

コーヒーに月は浮かぶの？

岐阜大学教育学部附属小学校

5年 香田 倫果

1. 研究のきっかけ

私の好きな柴田淳さんの「月光浴」という歌に コーヒーに月と星を浮かべて「おいしいね」と笑って、夜空を全部飲み干したら・・・ という歌詞があります。不思議な歌詞でずっと気になっていたので調べてみたいと思いました。

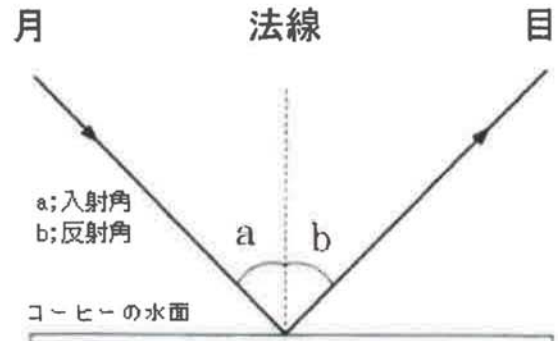
2. 研究の方法

コーヒーに月が浮かぶというのは、コーヒーカップの水面に月の光が反射して見えることだと思うので、

- ① 光の反射について調べる
- ② 水面を見る目の位置を調べる
- ③ 月の光が反射するコーヒーカップの水面について調べる
- ④ 水面に映るためには月がどの高さにあればいいのかを調べる
- ⑤ 実際にその条件でコーヒーに月が浮かぶのか確かめてみる ことにしました。

3. 研究の結果

① 光がものにあたってはねかえることを反射といい、反射する部分に垂直に線を引く(法線)と入射角と反射角は等しくなります。



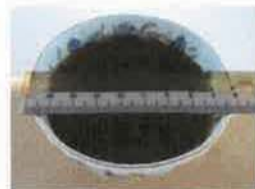
② 私が自然にテーブルの上にコーヒーカップを置いた時の目の位置を、コーヒーカップの縁から測りました。その結果は水平方向に 120mm 垂直方向に 330mm でした。



コーヒーを飲むためにカップを持ち上げた時の目の位置は、カップの縁から水平方向に 120mm 垂直方向に 100mm でした。



③家にある普通のコーヒーカップを使いました。飲み口の直径は90mmで、深さは60mmでした。カップの縁から10mm下までコーヒーを入れると水面の直径は83mmでした。



④テーブルの上にコーヒーカップを置いた時の目の位置(図1:ア)と、コーヒーを飲むためにカップを持ち上げた時の目の位置(図1:あ)から、コーヒーカップの水面までを真横から見た図を描き、水面に映るための月の角度(月の高度)を調べました。

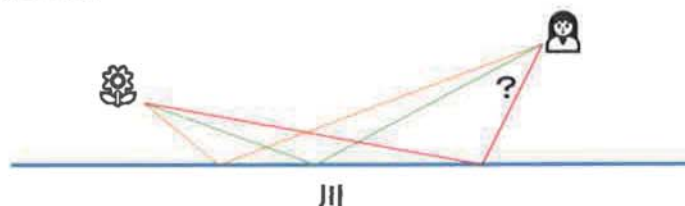
はじめに水面の一番手前に映る場合を考えました。

ア・あ からカップの手前の縁(図1:A)を通して水面まで直線を引き、水面と交わる場所をそれぞれ 図1;イ、図1:い としました。

イ・い から法線を引き反射角と同じ角度になるように入射角を求めました。すると目線ア からは高度 69° の月が、目線あ からは高度 40° の月が観測できる結果になりました。

次に一番奥の水面に映る場合について考えました。ア・あ から何本も水面に直線を引き手前に見える場合と同じように、反射角から入射角を求めましたが、カップの向こう側の壁に当たってしまったり、カップの縁(図1:B)のかなり上を通ってしまったりとうまくいきませんでした。

以前岐阜大学の算数の公開講座で、自分のいる場所から川で水をくんで、花に水をやりに行くための最短の道のりを求める方法を教わりました。その時の方法が使えると思いやってみました。目線の位置が自分の立っている場所で、水面が川、そして向こう側のカップの縁が花だと考えました。



水面を目線の真下まで水平に伸ばした点を 図1:C として、そこから ア・あ と反対側の同じ距離のところに、図1:ア'・図1:あ' をとりました。ア'・あ' からBを通る直線を引き、水面と交わる場所をそれぞれ 図1;ウ、図1:う としました。

$\triangleアウC$ と $\triangleア'ウC$ 、 $\triangleあうC$ と $\triangleあ'うC$ はそれぞれ合同なので、目線ア からは高度 59° の月が、目線あ からは高度 30° の月が観測できる結果になりました。

一番手前に映る月の高度が最も高く、一番奥に映る月の高度が最も低くなるので、目線ア からは高度 59° から 69° までの月が、目線あ からは高度 30° から 40° までの月がコーヒーに浮かぶことがわかりました。

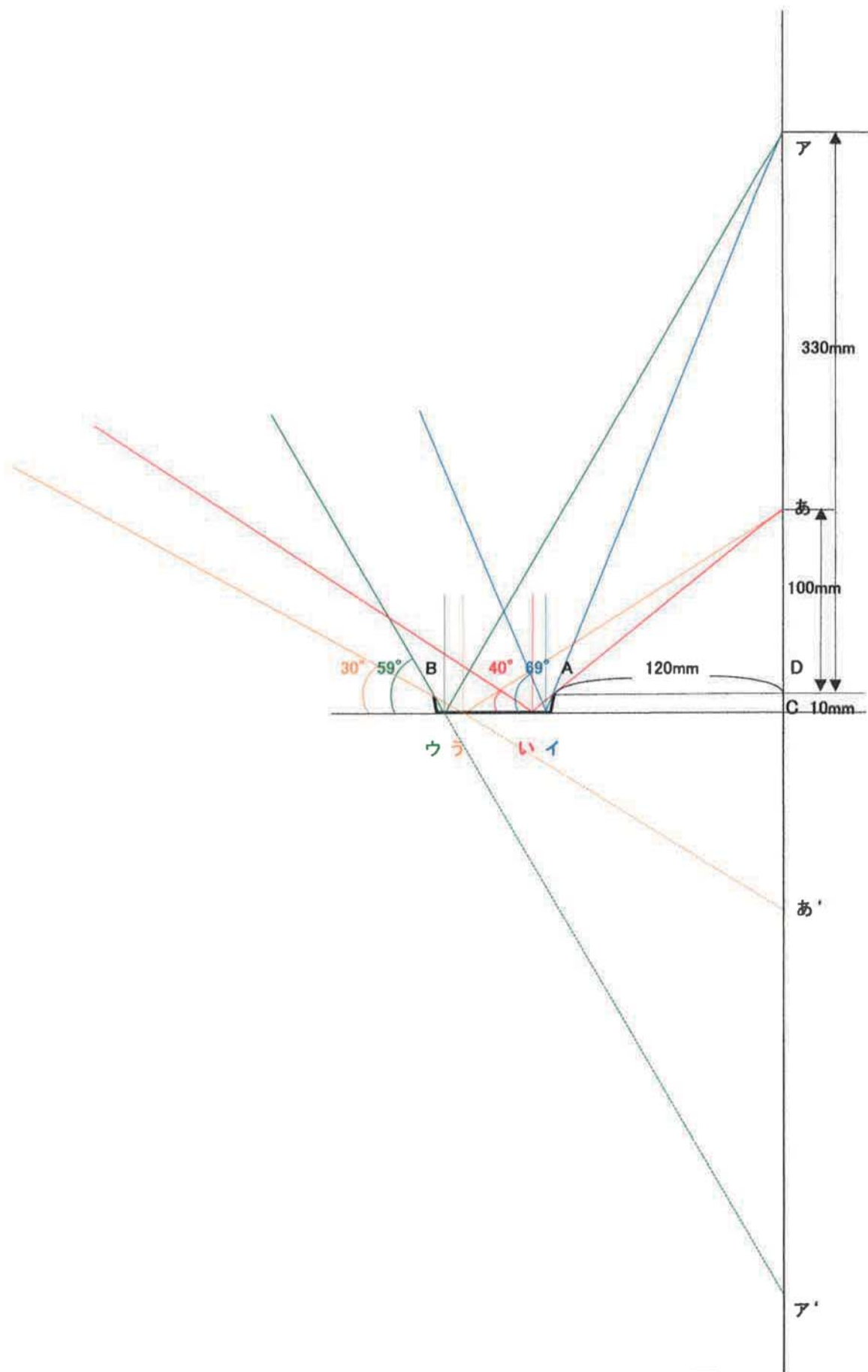
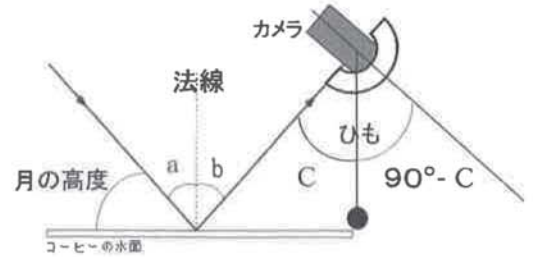
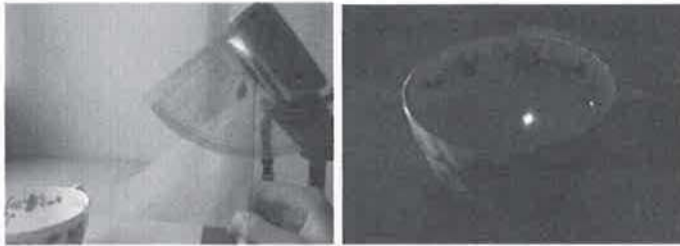


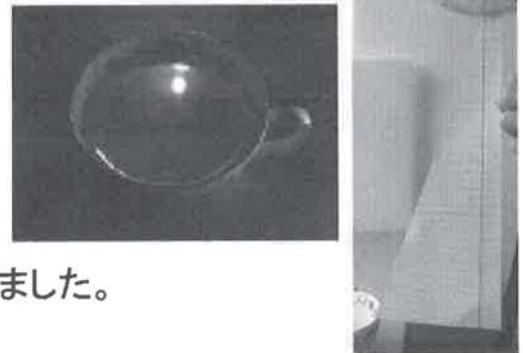
図 1

⑤写真のように 目線あ の位置にカメラを置き 8 月 6 日の 22 時 30 分の月を観察しました。日時は場所と時間から月の高度を計算できるインターネットサイト(資料①)から決めました。するとカップの水面中央の少し手前に月が浮かびました。



法線とひもは平行になるので、 $a = b = c$ となり月の高度は $90^\circ - c$ で求めることができます。観測できた $c = 52^\circ$ だったので、この時の月の高度は 38° であることがわかりました。目線あ から見た時にカップの水面に浮かぶ月の高度は 30° から 40° と予測していた範囲になりました。

次に 目線ア の位置にカメラを置き 9 月 10 日の 2 時の月を観察するとカップの水面の奥に月が浮かびました。観測できた $c = 30^\circ$ だったので、この時の月の高度は 60° であることがわかりました。予測していた 59° から 69° の範囲になりました。



コーヒーカップが机の上にある時も、飲もうとカップを持ち上げた時も月の高度の条件が合えば、「コーヒーに月を浮かべ・・・」ることができるわかりました。でも机の上と持ち上げた時のカップの水面では、浮かぶ月の高度の範囲に重なりがないので、コーヒーを飲む連続した動きの中では、どちらか一方の月しか浮かべることができないこともわかりました。

目線あ からコーヒーカップの水面に映る月を観察していて気付いたことがありました。それは下の写真のように、カップから離れるほど月が大きく見えるということです。これは月までの距離が遠く、少し離れただけでは見た目の大きさが変わらないために起きる現象で、自分が走っても月がついてくるように見える現象と同じです。



月の直径／水面の直径 %	4.9%	14.7%	18.3%
カップの縁からの水平距離	12cm	60cm	110cm

実際に測ってみると、水面の直径に対する月の直径の割合は 4.9% 14.7% 18.3% と増えていました。このままどんどん離れて観察すれば、カップの水面いっぱいの大

きな月を浮かべることができると思ひ距離を計算しました。

下の図2のように月の直径を底辺とし目の位置までの距離を高さとする三角形を考えた時、カップの水面の直径と目までの距離でできる三角形と相似になります。目から見えるカップの見かけの直径と、目から見える月の見かけの直径が等しくなる時、水面いっぱい

$$83\text{mm} \times (384400\text{Km} / 3474\text{Km}) = 9184.0\text{mm} (\text{約 } 9.2\text{m})$$



図2

この距離は 目線あ とカップの縁でできる直角三角形(底辺 120mm 高さ 100mm 斜辺 156.2mm)の斜辺を伸ばした長さ(.....)なので、カップの縁から $9.2\text{m} \times (120\text{mm} / 156.2\text{mm}) = 7.1\text{m}$ 離れた、高さ $9.2\text{m} \times (100\text{mm} / 156.2\text{mm}) = 5.9\text{m}$ の場所から見ればよいことがわかりました(図3①)。

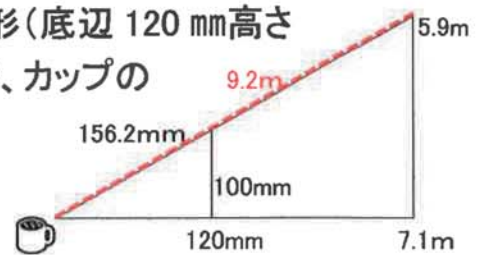


図3①

人間が月を見ることのできる最も高い場所として、高度 400Km の国際宇宙ステーションを考えました。すると水面までの距離が 624.8Km となり(図3②)、直径が $624.8\text{Km} \times (3474\text{Km} / 384400\text{Km}) = 5.65\text{Km}$ (図2)の水面にいっぱいの月が浮かぶことがわかります。調べてみると秋田県の田沢湖の直径が約 5.5Km なので、雲と風のない夜、国際宇宙ステーションの窓から高度が 30° から 40° の月が観測できれば、田沢湖の湖面いっぱいに浮かぶ月が見られるかもしれません。

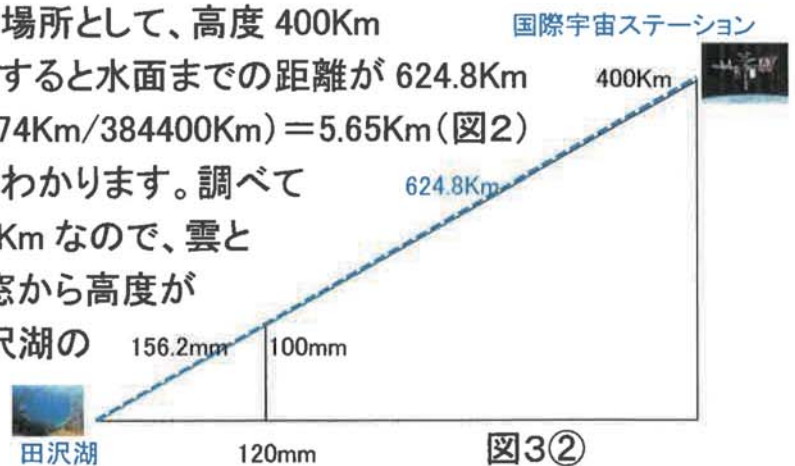


図3②

4. まとめと感想

一番大変だったことは、8月に雨や曇りの日が多くて 目線ア からの観測が9月になってしまったことです。でも予想したどちらの条件でもコーヒーに月が浮かんだときは、とてもうれしかったです。本当は月と星の両方を浮かべてみたかったのですが、月の近くに明るい星が見られる条件はなかなか無いので、チャンスがあれば試してみたいです。田沢湖いっぱいの月が本当に見られるのか宇宙飛行士さんにも試してもらいたいです。

5. 資料

①Ke!san 生活や実務に役立つ計算サイト

<http://keisan.casio.jp>