

水面に浮かんだ一円玉と

ペットボトルキャップの位置についての研究

榛原郡川根本町立本川根中学校

3 年 春田 浩奈

1 研究の目的

理科の時間に次の現象が起こる原因を、皆で考えた。水を入れたコップにペットボトルのキャップと一円玉を同時に浮かべると、盛り上がった水面（凸水面）の時にはコップの中央にキャップが浮き、コップの縁に一円玉が付く。逆に、水の量がコップの縁より下（凹水面）の時は、この位置が逆になる。水面で一円玉とキャップの浮く位置はなぜ決まっているのか。皆で仮説を立てて、数回話し合ったが結論が出なかった。先生も理由を説明できないと言った。私はこの現象の原因を解明したいと思った。皆で立てた仮説を検証し、「なぜ一円玉やキャップの位置が決まるのか」の答えを得ることを目的に本研究を行った。

2 研究の方法

次の①から④の仮説（凸水面で「なぜ、一円玉はコップの縁に付き、キャップは水面の中央に位置するのか」についての仮説）を実験によって検証していく。

仮説① 物体の重さが原因とする仮説

一円玉は重さが足りず、滑ってしまう。キャップはずっしりしていて滑らずに中央にとどまる。

仮説② 左右から押す水の力が原因とする仮説

キャップと水面の形を見ると、水がキャップを両側から押している。そのためキャップは中央にある。逆に、一円玉は縁についたとき、中心側の水が少し盛り上がって外側に押している。

仮説③ 浮力と密度による仮説

キャップは浮力の方が重力より大きいから上向きの力がかかり一番高い位置（凸水面では中央）に来る。一円玉は重力の方が浮力より大きいから下向きの力がかかり一番低い位置（凸水面ではコップの縁）に来る。

仮説④ コップ縁の水の斜面の存在と密度の違いによって斜面を上下するという仮説

一円玉は水より密度が大きく、凸水面では中央にとどまらずに斜面を滑り落ち、一番下のコップの縁に行く。キャップは密度が水より小さいため上向きの力によって一番高い位置に上がる。

3 研究結果と考察

(1) 仮説①「位置は物体の重さによって変わる)」に対する実験

一円玉とほぼ同じ重さにしたキャップは、凸水面では、切らないキャップ (3.01 g) と同じように、中心の位置に止まった。(右の写真参照)
凹水面では、切らないときと同じようにコップの縁に止まった。

この結果から、仮説①「位置は、物体の重さによって決まる」は違うことが分かる。



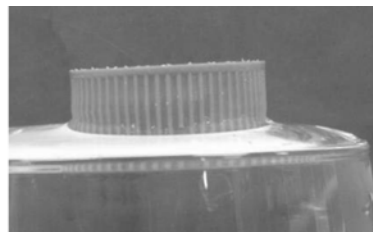
(2) 仮説②「物体の周りの水面の形から、位置は回りから押す水の力が原因である」に対する実験

凸水面でも、凹水面でも、キャップのまわりの水面の形は、水がキャップを両側から押している

ような形になっている。(右写真参照) 一方、一円玉ではどちらの水面でも一円玉が水面を下に押す形になっている。

凸、凹どちらの水面でも物体に接する水の形は同じだから、仮説②は間違っている。

キャップの溝の有無によっても水の形に違いはなく、どちらも両側から水が押す形になっている。



だから、溝のあるなしは関係ない。平らなプラスチック板を立てて（縦にして）水に入れ、引き上げると水が少し引き上げられる。プラスチックと水、水どうしが引き合う力（表面張力）が働いていることが、このような形になる理由である。

(3) 仮説③「位置は密度の違いによる浮力の大きさが原因で決まる」に対する実験

ア 実験③－1 いろいろなものを液体に浮かべてみる。

水に木（密度 0.67）を浮かべた場合、凸水面では中央部へ、凹水面では縁へくる。おもちゃのアヒル（密度 0.31）の場合も同じだった。

どちらもキャップと同じように水に浮く物体であり、密度が水の1より小さい。また、アルミ箔で作ったキャップ（中が空）も、キャップと同じように凸水面では中央にくる。

食用油にペットボトルのキャップを浮かべる。食用油に浮かべても、水の時と同じような位置になった。ただ、位置への移動時間は水よりはるかに遅かった。食用油（密度 0.91）の方が水より密度が小さい。そのため、水ほど大きな浮力が生まれにくいことや食用油の粘りけは水より強い。キャップが動きづらい原因となっているかもしれない。水銀に10円玉を浮かべる。水銀の入ったシャーレの縁に10円玉を置く。1日間、置いたが、中央へ動くことはなかった。

水銀は大変重たいか、強い粘りのため、10円玉が移動できないためと考えられた。

イ 実験③－2 おもちゃのコインを水面に浮かべた時の位置

おもちゃコイン	直径 (cm)	質量 (g)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	凸水面での位置
100 円	2.9	3.26	2.9	0.89	縁から離れたやや中央
500 円	3.8	4.25	4.66	0.91	縁に近い
10 円	2.5	3.25	3.2	1.1	縁に完全に付く
50 円	2.3	2.8	2.5	1.12	縁・あるいは縁の近く
キャップ	2.8	1.9	7.9	0.24	中央

おもちゃの100円玉は縁からやや離れた中央よりで止まる。500円玉はコップの縁に行く。10円玉、50円玉は縁にくっつくか、縁の近くに止まる。キャップは中央に止まる。

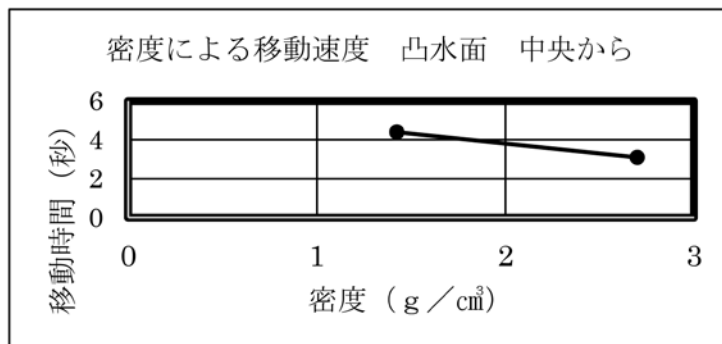
この結果は、中央に行くか、縁に行くかは密度の違いが関係していることを示している。つまり、密度が水よりも小さくなるにつれて、凸水面の場合はコップの縁から離れ、中央の方向に物体は動く。※ おもちゃのコインは全て、a b S樹脂であるが、密度が表のように異なる。

ウ 実験③－3 密度の違う物体は、水面での移動速度が変わるだろうか。

凸水面の場合

A コップ中央から縁へ進む動き

密度が水よりもはるかに大きい一円玉（密度 2.7）とPVC（密度 1.45）だけが縁へ向かって移動した。また、移動



速度は一円玉の方がPVCより速い。

このことから密度が大きいほど、水面を滑り落ちる速さが速いといえる。

B コップの縁から中央へ進む動き

動いたものはキャップ（密度 0.24）だけだった。かかった時間は 0.8 秒で大変速い。

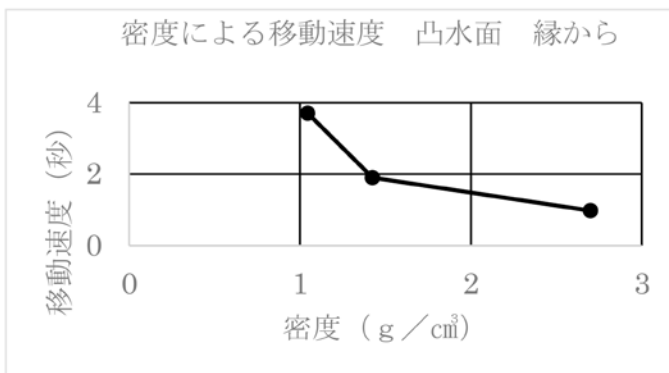
凹水面の場合

A コップの中央から縁へ進む動き

動いたものはキャップだけだった。密度が小さいほど移動速度が速い。

B コップの縁から中央への動き

PVC（密度 1.45）、PS（密度 1.05）、一円玉（密度 2.7）の3つが縁から中央へ移動した。密度が 1 よりも小さいものは動かない。また、密度が大きいほど中央の底へ落ちるスピードが速い。



エ 実験③-4 ペットボトルのキャップに水を入れ、密度を水と同じ 1 g/cm³に近づけた時のキャップの位置

A 凸水面 最高水位の時のコップの中央から縁への動き

水の量がキャップの容積 (7.8 cm³)、つまり、水の密度に近づくにつれ、キャップが縁に近づく。この結果は密度の違うプラスチックで実験したときの結果とも合っている。また、密度によって中央か縁かの位置が決まってくることを示している。

B 凹水面での、コップ縁から中央への動き

水の量がキャップ容積に近づくにつれて、縁から中央に移動する。

AとBの結果は、密度が小さい時には上にあつたキャップが、水が入り大きな密度になっていくと、凸水面でも凹水面でも下の位置に移動することを表している。

(4) 仮説④「コップ縁の水の斜面の存在と密度の違いによって斜面を上下する」に対する実験

ア 実験④-1 凸水面、最高水位から 2 ml ずつ水を減らした時の水面端の斜面の角度。

減水していくと、水面端の角度は小さくなっていく。

イ 実験④-2 凸水面、最高水位から水を 2 ml ずつ減らした時の一円玉、キャップの移動速度

減水し、水面端の角度が小さくなっていくと、1 円玉の縁に下がる運動もキャップの中央へ上がる運動も速度が遅くなる。完全に水面が水平になると、動かなくなる。

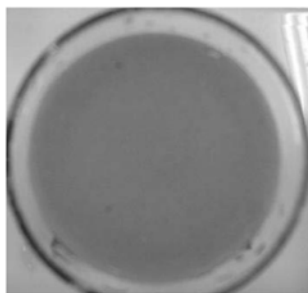
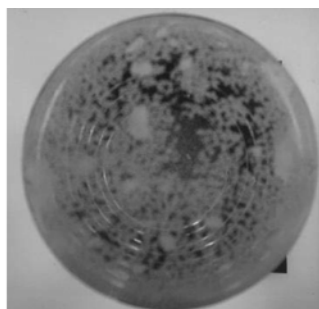
このことから一円玉もキャップも水面端（コップ縁）の斜面があることによって、上下の動きをしているといえる。

ウ 実験④-3 大きな物体は水面の中央、小さな物体は縁から少し離れた位置で止まる理由

キャップの直径が大きいほど、コップの縁から離れた所（つまり、凸水面の中央部）に行く。

このことは水面端の斜面の所で動きが生まれているという「イ 実験④-2」の結果と関係している。小さな物体は斜面を上がってしまうと、水面が水平（水平に近く）になるためにそれ以上動かないと考えられる。反対に大きい直径のものは、反対側からの斜面の影響によって、両側から力が受けて、大体中央の位置になる。

キャップや一円玉の水面での動きや位置は水面端の斜面の存在が原因である。このことをはっきりさせるために、水に浮く小片を水面にまいた。



水より密度の大きいアルミは凸水面ではコップの縁に集まり、凹水面では中央に集まっている。(左の写真参照)

反対に、水より密度の小さい発泡スチロールは逆の位置となっている。どちらも水面端の斜面の所を境に、上下の位置を取っていることがよく分かる。

これは、斜面の所で密度の違いによって、上下に移動していることを示している。

4 結論

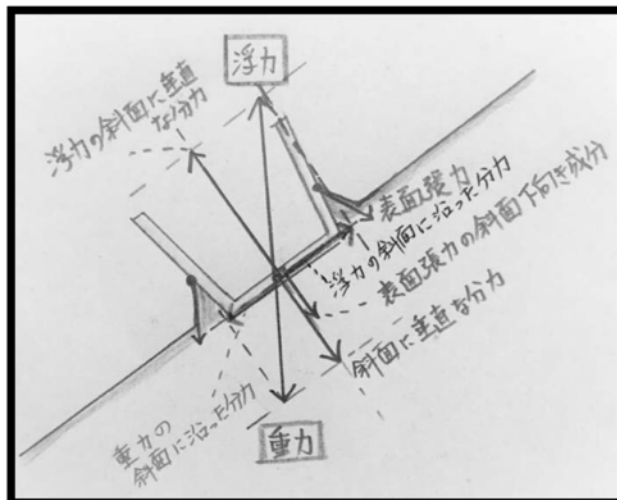
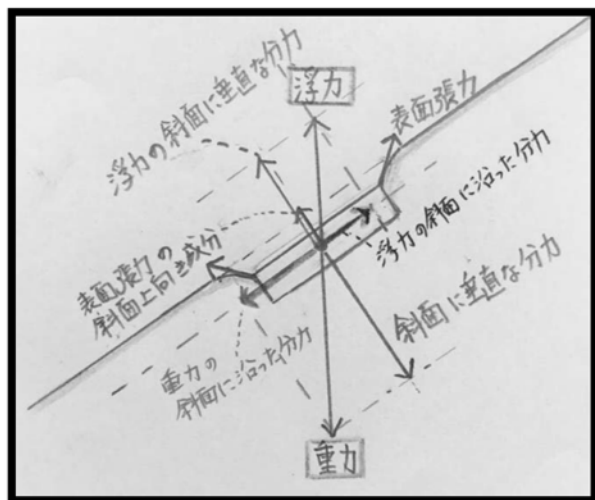
この研究から、分かったことを次にまとめる。

- (1) 水面にある一円玉とキャップが、それぞれコップの中央にくるか、縁にくるかは物体の重さでは決まらない。(仮説①の否定)
- (2) 水面に浮かんだ一円玉やキャップのまわりの水面の形によって左右の力が働くとする考えでは、凸水面凹水面の両方での動きが説明できない。(仮説②の否定)
- (3) 一円玉とキャップの水面の位置は密度とそれが関係した浮力が原因である。(仮説③の支持)
- (4) 一円玉とキャップが上下に移動する理由は水面端にできた斜面と物体の密度が原因である。(仮説④の支持)

これまでの実験結果から、水面端の斜面での一円玉とキャップに働く力を次に図示する。斜面に沿った上下方向の力の働き方からそれぞれの動きを説明する。

(一円玉が斜面にある時)

(ペットボトルキャップが斜面にある時)



一円玉に対して水面端の斜面で働く重力と浮力を比べると重力の方が大きい。表面張力は、水面に沿って上向きに働いている。表面張力の斜面に沿った分力は一円玉の両側で外に向いて働いている。両側でつり合っている。また、重力の斜面に垂直の分力と浮力の斜面に垂直の分力+張力の垂直の分力はつり合っている。そのため、一円玉は水面で止まっている。重力の斜面に沿った分力と浮力の分力を比べると、下向きの重力の分力の方が大きい。そのため、斜面に沿って下に動く。

キャップに働く浮力は重力よりも大きい。表面張力はキャップの下方向に働き、表面張力の斜面に沿ったキャップ両側の分力はつり合っている。浮力の斜面に対して垂直の分力と重力の垂直の分力+表面張力の下向きの分力がつり合っている。また、浮力の斜面に沿った上向きの分力は重力の斜面に沿った下向きの分力より大きい。そのため、キャップは斜面に沿って上に動く。

(参考文献 一円玉はなぜ水に浮くのか 千葉大学教育学部研究紀要 第53巻 p 345～349)