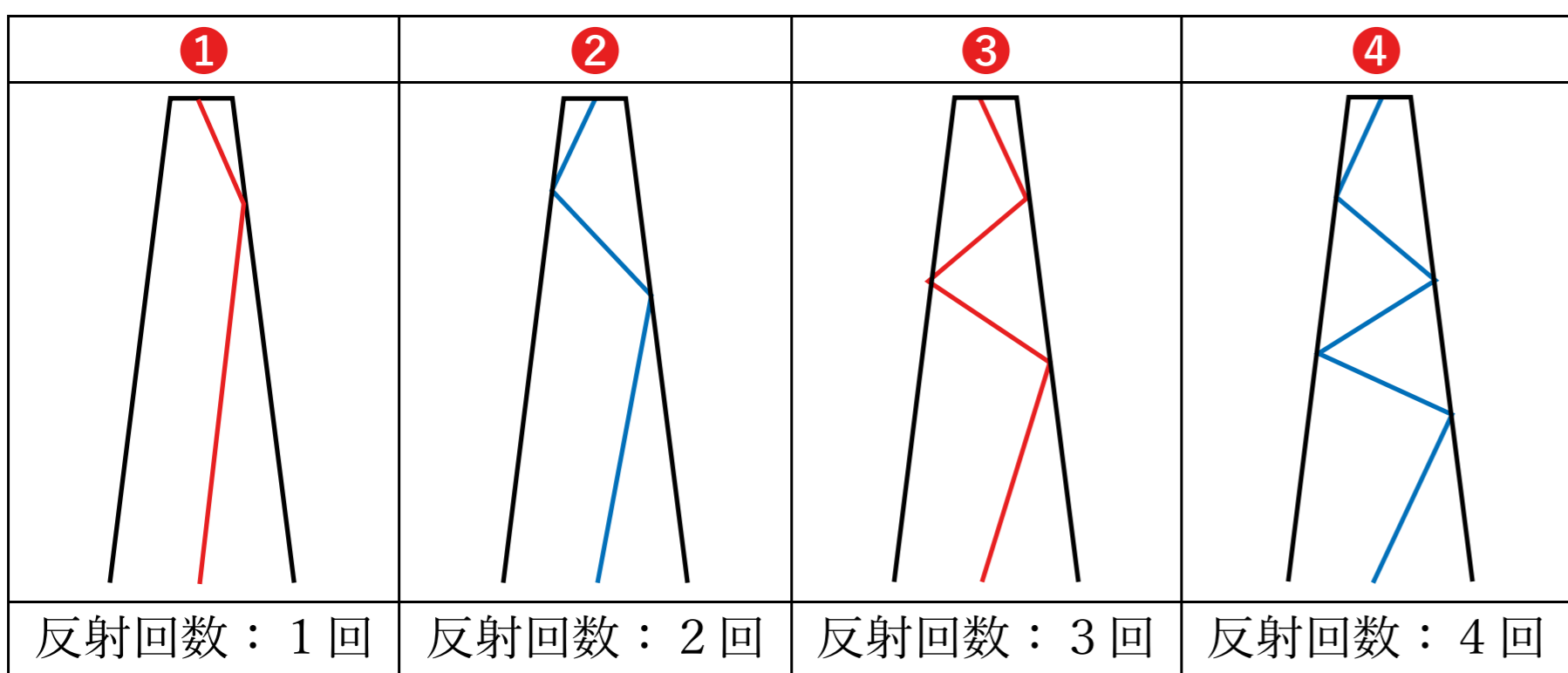


方法: 水槽に水を入れ、その中に牛乳を数滴入れる。

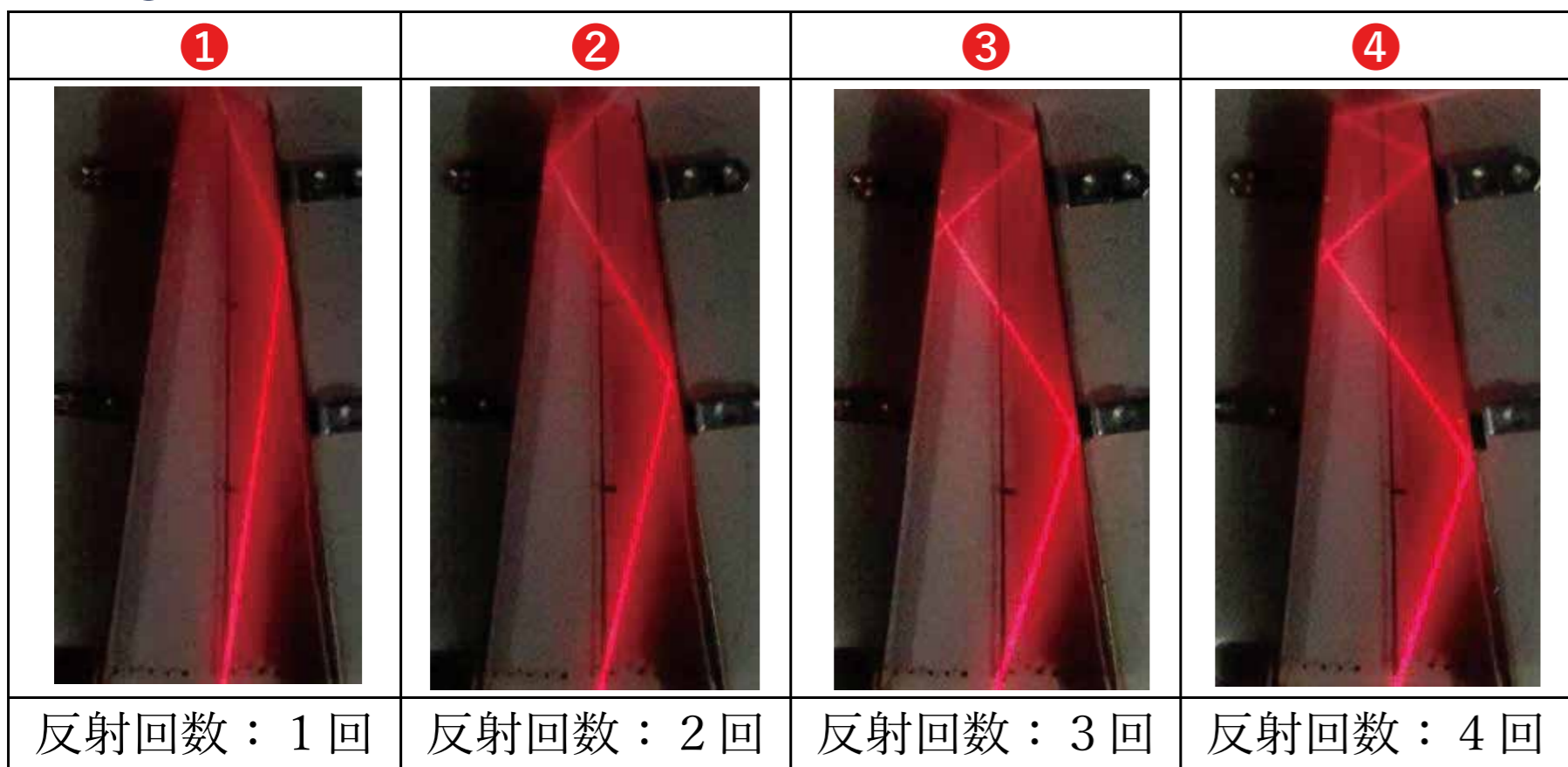
水槽の中に実験②で使った実験器具を入れ、細いLEDライトで照らす。

※考察2より鏡の反射ルートは左右対称なので、この実験は右側のみで行う。

1. 鏡の反射予想



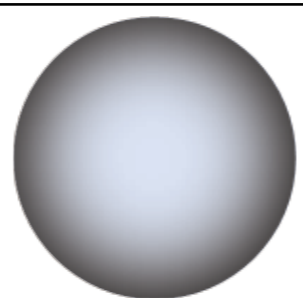
2. 実験⑤結果



結果⑤: 予想と実験結果は全て同じだった。
よって、考察2の反射のしくみは正しいということが分かった。

考察3: 実験⑤より、球や背景の見え方を考える

実験⑤結果の写真から、①<②<③<④の順で光の線は長くなっている。距離が長いと光が届きにくくなるので、球は端になるほど暗く見える。



背景は、実験⑤と同じ方法でしくみが分かる。右の写真は④より右側をライトで照らしている写真である。光は外へ行かずはね返って戻ってきている。この時、背景には手前(カメラ側)がうつる。手前を真っ暗にすると、左写真のように球が暗闇に浮いているように見える。



球の端に行くと暗くなる光の性質と、背景のしくみが分かった。

考察4: 「疑問②2⇔S⇔2⇔S⇔の規則性がある」を考える

実験④写真番号位置・中央横「2」の向き・実験⑤鏡の反射回数を表でまとめ、関係を考える。

| 実験④の位置番号 | ④ | ③ | ② | ① | 中央 | ① | ② | ③ | ④ |
|-----------|---|---|---|---|----|---|---|---|---|
| 中央横「2」の向き | 2 | S | 2 | S | 2 | S | 2 | S | 2 |
| 実験⑤鏡の反射回数 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

「疑問②2⇔S⇔2⇔S⇔の規則性がある」:
中央から離れる数=鏡の反射回数なので、反射回数が奇数だと「逆」、偶数だと「正」になる。

ここで、中央縦について考える。中央縦もこの「2」の向きが当てはまる。四角すい万華鏡は同じ台形4枚をはり合わせてできているので、縦も横も同じ形である。よって中央横と中央縦は同じしくみである。

中央縦

| 中央縦「2」の向き | 中央からの位置 |
|-----------|---------|
| 2 | 上4 |
| S | 上3 |
| 2 | 上2 |
| S | 上1 |
| 2 | 中央 |
| S | 下1 |
| 2 | 下2 |
| S | 下3 |
| 2 | 下4 |

実験⑥: 四角すい万華鏡の斜めラインを考える

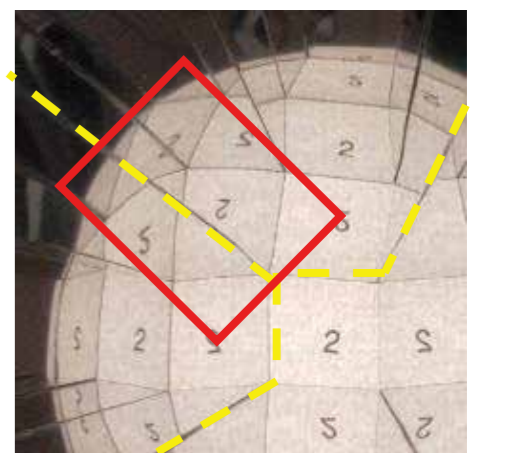
考察4より、中央縦と中央横が同じしくみと分かったので、次は斜めラインを考える。

方法: ・右の写真から、分かることをみつける。

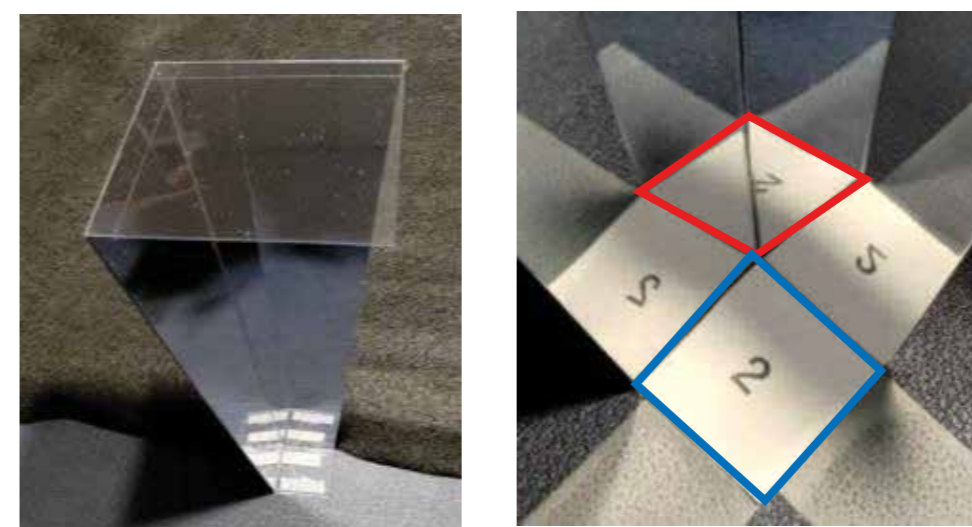
・鏡2枚で斜めラインを再現する。

斜めの位置の写真から分かること

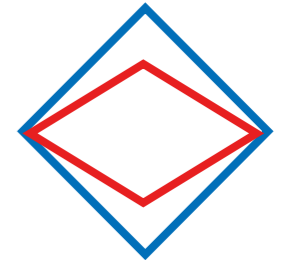
- ①鏡像はひし形になる
- ②外側へ行くと、ひし形の高さが低くなる



四角すい万華鏡の鏡2枚を90°にはり合わせ、斜めラインを再現する。



二つのひし形を重ねてみると横方向はほとんど変わらないのに対し、縦方向は低くなっている。



結果⑥: 斜めラインを再現した結果、外側へ行くと、高さが低くなっていることがわかった。これは中央横と同じ結果なので、考察1「外側へ行くと細く見える」しくみが斜めラインにも働いていると考えられる。

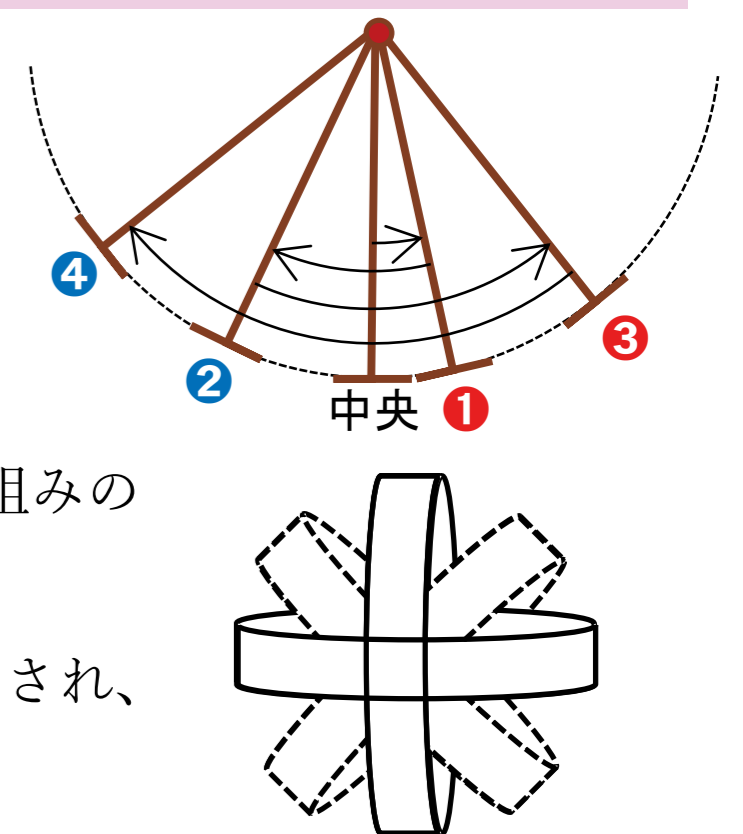
5. 研究で分かったこと

四角すい万華鏡が球に見えるのはなぜ?

**「鏡の反射が、角度がついて起こると
ブランコをこぐように反射し続け、円弧になる。
この円弧が縦横斜めに作られ、球に見える」**

中央横・中央縦・斜めも円柱なので、右のような骨組みのボールが鏡の中にできる。

鏡の反射により、このボールの表面に鏡像がうつし出され、四角すい万華鏡の鏡像は球に見える。



いくつもの「しくみ」が重なって、四角すい万華鏡は球に見える。この研究を通して、色々な「しくみ」を知ることができた。

6. 研究のまとめ

万華鏡のしくみを考えるのは楽しかったけれど、とても難しかった。

四角すい万華鏡が丸く見えるという事実があるのに、理由が全く分からない。分からないものをどうやって解いていくのか、その方法を見つけるのがとても大変だった。

今回の研究では「再現する」という方法で、しくみを一つ一つ理解しようとした。すると、分からなかったところが、少しずつ分かるようになっていった。

今回は四角すいのしくみについて研究したが、今度は三角すいについて研究してみたい。あとは、今回使用した鏡はプラスチック製でどうしてもゆがみが出てしまったので、もう少し大きくなったらガラス製の鏡を使って四角すい万華鏡を作りたい。

7. 参考文献

小学館の図鑑・NEO⑰ [新版] 科学の実験 あそび・工作・手品

滝川洋二ほか指導・監修 株式会社小学館 2021年2月17日 第3刷発行