

# 家庭でも作成できる透明骨格標本の作り方

群馬県立前橋女子高校 王 佳妮 矢田 梨々香

## 1. 研究の背景と目的

骨格透明標本とは、標本が活着している時の状態のまま骨格を観察できる標本である。しかし、作成には有害な薬品や高価な実験器具を多用する。そこで、家庭でもできる骨格透明標本の作製方法について研究することにした。



## 2. 仮説

安全性の高い薬品を使用すると、薬品の扱いが容易になるため、より簡単に標本を作製することができる。

## 3. 実験の方法

一般的に用いられている骨格透明標本の作成方法の中から、危険な薬品や高価な実験器具を使用する過程を安全で簡単な方法に代替して実験を行った。

### 【一般的な骨格透明標本の作成手順】

1. 固定-1日 [ホルマリン]
2. 水分除去-1日 [55%エタノール]
3. 水分除去-1日 [99.5%エタノール]
4. たんぱく質分解-1日 [KOH1%]
5. 染色-30分 [KOH1%+アリザリンレッド]
6. 脱色-3日 [KOH1%]
7. 透明化-2日 [グリセリン90%1:KOH1%3]
8. 透明化-2日 [グリセリン90%1:KOH1%1]
9. 透明化-2日 [グリセリン90%3:KOH1%1]
10. 保存 [グリセリン+チモール]

※成功の定義は、予備実験で使用した、富士フィルムが販売しているキットと同じくらい骨格を観察できるものとした。



## 4. 結果・考察

### [1] 固定液を変更する

#### ホルマリンの代用品を探す

#### <99.5%エタノール>

安全性○ 値段○ 手軽さ○ 再現度◎

・十分に代用が可能であった。固定と脱水が一度にできるため、作業の短縮につながった。



エタノール

・ホルマリンでは保存中に試料の黄変が見られたが、エタノールを使用した場合にはそれが見られなかった。

→固定のメカニズムがホルマリンと異なるため。

### [2] 染色液を変更する

#### アリザリンレッドの代用品を探す

[1]でホルマリンの代用に成功したため、エタノールとホルマリンそれぞれで実験を行った。染色剤の溶媒には0.1%NaOH水溶液を使用した。

#### <クリサジン>

安全性△ 値段× 手軽さ× 再現度◎

アリザリンレッドと同じように使用できる。

しかし、値段や安全性の面から、家庭で骨格透明標本を作成する際には適していないと考えられる。



クリサジン

### <サフラニン・酢酸オルセイン・食紅>

安全性○ 値段○ 手軽さ× 再現度×

[サフラニン、酢酸オルセイン]

試料が染まりすぎてしまい、骨格が観察できない。  
→細胞の核が染まってしまっている。



サフラニン



酢酸オルセイン

[食紅]

試料が染まらない。  
→たんぱく質を染める作用がないと考えられる。



食紅

サフラニン、酢酸オルセイン、食紅のいずれにおいても濃度変化による違いはなかった。骨格を染色するには、特定の化学構造が必要だと考えられる。

### [3]脱色液を変更する

1%KOH水溶液の代用品を探す

<0.1%NaOH水溶液>

安全性△ 値段△ 手軽さ○ 再現度○



0.1%NaOH水溶液

十分に代用が可能であった。KOHと同じ1%では濃度が高すぎて、タンパク質がとけてしまった。  
→NaOHはKOHよりもタンパク質を溶かす作用が高いと考えられる。

しかし、NaOHも強塩基であるため、安全な薬品とはいえない。

### <飽和 NaHCO<sub>3</sub> 水溶液>

安全性◎ 値段◎ 手軽さ○ 再現度○

KOH水溶液と比べ脱色期間の調整が難しい。

→弱塩基であるため、反応に時間がかかる・差が出やすいと考えられる。



飽和 NaHCO<sub>3</sub> 水溶液

### [4]保存方法を変更する

グリセリン+チモールの代用品を探す

<レジン>

安全性○ 値段△ 手軽さ○ 再現度○

きれいに樹脂封入することができた。

→外気と接しない状態に保てるため腐敗しにくく、レジンで保存可能だと考えられる。

しかし、標本全体を固めるにはかなりの量のレジンが必要になる。



レジン

## 5. 結論

透明骨格標本作成手順のほとんどにおいて、高価で危険な薬品を用いずとも代用できる。しかし、染色剤は身近で安価な薬品での代用は難しい。

## 6. 参考文献

- ・透明骨格標本作成キット 1キット(ヒメダカ4匹用) 富士フィルム 和光純薬株式会社
- ・ゆめいろ骨格堂
- ・グリセリン浸透法による生物標本の作成

愛知県立中山高等学校 小野榮子

# 家庭でも作製できる透明骨格標本の作り方

氏名：王 佳妮 矢田 梨々香  
学校名：群馬県立前橋女子高校

## 1. 研究の概要

この研究の目的は、従来の方法より簡易で安全な透明骨格標本の作製方法を見つけ、体系化することである。実験の結果、従来の方法のうち、「固定、脱水、脱色、透明化、保存」の工程においては、危険な薬品や高価な実験器具の使用を大幅に削減することに成功した。しかし、「染色」の工程における染色剤だけは目的を満たす代替品の発見に至らなかった。最終的には、染色剤を除き、薬局で簡単に購入できる薬品で各工程を完全に置換することが可能になった。

今後は、より安価な染色剤を探すとともに、透明骨格標本を誰でも作れるほど簡単で安全な方法を確立させていきたい。

## 2. 問題提起、研究目的

生物の骨に強い興味があり、個人でもできて魅力的な実験について調べたところ、透明骨格標本というものを知った。透明骨格透明標本は、標本に軟組織を透明化し骨格周辺に残すことで、生きていたときの骨格配置のまま観察することが可能な骨格標本である。また、標本作製過程では様々な薬品のはたらきを学ぶことができ、インテリアとして販売されているなど、見ていて楽しい骨格標本である。しかし、作製方法について調べてみると、監督者がいないと使用できないような危険な薬品や高価な薬品、実験器具を使用する過程が多く、とても素人が過程で作成することができないと判明した。だが、工夫次第で監督者が必要な薬品などを使用しなくても透明骨格標本作製することが可能なのでは、と考えた。そこで、私達はより安全で安価に透明骨格標本作製する手法を確立し、実験施設を利用しなくても、より多くの人々が透明骨格標本づくりを楽しめるようにしたいと考えた。

研究の目標としては、透明骨格標本を中学生が夏休みに自由研究で作製することが可能なほどに安全で簡単に作製する方法を確立することである。このように設定した理由としては、作製期間を二週間程度にしたいのと、高校以上の専門的な知識がなくても工程を理解し標本作製することを可能にしたかったからである。

## 3. 研究方法

参考文献に関しては、関係のある場所ごとに<sup>(1)</sup>のように示した。

ゆめいろ骨格堂<sup>(1)</sup>のホームページに記載されている透明骨格標本の作製の仕方

「1.固定、2.水分除去、3.タンパク質分解、4.染色、5.脱色、6.透明化、7.保存」を基本とした。

## <従来の方法><sup>(1)</sup>

- 1.固定-1日（ホルマリンに漬ける）
- 2.水分除去-2日（無水エタノールに漬ける）  
\*水分除去1日目は無水エタノールを2倍希釈したものを使用する。
- 3.タンパク質分解-1日（1%KOH水溶液に漬ける）
- 4.染色-30分（1%KOH水溶液100ml+アリザリンレッドs 0.02gに漬ける）
- 5.脱色-3日（1%KOH水溶液に漬ける）
- 6.透明化-6日（グリセリンと1%KOH水溶液を混ぜたものに漬ける）  
\*2日ごとにグリセリンの濃度を上げた溶液に交換する。
- 7.保存（グリセリン+チモールの液体に漬けて、瓶詰めする）

この中で、家庭で扱うことが危険な薬品、高価な薬品、機材などを使用する過程をについて検討し、置き換えることができないか実験を行った。試料には主に小アジを使用した。実験は各工程の薬品を代替する形でおこなった。この実験は数値化が困難で、対照実験を安定して執り行うのが困難であるため、この方法を使用した。また、代替する薬品の「安全で安価」の基準の一つとして、「薬局で購入可能」と定義した。

### (1) 固定・水分除去 [ホルマリンの代替の検討]

ここでは“<従来の方法>1.固定、2.水分除去”について検討した。

固定の過程において使用するホルマリンは国が劇物として指定しており、家庭では入手が困難であるため代替方法を探求することにした。

この工程では次の2つのことを目的に行われる。

- 細胞間に架橋反応を起こし、その後の工程で試料が身崩れを起こさないようにする。
- 試料内の水分を取り除く。

<sup>(4)</sup>の参考文献よりエタノールもホルマリンと仕組みは異なるが、固定作用がある。そこで、無水エタノールのみで、試料を固定・水分除去できるかについて調べた。

## [方法]

容器に皮を取り除いた試料を入れ、ホルマリンの代替として、無水エタノールを試料が完全に漬かるまで入れ、1日漬けて試料を固定・水分除去する。

”3.タンパク質分解 4.染色 5.脱色 6.透明化”これらについては、従来の方法と同様に行った。

その後グリセリン100mlにチモールを1~2滴加えた溶液と試料を瓶詰めし、保存する。

### (2) タンパク質分解・脱色 [1%KOH水溶液の代替の検討]

ここでは、“<従来の方法>3.タンパク質の分解、4.染色、5.脱色”について検討した。

タンパク質分解の工程は、染色をしやすくするために、試料の余分なタンパク質を除去す

るために行う。また、脱色の工程では、試料に付着した余分な色素を取り除くために行う<sup>(1)</sup>。

ここで使用される水酸化カリウム水溶液は、家庭で入手しにくく、さらに強塩基性であるため危険な試薬である。そのため、この試薬の代替の検討を行った。

NaOH 水溶液、NaHCO<sub>3</sub> 水溶液を 1%KOH 水溶液の代わりとして使用できるかを調べた。NaOH 水溶液は苛性ソーダとして購入でき、KOH 水溶液と同じ強塩基である。NaHCO<sub>3</sub> 水溶液は重曹としてより安価で購入でき、弱塩基で KOH 水溶液や NaOH 水溶液に比べるとはるかに安全である。

- 1 試料に無水エタノールを使用して固定・水分除去を行った。その後、1%NaOH 水溶液、0.1%NaOH 水溶液、溶け残るまで NaHCO<sub>3</sub> を混ぜた飽和 NaHCO<sub>3</sub> 水溶液でそれぞれ 1 日、タンパク質分解をする。各溶液は試料が漬かる程度入れるものとする。1% NaOH 水溶液はこの時点で試料が溶けてしまったため、以降の作業は行っていない。そして、アリザリンレッド s 0.02g の溶媒として再び、0.1%NaOH 水溶液、飽和 NaHCO<sub>3</sub> 水溶液それぞれ 100ml を使用し、染色する。そして 0.1%NaOH 水溶液、飽和 NaHCO<sub>3</sub> 水溶液に再び試料を完全に浸し、脱色する。”<従来の方法>6.脱色 7.保存”については従来と同様に行った。
- 2 飽和 NaHCO<sub>3</sub> 水溶液の適切な脱色期間を調べた。①と同様に“固定、水分除去、タンパク質分解、染色”を行う。その後、脱色期間を 1 日、2 日、3 日、5 日、7 日、12 日、14 日、21 日、28 日に設定し、飽和 NaHCO<sub>3</sub> 水溶液に試料を漬けた。その後“透明化、保存”については①と同様に行う。

### (3) 染色 [アリザリンレッド s の代替の検討]

<1>この工程では、硬骨を染めるために行う。<sup>(1)</sup>アリザリンレッド s の代替として、まず生物の授業でよく知られているサフラニン、酢酸オルセインをアリザリンレッド s の代替として使用可能か調べるために以下の実験を行った。

#### [方法]

無水エタノールで固定・水分除去を行い、“3.タンパク質分解”は従来と同じように行い、原液、2 倍希釈、10 倍希釈にしたサフラニンと酢酸オルセインで試料を完全に浸し、染色する。その後、“5.脱水 6.透明化 7.保存”については従来と同様に行った。

<2><1>でサフラニンと酢酸オルセインがアリザリンレッド s の代替と使用できないことが分かったため、アリザリンレッド s と化学構造が似ているものを独自で調べ<sup>(5)</sup>、クリサジン、キニザリン、アントラルフィン、ヒドロキシアントラキノンをアリザリンレッド s の代替として使用可能を調べるために以下の実験を行った。

## [方法]

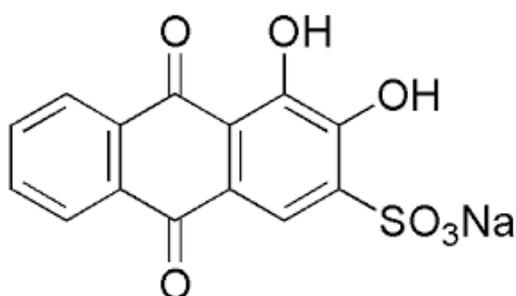
①骨を染める作用があるかを調べるために、まず試料を三枚おろしにし、骨を露出させる。そして、骨を露出させた試料を直接 0.1%NaOH 水溶液にそれぞれの物質を 0.02g 溶かした混合液に完全に浸す。

ここで、クリサジン、キニザリン、アントラルフィンのみ骨を染める作用があることが判明したため、この 3 つを用いて以下の実験を行った。

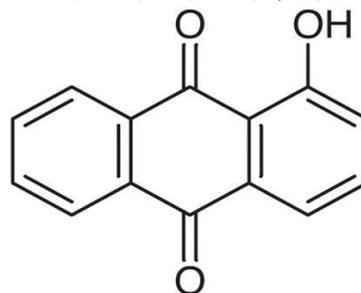
②無水エタノールで試料を固定・水分除去し、(2)と同様に、0.1%NaOH 水溶液でタンパク質分解を行い、0.1%NaOH 水溶液 100ml に各物質を 0.02g 溶かし、染色する。その後、脱色し、透明化を行い保存する。

\*以下はそれぞれ調べた中<sup>(5)</sup>で出てきた化学構造式である。この 5 つの物質はすべてヒドロキシアントラキノンと同じ構造を持つ部分があるため、この 5 つで比較してみた。

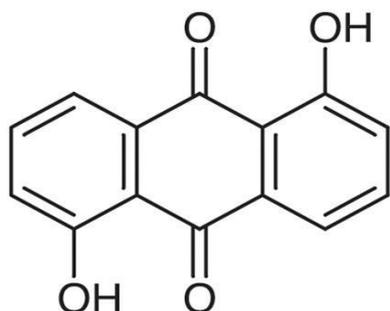
アリザリンレッド s



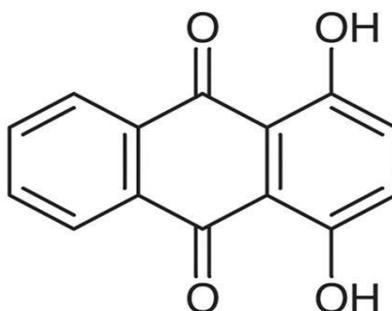
ヒドロキシアントラキノン



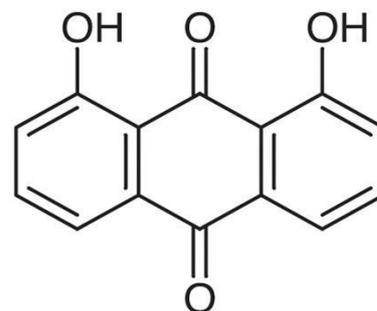
アントラルフィン



キニザリン



クリサジン



## (4) 保存 [保存方法の代替の検討]

保存に使用するチモールという薬品は、目や皮膚に重篤な刺激性を持っており、家庭で使用するには危険である。

(6)の参考文献をもとにレジンを使用して作製できるかを調べるために以下の作業を行った。

#### [方法]

試料が入る大きさのシリコン容器にレジンを 1mm の厚みで、全体的に入れ、硬化する。その後、その上に試料をのせ、10 滴ほど入れ硬化し、試料が完全にレジンで埋まるまでこの作業を繰り返す。この際、レジンの温度が上がりすぎないように、注意する。レジンが熱くなっていたら、冷めるまで放置してから、作業を開始する。

#### (5) 全体を通した手法の検討

以上の実験から、代用できると判明した方法、薬品を用いて、作製できるか検討する。

#### [方法]

- 1 無水エタノールで 1 日試料を固定する。
- 2 飽和  $\text{NaHCO}_3$  水溶液に一日漬け、タンパク質分解を行う。
- 3 アリザリンレッド s 0.02 g を飽和  $\text{NaHCO}_3$  水溶液 100ml に溶かし、その溶液に一晩漬ける。
- 4 飽和  $\text{NaHCO}_3$  水溶液に 14 日漬け、脱色を行う。
- 5 グリセリンと飽和  $\text{NaHCO}_3$  水溶液の混合液に 6 日漬ける。  
(最初の 2 日は 1 : 3、その後の 2 日は 1 : 1、最後の 2 日は 3 : 1 の割合になるように混合液を作成する。)
- 6 レジンをを用いて保存する。

## 4. 結果

今回の実験では、富士フィルムが販売している<sup>(2)</sup>透明標本作製キットを用いて作製した透明骨格標本と同程度のものができたところを成功とした。

#### (1) 固定・水分除去 [ホルマリンの代替の検討]

無水エタノールでも十分固定ができ、問題なくその後の作業を進めることができた。

しかし、30℃を超える気温で作製すると、以降の処理においてタンパク質が必要以上に分解され適さない。しかし、無水エタノールを使用する利点として、完成した透明骨格標本を比べると、ホルマリンで作製したものには試料が黄変してしまうのが見られたが、エタノールで作製したものには見られなかった。そのため、ホルマリンよりも透明度が高いものを作製する事が可能であった。また、無水エタノールは脱水も一度に行うことができるため、作業の短縮ができた。

↓ホルマリンで固定した試料(黄変)



↓エタノールで固定した試料



## (2) [1%KOH 水溶液の代替]

以下は1%KOH 水溶液の代用として、0.1%NaOH 水溶液、飽和 NaHCO<sub>3</sub>水溶液を用いて作製した際の pH と必要な脱色期間を表にまとめたものである。

使用薬品	脱色期間	PH
1 %KOH 水溶液	3 日	13.0
0.1%NaOH 水溶液	3 日	12.7
飽和 NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	14 日	8.0

NaOH 水溶液：1%KOH 水溶液と同じように使用することができた。1%だと濃度が高すぎて試料が溶けてしまうため、0.1%まで濃度を下げる必要があった。完成したものを比べても特に差はなかった。

1%KOH 水溶液と 0.1%NaOH 水溶液の pH を測定したところ、1%KOH 水溶液は pH13.0 で、0.1%NaOH 水溶液は pH12.7 であった。両者とも pH に大きな差がないため、このような結果になったと考えられる。苛性ソーダとして売られているため、KOH よりは手に入れやすいと考えたが、いずれも強塩基性であるため安全とは言い難い。

NaHCO<sub>3</sub> 水溶液：飽和濃度で十分代用できた。その他の濃度については実験を行っていないため分からない。飽和にした理由は、濃度を測定する手間が省けるからである。KOH 水溶液と比べ、方法 (2) ②の実験から、14 日間未満の脱色期間では思うように脱色されず、14 日以上脱色期間を延ばしても大きな変化や利点は得られなかった。よって、脱色期間は 14 日間が適切であった。内臓や筋肉が多い部分の透明度が低かった。

以下の表は脱色期間をそれぞれ設定した日数漬け、保存まで作業を進めてから観察したものである。

脱色期間	備考
1日	うっすらと骨を観察できるが、標本として不十分
2日	1日と同様
3日	1日と同様
4日	1日と同様
5日	尾の付近の透明度が上がり、内側の骨が観察しやすくなった。
7日	背骨も観察できるようになってきたが透明になりきっていない。
12日	7日と比べ、より透明度が上がった。
14日	透明度が上がり、標本として十分作製できた
21日	14日と比べ大きな差はなかった。
28日	14日と同様大きな変化はなかった。

↓1日（脱色期間）



↓5日（脱色期間）



↓7日（脱色期間）



↓14日（脱色期間）



(3) [アリザリンレッドsの代替]

酢酸オルセイン・サフラニン：いずれの濃度でも染まりすぎてしまい、骨格を全く観察できなかった。代用品として使用できない。

※以降より表示する写真はすべて脱色を終えた段階の試料である。

↓酢酸オルセインで染色した試料



↓サフラニンで染色した試料



キニザリン・アントラルフィン：骨を直接漬けて色がついた。しかし、標本として作製した際、脱色をすることができず、骨格を観察するに至らなかった。

↓キニザリンで染色した試料



↓アントラルフィンで染色した試料



ヒドロキシアントラキノン：骨を直接染色剤に漬けても色がつかなかった。試料に全く浸透していなかった。

↓ヒドロキシアントラキノンで染色した試料



クリサジン：骨を直接漬けて色がついた。標本として作製した際にもアリザリンレッドsと同様に作製することができた。また、完成したものを見比べると、アリザリンレッドsよりも赤い色味で染まった。

↓クリサジンで染色した試料



#### (4) 保存の代替

レジンを一度に硬化すると、標本が白濁してしまう。また、標本そのものが折れ曲がり、本来の標本の骨格配置では無くなってしまふ。レジン为数滴ずつ硬化するのを繰り返して樹脂封入することで、そのような問題は解決することができた。

瓶のように割れる危険性がなく、手にとって様々な角度で観察できる。手間がかかってしまふが、この保存方法は骨格を観察するのに非常に有効だと考えた。

腐敗については、はっきりと言えないが、少なくとも室温に放置して2年経ったものはまだ腐敗、劣化等の問題は確認されていない。

#### (5) 全体を通した手法の検討

十分に作製することが可能であった。

従来の方より時間はかかってしまふが、20,000円<sup>(2)</sup>ほどするところを5,000円ほどにコストを抑えることができ、安全性も家庭で作製するには十分安全といえるほど高めることができた。

↓全体を通して確立した手法によって作製した標本(透明化段階)



以下の表は今回の実験で代替したものを×、△、○、◎の四段階で評価したものである。なお、評価の基準は、従来の方法と比べ、代替したものを使用することで、  
 ×：悪化した、△：大きな変化がない、○：改善した、◎：非常によく改善した  
 ということを表す。

操作	本来の薬品	変更した薬品	安全性	値段	手軽さ	再現度
固定	ホルマリン 10 倍希釈	無水エタノール	○	○	○	◎
タンパク質分解	1%KOH 水溶液	0.1%NaOH 水溶液	△	△	○	◎
脱色		飽和 NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	◎	◎	○	△
染色	アリザリンレッド s	サフラニン・酢酸オルセイン	○	○	×	×
		クリサジン 0.02g	△	×	×	○
		キニザリン・アントラルフィン ヒドロキシアントラキノン 0.02g	△	△	×	×
保存	グリセリン+チモール	レジン	○	△	○	○

## 5. 考察

### (1) 固定・水分除去 [ホルマリンの代替の検討]

ホルマリンの代わりに無水エタノールを代用した際、試料の黄変が見られなかったのは、<sup>4)</sup>よりホルマリンは細胞間に架橋反応を起こして固定するが、無水エタノールはタンパク質を沈殿させて固定をするため、固定のメカニズムの違いから、このような違いが見られると考えられる。

また 30℃を超える気温で作製に適さないのは、無水エタノールはホルマリンよりも固定能力が劣るためだと考えられる。

## (2) [1%KOH 水溶液の代替]

NaOH 水溶液：1%KOH 水溶液と 0.1%NaOH 水溶液の pH を測定したところ、1%KOH 水溶液は pH13.0 で、0.1%NaOH 水溶液は pH12.7 であった。両者とも pH に大きな差がないため、このような結果になったと考えられる。

NaHCO<sub>3</sub> 水溶液：KOH 水溶液と比べ、pH8.0 と低く、弱い塩基性であるため、このような結果になったと考えられる。pH が低くても、脱色期間を延ばすことで、従来と同じように作製することが可能だと考察する。

## (3) [アリザリンレッド s の代替]

酢酸オルセイン・サフラニン：骨格が全く観察できなかつたのは、核まで染まってしまう、脱色ができなかつたからだと考えられる。

キニザリン・アントラルフィン：骨が染まったのに観察できなかつたのは、核やその他の細胞部分が染まってしまうためだと考えられる。

ヒドロキシアントラキノン：骨を染める作用がそもそもなかつたと考えられる。この実験で、他の構造と比べてヒドロキシ基が唯一、1 つである。陽イオンに対しての結合が弱いことが原因ではないかと考えた。

クリサジン：似た化学構造を持つ染色剤<sup>(5)</sup>であるため、染めることができたと考えられる。しかし、どうしてこれらの染色剤を用いたときに、脱色しても骨格だけに色が残るのかについては、この実験で明確になっていない。

## (4) 保存の代替

レジンは硬化する際に熱が発生するため、その熱によって標本のタンパク質が熱変性をおこすことで白濁したと考えられる。そのことに気をつけ、熱が上がりすぎないように気をつければ、十分有効な保存方法だと考えられる。

## (5) 全体を通した手法の検討

置換したものをすべて組み合わせても、問題なく作製することが可能であったため、各工程を変えたことによる悪影響はないと考えられる。

## 6. 結論

透明骨格標本作成における染色以外の工程において、薬局で購入可能な薬品を使用し、専門的な実験器具を使用しなくても二週間以内の作製が可能になり、家庭でも作製できるほど安全で簡単な方法を発見することができた。しかし、染色剤はアリザリンレッド s よりも安価でなおかつ骨格の染色、観察に適しているものを見つけるのは難しい。

今後の展望として、アリザリンレッド s の代替品となる染色剤を発見したい。また、この実験をしたことのない人たちに、今回の研究で確立した手法を用いて、実際に透明骨格標本作製してもらい、作製経験のない人でも簡単に家庭で透明骨格標本作製できるよう、作

製方法により改良を重ねていきたい。

## 7. 参考文献

- (1) ゆめいろ骨格堂 <http://yumeirokokkakudo.kamihata.net/>
- (2) 透明骨格標本作成キット 1キット(ヒメダカ4匹用) 富士フィルム 和光純薬株式会社
- (3) グリセリン浸透法による生物標本の作成 愛知県立中山高等学校 小野榮子  
[https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h16\\_10.pdf](https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h16_10.pdf)
- (4) 固定液の違いによる免疫染色への影響 愛媛大学病院 病理診断科 今井美奈,片山英司,明賀さつき,池内五十鈴,水野洋輔,北澤理子  
<https://cyehime.webnode.jp/files/200000059-dfa0ee098a/S4.pdf>
- (5) Chrysazin 117-10-2 | 東京化成工業株式会社  
[https://www.google.com/search?q=%E3%82%AF%E3%83%AA%E3%82%B5%E3%82%B8%E3%83%B3&rlz=1CASFKO\\_enJP948JP948&oq=%E3%82%AF%E3%83%AA%E3%82%B5%E3%82%B8%E3%83%B3&aqs=chrome..69i57j69i59l2.4698j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8&safe=active&ssui=on](https://www.google.com/search?q=%E3%82%AF%E3%83%AA%E3%82%B5%E3%82%B8%E3%83%B3&rlz=1CASFKO_enJP948JP948&oq=%E3%82%AF%E3%83%AA%E3%82%B5%E3%82%B8%E3%83%B3&aqs=chrome..69i57j69i59l2.4698j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8&safe=active&ssui=on)
- (6) 畑中 恒夫(2013) 透明骨格標本の樹脂封入法について 千葉大学教育学部研究紀要 第61巻 421~425頁  
[https://opac.ll.chiba-u.jp/da/curator/900116875/13482084\\_61\\_421.pdf](https://opac.ll.chiba-u.jp/da/curator/900116875/13482084_61_421.pdf)

## 8. 謝辞

本研究に終始熱心にご指導いただいた前橋女子高校の佐藤晃子先生、山口滉太先生、堀口裕先生、岩佐倫希先生、武倫夫先生。また、ならびに GIYSE プログラムを通じてご指導いただいた東京農工大学の佐藤友久先生、片桐浩司先生。他にも多くの方々の助言や厚いご協力により、本研究を行うことができました。深く御礼申し上げます。最後に、本研究に必要不可欠な存在であった小アジ、めだかや金魚に心からの感謝の意を表明します。

# びゅんびゅんごまにおけるねじれ之力

前橋女子高校SS探究 2年 有馬瑠那 遠藤七海

## 1. 背景と研究の目的

遠心分離は、密度の差を利用し、物質を分離する。そのため、目的の遠心力を出すことで、特定の物質を分離することができる。多くの検査、研究には、遠心分離機を使う操作がある。しかし、遠心分離機は高価で、電気がないと使えないという課題がある。それらを解決するのがびゅんびゅんごま(以下、こまとする)の原理を使った遠心分離機だ。よって、こまの遠心力が形状の違いで、どのように変化するかを調べることにした。

## 2. 原理

遠心力 RCF(xg)は、回転半径 r(cm)、1分間当たりの回転数 N(rpm)を使い、以下のように表せる。

$$RCF = 1118 \times r \times N^2 \times 10^{-8}$$

よって、回転半径が同じであれば、遠心力は、1分間当たりの回転数(以下、回転数と略す)に依存する。

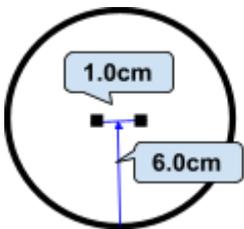
## 3.【実験Ⅰ】条件と仮説

紐の本数が多いほど、回転数が大きくなるという仮説を立てた。こまの紐の本数を変え、回転数の最大値と変化を調べた。

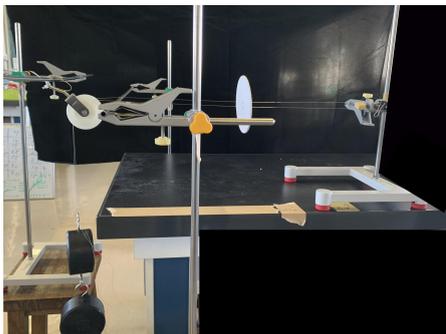
## 4. 実験Ⅰ

図1[こま]

写真1[実験装置]



厚さ 2.0mm  
紐 70.0cm



・おもり 1kg、紐 テグス  
こまの片側を柱に固定し、もう片側に1kgのおもりをつける。このとき、ねじれの幅を固定するために滑車の手前に棒を入れておく。  
こまを12回転させ、回転数を算出する。

## 6. 結果



回転数の最大値の平均値は、図1のようになった。また、一元配置分散分析によって、それぞれの回転数の最大値には、有意差が認められた。回転数の変化は図2のようになった。

## 7. 考察

回転数の最大値の平均値は、紐の本数が多いほど大きくなった。これは、力のモーメントによるものではなく、紐が解けようとする力(以下、ねじれ之力とする)が大きくなったからだと考える。

また、誤差が小さくなったのは、人為的要因を可能な限り排除した装置であったためだと考えられる。起こった誤差については、手の離し方だと考えられる。

## 8.【実験Ⅱ】仮説と変える条件

実験Ⅰの結果は紐のねじれ之力によるものだと仮説を立て、実験Ⅱを始めた。力のモーメントが関係ないことを示すため、厚紙は外し、条件は実験Ⅰと同様、紐の本数とする。

## 9. 準備するもの

[実験装置]

- ・おもり 1kg
- ・柱 ・棒
- ・スタンド ・こま

紐の状態を再現するために、こまを固定し、糸を垂らす。

## 10. 実験と解析の方法

スタンドの上部にこまを固定し、垂らした糸におもりをつける。前回の実験と同様に測定し、回転数を算出する。

写真2

## 11. 結果

回転数の変化は図3のようになった。

## 12. 考察

図2と図3を比較すると、グラフの形状が非常に近くなった。このことから、回転数の変化は紐のねじれ之力に依存しているとわかる。

周期に注目すると、2本の周期は8本の周期の2倍になった。



### 13. 今後の展望

2本の周期が8本の周期の2倍になった理由は解明できていない。私達は、ねじったときの紐の半径が、2本と8本で1:2の関係になっていると考えている。これからはその原因を調べ、ねじれについて、研究していきたい。

### 14. 参考文献

・M. Saad Bhamla “Paperfuge: An ultra-low cost, hand-powered centrifuge inspired by the mechanics of a whirligig toy” 2016

・himacサイエンス機器「遠心理論と遠心力計算」

<https://www.himac-science.jp/useful/centrifugation/centrifugation.html>

図3 【実験 I】1周期における回転数の変化

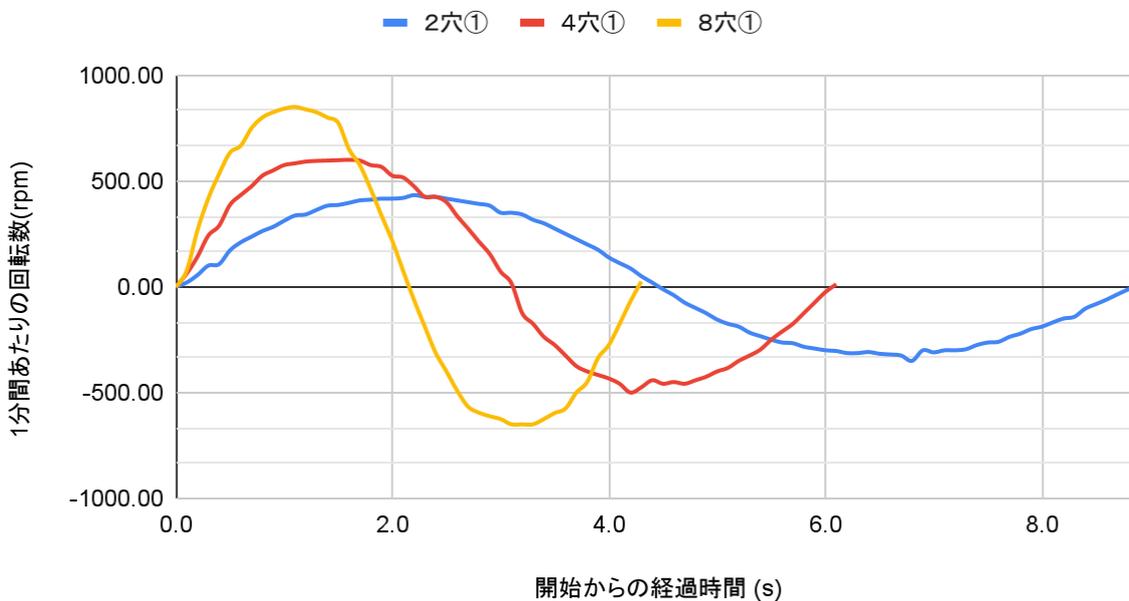
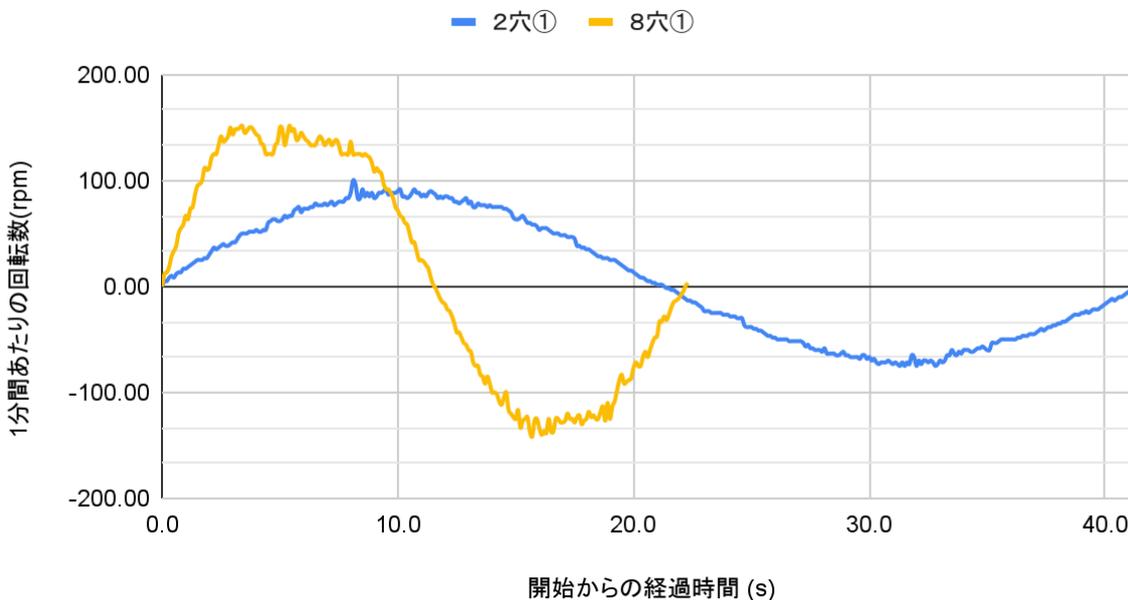


図4 【実験 II】1周期における回転数の変化



# 角柱の強度について

群馬県立前橋女子高等学校 SS探 2年 押本 和佳子

## 1 序論

### 動機

正多角柱の強度についての研究発表を見て角の数が多いほど重さに耐えられることを知った。そこで、角の数が同じ角柱において、底面の形状を変えた時に強度に差があるのか知りたいと思ったため今回の実験を行った。尚、強度とは重さに対する潰れやすさ（耐荷重）と定義した。

### 仮説

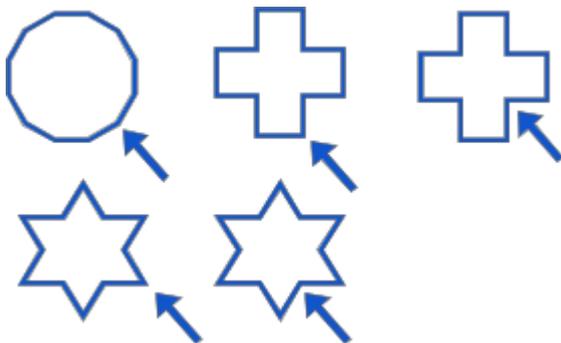
角の数が同じため、すべての角柱の強度は同じになると予想した。

## 2 実験方法

### 実験道具・準備

・正十二角柱、六角星柱、十字柱で実験を行うが六角星柱、十字柱については下記の通りセロテープの留める位置を二通りにする。

- 1 マークシートを12.9cm×8.25cmにする
- 2 長い辺(12.9cm)を三等分し、十二等分に折る
- 3 の部位をセロテープで留める



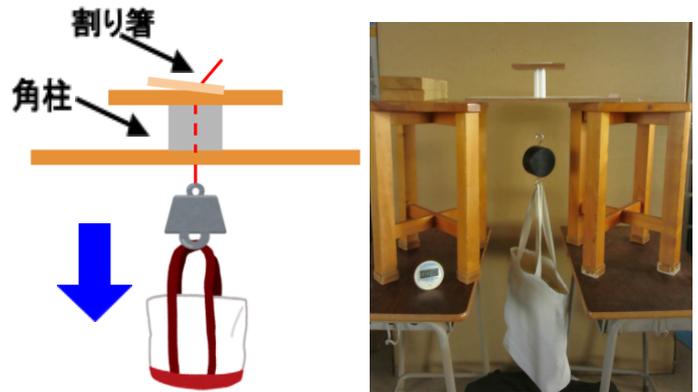
- ・ゴム製おもり（500g）、金属製おもり（100g）
- ・ペットボトル（5L分）
- ・トートバック
- ・ベニア板（15cm×10cm）（40cm×30cm）
- ・釣り糸、（直径0.520mm）、割り箸

### 測定装置の準備

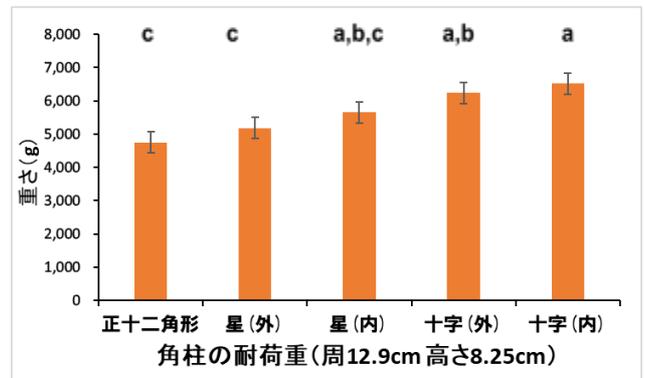
- 1 各板の中心に十字を書き、中心に穴を開ける
- 2 釣り糸を割り箸に結び付け、上の板に通す
- 3 糸を角柱、下の板の順に通す
- 4 糸の下端にゴム製おもりを結び付ける

## 測定方法

- 1 装置を準備する
- 2 ゴム製おもりに4000g分のペットボトルを吊るす
- 3 約30秒ごとに、100gずつおもりを吊るしていく
- 4 角柱の形が崩れたときの重さを記録する  
（5つの柱体それぞれ6回ずつ測定を行う）



## 3 結果



- ※ 同じ英文字間ではTukey(1%)で有意差がない (n=6)
- ※ エラーバーはS.E.

角柱の潰れ方は、すべての角柱において同様で、重りによって側面が歪み始め、側面が折れると同時に底面の形がくずれていった。

仮説に対して強度は一定にならず、十字が最も強くなった。

## 4 考察

六角星柱、十字柱ともにセロテープを留める位置の違いでは統計的な差はなかった。

同一のマークシートを用いたため側面積、辺の数はすべての角柱で同値だが、強度は一定にならなかった。また底面積、体積は、正十二角柱は六角星柱と比

べて約2倍あるが、それぞれの角柱の強度に大きな差は見られなかった。

力が加わる面積は同じ（角周が同じ）ため、『応力度×面積＝抵抗力』より強度は変わらないはずである。しかし本実験では座屈がはたらいていたため、角柱の種類の違いによって、結果に差が出たと考えた。

オイラーの公式の座屈荷重より座屈は高さで断面積により変わることが分かった。そこで座屈の影響を小さくして追加実験を行うことにした。

## 追加実験

2種類の高さ（8.25cm、1.0cm）の正十二角柱、六角星柱、十字柱を用いて、強度に差があるかどうかを比較する。

仮説は、高さが高い方は底面の形状の違いによる強度の差がある。高さが低い方は底面の形状の違いによる強度の差がない。

## 5 実験方法

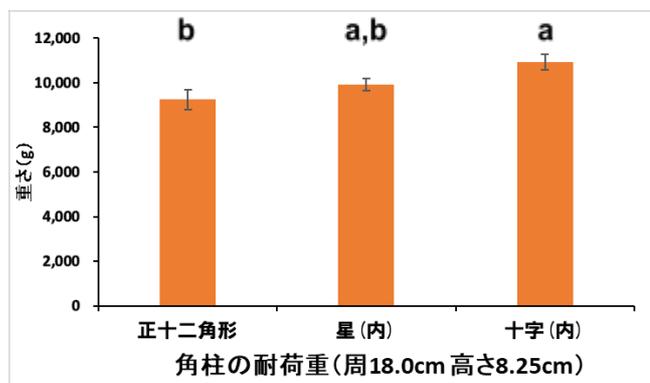
### 実験道具

・正十二角柱、六角星柱、十字柱を用いるが六角星柱、十字柱のセロテープの留める位置は谷側  
他は前実験同様（釣り糸の直径は0.520mm、0.620mm）

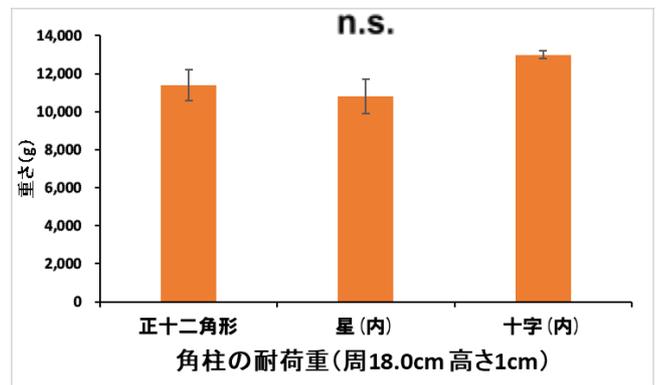
### 測定方法

- 1 装置を準備する
- 2 ゴム製おもりに7000g(8000g)分のおもりを吊るす
- 3 約30秒ごとに、500gずつおもりを吊るしていく
- 4 角柱の形が崩れたときの重さを記録する  
（6つの柱体それぞれ6回ずつ実験を行う）

## 6 結果



※ 同じ英文字間ではTukey(5%)で有意差がない (n=6)  
※ エラーバーはS.E.



※ n.s.は分散分析で有意差があるとは言えないことを示す (n=6)  
※ エラーバーはS.E.

仮説の通りとなった。

## 7 考察

高さ1cmでは有意差がなかったことから、高さ8.25cmで生じた有意差は座屈のはたらきによるものだと考えられる。データ数が少ないため結果は正確なものとは言えないが、座屈がはたらかなくなれば式の通り強度は一定になると思われる。

## 8 まとめ

角の数が同じ（12角）の角柱において、底面の形状を変えた時に強度は一定にならない。これは座屈のはたらきの可能性が高い。

## 9 今後の展望

- ・角柱の側面の座屈を起こりづらくしたときの各角柱の潰れ方の違いを調べる。これにより座屈のはたらき方向を示したい。
- ・ハート型のような正多角柱でない角柱では潰れ方に違いがあるか調べてみたい。
- ・3Dプリンターを用いた実験を行う

## 10 参考文献

- ・田口技術士事務所. 製品設計知識. 長柱の座屈計算【両端固定－中空長方形】  
<https://seihin-sekkei.com/calculation-tool/buckling-calculator/fixed-end/>
- ・つり人. 釣り糸の結び方！ どれが最強？ 基本の結び18個を強度実験も交えて解説  
<https://web.tsuribito.co.jp/beginner/fishing-knot-howtotie>
- ・建築学生が学ぶ構造力学. 応力とは？1分でわかる意味と種類、記号、計算法  
<http://kentiku-kouzou.jp/zairiki-ouryoku.html>
- ・建築学生が学ぶ構造力学. 耐力とは？1分でわかる意味、単位、降伏点、求め方、引張強さ、記号、強度  
<http://kentiku-kouzou.jp/struc-tairyokukyoudonituite.html>
- ・建築学生が学ぶ構造力学. 鋼材の基準強度とは？1分でわかる意味、F、許容応力度との関係  
<http://kentiku-kouzou.jp/koukoukouzou-kouzaikijunkyoudo.html>

# 落としてもシャーペンの芯を折らないために

2533 根岸希々花

## 1 序論

### ① 研究の目的

落としても芯が折れないシャーペンを作ること。

### ② 仮説

実験1：シャーペンの重心が**ノック側**にあるほど折れにくい。

実験2：シャーペンが**ノック側**から落ちるほど芯が折れにくい。

## 2 予備実験

① 机の上から指で押して落とす。

→落とす力が一定ではない。

② 自作の振り子の重りをシャーペンに当て落とす。

→振り子の衝撃が強すぎた。

## 3 実験

### ① 実験道具



0.5のシャーペン  
鉛テープ4cm 6枚  
HB、0.5のシャー芯

### ② 実験準備

鉛テープを芯側、中央、ノック側に貼り、重心の位置を変える。

### ③ 実験1

机のへりに合わせて持ち、手を離す。

100回ずつ繰り返す。



\* 変えない条件

芯の太さ：0.5

芯の硬度：HB

芯の長さ：2ノック

机：学校の机

床：学校の床

### ④ 実験2

1 分度器に0°、45°、90°に合わせてシャーペンを持つ。

2 シャーペンを離す。50回ずつ繰り返す。



\* 変えない条件

芯の太さ：0.5

芯の硬度：HB

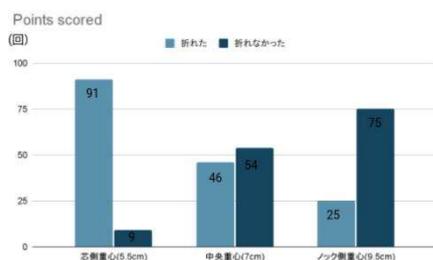
芯の長さ：2ノック

机：学校の机

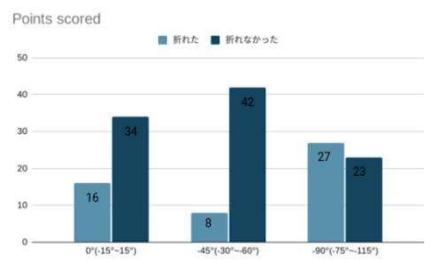
床：学校の床

## 4 実験結果

### ① 実験1



### ② 実験2



## 5 考察

### ① 実験1

シャーペンの重心が**ノック側**にあるほど芯が折れにくい。

### ② 実験2

落とし始めを-45°にしたものが最も折れにくい。

落とし始めが-90°のときはノックではねてしまい、その後芯側も床に叩きつけられたため、芯が折れやすかったと考えられる。

## 6 参考文献

・重心とは何か？座標を使って重心を求める方法  
【物理】 - 受験のミカタ

<https://juken-mikata.net/how-to/physics/jushin.html>

# 金魚すくいを制すには ~ポイの最善手~

ss探求 2618古賀友香理

## 序論

・研究の目的

金魚すくい金魚をより多く拾うために、①ポイの挿入角度・②ポイの挿入角度と脱出角度の差・③金魚を拾う位置・④ポイの強度に着眼点を置き、研究を行う。

最善手を金魚をより多く拾える方法とする。

本物の金魚は使えなかったため醤油差しを使用した。

・仮説

①ポイが受ける水の抵抗がより小さい方がポイは破れにくいため、挿入角度が小さい方が最適だと予想する。

②ポイを水中で動かすとその分波が発生してしまうため、ポイの挿入角度と脱出角度の差が小さい方が最適であると予想する。

③水の波の影響から容器の縁が最適であると予想する。

④先行研究より、ポイを濡らしたほうが強度が上がると考える。

## 実験方法

### 1. 研究方法

<実験に使用した道具>

ポイ: スペア紙7号: 容器(縦30cm×横41.5cm): 醤油差し2g: 電子天秤: 紙: ビニールテープ黒: 分度器: スマートフォン

#### ①ポイの挿入角度

\*ポイの挿入角度を45度、30度、15度に設定しこれらの3つの角度を比較する。ポイを水中に入れるときに挿入角度の誤差が生じてしまうので、左下の写真のように容器の正面に紙を設置し、挿入角度の誤差を最小限に抑えた。また、ポイを水中に浸す時間は2秒で固定する。それぞれの角度で、確率(金魚を拾えた回数/20回)をもとめる。



実験①の様子

#### ②ポイの挿入角度とポイを水中から出すときの角度の差

\*ポイの挿入角度と脱出角度の差を①0度以上10度未満、②10度以上20度未満、③20度以上30度未満、④30度以上40度未満の4つに階級分けする。ポイの挿入角度・脱出角度がスマホの位置とほぼ垂直になるようにスマホを設置し、動画を撮る。実験後、ポイの挿入角度と脱出角度がわかる画面をプリントし、分度器を用いて角度を調べる。①・②・③・④のそれぞれの場合で |ポイの挿入角度-ポイの脱出角度| を出し、[金魚を拾えた回数/77回中ポイの挿入角度と脱出角度の差が①・③・④になった回数]



実験②の様子 ポイの挿入角度を示している



実験②の様子 ポイの脱出角度を示している

#### ③金魚を拾う位置

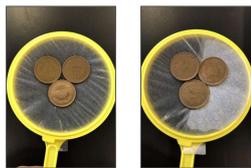
\*金魚を拾う位置を縁と中央の2つの場合で比較する。容器外側から5cm以内を容器の縁、そこから内側を容器の中央とする。容器の中央と縁それぞれ20回×6セット実験を行う。20回中金魚を拾えた回数を容器の中央・縁でそれぞれ調べ、金魚を拾える確率 [金魚を拾った回数/20回]をもとめる。



実験③の様子 容器の縁の金魚を拾っている様子

#### ④ポイの強度

\*ポイとスペア紙を準備し、十円玉をポイの上に乗せる。ポイのついた十円玉の枚数を調べる。スペア紙を反面濡らしたものと全面濡らしたもので比較する。81回×2セット(計162回)実験を行う。使用した十円玉の重さについて、多少の誤差があると考えられるがそれらは考慮しない。



実験④の様子 ポイを全面濡らした様子

参考文献 金魚すくいの最適解 <http://www.rimse.or.jp/past.pdf>, work12

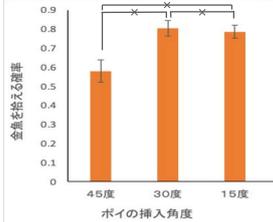
神畑養魚グループ山崎研究所<http://www.kyorin-net.co.jp>

金魚すくいにおける対象領域の絞り込み技能のモデル化

(浮ヶ谷 敦生) <https://library.naist.jp>

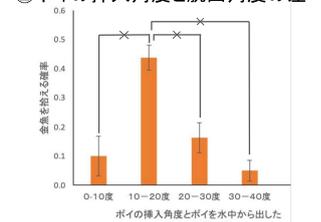
## 実験結果

### ①ポイの挿入角度



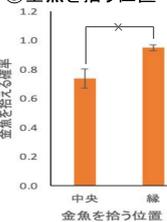
ポイの挿入角度を30度にする

### ②ポイの挿入角度と脱出角度の差



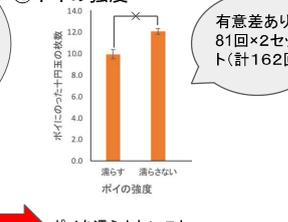
ポイの挿入角度と脱出角度の差を10-20度にする

### ③金魚を拾う位置



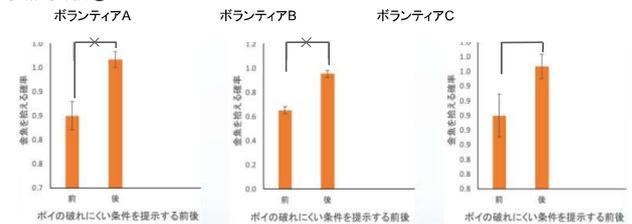
金魚を拾う位置を縁

### ④ポイの強度

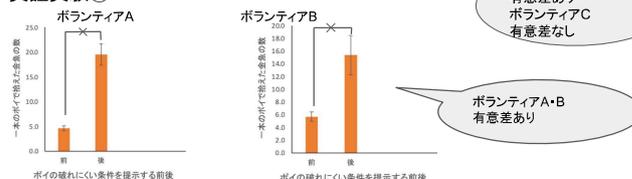


ポイを濡らさないこと

### 実証実験①



### 実証実験②



ボランティアA・B 有意差あり  
ボランティアC 有意差なし

ボランティアA・B 有意差あり

## 考察

①結果より、ポイの挿入角度を30度にするのが最適であることに加え、45度と30度において、ポイが水中にあるときに受ける水の抵抗が影響していると考えられる。30度と15度において、上記のように水の抵抗のみで考えると、30度より15度の方が最適である。そこで、スペア紙の浸透性について考えると、ポイの角度が小さい方が水に浸る面積が大きくなるため、スペア紙の耐久性が低くなってしまいますので30度の方が15度より最適だと考えられる。

②結果より、ポイの挿入角度と脱出角度の差を10-20度にするのが最適である。

③結果より、ポイを中央から縁に向かって動かすと水流ができ、縁から中央に向かって波ができるため、水槽の外側から5cm以内の金魚を狙うことが最適であると考えられる。

④結果より、ポイを濡らすと耐久性が低下するため、ポイを濡らさないほうが最適であると考えられる。なお、④は仮説は否定される。

# ニンニクの臭いはリンゴで消えるのか

前橋女子高校 科学部 伏木和香 本多佑衣 大門すみれ 張本博加

## 1.序論

ニンニクには強い香りがあり、食べた後も臭いが強く残る。インターネット上の通説ではニンニクの食後、リンゴを食べると臭いが軽減するというものがあるが、科学的には証明されていない。そこでニンニクの臭み成分であるアリシンが、リンゴを加えることによって減少することを確かめ、定量的にこれを証明することを目的とした。

## 2.仮説

- ①アリシンは時間経過とともに減少する
- ②リンゴの何らかの成分が作用することでニンニクに含まれるアリシンが減少する
- ③リンゴジュースを加えて測定したときのほうが吸光度の減少割合が小さくなる  
⇒アリシンが減少

## 3.目的・方法

ニンニクの臭いを定量化するため、臭いの原因であるアリシンに着目した。本研究は、時間経過による試料中のアリシンの減少量を、4-MP(4メルカプトピリジン)を介して分光光度計を用いて測定したものである。4-MPはアリシンと反応し、アリシンと反応せずに残った4-MPが吸光度として現れる。

よって、リンゴがアリシンと反応すると仮定したとき、アリシンと反応する4-MPの量が少なくなるため、ニンニクのみとの時と比べて吸光度の減少割合(=グラフの傾き)は小さくなる。

また、先行研究を参考にし、実験を行った。

### (1)すりおろしニンニク中のアリシン測定実験

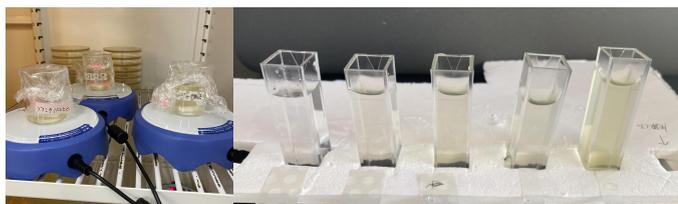
まず、時間経過によってニンニクのアリシンが減少することを測定する。この結果がリンゴを加えたときに対する基準となる。

#### 【手順】

- ①ニンニクをすりおろす
- ②すりおろしにんにく1gに対して、リン酸 Buffer10mLの割合でニンニク液に加え、スターラーで攪拌する(なお、この割合は予備実験によって適していると判断した)

図1

図2



- ③コーヒーフィルター、ろ紙で濾過
- ③ニンニク液を遠心分離(12000rpmで10分間)

- ④Bufferでにんにく液を1倍、2倍に希釈する  
4-MP:ニンニク液 = 3mL: 800μL  
の割合で4-MPを加える
- ⑤5分間スターラーで攪拌し、4-MPを反応させる (図1)
- ⑥セルに試料3mLを入れる(図2)
- ⑦分光光度計(324nm)で4-MPの吸光度を測定

### (2)リンゴジュースを加えたときのすりおろしニンニク中のアリシン測定実験

ニンニクに加えるリンゴは、すりおろしたリンゴを用いることを考えたが、酸化が激しく、扱いが難しかったため、リンゴジュースを用いることにした。

#### 【手順】

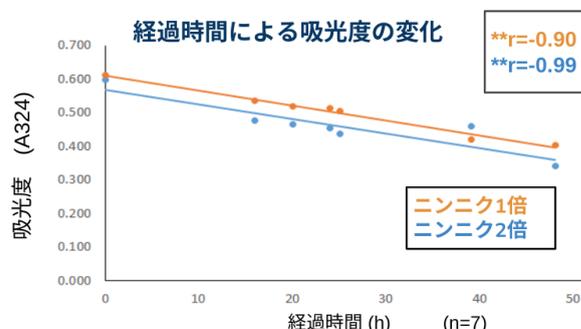
- 実験(1)の手順③まで同じ操作を行った後
- ③にんにく液とリンゴジュースを2:1、1:1、1:2の体積割合で混ぜ、スターラーで攪拌する
- ⑤4-MP:ニンニク液 = 3mL: 800μLで4-MPを加える
- ⑤5分間スターラーで攪拌し、4-MPとアリシンを反応させる
- ⑥セルに試料3mLを入れる
- ⑦分光光度計(324nm)で4-MPの吸光度を測定
- ⑧(0時間の値)-(x時間の値)で吸光度の変化量を計算

以下、リンゴジュースなし(ニンニクのみ)の手順をリンゴ無し、リンゴジュースを加えた手順をリンゴありとする。

## 4. 結果

- (1)すりおろしニンニク中のアリシン測定実験の結果と考察

結果は次のグラフ1のようになった。4-MPの吸光度の減少は間接的にアリシンの減少を表している。



グラフ1(x軸:計測開始からの経過時間[h]、y軸:吸光度[abs,324 nm])

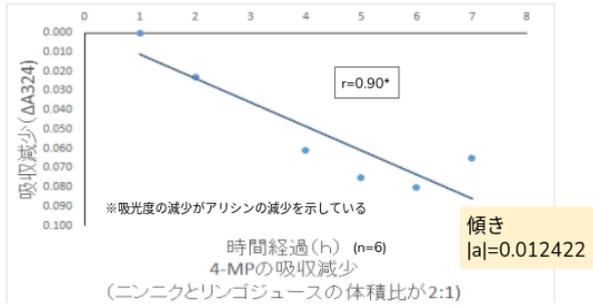
上のグラフは4-MPの時間経過による吸光度(ニンニク2倍、n=7)と(ニンニク1倍、n=7)を表している。時間

経過とともに吸光度が減少していることが分かる。よって仮説①が立証といえる。

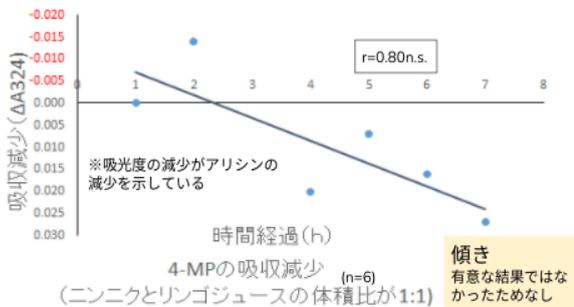
**(2)リンゴジュースを加えたときのすりおろしニンニク中のアリシン測定実験**

結果の吸光度から、計測時間ごとの吸光度の減少量を求めた。以下のグラフ2 のようになった。なお、グラフ2は1回目の実験による結果である。

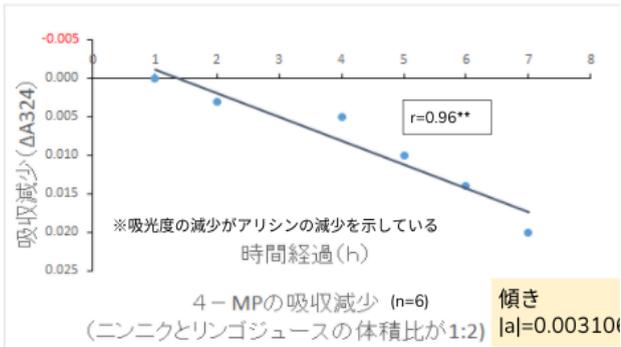
**結果 体積比 ニンニク:リンゴ=2:1**



**結果 体積比 ニンニク:リンゴ=1:1**



**結果 体積比 ニンニク:リンゴ=1:2**



グラフ2

**5.考察**

実験(1)と実験(2)の測定結果から、計測開始時の吸光度を基準にし、計測時間ごとの吸光度の減少量を求め、リンゴなしとリンゴありの吸光度の減少割合(グラフの近似値線の傾き)を算出した。

2回目以降の計測結果も含めた近似値線の傾き(表1)と、リンゴ無しの近似値線の傾きを比較すると以下の表のようになった。

倍率(ニンニク:リンゴ)	1:2	1:1	2:1
リンゴ無し (ニンニク:buffer)	<b>0.0032</b>	<b>0.0045</b>	-
リンゴあり①	<b>0.0031</b>	n.s.	0.0124
リンゴあり②	n.s.	n.s.	<b>0.0008</b>
リンゴあり③	n.s.	<b>0.0006</b>	n.s.
リンゴあり④	0.0091	0.0182	n.s.

数字は近似値線の傾き、n.s.は回帰検定で有意差なし、-は測定結果なしを示す。

結果の表より、太字になっているいくつかの傾きでは、リンゴありの方が、リンゴ無しよりも傾きが小さいことがわかった。よって、にんにくにリンゴを加えると、匂いが軽減される傾向があると考えられる。

**6.今後の展望**

- ・実験回数を増やすことで、傾きの比較を正確に行えるようにし、より信憑性のある結果を出す。
- ・傾きを算出する時点における有効な実験結果を増やす。
- ・リンゴ以外でニンニク臭を減らす効果があると言われる食品でも同様の実験を行う。

**7.参考**

ギョウジャニンニクの変異と選抜 3.Allicinの 定量と個体変異について  
(北陸作物学会報 鈴木正一・後藤秀幸)

BIOTIMES-バイオタイムズ  
-バッファー(緩衝液)の作り方  
(<https://research-supporters.com/bufferpreparation/>)

ニンニクのおいさを消してくれる”食べ合わせ”がある！？(ウェザーニューズ 2018/12/15)  
(<https://weathernews.jp/s/topics/201812/040185/>)

**要旨** 銅には消臭効果があるのか、ニオイの原因物質としてアンモニアに着目し、中和滴定で実験を行った。すると、銅板の有無によってアンモニアの物質量の減少量に差が見られた。

## 1 序論

(動機) 靴に 10 円玉を入れると、悪臭が消えるそうだ。そこで、消臭を悪臭の原因物質の物質量の減少と考え実験をした。

(仮説) 銅には消臭効果がある。

理由 銅イオンには殺菌効果があるから。

## 2 実験方法

### 使用したもの

- \*コットン(50×60mm)      \*ビーカー
- \*タッパー(1100ml)      \*銅板 (1×5cm)



### 実験方法

- ・タッパーの中に水 40ml を入れたビーカー、コットンを置く。一方には銅板を置く。
- ・コットンに 1.0mol/L のアンモニア水溶液を 1.5ml 染み込ませる。

↓ 24 時間後 ↓

ビーカーの中の液体を 10ml 取り出し、硫酸 0.01mol/L を用いて滴定をする。

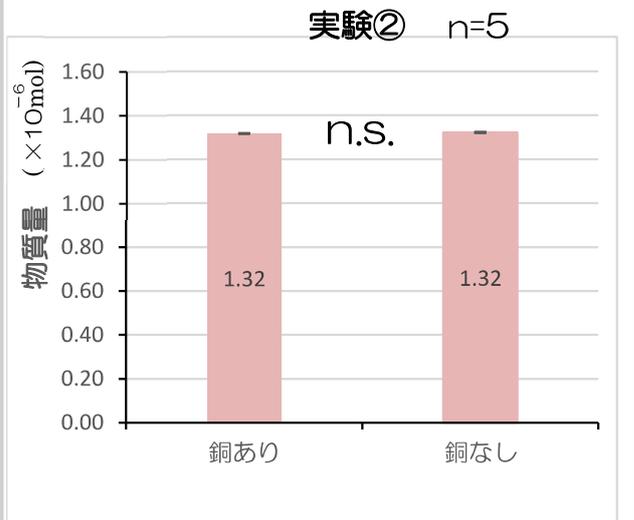
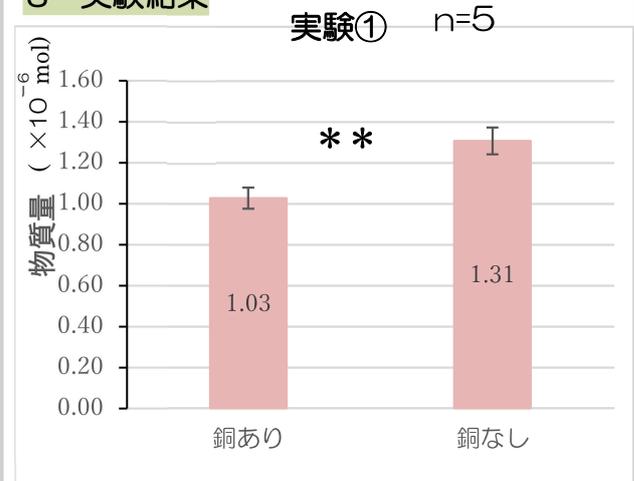
実験① 銅板を写真(1)のように置く。

実験② 銅板を写真(2)のように置く。



↑ 横からみた図

## 3 実験結果



## 4 考察

実験から、アンモニアは銅との反応によってなくなったので消臭効果はあるといえるが、銅板の置き方によって変化することから消臭条件をさらに調べていく必要がある。

## 5 参考文献

- ・汗臭成分の解明及びその新規消臭剤の開発 (神田不二宏)



# ペットボトルロケットをより遠くに飛ばすにはpart3

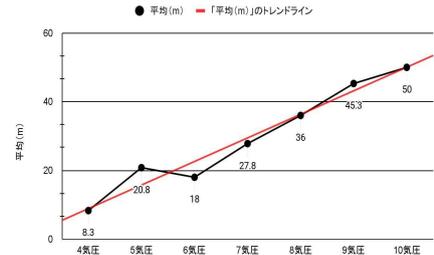
2441 吉田愛美 2740 山口結心

## 1.要旨

私たちはペットボトルロケット(以下ロケット)を飛ばすことに興味を持ちこの研究を始めた。先行研究より、一定の水の質量下において、ロケットの飛距離と挿入する空気の量が比例することがわかっている。しかし、飛距離とロケット内部の関係については明確でない。従ってロケットの内部圧力と飛距離は比例すると仮説を立て、圧力ごとの飛距離を測定した。結果、ロケットの内部圧力と飛距離は比例関係にあるとわかった。考察はロケットの飛距離とそこに加わる推力に着目して行った。

## 4.実験結果

各内部気圧と飛距離の平均(m)



グラフ1

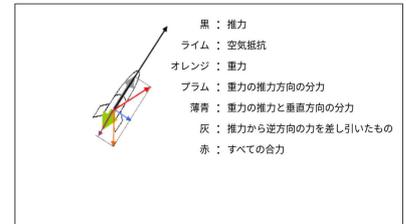


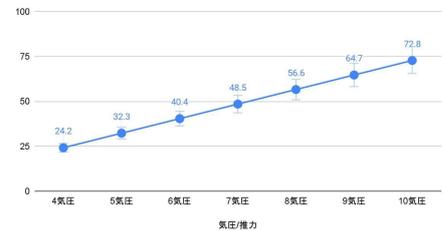
図1 ロケットに加わる力

内部気圧と発射時の推力の関係

推力  $F = 2S(P - P')$

S: 噴射口の面積

P: 内部気圧 P': 大気圧



グラフ2

## 2.序論

### (1)目的

ペットボトルロケットの飛距離とその内部圧力の関係を調べる

### (2)仮説

ペットボトルロケットは内部圧力が高いほど飛距離が大きくなる

## 3.実験方法

### 【ペットボトルロケットの条件】

- ①羽 台形(上底4cm 下底7cm 高さ8cm) 4枚
- ②総質量
- ③発射角度 45°

### 【実験条件】

- ①水 100ml
- ②ペットボトルの体積 648ml
- ③基準体積(ml) 648-100=548(1気圧)
- ④実験場所 グラウンド
- ⑤空気を入れる回数(回) 5,8,10,13,15,18,21 ×3セット
- ↑4気圧~10気圧
- ※水に溶けた空気は考慮しない

- ・水100mlの温度を測定しロケットに挿入
- ・キャップを閉め、発射台にセット
- ・空気入れで空気を入れる
- ・条件回数に達したらジョイントを外しロケットを飛ばす
- ※風力が0m/sの時に飛ばす
- ・飛距離を測定



## 5.考察

ペットボトルロケットの飛距離は水の質量が一定の場合、飛距離は発射時の推力の大きさに比例し、内部気圧が高いと推力は大きくなる。また、ロケットは、推力方向よりも下向きの合力によって進行方向が決まり、軌道は下向きに変わる。今回は水の量をロケットの容積に対して少なくしたため、軌道の下向きへの変化が小さくなり、重力ターンが遅くなって、飛距離が安定して伸びたと考えられる。

## 6.今後の方針

内部気圧により焦点を当てるため、二酸化炭素を発生させるなど内部で気体を発生させそれに伴うロケットの内部圧力と飛距離の関係を調べたい。

## 7.参考文献

・岡山市水道局 <https://www.water.okayama.jp>

・科学のネタ帳 <https://phys-edu.net>

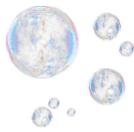
・水ロケットにおける飛行最適条件の研究

<https://www.jstage.jst.go.jp>

・PETボトルロケットの推力 <https://www9.big.or.jp>

・ペットボトルロケットとは？ 東北大学 流体科学研究所

<https://www.ifs.tohoku.ac.jp>



# 割れにくいシャボン玉のレシピ



SS 探究

2年2組 小林麗花

## 序論

### ①目的

割れにくいシャボン玉って作れないのか？  
小さい子に割れにくいシャボン玉で遊んで楽しんでほしい。

### ②仮説

ネバネバしたものをシャボン液に混ぜたらシャボン玉の膜が厚くなって割れにくくなる。

\*「割れにくいシャボン玉」の定義:5分以上割れないシャボン玉  
(ただし地面についても割れなければよい)

## シャボン玉が形成される仕組み

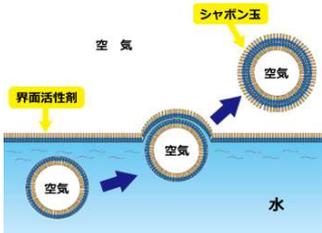


図1 シャボン玉が形成される仕組み

界面活性剤のはたらき！！

## シャボン玉が割れてしまう原因

- ①水分が蒸発する
- ②ホコリやチリが膜の表面にくっつく
- ③重力によってシャボン玉の上部が薄くなる

## 実験1 (実験回数:3回)

片栗粉・納豆のネバネバ・ガムシロップ・水あめ・はちみつ・もずくの液体部分・ボディークリーム(実験3のみ)をシャボン玉に混ぜた。

実験場所:前女の生徒玄関前

シャボン玉液(4.0g)とネバネバ(0.6g)を混ぜ合わせた

## 実験2 (実験回数:3回)

シャボン玉液(4.0g)とネバネバ(1.0g)を混ぜ合わせた

※納豆は1.0g集めることが出来なかった(実験3も同様)

## 実験3 (1・2の結果から実験回数を10回に増やした)

シャボン玉液(4.0g)とネバネバ(1.0g)を混ぜ合わせた

もずくはどの実験でも吹くことができず…

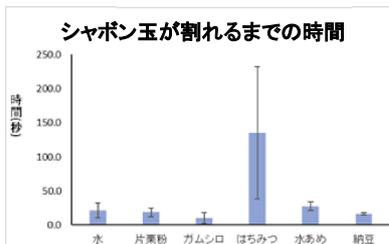


図2 実験1の結果

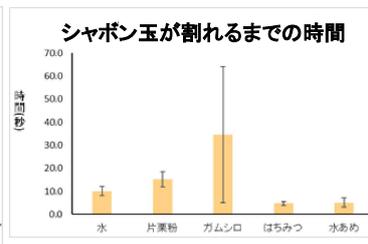


図3 実験2の結果

実験1でははちみつ、実験2でガムシロが最長だったと言えそうだが…

標準誤差が大きい=実験回数が少ない

## 実験結果

実験回数を10回に増やした  
⇒標準誤差が小さくなった  
ボディークリームが最長

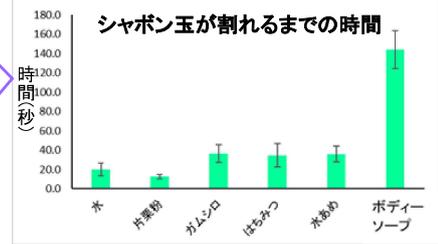


図4 実験3の結果

## 実験1~3の課題と改良

1. 実験を外で行っていたため、風や湿度の影響を受けている  
⇒室内で実験
2. 自らシャボン玉を吹いて実験していたため、人為的影響を受けている  
⇒実験方法を変更した(吹き具を変えて実験)

## 実験4 (実験回数:10回)

使用したもの:ボディークリーム(グリセリン)、キッチンウォッシュ(12%)、ニュービーズ(20%)、JOY(33%)、キュキュット(37%)

※()の中の値は界面活性剤の割合

\*室内で実験を行った

シャボン液(4.0g)と洗剤(1.0g)を混ぜる



図5 改良した吹き具

## 実験結果

グリセリンが最長  
グリセリン:シャボン玉が割れる際に徐々に膜の上部が薄くなっていく様子が見られた。  
洗剤:シャボン玉を吹いたときから膜の色が透明。

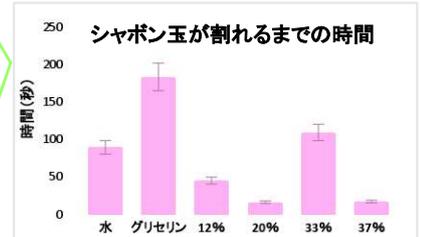


図6 実験4の結果

## 考察

・グリセリンはシャボン玉を強化することができる。

## 今後の展望

- ・ネバネバ/洗剤を入れたシャボン液の粘度を調べる。
- ・シャボン液とネバネバ/洗剤の割合を変えて実験する。

## 参考文献

- ・シャボン玉の膜の厚さについて 和歌山県立日高高等学校附属中学校
- ・割れにくいシャボン玉 大阪教育大学附属天王寺中学校
- ・科学研究実践活動のまとめ

# 土壌の色の違いによる植物の根の伸び方の違い

前橋女子高校 科学部2年 横堀ゆきか

## 1.序論

植物は赤色と青色の光に反応してその茎を伸ばす。これを利用して、植物工場では紫色の光で野菜を育てているそうだ。また、植物は重力にも逆らって伸びる。しかし、こういった植物の特徴に当てはまらないのが植物の「根」だ。根は重力の方向に伸び、光を避ける。そんな根の性質を知るために研究を始めた。

## 2.仮説

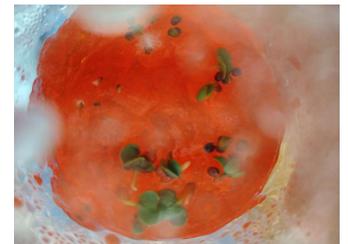
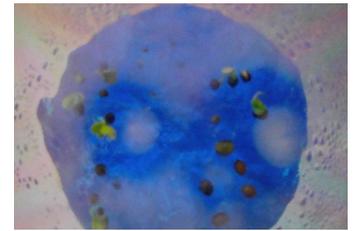
茎(幼葉鞘)は青色光に反応してその方向に伸びるため、逆に根は青色の土壌では伸びない。また、植物があまり伸びない緑色の土壌なら伸びる。

## 3.方法

1. プラコップに保冷剤の中身80ml、水15mlを入れたものを6つ作る。
2. うち3つは赤色、青色、緑色の食紅を0.1g入れ、残りの2つはそれぞれ赤色の食紅0.2g、入れる。最後の1つは何も入れない。
3. 菜の花、ゴデチア、ハツカダイコン、ブロッコリースプラウト、コマツナの種子を消毒し、5つずつコップにまく。(4等分したコップには2つずつ)
4. 日光の当たる屋内に置き、1週間育てる。

## 4.結果

同じ濃さでは根が緑、赤、青の順に伸びた。赤色では赤が濃い(食紅を2倍入れた)ほうがよく伸びていた。4色に分けたコップ内では、色が混じり合ってしまった。



(左上:緑色0.1g 右上:青色0.1g 左中:赤色0.1g 右中:赤色0.2g 左下:無色 それぞれ1週間後)

## 5.現時点での考察

植物は緑色光を感じないのだろうか。色が濃いほど暗くなるので、根は伸びたと考えられる。色の無い土壌では根があまり伸びない。

## 6.今後の展望・課題

もっと種の数を増やし、色ごとの傾向を見つけ、定量化していきたい。対照実験として土壌を黒色に染めるものも試すつもりだ。ただ、1週間経つとカビが生え始めるので、ゲルに防腐剤を入れる、コップ内の湿度管理など対策を講じておきたい。

# 雑巾がけによる雑菌の増減

ss探究 2512 金子莉子

[要旨]学校生活において、掃除の時間に行っている雑巾がけでかえって雑菌が増えているのではないかと思った。そこで雑巾がけの前後で雑菌数に変化があるかを検証したが、机を用いた実験では雑菌が減少した。机が清潔だったために雑菌が増殖できなかったことが原因だと考えた。

## 1. 序論

### (1) 目的

雑巾がけにより雑菌数に変化があるかを調べ、より衛生的な掃除方法を見つけること。

### (2) 定義

雑菌とは菌類、細菌類をまとめて指すものとし、その数の多さはルミテスターに表示される数字の大きさを表すものとする。

### (3) 仮説

水拭きするとき雑菌は増加する。

## 2. 実験

### ・ 使用材料

ルミテスター、ルシパック、アルコール消毒済みの学校の机、新品の雑巾

### ・ 実験方法

#### (1) 机を使った実験

水 1	乾 1	無 1
乾 2	無 2	水 2
無 3	水 3	乾 3

- ①各エリアの雑菌数をルミテスターで計測する。
- ②各エリアで操作を行う。(水拭きエリアは濡らした雑巾で拭き、乾拭きエリアは乾いたままの雑巾で拭く)
- ③再び雑菌数をルミテスターで計測する。

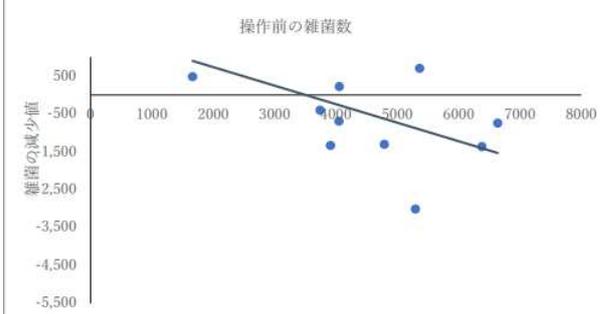
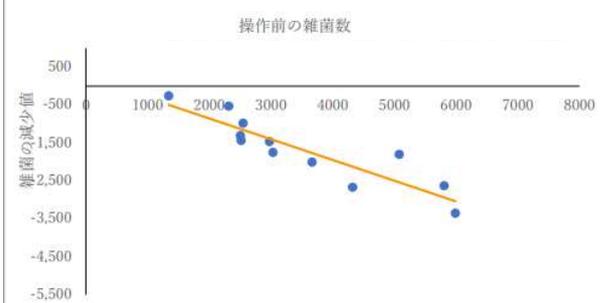
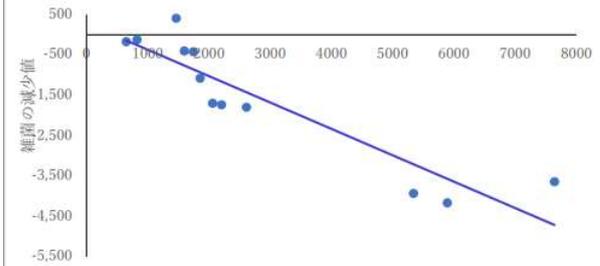
24時間おきに繰り返す。

#### (2) 床を使った実験

- ①15cm×15cmの正方形の枠を3つ教室の出入りに設置する。
- ②各枠内の雑菌数を計測する。
- ③3つのうち2つの枠内をそれぞれ水拭き、乾拭きし、再び雑菌数を計測する。

## 3. 結果

### (1) 机を使った実験



## 4. 考察

- ・新品の雑巾で机を拭くと、水拭き>乾拭きの順に雑菌を減らせる。
- ・無操作のとき減少するのは、特に元の値が大きいほどルシパックに拭き取られるためだと考えられる。

## 5. 今後の展望

今後は引き続きこの実験を繰り返し、多くのデータを集め、より精度を高めていくつもりである。

## 6. 参考文献

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjahee/10/0/10\\_KJ00003895965/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjahee/10/0/10_KJ00003895965/_pdf/-char/ja)



# 鳥のフンが人に当たる確率

島村理央 堺堀桃香

## ①序論

周りで鳥のフンに当たったという友達や先生が多かったがインターネットで調べてみると、その確率は423万分の1(0.000024%)だったので、疑問に思ったから。

## ②実験方法

### 3つのアプローチ法

- ・生物的アプローチ
- ・数学的アプローチ
- ・物理的アプローチ

⚠ 今回は鳥=ハトとして実験を行う

## 1. 生物的アプローチ

### [事前調査]

- \* ハトのフンが出るタイミングはいつでも
- \* ハトがいつもフンをする場所でフンを採取

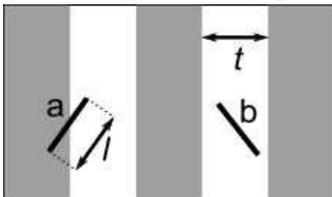
### [実験方法]

1. フィールドを決めて(前女前の木の下)の中で、1日ずつフンの数と面積を調べる
  2. フンの数を平均し計算式を立てる
- 〈条件〉・敷地内のみ  
・敷地内に詰められるだけの人間が24時間いるとする

## 2. 数学的アプローチ

「ビュフォンの針」の考え方を応用し、自分たちで計算式を作り確率を求める。

針を「フン」、  
平行線と平行線の間幅を「道の幅」とする。



ビュフォンの針で使われる計算式は以下のもの。

$$P = \int_{\theta=0}^{\frac{\pi}{2}} \int_{x=0}^{(l/2) \sin \theta} \frac{4}{t\pi} dx d\theta = \frac{2l}{t\pi}$$

〈フン...2cm 道の幅...13m〉

## 3. 物理的アプローチ

流体シミュレーションソフトOpenFOAMを用いて人に当たる直前の鳥フンの動き、風の抵抗などを考慮した確率を求める。

### \* 協力・参考

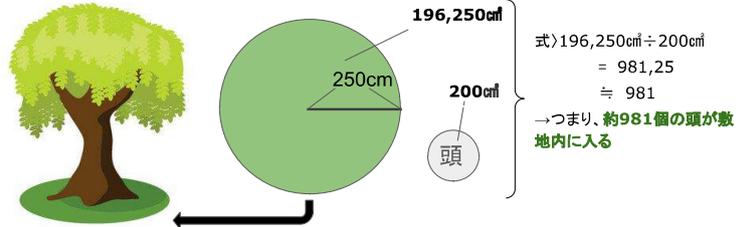
- ・日本野鳥の会 群馬 小林様
- ・認定NPO法人 TSUBASA 越阪部様
- ・Wikipedia

## ③結果

### 1. 生物的アプローチ

◎頭の面積200cm<sup>2</sup>、敷地面積196,250cm<sup>2</sup>

フン面積3.14cm<sup>2</sup>とする。(フンが頭よりも小さいため、フンが一個落ちると一人が当たると考える。)



\* 観察の結果、フンの数は一日に平均**5.5個**。

一日に

$$\text{フンの数} / \text{頭の数} \times 100 = 5.5 / 981 \times 100 = 0.56 \% \text{ の確率で当たる。}$$

### 2. 数学的アプローチ

式に数字を代入すると、

$$2l/t\pi = 2 \times 0.2 / 13\pi = 0.0096664389341$$

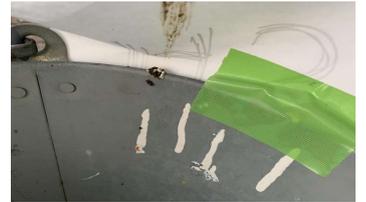
$$(\text{百分率}) \approx 0.967 \%$$

←ほとんど1%に近い

### 3. 物理的アプローチ

シミュレータを使って実験したが正確なデータが取れず...

→鳥フンの粘度、空気抵抗を考慮して再度シミュレーションを行い、下の写真のようにバケツに水を張って鳥フンを採取、粘度計を用いて粘度を測る。



## ④まとめ・考察

生物的アプローチ・数学的アプローチ

→1%には満たないものの、インターネットで調べたものよりは遥かに高い確率

(しかし、条件をかなり絞っているため、完璧に正確であるとはまだ言い難い。)

また、生物的アプローチの実験では...

1日のフンの数を**平均5.5個**であるとして計算しているが、前半のフンの数は平均6.7個、後半は平均4.3個となっていた。

(観察をするときは毎日掃除をして、次の日また数えていた)

ここで考えられるのはハトが、フンが多いところにあえてフンをする、または掃除がされていないところに好んでフンをしやすいのかもしれないということだ。

(ハトは直腸でフンのタイミングは恣意的に決められないはずであるが)

今後は、物理的アプローチを継続しつつも、ハトにある性質を調べていきたい。

# 糸の癖は弾くことによって直るのか

猿谷 円 三上 結衣 阿部 妃菜

## 要旨

糸にまつわる通説から研究を展開し、実験を開始した。予備実験より予想する限り、糸を引張ることによる癖の直りはある程度の結果が見込めるが、弾くことによる癖の直りは判断しかねる。そこは実験数を増やして明確にしたいところだ。今後は本実験に取り組みつつ、現段階での課題に向き合い解決していくことが求められる。

## 序論

### (1)目的

「糸の癖を直すためには糸を引張り指で弾くと良い」という通説がある。糸に関する研究は数多あるが、糸の癖に焦点を当てた研究は少ない。糸を使う時、癖があると悪い影響が出る場合がある。例えば、編み物の時に癖がついていると作品が歪んでしまう。アイロンやドライヤーを使って癖は直せるが、弾くだけである程度癖が取れたとしたら大幅な時間短縮になる。また、弾くという行為は安全で子供でもでき、家電を使わない点において省エネにも繋がる。私達は、効率・安全・省エネの3つの観点の元、この方法で糸の癖に関して研究を始めた。

### (2)定義

この研究にあたり、「糸の癖」を「糸の折れ目によるねじれ」と定義した。また、「癖の直りやすさ」に関しては、糸の端から端までの直線距離を測り、元の糸の長さにより近い値を「癖が直っている」と定義した。

### (3)仮説

糸についての癖は、ただ引張ったり、しばらくおいておいたりするよりも引張って弾くことで直りやすくなる。

## 実験方法

糸を3つの条件のもとで用意して(下記 i、ii、iii)、端から端までの直線距離を計測して比較した。

(1)糸の癖は、糸を濡らし、500gの重りを吊り下げて 乾かすことで取り除いた

(2)500gの重りを糸に吊り下げて、糸をプラスチック 容器に巻きつけ、癖をつけ直すことで、糸の条件を できるだけ変えずに実験を行えるようにした

### ○条件

- ・同じ長さの糸3本を使用する。
- ・1本はそのまま放置(i)、1本は重りで引張り(ii)、1本は重りで引張り装置を利用して一定の間隔(約1回/5秒)で、物体を自由落下させて打撃(弾く動き)を与える(iii)。
- 一本の糸につき、装置に糸を取り付けてから2分間の実験を行った。



(3)糸の片端をテープで固定。  糸の巻き付けの様子

試験片の端とそれと異なる糸とを結んで引張ることに

 糸の引張装置

り試験片が傷まないようにした

(4)500gの重さで引張った状態で上記の条件に合うよう実験を行い、切断した

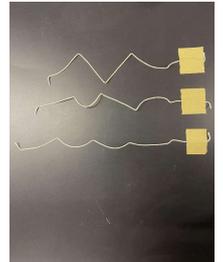
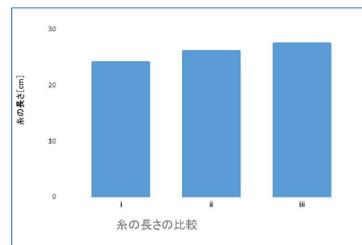
(5)糸の長さを測定



## 実験結果(予想)

まだ実験に至っていないので、事前に行った予備実験を元に結果を予想した。

→予備実験の結果(写真)  
上から i、ii、iii



i と ii、iii との差異は明確になることがほぼ確実だが、ii と iii との差異は曖昧である。

## 課題

・実験(データ)数が少ない

・弾いた時の効果は打撃によるものか、それとも振動によるものかという判断

・装置の改善

巻き方、引っ張り方、弾き方、弾く位置を正確にしたい癖をもっと強くしたい。

実験中に人的な力がかかってしまう問題を解決したい。

弾く装置をより重く、安定して同じところに当たるようにしたい(モーターを使った装置を検討中)。

・計測の仕方が最善かどうか

・使っている糸は実験に最も適したものか(現段階では糸にこだわりなし、使用理由としては入手が簡単だったから)

## 参考文献

・「糸の衝撃引張りに関する理論」藤野清久 1932年

[https://www.istage.ist.go.jp/article/transitmsj1948/5/9/5\\_9\\_493/pdf-char/ja](https://www.istage.ist.go.jp/article/transitmsj1948/5/9/5_9_493/pdf-char/ja)

・「減衰のあるときのひもの運動と非線型シュレディンガー方程式」小貫明 1986年

[https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo\\_10933365\\_po\\_ARTO008483681.pdf?contentNo=1&alternativeNo=](https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_10933365_po_ARTO008483681.pdf?contentNo=1&alternativeNo=)

### 要旨

響く歌声で歌うことができるようになるために響く歌声と響かない歌声の波形を調べ、響く歌声特有の波形があるか調べた。響く声を定義できなかったこと、複数の人物の声を比較したことで人によって波形に特徴があるので、響く声特有の波形が判断できなかったことなどの理由から、今回の実験は仮説の検証が出来なかった。

今後の実験では、「響く声」を数値化して定義し、同一人物の響く声と響かない声を比較しようと思っている。

### 1序論

#### (1)目的

合唱を行う際に響く声と響かない声がある。自分の声は響きづらいと感じている。そのため、響く声と響かない声では、何に違いがあるのか調べようと思った。実験結果が可視化できるものが良いと思ったのでオシロスコープを用いることにした。

響く声と響かない声ではオシロスコープの波形にどのような違いがあるのかを調べ、響く声特有の波形があれば、その波形に近づけるように発声することを心がけることで、練習がしやすくなると考えたためこの実験を行った。

#### (2)仮説

響く声はなめらかな波形で、響かない声はギザギザした歪な波形をしている。

### 2実験方法

音程、音量を同じにした5人の被験者の歌声の波形をオシロスコープで観察する。

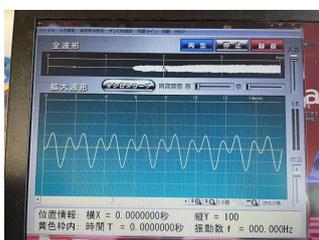
(オシロスコープ: 振駆郎)

声が響くA,S,M,Yさんと私の声を比較する。

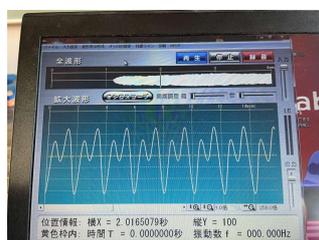
- ・音程 ピアノの下から51番目の音(シ)
- ・母音 ア
- ・マイクからの距離 15~30cm位
- ・五秒くらい伸ばす

### 3 結果

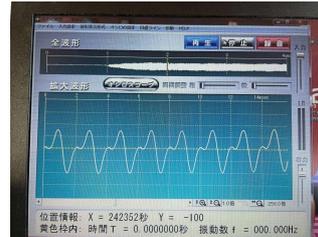
Mさん



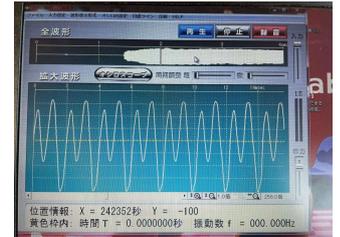
Aさん



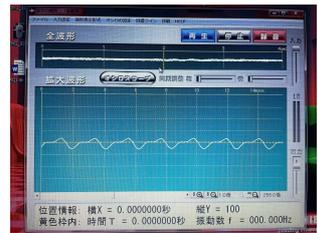
Sさん



Yさん



響かせない声(自分)



響かそうとした声(自分)



基本の形は山が2つ、谷が2つ。

人によって声の波形は異なった。

響かない声でもギザギザした波形ではなく、滑らかな波形であった。

音量を揃えることが難しく見た目での判断が不可能。

### 4考察

今回の結果では仮説は検証できなかった。

原因は2つ考えられる。

1つ目は、同一人物の声の波形を観察しなかったことである。人によって声に特徴があるため、波形にも特徴があるとされている\*。そのため、複数の人物の声を比較して響く声の波形の特徴を見つけ出すことは不可能であったと考えられる。

2つ目は、『声が響く』ということを実験できなかったことである。声が響くには様々な要因が絡まり合っており、その数ある要因のうちの一つを取り出して、『声が響く』ということを実験できなかったことである。

次回の実験では、響く声を定量化して定義し、今回協力して頂いた、声が響く方々に、声を響かせる歌い方と響かせない歌い方をしてもらって、同一人物間で声の波形を比べていと思う。

### 5参考文献

\* <https://ir.lib.fukushima-u.ac.jp/repo/repository/fukuro/R000000773/2-80.pdf>

# 台車の振動を減らすには？

名前 中島友里奈 星野明日香

## 要旨

車輪の個数による台車の振動について実験を行った。紙コップに水をいっぱいに入れて、台車に取り付けて、杓摺を乗り越えさせて、こぼれた水の量を測定した。その結果、車輪を3個にした場合は平均値が31.61g、5個にした場合は38.28gで1%水準での有意差が認められた。よって、車輪を3個にしたときのほうが振動が少ないと考えられる。

## 序論

### (1) 目的

台車では、大小様々な荷物、また食品から薬品まで多くのものを運搬する。その中には一輪のものからいくつも車輪があるものがあり、振動に強いものもあれば弱いものもある。そこで、台車に取り付ける車輪の個数を変えたときに振動がどのように変化するかを調べ、荷物を運ぶ時に活かせたらと思い、この実験を行うことにした。

### (2) 仮説

台車に取り付ける車輪の個数が多いほうが台車が安定するので、車輪を増やしたほうが台車を受ける振動は少なくなると思う。また、車輪を増やせば増やすほど1つの車輪にかかる圧力が小さくなり、その結果、台車が段差を乗り越えるときに、軽く越えられて振動も少なくなるのではないかと考えた。

## 実験方法

### 〈実験に用いた装置〉

プラスチックダンボールを半径15cmの円形に切り、そこに車輪を放射線状に3個、5個取り付け、台車とした。その上にトレイを載せ、更にもう一つ紙コップを3つ重ねたものを強力な両面テープで固定し、紙コップが揺れないようにした。

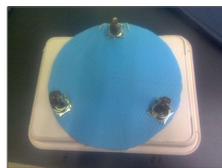
### 〈実験方法〉

上記の装置を用いて車輪を3個にした場合と5個にした場合をそれぞれ10回ずつ実験を行った。

実験は、地学室の後ろの扉の杓摺を1回乗り越えさせて、こぼれた水の量を電子天秤で測定し、より水がこぼれたものを振動が大きいものとして実験を行った。

### 〈測定方法〉

- ①紙コップを3つ重ねて水を紙コップにいっぱいまで入れる
- ②紙コップの質量を電子天秤ではかる
- ③台車に強力両面テープで紙コップを固定し、2Nのばねばかりを用いて杓摺を乗り越えさせる
- ④紙コップの質量を再度電子天秤ではかる
- ⑤測定した値を実験前の値で引き、こぼれた水の量を振動の大きさを示す指標とする。



車輪の配置 3個



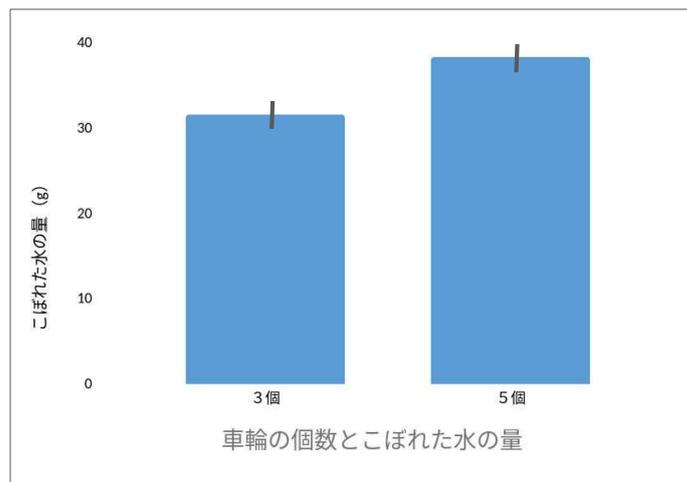
車輪の配置5個



実験場所とその様子

## 実験結果

定量的なデータを表やグラフで表す。



上のグラフ中の\*\*は対応のあるt検定で1%水準で有意差が認められたことを表す。  
(n=10)

## 考察

この実験の結果、仮説とは異なり、台車に取り付ける車輪の数を3個にした方が5個にしたときよりも振動が小さいということが分かった。その要因としては、車輪が少ないほうが段差を越える回数が少ないことや、床や杓摺の小さな摩擦を受ける回数も少ないことなどが挙げられるのではないかと考える。

この実験結果を踏まえ、今後はまず車輪を4個に固定し、正方形にした場合、横向き1列にした場合、縦向き1列にした場合の3種類についてデータを集め、車輪の配置によって台車の振動がどのように変化するかを比較し、やはり、車輪を3個にするべきなのか、それとも配置の工夫次第でもっと振動が少ない条件があるのかを調べていきたい。

## 参考文献

振動について

[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000674406.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000674406.pdf)

段差による振動の仕組み

<https://www.kensetu.metro.tokyo.lg/content/000010052.pdf>

# メガホンを作る紙の種類によって音の大きさは変わるのか？

五安城 琴末 中島 瑞葵

## 要旨

音を大きくするための方法を調べるためにメガホンに注目し、メガホンの材質によって音の大きさに差があるのかを研究する。紙の厚さが厚いほど背面に抜けるエネルギーが少なくなるため、紙の厚さが厚い(普通紙→折り紙→わら半紙→半紙)順に音が大きくなると仮説を立てた。音源にそれぞれの材質で作ったメガホンを当て、騒音計で音圧を調べたところ、半紙と折り紙のみ差が見られ、折り紙のほうが音が大きくなるという結果が得られた。今後はなぜ半紙よりも折り紙のほうが音が大きくなったのか調べていきたい。

## 序論

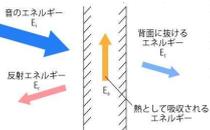
### (1)目的

体育の授業や、警察のパトロールなど、声をより大きく届ける為の手段として「メガホン」の使用は一般的に知られている。しかし一般的な手段であるが故に一口にメガホンと言っても少しずつ異なる特徴を持つものが数多く存在する。メガホンの形状については、遠くの限られた場所に音を伝える為には開口端直径が波長よりも十分に長い物が良いことが分かっている(1999 西村拓ら)。そこで異なる材質で作られたいくつかのメガホンの中から、最も大きく音が届いたメガホンを特定しそれから考えられる声を大きく届ける材質の特徴を調べたいと思い、研究を開始した。

### (2)仮説

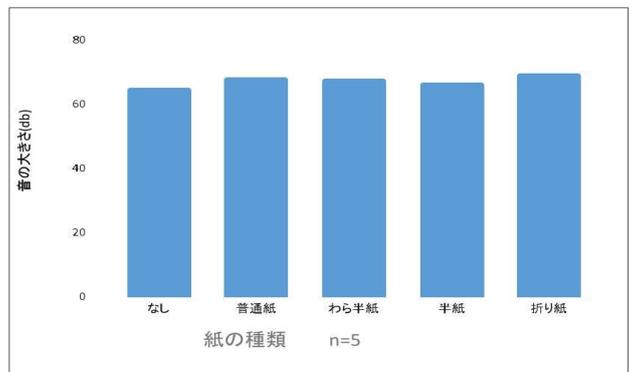
紙の厚さが厚い順(普通紙→折り紙→わら半紙→半紙)で音は大きくなる。根拠は音が伝わる仕組みから、物質の厚さが厚いほど、

背面に抜けるエネルギーが少なくなり、その  
云える為に使われるの  
このほど音を大きく伝えられるのでは  
考えた。



## 実験結果

	なし	普通紙	わら半紙	半紙	折り紙		
平均		65.2	68.5	68.4	67.0	69.7	#DIV/0!
標準偏差		0.2	0.3	0.5	0.3	0.9	#DIV/0!



- ・メガホンを当てない場合と紙の種類に関わらず、メガホンを 当てた 場合では、メガホンを当てた場合の方が音が大きく なった。
- ・半紙と折り紙では、統計的に差異が見られ、折り紙のほうが 音が 大きくなった。
- ・半紙と折り紙以外の紙の種類の間には統計的に差異が見られ な かった。

## 実験方法

普通紙、わら半紙、半紙、折り紙を図1のようにメガホンの形状に準備した。メガホンは、折って貼り付ける部分を一致させることで同じ形状となるようにした。物理室の対角線上の机の上(図2、図3)に音源(スマートフォン)を用いてYou Tubeの時報の音の動画[<https://www.youtube.com/watch?v=IcbMZkCYRdM>]を流したものと騒音計(スマートフォンのアプリ『デシベルX』)を置いた。メガホンを当てない場合と4つのメガホンの小さい方の口の部分(図の下部)をスマホにそれぞれ当てた場合の計5つの条件に分けて実験を行った。また、実験は同じ日に5回行い、湿度や温度などのその他の条件が極端に変わらないようにした。

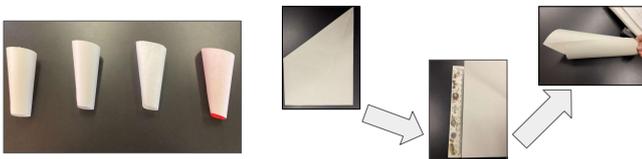


図1:メガホン(左から普通紙、わら半紙、和紙、折り紙)



図2:音源を置いた場所



図3:騒音計を置いた場所

## 考察

今回の実験で、半紙と折り紙以外に有意な差異が見られなかったことや折り紙と半紙には差異が見られるが、折り紙よりも厚い普通紙と半紙には差異が見られなかったことから、紙の厚さのみを考えた順番で音が大きくなるという仮説は否定される。しかし、紙の厚さが音の大きさに全く関わらないということまでは言うことができない。紙の厚さだけでなく、他にも音の大きさに関わる要素があるという事が考えられる。これからの展望としては、半紙と折り紙の間に見られた差異に注目し、その理由の究明を行う。普通紙、わら半紙、半紙、折り紙のそれぞれの性質の違いを詳しく調べることで音が大きくなる要因を探ることができるのではないかと考えている。

## 参考文献

- ・Tach Note powered by IPROS  
(<https://www.ipros.jp/technote/basic-soundproof>)
- ・(先行研究)メガホンについての研究(1999)  
([https://www.istage.jst.go.jp/article/pesitaikai/16/0/16\\_85/article-char/ja/](https://www.istage.jst.go.jp/article/pesitaikai/16/0/16_85/article-char/ja/))

# コーヒーの温度とカフェイン量の関係

1536 柳澤凜

## 要旨

夜中に勉強する時や集中力を高めたい時に活躍するのがコーヒーである。しかし、コーヒーを飲みすぎて夜眠れなくなってしまったという経験がある人も多いのではないと思われる。そこで、アイスコーヒーに比べて、ホットコーヒーの苦味が強いことに着目し、同じコーヒーを飲んでも温度が低いほうが眠気軽減効果がほどよく弱まるのではないかと考えた。しかし、前女の実験道具ではカフェイン含有量を測ることが困難であり、困っている。

## 序論

### (1)カフェインとはなにか

主な作用として、覚醒作用、脳細動脈収縮作用、利尿作用がある。医薬品としても使用され、ねむけ、倦怠感、頭痛等に効果があるが、不眠、めまいなどの副作用があらわれることもある。中毒性もあり、毎日コーヒーを12~13杯飲んでいたら人がカフェイン中毒で病院に運ばれた例もある。成人男性の場合、10~12g以上の摂取が危険とされている。

### (2)仮説

コーヒーの温度が低いほどカフェイン含有量はすくなくなる

## 実験方法

### ①昇華法

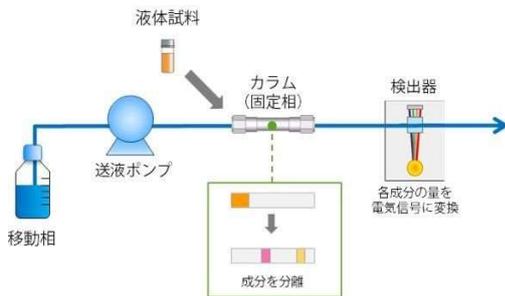
液体(この実験の場合コーヒー)を熱して、溶けている物質を取り出す方法

・この方法では、結局加熱してしまうので、温度による違いを見ることが不可能であり適用できない。



### ②高速クロマトグラフ

高速クロマトグラフィーを用いて実験を行う方法



・高速液体クロマトグラフ(HPLC)は、液体の移動相をポンプなどによって加圧してカラムを通過させ、分析種を固定相及び移動相との相互作用(吸着、分配、イオン交換、サイズ排除など)の差を利用して(比率は物質によって異なる)高性能に分離して検出する分析方法

・この方法で実験を行うことは可能であるが、難しい実験なので、正確な値が出るかわからない。

### ③紫外可視分光光度計

私たち人間でも物質の色から

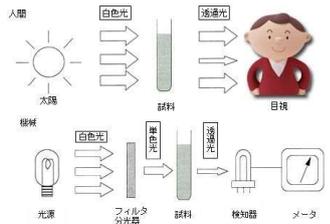
大まかな吸収波長を予測したり

色の濃淡などを見分けること

ができるが、正確な波長はわ

からない。また、紫外域は人間の目には見えない。そこで、正確で、紫外域も測れる装置「紫外・可視分光光度計」がある。分光光度計では太陽のかわりに人工光源を、人間の目のかわりに検知器とメーターを使って色(波長)を測る。分光光度計では白色光を物質に直接に当てるのではなく、プリズムや回折格子を使って光を各色に分けて、その一つ一つの色(単色光)を順番に物質に当てて(「スキャン」する、という)各色の吸収の大きさを測っている。

・この実験方法が最も正確に簡単に測定できるが、前女の分光光度計では、紫外域をはかることがこんなである。



## 仮説結果

温度	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
カフェイン量	10mg	20mg	30mg	40mg	50mg	60mg

・温度とカフェイン量は比例し、温度が低いほどカフェイン量は少なく、温度が高いほどカフェイン量は多くなるのではないかと考えた。

→カフェインはお湯に溶けやすく、水に溶けにくいから。

・コーヒー内のカフェイン平均量は100mlあたり60mgで沸騰したお湯でコーヒーを飲む人が多いと考えたので、100°Cではカフェイン量は60mgではないかと思いそれを基準に比例を考えた。ただし、実際にこれほどの差が出るかは不明。

## 参考文献

カフェインの抽出はできるか<https://www.nagano-c.ed.jp>

人間と分光光度計の違い<https://www.hitachi-hightech.com>

高速クロマトグラフィーの原理と応用<https://www.jaima.or.jp>

# 精油によるアンモニアの化学的・物理的消臭

SS探求 1年4組 石川 真衣

## 要旨

この研究では、精油でアンモニアを化学的・物理的消臭し、生活に活かせるようにすることを目標としている。そこで私は、精油にはアンモニアと化学反応を行う成分が含まれていると考え、このことを検証するために、精油を使った対照実験を行ったが、いくつかの点で問題があり、今回の実験だけでは仮説を立証することができなかった。今後は、実験を通して考えられた問題点を改善して、目標達成を目指したい。

## 序論

### (1)目的

精油は、マスキング法やベアリング消臭などの感覚的消臭法で、悪臭原因物質の一つであるアンモニアを、環境に悪影響を与えずに消臭できるといわれている。そこで本実験では、感覚的消臭法ではなく化学的・物理的消臭をすることができないかを調べる。さらに、消臭効果を及ぼす精油に共通して含まれている物質に注目し、日常生活で活かすことができないかを考察する。

### (2)仮説

精油の中には、化学反応によりアンモニアに対して高い消臭効果を発揮する成分が含まれている。

## 研究方法

今回は、人間がアンモニアに10分間曝露された際に軽微な刺激を受けるといわれている30ppm~1ppmを検知できる検知管を用いて濃度を測定し、この濃度が小さくなることを「消臭効果あり」とすることにした。

比較する精油: グレープフルーツ精油(柑橘系)  
真正ラベンダー精油(フローラル系)  
リツエアクベバ精油(ハーブ系)  
ユーカリ(樹木系)

### 実験手順

1.密閉容器を二つ用意し、それぞれ容器A、容器Bとする。

2.容器Aにアンモニア水※を1ml入れたシャーレを入れる。同時に、容器Bにアンモニア水を1ml入れたシャーレとグレープフルーツ精油を1ml入れたシャーレを入れる。

3.容器A、Bともに蓋を閉めた時間を0分とし、3、30、60、330、450分後に検知管でアンモニアの濃度(ppm)を測る。

同様に、残りの三種類の精油でも実験をする。実験結果を表やグラフにし、容器A、Bにおける濃度減衰勾配を比較する。

※ アンモニア水は0.1mol/Lに希釈したものを使用した。

## 結果

表① 容器A

経過時間(分)	アンモニア濃度(ppm)
3	20~25
30	30以上(測定可能目盛範囲外)
60	30以上(測定可能目盛範囲外)
330	25~35
450	25



表② 容器B

経過時間(分)	アンモニア濃度(ppm)
3	10~15
30	30以上(測定可能目盛範囲外)
60	30以上(測定可能目盛範囲外)
330	15
450	10~15



## 考察

表1、2から容器Bにおいてアンモニアが容器内に充満したと考えられる30分後の濃度と比べて、時間の経過とともに値が小さくなったことが分かる。一方で、アンモニアのみを入れた容器Aでもアンモニアの濃度が低くなっている。

このことから、容器Bでの濃度の低下は、精油だけの影響とはいえない。容器の密閉性が十分ではなかったため、容器内の気体が容器外に漏れてしまったと考えられる。

また、容器内にアンモニアや精油成分が充満する時間を考慮する必要がある、測定時間の見直しが必要であることが分かった。

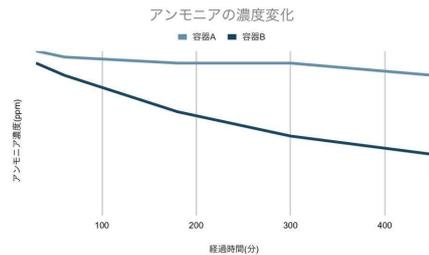
さらに、容器A、Bともに測定可能目盛範囲外の値が出てしまったので様々な点で正確な実験であったとはいえない。

容器Aについては、今回使用したのもより目盛範囲が大きい検知管を使用することで、より正確な結果が期待できる。

容器Bについては、検知管の目盛範囲を変えることはできないが、シャーレに入れるアンモニア水と精油の量を見直すことで改善できるのではないかと考える。

今回の実験のみでは、仮説は検証されなかったといえる。

以上の点を考慮したときに予想されるアンモニアの濃度変化は以下の通りである。



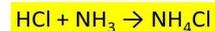
## 今後について

今回の実験を通して、色々な成分が少しずつ含まれている精油を消臭実験に使うと、何が影響しているのかを考えることや、減衰勾配が比較しにくいことなどがあり、難しいことを改めて知った。

そのため、今後は身近にある物質で、比較的多くの精油に含まれているリモネンに注目して実験を行おうと思う。リモネンによるアンモニアの消臭実験は、既に先行研究があるが、それらは序論でも述べたとおり、感覚的消臭だとされていた。そこで私は、リモネンによるアンモニアの化学的・物理的消臭が可能だと考え、仮説の立証を目指すことにした。

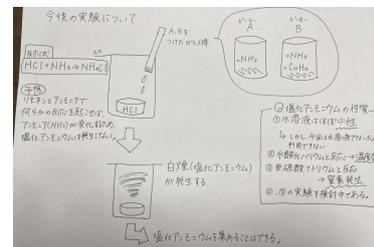
リモネンとアンモニアが化学反応を起こすのか文献を調べたが見つかることができなかった。よって、最初に2つの物質が反応するのかを調べる実験を考えた。

塩化水素とアンモニアの混合で白煙  
(塩化アンモニウム)を生じる反応式



上に示したように、塩酸とアンモニアが化学反応することは知られている。このときに発生する塩化アンモニウムの性質を利用して、リモネンとアンモニアが反応を示すのか確認したいと思っているが、実験方法が確立していないため、まだ実行は難しい。

今後は、新たに仮説や実験方法を検討し、リモネンによるアンモニアの化学的・物理的消臭を目指していきたいと思う。



## 参考文献

- ・澁谷 栄, 山内 繁, 桐越和子, 谷田貝光克(2018), 「木酢液類の消臭機能へ及ぼす中和の効果」, 木材学会誌 Vol. 64, No. 1, p. 17-27 (2018)
- ・奈良 松範, 河田 聖史(2008), 「新しい脱臭方法の開発にかか研究」, 土木学会第63回年次学術講演会(平成20年9月)
- ・大平 辰朗(2015), 「樹木精油成分による空気室の改善」, 木材学会誌 Vol. 61, No. 3, p. 226-231 (2015)
- ・大迫 政浩, 西田 耕之助(1989), 「芳香系消臭剤の感覚的消臭機構に関する研究」, 原著・芳香系消臭剤の感覚的消臭機構に関する研究
- ・Integrated Risk Information System National Center for Environment Assessment Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. Toxicological Review of Ammonia[CASRN 7664-41-7] Noncancer Inhalation Supplementary Information(2016).

# 大和芋のネバネバを用いた水質浄化の検討

SS探究 1年 尾崎文郁

**要旨** 大和芋の粘質物(ネバネバ成分)を利用して、水中に浮遊するマイクロプラスチックの除去が可能であるか検討した。

## 序論

### (1)背景および目的

現在プラスチックによる環境汚染が深刻な問題となっている。特に波や砂に揉まれ5mm以下となったマイクロプラスチックは生態系に与える影響や人体への影響が懸念されている。マイクロプラスチックは小さいために沈殿することなく常に浮遊し続けること、化学的に安定であるため分解されずに長い時間存在することから、水中からの除去は難しく未だ除去技術は確立されていない。

一方、大和芋は長芋よりも強い粘りを有する食品であり、地元群馬県太田市は全国でも有数の大和芋生産地となっている。大和芋の収穫から市場への販売過程において、形の悪い芋や端切れなどは商品価値がないため、その多くが捨てられている。廃棄される大和芋を利用し、その強い粘質物で、水中に浮遊するマイクロプラスチックを絡め取り沈殿させることができなかと考えた。そこで、マイクロプラスチックの凝集作用があるかを調べることを目的とした。



### (2)仮説

大和芋の粘りには、水中を浮遊するマイクロプラスチックを凝集させる作用がある。

## 実験計画

### 1.納豆から粘質物抽出

1-1.納豆と水を1:1の重量比でビーカーに入れよくかき混ぜる。

1-2.ガーゼで豆を濾して取り除き、できた液体をエキスとする。

### 2.大和芋から粘質物を抽出

2-1.大和芋をすりおろす。

2-2.大和芋と水をビーカーに入れ、よくかき混ぜて粘質物を抽出しガーゼで濾過する。加える水の量を調整することで、粘質物の粘性(濃度)を調節する。

### 3.マイクロプラスチックの作製

3-1.直射日光に当たり劣化したプラスチック製洗濯ばさみを割り、重量を測定する。

3-2.乳鉢を用いて5mm以下となるように細かく粉碎する。

3-3.一定量の水を入れたビーカーに、3-2のプラスチックを入れる。このビーカーセットをいくつか準備し、それぞれに1と2の粘質物を入れたものといれないものを作製する。溶液はよくかき混ぜる。

### 4.マイクロプラスチック沈殿様子測定

4-1.吸光度計による測定

3-3.の溶液の一部を吸光度測定用アンプルに入れ、よくかき混ぜた後、吸光度計にセットする。時間を計りながら溶液の吸光度を測定していく。吸光度の時間的変化が沈殿の様子を表すと考えることができる。

### 4-2.顕微鏡による測定

一定時間経過した3-3の溶液をプレパラートに一定量採取する。採取はビーカー内溶液の上澄みや沈殿層ではなく、中間層から取る。顕微鏡にて、実際に含まれるマイクロプラスチックの数を数える。

## 期待できる実験結果

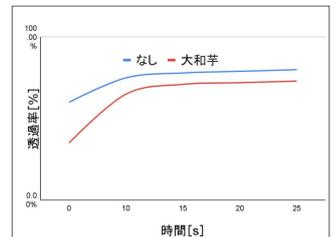
簡易的な実験を行った予備実験の結果を写真1に示す。写真左はマイクロプラスチックを含む水にすりおろした大和芋を加えかき混ぜて数分間放置した後の水溶液である。右は大和芋を加えていない場合のかき混ぜた水である。表面に浮いているのはやや大きめのプラスチック片である。光を当てて水溶液を観察すると、右の大和芋を加えていない水では、細かなプラスチック片が長い時間浮遊していた。一方、左の大和芋を加えた液では、大和芋の成分により溶液は白く濁ってしまったが、一定時間の後、写真に示すように沈殿物とそうでない部分が分離し、中間層ではプラスチック片は若干少なくなっているように見えた。



写真1.予備実験

(左:水+プラスチック+大和芋、右:水+プラスチック)

実験4-1で期待できるグラフをグラフ1(横軸:攪拌後の時間、縦軸:光の透過率)に示す。時間に伴う水溶液透過率の変化を見ることで、大和芋粘質物によるプラスチックの凝集作用を調べる。大和芋を入れた場合(図中



グラフ1.時間に伴う透過率の変化予想

赤線)は、溶液が白濁すると考えられるため、溶液自体の透過率は低くなると予想される。しかし、粘性物の凝集作用により溶液中のマイクロプラスチックが沈殿する結果、より早く透過率が上昇し、その変化量も大和芋を加えていない溶液(図中青線)よりも大きくなると予想した。

## 展望

今後研究を進め大和芋にマイクロプラスチックの凝集作用があるのかを調べていきたい。商品価値のなかった大和芋の切れ端の新たな利用方法を発見し、地元太田市の地域活性化に役立てたい。

## 参考文献

- ・ヤマイモ粘質物の性状と構造の解析 津久井学
- ・世界中の人々が安全な水を飲めるように(日本ポリグル株式会社)小田 兼利
- ・ナメコキスの化粧品原料としての有用性に関する基礎研究 塚本達郎 内田裕貴 鈴木淳一 森田晃世 吉田大祐



図1.大和芋による凝集作用(イメージ図)

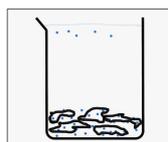


図2.大和芋の粘質物により沈殿する様子(イメージ図)

# チョークの防菌・殺菌効果

班名 名前 柴崎 あかり 平形 彩乃

## 要旨

チョークの主成分が炭酸カルシウムであることを利用して、通常は廃棄されるチョークを防菌に役立てられるのではないかと考えた。そこで表面にチョークをかけた平板培地でカビを培養し、何もかけない培地、炭酸カルシウム、ガーゼをかけた培地で培養したものと比較した。その結果、チョークには防菌効果がありそうだと分かった。しかし、それらを数値化することができず再現性がない。そのため、段階希釈でカビの種類・数を統一しようと考えている。

## 序論

### (1)目的

チョークの主成分が炭酸カルシウムであるホタテの貝殻から製造されているため、チョークの約92%が炭酸カルシウムである。そして炭酸カルシウムには、防菌・殺菌作用があるため、チョークにも同様の効果があるのではないかと考えた。通常は廃棄されるチョークを再利用して学校の環境を清潔にすることができるのではないかと思い、研究テーマにした。

### (2)仮説

チョークには、防菌効果がある。

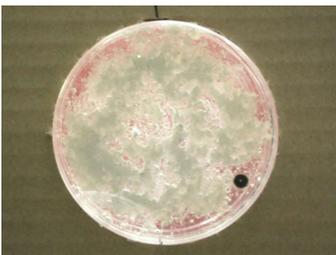
## 実験方法

### [1]防菌効果があるか調べる

1. 平板培地(ポテトデキストロース寒天培地5.3g)の表面に[a]チョーク、[b]炭酸カルシウム、([a][b]それぞれ2.0g)表面に[c]ガーゼ(熱湯消毒済)をかけたものと[d]何もかけないものを5つずつ用意する。
2. これらを200分間空気に触れさせる(落下菌法)。
3. ふたを開けて25.0°Cのインキュベーター内で5日間培養する。
4. カビのコロニー数を数える。  
※カビの種類・数を統一できなかった

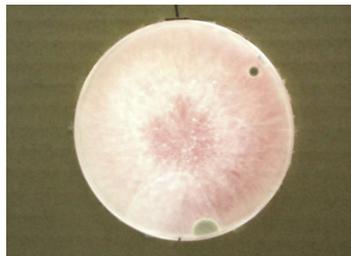
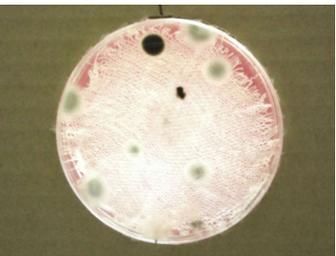
a

b



c

d

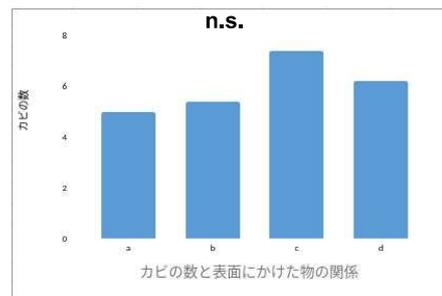


[2][1]が数値化できるように段階希釈をしてカビの種類が統一され、カビのコロニー数と希釈濃度が比例するか調べる。

1. カビの胞子を精製水に入れ、100倍から1000万倍まで段階希釈する。
2. 平板培地(ポテトデキストロース寒天培地)の表面に1を1ml塗り広げたものを4つずつ用意する。
3. これらを25.0°Cのインキュベーター内で3日間培養する。
4. カビのコロニー数を数える。

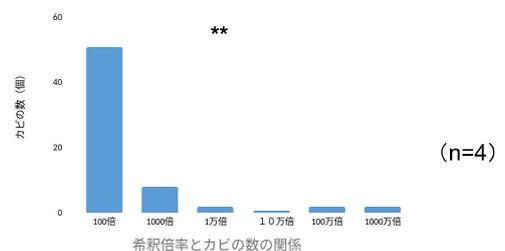
## 実験結果

### [1]



・写真では差があるように思えるが、カビの種類や数を統一出来なかったため、カビのコロニー数では結果の比較が不可能である。

### [2]



- ・100倍のときは各培地に生えるカビのコロニー数がほぼ等しかった。
- ・倍率が高くなると培地ごとのコロニー数の差が大きくなってしまった。
- ・倍率とカビの数は比例しなかった。

## 考察

### [1]

チョークには防菌効果があると考えられる。しかし、空気に触れさせてカビを培養する方法ではカビの種類と数を揃えられないので定量化と再現性が非常に困難であることが分かった。

### [2]

操作が増えるほど、正確な数値を出すことが難しくなるのではないかと考えた。また、実験回数が足りないため、より多く同じ実験を行い再現性があることを証明したい。

(今後の予定)

[2]の方法でカビが生える前の培地にチョークをかけて防菌性を確かめたい。また、カビにチョークをかけて殺菌性を確かめたい。

## 参考文献

微生物検査の基礎知識

<https://cosmokai.com/testingmanual/>

細菌の増殖の測定

<http://www.hitomils.jp/>

# あみだくじの公平性を調べる

前橋女子高等学校1年 今泉美佳

## 要旨

私の実験内容はあみだくじをより公平にする方法とより不公平にする方法を調べるというものだ。

先行実験の中であみだくじの縦棒と横棒があみだくじの公平不公平に深く関わりがあることがわかり、まずはその関係性について調べてみることにした。

## 序論

### (1)目的

あみだくじは日本が生み出したものだというをご存知だろうか？また、2つの出発点から同じ終着点に着くことがないということを背理法を使い、証明できることをご存知だろうか？これらは私にとってとても興味深いものに見え、あみだくじについて詳しく知りたいと思い、実験を始めた。先行実験の中であみだくじの横棒の本数を増やせば増やすほど公平になっていくことがわかっている。しかし、どのような条件でより不公平になり得るのか明記されている論文が見つからない。今回の実験目的はこういったあみだくじの公平不公平がどこから決まってくるのかを調べるためである。

### (2)今回の実験

あみだくじの横棒の位置を変えると確率はどのように変わるのだろうか。

### (3)仮説

横棒が偏在であるもののほうが場合の数に偏りがあると考える。

### (4)用語の定義

<横棒が均等に並ぶあみだくじ>

縦棒の間にある横棒の本数が均等になるあみだくじ。(図1)

<横棒が偏在に並ぶあみだくじ>

縦棒の間にある横棒の本数が偏つ

ているあみだくじ。均等とは偏在の反対語である。(図1)

<公平>

今回実験結果を右の図のように記録

する。出発点をABCD、終着点を

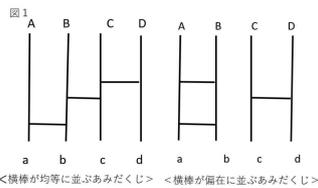
abcdとし、公平の場合は一つの出発

点に対して終着点に行く数が一定と

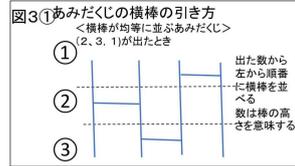
なっている。

例)出発点Aから終着点aに行く回数はAとaの交差する位置にある

数である。



公平の場合 (施行100回)		A	<出発点>
a	25		
b	25		
c	25		
d	25		
			<終着点>



5. それぞれのあみだくじを100本用意する。

6. 出発点からabcdいずれかの終着点に行く数を記録する。

例)Aからaまでのルートを記録する場合、百回の施行でaに到達した回数をAとaの交差する箇所記録する。

## 実験結果

実験の結果は次のとおりである。

<横棒が均等に並ぶあみだくじの結果>

	A	B	C	D
a	0	48	33	19
b	52	0	20	28
c	28	19	0	53
d	20	33	47	0

<横棒が偏在に並ぶあみだくじの結果>

	A	B	C	D
a	63	25	12	0
b	25	42	23	10
c	12	23	35	30
d	0	10	30	60

結果として<横棒が均等に並ぶあみだくじ>にも

<横棒が偏在に並ぶあみだくじ>にも到着する箇所に偏りが生まれた。ここから横棒が3本のあみだくじに公平性が見られないことがわかる。

ただし今回の実験で発見したことがある

・<横棒が均等に並ぶあみだくじ>ではA-aのように出発点の真下の終着点には必ず到達しない。

・<横棒が偏在に並ぶあみだくじ>では出発点の真下の終着点に最も多く到達する。また、一つの出発点に対して最も遠い終着点に到達する数は最も少なくなる。A-d,D-aに関しては元々行くために必要な本数に

満たないため、必然的に到着することは無い。

## 実験方法

1. 縦棒が4本、横棒が3本のあみだくじを用意する。乱数メーカーによって無作為に1から3までの数字を並べる。

2. 出発点を左からABCD、終着点を左からabcdと固定する。(図2)



3. 1. で数字が重複しない数の組み合わせを<横棒が均等に並ぶあみだくじ>の横棒の位置を決める数とする。

図3①のように横棒が並ぶようにする。

4. 1. で数字が重複する数の組み合わせを<横棒が偏在に並ぶあみだくじ>の横棒の位置を決める数とする。図3②

のように並ぶようにする。

## 考察

今回の実験の仮説が肯定されたかどうかはどちらとも言えないと言える。2グループのあみだくじのどちらも到達する数に偏りが見えたからだ。

到達しない終着点の多い<横棒が均等に並ぶあみだくじ>のほうが偏っていると言えるのかどうかの結論にも至っておらず、これから更に多くの条件で実験を行う必要性が見えてきた。

今回の実験で定義できる可能性のあることは、『縦棒がn本、横棒がn+1本であり、横棒が重複した場所がないときに出発点の真下にある終着点には到達しない』という事だ。これからこの規則性が他の条件であっても成り立つのかを確かめる必要がある。

## 参考文献・使用したサイト

・マスオ.「あみだくじの確率を計算してみた」.高校数学の美しい物語.

2021/03/07. <https://mathtrain.jp/amida>

・結城 浩.『数学ガール/ガロア理論』.ソフトバンククリエイティブ株式会社.2012/05/31.454ページ.数学ガール

・乱数メーカー-ランダムに数字を発生させます.mpnets.net