

水の中での しずくの動き

3年

実験日：7月22日木曜日

1. 実験のきっかけ

美術の授業で絵の具のついた筆を、筆洗いの中に入れたときに、織物がなびくように絵の具が広がっていくのを見て、きれいな水中の動きに興味を持ち、牛乳などの他の液体を入れたらどのような動きになって、液体でどのような違いが見られるのか、共通点はあるのか調べたくなったから。また、今年姉がスマホを持ち始めて iPhone に様々な機能があることを知り、その中にスローモーション機能があったので、スローモーション機能を使って水中の液体の動きを調べてみようと思ったから。

2. 実験の目的

牛乳などの液体のしずくが水中に落ちると、どのように形を変えて変化していくかを調べる。

3. 実験の内容

水の中の動きを調べる液体として、**醤油**、**牛乳**、**ごま油**を実験に使う

実験①：液体による違い（画像で考える）

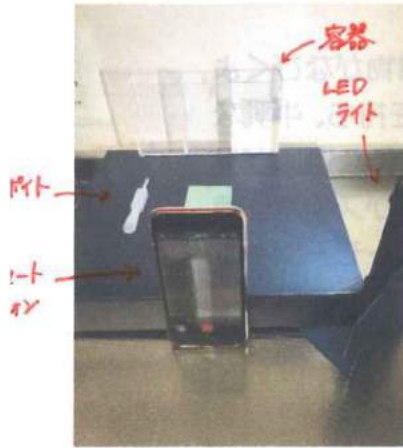
↓
同じ高さから水を入れた容器にスポイトを用いて、しずく（醤油、牛乳、ごま油）を落として、水に入った後の動き（深さ、広がり幅）を iPhone で写して比べる

実験②：しずくを落とす高さによる違い（グラフで考える）

↓
液体のしずくを落とす高さを 5cm と 10cm に設定し、水に入った後の動きの違い（深さ、広がり幅）を比べる

4. 実験の方法

(1) 実験装置



容器の一番上の端から高さ 5cm、10cm の所からスポットで一滴のしずくを落とし、動きを iPhone でスローモーション撮影をする。

※容器は 3 つに区切られているが、一番右の区画を使った。右にある LED ライトはしずくの後の動きを見えやすくするために設置した。

※(右図) 目盛りに書いてある 5 は「容器の下から 5cm」という意味であり、容器の上から読むと、4cmである。



(2) 実験で使うもの

- スマートフォン (iPhone)
- スポイト
- LED ライト
- 容器
- 定規
- 水
- 牛乳
- 醤油
- ごま油
- パソコン (Excel、ペイント他)

(3) 確認方法

- iPhone で撮影したスローモーションの画像で液体の動きを確認する
- 画像でのしずくの端の座標を読み取り、幅と深さをグラフにする

(4) 測り方

画像の中のしずくの左端 x 座標と右端 x 座標から幅 (画素数) を計算し、水面の位置としずくの位置の y 座標から深さ (画素数) を計算した。画像の中の目盛りと画素数から、長さ と画素数の関係を計算し、幅や深さを cm 単位にした。計算やグラフの作成、コマ毎の画像の整理には表計算ソフト (Excel) を使用した。

(5) 補足～スローモーション動画について～

- 普通のビデオは 1 秒に 30 コマ (フレーム) の画像を撮ることで動画にしている (30 Fps と表す。Fps はフレーム毎秒で、1 秒毎のコマ数の単位)
- スローモーション動画は 1 秒に 240 コマの画像を撮る (240Fps) ので、

1 コマ毎に小さな動きを確認することが出来る
(1 コマの間隔は $1/240$ 秒=0.00427 秒)
※今回の実際のスローモーション動画では 233~235Fps だった

5. 実験の予想

実験①：液体による違い

→醤油、牛乳はしずくの形は殆ど、同じ変化をすると思う。理由はどちらもさらさらの液体だから。ごま油は水よりも密度が小さく、水に溶けないので上からしずくを落としても、下には広がらず、浮いていると思う。

実験②：しずくを落とす高さによる違い

→しずくを落とす高さが高いほど、しずくが水の中に入るときに受ける刺激が大きくなるので、水中での幅や深さの変化は大きくなると思う。(深さも広がり幅も値が大きくなる)

6. 実験の結果(実験①:スローモーション画像による比較)

(1)まずは醤油(上から5cm)の画像でしずくの動きを理解する

※しずくが水面に入ったときを0フレーム(0秒)として10フレーム毎の画像を表に示した。(ページ5にも拡大して示した)

フレーム番号	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
時間(秒)	0.000	0.043	0.086	0.129	0.172	0.215	0.257	0.300	0.343	0.386
フレーム番号	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
時間(秒)	0.429	0.472	0.514	0.557	0.600	0.643	0.686	0.729	0.772	0.815

(分かったこと)

- 水面に落ちた瞬間、しずくは上に跳ね返る分(①)と、下に流れる分(②)に別れる。
- 先頭のしずくは下に流れると、リングのような輪っか(③)を作った。
- フレーム番号30で先頭のしずく(リング状)の後ろ(画像では上)に渦を巻いたような部分(④)ができており、フレーム番号70~100で、**リングの中を通過していった**ことが分かる。
- 水に入った後、しずくはだいたい次の**3つの塊**に別れていた。
(a)先頭の部分(リング状) (b)渦を巻いた部分 (c)上に跳ねて落ちてきた部分

では醤油、牛乳、ごま油で比べるとどうなるのだろうか?



















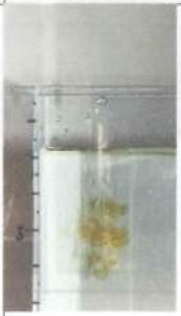

(2)液体による比較(醤油、牛乳、ごま油)

ページ5: 醤油 5cm (フレーム番号0~190)

ページ6: 牛乳 5cm (フレーム番号0~190)

ページ7: ごま油 5cm (フレーム番号0~19)





















醤油 5cm

フレーム番号	0	10	20	30	40
時間 (秒)	0.000	0.043	0.086	0.129	0.172
画像					
フレーム番号	50	60	70	80	90
時間 (秒)	0.215	0.257	0.300	0.343	0.386
画像					
フレーム番号	100	110	120	130	140
時間 (秒)	0.4291	0.4720	0.5149	0.5578	0.6008
画像					
フレーム番号	150	160	170	180	190
時間 (秒)	0.6437	0.6866	0.7295	0.7724	0.8153
画像					

牛乳 5cm

フレーム番号	0	10	20	30	40
時間 (秒)	0.0000	0.0426	0.0853	0.1279	0.1706
画像					
フレーム番号	50	60	70	80	90
時間 (秒)	0.2132	0.2559	0.2985	0.3412	0.3838
画像					
フレーム番号	100	110	120	130	140
時間 (秒)	0.4265	0.4691	0.5118	0.5544	0.5971
画像					
フレーム番号	150	160	170	180	190
時間 (秒)	0.6397	0.6824	0.7250	0.7677	0.8103
画像					

ごま油 5cm

フレーム番号	0	1	2	3	4
時間 (秒)	0.0000	0.0043	0.0086	0.0129	0.0172
画像					
フレーム番号	5	6	7	8	9
時間 (秒)	0.0215	0.0258	0.0301	0.0344	0.0387
画像					
フレーム番号	10	11	12	13	14
時間 (秒)	0.0430	0.0473	0.0515	0.0558	0.0601
画像					
フレーム番号	15	16	17	18	19
時間 (秒)	0.0644	0.0687	0.0730	0.0773	0.0816
画像					

(分かったこと)

- ごま油は密度が約 0.92 g/cm^3 で、水よりも小さい。また、水と混ざらないので、水に浮いた。(しずくを 10cm 上から落としたときも同じだった)

• 醤油はしずくが水の中で **3つの塊** に別れた。(Aページに記入)

(a) 先頭の部分 (リング状) (b) 渦を巻いた部分 (c) 上に跳ねて落ちてきた部分

- 牛乳は、最終的にしずくが移動した後の軌跡のような細い部分と下の大きな部分に分かれていた。

• 醤油 5cm でできたリングのように、牛乳 5cm でもフレーム番号 40 で小さいリング(⑤)が出来ていて、フレーム番号 60 で後からきたしずくがリングの中を通った(⑥)。(Aページに記入)

では、線で囲んだ部分は 10cm の場合でもありえるのだろうか？

2.高さによる比較（醤油、牛乳：5cm、10cm）※フレーム番号0～90

醤油 5cm

フレーム番号	0	10	20	30	40
時間 (秒)	0.000	0.043	0.086	0.129	0.172
画像					
フレーム番号	50	60	70	80	90
時間 (秒)	0.215	0.257	0.300	0.343	0.386
画像					

醤油 10cm

フレーム番号	0	10	20	30	40
時間 (秒)	0.0000	0.0424	0.0849	0.1273	0.1697
画像					
フレーム番号	50	60	70	80	90
時間 (秒)	0.2122	0.2546	0.2970	0.3395	0.3819
画像					

牛乳 5cm

フレーム番号	0	10	20	30	40
時間 (秒)	0.0000	0.0426	0.0853	0.1279	0.1706
画像					
フレーム番号	50	60	70	80	90
時間 (秒)	0.2132	0.2559	0.2985	0.3412	0.3838
画像					

牛乳 10cm

フレーム番号	0	10	20	30	40
時間 (秒)	0.0000	0.0428	0.0856	0.1283	0.1711
画像					
フレーム番号	50	60	70	80	90
時間 (秒)	0.2139	0.2567	0.2995	0.3422	0.3850
画像					

(分かったこと)

10cmでのしずくの別れかたは？

醤油 10cm のときも、最終的には 3 つの塊に別れていた。(⑦~⑨) 牛乳 10cm のときもリングを含んでいる(⑩)が、しずくの細い軌跡の部分と大きな塊の部分に分かれていた(⑪,⑫)しかし、牛乳 5cm とは軌跡と塊の順番が逆だった。

ページ 9 に記入
↓

↓
ページ 10 に記入

すべてでリングができていた？

醤油 5、10cm、牛乳 5、10cm の 4 つすべてリングが出来ていた。

(醤油 10cm ではリングが見えにくいですが、撮影した動画で見るとリングが出来ていた)

7. 実験①で分かったこと(まとめ)

- 醤油はだいたい 3 つの塊に別れ、牛乳は細い軌跡の部分と大きな塊の部分の 2 つに別れた
- ごま油は水とは混ざらず水に溶けないので、浮くだけで醤油や牛乳とはしずくの動きが違う
- 液体の種類や、しずくを落とす高さを変えても、しずくを水の中に落とすと、**リング状のものができて後から来たしずくがリングの中を通る**

8. 実験①の考察

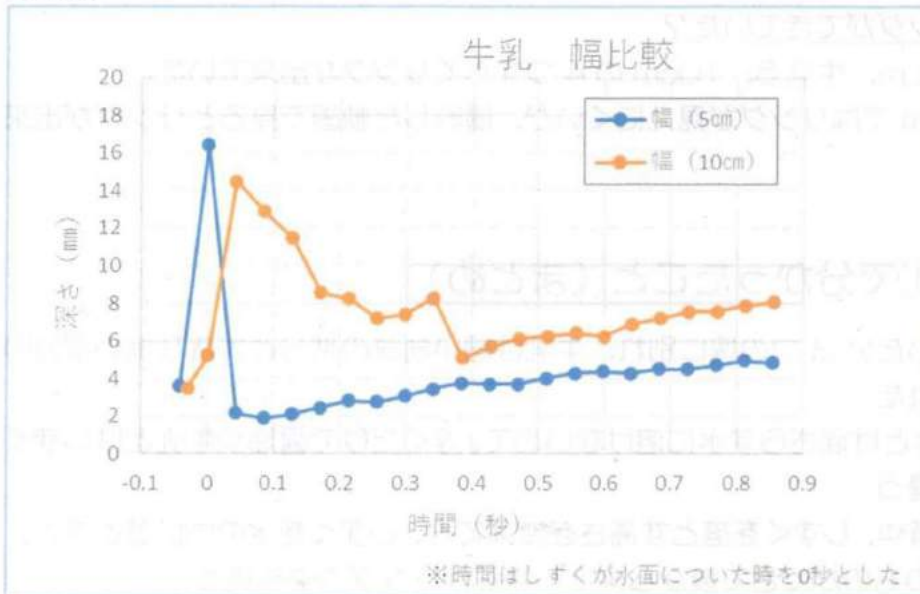
- 醤油はだいたい 3 つの塊に別れ、牛乳は細い軌跡の部分と大きな塊の部分の 2 つに別れた。このことから、「どの液体が〇つの塊に別れる」とまでは言い切れないが、**液体の種類によって、水の中でのしずくの動きなどが決まっているのではないかと考えた。**
- 液体の種類や、しずくを落とす高さを変えても、しずくを水の中に落とすと、**リング状のものができて後から来たしずくがリングの中を通る**様子が確認できた。(牛乳 10cm はリングの動きが速く、下にいったが、長い時間撮影すれば後から来たしずくがリングの中を通るところが撮影できたのではないかと予想した)これはこれらの液体だけでなく、ポン酢や砂糖水、フルーツジュースなど、ごま油などの油分を含む液体を除くすべての液体でリングができて、後から来たしずくがリングの中を通るのではないかと考えた。

9. 実験の結果（実験②：グラフによる比較）

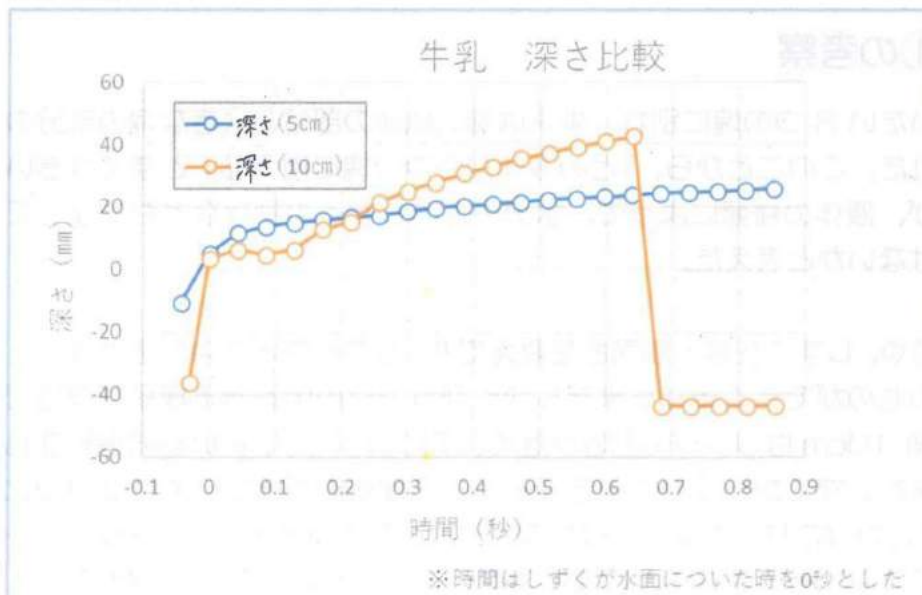
実験②では牛乳の5 cmと10 cmをグラフで比較する。グラフは前ページに載せているスローモーションの画像を使った。x座標とy座標で幅と深さを表計算ツール(Excel)で計算し、しずくを落とす高さによる違いをグラフで比較した。

<幅、深さそれぞれのグラフ>

幅比較



深さ比較



(分かったこと)

幅の共通点

- 5 cmのときも 10 cmのときも、しずくが水面に落ちた瞬間、水面上に広がり急激にしずくの幅が大きくなり、水の中に沈んでいくときにはしずくの幅が小さくなる。そしてまた少しずつ、しずくの幅が大きくなっていく。

幅の相違点

- 5 cmの方が 10 cmよりも、一回幅が大きくなった後、小さくなっていく動きが速い。
- はじめ幅が大きくなったときは、5 cmの方が幅が大きかったが、小さくなってまた少しずつしずくの幅が大きくなるときは、10 cmの方が幅の大きさがおおきかった。

深さの共通点

- どちらもだんだん深くなっていて、深さの変化の仕方は似ていた。

深さの相違点

- 10 cmの方が深さが大きい。

※深さ比較のグラフで 10 cmの方の最後の部分が変化していないのは、一番下端の y 座標として記録していたリング状のものが撮影範囲を出ていったから。

10. 実験②の考察

- どちらの高さからしずくを落としても、
①幅がいきなり大きくなる→②小さくなる→③少しずつ大きくなる
という順序だったので、牛乳だけでなく他の液体（油分を含む液体を除いて）もこのような順序になると考えた。
- しずくを落とす高さが 10 cmの方が、幅も深さも大きくなったことから、どの液体も、しずくを落とす高さが高いほど、幅や深さが大きくなると思った。
- 幅比較の方で、10 cmの方が最初の幅が大きくなるところが 5 cm よりも小さかった。それは 10 cmの方がしずくを落とす高さが高いため、速さが速くなり、水の中に入った後、まずは下の方にいこうとするから幅が 5 cm のときよりも少し小さくなっているのではないかと考えた。

- 一番下端の y 座標として記録していたリング状のものが撮影範囲を出ていったため、深さ比較のグラフで 10 cm の最後の部分が変化していなかったが、撮影できていたら、グラフ p 12 に書き足しているようになっていたと考えた。

11. 実験の反省

今回、醤油と牛乳とごま油の 3 つの液体を主に使った。醤油は色が茶色なので、水の中での変化が分かりやすかったが、牛乳とごま油は色が薄いため、水の中での変化の様子が分かりにくかった。牛乳では、食紅などを加えて色を付けて変化の様子が分かりやすくすれば良かったと思った。ごま油は、他のものとは混ざらないので、色を付けることができないが、しずくを落とす水に色を付けることはできたと思った。このように予想しながら実験を進めていくことを次からは心掛けていきたい。

12. 実験で工夫したこと

ペイントというアプリを使って、しずくの端にカーソルを当てて座標を出し、それを表計算ソフト (Excel) に記入して、幅と深さを自動的に計算できるように表を作ったこと。ペイントと Excel を有効活用したことで、自分で座標を使って計算する必要がなくなり、数値を出す手間を省くことができたため、効率よく研究することができた。

13. 実験の感想

今回の実験は、自分が気になっていたことを研究したので、とても楽しく取り組むことができた。父に Excel の使い方を教えてもらい、何度も質問しながら自分でグラフや表を完成させることができた。小学生の時から、自由研究で表計算ソフトの Excel を使っていたが、今回が一番複雑だった。表に座標を入力して、それがグラフ上でどんどん形になっていくところがとても興味深かった。今回の研究をしたことで、しずくを水に落とすときの広がり方を詳しく知ることができた。今回使った液体以外の液体で、しずくを落とすあと水の中でリング状のものができたり、高さによって幅や深さが変わるのかを確認してみたい。