

平成 29 年度

理 数 科 課 題 研 究 報 告 書

岡山県立津山高等学校理数科

目 次

[数学分野]

- 素数の研究 1
長江 駿／峰山 直大／河本 和輝

[物理分野]

- 円板におけるヒラリズム運動の周期性 4
中尾 天哉／角南 遼太／渡辺 潤／上谷 萌花／河井 沙奈／丸尾 莉永
- 水に覆われた平面での物体の運動についての研究 8
上原 大和／芦田 雄斗／石原 健成／坂本 涼／杉山 雅和
- いろいろな音と快・不快の関係性 12
山口 卓／菱川 慶人／秀安 京太

[化学分野]

- 界面活性剤と大きな泡の関係性 16
高見 大地／岡本 あかね／杉本 凜／井上 翔太
- デジタルカメラの画像による汚れの落ち具合の測定 20
竹内 章人／池田 健人／頼経 優妃／鈴木 麻佑／土井 南季

[生物分野]

- テンペ菌 (*Rhizopus oligosporus*) が大豆の糖類に及ぼす影響 24
上原 翔斗／入尾 悠太／内田 隆希／武村 直樹／難波 秀誠／難波 匠弘
- ゼブラフィッシュの色に対する反応の基礎研究 28
中西 みのり／西下 直子／岸本 愛生／菊入 葵

[地学分野]

- 津山東部に見られる地形の形成史を探る 33
垣内 真悟／甲元 昌也／小林 拓翔／長谷川 裕哉

[付録] 研究発表ポスター集

本年度も課題研究を進めるにあたり、多くの外部指導者の方々にご指導・ご助言をいただきました。ご多忙のところ、快くご指導をいただき、充実した研究を行うことができました。教員・生徒一同より厚く感謝を申し上げます。

| | | | |
|------|------------|-------|----|
| 研究指導 | 津山工業高等専門学校 | 佐藤 紳二 | 教授 |
| | 津山工業高等専門学校 | 曾利 仁 | 教授 |
| | 美作大学短期大学部 | 桑守 正範 | 教授 |
| | 美作大学短期大学部 | 栗脇 淳一 | 教授 |

| | | | |
|-------|--------|------------|---|
| 外国語指導 | 本校 GSO | 江原 Martina | 様 |
|-------|--------|------------|---|

| | | | |
|------|------------------------|--------|-------|
| 指導助言 | 西粟倉村立西粟倉中学校 校長 | 芦谷 武司 | 先生 |
| | 立命館大学 SR センター | 井上 信 | 顧問 |
| | 高知県立大学文化学部文化学科 | 大村 誠 | 教授 |
| | 広島大学病院国際リンパ浮腫治療センター | | |
| | | 光嶋 勲 | センター長 |
| | 東洋大学食環境科学部 | 後藤 顕一 | 教授 |
| | ベネッセコーポレーション 初等中等教育事業部 | | |
| | | 櫻井 優一 | 様 |
| | 京都大学大学院人間・環境学研究科 | 杉山 雅人 | 教授 |
| | 岡山大学大学院自然科学研究科 | 高橋 純夫 | 教授 |
| | 明治大学総合数理学部 | 田中 美栄子 | 特任講師 |
| | 福山大学生命工学部 | 秦野 琢之 | 教授 |
| | 中部大学 | 福田 良輔 | 客員教授 |

素数の研究

研究者 長江 駿 峰山 直大 河本 和輝

指導者 山田 健太郎 西 浩司

Abstract

The infinite existence of prime number is a matter of common knowledge but we can't predict the next prime number. Despite the efforts of many mathematicians up to today, its regularity has not been found out. Theories of cryptography using that irregularity are the basis of the modern digitized society. Our research aims to identify prime numbers based on the study of the regularity of the sum of the prime numbers up to the odd number turn and the sum of the prime numbers up to the even number turn when arranged in ascending order.

研究の概要

素数が無限に存在することは周知の事実であるが、その出現は予測不可能であり、今日に至るまで多くの数学者たちの努力にも関わらず、その規則性は判明していない。その不規則性を応用した暗号理論は現代のデジタル化社会の基盤になっている。私たちの研究は、小さいほうから並べた時の奇数番目までの素数の和と、偶数番目までの素数の和の規則性の研究をもとに、素数の特定をめざすというものである。

目的

素数に興味を持ち、素数を2組に分けて考えていると、その和が等しくなる分け方や差が1となる分け方があった。そこで、規則性のないことで知られている素数について、和について考えると何らかの規則性があるのではないかと疑問に思った。それをもとに、ある素数までの和から次の素数の予測を可能にすることを目指した。

定義

1. n番目の素数を P_n とする。
2. 奇数番目の素数までの和の半分を S_1 とする。
3. 偶数番目の素数までの和の半分を S_2 とする。(ただし、小数部分は繰り上げる。)

仮説1 : 奇数番目までの素数を二組に分けたとき、それぞれの組の和が等しくなる分け方が存在する。

この仮説は、コンピュータを用いて計算していくことで3001番目までの素数において、成り立つことを確認できた。また、(図1)のように S_1 を構成する素数の個数の増え方が一定になるような分け方が存在することを確認した。図2は P_9 までをそれぞれの組の和が等しくなる素数の組み合わせを示した表である。 S_1 の値が変化しないように左右の素数を入れ替えることで、複数の組み合わせを確認できた。

| n | 左の和 | S_1 | | | | | S_1 | | | | | 右の和 | |
|----|-----|-------|---|----|----|----|-------|----|----|----|----|-----|----|
| 3 | 5 | | | | 2 | 3 | 5 | | | | 5 | | |
| 5 | 14 | | | 2 | 5 | 7 | 11 | 3 | | | 14 | | |
| 7 | 29 | | | 2 | 3 | 11 | 13 | 17 | 7 | 5 | 29 | | |
| 9 | 50 | | | 2 | 7 | 11 | 13 | 17 | 23 | 19 | 5 | 3 | 50 |
| 11 | 81 | 2 | 7 | 13 | 17 | 19 | 23 | 31 | 29 | 13 | 5 | 3 | 81 |

(図1)

| n | 左の和 | S_1 | | | | | S_1 | | | | | 右の和 | |
|---|-----|-------|---|---|----|----|-------|----|----|----|---|-----|----|
| 9 | 50 | | | 3 | 5 | 19 | 23 | 17 | 13 | 11 | 7 | 2 | 50 |
| 9 | 50 | | | 3 | 7 | 17 | 23 | 19 | 13 | 11 | 5 | 2 | 50 |
| 9 | 50 | | | 3 | 5 | 17 | 23 | 19 | 13 | 11 | 7 | | 50 |
| 9 | 50 | | | 3 | 11 | 13 | 23 | 19 | 17 | 7 | 5 | 2 | 50 |
| 9 | 50 | 2 | 5 | 7 | 13 | 23 | 19 | 17 | 11 | 3 | | | 50 |

(図2)

仮説 2 : 偶数番目までの素数を二組に分けたとき、それぞれの組の和の差の絶対値が 1 となるような分け方が存在する。

この仮説も仮説 1 と同様に実際にコンピュータで計算していくことで、 P_{3000} まで成り立つことを確認できた。また、仮説 1 と同様に仮説 2 でも (図 3) のような S_2 , S_2-1 を構成する素数の個数の増え方を一定にすることが出来る分け方が存在することを確認した。(図 4) の表は P_8 までを和の差が 1 になるような素数の組み合わせを示した表である。仮説 2 においても、複数の組み合わせを確認できた。

| n | 左の和 | S_2 | | | | | S_2-1 | | | | | 右の和 |
|----|-----|-------|---|----|----|----|---------|---|----|----|----|-----|
| 2 | 3 | | | | 3 | 2 | | | | | 2 | |
| 4 | 9 | | | 2 | 7 | 3 | 5 | | | | 8 | |
| 6 | 21 | | | 3 | 5 | 13 | 2 | 7 | 11 | | | 20 |
| 8 | 39 | | 2 | 5 | 13 | 19 | 3 | 7 | 11 | 17 | | 38 |
| 10 | 65 | 5 | 7 | 11 | 13 | 29 | 2 | 3 | 17 | 19 | 23 | 64 |

(図 3)

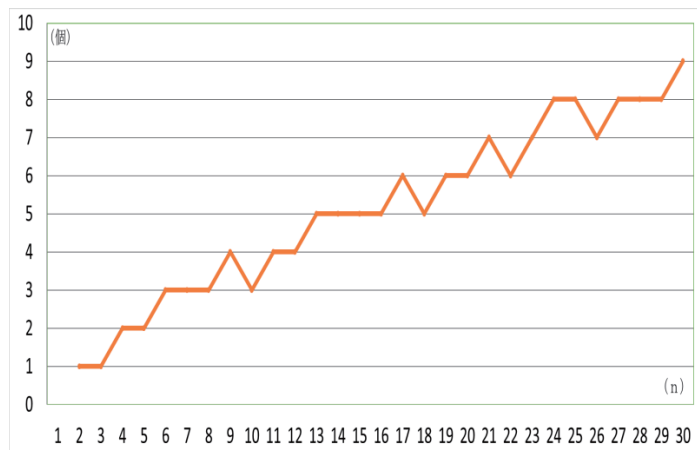
| n | 左の和 | S_2 | | | | | S_2-1 | | | | | 右の和 |
|---|-----|-------|---|---|----|----|---------|----|---|---|---|-----|
| 8 | 39 | | | 3 | 17 | 19 | 13 | 11 | 7 | 5 | 2 | 38 |
| 8 | 39 | | | 7 | 13 | 19 | 17 | 11 | 5 | 3 | 2 | 38 |
| 8 | 39 | | 2 | 5 | 13 | 19 | 17 | 11 | 7 | 3 | | 38 |
| 8 | 39 | | 2 | 7 | 11 | 19 | 17 | 13 | 5 | 3 | | 38 |
| 8 | 39 | | 2 | 7 | 13 | 17 | 19 | 11 | 5 | 3 | | 38 |
| 8 | 39 | 3 | 5 | 7 | 11 | 13 | 19 | 17 | 2 | | | 38 |

(図 4)

S_1 , S_2 を構成する素数の最少個数

右図は仮説 1, 2 で確認できた複数の分け方から S_1, S_2 を構成する素数が最少個となることをグラフにまとめたものである。私たちは、ある素数までの和から次の素数を導き出すときにできるだけ少ない個数を用いることで、より簡略化されるのではないかと考え、このグラフをまとめた。

しかし、まとめた結果、徐々に個数は多くなっていくものの、個数が少なくなる場合もあり、素数の和を構成する素数の最少個数に規則性がないことを確認して、素数の和を構成する素数の最少個数から次の素数を予測することができないと考えた。



(図 5) 和を構成する素数の最少個数

▲このグラフから規則性はみられない

ピラミッド型の表

仮説 1, 2 の組み合わせを交互に並べることで、素数の和を構成する素数の個数の増え方を一定にし、ピラミッド型の表を表した。このとき、奇数番目の場合は左側の数の個数を 1 つ多くし、偶数番目の場合は左右の数の個数を等しくなるようにした。さらに、最大の素数は左右交互にくるようにした。(図 6)

仮説 3

仮説 1, 2 を利用して、任意の素数までの和から次の素数を予測することができると考えた。この仮説は上の図にあるピラミッド型をもとに、ある素数までの和から次の素数を予測するというものである。また、ピラミッド型は成り立つものとしてこの仮説に対する検証を行った。

円板におけるヒラリズム運動の周期性

研究者 上谷 萌花, 河井 沙奈, 角南 遼太, 中尾 天哉, 丸尾 莉永, 渡辺 潤

指導者 井上 出

Abstract

We named the swinging movement of an object as it falls in the fluid “Hilarism movement,” and studied the Hilarism movement of the disk. Since periodicity was confirmed in the Hilarism movement of the disk, we focused on the periodicity of it and conducted experiments and discussions. As a result, it was confirmed that the thickness and the diameter of the disk are related to the Hilarism movement of the disk.

1. 研究の概要

私たちは、物体が流体中を落下する際の揺れるような運動にヒラリズム運動と命名し、円板におけるヒラリズム運動に関する研究を行った。円板のヒラリズム運動に周期性が確認できたため、私たちは円板のヒラリズム運動の周期性に着目し、実験及び考察を行った。その結果、円板におけるヒラリズム運動には、円板の厚さと直径が関係していることが確認できた。

2. ヒラリズム運動とは

紙や葉が空中を落下する際に見せるヒラヒラした運動を、以下ヒラリズム運動とする。先行研究を調べる中で、タンブリング運動と呼ばれる、落下する物体が軸を中心に回転する運動については研究されていることを知った¹⁾。そこで今回は、物体が水平方向へのランダムな移動を繰り返しながら落下する運動に注目することにした。

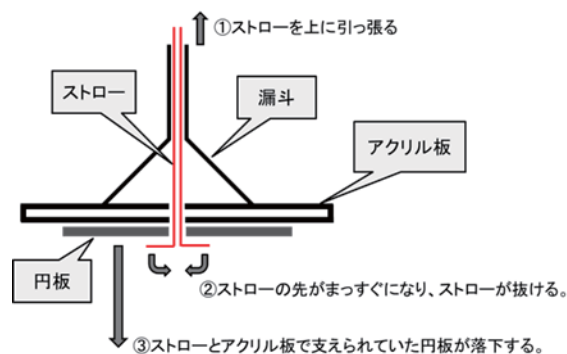


図1 落下装置

3. 実験方法

アルミニウム製の円板を3種類（直径40 mm, 50 mm, 60 mmの3種類。厚さは0.75 mmで、中心には直径6.0 mmの穴がある）と、水中で円板を落下させる落下装置（図1）、その運動の様子を上からビデオカメラで記録できる装置（図2）を作製した。

円板の落下開始から底につくまでの運動を上からビデオカメラで撮影し、1つ円板に対して50回ずつ行った。その後、動画編集ソフト（Adobe Premiere Elements）で撮影した映像と直交座標を合成し、0.10秒ごとの円板の中心座標を記録する。記録したデータはMicrosoft Excelを用いて解析を行った。

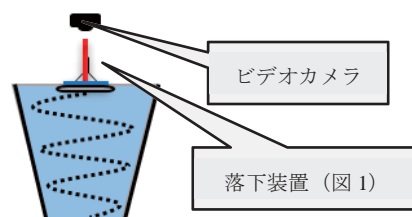


図2 装置全体図

4. 実験結果と考察

図3に、座標より求めた平面的速さ〔cm/s〕を縦軸に、時間〔s〕を横軸に表したグラフを示す。これより、速さが周期的に変化していると考えた。なお、この特徴は他のデータでも同じ傾向が見られたため、図3は1つの円板における代表的な1データを挙げている。この周期的な運動について

は、流体中を移動する際に発生する剥離渦が、円板の後方で連続して周期的に発生したことによるものと考えられる²⁾。

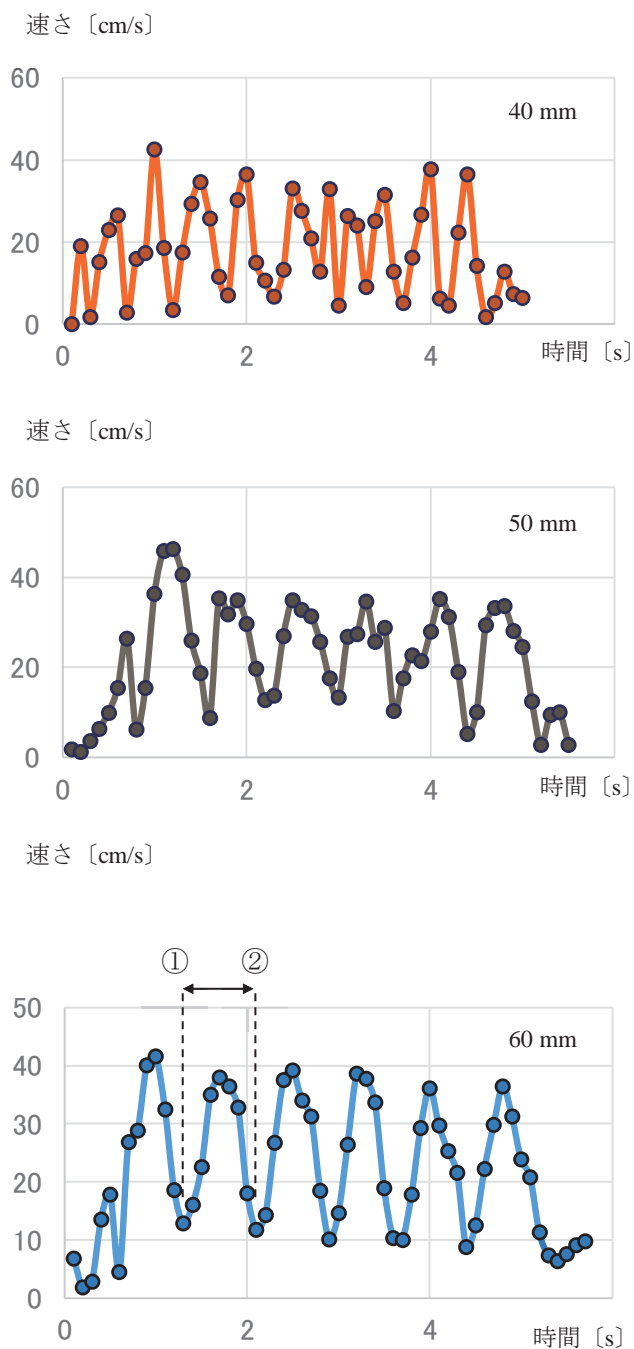


図 3

次に、図 3 で示すグラフが複数の周期性を持つ運動の重ね合わせかどうかを確認するために、フリーソフト¹⁾を用いてフーリエ変換を行った。その結果、単独の周期性が支配的であることが確認

できた(図 4)。なお、この特徴は他のデータでも同じ傾向が見られたため、図 4 は代表的な 1 データを挙げています。これより、ヒラリズム運動については周期性のある運動として、解析を進めていくことにする。

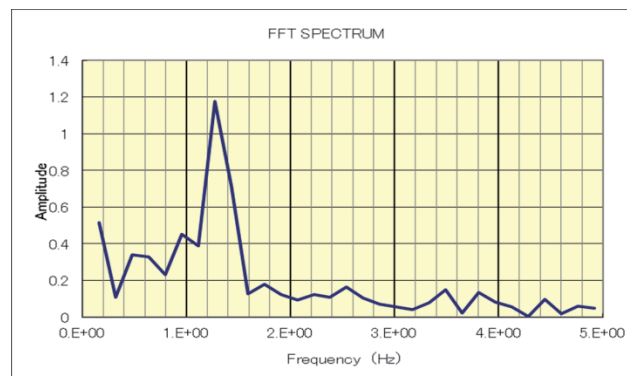


図 4

続いて、図 3 で示している①②間を 1 周期ととらえ、ヒラリズム運動の周期とした。そこで、円板の直径ごとの周期をすべて数値化し、ヒストグラム(図 5)を作成した。

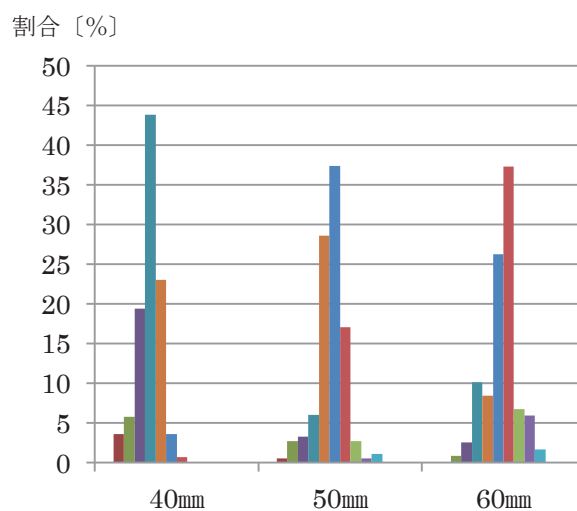


図 5

この結果から、円板の直径が大きくなるにつれて、周期が長くなっていることがわかった。

しかし、この傾向が円板の直径以外に、円板の質量も関係する可能性があるため、追加実験として直径 40 mm、厚さ 0.30 mm の円板(以下、薄い円板)について、同様の実験を行った。その結果が図 6 である。

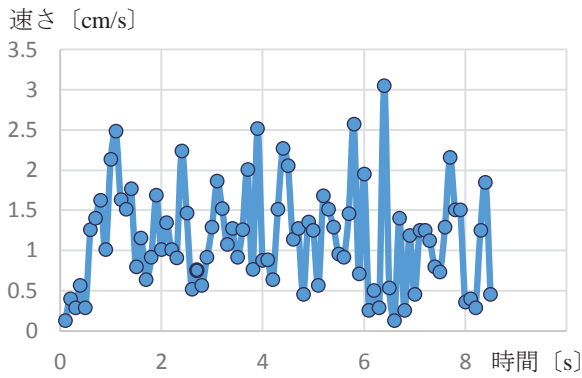


図 6

図 6 のように、薄い円板にすると周期性が低下したグラフが得られた。この特徴も、他のデータでも同じ傾向が見られたため、図 5 は代表的な 1 データを挙げている。

続いて、薄い円板についても他の円板と同様に、周期のヒストグラム (図 7) を作成した。

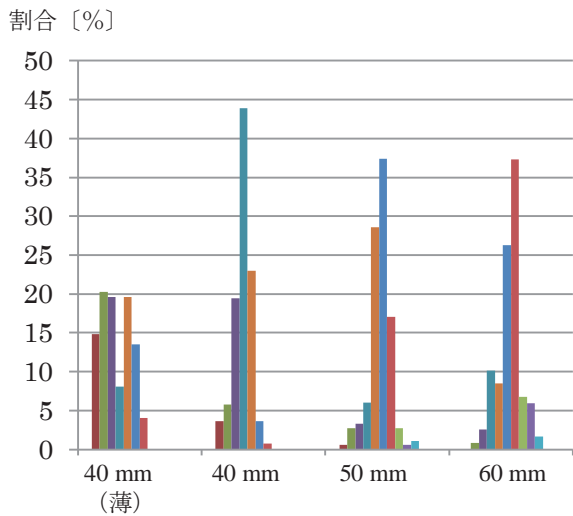


図 7

図 7 より、同じ 40 mm の円板でも、薄い円板の方が周期にばらつきが生じていることがわかる。これは、円板が薄くなったことで水の粘性による影響が大きくなり、変形しやすくなったためと考えられる。

続いて、それぞれの円板の周期についての箱ひげ図 (図 8) を作成した。

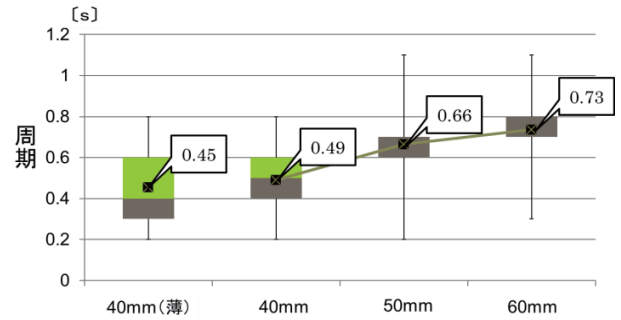


図 8

図 8 から、薄い円板では周期のばらつきが多いということがよくわかる。また、その平均値については、直径が大きくなると周期が長くなっていることもわかる。

また、直径 40 mm の薄い円板との周期の平均値を比べると、データのばらつきの影響も考慮した上で大きな差はみられなかったと考える。よって、これらのことから、円板の質量は周期に対しての影響が少ないのではないかと考えられる。

5. 今後の展望

今回の実験では、円板の直径について 3 種類、薄くした円板の直径は 1 種類しか実験を行っていない。よって、周期と直径及び質量と関係を明らかにするには、まだデータとしては不十分である。

今後は、更に円板の種類を増やし、研究を深めていきたい。

また、本研究では上から撮影した動画を解析しており、鉛直方向に対して横方向の動きだけしか解析できていない。今後は、縦方向の動きについても解析していきたい。

6. 参考文献

- 1) 平田 勝哉, 早川 昌志, 舟木 治郎
「二次元自由落下タンブリング平板に関する影響」
(日本機械学会論文集 (B 編) 77 卷 782 号
2011-10)
- 2) 石綿 良三「図解雑学 流体力学」
(ナツメ社)
- i) 高速フーリエ変換ワークシート
(FFT-PLOT-F-R8)
Y.Akiyama (akiyamay@zd5.so-net.ne.jp)

水に覆われた平面での物体の運動についての研究

研究者：上原 大和, 芦田 雄斗, 石原 健成, 坂本 涼, 杉山 雅和

指導者：坪井 民夫

Abstract

We researched how water affects friction. First, we researched friction between a material and a flat surface using slope. As a result, we can found out that atmospheric pressure prominently affected the data. However, we found out that there were other complex conditions which affect this experiment. Next, we increased the amount of water between the object and the flat surface using a horizontal plane. Through all the experiment, we found out that the amount of water has a variety of effects on how the object slides.

1. 概要

私たちは、水にぬれた平面の上を滑る物体の運動について研究を行った。斜面を用いて水量の違いによる物体の滑り方の違いを調べ、ある程度の水量までは、物体と平面との静止摩擦係数が増加することがわかったが、その水量を超えると静止摩擦係数は減少し、物体は滑りやすくなることが分かった。次に水膜上の物体の運動を解析し、水膜が厚くなるにつれて物体が水の抵抗を受け、滑りにくくなることが分かった。

2. 序論

水で濡れた平面の上を物体が滑るとき、物体が滑りやすくなる場合と滑りにくくなる場合があることに気付き、なぜこのような違いが生まれるのか疑問に思い調べようと思った。そこで、物体と平面との間の静止摩擦係数や、滑る場合の抵抗を計測することによって水量による運動の違いを計測することにした。

3. 研究内容

[実験①] 静止摩擦係数の計測

目的

物体の下に水があるときの物体の静止摩擦係数を計測する。

方法

水 0.050 g を量ってアルミ板に滴下し、ゴム板 (0.10 m × 0.10 m × 0.01 m) を真上から静かに置く。そして、斜面 (アルミ板) を徐々に傾け、摩擦角を測る。水量を 0.050 g

ずつ増やしていき、1.000 g まで同じ試行を繰り返す。(図 1)

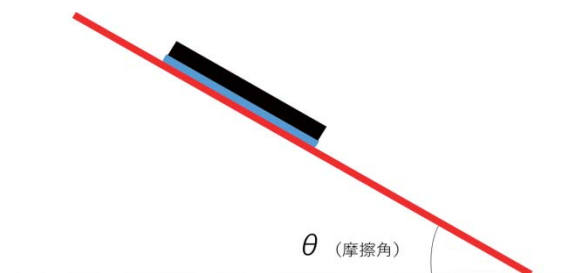


図 1

仮説

水量を増やしていくと、ある一定の量までは静摩擦係数が増加する。しかし、その量を超えると静摩擦係数が減少し、ゴム板は滑りやすくなる。

結果

実験で得たデータをもとに静摩擦係数のグラフを作成した。(図2)

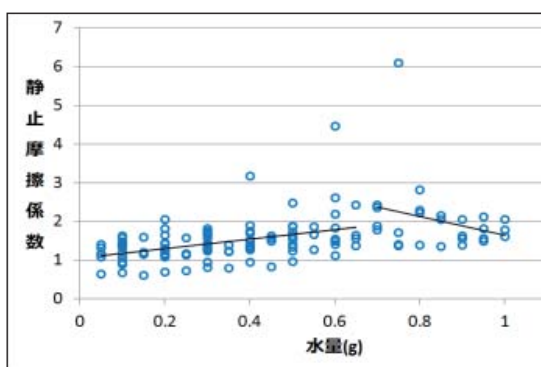


図2

図2の結果から、水量が0.050 g~0.700 gでは静摩擦係数が増加し、0.700 g以降では静摩擦係数が減少したことが分かった。また、実験全体から水量が増加するにつれてデータのばらつきが大きくなったり、物体が滑り落ちず、静摩擦係数が計測できなくなったりした。(図3)

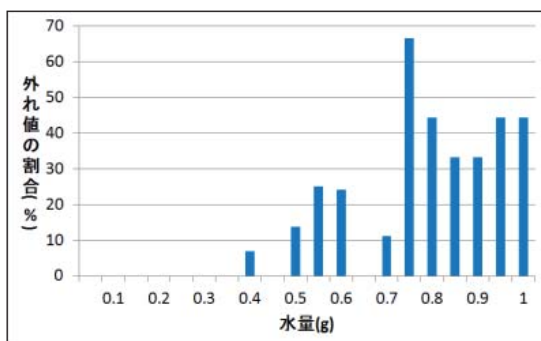


図3

考察

水量が増加していくにつれて、データがばらついたり、静摩擦係数が計測できなかったりする原因は、同じ水量でもゴム板と平面の間の水の広がり方が異なるからだと考えた。

[実験②] 斜面を可視化し水膜の観察

目的

そこで、水膜の広がる様子を観察するための実験を行う。

実験①で用いた斜面をアルミ板から透明アクリル板に変え、実験①と同様に斜面を傾けていくことで水の広がり方を観察する。

方法

実験①の装置を用いて、実験①と同様に実験を行い、物体の裏にある水の広がり方をカメラで撮影する。

仮説

物体の裏にある水が、斜面の傾きによって水が物体の裏全体に広がったときに物体が滑り出す。

結果

同じ水量でも水の広がり方によって、二つの異なる結果が得られた。

- 水が物体の下、全体に広がったとき、大気圧による圧着で物体は斜面に張り付き、滑らなかった。
- 水が多量に排出されたとき物体は水の上に乗って、水ごと斜面を滑り落ちた。

考察

実験①で静摩擦係数が計測できなかった

たときには、実験②の i) と同じ現象が起こった。また、実験①の水量 0.700 g 以降で物体の静止摩擦係数が減少したのは、実験② ii) と同様の運動を行っているからだと考えた。しかし、データのばらつきには水の広がり方以外にも何か要素があるのではないかと考え、実験③を行った。

【実験③】 静止摩擦係数に関わる要素の

特定

目的

物体の静止摩擦係数に関わる要素を特定する。

方法

物体の運動に関係していそうな要素を取り挙げ、自分たちができる方法でその要素が関係しているかどうかを判別していった。

結果

《大気圧》 … 板をひっくり返しても物体が落ちなかったことから、重力以外に大気圧による物体の圧着があると考えた。

《水の表面張力》 … 石鹼水を用いて実験①と同様の操作を行ったが、滑り方の傾向に違いは見られなかったことから水の表面張力は関係ないと考えた。

《湿度/温度》 … 同じ日に多くデータを取ることで温度や湿度の条件を統一した。

考察

水量が 0.050 g~1.000 g の水量における物体の滑り方については、これまでの実験で結果を得ることができた。しかし、水量を 1.000 g 以上にすると斜面では水が流れ落ちてしまうために計測ができなかった。そこで、実験装置を斜面から水平面に変更して実験④を行った。

【実験④】 水膜上の物体の運動の解析

目的

水膜上を滑る物体の摩擦の変化を解析する。

方法

水を張ることのできる縦 2.0 m, 横 0.5 m の実験装置を作成し、その上に水膜 (1~4 mm) を張り、その上でゴム板を静かに滑らせ、その様子をカメラで毎秒 60 コマで記録した。記録した写真から、物体の中心座標をピクセル単位で調べて $v-t$ グラフを作成し、物体の加速度から摩擦に関係する要素を解析する。

仮説

水膜が薄くなるにつれて、動摩擦力が減少し、物体の加速度は小さくなる。動摩擦係数は一定なので、物体は滑りだしてから等加速度運動を行う。

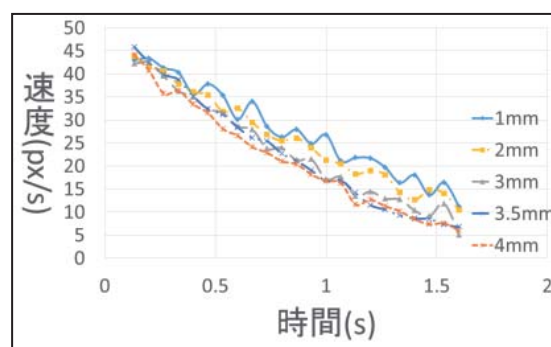


図 4

結果

$v-t$ グラフより、以下の結果が得られた。(図 4)

- 水膜の厚さが増加するにつれて、物体は減速しやすくなり、動摩擦力が拡大したことが分かった。
- 物体は、短時間で加減速を繰り返していた。このことから、動摩擦力が一定でないことが分かった。

考察

i) の原因は、水の量が多くなって水膜が厚くなるにつれて物体にかかる水の抵抗が大きくなっているからだと考えた。

ii) の原因は、物体の運動によって発生した波に物体が乗り上げたり乗り下りたりを繰り返しているからだと考えた。

このことから、物体は水量が多くなるにつれて滑りにくくなっていくことが分かった。

5. 結論 水量の違いによる滑り方の研究

実験①②、実験②③より、私たちは水量の違いによる滑り方の傾向の違いを、次の4パターンに分類した。

I. 水量が少なく、物体と平面との間に水が広がりきっていないとき

水量が増加していくにつれ、物体と平面との間の静止摩擦係数は増加し、物体は滑りにくくなる。

II. 物体と平面との間に水が全体に広がり、隙間がなくなったとき

物体は大気圧により平面に圧着されて、滑らなくなる

III. 物体と平面との間の水量があふれ出すほど多いとき

水は排出され、IIと同様に物体が平面に圧着される場合と、水ごと物体が滑り出す場合の2つの場合がある。この2つの違いは水の広がり方によって分類されることがわかった。

IV. 物体が水膜の上を運動しているとき

物体は、水量が増える、つまり水膜が厚くなるにつれてより強い水の抵抗を受けて止まりやすくなる。

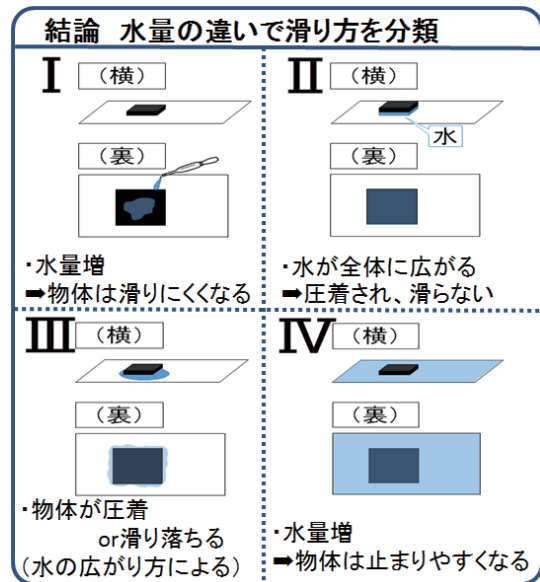


図 5 (カラーポスター参照)

6. 今後の展望

垂直抗力(物体の重さ)を変更して物体の滑り方の違いを調べる。

減圧容器を用いて実験①を行い、大気圧による圧着という仮説を確認する。

7. 参考文献

広中清一郎：新しい摩擦の科学
トライボロジー入門

発行所 講談社 発行年 1991年

いろいろな音の快・不快についての研究

研究者 山口 卓 菱川 慶人 秀安 京太

指導者 曾利 仁

Abstract

There are a lot of sounds in our daily lives. We wanted to know properties and regularity of these sounds. Then we tried to find the rules of sounds by checking their frequencies, sound pressure and so on, using FFT and Spectrogram software. Finally, we found that there are specific characteristics between instrumental and non-instrumental sounds.

1. 研究概要

日々の生活の中には様々な音がある。それらの音にはどういった性質・規則性があるのかが気になった。そこで、高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transformation ; 以下 FFT) やスペクトログラムを表示するソフトを用い、音の周波数成分や音圧について調べることで、新たに音の規則性を見つけようと試みた。そして、最終的に快音と不快音の間の特徴を見つけることができた。

2. 目的

コンピューターで収集した音を、FFT やスペクトログラムを用いてデータ化・グラフ化し、目に見える形にした上で共通・相違する特徴で分類する。そして音の規則性を見つけ、快・不快を生む原因を探し出す。

～今回使用した解析ソフト～

・スペクトログラム

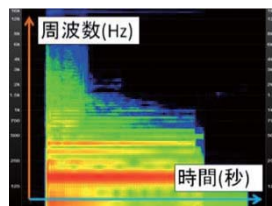
縦軸：周波数

横軸：時間 (秒)

色の変化：音圧の大小

使用ソフト名

Sound Engine Free



・FFT

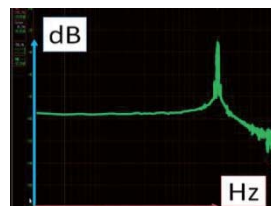
縦軸：音圧 (dB)

横軸：周波数 (Hz)

→ 周波数帯での瞬間的な音圧の変化を見る。

使用ソフト名

Wave Spectra



3. 研究内容

実験 I : スペクトログラムを用いての解析

【目的】

スペクトログラムを用いて、音の概形を見ることで特徴を見分ける。

【方法】

Sound Engine 内にあるスペクトログラムで解析する。約7秒間の音圧の変化を見る。

【結果】

周波数成分の音圧変化の特徴から、大きく次の二種類に分けることができた。

結果①

主となる周波数成分が見られる。(図1)

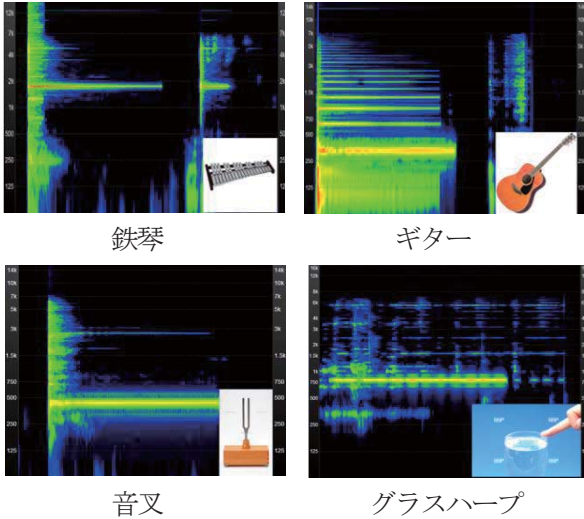
結果②

主となる周波数成分が見られない。(図2)

【考察 I】

計97種類の音について調べた結果、一般的に快とされている音には主となる周波数成分が存在し、一般的に不快とされる音には主となる周波数成分が存在しないことが確認できた。

図1 結果① (快な音)



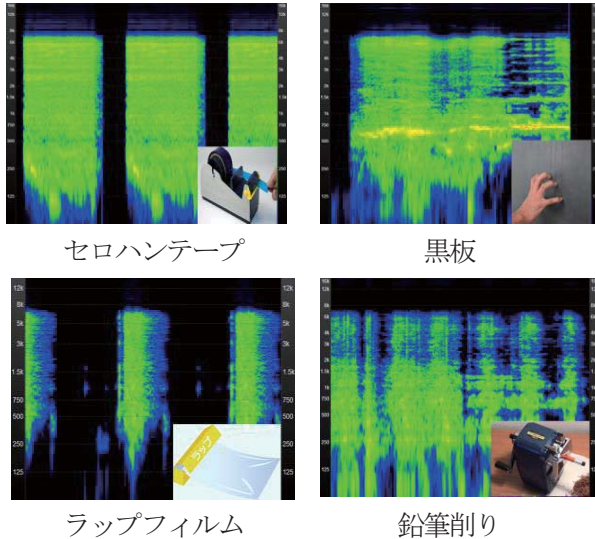
鉄琴

ギター

音叉

グラスハーブ

図2 結果② (不快な音)



セロハンテープ

黒板

ラップフィルム

鉛筆削り

※ 音の鳴らし方

- ・鉄琴, 音叉 → 叩く
- ・ギター → 弦をはじく
- ・セロハンテープ, ラップフィルム → 引っ張る
- ・黒板 → 引っ掻く

次に、それぞれの周波数成分の音圧差の具体的な値を見ることで、音の快・不快の詳細な差を探ろうと試みた。

実験Ⅱ FFTでの解析

【目的】

FFTを用いて、瞬間的な周波数の音圧の分布を見ることで特徴を見分ける。

【方法】

最も音圧の大きい音から周波数軸に平行な線を引き、その他のピークから平行な線へと矢印を引く。その矢印の長さを、同じ発音体の中で比較する。

【結果】

大きく二つの特徴に分けることができた。

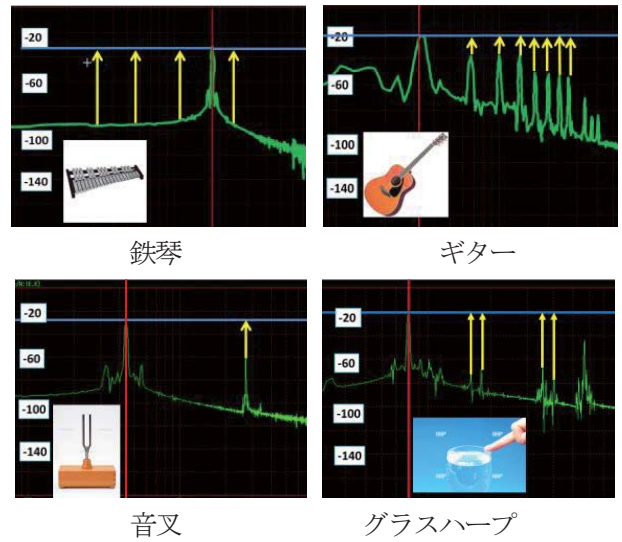
結果③

矢印の長さに規則性が見られた。(図3)

結果④

矢印の長さに規則性がない。(図4)

図3 結果③ (快な音)



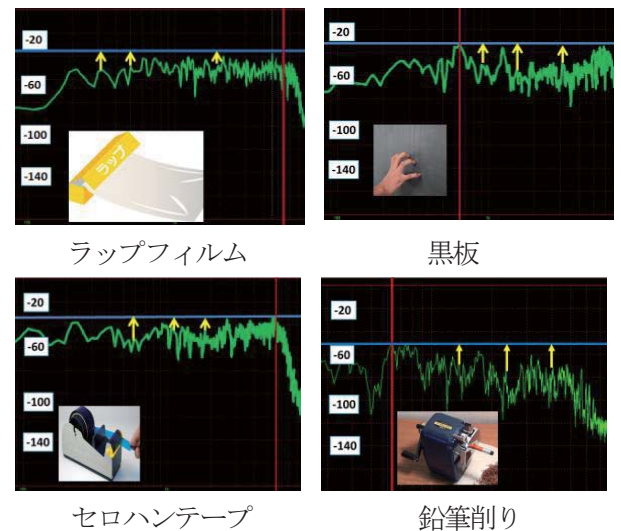
鉄琴

ギター

音叉

グラスハーブ

図4 結果④ (不快な音)



ラップフィルム

黒板

セロハンテープ

鉛筆削り

【考察Ⅱ】

結果③の快な音は、大きく2パターン分けることができた。

まず1つが、打撃などによる発音の後、響きを持つもの（鉄琴、ギターなど）である。この音は、始めに衝撃を加えられた瞬間は結果④の不快な音のように雑多な周波数成分を含んでいるが、時間の経過にしたがって主となる周波数成分以外の周波数成分が減少し、結果③のようなグラフが得られる。

このことから、快の判断は音の響きによって決められていると考えた。

しかし、もう1つの快な音のパターンでは響きの様子が見られず、むしろ振動を加え続けることで音を出していた。（管楽器、グラスハープなど）

そこで、快な音、不快な音を決める基準として、周波数成分の音圧変化について、明確な規則性の有無を見る必要があると考えた。

実験Ⅲ 波形の確認

【目的】

波形を確認することによって、音色の違いの特徴を見分ける。

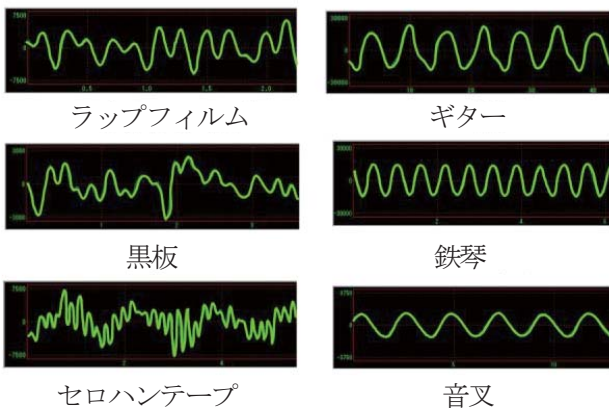
【方法】

実験Ⅱと同じソフトを用いて、波形を見る。

【結果】

周期的な波形の有無が見られた。（図5）

図5



【考察Ⅲ】

快な音では、主となる周波数成分の音圧変化に規則性があるため、波形に周期性が見られた。また不快な音では、主となる周波数成分が見られにくく、音圧変化に規則性がないため、周期的な波形の変化が見られなかったと考える。

4. 結論

実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲより、一般的に快とされる音には、次のような特徴が確認できた。

- ・主となる周波数成分が存在する。
- ・主となる周波数成分と倍音成分が見られる。
- ・波形が周期的である。

また、一般的に不快とされる音には、次のような特徴が確認できた。

- ・それぞれの周波数成分の音圧差が小さい。
- ・周波数成分に規則的な音圧の変化がない。
- ・波形が周期的でない。

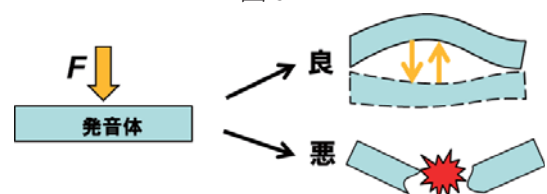
5. 考察

実験結果から、快な音には発音体となる物質の振動しやすさと、音の持続が関係していると考えた。

例えば、金属性の発音体ならば、音を鳴らすと発音体に周期的な振動が起き、その振動が持続されつつ次第に減少し心地よい響きを生む。また振動が起りやすいことで加えられる力を損失しにくく、発音が容易である。鉄琴や金管楽器などが、その具体的な例である。

一方で、金属に比べて弾性がないものは、力をえても振動が起りにくく、力を加えすぎること割れてしまうこともある。また十分な硬さを持たない物質は振動を起ししやすいものの、振動を持続しにくい（図6）と考えた。

図6



6. 展望

発音体に使われていた材質を主に研究対象として、硬さを調べる。事前調査では、今回の実験に有効な硬さを明記した資料がなかったため、物質の硬さを反発係数を指標に設定する。また、試験材料は厚さ、大きさを統一する。そして、得られた物質の硬さと音の快・不快との相関を見ることで、関係を図式化しようと考えている。

7. 参考文献

- ・音の科学【仕組み】
(編) 柳田 益造／サイエンス・アイ新書
- ・音の科学【図解】
(著) 中村 健太郎／ナツメ社
- ・音律と音階の科学
(著) 小方 厚／BLUE BACKS
- ・楽器の科学
(編) 柳田 益造／サイエンス・アイ新書

界面活性剤と大きな泡の関係性

研究者 高見 大地 岡本 あかね 杉本 凜 井上 翔太

指導者 貴志 貫

Abstract

We estimated that the surface tension and the viscosity of the aqueous solution were related to the difficulty of cracking of the bubble. We prepared an aqueous solution of various concentrations with a commercially available detergent and measured the surface tension, viscosity and difficulty of cracking of bubble using some self-made devices. By the results of the experiments which we conducted by observing the bubbles and adding a little washing paste and electrolyte. We ascertained that there is a correlation between the surface tension and the difficulty of breaking bubbles. It was suggested a possibility that the essence had an interaction between surfactant molecules on the surface film of bubbles and water molecules maintaining bubbles.

1. 概要

私たちは泡のわれにくさには水溶液の表面張力と粘度の値が関わっていると推測し、市販の洗剤で各種濃度の水溶液を調製し、自作した装置を用いて各物性の測定を行った。各種濃度および少量のせんたくのり、陽イオンを添加したときの洗剤水溶液のそれぞれの実験結果、シャボン玉の観察より、泡のわれにくさに大きな影響を与えるのは、泡の膜表面に並ぶ界面活性剤の分子と、泡を維持する水分子との間の相互作用にあると考えられた。

2. 序論

科学フェアのボランティアで大きなシャボン玉をつくるブースを経験した際、シャボン液の調合比は経験則であり、シャボン玉などの泡がわれにくくなる具体的な条件や法則性に興味をもったため、各種物性の測定によりその因子を発見することを試みた。先行研究[1]より、泡のわれにくさには水溶液の表面張力と粘度の値が関わっていると考えられ、今回は表面張力、粘度、および泡のわれにくさを測定する実験を行った。今回の研究では、その因子を発見することを目的に、界面活性剤の水溶液の各種物性の測定および考察を行った。以下のすべての測定は複数回行い、その平均値を測定値とした（ただし、平均値から大きく外れた結果のものは除く）。洗剤の水溶液には、市販の液体洗剤（エマール、界面活性剤としてポリオキシエチレンアルキルエーテル（以下 AE）19 %を含む）をイオン交換水で各種濃度に希釈したものをを用いた。

3. 実験方法

実験 1：表面張力の測定

表面張力を測定するにあたって、アルミ缶を用いてデュヌイ表面張力計をモデルにして装置を自作した。（図 1）実験の手順を図 2 に示す。

まず、測定する水溶液を一定量測りとして容器 A に入れ、カップ B（アルミ缶の下部を切り取ったもの）を水溶液につけた。次にカップ B が液面から離れるまで、カップ C に精製水を一滴ずつ

加えた。カップ C に加えた水の質量を測り、これを力 f [mN] に換算し円環法の式①に代入し、表面張力を求めた。このとき、大気圧の影響を減らすためにカップ B に小さな穴をあけておいた。以上の操作を各種濃度の洗剤水溶液を用いて行った。

$$\gamma = f / 4\pi R \quad \dots \textcircled{1}$$

γ : 表面張力 [mN/m]
 f : 加えた力 [mN]
 R : カップ B の半径 [m]



図1 自作した表面張力計

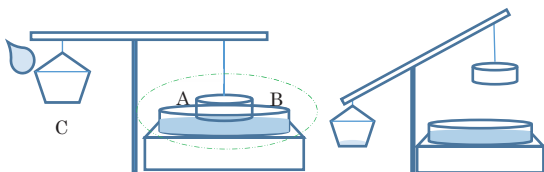


図2 実験1の模式図

実験2：粘度の測定

粘度を測定するにあたって、オストワルド相対粘度計を参考に粘度測定装置を自作した。装置図と実験手順の模式図を図3に示す。各種濃度の洗剤水溶液を一定量測りとして装置に入れ、手動ポンプで上の標線まで押し上げ、水溶液が下の標線まで流下する時間を計測した。また、水でも同様の操作を行い、水溶液の密度と流下時間を用いて粘度に関する式②に代入し、粘度を求めた。

$$\eta / \eta_w = \rho \cdot t / \rho_w \cdot t_w \quad \dots \textcircled{2}$$

η (w) : 水溶液 (水) の粘度 [mPa · s]
 ρ (w) : 水溶液 (水) の密度 [g/cm³]
 t (w) : 水溶液 (水) の流下時間 [s]

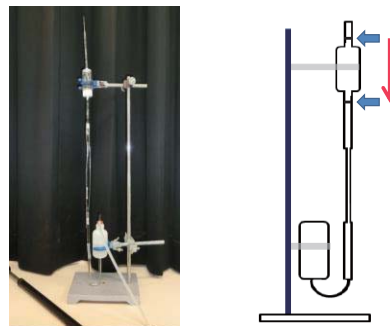


図3 自作した粘度計と操作の模式図

実験3：泡のわれにくさの測定

泡のわれにくさの測定は、1 L メスシリンダーを用いて行った。実験手順の模式図を図4に示す。まず各種濃度の洗剤水溶液でメスシリンダーの内部を共洗いし、水溶液を 10 mL 測り取った。次にガラス管をつないだゴムチューブから一定のペースで呼気を送り込んで泡を作り、われるまでの泡の高さを各水溶液で比較した。

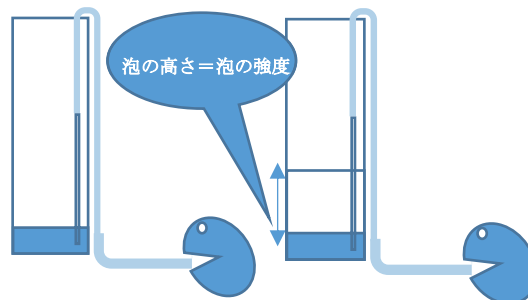


図4 泡のわれにくさを測定する実験の模式図

4. 結果

① 表面張力

図5のように、枠で囲った広い濃度において表面張力の変化がほとんどみられなかった。これは、界面活性剤は水面で、親水基を水中に、疎水基を空中に向けて並ぶため、水面の界面活性剤の量が変化しにくいからだと考えた(図6)。

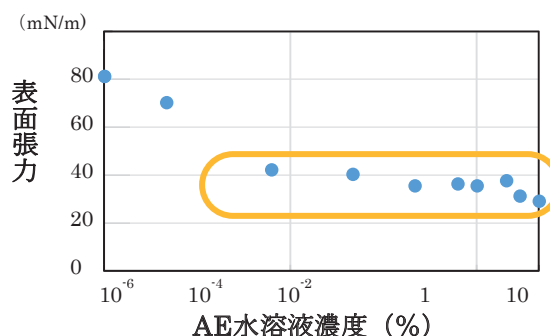


図5 AE水溶液の濃度と表面張力の関係

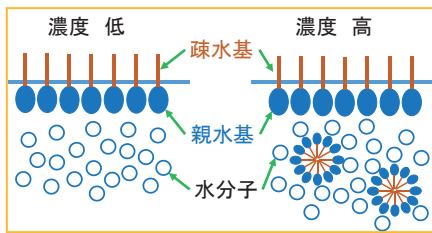


図6 AE溶液の水面の模式図

② 粘度

5%から粘度が急激に増加した(図7)。これは、高濃度では、多くの水分子がミセルの水和に用いられるため、溶媒としての水分子が少なくなり、粘度が増加したからだと考えた(図8)。

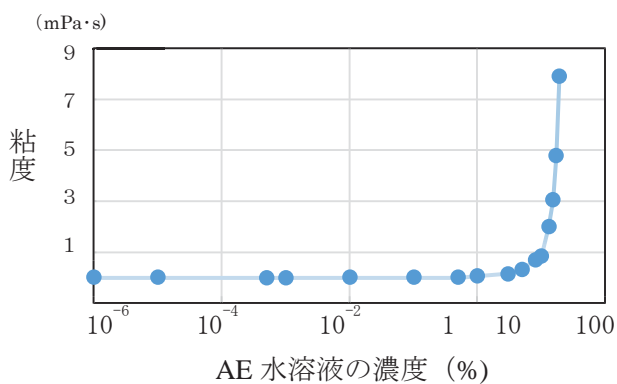


図7 AE水溶液の濃度と粘度の関係

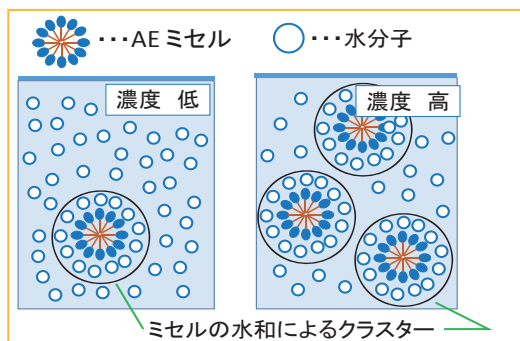


図8 水内部の模式図

③ 泡のわれにくさ

濃度が高くて、低くても、泡はわれやすくなり、1%付近の、表面張力が小さく、粘度も小さい濃度の水溶液の泡がわれにくい傾向があるように思われた(図9)。

④ せんたくのり (PVA) 添加

AE水溶液(5%), PVA, 精製水を1:2:17で混ぜた溶液を作成し、①~③の実験を行ったとこ

ろ、表面張力は小さく、粘度は大きいにもかかわらず泡がわれにくくなるという結果が得られた(図10)。よって、AE溶液とせんたくのりを加えた溶液とでは、粘度が泡に及ぼす影響に違いがあるのではないかと示唆された。

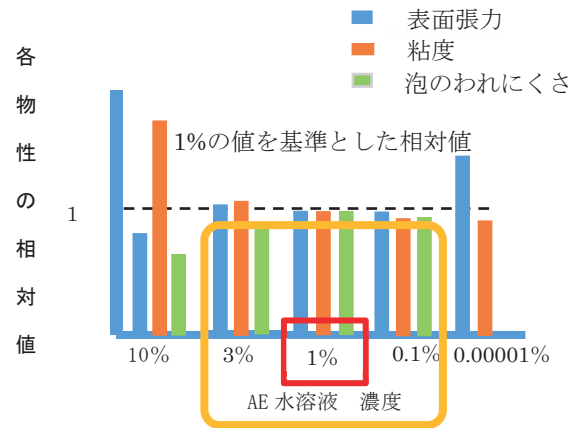


図9 各濃度を用いた①-③の結果

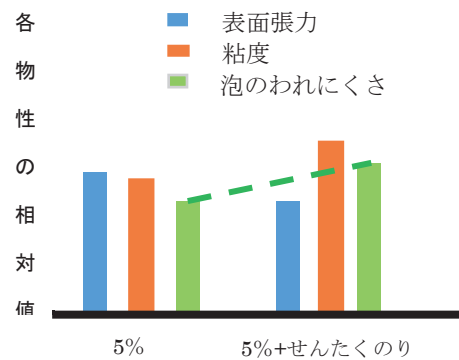


図10 せんたくのりを19%AE水溶液に添加したときの各物性

⑤ シャボン玉の作成

これまでの結果を受け、実際にシャボン玉を作り、観察した。その結果、③の実験で泡がわれやすかった濃度のAE水溶液のシャボン玉では泡の下部に水がたまっただのに対し、泡がわれにくかった濃度のAE水溶液のシャボン玉では、いったん下部にたまっただの水が、泡が大きくなるとともに膜全体に広がることを確認された(図11)。

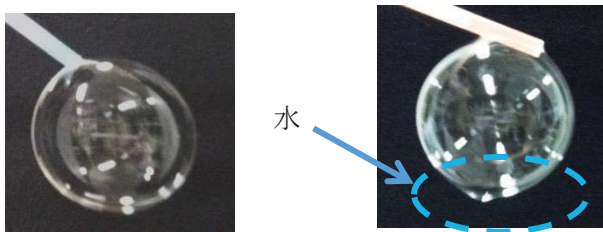


図 11 シャボン玉の様子
(左) 適度な濃度 (右) 高濃度

5. 考察

ここまでの結果から、泡の膜の内部構造について仮説を立てた。濃度の高い AE 水溶液の泡の膜内部では、AE 分子の疎水基が膜の表面で一様に並んでおり、最外の親水基には内側の親水基が静電的な相互作用を及ぼしていると仮定した。(図 12) 一方、結果③で泡がわれにくかった濃度の AE 水溶液のシャボン玉の泡の膜内部では、最外の親水基が水分子と強く相互作用することによってわれにくい泡が維持できているのではないかと考えた。また、PVA には多数の親水基が含まれているため、PVA を添加することは AE 分子と水分子との相互作用を強めることにつながり、泡をわれにくくさせる働きがあるのではないかと考えた。

そのため、最外の内側の分子を引きはがすことができれば、泡をわれにくくさせることができるのではないかと考え、電離して親水基に相互作用を及ぼすと予想された NaCl, MgCl₂, AlCl₃ を、それぞれ正電価の合計が 2 mol/L になるように調整して、19% AE 水溶液に添加して、実験 1～実験 3 を行った。

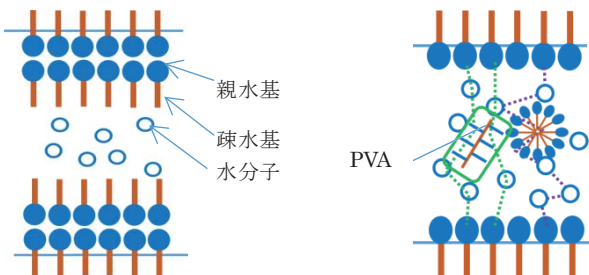


図 12 泡の膜内部構造の仮説
(左)高濃度 (右)適度な濃度

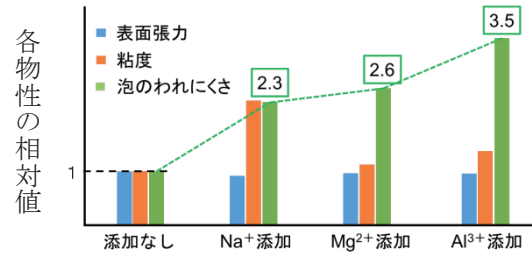


図 13 陽イオンを添加したときの各物性

その結果、陽イオンの価数が大きいほど泡がわれにくくなっていることが確認された(図 13)。そのため、泡のわれにくさには表面張力の値だけでなく、泡の膜の内部構造が関わっており、粘度が泡のわれにくさに及ぼす影響は単純ではないと考えられた。

6. 結論

泡のわれにくさには、泡の膜の内部構造が深く関わっていると考えられた。今後は、AE 分子に相互作用を及ぼすと考えられる疎水性物質を 19% AE 水溶液に添加して同様の実験を行い、仮説の検証に取り組みたい。

7. 参考文献

水溶液の溶質が物性に及ぼす影響についての基礎的研究 (H28 本校課題研究)

デジタルカメラの画像による汚れの落ち具合の測定

研究者 竹内 章人 池田 健人
頼経 優妃 鈴木 麻佑 土井 南季
指導者 井上 直樹

Abstract

In general, it is said that the longer time goes by, the more difficult it is for you to remove stains on cloth. We try to verify this theory using a familiar digital camera. We think an image of a digital camera is supposed to express the degree of washing the stain out. In our experiment, we make a piece of cloth stained and wash the stain out of it. We compare the image of washed cloth with the concentration of stain dissolved in the washing solution.

We verified whether it was possible to quantify the degree of the stain.

1. 概要

布に付着した汚れの程度をデジタルカメラの画像データを用いて数値化できないかと考えた。そこで均一に汚れが付着した布を水で洗浄し、洗浄後の布の画像データから検証される R・G・B 値と洗浄液に溶出した汚れの濃度の関係を調べ、布の汚れの数値化の可能性を検証した。

2. 動機

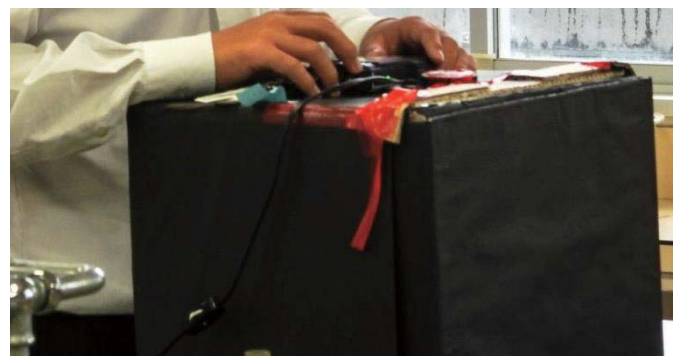
服に汚れが付着した後時間が経過すると落ちにくくなると言われている。私たちは、汚れの落ちにくさと時間の関係を調査したいと考えた。デジタルカメラの画像を用いて検証しようとしたが、データにばらつきがあり汚れ具合を測定できなかった。そこで私たちは撮影方法とデータ処理方法について検証することにした。

3. 研究内容

- I 撮影方法の検討, 撮影装置「リサーチくん」の作製
- II 黒色の汚れを用いた画像処理の検討
- III 赤・青の汚れを用いた画像処理の検討
- IV 実際の汚れ（ぶどうジュース）を用いた汚れの落ち具合の検討

同じサンプルを撮影する場合も周囲の環境により R・G・B の値にばらつきが生じるため、撮影環境を一定にした。

図 2. 撮影装置「リサーチくん」外観

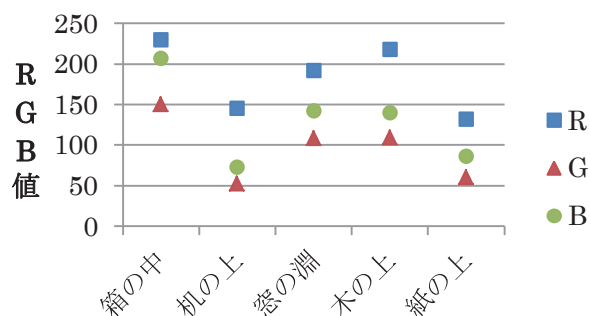


4. 実験

実験 1

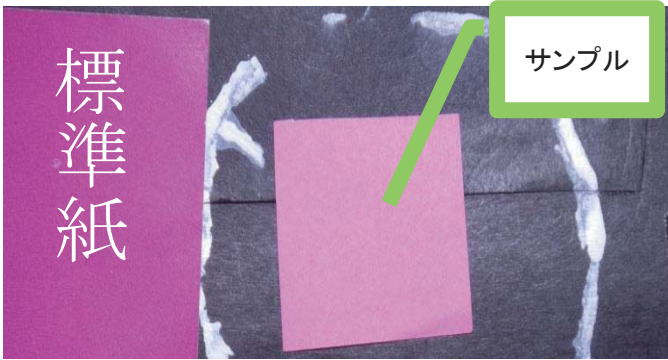
私たちは画像データから R・G・B の値を使用することを考え、サンプルを撮影しデータをとった。

図 1. 撮影場所と R・G・B の値



内部を黒い紙で覆った「リサーチくん」内で撮影した画像データの R・G・B 値を検証したが、平均値から最大 12 %のずれがあり、撮影に標準紙を用いることにした。

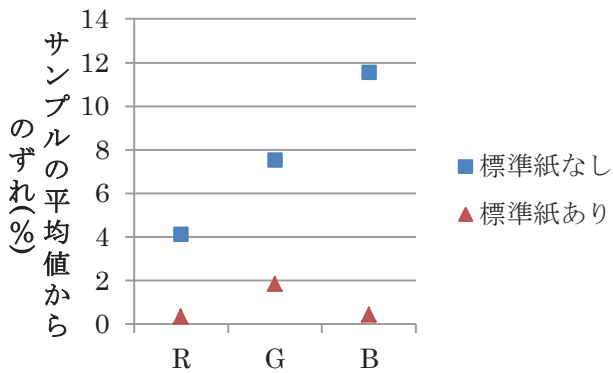
図3. 撮影装置「リサーチくん」内部



標準紙はR・G・Bの値が事前にわかっているため、サンプルのデータを標準紙のデータで補正した。

標準紙を用いて撮影した結果、サンプルのR・G・Bの値を安定して得ることができた。

図4. R・G・B 平均値からのずれ



以下の実験は、上記の方法を用いて行う。

実験 2

黒色の汚れを用いた画像処理の検討

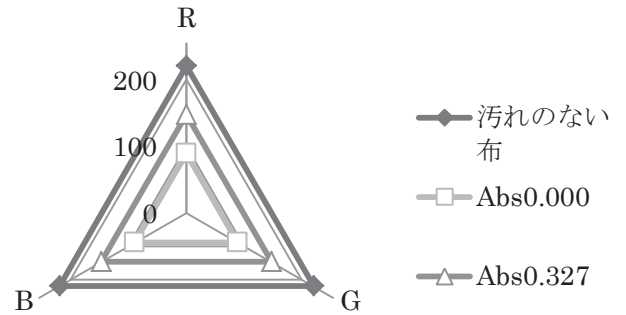
布を洗浄した際、布に残った汚れの量と洗浄液に溶出した汚れには相関があると考え、布の画像のR・G・B値と洗浄液の吸光度を比較した。

- ① 黒インクにひたした布を乾燥させ、1辺2 cmの正方形のサンプルをつくる。
- ② サンプルを精製水に浸し、汚れを溶出させ、乾燥させる。
- ③ 乾燥した布を撮影して、R・G・B値を測定する。
- ④ 洗浄水の吸光度を測定する。

結果

黒色（グレースケール）の撮影ではR・G・Bの値がそろうため、R・G・Bのレーダーチャートは正三角形になる。

図5. 黒インクを付着させた布のR・G・B値



上記より、レーダーチャートの三角形は汚れが落ちるに従い、汚れのない元の布のものに近づくと考えられる。

図6. R・G・B値の合計と洗浄液の関係 (黒インク)

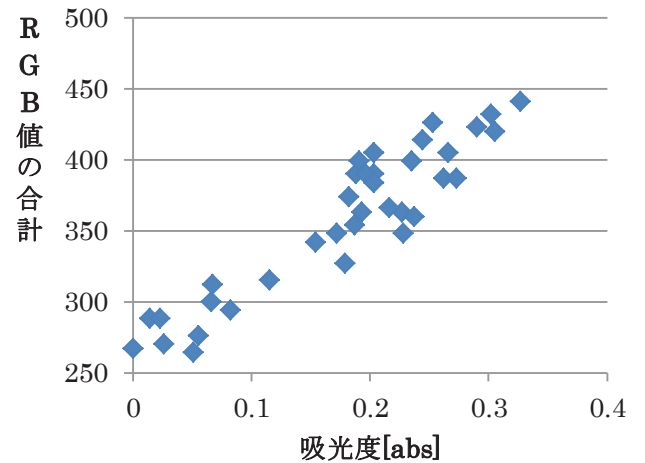
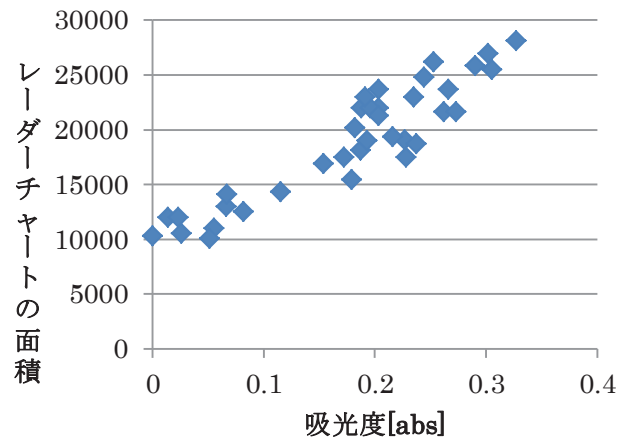


図7. レーダーチャートの面積と洗浄液の関係 (黒インク)



上記の結果より、 $R \cdot G \cdot B$ の値の合計と洗浄液の吸光度および、レーダーチャートの面積と洗浄液の吸光度には双方とも相関が認められ、グレースケールの汚れに関してはデジタルカメラで計測可能と判断した。

実験 3

実験 2 と同じ手法で赤色インク、青色インクを用いて布の画像の $R \cdot G \cdot B$ 値の測定と洗浄液の吸光度測定を行った。

図8. 赤インクを付着させた布の $R \cdot G \cdot B$ 値

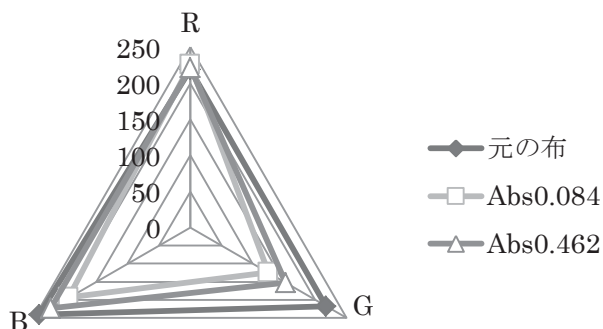
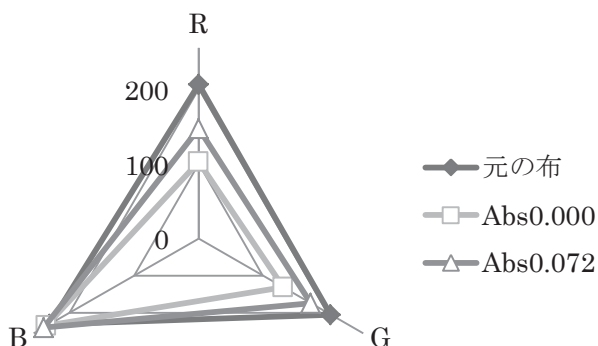


図9. 青インクを付着させた布の $R \cdot G \cdot B$ 値



赤色インクを付着させたものは汚れを落としても R 値の変化は少なく、 $B \cdot G$ の値が汚れのない布の値に近づいている。青色インクを付着させたものは同様に B 値の変化が少なく、 $R \cdot G$ の値が汚れのない布の値に近づいている。以上の結果から、赤インク、青インクの汚れの落ち具合を測るために、以下の 3 つの方法を考え、検討した。

① 各サンプルにおける $R \cdot G \cdot B$ 値の標準偏差をとる。汚れのない布の $R \cdot G \cdot B$ 値はほぼ一致しているため、 $R \cdot G \cdot B$ 値の散らばり具合が汚れの指標になると考え

た。

上記の方法では $R \cdot G \cdot B$ 値のそれぞれの数値の大きさを考えることができず、データのばらつきが大きくなる。さらに実験 2 より、黒色の汚れにおいては標準偏差が常に 0 となり成り立たないため解析方法としなかった。

② 各サンプルにおける $R \cdot G \cdot B$ 値がレーダーチャート上につくる三角形の面積を計算し汚れの指標とすると、汚れが落ちている布の方が三角形の面積は大きくなると考えた。上記の方法ではデータのばらつきが大きいことに加え、単色の汚れの場合、常に面積が 0 となり成り立たないので解析方法としなかった。

図10. レーダーチャートの面積と洗浄後の吸光度の関係 (赤インク)

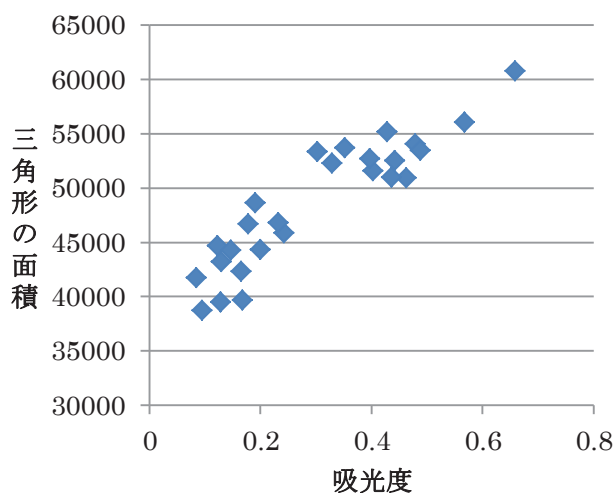
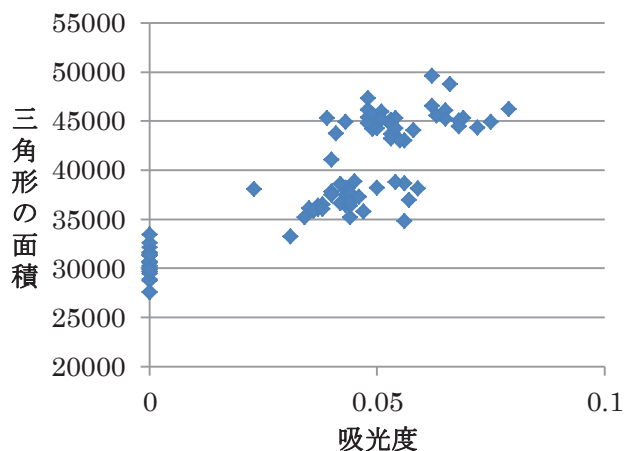


図11. レーダーチャートの面積と洗浄後の吸光度の関係 (青インク)



③ 各サンプルにおける $R \cdot G \cdot B$ 値の合計を指標とすると、汚れが落ちている布のほうが $R \cdot G \cdot B$ 値の合計は大きくなると考えた。上記の方法はデータのばらつきが少なく解析方法に最も適していると判断した。

図12. R・G・B値の合計と洗浄後の吸光度の関係（赤インク）

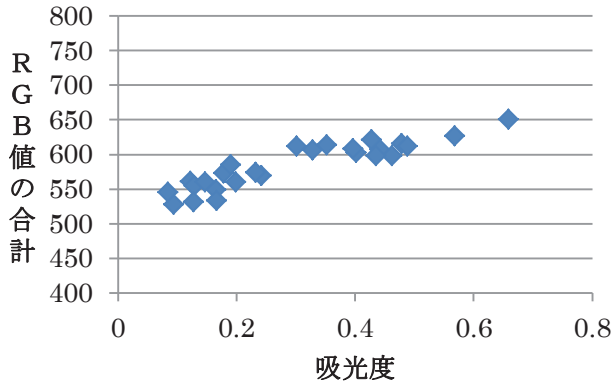
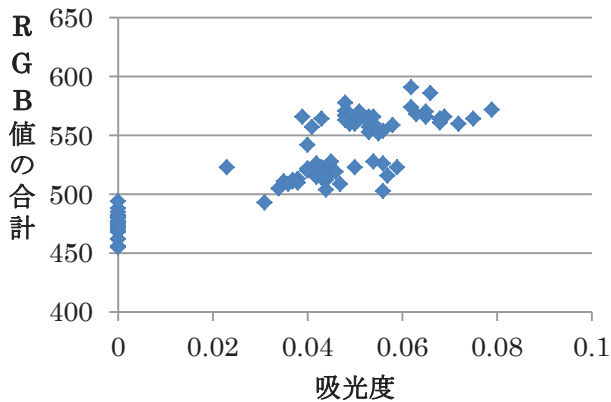


図13. R・G・B値の合計と洗浄後の吸光度の関係（青インク）



赤・青色インクの汚れについても黒色インクと同様、吸光度と R・G・B 値の合計と相関があると考えられる。また青インクについては、水への溶出量が少なく、再実験の必要がある。

以上より、今後の実験においては布の汚れ具合の指標として R・G・B 値の合計を用いることにする。

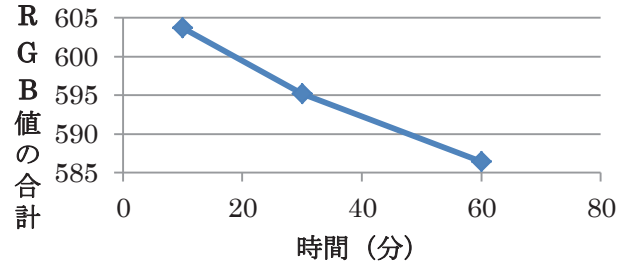
実験 4

実際の汚れ（ぶどうジュース）を用いて汚れの落ち具合を検討する。

実験 3 で検証した方法で実際の汚れを検証する。

- i) 1 辺 2 cm の正方形に切り分けた布にぶどうジュースを付着させる
- ii) 10 分, 30 分, 60 分間布を放置し, 乾燥させた布を精製水中で攪拌し, 汚れを溶出させる。
- iii) 洗浄後の布を乾燥させリサーチくん撮影し, R・G・B 値を求める。

図14. ブドウジュースの汚れを放置した時間と R・G・B値の合計の関係



ぶどうジュースの汚れに関しては、汚れを放置する時間が長くなれば同様に洗浄しても汚れは落ちにくくなっていることが分かる。

5. 結論

布に付着した汚れをデジタルカメラの画像によって解析するには、R・G・B 値の合計を求めることが適正である。

これを用いて汚れの落ち方について洗浄方法、洗剤等の研究に応用できると考える。

6. 今後の展望

今回は、黒・赤・青の単色の汚れについて数値化する研究を行った。単色以外の汚れを数値化する方法を検証し、様々な種類の汚れについて研究できるように応用したい。将来的に布の画像データから汚れに含まれる物質を割り出すことができれば、洗浄の研究に大いに役立てることができると考える。

7. 参考文献

- ・画像処理による洗浄性評価への家庭デジタルカメラの適用（横浜国立大学教育人間科学部 石川，大矢 2008 年 1 月 5 日）
- ・画像処理による洗浄性評価（大矢勝研究室 2003 年 11 月 5 日）
- ・パーソナルコンピュータを用いた画像処理による汚れの定量法（宮崎，大矢 2002 年 12 月 9 日）

テンペ菌 (*Rhizopus oligosporus*) が大豆の糖類に及ぼす影響

研究者：上原 翔斗 入尾 悠太 内田 隆希 武村 直樹 難波 秀誠 難波 匠弘

指導者：國府島 将平

1. 概要

近年、健康食品として注目され始めているテンペ (Tempeh) は、主に東南アジアで食されている大豆の発酵食品の一種である。私たちはこのテンペを研究対象とし、異なる品種間 (サチユタカとごんご豆) でテンペ菌 (*Rhizopus* 属系糸状菌：クモノスカビの一種) が大豆の成分に及ぼす影響を調べた。その中でも特に糖類に着目し、発酵前後の糖類の成分変化を明らかにした。

Abstract

We focused on the tempeh, which is a kind of fermented food of the soybean, eaten mainly in South East Asia. Especially, we focused on the amount of saccharide in the tempeh. In order to research the effect of *Rhizopus oligosporus* on saccharide, we compared the amount of saccharide contained in beans before processing them and after processing them. We also compared the amount of saccharide in Sachiyutaka, ordinaly soybeans and Gongo beans, the local soybeans in Tsuyama. As a result, we found change in the quantity of saccharide, and the result suggested that *Rhizopus oligosporas* uses saccharide to ferment beans.

2. 序論

テンペ菌による大豆の成分変化に関する先行研究は、イソフラボンや GABA などの変化に着目した研究が散見される¹⁾。しかし、糖類の変化に着目した研究はみられない。本研究は、テンペ菌 (*Rhizopus oligosporus*) を用いて、大豆からテンペへ加工した際、大豆に含まれる全糖量及び還元糖量の変化を明らかにすることを目的とする。また、異なる品種間での糖の変化量の違いにも着目した。

3. 仮説

実際にテンペを作り (図 1)、試食してみたところ班員全員が甘味の増加を感じた。そこでテンペは発酵の際、大豆中の糖を増

加させているのではないかと予想し、先行研究の調査を行った²⁾。結果、私たちは大豆中の糖全体の増減に加え、研究の進んでいない還元糖・非還元糖の増減にも着目し、発酵メカニズムを解明することで新しいテンペ菌の利用方法を発見しようと考えた。

4. 研究内容

I テンペ作成

準備物

- ・サチユタカ
- ・ごんご豆
- ・テンペ菌
- ・50%乳酸
- ・ガスコンロ
- ・インキュベーター

方法

- ① サチユタカ 50g, ごんご豆 50g それぞ

れに乳酸 6mL, 精製水 500mL を加え、4 時間浸漬させる。

- ② それぞれを 45 分茹で、皮をむく。
- ③ それらにテンペ菌を 0.04g ふりかける。
- ④ 未発酵の大豆、テンペ 20g を小袋に入れ、テンペの袋には爪楊枝で穴をあける。
- ⑤ 小袋に穴をあけたサチユタカ・ごんご豆を設定温度 32℃に設定したインキュベーターに入れ、22 時間放置する。穴をあけてないものは冷凍庫で保管しておく。設定温度は(有)おくつテンペ工場のテンペ作成方法を参考し、32℃とした。また発酵時間は事前に予備実験(Ⅱ 予備実験)の目的参照)を行い、22 時間に決定した。



図1 作成したテンペ

サチユタカ、ごんご豆(ともに津山産)の2品種(図2)を用いて、それぞれテンペ・未発酵ゆで大豆を作成し、全糖量及び還元糖量を測定する。

また、測定した全糖量から還元糖量を引き、非還元糖量を算出する。実験結果より、テンペ菌の発酵メカニズムを考察する。



図2 サチユタカ(左)とごんご豆(右)

テンペ作成における注意点

購入したテンペであると、個体差が生まれてしまうことが危惧される。そのため私たちは(有)おくつテンペ工房小椋さんの指導の下、テンペを自作し実験を行った。また、全糖量の測定にはフェノール硫酸法³⁾を用い、還元糖量の測定にはソモギーネルソン法⁴⁾を用いた。2つの測定は共に吸光度計を用いて吸光度を測定する。検量線用の標準液はグルコースを用いた。

Ⅱ 予備実験

目的

フェノール硫酸法とソモギーネルソン法に用いる試料を作成する。テンペ発酵前後における正確な糖量変化の値を検出するために数回に渡り試行錯誤を行った結果、この方法が確立された。

準備物

- ・ボルテックスミキサー
- ・ホモジナイザー
- ・遠心分離機
- ・硫酸亜鉛
- ・グルコース
- ・メスフラスコ
- ・水酸化バリウム
- ・マイクロピペット

方法

- ① テンペまたはゆで大豆 3g, 精製水 12mL を試験管(大)に入れたのち、ホモジナイザーにて粉碎する。
- ② 粉碎したものをろ過する。
- ③ ②で作成した液 1mL に対し水酸化バリウム溶液 4.5mL を加え、攪拌したのち硫酸亜鉛溶液 4.5mL を加え、再び攪拌する。
- ④ ③の液を遠心分離機用試験管に移し、3000rpm/min で五分間遠心分離する。

Ⅲ 全糖量の測定

方法

- ① 除タンパクされた試料液 0.1mL に生成水 0.9mL を加える。
- ② フェノール試薬(5%) 1mL を添加する。
- ③ 濃硫酸(97%) 5mL 添加し, 10 分間静置。
- ④ 静置後あらかじめ汲み置いた冷水中に 10 分間入れて冷やす。
- ⑤ 分光光度計により 490nm の吸光度を測定する (図 3)。グルコースを標準試料とし吸光度検量線を作成した (図 4)。



図 3 吸光度測定時のサンプル

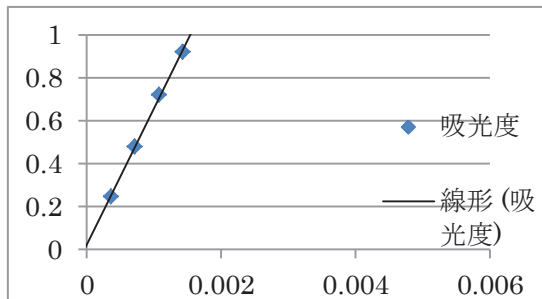


図 4 全糖量の吸光度検量線

Ⅳ 還元糖量の測定

方法

- ① 除タンパクされた試料液 1mL を試験管にとる。
- ② ソモギー試薬 1mL を加えて軽く混合し, 沸騰湯浴中で正確に 10 分間加熱する。
- ③ 流水中で冷却した後, ネルソン試薬 1mL を加えて十分に攪拌する。

- ④ 精製水を加えて 25mL とし, 混和する。
- ⑤ 分光光度計を用い 660nm の吸光度を測定する (図 5)。グルコースを標準試料とし吸光度検量線を作成した (図 6)。



図 5 吸光度測定時のサンプル

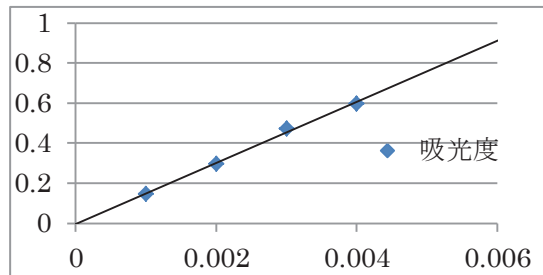


図 6 還元糖量の吸光度検量線

5. 結果と考察

結果 (表 1 及び図 7)

表 1 各大豆 1g あたりの各糖類の平均含有量

| | ①全糖量 | ②還元糖量 | ③非還元糖量 |
|---------|----------|-----------|-------------|
| サチユ幼未発酵 | 0.296337 | 0.106674 | 0.189663464 |
| サチユ幼テンペ | 0.274246 | 0.1394967 | 0.134749396 |
| ごんご豆未発酵 | 0.392607 | 0.1285558 | 0.264050815 |
| ごんご豆テンペ | 0.394701 | 0.1777899 | 0.216910635 |

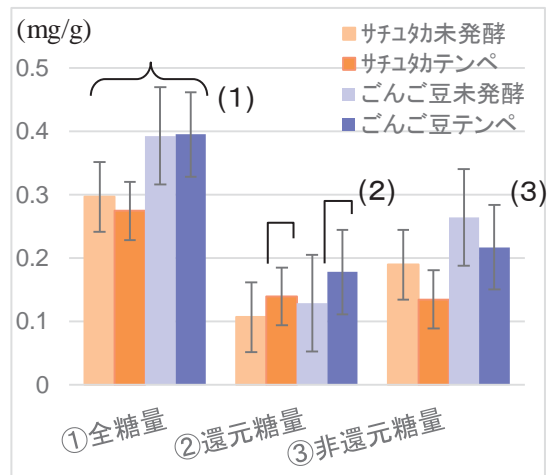


図 7 各大豆 1g あたりの各糖類の平均含有量

- (1) 全糖量はサチユタカでは 0.022mg/g ほどの減少がみられるがごんご豆の全糖変化量は極めて微小であり，なおかつ後述の還元糖量の変化を加味すると，2品種共に顕著な変化は見られないと考えられる。ごんご豆は白大豆のサチユタカと比較して元来全糖量が高いことが津山市の研究により明らかとなっている。本研究もその結果と矛盾しない数値となった。
- (2) 還元糖の増加量はサチユタカで約 0.033mg/g，ごんご豆で約 0.049mg/g であり，ごんご豆の方が 0.016mg/g 高い。
- (3) 非還元糖量は，サチユタカで約 0.055g/mg，ごんご豆で約 0.048g/mg 減少しており，2品種共に非還元糖量が減少したことが明らかとなった。

考察

- (1)(2)の結果より品種により糖の利用方法が異なると推測される。
- (3)の結果よりテンペ菌の作用でオリゴ糖（非還元糖）が分解され，還元性を持つ糖が増えたのではないかと考える。

6. 結論

テンペ菌は大豆の品種により異なる酵素で糖を分解していると推測される。また，甘みが増加したと感じたのは多糖を分解し，より甘みを感じやすい単糖へ変化させたからであると考え。大豆に含まれる主な多糖であるオリゴ糖は人間がエネルギーとして利用しづらく，単糖のおよそ半分ほどのカロリーしか得られない⁶⁾。またテンペ菌は大豆に限らず他の糖類を含む植物でも発酵することが確認されている。そのため，オリゴ糖を多く含む作物とテンペ菌の組み合わせによりエネルギー効率の高い食品を

作ることができると考えられる。

現段階では具体的にどの種類の還元糖・非還元糖が実験値に影響しているか不明である。そのため，先行の本校課題研究をもとに薄層クロマトグラフィー（TLC）法⁷⁾を用いて，テンペ菌がエネルギーとして用いる糖及び，発酵による数値の変化に影響を及ぼす糖類の詳細なデータを得ようとしたが正確な値は得られなかった。今後は，薄層クロマトグラフィーの適切な展開液を模索する必要がある。

7. 参考文献

- 1) テンペの機能性:動脈硬化抑制作用および抗高血圧作用の基礎的研究(松岡，古場，2005)
- 2) 大豆の栄養と機能性(太田・新宅・今野)
- 3) 多糖類の微量分別定量へのフェノール・硫酸法の適用(水野・岩田，1964)
- 4) 糖の定量法(北村・中屋，2012)
- 5) 栄養学，食品学を学ぶヒトのための食品化学実験(片岡・古庄・安原，地人書館，2003)
- 6) 農畜産業振興機構 HP 砂糖類情報 (https://sugar.alic.go.jp/japan/fromalic/fa_0707c.htm#4 : 2018.2.28 確認)
- 7) H27 年本校課題研究：モジホコリカビのセルロース分解(松下，鷲田，河野，2015)

8. 謝辞

テンペ菌提供・加工指導：有限会社おくつテンペ工房 様

ごんご豆成分分析資料提供：津山市産業経済部みらい産業課 様

サチユタカ・ごんご豆提供：JA つやま東部営農センター 様

研究指導：美作大学短期大学部 桑守 正範 先生

ゼブラフィッシュの色に対する反応の基礎研究

研究者 中西 みのり 西下 直子 菊入 葵 岸本 愛生 指導者 小西 明雄

Abstract

We have analyzed the behavior of *Danio rerio* by using a water tank separated into three colors of red, green, and blue to examine whether *D. rerio* gather in a specific color. As a result, *D. rerio* was more sensitive to the brightness of the light than to the color. Therefore, we made LED lighting that standardized brightness in the water tank to the same level in order to observe only the reaction of *D. rerio* to the color of light. We conducted the experiment again using the LED lighting. Under this condition, we found that *D. rerio* tend to gather in the red.

1. 概要

ゼブラフィッシュが特定の色に集まるかどうかを調べるため、赤・緑・青の三色に区切った水槽に入れて行動解析を行った。その結果、ゼブラフィッシュは色よりも明暗に敏感に反応し、明るい場所を避ける性質を持つことが分かった。そのため、照明が均一でない場合、ゼブラフィッシュの色に対する反応を測定することが出来なかった。そこで、水槽内で当たる照明が均一になるように作成した LED 照明を用い、同様の水槽で実験を行った。そうすることで初めて、ゼブラフィッシュは赤色に集まる反応を示した。

2. 動機

先輩方の研究より、ミドリムシは青色に集まる傾向があることが分かっている。^{*1} そこで、私達は生物種間で色に対する反応にどのような違いがあるかということに興味を持ち、ゼブラフィッシュを用いて研究を行うことにした。

成魚を飼育水槽からランダムに 20 匹網ですくい実験用水槽に移す。1 分間隔で 1 枚、合計 30 枚自動で撮れる設定にし、無人で写真撮影を行う。方位（磁場）や、照明が差し込む方向の影響を考え、水槽を回転させて複数回実験を行う。

3. ゼブラフィッシュの特徴

ゼブラフィッシュの特徴として色覚が優れている事がある。霊長類が 4 種類の視物質を持つのに対して、ゼブラフィッシュは 10 種類もの視物質を持っている。^{*2} このため、色に対する反応を見る本研究においてゼブラフィッシュを用いるのは適当だと考えた。

6. 計測方法

特定の色に集まったゼブラフィッシュの匹数を計測する。境界線をまたいだゼブラフィッシュと色の間隔が狭い中央部のゼブラフィッシュは、少し移動しただけで他の色に移動できてしまうため、判定不能として扱う。

4. 飼育方法

先行研究を調査し、一般的な飼育条件に近づけた。

- ・餌やり 朝・昼・夕
- ・餌 メダカの餌
- ・暗期 10 時間
- ・室温 25℃以上
- ・明期 14 時間
- ・水換え 毎週土曜

7. 統計解析

Microsoft Excel 2010 の「データ分析」機能を使用して、統計解析を行った。^{*3} 分散分析を行った後に t 検定を行い、どちらの解析においても $0.05 \leq p$ のときは有意差なし、 $p < 0.05$ のときは有意差ありとした。

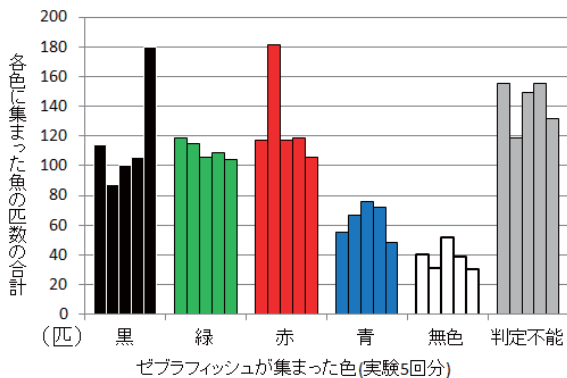
5. 実験方法

8. 実験 1

セロファンと画用紙を用いて、赤・緑・青・黒・

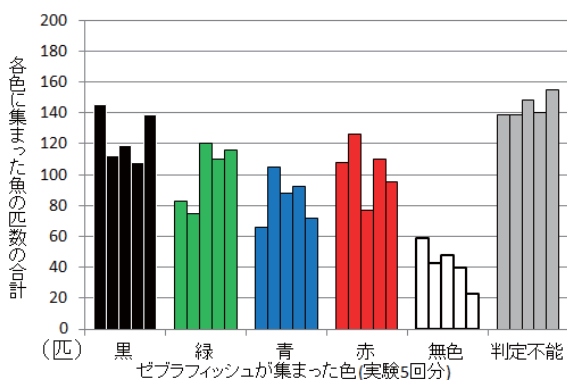
無色に5分割した水槽を作成して実験に用いた。水槽を75度ずつ回転させて、合計5回実験を行った結果、無色と青色に集まる匹数が少ない傾向が見られ、統計解析でも有意差ありと判定された。(偶然このようにデータが偏る確率は5%より小さく、偶然ではない可能性が高いとする。)

実験1結果



無色を避ける傾向が強かったため、無色と隣り合う場所に配置されている青色が、無色を避けるための移動の影響を受けていることも考え、5色の並ぶ順序を変更し、青色と赤色の位置を入れ替えた追加の実験を行った。その結果、無色から離れた位置では青色に集まる匹数が増加し、青色を避ける反応は再現性が低いことが分かった。

実験1追加結果



9. オープンフィールドテスト

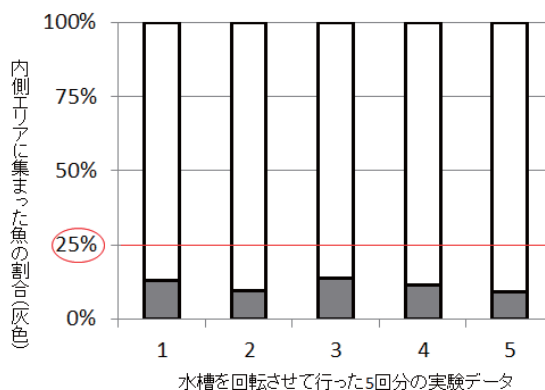
実験1の結果から、ゼブラフィッシュが無色に集まった匹数は少なく実験の再現性も高い。しかし、本研究のゼブラフィッシュは無色に近い環境下で飼育しているため、無色に慣れ親しんでいてもおかしくないのだが、なぜ無色を避けるのだら

うか。そこで、先行研究の調査から「魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察」という論文を引用する。^{*4} この論文ではゼブラフィッシュが不安感を持った時に明所回避行動を行うという事例を紹介しており、これは本研究のゼブラフィッシュの行動と一致している。無色はゼロファン等が貼られておらず、光が減っていない場所であるので、他の色より明るい。

そこで私達はゼブラフィッシュが本研究の実験環境下で不安感を持っているかどうかを調べるため、上記論文で紹介されているオープンフィールドテストを行った。このテストでは、水槽の外縁付近を外側エリア(面積比75%)、中心付近を内側エリア(面積比約25%)と定義する。水槽に入ると、不安感を持ったゼブラフィッシュは外側エリアに移動し、内側エリアに入ろうとしない。この移動の原因は、外側エリアは敵から隠れやすく、内側エリアは敵から見つかりやすいためだと考えられている。

私達は実験1で撮影した写真を再利用し解析を行った。その結果、内側エリアの匹数は面積比の25%より少なかった。このことは、ゼブラフィッシュが無作為に水槽中に散在しているのではなく、内側エリアを避けていることを意味する。

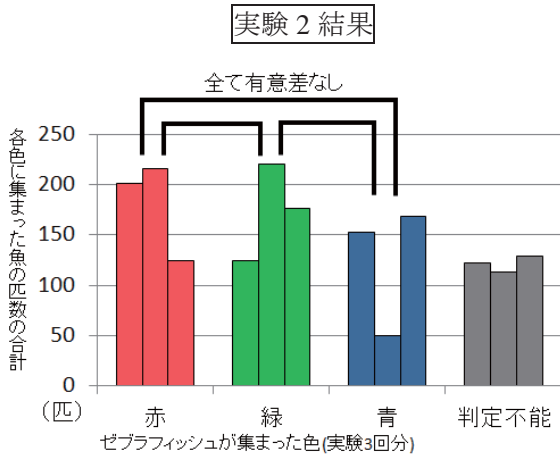
オープンフィールドテスト結果



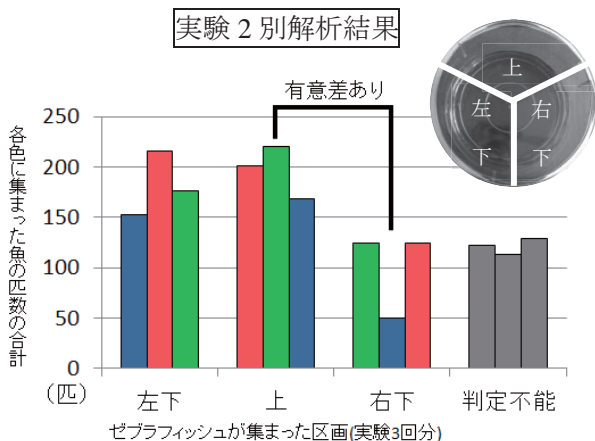
時間経過を追って解析したところ、この行動は実験が終わるまで続いたため、ゼブラフィッシュは30分間で解消されない強い不安感を持っていることが分かる。

10. 実験2

実験2では、明暗差がなければゼブラフィッシュがどの色を選ぶのか明らかになるのではないかと考えた。そこで、明暗差が大きい無色と黒色を除いた3色水槽で実験を行った。その結果、ゼブラフィッシュの匹数は赤・緑・青の3色の間において大きな差が見られず、統計解析でも有意差なしと判定された。



しかし、私達は実験写真から水槽の右下部分が明るくなっていることに気付いた。これは実験室の蛍光灯照明に設置角度による偏りがあり、実験用水槽が均一に照らされていないために生じたものだった。そこで、実験用水槽を上・左下・右下の3つの部分に分けて別解析を行った。その結果、右下に集まる匹数が少なく、統計解析でも有意差ありと判定された。

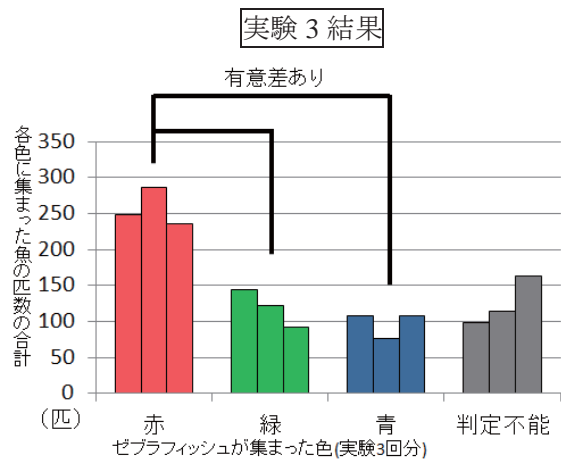


そして水槽内の照度にどの程度の差があるのかを確かめるために、本校の保健室所有の照度計を用いて、照度を測定した。すると、水槽の右下部分の照度は188ルクスで、水槽の上・左下部分

の約60ルクスに比べて、約3倍も明るいことが分かった。

11. 実験3

実験2が行われた蛍光灯下の環境では、明暗差を解消することができず、ゼブラフィッシュが特定の色に集まる反応を示さなかったため、三色水槽を下から均一に照らすLED照明を作成した。実際に均一に照らすことができているかどうかは、照度計で確認した。そしてLED照明を使用するために暗室で実験3を行った。



その結果、赤色に集まるゼブラフィッシュの匹数の平均値は他の2色と比べて約2倍多く、統計解析でも有意差ありと判定された。

12. 考察

ゼブラフィッシュが本実験の環境下で、特定の色を選ぶよりも不安感から明所回避性を示すことは、実験計画の想定外であったが、実験条件を変えることで、当初の目的である特定の色にゼブラフィッシュが集まる現象を確認することができた。似たような現象を調べたところ、赤色光下で育てたメダカは、青・緑・白色光下で育てたメダカに比べ孵化後の成長率が良く、餌の摂取回数も多くなるという先行研究があった。⁵ 魚種や観察している現象は異なるが、赤色を好んだ結果起きる現象として共通点があると考えた。

では、何故ゼブラフィッシュは赤色に集まったのか。ミドリムシが青色に集まる現象の先行研究では、青色光が光合成に適しているため、生存に

有利な場所に集まったのだと考察がされていた。

*1 ゼブラフィッシュが赤色に集まる理由も同様に生存に有利なためだと仮説を立てられないだろうか。

色の違いは光の波長の違いを意味している。光の波長が違えば、物質に対する吸収率、持っているエネルギーの高さ、散乱のしやすさが違う。このような観点から、ゼブラフィッシュが赤色に集まる理由について、吸収説・エネルギー説・散乱説の3つの仮説を立てた。

吸収説

波長の長い赤色光は水に吸収されやすく、波長の短い青色光は水に吸収されにくいという事が知られている。^{*6} このため水槽の赤色の区画は暗く、青色の区画は明るくなりゼブラフィッシュが明るい場所を避け、暗い場所に集まったと考えられる。

エネルギー説

光はエネルギーを持つため、日焼け等の体に害を及ぼす事がある。波長の長い赤色光は持っているエネルギーが低く、波長の短い青色光は持っているエネルギーが高い。^{*7} このため、ゼブラフィッシュは体に害のある青色光を避け、赤色光に集まったと考えられる。

散乱説

波長の長い赤色光は粒子にぶつかりにくいため散乱しにくく、直進しやすい。また、波長の短い青色光は粒子にぶつかりやすいため散乱しやすく、直進しにくい事が知られている。^{*7*8} 遠くまで直進しやすい赤色光の環境下では、遠くの敵を発見しやすいため、ゼブラフィッシュは赤色に集まったと考えられる。

吸収説について考察すると、水中で赤色光が吸収された差が出始めるのはおよそ水深 3 m からと言われており^{*9}、実験で用いた水槽の水深は 7.5 cm である。そのため、この実験環境下で赤・緑・青色光の間で吸収率に差があるとしても、その差は小さく、水槽内の光量が各区間で違わず

る吸収説は適当ではない。

また、光のエネルギーが直接体に害を与えると考えるエネルギー説だが、3000~4000 ルクス of 白色光照射でも受精卵に大きな影響はでないとの報告がある。^{*10} このため実験 3 の 700 ルクス程度の光が、無防備な受精卵とは違い表皮や鱗をもつゼブラフィッシュの体に影響を与えることは考えにくく、エネルギー説は適当ではない。

ゼブラフィッシュが明所回避性を示す理由は、敵から見つけやすい明るい場所を避けるためだと先行研究で考えられている。本研究の実験 1・2 でも明所回避性は確認できたため、ゼブラフィッシュは実験環境下で自らに危害を加える敵の存在を常に意識しており、敵から逃れ、生き残る事を第一に行動していると私達は考えた。また実験 3 においても同様にゼブラフィッシュは敵の存在を意識しているはずであり、赤色に集まる行動は、敵から逃れるのに有効であるとゼブラフィッシュが判断した結果ではないだろうか。

3つの仮説の内、赤色光の環境下ではゼブラフィッシュが遠くの敵を発見しやすいと考える散乱説は、ゼブラフィッシュが実験環境下で敵の存在を恐れる性質と合わせた考察ができるため、私達は散乱説が最も有力であると考えます。

13. 結論

実験 1・2・3 の結果で共通しているものと、しないものを下表で示す。

| | 明るい場所を避ける | 右下を避ける | 赤色に集まる |
|------|-----------|--------|--------|
| 実験 1 | ○ | × | × |
| 実験 2 | ○ | ○ | × |
| 実験 3 | — | — | ○ |

実験 3 では赤色に集まる事が確認できたが、実験 1・2 ではこの傾向が確認できていない。ゼブラフィッシュが本能で赤色に集まるのであれば、実験 1・2 でも赤色に集まる傾向が見られたのではないだろうか。また、実験 1・2 ではゼブラフ

イッシュは敵から発見されやすい明るい場所を避け、実験3では敵を発見しやすい赤色に集まると考察している。しかし敵を発見しやすいということは同時に敵から発見されやすいということの意味しており、この2つの考察は矛盾している。しかし、動物の行動解析では実験環境が変わると、実験結果が全く異なる事があり、再現性が低いことが知られている。^{*11} 本研究でも実験1・2と実験3とでは光環境が大きく異なっているため、実験結果が異なる事自体は珍しくない現象であると考えた。

私達はミドリムシとゼブラフィッシュの色に対する反応にどのような違いがあるのかに興味を持ち、研究を進めてきた。ミドリムシとゼブラフィッシュでは何が違うか。それはゼブラフィッシュが脳を持つことではないだろうか。高校で使う生物の資料集の〈行動と神経回路〉の項には次の記述がある。『形成される神経回路に可塑性があるため、予測困難な環境の変化に対して、より柔軟で複雑な反応ができる。』^{*12} つまり、高度に発達した神経回路である脳をもつゼブラフィッシュは実験環境の変化に対して、より柔軟で複雑な行動ができるのではないだろうか。すなわち本研究の実験環境下では、ゼブラフィッシュは少しでも生き残るために有利なように、その都度置かれた状況を判断して、行動を変えていると思われる。例えば実験1・2の環境ではゼブラフィッシュは明るい場所は敵に発見されやすいと判断する。実験3の環境では、赤色光下は敵を発見しやすいと判断する。この2つの判断は矛盾しているように思われるが、前提となる環境要因が異なっており、それぞれ独立した判断であると考えられる。ゼブラフィッシュは脳を持つことで、このような環境に応じた判断を下す事が可能になったのではないだろうか。私達は動物の行動解析の再現性が低いことも、この事が関与していると考えた。

これらの考察の元となる散乱説が未証明であり、検証するための次の実験を考案することが課題であるが、ゼブラフィッシュの色に対する反応

の研究を通じて、脳を持つとはどういうことなのかについて私達は考えることができた。

14. 参考文献

- *1 ミドリムシの光走性と光合成の関係について
津山高校 H27 奥田希実 寺坂安奈
- *2 魚の色覚はすごい！
川端裕人
(<http://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/web/16/012700001/012800003/?P=4>)
- *3 Excel を用いた平均値の差の検定
(<http://ksw.shoin.ac.jp/dept/psychol/pshome/report/Exttestanova.pdf>)
- *4 魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察
吉田将之
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/28/4/28_4_317/_article/-char/ja/)
- *5 メダカ・鮭の孵化・成長と光質の関係
茗溪学園高等学校 2011 住谷伊織
- *6 光の散乱と吸収
(<http://www.sugipro.co.jp/kouza/contents/hikarinokusyutosanran.html>)
- *7 モニター画面が発する青い光が、
テクノストレスの一因！？
(<http://pc.lensya.com/goods/nikon/seeblue/>)
- *8 INON 水中可変赤フィルター M67 【概要】
(<http://www.inon.co.jp/products/filter/variablefilter.html>)
- *9 水中における色の見え方の
コンピュータによる再現 大本徹
(https://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii_20180126165711.pdf?id=ART0007355184)
- *10 体外胚操作が胚発生に及ぼす影響
：光の影響から学ぶ 堀内敏孝
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmor/30/4/30_120/pdf)
- *11 実験者の性別がケタミンの作用を左右する？！
(<https://www.natureasia.com/Nature Japan/Nature ダイジェスト/Vol. 15 No. 1/News>)
- *12 スクエア最新図説生物 neo 四訂版 p.217
動物の行動②行動と神経回路 (第一学習社)

津山東部に見られる地形の形成史を探る

研究者 垣内真悟 甲元昌也 小林拓翔 長谷川裕哉 指導者 山本隆史

Abstract

It is said that Tsuyama was once a warm sea 16 million years ago. We were interested in the process of its disappearance and the current landform formation. We focused on Oike Pond in Hiroka Okayama prefecture where we can see the terrain that is descending towards the south. We analyzed the history of terrain formation in the Tsuyama area by testing the electrical conductivity and pH value of the soil we collected in Hiroka. We also used terrain data for this survey.

1. 概要

約 1600 万年前 (16Ma), 津山は暖かい海 (以後, 古津山海と呼称) だったと言われている。私達は古津山海がどのように消滅したのか, そしてその後どのようにして地形が形成されたのかに興味を持った。また, 私達は奈義町広岡の大池周辺にみられる南傾斜の地形について着目した。そして, 私達は津山東部の土壌の電気伝導度と pH, さらに津山東部の地形データを用いて地形の形成史を明らかにしていった。

2. 序論

津山にはかつて海が存在し (図 1), 風化しやすい新第三紀の土壌 (中新統) が残っている。本校の先輩達が行った先行研究では, 古津山海で海進・海退があったこと, 津山東部においてプレートによる南北圧縮で脊梁山脈が隆起して形成されたことを明らかにした。



図 3 奈義町広岡の位置 (円内が奈義町広岡) 3 万分の 1

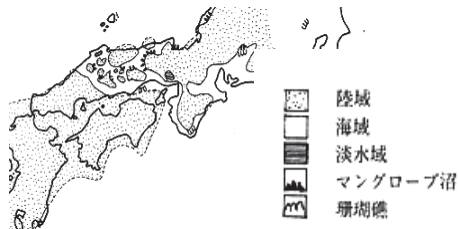


図 1 中新世中期の古地理図 (糸魚川, 1986)

① 露頭調査

奈義町広岡の調査を行った結果, 角礫を多く含んでいることが分かった。(図 5)



図 4 調査地域 (奈義町広岡の露頭)

3. 仮説設定のための調査

津山東部の地質図 (図 1) を見た時, 奈義町広岡周辺の新第三紀層と中生代の層が接しているところに着目し, これが古津山海消滅に関連しているのではないのかと考えた。そこで露頭調査, 奈義町広岡 (図 3) の pH・電気伝導度調査を行い考察した。

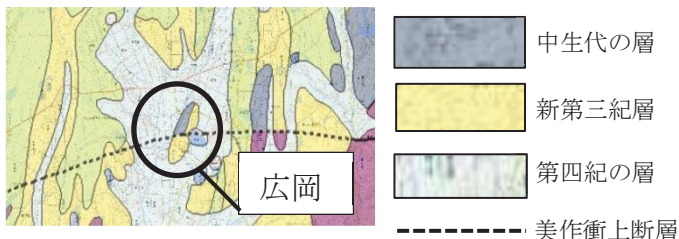


図 2 奈義町の地質図 (20 万分の 1)



図 5 広岡で見られた角礫

② 奈義町広岡の土壌の pH と電気伝導度調査

次に電気伝導度及び pH 測定器 (LAQUA) を用いて、広岡の土壌が海成または非海成のものかを調査した。(図 6)

(調査方法)

- ① ふるいをかけ 2 mm 以下に統一した試料 30 g に蒸留水 150 g を加え、30 分間攪拌。
- ② 攪拌を止め、30 分間放置した液の上澄み液に pH 測定器及び電気伝導度測定器を用いて測定。

(結果)

図 7 より土壌の pH の値が低く電気伝導度も低いことがわかる。よって、広岡の土壌は、海成層ではなく、淡水で堆積したことが分かった。



図 7 電気伝導度および pH 測定器 (LAQUA)

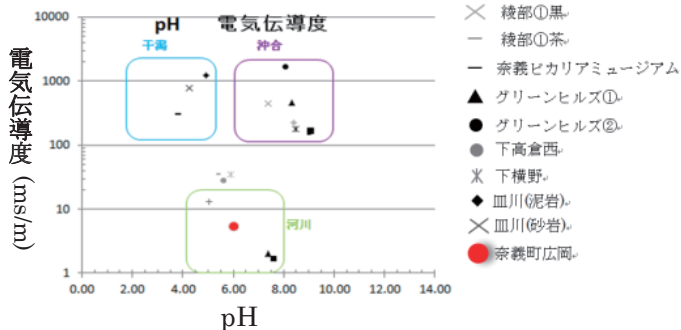


図 7 pH と電気伝導度の関係

③ 文献調査

中原・於保 (2011) には、津山南部に流れる吉井川水系の河川によって津山盆地に河岸段丘が形成されていることが記載されていた。

(考察)

調査地域では、角礫を含む地層が見られたことから、河川によって運搬されたものではなく、第三紀層の上位にある中生代の地層が美作衝上断層の衝上断層運動によって崩れた崖錐堆積物ではないのかと推測した。また第四紀に流れた吉井川水系の河川の浸食で広岡の地形は形成されたのではないかと考え、次の仮説に至った。

4. 仮説

広岡に見られた地形は、古津山海消滅時の南北圧縮の影響を受け、さらに古津山海消滅後の河川の浸食によって現在みられる地形となった。

5. 研究 I 地形図の解析

(目的)

私達は、岡山県北部では 5Ma 以降、地殻変動が少ないことから現在に至るまで、大規模な地形の変化はほとんど見られないと考え、地形ソフトカシミール 3D を用いて、特徴的な地形を探した。

(調査方法)

- ① 標高 210m を境とし、低いところを黄色、高いところを緑に色分けし、奈義町で古津山海の影響がみられる地形がないかを探した。
- ② 古津山海の海水の抜け場所を調べるために脊梁山脈(中国山地)の標高を調べ、断面図を作成した。
- ③ 標高毎に色で区分し、3D の地形図を作成した。



図 8 奈義町を標高ごとで区分した地形図

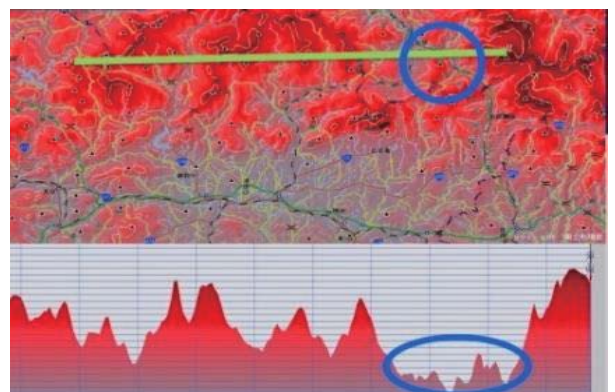


図 9 脊梁山脈の断面図

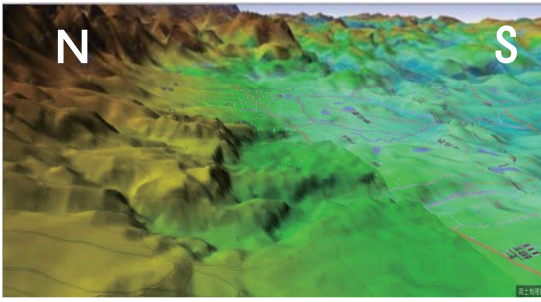


図 10 西側から望んだ奈義町周辺 (46 万分の 1)

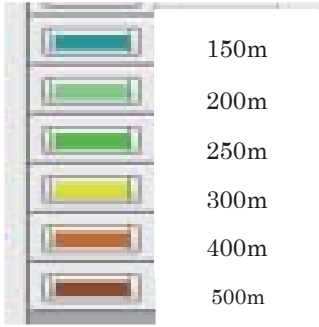


図 11 (図 10) の地形
図の色分けについて

(結果)

- ・ 標高 210 m の境界部分に、リアス海岸のような浸食地形が見られた。(図 8)
- ・ 奈義町周辺の脊梁山脈(中国山地)のなかで特に、那岐山東部の標高が他の脊梁部より低いことが分かった。(図 9 の青い枠部分)
- ・ 脊梁山脈から南に行くにつれて、段丘のようなものが見られた。(図 10)

(考察)

古津山海の痕跡は現在の地形にも残っていることが分かったが、段丘面形成については、新第三紀層が浸食されていることから、古津山海消滅後に形成されたと考えられる。

6. 研究Ⅱ 岡山県北部周辺の新第三紀層の分布と標高調査

(目的)

古津山海の消滅時における海水の抜け場所を探る。

(調査方法)

海成層である新第三紀の地層の分布を基準にし、標高データを調べ、各地点で比較する。

(結果)

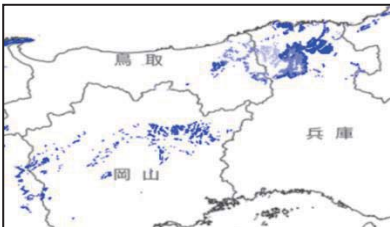


図 12 新第三紀層の分布
(産業技術総合研究所より引用)

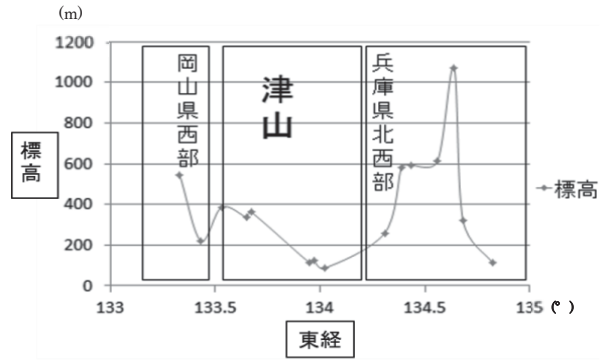


図 13 新第三紀の地域の標高調査

岡山県西部、津山市周辺、兵庫県北西部では新第三紀層が分布している。岡山県西部、兵庫県北西部の標高が津山市周辺と比べて高くなっていることがわかった。

(考察)

この 3 地点を比べると、最大約 900 m 以上の標高差が見られる。先行研究では、海進・海退は最大±200 m とされているので、海進・海退によってこのように新第三紀層が堆積したとは考えにくい。よって、岡山県西部、兵庫県北西部は新第三紀層が堆積した後に、隆起したと考えられる。

7. 結論・考察

私達が着目した広岡の地形の形成史について以下のようにまとめ、考察した。まず、新第三紀に古津山海の海進・海退でリアス的な地形が形成された後、脊梁山脈、岡山県西部、兵庫県北西部が隆起した。同時期中生代の地層が美作衝上断層の衝上断層運動で三紀層に衝上した。そして、残る海水の抜け場所は那岐山周辺の可能性があり、古津山海はやがて消滅した。その後、第四紀に東西を流れる河川(吉井川水系)によって、大規模な河岸段丘が形成され、その過程で広岡の地形の新第三紀の地層にかぶさっていた中生代の層は削られ、崩れて崖錐堆積物となり現在の地形となった。

8. 今後の展望

津山東部を流れる第四紀の河川(主に吉井川水系)の古流向を露頭調査、シミュレーションなどで調べ、那岐山東部から海水が抜けていったことを明らかにしていきたい。

9. 謝辞

小網 晴男 先生（岡山朝日高校教諭）

奈義町役場の皆様

10. 参考文献

- ・ 中新世中期の日本の古環境
（糸魚川 淳二，津田 禾粒，1986）
- ・ 津山周辺における新第三紀海成層の研究
H27 津山高校課題研究
（山下 隼，松下 尚，太田 明諸，水嶋 沙耶加）
- ・ 岡山県津山盆地における河岸段丘
（中原 佐和子，於保 幸正，2011）
- ・ 津山盆地における勝田層群の堆積条件
（野崎 誠二，1986）
- ・ 20 万分の 1 日本シームレス地質図
（産業技術総合研究所）
- ・ 日本地方地質誌中国地方
（日本地質学会，朝倉書店）
- ・ 1:25,000 都市圏活断層図那岐山断層帯（山崎断層帯）とその周辺「津山東部」解説書
（岡田 篤正，2016）
- ・ 津山盆地東部に分布する中新統勝田層群の堆積環境（山崎 良，鈴木 茂之，2003）

素数の研究

岡山県立津山高等学校 理数科 長江 駿, 河本 和輝, 峰山 直大 指導者 西 浩司, 山田 健太郎

目的

n番目までの素数の和からn+1番目の素数を予測する。

定義①: n番目の素数を P_n とする。

定義②: 奇数番目の素数までの和の半分を S_1 とする。

定義③: 偶数番目の素数までの和の半分を S_2 とする。

ただし、 S_2 は小数部分を切り上げて整数とする。

仮説①: P_{2n+1} までを二組に分けたとき、それぞれの組の和が等しくなる分け方が存在する。

【結果・考察】

| n | 左の和 | S_1 | | | | S_1 | | | | 右の和 | |
|---|-----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|-----|----|
| 9 | 50 | 3 | 5 | 19 | 23 | 17 | 13 | 11 | 7 | 2 | 50 |
| 9 | 50 | 3 | 7 | 17 | 23 | 19 | 13 | 11 | 5 | 2 | 50 |
| 9 | 50 | 2 | 3 | 5 | 17 | 23 | 19 | 13 | 11 | 7 | 50 |
| 9 | 50 | 3 | 11 | 13 | 23 | 19 | 17 | 7 | 5 | 2 | 50 |
| 9 | 50 | 2 | 5 | 7 | 13 | 23 | 19 | 17 | 11 | 3 | 50 |

(奇): 計算により、 $P_{2001}=17393$ まで確認。

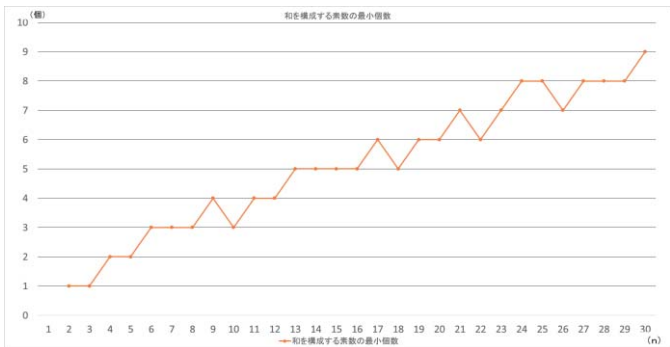
仮説②: P_{2n} までを二組に分けたとき、それぞれの組の和の差の絶対値が1となる分け方が存在する。

【結果・考察】

| n | 左の和 | S_2 | | | S_2-1 | | | 右の和 | | |
|---|-----|-------|----|----|---------|----|----|-----|---|----|
| 8 | 39 | 3 | 17 | 19 | 13 | 11 | 7 | 5 | 2 | 38 |
| 8 | 39 | 7 | 13 | 19 | 17 | 11 | 5 | 3 | 2 | 38 |
| 8 | 39 | 2 | 5 | 13 | 19 | 17 | 11 | 7 | 3 | 38 |
| 8 | 39 | 2 | 7 | 11 | 19 | 17 | 13 | 5 | 3 | 38 |
| 8 | 39 | 2 | 7 | 13 | 17 | 19 | 11 | 5 | 3 | 38 |
| 8 | 39 | 3 | 5 | 7 | 11 | 13 | 19 | 17 | 2 | 38 |

(偶): 計算により、 $P_{2000}=17389$ まで確認。

S_1, S_2 を構成する素数の最小個数 ※上図の★



ピラミッド型

| n | 左の和 | S_1 | | S_2 | | S_1 | | S_2-1 | | 右の和 | | | |
|---|-----|-------|--|-------|---|-------|----|---------|----|-----|----|----|----|
| 2 | 3 | | | | 3 | 2 | | | 2 | | | | |
| 3 | 5 | | | 2 | 3 | 5 | | | 5 | | | | |
| 4 | 9 | | | 2 | 7 | 5 | 3 | | 8 | | | | |
| 5 | 14 | | | 2 | 5 | 7 | 11 | 3 | 14 | | | | |
| 6 | 21 | | | 3 | 5 | 13 | 11 | 7 | 2 | 20 | | | |
| 7 | 29 | | | 2 | 3 | 11 | 13 | 17 | 7 | 5 | 29 | | |
| 8 | 39 | | | 2 | 5 | 13 | 19 | 17 | 11 | 7 | 3 | 38 | |
| 9 | 50 | | | 2 | 7 | 11 | 13 | 17 | 23 | 19 | 5 | 3 | 50 |

仮説③: 仮説①②を利用して、 P_n までの和から P_{n+1} を予測することができる。

仮説③の検証 仮説①②における和の変化 (具体例)

| | | | | | | | |
|---|----|---|---|---|---|----|----|
| 5 | 14 | 2 | 5 | 7 | 3 | 11 | 14 |
|---|----|---|---|---|---|----|----|

i) 12~21の奇数で考える。

ii) 5を除く下一桁が5の数を除外。

iii) 28を足す。

iv) 差が1となるように分ける。

v) 素数は $36m \pm 1$ ($m \geq 1$)

vi) 右の和の最大値は23

vii) 17を入れてみる。

| | | | | | |
|---|--|----|--|----|--|
| 6 | | 3個 | | 3個 | |
|---|--|----|--|----|--|

| | | | | | | | |
|---|----|---|---|---|---|----|----|
| 5 | 14 | 2 | 5 | 7 | 3 | 11 | 14 |
|---|----|---|---|---|---|----|----|

13と19が残る。

最小値をとって、 $P_6 = 13$

| | | | | | | | | | |
|---|----|----|---|---|----|---|---|----|----|
| 6 | 21 | 3個 | 3 | 5 | 13 | 2 | 7 | 11 | 20 |
|---|----|----|---|---|----|---|---|----|----|

(例外)

| | | | | | | | | | | |
|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 15 | 164 | 3 | 5 | 17 | 19 | 2 | 7 | 11 | 13 | 164 |
| | | 23 | 29 | 31 | 37 | 41 | 43 | 47 | | |

素数の平方数が除外できない

49+328=377=189+188
~~51+328=379=190+189~~
~~53+328=381=191+190~~
~~55+328=383=192+191~~
~~57+328=385=193+192~~

結論

仮説①②では、ある程度の素数まで成り立つことを確認できたが、証明には至っていない。また、仮説③で示したように、次の素数を考えたとき、最小の数が素数の平方数であるとき、その数を除外する明確な方法がない場合がある。このため今後は「素数の平方数は素数ではない」という条件を加えて仮説の検証を進める必要があると思われる。

只、仮説③ではいくつかの条件で次の素数を絞り込むことができたものの、後々このように新しい条件を要することも予測され、現在までには、次の素数を決まった条件で絞り込むことはできておらず、規則性を発見するまでには至っていない。

参考文献: 素数の世界 (Paulo Ribenboim 著、吾郷孝暎 訳、共立出版株式会社 出版)

円板におけるヒラリズム運動の周期性

岡山県立津山高等学校 理数科

研究者 上谷 萌花, 河井 沙奈, 角南 遼太, 中尾 天哉, 丸尾 莉永, 渡辺 潤

研究指導者 井上 出

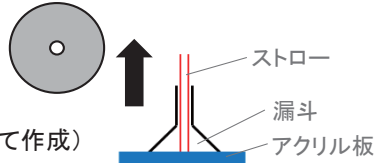
I 目的

物体が流体中を落下する運動(ヒラリズム運動と命名)を解析し、タンブリング平板のヒラリズム運動の周期について考察する。

II 実験装置

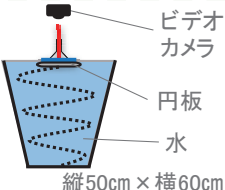
- ・アルミニウム製の円板
※中心の穴の直径(6mm)、円板の厚さ(0.75mm)は一定

- ・落下装置(ストローと漏斗を用いて作成)



III 実験方法

- ① 落下装置でアルミニウム製の円板を水中で落下させる
- ② 落下開始から底につくまで円板の落下運動を上から動画で撮影する

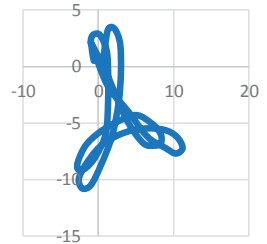
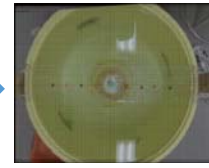
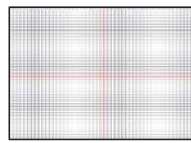
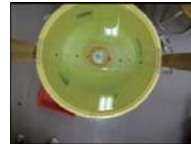


縦50cm×横60cm

※この実験を円板の直径を40mm,50mm,60mmと変え、それぞれ50回ずつ行う。

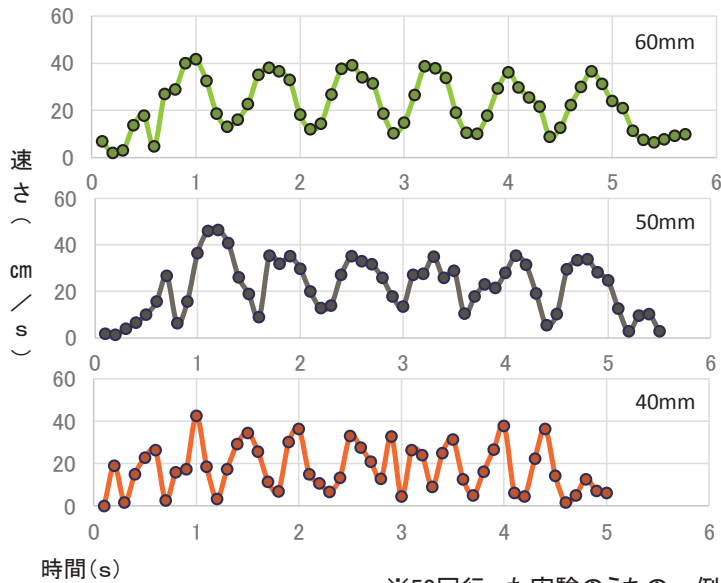
IV 解析方法

- ① 撮影した映像をAdobe Premiere Elementsを用いて直交座標と合成
- ② 0.10秒ごとの円板の中心の座標を記録
- ③ Microsoft Excelを用いて実験によって得られたデータを解析



上からのヒラリズム運動の軌跡(一例)

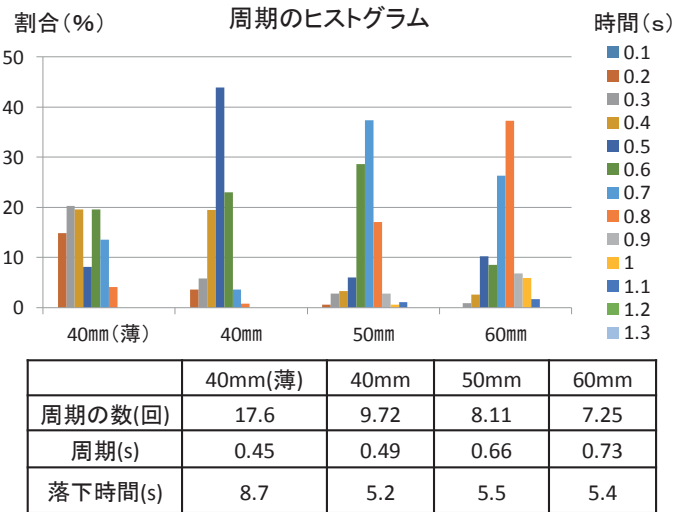
V 結果と考察



※50回行った実験のうちの一例

- ・周期性がみられた
剥離渦の連続発生による周期性の発現(参考文献2)

この後追加実験として、直径40mm,厚さ0.30mmのアルミニウム製の円板を用いて同様の実験を行った。



円板の直径が大きいほど周期の数は少なくなった
円板を薄くすると周期の数が多くなり、落下時間が長くなった



周期性がみられた
||
剥離渦が復元力として作用した?

VI 今後の展望

- ・円板を薄くした際に周期性に乱れが生じた要因の解析
- ・要素の範囲を広げる → より詳しい関係性を導く
- ・空気中での運動との比較 → 正当性の検証
- ・解析方法の改善 → 精度の向上、時間の短縮
- ・発生メカニズムの更なる探究

VII 参考文献

- 1 平田 勝哉, 早川 昌志, 舟木 治郎
「二次元自由落下タンブリング平板に関する影響」
(日本機械学会論文集(B編)77巻782号2011-10)
- 2 石綿 良三「図解雑学 流体力学」(ナツメ社)

水に覆われた平面での物体の運動についての研究

岡山県立津山高等学校 理数科 上原 大和, 芦田 雄斗, 石原 健成, 坂本 涼, 杉山 雅和 指導者 坪井 民夫

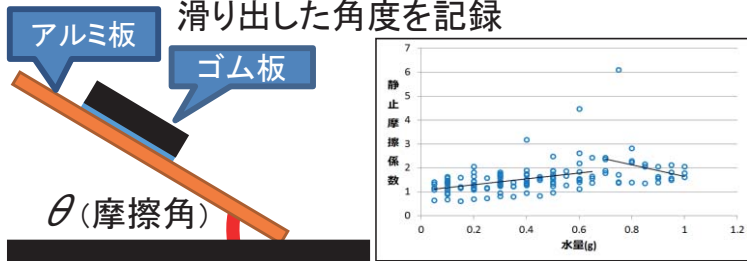
研究の動機・目的

水に濡れた平面の上を物体が滑るとき、滑りやすくなる場合と滑りにくくなる場合があることに気づき、なぜこのような違いが生まれるか疑問に思い調べてみようと思ったから。

実験① 静止摩擦係数の計測

目的: 物体の下に水があるときの物体の静止摩擦係数を計測

実験方法: 水と物体が乗った平面を傾け物体が滑り出した角度を記録



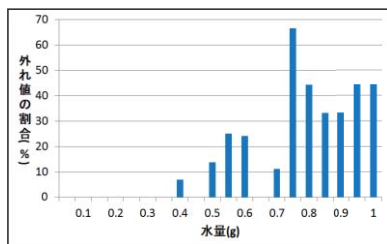
結果・水量少: 水量増加 → 静止摩擦係数増加
 ・水量多: 水量増加 → 静止摩擦係数減少

水量増加

- データがばらつく
- 外れ値割合増加

水の様子を確認

→ 実験②へ



実験② 斜面を可視化し水膜の観察

目的: 物体の下の水の広がり方を調べ、実験①のデータを考察

実験方法: 斜面をアルミ板から透明アクリルに変更し実験①と同様に計測



結果・水が全体に広がる → 大気圧で圧着
 ・水が多量排出された時 → 水とともに滑る

実験③ 要素の特定

目的: 水以外の要素の有無が物体の運動に関係しているか調査

<大気圧> 板をひっくり返しても落ちない

→ 完全に圧着

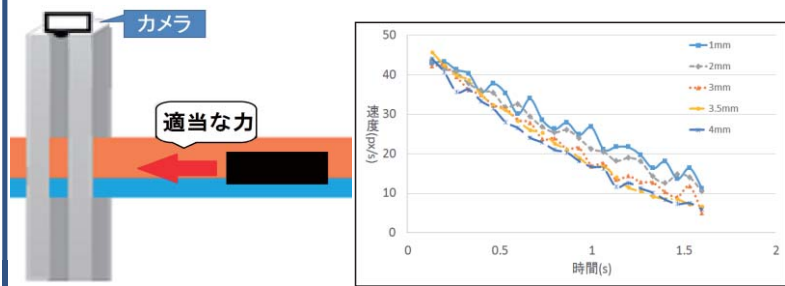
<表面張力> 石鹼水で同様に実験 → 傾向変化なし

<湿度or温度> 同日にデータを多くとり条件固定

実験④ 水膜上の物体の運動の解析

目的: 平面上で比較的水量が多い場合での物体の速度変化を調査

実験方法: 水膜上の物体の運動を撮影し解析



結果・水膜の厚さ増加 → 減速
 ・加減速を繰り返す → 波が関係

考察・結論 水量の違いによる滑り方の傾向

| | |
|--|---|
| <p>I. (横) </p> <p>(裏) </p> <p>・水量増 → 物体は滑りにくくなる</p> | <p>II. (横) </p> <p>(裏) </p> <p>・水が全体に広がる → 圧着され、滑らない</p> |
| <p>III. (横) </p> <p>(裏) </p> <p>・物体が圧着 or 滑り落ちる (水の広がり方による)</p> | <p>IV. (横) </p> <p>(裏) </p> <p>・水量増 → 物体は止まりやすくなる</p> |

IとIIIの結果が一番滑りやすさに影響する

今後の展望

- ・ 垂直抗力(物体の重さ)を変更
- ・ 気圧を変え、大気圧による圧着という仮説を確認

参考文献: 新しい摩擦の科学 トライボロジー入門 (広中清一郎著) 発行所 講談社 発行年 1991年

いろいろな音の快・不快についての研究

岡山県立津山高等学校 理数科 山口 卓 菱川 慶人 秀安 京太 指導者 曾利 仁

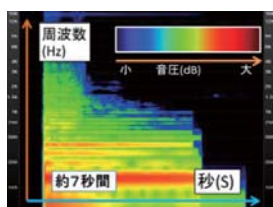
研究動機

日常にあるいろいろな快の音と不快の音をデータ化し、それぞれを解析することで、両者の特徴を確認する。そして、快の音が発生するメカニズムを明らかにしたい。

実験Ⅰ：スペクトログラムによる解析

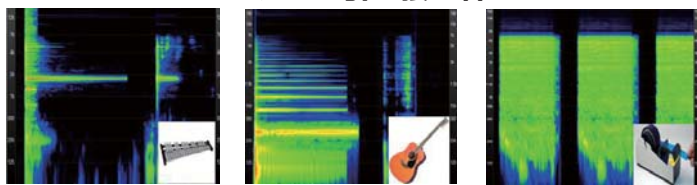
音の周波数成分の音圧の全体的な変化を見る

→ **特徴**の発見
&
大きく **分類**



結果Ⅰ

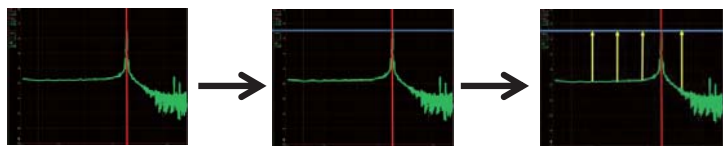
- 図①：主となる周波数成分がある
例) 音叉・グロッケン
- 図②：主となる周波数成分と倍音成分がある
例) クラリネット・人の声・グラスハープ
- 図③：周波数成分それぞれの音圧の差が小さい
例) 黒板をこする音
セロハンテープ引っ張る音



実験Ⅱ：FFT(高速フーリエ変換)

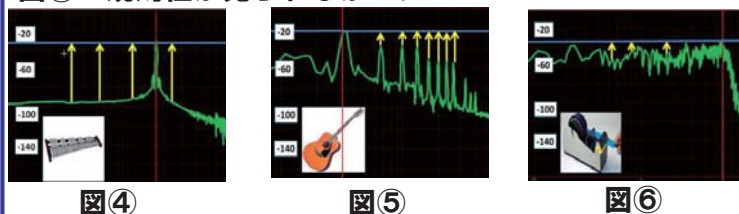
瞬間的な周波数成分の音圧の変化をみる

→スペクトログラムで見られなかった詳細な音圧変化をみる



結果Ⅱ

- 図④：基準音と他音の音圧差が一定であった
- 図⑤：他音との音圧差が規則的に変化した
- 図⑥：規則性が見られなかった



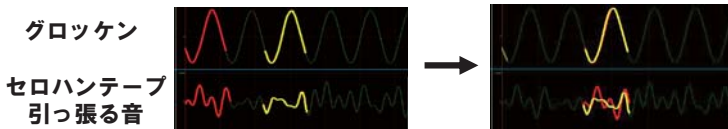
実験Ⅲ：波形の解析

音色の違いを波形で確認する。
→波形での特徴の有無を調べる



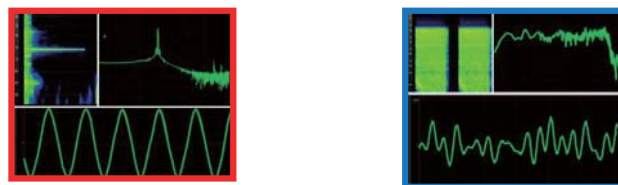
結果Ⅲ

周期的な変化をするものとしらないものがあった



考察

- 快**：結果Ⅰ 主となる周波数成分あり
倍音成分を含む
結果Ⅱ 基準音と他音の音圧差に規則性
結果Ⅲ 波形が周期的
- 不快**：結果Ⅰ 周波数成分の音圧差が小さい
結果Ⅱ 規則的な音圧の変化なし
結果Ⅲ 波形が周期的でない

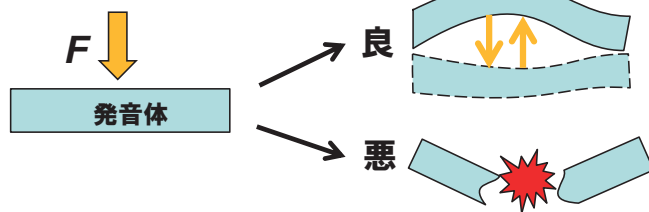


実験結果から発音体について
快とされる音の特徴→金属が多い

- 弾性→ 特定の周波数成分の出現
- 硬さ→ 特定の周波数成分を維持

物質の硬さ,密度が影響

(例)



展望

<物質の硬さの比較>

～実験する材料～
金属, アクリル板, 木,
プラスチック など

<測定方法>

- ・反発係数
- ・結晶構造
- ・変形の仕方

界面活性剤と大きな泡の関係性

岡山県立津山高等学校 理数科 高見 大地 岡本 あかね 杉本 凜 井上 翔太

指導者 貴志 貴

1. 研究の動機・目的

われにくい大きなシャボン玉をつくりたい

H28年度
本校課題研究

・先行研究
・経験則

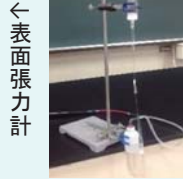


実験にはエマル(液体洗剤)を使用
※含まれる界面活性剤の種類
ポリオキシエチレンアルキルエーテル
…非イオン性界面活性剤の一種
以下AEとする。

表面張力…小
粘度…大

理論の解明

2. 実験



←表面張力計

←粘度計

←泡のわれにくさ

表面張力計

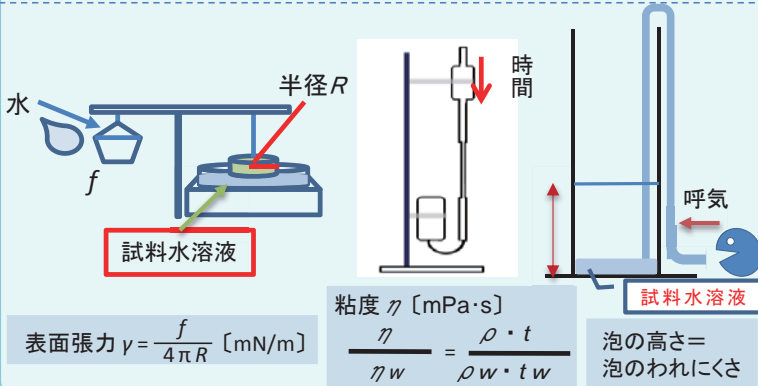
モデル:デュヌイ表面張力計
道具:実験用てこ, アルミ缶 等

粘度計

モデル:オストワルド相対粘度計
道具:ゴム管, アルミテープ, パスツールピペット 等

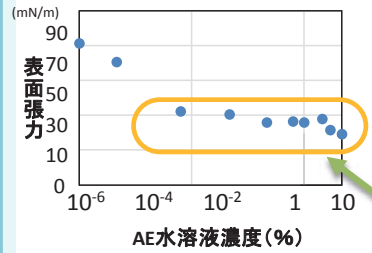
泡のわれにくさ

道具:1リットルメスシリンダー, ガラス管, ゴム管



3. 結果と考察 ①

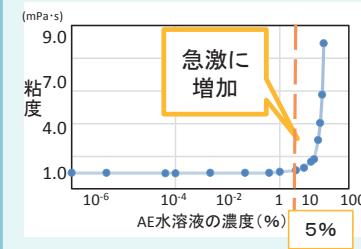
i : 表面張力



考察

濃度を変えても溶液表面のAE分子の数に影響が少ない
↓
広い範囲で変化が小さい

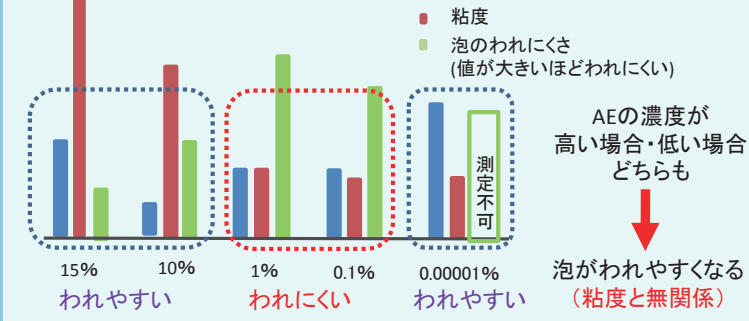
ii : 粘度



考察

高濃度AE水溶液
…ミセルの水和に多くの水が使われる
⇒ 溶媒としての水分子が極端に少ない
⇒ 粘度が急激に増加

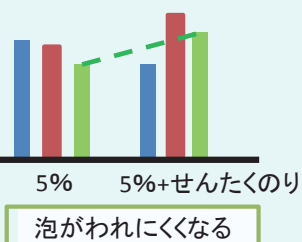
iii : 泡のわれにくさ



4. 結果と考察 ②

5%のAE溶液に
せんたくのりを
加えると…

表面張力
粘度
泡のわれにくさ
(値が大きいほどわれにくい)



AE濃度 適度
シャボン玉 大

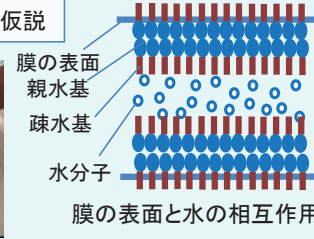
シャボン玉の
水の偏り無し



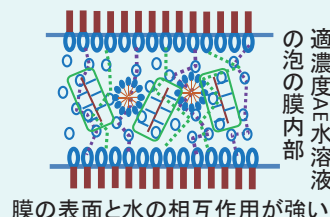
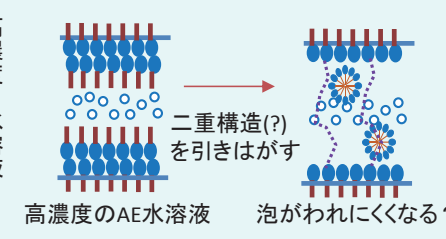
AE濃度 濃 or 薄
シャボン玉 小

シャボン玉の
底に水がたまる

仮説



高濃度AE水溶液
の泡の膜内部



PVAを添加:膜内部の相互作用強化

検証 高濃度のAE溶液+電解質

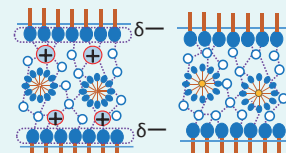
19%のAE溶液:泡のわれにくさ 1.0

NaClを添加
※ [Na⁺] = 2.0mol/L

泡のわれにくさ 1.6

5. まとめ・今後の展望

高濃度のAE水溶液に電解質を添加したところ泡がわれにくかったことから、泡のわれにくさには表面張力や粘度だけでなく泡の膜内部における相互作用が関わっていると考えられた。



今後は、泡の膜表面の最外の分子を引きはがすことができると考えられる陽イオンや疎水性物質をAE水溶液に添加して仮説の検証に取り組みたい。

デジタルカメラによる汚れの落ち具合の測定

岡山県立津山高等学校 理数科 竹内 章人 池田 健人 鈴木 麻佑 土井 南季 頼経 優妃
[指導者]井上 直樹

▽研究の動機


汚れ具合を測定したい！

↓

デジタルカメラの画像で測定したい


↓

装置を作製する



▽実験方法

インクを用いて布を染色し、一定時間放置した後、水で洗い、デジタル画像のRGB値を求める。洗淨水の吸光度を測定し、布の画像のRGB値と洗淨水の吸光度を比較・検証する。

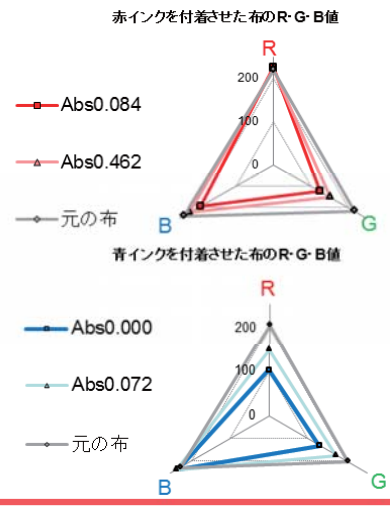


▽実験3

実験2と同じ手法で
赤色インク・青色インクを用いて
布の画像解析と
洗淨液の吸光度測定を行う
(結果)

R値の変化小
B・G値は汚れなしに
近づいている

B値の変化小
R・G値は汚れなしに
近づいている



▽実験1 撮影方法の検討

画像データからRGB値を使用できることを考えた

方法 同じサンプルを撮影する

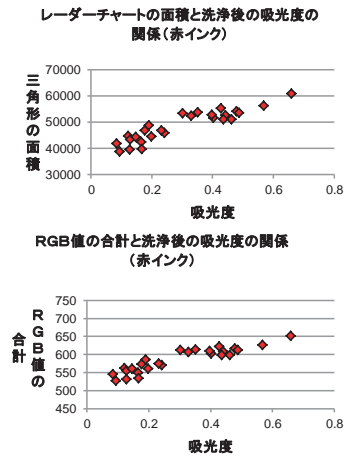
結果 周囲の環境によってデータにばらつきがみられる
カメラの自動補正により色が変わる

環境を統一するためリサーチくん内で撮影する
論文よりRGB値のわかる標準紙を用いる

▽考察

実験2, 3より
以下の3つの方法を考え考察した

- ①各サンプルのRGB値の標準偏差
→データのばらつきが非常に大きい
黒色の汚れにおいて成り立たない
- ②各サンプルの面積
→データのばらつきが大きい
単色の汚れにおいて成り立たない
- ③各サンプルのRGB値の合計
→データのばらつきが少ない



布の汚れの指標として
RGB値の合計を用いることが最も適している

▽実験2 黒色の汚れを用いた画像処理の検討

布に残った汚れ ← 洗淨液に溶出した汚れ
相関？
布の撮影と洗淨液の吸光度測定を同時に行う

黒インク付着させた布のR・G・B値

〈結果〉
黒色の撮影でR・G・Bの値の
レーダーチャートは正三角形になる

汚れが落ちる
↓
汚れのない元の布のR・G・Bの値に近づく

RGBの長さ ↔ 洗淨液の吸光度
相関○
↓
グレースケールの汚れは
デジタルカメラで測定可能

今後の展望

- ・単色の汚れでの汚れの落ち具合の解析方法
- ・時間がたつほど汚れが落ちにくくなることはデジタルカメラを使ってどこまでできるか検証したい。
- ・布の種類と汚れの落ち具合の関係を調べたい

▽参考文献

- 画像処理による洗淨性評価への家庭デジタルカメラの適用 (石川、大矢)
画像処理による洗淨性評価(大矢勝研究所)
パーソナルコンピュータを用いた画像処理による汚れの定量法(宮崎、大矢)

テンペ菌が大豆の糖類に及ぼす影響

岡山県立津山高等学校 理数科 上原 翔斗, 入尾 悠太, 内田 隆希, 武村 直樹, 難波 秀誠, 難波 匠弘
指導者 國府島 将平

テンペとは？

- テンペ菌 (*Rhizopus*属系糸状菌:クモノスカビの一種)を用いて大豆を加工した発酵食品
- コレステロール低下作用・動脈硬化予防などの機能性がある
- 納豆のような発酵食品独特の臭い・ねばりがなく、多くの人に受け入れられやすい食品である



研究の目的と仮説

- 先行研究ではテンペ菌の発酵のメカニズムに関する研究はみられない

目的 発酵メカニズムを解明し、
新たなテンペ菌の利用方法を見出す

- テンペを試作し実食すると甘味の増加を感じた

仮説 テンペ菌は発酵の際、
大豆中の糖を増加させているの
ではないか



実験の対象

実験に使用したテンペ菌: *Rhizopus oligosporus*
⇒(株)秋田今野商店にて販売されている (㈲おくつテンペ工房提供)

使用大豆: 白大豆 サチユタカ(中国地方で生産量1位) } 2品種を用いる
青大豆 こんご豆(岡山県津山市原産) } (JA津山より提供)

| 品種・系統名 | 食味関連成分含有率 (%) | | | 機能性成分含有量 (mg/g) | |
|--------|---------------|------|------|-----------------|----------|
| | タンパク質 | 脂質 | 全糖 | イソフラボン | 総ポリフェノール |
| こんご豆 | 42.9 | 18.2 | 24.5 | 5.3 | 3.3 |
| サチユタカ | 47.0 | 17.8 | 22.0 | 3.8 | 2.7 |

サチユタカ(左)とこんご豆(右)

表1 サチユタカとこんご豆の成分比較

実験内容

※1つの実験につき品種・テンペ菌の有無を変えた計4パターンを試料で各3サンプルずつ計測



破砕・抽出



実験①フェノール硫酸法
(全糖量)

糖量の計測

吸光度測定



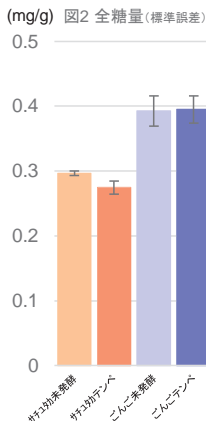
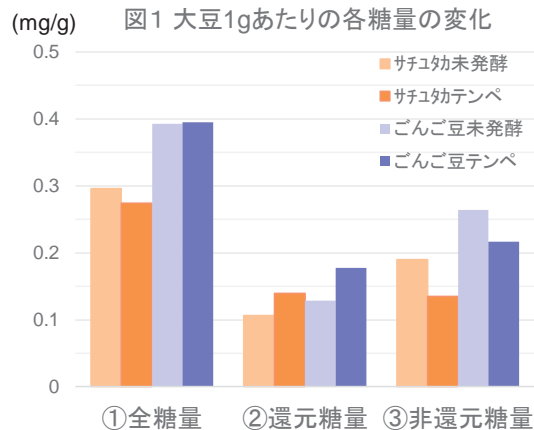
実験②ソモギーネルソン法
(還元糖【例・グルコース】)

実験③
①-②(全糖量-還元糖量)
→非還元糖【例・スクロース】
の量を算出

テンペ作成

- A.大豆20gに対しテンペ菌0.04g
- B.発酵温度は32°C(インキュベータ)
- C.発酵時間は22時間(予備実験より最適と判断)

結果と考察



- ①全糖量はサチユタカ,こんご豆2品種共に顕著な変化がない
- ②還元糖量の増加量はサチユタカよりこんご豆のほうが高い

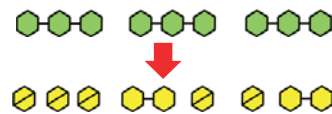
考察1 (i)(ii)品種により糖の利用方法が異なるのではないかと推察される

- ③どちらの品種も非還元糖量が減少している
⇒先行文献より大豆中の主な非還元糖は大豆オリゴ糖

考察2 (iii)テンペ菌の作用でオリゴ糖(非還元糖のもの)が分解され、還元性を持つ糖が増えたのではないかと推察される

結論

品種により異なる酵素で糖を分解していると推測される。また、甘みが増加したと感じたのは、大豆中のオリゴ糖(多糖)を分解し、より甘みを感じさせやすい単糖へ変化させたからと考えられる



新利用方法

- テンペ菌は人間が利用しにくいオリゴ糖(多糖)を分解することによって人間が利用しやすい単糖に変えることができる
 - テンペ菌はどの作物にも繁殖することができる(先行文献より)
- よって**オリゴ糖を多く含む作物とテンペ菌の組み合わせによって貧困地域における食糧問題の改善が期待できる。**

今後の方針

課題 具体的にどの還元糖・非還元糖が実験値に影響しているか不明である

薄層クロマトグラフィー(TLC法)を用いてテンペ菌がエネルギーとして用いる糖、影響を及ぼす糖のより詳細なデータを得る。現段階では参考文献よりラフィノースが有力と考えている。

参考文献

- 多糖類の微量分別定量へのフェノール・硫酸法の適用(水野,岩田,1964)
- 糖の定量法(北村,中屋,2012)
- 栄養学,食品学を学ぶひとのための食品化学実験(片岡・古庄・安原, 地人書館, 2003)
- テンペ発酵中の成分変化(松本・今井, 1990)
- モジホコリカビのセルロース分解(松下,鷺田,河野,2015)
- 大豆の栄養と機能性(家森, 2014)


謝辞

- テンペ菌提供,加工指導: 有限会社おくつテンペ工房 様
- サチユタカ,こんご豆提供: JAつやま東部営農センター 様
- こんご豆資料提供: 津山市産業経済部みらい産業課 様
- 実験指導: 美作大学短期大学部 桑守 正範 先生

ゼブラフィッシュの 色に対する反応の基礎研究

岡山県立津山高等学校 理数科 中西 みのり, 西下 直子, 菊入 葵, 岸本 愛生 指導者 小西 明雄

(1) 研究の動機

ミドリムシは青色に集まる傾向がある ※1  ※2

仮説 → ゼブラフィッシュはミドリムシと同様に特定の色に集まるのではないかと

(2) 実験方法・解析方法

実験方法

- 20匹のゼブラフィッシュを実験用水槽に入れる。
- 写真撮影を行う。(1分間隔で1枚。合計30枚。) その際、照明の偏りや方向に考慮し、実験ごとに水槽を回転させて複数回実験を行う。

解析方法

- 写真を解析し、各色に集まったゼブラフィッシュの匹数を計測する。
- 境界線をまたいだゼブラフィッシュ、色の間隔が狭い中央のゼブラフィッシュは判定不能として扱う。

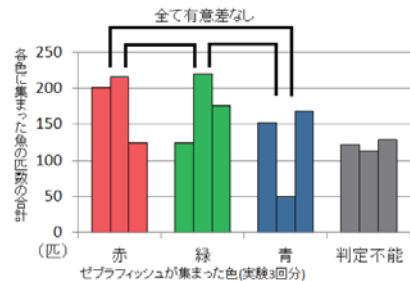
(3) 実験2



水槽を回転させて3回実験



解析1 ~各色に集まったゼブラフィッシュの匹数~



結果 → ゼブラフィッシュが特定の色に集まる反応はみられなかった。

考察 → ゼブラフィッシュは敵から発見しやすい明るい場所を避ける性質がある ※3

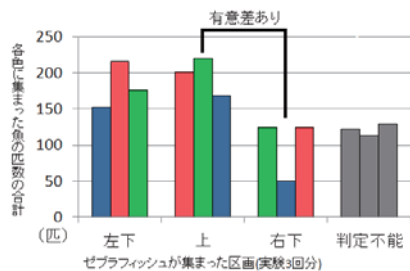
色の違いだけでなく、明暗差にも反応しているのでは？



照度計による照度の測定 (単位: lux)

右下は上・左下の約3倍の照度!

解析2 ~各区画に集まったゼブラフィッシュの匹数~



結果 → ゼブラフィッシュは最も照度が高い右下を避けた。

考察 → 実験2の環境下では、ゼブラフィッシュは色よりも明暗に敏感に反応したのではないかと

(4) 実験3

明暗差をなくせば、どの色に集まるか明確になるのでは？

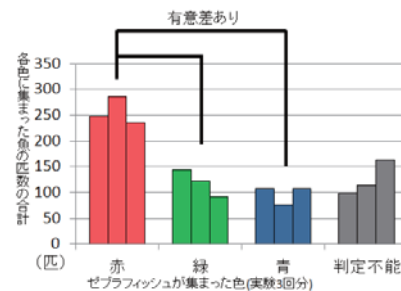


暗室で、LED照明を水槽の下から均一に照らして実験



LED照明が水槽内を均一に照らしているか照度計で確認

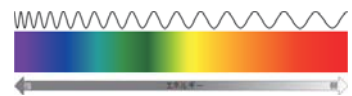
解析 → ~各色に集まったゼブラフィッシュの匹数~



結果 → 赤色に集まったゼブラフィッシュは緑・青色に比べ約2倍となった。

(5) 考察 → ゼブラフィッシュはなぜ赤色に集まったのか？

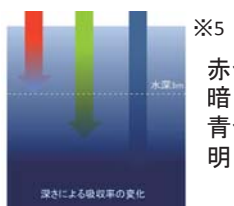
エネルギー説



波長によって持つエネルギーの強さが違う ※4

ゼブラフィッシュは体に害のある青色光を避け赤色光に集まる

吸収説



※5 赤色の場所は暗くなり、青色の場所は明るくなる

ゼブラフィッシュは明るい場所を避けて暗い場所に集まる

散乱説



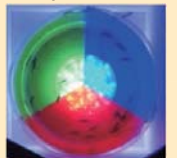
波長が長い光(赤い光) → 粒子にぶつかりにくい 波長が短い光(青い光) → 粒子にぶつかりやすい

青い光は、赤い光に比べ約4.4倍散乱する ※4

赤色光の下では遠くまで見渡すことができる



遠くの敵を発見しやすい赤色に集まる



(6) 参考文献・URL

- ※1 ミドリムシの光走性と光合成の関係について 津山高校 H27 奥田希実 寺坂安奈 (<http://www.cadcalbueira.org/management-blog/589.html>)
- ※2 ミドリムシ画像 (<http://www.sugipro.co.jp/kouza/contents/hikarinokusyutosanran.html>)
- ※3 魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察 吉田将之 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/28/4/28_4_317/_article-char/ja/)
- ※4 光の散乱 (<http://www.lensya.com/maker/nikon/seeblue/>)
- ※5 光の散乱と吸収 (<http://www.sugipro.co.jp/kouza/contents/hikarinokusyutosanran.html>)
- ※6 ゼブラフィッシュのイラスト (<http://togotv.dbcls.jp/ja/togopic.2011.61.html>)
- ・INON 水中可変赤フィルター-M67【概要】 (<http://www.inon.co.jp/products/filter/variablerefilter.html>)
- ・Excelを用いた平均値の差の検定 (神戸松蔭女子学院大学 心理学部) (<http://ksw.shoin.ac.jp/dept/psychol/pshome/report/Exttestanova.pdf>)

津山東部に見られる地形の形成史を探る

岡山県立津山高等学校 理数科 垣内 真悟 甲元 昌也 小林 拓翔 長谷川 裕哉 指導者 山本 隆史

研究の背景

- ①約16Maに日本海が開け、その過程で古津山海が形成された
- ②約5Maに南北圧縮があり脊梁山脈が隆起し、古津山海は消滅した可能性がある

目的

- I 奈義町広岡に見られた地形と古津山海との関係性について迫る
- II 岡山県北部周辺の地質を調べ、古津山海の消滅過程と、海水の抜け場所を調べる

1 事前調査 奈義町広岡の調査

奈義町広岡の地質図調査、露頭調査及び、土壌のpHと電気伝導度を調べる

①地質図調査(産業技術総合研究所)



(図1)奈義町の地質図(7万分の1)

津山東部の地質図で奈義町広岡周辺に中生代と新第三紀の地層が接している。

青色＝中生代
黄色＝新第三紀
水色＝第四紀

②奈義町広岡の露頭調査及びpHと電気伝導度調査

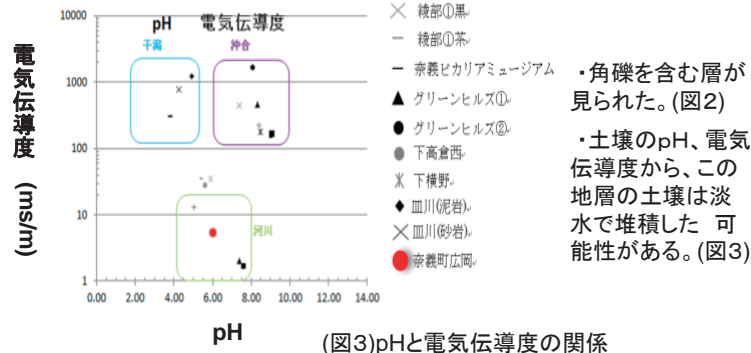
(調査方法)

- ①ふるいをかけ2mm以下に 統一した試料30gに蒸留水150gを加え、30分間攪拌。
- ②攪拌を止め、30分間放置した液の上澄みにpH及び電気伝導度測定器(LAQUA)を用いて測定。



(図2)広岡に見られた礫岩

(結果)



(図3)pHと電気伝導度の関係

2 仮説

広岡に見られた地形は、古津山海消滅時の南北圧縮の影響を受け、古津山海消滅後の河川の浸食によって現在の地形になった

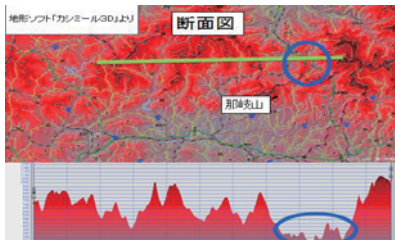
3 実験 I 地形図の解析

(調査方法)

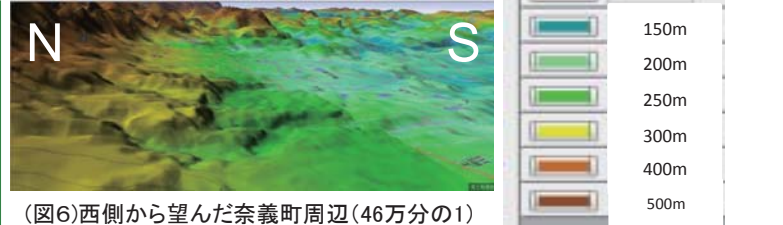
地形ソフトカシミール3Dを使用



(図4) 奈義町を標高ごとで区分(4万分の1)



(図5) 脊梁山脈の断面図(50万分の1)



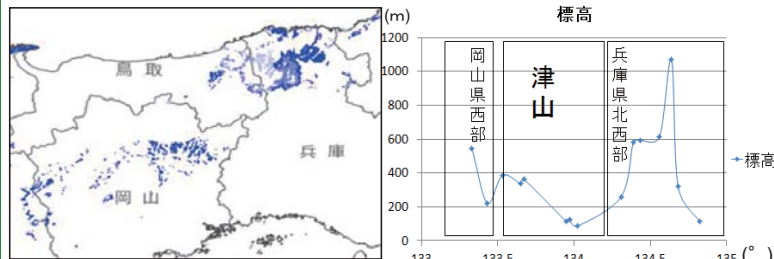
(図6)西側から望んだ奈義町周辺(46万分の1)
(結果)
・リアス海岸のような地形が見られた。(図4)
・那岐山東部に標高の低い場所があった。(図5)
・標高を色分けして西側から見ると河岸段丘らしい地形が見られた。(図6)

図7 (図6)の地形図の色分けについて

4 実験 II 岡山県北部周辺の新第三紀層の分布の標高調査

(調査方法)

新第三紀層が分布している岡山県西部、津山市周辺、兵庫県北西部の標高を調べる



(図8)新第三紀層の分布

(図9) 津山周辺の新第三紀層の標高

(結果)
岡山県西部、兵庫県北西部の新第三紀層の標高が高くなっているのがわかった。

5 結論・考察

・津山東部(奈義町周辺)の地形形成史

新第三紀に古津山海の海進・海退でリアス的な地形形成

脊梁山脈、岡山県西部、兵庫県北西部の隆起。同時期に中生代の地層が衝上断層運動で三紀層に衝上した

残る海水の抜け場所は那岐山周辺となり、古津山海はやがて消滅

消滅後、第四紀に東西を流れる河川(吉井川水系)によって、大規模な河岸段丘が形成され、その過程で広岡の地形は崩れ、崖錐堆積物となり現在の地形となった

6 今後の課題

津山東部を流れる第四紀の河川(主に吉井川水系)の古流向を露頭調査、シミュレーションなどで調べる

那岐山東部から海水が抜けていったことを明らかにしていきたい

参考文献

中新世中期の日本の古環境(糸魚川淳二、津田禾粒)
津山周辺における新第三紀海成層の研究H27.津山高校 課題研究(山下集、松下尚、太田明諸、水嶋沙耶加)