# 令和元年度

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

	[物理分野] 底面に対する水の入射角と摩擦の関係 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 尾石 昌平, 上野 隼誠, 金井 悠陽, 中村 好寿, 藤原 温	1
	水面上に水滴が浮く現象を持続させる装置の開発 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
	非ニュートン流体中の物体の運動の考察 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
	坂道を転がる二重構造物体の加速度変化の分析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
	数学分野 ] 音の快不快とスペクトル成分の関係 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
	化学分野 ] 褐輪反応による NO <sup>3-</sup> 濃度の簡易的測定方法の提案 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
	ろ紙の撥水性を高める研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
	木質バイオマス灰の食品加工への利用 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
	生物分野 ] 光と熱を用いたショウジョウバエにおける危機回避の学習 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
	ゼブラフィッシュが赤色光に集まる理由 ~"慣れ"による変化から考える~ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	37
[	付録 ] 研究発表ポスター集 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	51

# 底面に対する水の入射角と摩擦の関係

研究者 尾石 昌平,上野 隼誠,金井 悠陽,中村 好寿,藤原 温指導者 津田 拓郎,仲達 大輔

#### Abstract

Our purpose is discovering the relationship of friction between the bottom shape of objects and the slope where water flows. We prepared five objects with different bottom shapes and let them flow on a slope with water and on a flat ground. After that we measured the maximum friction in both situations and compared the results.

#### 1. 概要

本研究の目的は水流がある時とない時における物体の底面の形状と摩擦の関係を明らかにすることである。そのために底面の溝の形が異なる物体を5種類用意し、それらを水平面上と斜面上でさらに水流の有無による条件下で最大摩擦力を計測した。そして各場面での溝の角度と静止摩擦係数の関係を分析した。

# 2. 研究目的

物体の接触底面の溝の角度を変数とし、水平面上と斜面上で水流がある状態とない状態での静止 摩擦係数の変化から最も滑りにくい底面の溝の角度を求めることを目的とした。

# 3. 研究方法

#### 3-1 はじめに

本研究で使用する物体は、3Dプリンターを用いて底面に溝の角度がそれぞれ0°,30°,45°,60°,90°となるように作成した。溝の角度については以下の様に水流に対して溝が垂直になるときを溝の角度0°と定義した。

① 溝の角度 0°

② 溝の角度 45°

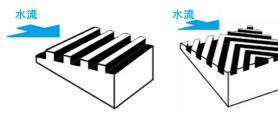


図1 底面の溝の角度について

# 3-2 実験1 (水平面での摩擦係数の変化)

ばねばかりを用いて物体を置く水平面上に水がある場合とない場合の最大摩擦力を測定し、それぞれの静止摩擦係数  $\mu$ ,  $\mu$ 'を求め、その変化率  $\mu/\mu$ 'を算出した。静止摩擦係数の算出には次の式を用いた。

 $F = \mu N$  F: ばねばかりの数値(N)

N:垂直抗力(=mg)

※本研究では重力加速度 g=9.8 m/s<sup>2</sup> とする。

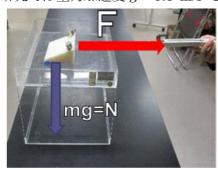


図2 実験1装置図

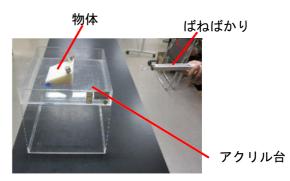


図3 実験1の測定方法

# <実験1手順>

図3のように底面の溝の角度が違う物体を それぞれ水平なアクリル台の上に置く。そし て, ばねばかりを用いて水平に引き, 動き出 す瞬間の引く力を水平面上に水がある場合と ない場合で測定した。

# 3-3 実験2 (斜面での摩擦係数の変化)

図4のようにばねばかりを用いて物体を置く斜面上で水がない場合の最大摩擦力を測定し、静止摩擦係数  $\mu$ 'を求めた。

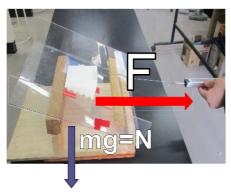


図4 実験2装置図

# 〈実験2手順〉

図5のように底面の溝の角度が違う物体を それぞれ傾斜角 20°のアクリル斜面の上に置 いた。そしてばねばかりを用いて水平に引き, 動き出す瞬間の引く力を測定した。

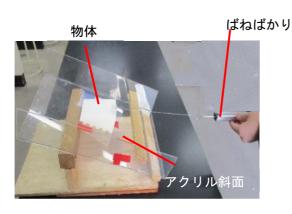


図5 実験2の測定方法

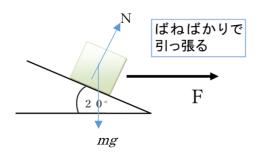


図6 実験2模式図(水なしの場合)

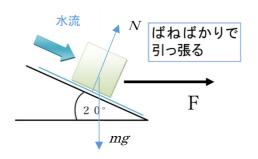


図7 実験2模式図(水ありの場合)

次に測定結果をもとに、斜面における静止 摩擦係数の算出は以下の方法で行った。図6 より流水のない場合での斜面に垂直、平行な 方向の力のつりあいを表す式は、それぞれ以 下のようになる。

$$N=F\cos 20^{\circ} + mg\sin 20^{\circ}$$
  
 $F=mg\cos 20^{\circ} - F\sin 20^{\circ}$ 

これら2式より斜面における流水のない場合 での静止摩擦係数は

$$\mu' = \frac{F}{N} = \frac{F\cos 20^{\circ} + mg\sin 20^{\circ}}{mg\cos 20^{\circ} - F\sin 20^{\circ}}$$

となる。そして斜面上における水の有無による静止摩擦係数の変化率  $\mu/\mu'$ は,同一の材質の面では静止摩擦係数の変化率が同じであると仮定して,以下の式を設定し斜面における水ありの状態での静止摩擦係数を求めた。

$$\mu$$
(斜面水あり)= $\mu$ '(斜面水なし)・ $\frac{\mu}{\mu'}$ (水平水あり)

また**図7**より水流がある場合で斜面に垂直, 平行方向の力のつりあいを表す式はそれぞれ

$$N=F\cos 20^{\circ}+mg\sin 20^{\circ}$$
  $F'=F\cos 20^{\circ}+f(\theta)$  (※  $\theta$  は溝の角度を表す)

となり、 $F'=\mu N$ から斜面における流水が物体に加える力  $f(\theta)$ は以下の式となる。

$$f(\theta) = \mu (mg\cos 20^{\circ} - F\sin 20^{\circ}) - F\cos 20^{\circ}$$

# 4. 結果

#### 4-1 実験 1 結果

水がない場合とある場合での溝の角度の違いによる静止摩擦係数を図8, 9にまとめた。さらに水平面上の $\mu/\mu$ 'の変化について図10にまとめた。

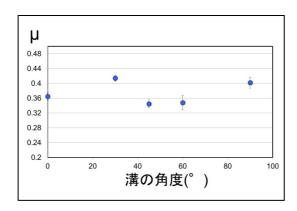


図8 溝の角度の違いによる 静止摩擦係数 (水がない場合)

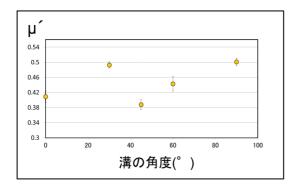


図9 溝の角度の違いによる 静止摩擦係数 (水がある場合)

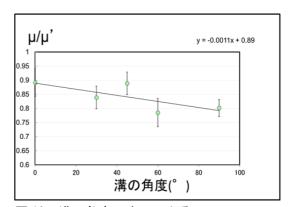


図 10 溝の角度の違いによる 静止摩擦係数の変化

実験 1 において得られた水の有無による静止摩擦係数の変化率 ( $\mu/\mu'$ ) は、どの角度においても  $0.8\sim0.9$  程であった (図 10)。このことから水平面上において角度の違いによる静止摩擦係数の変化率に大きな差は見られないということが分かった。

### 4-2 実験2の結果

次に斜面における溝の角度の違いによる水なしの場合の静止摩擦係数の値を図 11 にまとめた。そして、その結果をもとに溝の角度の違いによる流水が物体に加える力  $f(\theta)$ を図 12 にまとめた。

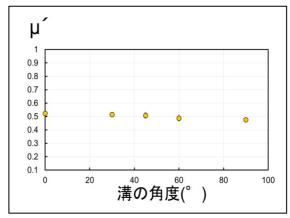


図11 斜面上における溝の角度の違いによる 静止摩擦係数(流水がない場合)

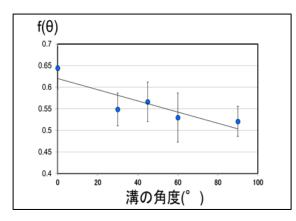


図12 溝の角度の違いによる流水が物体に加える力

# 5. 考察

斜面上に水が無い状態での摩擦係数は**図** 11 より、溝の角度における変化では有意な差は見られなかった。このことから、底面の溝の角度は斜面上で水がない場合における摩擦力に影響していないと言える。

次に図12より溝の角度が0°の場合が流水が物体に加える力が一番大きくなり、溝の角度が大きくなるにつれて流水が物体に加える力は小さくなっていくことが分かった。そのため流水のある地点においては90°の場合が最も流水の影響を受けにくく、滑りにくいと考えられる。

しかし、実際本校で使用している「MOON STAR」製のシューズでは、底面の溝の角度は 45°となっている。実際に販売会社である株式会社ムーンスターに問い合わせたところ、

シューズを使用する際に、シューズの原に進行方向だけでなく、様々な角度のため底面の溝は様々な角度からの大きくを変換力を大きくを変換力を大きくなっために溝のではなっているとがわかったとがわかったを使用するということがわかった。



図 13 本校で使用 しているシューズ の底面

(図 13)。今回の研究では物体の摩擦力は斜面の傾斜方向のみに限定されており、今後の課題としては、水流内での平面運動における静止摩擦係数について測定を行う必要があると言える。

# 6. 参考文献

1) 平成 27 年度理数科課題研究報告書 / 摩擦の法則の検証とそのメカニズムの 考察 / 竹内亮人

# 水面上に水滴が浮く現象を持続させる装置の開発

研究者 芦谷 透和, 井上 颯太, 木村 悠真, 小林 慎之介, 西原 杏威, 蓬莱 亮哉, 渡辺 陽 指導者 津田 拓郎

#### **Abstract**

The purpose of our research was to show the phenomenon of water drops floating on the water surface. Therefore we conducted three experiments.

Through these experiments we found out that the percentage of water drops floating increase with an air layer width of 0.08 cm - 0.10 cm between water drops and water surface.

#### 1. 研究概要

私たちは水滴が水面上に浮く現象の解明を目的として研究を行った。そのために3つの条件を設定して実験を行った。そして3つの実験を通して、水滴と水面の間の空気層が横幅0.08cm~0.01cmのときに水滴が浮く割合が高くなることが分かった

# 2. 研究動機・目的

この現象を観察したのは雨の日の水たまりだった。水たまりをカメラで撮影したところ、水滴が水面の上に浮いているのを見つけ、この現象がなぜ起こるのか研究したいと思うと同時に、この現象が我々の日常生活に応用できないのではないかと思い、この現象を持続させる装置の開発を目的とし研究した。

水滴が水面に浮く現象とは、雨の日の水たまりやコーヒーをドリップしている時などに起こっている。この現象が起こるメカニズムは解明されていないが水滴と水面の間には空気層があることが分かっている。この現象と類似している現象として、ライデンフロイト現象があるがこの現象とは異なる現象である。

そして、水滴が水面に浮く現象は水滴以外の液体でも可能である。本研究では実験、考察を行っていないが、石鹸水を使用すると石鹸の界面活性剤分子が影響することでこの現象は起こりやすくなると思われる。よって本研究では、水道水を使用しようすることでこの影響をなくし、より一般化することとした。

#### 3. 研究内容

#### · 実験 I

## <目的>

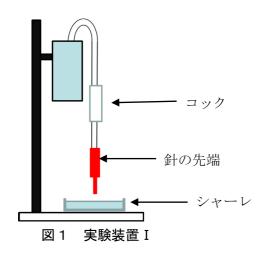
水を流すときには、水が連なるときと、一滴 一滴分かれて落ちてくるときがある。後者は雨 が降ってくる時と同じである。前者と後者では 水滴が浮くときに差異が生じると考え、水滴の 滴下間隔を変化させて実験をすることを目的と した。

# <仮説>

水滴の滴下間隔を小さくするほど、水滴が浮きやすくなる。水が連なった状態で水が水滴になることがなく、浮かないと思われる。逆に落下間隔を大きくすると水滴が分かれることで浮きやすくなる。

#### <使用物>

- ・実験装置 I (図1)
- ・シャーレ
- スマートフォン (スローモーション機能があるもの)
- 水道水
- ・ 針の先端

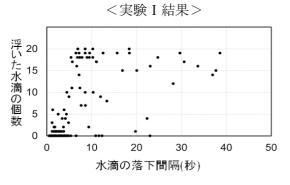


実験装置 I (図1) は容器に入った水をサイフォンの原理を利用して水の張ったシャーレに落とすことができる装置である。滴下間隔は,コックを操作させることで変化させた。

# <方法>

- ① シャーレ内に水を 10ml 入れる。
- ② 水面と針の先端との間隔を 5mm に合わせる。
- ③ 一定の滴下間隔で水滴を滴下する。
- ④ 落下の様子をスローモーションで撮影する。
- ⑤ 20滴,滴下してから撮影をやめる。
- ⑥ コックを使って落下間隔を変化させ, ①からの操作を行う
- ⑦ 合計 200 滴分のデータを記録した。

# <結果と考察>



実験 I の結果から、水滴の落下間隔を5秒以上にすると水滴が浮きやすくなることが分かった。これは、水滴の落下間隔が5秒以上になると水滴が連続した状態にならず、水滴の落下によって発生した波が次に落下してくる水滴に影響を与えにくくなるためであると考えられる。

### ・実験Ⅱ

#### <目的>

実験Ⅰの結果より、この現象には水面の波が 関係していることが分かった。そこで、波と液 滴の浮く割合の関係を調べるために**実験**Ⅱを行 った。今回の実験では、定常波の凹部の間隔と 水滴の浮きやすさについて調べた。

#### <仮説>

波の凹部の間隔が小さいほど水滴と水面の接 触面積が少なくなり、水滴が浮きやすくなる。

#### <使用物>

- ・実験 I で使用した装置
- ・スピーカー (口径8cm 高さ4cm)
- ・光源 (懐中電灯)
- ・スクリーン
- · 低周波発振器
- 電源装置

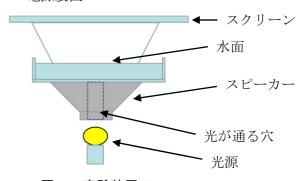


図2 実験装置Ⅱ

実験装置II(図2)は、スピーカーを用いて水面に振動を加え、定常波を作り出すものである。スピーカーには旋盤によって穴があけてあり、光源から出る光を水面に当て、透過した光をスクリーンに投影することで定常波の影(図3)を写すことができる。この影から波の凹部の間隔(図4)を測定した。シャーレに1cmの幅を書き、それを基準として波の凹部の間隔を測った。

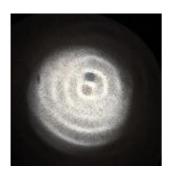


図3 観察した定常波(図中の白くなっている部分が波の凹部)

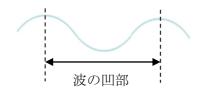


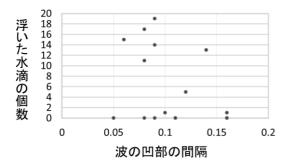
図4 (波の凹部)

#### <方法>

- ① シャーレ内に水を 10ml 入れる。
- ② シャーレを図2のように設置する。
- ③ スピーカーを振動させ、スクリーンに写った水面の形を見ながら定常波をつくる。
- ④ スクリーンに写った定常波を撮影したのち, スクリーンを外す。
- あ 水面と針の先端との間隔を 5mm に合わせる。
- ⑥ 一定の滴下間隔で水滴を滴下する。
- ⑦ 落下の様子をスローモーションで撮影する。
- ⑧ 20滴,滴下してから撮影をやめる。
- ⑨ これを14回行った。

#### <結果と考察>

# 〈実験Ⅱ結果〉



実験 II の結果から、波の凹部の間隔が 0.08cm  $\sim 0.1cm$  程度のとき、水滴が浮きやすくなることがわかる。先行研究 $^{1)}$  より、この現象では水

面と水滴の間に空気層があることがわかっている。このことから、波の凹部の間隔が 0.08cm ~0.1cm 程度のときに水面と水滴の間に空気層ができやすいと考えられる。

#### ・実験Ⅲ

#### <目的>

この実験は先行研究<sup>2)</sup>において真空状態下での実験が行われている。その実験を元に本研究は加圧状態下での現象の変容について調べるため実験皿を行った。

#### <仮説>

先行研究より,真空状態では水滴が浮きにくくなることが分かっている。その原因は,水滴と水面との間にある空気層が薄くなるからだと思われる。よって加圧状態では,その空気層が厚くなるため,水滴が浮きやすくなると思われる。

#### く使用物>

- ・実験装置 I (図5)
- · 2Lペットボトル
- ・空気入れ
- ・シリコーン
- 水道水

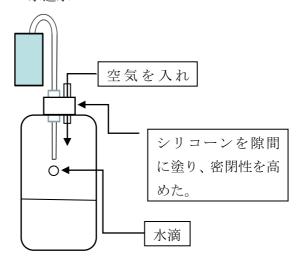


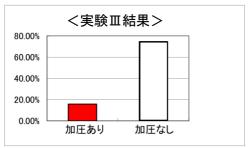
図5 実験装置Ⅲ

実験装置Ⅲ(図5)はペットボトルを使って 密閉できるようにした。この容器内に空気を入 れることで、容器内を加圧することができる。 実験装置は実験Iで用いた水滴落下装置を使用 した。

#### <方法>

- ① ペットボトルに水を 935ml 入れる。
- ② 容器を密閉し、空気入れを用いて水面を加圧する。
- ③ 水面と針の先端との間隔を 5mm に合わせる。
- ④ 一定の滴下間隔で水滴を滴下する。
- ⑤ 落下の様子をスローモーションで撮影する。
- ⑥ 20滴,滴下してから撮影をやめる。
- ⑦ これを加圧ありと加圧なしで **100** 回ずつ行った。

# <結果と考察>



実験Ⅲの結果から、加圧なしの状態のほうが 水滴の浮く確率が高いことがわかった。これは 水面に圧力が加わっているため、水面に波が発 生しにくくなったと考えた(図6)。これにより、 水面と水滴の間に空気層ができにくくなり、水 面と水滴が接触しやすくなったと考えられる。

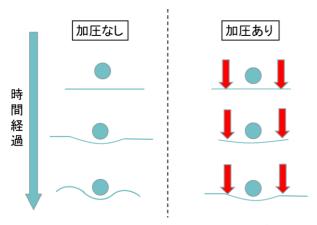


図6 水面と水滴の衝突のイメージ

# 4. 結論

今回の研究では、水面に水滴が浮く現象を持続させる装置の開発にまでは至らなかった。 しかしこれらの実験からこの現象が持続するための条件を見つけることができた。以下にそれら

をまとめた。

#### 実験 I について:

一定の滴下時間間隔(5秒以上)がないと前の 滴下による波面が次の滴下に影響を与える。

#### 実験Ⅱについて:

0.08cm~0.1cm のときに水滴と水面の間の微 小空気層が衝突をやわらげやすい。

#### 実験Ⅲについて:

加圧することで水面上波の発生が抑えられ,水 滴が浮きにくくなった。

今後はこれらの条件を元に実際に装置を組み 立て、検証を行いたい。またこれ以外の水滴が 浮くための条件も探っていきたい。

#### 5. 謝辞

本研究にあたって、私たちをご指導してくだ さった津田先生をはじめ、関係者の皆様方あり がとうございました。

## 6. 参考文献

- 1) 佐藤誠 「水面に浮く水面の浮遊機構」 津山高専紀要第47号
- 2) 平成11年10月「水面に浮かぶ液滴の仕組み」富山高校自然科学部

# 非ニュートン流体中の物体の運動の考察

研究者 池田 悠人, 尾原 諒, 松本 和真 指導者 津田 拓郎

#### Abstract

If we observe the motion of objects in non-Newtonian fluids and compare it to that in Newtonian fluids some differences attract attention. In order to understand how resistance – the cause of these differences – works, we looked into the rising and falling motion by means of a video analysis. For our research we used CMC density and found as a result that objects falling in non-Newtonian fluids on their way came once to a short halt before moving again. In rising motion we could not verify this behavior.

# 1. 研究概要

本研究では、非ニュートン流体中・ニュートン流体中の物体の運動を記録し、比較した。研究においては、非ニュートン流体として CMC を水で溶いたものを使用し、溶液 1 L に含まれる CMC の質量を変化させ、どのような抵抗力がいつ働くかを調べるために、溶液での球の下降・上昇運動の様子を撮影した動画を解析した。その結果、溶液の濃度が高くなるにつれて、球の減速にかかる時間が短くなり、停止時間も短くなることが分かった。

# 2. 研究目的

農業を営んでいる祖父の手伝いをする機会があった。田んぼの中での作業だったのだが、とても動きづらく、苦労した。感覚的に、田んぼの泥は確かに流体とはいえるが水とは違うように感じた。そこで、調べると、「非ニュートン流体」と呼ばれていると分かった。この経験から、非ニュートン流体中の物体の運動について、二方向から分析を行うことを目的とした。

#### 3. 研究方法

# (i) 研究1

研究1では、非ニュートン流体中を落下する 物体の運動について考察した。以下に実験手順 を示す。(実験装置は図1のとおり)

- ① おもりを付けたガイドワイヤーを溶液中に沈める。(これにより、球の容器内壁への衝突を抑制し、実験後に球を回収することができる。)
- ② 球を鉄製クランプ により保持し、開放 する。



- ③ その様子を動画で撮影する。
- ④ 自作プログラムを用いて解析する。

本実験では、解析にかかる時間が問題点であったが Python3,OpenCV を利用したプログラムを作成し、必要時間を大幅に短縮するとともに、約 0.021 秒ごとのボールの位置を記録することが可能になった。

このプログラムの動作機序を示す。

- ① 動画をそれぞれフレームの画像に変換する。
- ② 画像を読み込み、表示し、カーソルをボールの下端に合わせ、マウスの中央ボタンを押すことによりその座標が表示される。(Qキーが押されると、③の操作に移る。)
- ③ 次の画像を表示し、②の操作を繰り返す。 なお、OpenCV では拡大・縮小することがで き、より精密に作業することができる。また、

研究1・2に使用した CMC(カルボキシメチルセルロースナトリウム)の水溶液は、当初作り置きしていた。しかし、実験後、調べてみると放置すると解重合により溶液の濃度が低下することが分かった。そのため、溶液作成12時間後に実験を行うようにした。

#### (ii) 研究 2

研究2では、非ニュートン流体中を落下する 物体の運動について考察した。

実験手順は、研究1と大まかに同じだが、装置は滑車を通して、球とおもり(球の二倍の質量)を細い糸で接続して、おもりを鉄製クランプで保持・開放する。

研究②においても同様の方法で動画を撮影・解析した。

# 4. 研究結果·結論

### (i) 研究1

鉛直方向の運動のグラフ(図2)は一般的な物体が終端速度に達するまでのグラフと違い,一度減速したのち,加速している。これは,球に対する抵抗力が球に働く重力より大きくなったことを示している。理由としては,球を空気中から発射し,入水させたため,流動して形状を変えた溶液が,元の形に戻ろうとして,球の運動方向と逆向きの流れができたからだと考えられる。また,濃度が高くなるにつれて減速にかかる時間が短くなり,止まる時間も短くなっていた。

まず、減速がはやくなったのは、濃度が高くなり比重が大きくなったことで、溶液を変形させるのにより多くのエネルギーが奪われたためであると考える。そして、停止時間が短くなったのは、前述の理由のため、入水時の溶液の変形が小さく球の運動方向と逆向きの流れができにくくなったためだと考えられる。

そして、水平方向の運動のグラフ(**図3**)は 濃度が高くなるにつれて、水平方向の揺れが小 さくなっていることがわかる。これは、濃度が 高くなるにつれて、粘度が高くなるため、溶液を変形させるのに必要なエネルギーが大きくなり、水平方向に運動しにくくなったためだと考えられる。

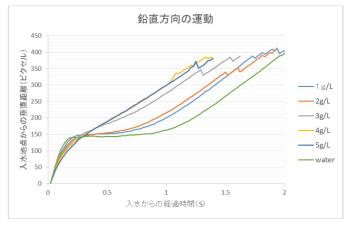


図2 落下運動における鉛直方向の運動



図3 落下運動における鉛直方向の運動

#### (ii) 研究 2

研究2では、上昇運動について研究した。CMC が解重合するとわかる前に行った実験から、図4のような結果が得られたが、この結果は先行研究と本質的に変わらない結果を示していたため、追実験は行わなかった。非定常抵抗の研究については多くの先行研究が行われており、それらの研究は一般的に落下運動・管内の流体などについてである。そして、本研究は、運動方向が変わったのみである。そのため、改めて研究・考察を行う必要はないと判断したためである。

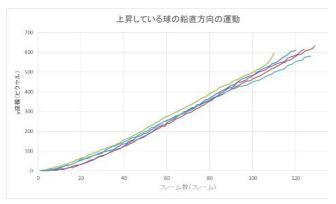


図4 上昇運動における水平方向の運動

# 5. 今後の展望

今後の展望としては以下の実験が考えられる。

- ・異なる濃度の溶液での実験を行う。
- ・球の密度を変え、実験を行う。

また,各実験において水平方向の振動について, その減衰の違いについても考察することで運動 エネルギーの損失割合の差異についても分析を 行って行きたい。

# 6. 謝辞

津山高等専門学校 加藤先生 曽利先生には, 実験方法・考察についての助言をいただき,感 謝申し上げます。

# 7. 参考文献

- 1)加藤宏 (1989) 『ポイントを学ぶ 流れの力 学』 丸善.
- 2)井口學・西原一嘉・横山眞一郎 (2010) 『演習 流体力学』電気書院.
- 3) 竹内淳 (2014) 『高校数学でわかる流体力学』 ブルーバックス
- 4) 異友正 (1995) 『連続体の力学 (岩波基礎物理シリーズ (2))』 岩波
- 5) 菊池謙次ほか(2013) 「水中を落下する球に 作用する非定常抵抗の係数」日本機械学会 論文集(B編) 79巻 798号 p151
- 6) 竹内義雄ほか(1984) 「水中における落体運動の非線形効果」

# 坂道を転がる二重構造物体の 加速度変化の分析

研究者 芦田 真依, 髙橋 柚葉, 難波 紗生, 松永 実咲樹 指導者 津田 拓郎

#### **Abstract**

The purpose of our research was to analyze the acceleration of objects which consist of two parts, an outer part and an inner part, when they roll down a slope. In order to do this we made a time measurement device that enabled us to measure automatically the movement on our slope. As a result, we found that the changes of gravity center affect the acceleration of all parts.

### 1. 概要

本研究の動機は、水の入った缶を坂道で転がすと中に何も入ってない缶とは違う動きをすることに興味を持ったことである。そこで坂道を転がる二重構造の物体(中に固体または流体を入れる)の運動は、内包する物体によってどのような影響を受けるのか、空の容器と比較しながら運動の様子の変化を分析したいと考えた。そして、坂道を転がる物体の加速度を変化させることができれば、それを活用し最終的には落下した物体の紛失、破壊を防ぐなど生活の様々な場面で役立ててみたいと考えた。これらのことから、ある物体の内部に別の物体を内包した二層構造の物体が斜面を運動する際の加速度について分析することを目的とした。具体的な方法としては、円柱状の外側の容器を製作し、中に様々な質量の固体や液体を入れ一定区間の斜面を進むのにかかった時間を計測した。そして直線運動と回転運動についての運動方程式を組み合わせて、外側の容器のみの加速度の理論値を算出し、各実験結果と比較した。その結果、内包する物体が液体の方が固体のときに比べて、質量の増加に伴う加速度変化が大きいことが分かった。このことから液体を内包する方が加速度に影響を与えやすいことが明らかとなった。

#### 2. 実験方法

(1) 運動する物体の製作

プラスチック製の円柱状の容器(直径 8.00cm)を2つ組み合わせて外側の容器を製作し(図1)、中に固体と液体を入れた場合でその質量を変えながら斜面を転がした。固体のときには図2のように、フィルムケースの中に1個5.60gの磁石をつめることで質量を変化させた。フィルムケースは容器内でまっすぐ転がるように、2個つなぎ合わせることで溝を作り、外側の物体の内側に凸状のガイドをつけ容器が斜面を転がっている間、中のフィルムケースも容器内でまっすぐ運動するように工夫をした。

液体のときには、**図3**のように容器に水を入れ、 その質量を変えながら実験を行った。

そして、それぞれの物体を内包した容器を傾斜 角 2.00 度の斜面を運動させその時間を計測した。 また、比較実験として外側の容器のみでも同様の計測を行った。

(2) 斜面上を運動する物体の運動時間の測定方法 斜面上を運動する物体の運動時間の計測については、斜面上の一定区間 L (=2.35m) に市販のストップウォッチを用いた自動で時間計測できる装置を取り付けた (図5)。この装置には図4のように斜面上で一部が断線し、断線箇所にアルミ箔が付いた導線が固定してある。そしてその上を容器が通過するとアルミ箔同士が触れることで一瞬回路が繋がりストップウォッチが作動する仕組みである。同様に斜面下側にもアルミ箔が先端に付き断線した導線があり、容器がその上を通過すると再び一瞬回路が繋がることでストップウォッチが停止するという仕組みである。この装置を用いてより正確に物体の運動時間を計測した。





図1 運動する物体 (固体)

図2 内包する物体 (固体)





図3 運動する物体 (液体)

図4 ストップウォッチ (スイッチ部)

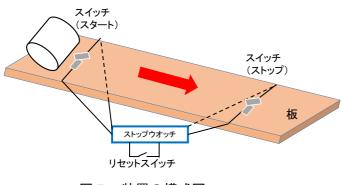


図5 装置の模式図

#### (3) 実験手順

以下の手順で3つの実験を行った。各実験において同一の質量での測定は5回ずつ行い,その平均値を用いて結果のグラフを作成した。

実験①:外側の容器のみの場合での測定

実験②: 内包する物体が固体の場合の測定 実験③: 内包する物体が液体の場合の測定

#### 3. 結果

#### (1) 実験①について

外側の容器のみで一定区間 L を 5 回運動させ、かかった時間の平均を計算すると 4.51 秒であった。

#### (2) 実験②について

図6に内包する物体の質量と一定区間 L を運動するのにかかった時間の結果をまとめた。図6より、磁石の個数(=内包する固体の質量)を増加

させても斜面を運動する時間に大きな変化は見られなかった。

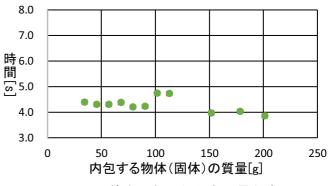


図6 固体を内包したときの運動時間

# (3) 実験③について

図7に内包する物体の質量と一定区間 L を運動するのにかかった時間の結果をまとめた。図7より,内包する水の質量を増加させると一定区間 L を運動する時間は短くなっていったが,水の質量が増えるにしたがってその変化は小さくなった。

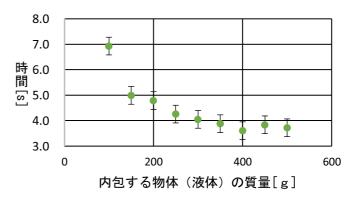


図7 液体を内包したときの運動時間

#### 4. 考察

#### (1) 外側の容器のみの運動の考察

結果(1)で得られた値をもとに、この実験の精度について考察を行った。具体的には以下の手順で、外側の容器が斜面上を運動した場合に生じる加速度の理論値を算出した。

#### <手順>

斜面の傾斜角を $\theta$ として一定区間 x を移動させるとする。半径 R の外側の容器の質量を M とし、容器にはたらく重力 Mg,斜面からの垂直抗力 N、斜面との摩擦力 F をそれぞれ図8のように示した。図中の G は外側の容器の重心の位置, $\phi$  は外側の容器の回転角を表す。

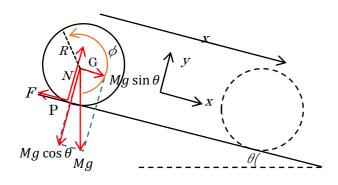


図8 運動の模式図

そして斜面に沿って下向きをx軸,斜面に対して垂直上向きをy軸とした。

外側の容器について、x軸方向の運動方程式を立てると、

$$M\frac{d^2x}{dt^2} = Mg\sin\theta - F \cdots \bigcirc$$

となる。同様に外側の容器の接点 P の回りの回転 運動の運動方程式を立てると,

$$I_G \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = FR \quad \cdots \text{ }$$

となる。 $I_G$ は物体の慣性モーメントを表す。また、y 軸方向の力はつりあっているので、

$$N = Mg \cos \theta$$

となる。外側の容器の重心速度と,回転角速度の 間には次の関係が成り立つ。

$$\frac{dx}{dt} = R \frac{d\varphi}{dt}$$

この両辺をさらに tで微分して,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = R \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad \cdots \quad \Im$$

という関係が導かれる。以上① $\sim$ ③の式を連立させて  $\frac{d^2x}{dt^2}$  について解くと,以下の関係式が導出される。

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g\sin\theta}{1 + \frac{I_G}{MR^2}} \quad \cdots \text{ }$$

今回用いた外側の容器のように薄い円筒形の物体の場合、慣性モーメントは $I_G = MR^2$ となることがわかっているので、4に代入して

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{1}{2}g\sin\theta$$

となる。この式に実際の値 g=9.79 $m/s^2$  (津山市の重力加速度) と  $\theta$  =  $2^\circ$  を代入すると

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = 17.1 [\text{cm/s}^2] \quad \cdots \text{(5)}$$

となった。次に,外側の容器の運動が等加速度運動であると仮定して,等加速度運動の式

$$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

(x: 移動距離, $v_0:$  初速度,a: 加速度,t: 時間)の式に結果(1)の運動時間を代入して加速度を算出すると, $18.7[cm/s^2]$  …⑥ となった。

⑤と⑥を比べると相対誤差は約 9.36%であり、 今回の外側容器のみの運動は回転運動しながら等 加速度運動をしていると言える。よって、今回測 定により算出した外側の容器のみの運動の加速度 ⑥を以下の考察の基準値とした。

#### (2) 斜面を運動する容器の加速度の算出

次に図6,7のグラフの値から,斜面を運動する容器の加速度の値を算出し,図9にまとめた。 算出の方法は,それぞれの場合の容器の運動は外側の容器のみの運動と同じく等加速度直線運動であると仮定し,

$$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

(x: 移動距離, $v_0:$  初速度,a: 加速度,t: 時間) に代入して算出した。なおグラフ内の基準値は考 察(1)で求めた加速度⑥を記載している。

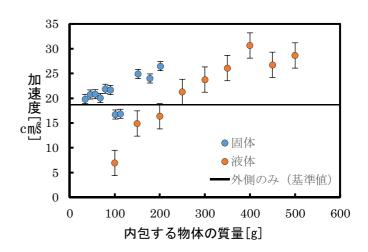
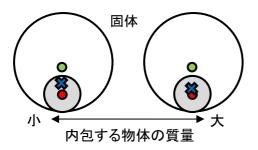


図9 内包物体の質量変化と加速度の関係

そしてこのグラフを元に、斜面上を運動する物体 の重心の位置という視点で考察を行った。

(2-1) 内包する物体が固体と液体の場合での違いについて

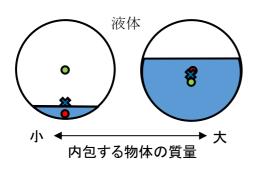
内包する物体が固体の場合,質量を変えても液体ほど加速度が変化しなかった理由として,今回の実験において固体の場合では質量を変えても形状が変化しないため,重心の位置があまり変化せず全体の回転モーメントがほぼ一定だったことが考えられる。



- ●中の固体の重心 外側の容器の重心
- ※物体全体の重心

図 10 固体の重心変化

一方で、内包する物体が液体の場合、質量を変えると水の体積が変化するため、重心の位置が変わり回転モーメントも変化したことで加速度が変わったと考えられる。



- ●中の液体の重心 外側の容器の重心
- ※物体全体の重心

# 図 11 液体の重心変化

また、固体、液体いずれの場合でも内包した物体の質量が大きくなると同じような加速度に近づくことから質量が増えると内包する物体の差異は 運動に影響を与えなくなることがわかった。

(2-2) 内包する物体が液体の場合のグラフの形 について

液体の場合,質量が増加していくにつれグラフの傾きがだんだん小さくなっていった。その原因として、図7のように、今回の実験では一定質量(=50g)ごとに水を増加させた。そのために外側の容器の形状から内包する水の水位上昇が徐々に小さくなり全体の重心の位置の変化が小さくなったためであると考えられる。今回の測定では内包した水の最大水位は、円筒型の容器の半分の位置までであったため、さらに内包する水の質量を増

やせば水位の上昇が徐々に大きくなり, グラフの 傾向が変わることが予想される。

#### 5. 結論

以上の考察から、今回の実験のように円筒形の容器に固体を内包した物体の運動では、重心位置がほとんど変化しないため、外側の容器のみの運動と同じような値となることがわかった。よって固体を内包させその質量を変化させても全体の加速度を変えることは難しいと言える。一方で液体を内包する物体の運動では、液体の質量が小さいときは重心の位置が低くなるため加速度は小さいが、液体の質量が大きくなるにつれて重心の位置も上がっていき、加速度が大きくなっていくと言える。このことから内包する物体を液体にしてその質量を変えることで、全体の加速度を変化させることができると言える。

#### 6. 謝辞

本研究を行うにあたり、指導してくださった津山工業高等専門学校の加藤先生・曽利先生、またこの研究を支援してくださった方々、ありがとうございました。

#### 7. 参考文献

- 1) 転がる速度はなぜ物体によって違うのか /外山達也
- 2) 基礎物理学/原康夫
- 3) 例題:ジュース缶の転がり速度比較/岡本良治 http://rokamoto.sakura.ne.jp/education/phys icsl/can-rolling-qa060720a.pdf

# 音の快不快とスペクトル成分の関係

研究者 衣笠 行紀, 小天 壮真, 川上 起樹 指導者 仲達 大輔, 野﨑 拓司

#### Abstract

There are many sounds around us and some of them are comfortable, while others are not. To analyze the spectral properties of comfortable sounds is what our research is all about. First we looked over the previous research of our school. Then we prepared some sounds and divided them into several groups. For each group, we processed these sounds and examined which spectral features affect the comfortability. The results are as follows. First, in case of sounds where the spectral properties change mildly, it seems that other values except the spectral properties affect the comfortability. And in case of sounds where the spectral properties change rapidly, the more the properties change, the more it affects the comfortability.

#### 1. 研究の概要

我々の周りは様々な音で溢れている。その中には快いと感じるものもあれば、不快なものもある。研究の主たる目的は快音のスペクトル的特徴を分析することである。はじめに我々は本校の先行研究を検証した。そしていくらかの環境音を選び出し、それらを数個のグループに分類した。それぞれの分類ごとに音を加工しどのスペクトル的特徴が不快度に影響しているか調査した。結果、周波数成分に対する音圧差が大きい場合はスペクトル成分表示の凹凸が激しいほど不快度に影響しており、音圧差が小さい場合はスペクトル成分とは異なる変数が不快度に影響していると分かった。

#### 2. 研究内容

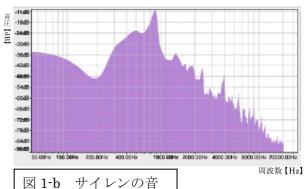
# 実験① 本校の先行研究の検証

<目的> 本校の先行研究をどのように引き 継ぐかを検討する。

#### <実験概要>

先行研究の結果をまとめると「快音は主となる周波数成分があるが、不快音は周波数成分の音圧差が小さい。」(津山高校 2017)のようになる。しかし快音と推測されるが周期的でなく主となる周波数成分は見られない音(図 1-a:沢の音)や、不快音と推測されるが周波数成分の音圧差は大きい音(図 1-b:サイレンの音)も存在した。これは先行研究で用いられていたサンプル音が特定の種類の音に偏っていたためであると考えられる。





ここで沢の音が快でサイレンの音が不快という推測が正しいかどうかアンケート調査を用いて検証した。

アンケート調査では10代から40代の男女被験者40人を対象に一人ずつヘッドフォンを用いて同音量で呈示した音を6段階で評価させた。なお調査を行った環境は十分に静かな部屋で外的要因が影響しないようにした。その結果は図2のようになった。

サイレンの音・不快
95%
図 2 調査の結果

この結果から沢の音が快でサイレンの音が不 快という推測は正しいと考えられる。よって先 行研究には不備があると考えられる。

# 実験② 不快度に影響するスペクトル成分の 特定

<目的> より不快度に影響しているスペクト ル成分の特定をする。

#### <実験概要>

環境音を実験①で使用した音も含めて数音 (掃除機の音,沢の音,咀嚼音,サイレンの音 炭酸飲料を注ぐ音,電車のブレーキの音)選び 出し,実験①と同様の方法でアンケート調査を 行い,それらの音の不快度を調査した。ここで 調査した音を快音と不快音に分類したのち, それぞれの波形の特徴ごとに環境音を以下の表 のように分類した。表の右の行はそれぞれの分 類に含まれる音を表す。

快	突出あり	(i)	注ぐ音
音	突出なし	( ii )	沢の音
不	突出あり	(iii)	サイレンの音
快	突出なし	(iv)	咀嚼音、掃除機の音
音	起伏あり	(v)	ブレーキの音

# 表 環境音の分類とフィルタ

この表中の「突出あり」とは図 4-a の強調された部分のように大きな山なりの周波数成分を含む音、「突出なし」とは図 4-b のように大きな周波数成分の変化が見られない音、「起伏あり」とは図 4-c の強調された部分ように多くの激しい凹凸を含む音を意味する。



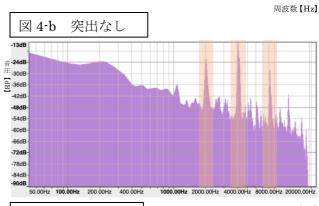
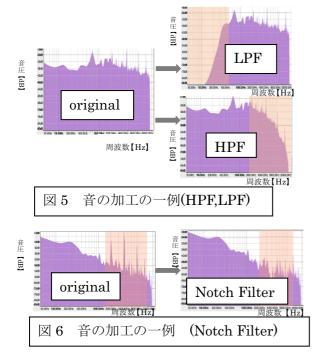


図 4-c 起伏あり

周波数【Hz】

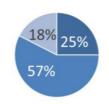
ここで分類ごとに元の環境音にコンピュータソフトウェア Audacity を用いてフィルタをかけて加工音を作成した。ここで「突出あり」及び「起伏あり」の音に関しては突出及び起伏の部分が不快度に影響しているのかを調査するために特定の周波数成分を減衰する Notch Filterをかけた。「突出なし」の音に関してはどの帯域の周波数成分が不快度に影響しているのか調査するために低周波成分を減衰する Low Pass Filter(LPF)、高周波成分を減衰する High Pass Filter(HPF)をかけた。フィルタによる加工の一例は図 5,6 に示した。図 5 は LPF,HPF による加工を示している。また図 6 は Notch Filter による加工を示している。図 5,6 中強調された部分が原音に比べて減衰されていることがわかる。



そして原音と加工音について**実験**①と同様の 方法でアンケート調査を行い,原音と加工音で 不快度がどのように変化するか調べた。結果は 以下の図 7-a, 図 7-b, 図 7-c, 図 7-d, 図 7-e のようになった。なお図のローマ数字は表3中 の数字に対応している。また図 7 の凡例は以下 のとおりである。

プとおり とめる。 より快 変化なし より不快

図7の凡例





- (i)「快音突出あ り」の不快度変化

結果より突出部分は快音の不快度に影響していないことが読み取れる。

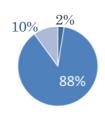


図 7-b (iii)「不快音突出 あり」の不快度 変化

結果より変化なしが 88%いることから突出 部分は快音の不快度に影響していない。



図 7-c (v)「不快音起伏 あり」の不快度 変化

より快になった人数が一定数いることがわかる。結果より起伏部分は比較的不快度に影響している。



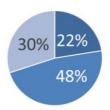


図 7-d(ii)「快音突出なし」の不快度変化

HPF をかけた音の不快度がより不快,変わらない,より快に分散している(図 7-d 左グラフ)いっぽう LPF の音に関しては大きな不快度の変化が見られない(図 7-d 右グラフ)ことから快音においては低周波成分が不快度に影響している。

咀嚼音-HPF-不快度の変化 咀嚼音-HPF-不快度の変化

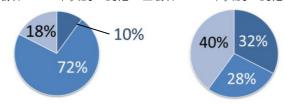


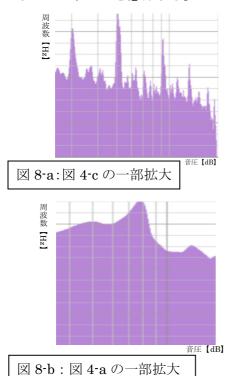
図 7-e (iv)「不快音突出なし」不快度の変化

HPF の場合はあまり変化しないのに対し(図 7-e 左グラフ)LPF をかけた音について不快度が変化した割合が大きい(図 7-e 右グラフ)ことから不快音においては高周波成分の音圧が不快度に影響している。

### 3. 考察

# (1) 周波数成分に対する音圧差が大きい場合(i, iii, vの場合)

周波数成分に対する音圧の変動の大きさが大きいスペクトル成分ほど、その差が不快度に影響していることが分かった。下の図 8-a に示されたような音ほどその凹凸が不快度に影響しており図 8-b のような凹凸ほど不快度に影響していないということを意味する。



# (2) 周波数成分に対する音圧差が大きい場合(ii. iv の場合)

今回の実験では不快音においては高周波成分の音圧が影響している一方、快音においては低 周波成分の音圧が影響しているという結果から スペクトル成分とは異なる変数が不快度に影響 しているのではないかと考えられる。

## 4. 展望

まず今回の実験では被験者の母数が小さかったためデータの信頼性を増すため被験者の人数を増やして実験するということがあげられる。そして母数を大きくしたうえで年齢層ごと、性別ごとに不快度はどのように変化するのか調査する。次に「周波数成分に対する音圧差が小さい場合」についてHPF, LPFをかける範囲を細分化して改めて調査する。最後に周波数成分に対する音圧差が大きい場合についてその変動の大きさを数値化しその大きさと不快度への影響度の相関関係を明確にする。

#### 5. 参考文献

- 1) 本校研究: いろいろな音の快・不快についての研究. 津山高校. (2017)
- 2) 澤田 優貴, 平原 達也: 絶対不快音の不 快感の原因となるスペクトル的特徴(2009)

# 褐輪反応によるNO3~濃度の簡易的測定方法の提案

#### 研究者 奥山 琴雪,長瀬 結香,山谷 菜月 指導者 馬木 良輔

#### Abstract

We studied about the time for the brown-ring reaction to appeared. We can observe the brown-ring reaction when we add sulfuric acid( $H_2SO_4$ ) and ferrous ion( $Fe^{2+}$ ) to nitrate ion( $NO_3^-$ ). We thought that  $NO_3^-$  could be easily measured by creating a calibration curve by investigating the relationship between concentration of  $NO_3^-$  and the time during which the brown-ring is appeared. Accordingly, we researched verification experiments in order to create the calibration curve with small errors in more optimal conditions.

#### 1. 研究の概要

私たちは褐輪反応が発現する時間について研究をした。褐輪反応とは、硝酸イオン  $NO_3$  に濃硫酸を加え、さらに鉄(II)イオン  $Fe^{2+}$ を加えることで、 $NO_3$  の検出時に褐色の輪が見られるというものである。私たちは  $NO_3$  濃度と褐輪が発現する時間の関係を調べ、検量線を作ることによって  $NO_3$  濃度を簡易的に測定ができるのではないかと考えた。そこで、検量線の精度を高めようと最適な条件を探すための検証実験を行い、褐輪が発現する時間を計測した。

#### 2. 序論

私たちははじめ、複数のイオンを含んだ 水溶液から何が再結晶してくるのかという ことに興味を持ち、研究を行っていた。そ の中で硝酸イオンを検出する必要があった ため、硝酸イオンの検出方法の一つであ る、褐輪反応を用いて実験を進めることに した。しかし、褐輪反応では硝酸イオンの 有無のみで、硝酸イオンの濃度を測定する ことができないため、褐輪が発現するまで の時間差から濃度を測定することができな いかと考えた。そこで、検量線の作成に至 ったが正確性に欠けたため、正確な検量線 を作成するために本研究に至る。

# 3. 研究内容

今回の実験では

硫酸鉄(Ⅱ)FeSO<sub>4</sub>と塩化鉄(Ⅱ)FeCl<sub>2</sub>との比較

- ② Fe2+の影響についての実験
- ③ H<sup>+</sup>の影響についての実験 という三つの検証実験と、それで得られた結果 を使用した検量線の作成を行った。

#### 基準となる実験方法

硝酸カリウム  $KNO_3$  水溶液 (2.0mL) に、 9.0mo1/L の硫酸  $H_2SO_4$  (2.0mL) 加え、氷水で 5.0 C 以下になるまで静置した。静置後、同様 に 5.0 C 以下まで冷やした飽和の硫酸鉄 (II)  $FeSO_4$  水溶液 (2.0mL) を加え、目視で発現にかかる時間を計測した。この条件を基準として 実験を行った。ただし、計測時間は褐色のものが確認できるまでの時間とした。上記の反応を、下にイオン反応式として示す。

 $NO_3^- + 4H^+ + 3Fe^{2+} \rightarrow NO + 3Fe^{3+} + 2H_2O \cdots (1)$  式

※[Fe(N0)(H<sub>2</sub>0)<sub>5</sub>]<sup>2+</sup>が褐輪の原因である 反応式中のH<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>に着目し,加える物質 量を変えることによって,以下の検証実験 を行う。

# ① 実験1

#### <目的>

硫酸鉄( $\Pi$ )FeSO<sub>4</sub>と塩化鉄( $\Pi$ )FeCl<sub>2</sub>の反応時間の誤差を比較する。

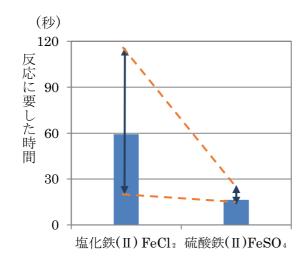
#### <仮説>

上記(1), (2)式より鉄(II)イオンがあれば反応するということがわかるので,反応時間の誤差に違いは見られない。

#### <方法>

基準となる実験方法で使用した飽和硫酸 鉄( $\Pi$ ) FeSO<sub>4</sub> 水溶液を飽和塩化鉄( $\Pi$ ) FeCl<sub>2</sub> 水溶液にかえて実験した結果とそのまま実験した結果を比較する。

# <結果>



硫酸鉄(Ⅱ)の方が反応時間の差が小さい。

※尚、これ以降のグラフ上の矢印は反応時間の差を示している。

#### ② 実験 2

#### <目的>

鉄イオンの物質量による反応時間の誤差 を比較する。

#### <仮説>

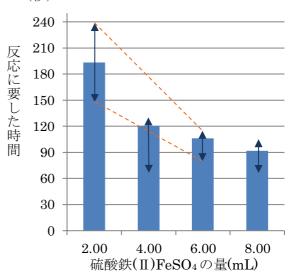
(1)・(2)式より、鉄( $\Pi$ )イオンが錯イオンの生成に関係していることより、硫酸鉄の加える量を増やす、すなわち鉄( $\Pi$ )イオンの物質量を増やすと、反応時間の誤差は小さくなる。

# <方法>

基準となる実験方法で使用した飽和硫酸 鉄(II) $FeSO_4$ 水溶液の加える量を増やし、加えた量ごとの結果を比較する。

#### <結果>

(秒)



硫酸鉄(Ⅱ)が多い方が反応時間の差が小さい傾向にある。

# ③ 実験3

#### <目的>

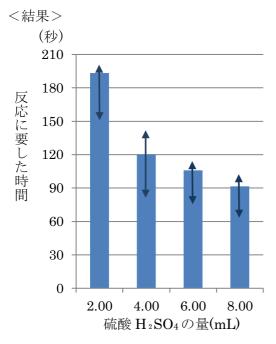
水素イオンによる反応時間の誤差を比較する。

## <仮説>

(1)・(2)式より水素イオンが一酸化窒素の発生に関係しており、硫酸の加える量を増やす、すなわち水素イオンの物質量を増やすと、反応時間の誤差は小さくなる。

#### <方法>

基準となる実験方法で使用した硫酸の加える量を増やし、加えた量ごとの結果を比較する。



原則、硫酸が多い方が反応時間の差が小さい。

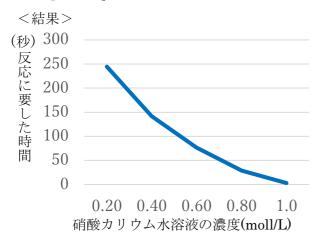
## ④ 検量線の作成

#### <目的>

濃度の違いによる反応時間の差によって検 量線を作成する。

# <方法>

基準となる実験方法で使用した硝酸カリウム水溶液の濃度を変えて濃度(0.20~1.0,0.20 mol1/L刻み)ごとに,反応時間のデータをとった。



#### 4. 結論

反応時間の差を小さくするためには,

- ①塩化鉄 FeCl₂(Ⅱ)より硫酸鉄(Ⅱ)FeSO<sub>4</sub>を用いる方が良い。
  - →以前,3の「基準となる実験」の硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を塩酸 HC1 に変えて実験を行ったところ, 反応が確認できなかったことから,塩化物 イオン C1<sup>-</sup>には,褐輪の発現を妨げる作用 があると考えられる。
- ②加える飽和の硫酸鉄(Ⅱ) FeSO<sub>4</sub> 水溶液の量を 多くする方が良い。
  - →(1)式において鉄イオン(II)が多いため 反応が促進し一酸化窒素 NO がすぐに生 成する。一酸化窒素が増えることで,(2) 式において平衡が右に移動するため効果 的に褐輪が発現したと考えられる。
- ③加える硫酸  $H_2SO_4$  を多くする方が良い。  $\rightarrow$ ②に同じ
- ④光(日光)をできるだけ当てない方が良い。
  - →下に示している反応式より硝酸イオンの分解を抑制し、反応の誤差を無くす。  $4\,\text{HNO}_3 \rightarrow 4\,\text{NO}_2 \,+\, 2\,\text{H}_2\,\text{O} \,+\, \text{O}_2$
- ⑤長時間放置しない方が良い。 →④に同じ。

# 5. 参考文献

- 1)理系大学受験 化学の新研究 改訂版 428pト部 吉庸著/2019 年出版
- 2) 化学便覧改訂 4 版および 5 版(サイエンスビュー 科学総合資料 290p実教出版株式会社 より)

# ろ紙の撥水性を高める研究

研究者 黒瀬 亜海 指導者 森田 智己, 井上 直樹

#### **Abstract**

This research is about water-repellency of filter paper after application of a coating agent. Contact angles were measured to find out how the water-repellency increased. Also the number of coatings was changed to know whether it increases or not. We found out that with the application of persimmon juice the contact angle decreases whereas with bee wax it increases.

#### 1. 研究の概要

液体を含みやすいろ紙をコーティング剤に浸け、乾燥させた紙を作成し、紙の上に垂らした水滴と紙との接触角の大きさによりろ紙の撥水性が向上したか否かを評価した。また、コーティング剤を浸ける回数を変え、回数の増加に伴う接触角の変化について調べた。そして、柿渋については接触角が減少し、蜜蝋については接触角が増加することが分かった。

#### 2. 序論

小学校の給食の時間にデザートのヨーグルトなどに使う紙スプーンが使っている最中にふやけてしまい、使いづらくなることを思い出した。そこでまず、紙の撥水性を上げることを考えた。

#### 3. 研究内容

本研究では、紙の撥水性をコーティング剤によって向上させる。また、 撥水性が向上したか否かを接触角により評価する。接触角とは、 固体面と静止液体のなす角度のことを指す。





図 1

図 2

上図において、図1は接触角が小さく、図2は接触角が大きい。接触角が小さいものは濡れやすい、つまり撥水性が低く、接触角が大きいものは濡れにくい、つまり撥水性が低いということになる。

#### 4. 実験手順

①コーティング剤の塗付

コーティング剤の塗付方法は表のとおりである。

コーティング剤	<b>塗付方法</b>
柿渋	液に浸け 60℃で 24 時間乾燥
蜜蝋	ヘキサンに 5g溶かし紙を浸け
	る
亜麻仁油	紙に直接塗る
漆	紙に直接塗り,湿度 69%の箱に
	密閉
尿酸	0.10gとり,10mL の精製水に
	溶かす

つける回数をそれぞれ  $1\sim 4$ 回と変えたものを 30 枚作製した。

#### ②撮影

コーティング剤を塗付した紙に100μLの精製水を乗せ、デジタルカメラで撮影した。なお、デジタルカメラの高さは固定した。

## ③測定

Image J の角度計測ツールを用いて,接触角の大きさを計測した。各回数30枚の平均をとり,撥水性が向上しているか否かを調べた。

## ・コーティングに失敗したもの

コーティングに失敗したものは次の表のとおりである。

18 Int	at mit > 3 arm t
コーティング剤	失敗した理由
漆	固化するのに 10 日
	時間が足りず断念
亜麻仁油	ムラができる・乾燥に 10 日
	時間が足りず断念
尿酸	乾燥し固体はできたものの紙
	に吸着せず失敗

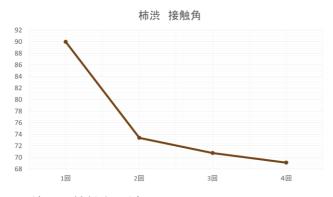
今回, コーティングに成功したのは柿渋と蜜蝋のみであった。

#### 5. 仮説

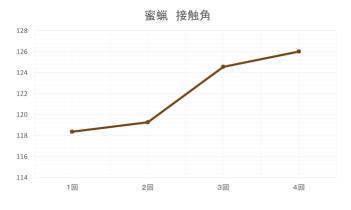
柿渋・蜜蝋どちらも塗り重ねることにより紙の 繊維の隙間を埋めていくので,回数を追うごとに 撥水性は向上する。

### 6. 結果

縦軸は接触角の角度を表し,横軸は各コーティング剤を塗付した回数を表している。



○柿渋…接触角が減少した。



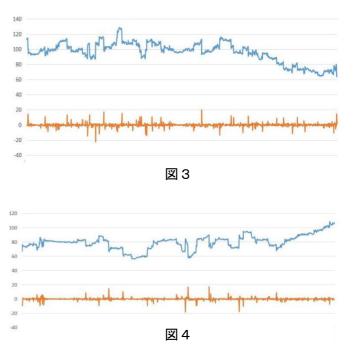
○蜜蝋…接触角が増加した。

#### 7. 考察

# ○柿渋

今回使用した商品 (柿多富/株式会社柿多富)の 裏面には柿渋は酸化するとゲル化すると書かれているため、コロイドであると考えられる。今回作成した紙では、乾燥したことで柿渋はキセロゲルになったと言える。乾燥して形成されたキセロゲルが繊維の隙間を埋めていったと考えられる。図3、4の上段のグラフは柿渋を1回と4回塗ったときの断面の凹凸をレーザー顕微鏡で測定した結果を示している。それぞれの下段は $0.625 \mu m$  ごとの凹凸変化の大きさをグラフ化したものである。下段2つのグラフから凹凸の平均値を算出すると、それぞれ1.318602,0.90418となり、2つの値に有意な差があるかどうかt検定を行った結果、有意確率0.05以下で2つのグラフには有意な差が認められた。

1回塗りのものは起伏が激しいため水滴と紙との接触面積が小さくなり、4回塗りのものでは接触面積が大きくなる。柿渋の主成分は柿タンニンでヒドロキシ基(-OH)を多く持つ。接触面積が少ない1回塗りのものはヒドロキシ基と触れにくく、接触面積の大きい4回塗りのものはヒドロキシ基と触れやすくなることが接触角の減少に関係していると考えられる。これらの理由から、塗る回数が増えるごとに接触角は減少したと考えられる。



#### ○蜜蝋

蜜蝋の主成分はワックスエステル (高級一価アルコールと高級脂肪酸からなるエステル)である。 含まれている脂肪酸により, 撥水性が高まる。

また、ろ紙の繊維の表面には蜜蝋の粒子が付着 しており(図5)、それがロータス効果をもたらし ていることも考えられる。ロータス効果とは、ハス の葉にある微細な突起構造が水の設置面積を小さ くし、水をはじく効果のことをいう。

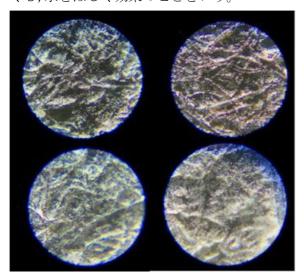


図 5

# 8. 今後の展望

今後は蜜蝋の表面構造がロータス効果になっているか否か検証するとともに、蜜蝋における防水性について調べたい。なお、柿渋は和紙に10回以上塗ると防水加工となることが分かっている。

#### 9. 参考文献

1) 坂手勇次, 小島菜穂子. 和紙の伝統的撥水・防水加工の再現: 伝統的和紙文化の復興に向けて

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssdj/62/6/62\_6\_43/\_pdf/-char/ja

2) TH エンゼル ガラスとガラスコーティングの 親水性

https://coating.th-angel.com/2013/11/blog-post 14.html

3) トミヤマ 柿タンニンの可能性

https://www.kakishibu.com/persimmon-tan

# 木質バイオマス灰の食品加工への利用

研究者 今石 結菜, 浦上 万由子, 鳥越 菜摘, 牧本 文佳 指導者 井上 直樹 森田 智己

#### **Abstract**

There is a plant of woody biomass power generation in Maniwa city, Okayama Pref. All of the woody ash is dumped as industrial waste. We focused on the point that the Plant ash is used for Okinawa soba as alkaline water, and tried to use biomass ash for food processing. According to this research, the extract we gained from biomass ash contains three different sorts of salt. Moreover the extract changes the nature of the noodles, it initiates a color reaction of the flavonoids within the noodles. We concluded that at this point it is not edible because it would not meet safety demands.

#### 1. 研究の概要

岡山県真庭市には木質バイオマス発電所がある。木質バイオマス発電では、発電に利用した後の灰が産業廃棄物として処理される。本研究は、沖縄そばの製造に木質灰がアルカリ剤として利用されていることに着目して、木質バイオマス発電の際に出る灰を食品加工にしようとするものである。実験の結果、木質バイオマス灰から得られた抽出液には三種類の塩が含まれるということが分かった。また、灰汁は麺の性質を変え、麺に含まれるフラボノイドを発色させる働きがあるが、安全性に問題があり、今の段階では食用に適さないということが分かった。

### 2. 序論

岡山県真庭市には木質バイオマス発電所がある。木質バイオマス発電では、発電に利用した後の灰が産業廃棄物として処理される。現在は産業廃棄物としての処理しか方法がないが、草木灰の利用法として肥料や石鹸などがあるということを知り、木質バイオマス灰にも同じような活用法があるのではないかと考えた。私たちは、沖縄そばの古くからの製法の中で灰と水を混ぜた溶液がアルカリ剤として使われていることに注目して、木質バイオマス灰を食品加工に利用する方法について研究を行った。

### 3. 研究内容

木質バイオマス発電から出た灰には主灰 (ボイラー室の底にたまった灰)と飛灰 (ボイラー室の上に舞った灰)がある。今回は 砂などの不純物が少なく,実験に適していると判断した飛灰を使用した。さらに,精製水 100mlを1単位、灰 100ml (65g)を1単位として溶液を作った。溶液は全て精製水と灰を混ぜたものを1日置き,ろ過したものを灰汁として実験に使用した。

# ①実験 1

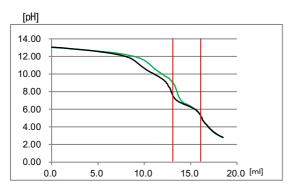
#### <目的>

灰汁中に含まれるイオンの種類を特定する。 <仮説>

木材の中に含まれるリン酸イオン、炭酸イオンなどが含まれている。

#### <方法>

灰汁 10ml にフェノールフタレイン試液 1 滴とメチルオレンジ試液 2 滴を加えたもの を 0.01mol/L の塩酸で中和滴定して含まれ ているイオンと含まれる割合を検出する



# <結果>

滴定の結果は上の滴定曲線のようになった。

#### <考察>

滴定は2回行い,誤差はあるものの,2回 とも上図のように2段階の中和点を示した。 なお,1回目の中和の前,グラフには緩衝 作用によるひずみが生じている。

1回目の中和点に達するまでに要した塩酸の量が2回目の中和点に達するまでに要した塩酸の量と比べて多かったために,灰汁中には一価の強塩基が二価の塩基よりも多く含まれていると考えられた。計算を行った結果,一価の塩基と二価の塩基が物質量比で3:1の割合で含まれることがわかった。さらに,炎色反応を行った結果,紫色の炎が見られたため,含まれるイオンはカリウ

ムイオンと予測できる。

#### ②実験 2

#### <目的>

灰汁の製麺時のアルカリ剤としての有用性 <方法>

灰汁と水を1:1 で混ぜたものと水を用意し、麺を5 分間ゆでる。その後色と切れにくさの試験を行う。

#### I)色の試験

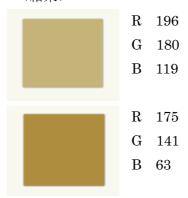
#### <方法>

- ① ゆでた麺の写真を撮影する。
- ②写真をデータにしたのち無作為に 3 か所 色のサンプルを取り出す。
- ② それぞれの色のカラーコードを取り出す。
- 3 か所の RGB 値を平均する。

#### <仮説>

アルカリ溶液によって、タンパク質が変性 し、水でゆでたものと比べて色が変化する と考えた。

#### <結果>



#### <考察>

水でゆでた麺と比べて灰汁でゆでた麺のほうが色が濃くなっていることが分かった。 小麦粉に含まれるフラボノイドがアルカリ に触れて黄色く変色したため色が濃くなっ たと考えられる。

#### Ⅱ)切れにくさの試験

<方法>

- ① 麺の端から4cmを5分間ゆでる。
- ② 麺を機具に固定する。
- ③ 重りをつるして切れるまでの時間を計 測する。

#### <仮説>

アルカリ剤によって麺のたんぱく質の結合 が強くなるため、灰汁でゆでた麺は水でゆ でた麺と比べて切れにくくなると予想した <結果>

灰汁でゆでた麺に 20g のおもりを吊るして計測を行ったところ,平均 7.85 秒で麺を切断することができた。水でゆでた麺に同じように 20g のおもりを吊るして計測を行ったところ, 23 回試験を行ったうち 3 回しか切れなかった。そこでおもりを 30g にして再び試験を行なったところ,平均 21.83 秒で麺を切断することができた。

灰汁	20 g	平均 7.85 秒
水	20 g	ほとんど測定不能
水	30 g	平均 21.83 秒

#### <考察>

灰汁でゆでたら麺が柔らかくなったことから,灰汁でゆでた麺は水でゆでた麺と比べて早くゆであがったと考えられる。このことから,灰汁が麺に対する水分の浸透と成分の変質に影響を与えたのではないかと考えた。

# ③実験3

<目的>

食用としての利用が可能か調べる

<方法>

「新食品添加物表示の実務 2017」

に沿った純度試験を行った。ただし、重金

属,ヒ素,塩化物の試験については特別な 実験器具が必要などの理由により行わなかった。

#### <結果>

1〕水酸化アルカリの試験

試験を行った後の液が赤色を呈したことから,基準値より多くの水酸化アルカリが含まれ,安全性に問題があるということが分かった。

2〕ケイ酸塩の試験 有色の沈殿が生じたこと から、基準値より多くのケ イ酸塩が含まれ、安全性に



問題があるということが分かった。

#### <考察>

試験は灰の成分を溶かした溶液をそのまま 使用したため、食用に適さない成分が多く 含まれていたと考えられる。

灰汁を再結晶させた結晶が無色だったことから、灰汁結晶を利用することで安全性を 高めることができるのではないかと考えている。

#### 4. 結論

木質バイオマス灰に含まれるイオンはカ リウム及び炭酸イオン,水酸化物イオンで はないかと考えられ,機能だけ見ると製麺 の際アルカリ剤として麺に含まれるフラボ ノイドを発色させる働きを持つ可能性が示 された。しかし,安全性の問題を克服しな い限り食品への利用は難しいということが 分かった。

# 5. 今後の展望

- 実験の精度向上
- ・上から押したとき麺が切れる力の測定

・実験中に出てきた灰汁結晶の成分特定

# 6. 謝辞

美作大学教授 桑守正範先生 真庭バイオマス発電所株式会社様 沖縄そば とらや様

# 7. 参考文献

- 1) 木質バイオマス燃焼灰の林地還元に向 け基礎知見―カラマツペレット燃焼灰 を用いた検討ー 九大演報
- 2) 年生スギ林及びヒノキ林の養分含有量 農林省林業試験場
- 3) 沖縄における木灰ソバの製造と品質に 関る調査研究 琉球大学
- 4) 沖縄そば専用かん水 (アク汁) の開発 琉球大学

# 光と熱を用いたショウジョウバエに おける危機回避の学習

研究者 甲本 雄大,白井 心大,廣幡 千総,今井 瑶,伊藤 麻妃,小林 夏子 指導者 國定 義憲

#### **Abstract**

The purpose of this study is to eliminate the drosophila's behavior by setting conditions.

First, we checked the phototaxis of the drosophila.

Second, we applied light and heat to the drosophila at the same time.

Third, we checked if the drosophila learns from those two stimulations in combination or not AS a result, the drosophila that experienced a phototaxis no longer approached light after the experiments.

#### 1. 概要

私たちはショウジョウバエの習性である光走性を学習によって打ち消すことが出来ないかと考えた。アクリルパイプの中にショウジョウバエを入れ、熱を加えると同時に光を照射した。この実験でショウジョウバエに対して、走性のある光と忌避反応を示す熱刺激を条件として関連付けさせ、条件付け学習が成立するか研究した。

# 2. 序論

私たちは昆虫が持つ学習能力に興味を持ち、昆虫に対する条件付け学習実験を行った。今回の実験ではショウジョウバエを用いた。ショウジョウバエはこれまで多くの学習実験に使われてきた生物であるが、その多くはショウジョウバエがもつ電気刺激への忌避行動に対して,匂いを条件として関連付けた条件付け学習実験である。今回の研究ではショウジョウバエが光走性を持つことに注目し、光走性に対して熱刺激を条件としたとき、ショウジョウバエに条件付け学習が可能か研究した。

### 3. 目的

ショウジョウバエにとって無害な刺激であり、走性のある光と、ショウジョウバエが逃避反応を示す 熱刺激を結びつけた学習実験をすることで、学習させたグループのショウジョウバエが学習させていないグループとは異なる行動をとるか対照実験をして実験する。



図1 ショウジョウバエ

#### 4. 実験装置

実験を行うにあたりアクリルパイプを用いた装置 を作成した。

- ・アクリル製パイプ (横16cm幅3cm)
- ・4㎝ごとに4区画を設定
- ・実験時にLED ライトとドライヤーを併用 このパイプ内にショウジョウバエを入れ、刺激に対する反応を測定した。

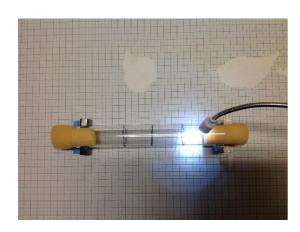


図2 装置

#### 5. 実験方法

条件付け学習実験を行うにあたり、アクリルパイプの中に無作為に選んだショウジョウバエ(約50匹)を入れ、1分間アクリルパイプの片端を外からドライヤーで温めると同時に光を照射した。繰り返し学習をさせるため、1分間熱と光を与えた後何も刺激を与えない時間を30秒設定した。これを3回繰り返した。この実験によってショウジョウバエに熱と光を条件とした条件付け学習実験を試みた。

学習が成立したか確認するため、条件付け学習実験の終了後直後から2分ごとにショウジョウバエに光のみを当て、光を忌避するようになるか確認した。また、対照実験として条件付け学習させていないグループに熱のみを与えた実験も行った。

#### 6. 実験 1

ショウジョウバエにどの程度光走性があるのか**図** 1の装置を用いて測定した。アクリルパイプを4区 画に分け照度差を設定し、中に入れたショウジョウバエがどの程度光に集まるか、計測した。

なお,数値は3回同じ施行を繰り返した結果の平均 値をとったものである。

### <実験 1 結果>

ショウジョウバエの走光性

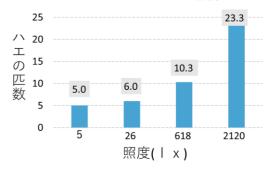


図3

結果は**図3**のようになり、ショウジョウバエは照 度の高い区画(2120lx)に最も多く集まった。 <考察1>

実験に用いたショウジョウバエには光走性がある。

# 7. 実験2

実験1ではショウジョウバエに熱と光を条件とした学習をさせるために、図2の装置にドライヤーを取り付けた図4の装置でショウジョウバエに光と熱を条件とした条件付け学習実験を行った。

#### <実験2手順>

- ショウジョウバエの入ったアクリルパイプに 照度差を作る。
- ② 最も照度の高い部分のみを1分温める。 (ドライヤー約50度)
- ③ 30 秒時間を置き,熱を冷ます。
- ④ ①~③の過程を3回繰り返した。

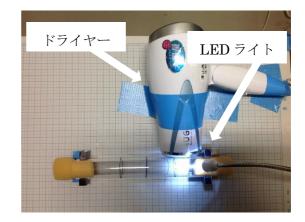


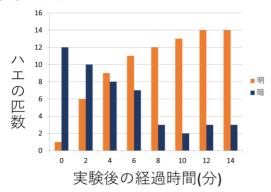
図 4

ショウジョウバエに学習が成立したか確認するため、条件付け学習実験終了後直後(0分後),2分後、4分後、6分後、8分後、10分後、12分後、14分後にショウジョウバエに光のみを照射し、照度の強い区画に移動した個体数と、暗い区画に移動した個体数をそれぞれ測定した。

#### <仮説1>

条件付け学習実験を行ったグループは光と熱を関連付けて学習しているため、光のみ照射したときに 光から逃げる反応を見せるようになり、暗い区画に 逃げるハエの方が多くなると考えた。

#### < 実験 2 結果>



#### 図5

結果は**図5**のようになった。アクリルパイプの暗い区画に集まったショウジョウバエの数は「暗」,明るい区画に集まったハエの数は「明」のグラフでそれぞれ示した。

条件付け学習実験終了後すぐに光のみを与えた時(0分後)にはショウジョウバエが光に集まらない。 しかし、時間経過ごとに再び光に集まり始める傾向 がみられ、実験時間中、最終的には光に集まるよう になった。

#### <考察1>

これはショウジョウバエが実験1で見られた光走性に反した行動をとったと考える。

しかし, **実験2**だけでは、ショウジョウバエが「学習して光を避けるようになった」, 「アクリルパイ

プ内に残っていた熱に近づこうとしなかった」という2つの可能性が考えられるため、**実験2**の対照実験として**実験3**を行った。

#### 8. 実験3

条件付け学習実験を行っていないショウジョウバエのグループをアクリルパイプ内に入れ、実験2の対照実験として熱と光の条件付けを無くして熱を繰り返し与える実験を行った。

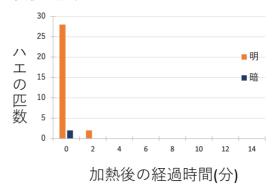
#### <実験3手順>

- ① 学習を行っていないショウジョウバエをアクリルパイプに入れる。
- ② アクリルパイプの片端にドライヤーで熱を当てる。
- ③ ①, ②を3回繰り返す。そののち実験2と比較するため、**実験2**と同様の方法で光に対してどのような反応を示すか調べた。

#### <仮説2>

条件付け学習実験を行っていないショウジョウバ エは熱がある環境下でも光走性によって光に集まる。

#### < 実験 3 結果>



#### 図6

結果は**図6**のようになった。

条件付け学習を行っていないショウジョウバエの ほとんどが熱を避けることなく光に集まった。熱が アクリルパイプ内に残っていて多くのハエが死んだ ため、2分後以降は計測不能とした。

#### <考察2>

ショウジョウバエは条件付け学習が無ければ、熱の有無にかかわらず、光走性に従って行動をする。

#### 9. 結論

実験2と実験3を比べると、実験2で条件付け学習実験をしたショウジョウバエは学習実験後、一時的に光に集まらなくなった。一方で実験3では、条件付け学習をさせていないショウジョウバエは熱があっても光に集まることが分かった。これより実験2でのショウジョウバエは光と熱刺激の二つの条件を結びつけて学習し、光を避けたと思われる。よってショウジョウバエの光走性に対して熱刺激を条件とした条件付け学習は成立したと考えられる。

#### 10. 展望

実験2の結果(図3)で、時間が経過するごとに 再びショウジョウバエが光に集まってきていること がわかる。この結果よりショウジョウバエが「時間 が経過し学習を忘れた」可能性と「光のある場所は 安全だと再学習した」という2つの可能性があげら れるため、研究を進めたい。

#### 11. 参考文献

- 1) 名古屋大学「ハエだって聞きなれた歌が好き」 http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/publicrelations/researchinfo/upload\_images/201803 20\_sci\_1.pdf
- 2) 東京都医学総合研究所「学習記憶とその障害の 分子機構の解明プロジェクト」 http://www.igakuken.or.jp/memory/

# ゼブラフィッシュが赤色光に集まる理由 ~ "慣れ"による変化から考える~

研究者 杉山 亜弥, 近藤 愛, 大西 理栄, 河本 ゆり子 指導者 小西 明雄

#### **Abstract**

"Under particular conditions, *Danio rerio* converges on red light, which tends to go straight because of its long wavelength. This movement is thought to be due to the fact that the fish try to grasp the surroundings with their eyes because they are anxious." This is the result of previous research at *Tsuyama* High School. We thought that if the cause of this movement is anxiety, it can be changed by "experience" and we developed this research. As a result, we confirmed several changes, which can be due to experience.

#### 1. 概要

「ゼブラフィッシュは特定条件下で、長波長のため直進しやすい赤色光に集まる。これは不安感から周囲を視覚で把握しようとしていると考えられる」という津山高校の先行研究がある。私たちは、この研究を発展させ、不安感に基づく行動であれば"慣れ"によって変化するのではないかと考えて研究した。結果として"慣れによる変化"と考えられる現象をいくつか確認できた。

#### 2. 目的

ドクターフィッシュという魚は、角質を食べる ため、自分よりも体がはるかに大きい人間にも積 極的に接触する。この魚には危害を与えられると いう不安感は無いのだろうか。そこで、私たちは魚 類の不安感について興味を持ち、既に不安感に関 する先行研究があるゼブラフィッシュを用いて、 不安感の変化に関する研究をした。

#### 3. ゼブラフィッシュの特徴

ゼブラフィッシュは色覚が優れているとされており、その特徴を調べた研究がある。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ため、非常に優れた視覚を備えていると言える。\*4

また、ゼブラフィッシュの網膜の腹側には赤色 光を感知する視細胞が偏って配置されており、そ の位置が上を見る角度のものであることから、ゼ ブラフィッシュは赤色光を通して水面付近、また は水面よりも上の空間を見ていると考えられる。

#### 4. 津山高校の先行研究

ここで、今回の研究の元になった津山高校の先行研究を紹介する。この研究では赤、緑、青に区切られた三色水槽にゼブラフィッシュを入れ、それぞれの区画に集まったゼブラフィッシュの匹数を計測している。このグラフの縦軸は集まったゼブラフィッシュの匹数を、横軸は水槽の区画の色を示している。また、境界線上にいるゼブラフィッシュは不明として扱っている。実験の結果、ゼブラフィッシュは赤色光に集まる傾向があることがわかった。(図1)\*1

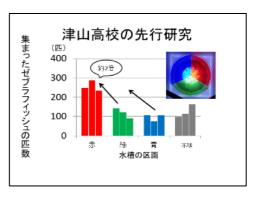


図 1

#### 5. 仮説

波長が長く直進しやすい赤色光の下では遠くまで見渡すことが可能である。(図2,図3)\*1

また、実験用水槽に移すために網で追い回されたゼブラフィッシュは不安感を持つことが報告されている。\*3 その結果、ゼブラフィッシュは周囲を見渡しやすい赤色光に集まるのではないかと考えた。\*1 不安感による行動は慣れによって変化する。\*3 ゼブラフィッシュが赤色光に集まる行動も不安感によるものであれば"慣れ"によって変化するのではないかというのが今回の仮説である。

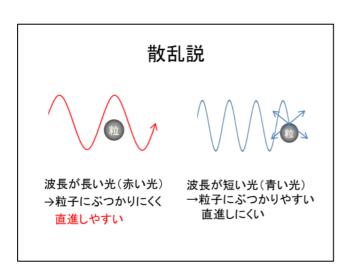


図2 \*1

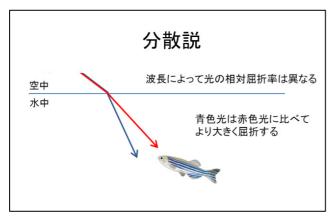


図3 \*1

#### 6. 飼育方法

- ・餌やり 朝・昼・夜 ・餌 メダカの餌
- · 暗期 10 時間
- · 室温 25 度以上
- •明期 14 時間

#### 7. 実験方法

実験は普段からゼブラフィッシュを飼育してい る飼育室と,飼育室の隣の部屋で行う。

健康なゼブラフィッシュを選抜しておき、その中から 20 匹のゼブラフィッシュを赤、青の 2 色のセロファンを張った実験用水槽に入れる。実験用水槽の下部に LED 照明を明暗差が出ないように分散して配置し、水槽下部から LED 光を当てることで赤色光のエリアと青色光のエリアをつくる。そして、一分間隔で 1 枚、合計 30 枚の写真を撮影し、特定の色に集まったゼブラフィッシュの匹数を測定する。境界線上にいるゼブラフィッシュを不明として扱う。30 枚分の測定データを加算してまとめ、グラフを作成する。

#### 8. 実験1 結果と考察

研究の当初, 私たちは実験用水槽にゼブラフィ ッシュを入れたままにして長期飼育を行い,実験 環境に慣れさせることで"慣れによる不安感の変 化"を観察できるかどうかを検討していた。そのた めには実験用水槽内でもゼブラフィッシュが生存 できるようにエアーポンプを入れる、または循環 装置を用いて水質を維持する必要がある。エアー ポンプを入れると水面が波打ち,ゼブラフィッシ ュがどこに集まっているのか写真撮影して特定す ることが困難になるため, エアーポンプ使用は断 念した。次に循環装置を用いて水質を維持するこ とを考えたが, ゼブラフィッシュが循環装置によ って生じる水流に反応して位置を変えることが予 想された。そこで、実験用水槽を3色等分に塗り分 けたものから、2色等分に塗分けたものに変更し、 色の境界部分に沿って水を流すことで水流の影響 を最小限に抑えることを考えた。循環装置を使用 する前に、2色水槽でも先行研究のように赤色光 に集まる現象が再現できるのか予備実験を行って 確認した。長波長の赤色光と短波長の青色光を対 比させることにし、セロファンで赤、青に等分した 水槽を作成して実験に用いた。普段からゼブラフ

イッシュを飼育していて,温度と照明の管理方法 が確立されている生存維持が容易な部屋(以下,飼育室とする)と,飼育室の隣であり先行研究で赤色 光に集まる行動が確認されていた部屋(以下,隣室とする)でそれぞれ2回ずつ実験を行った。

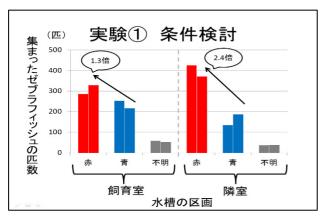


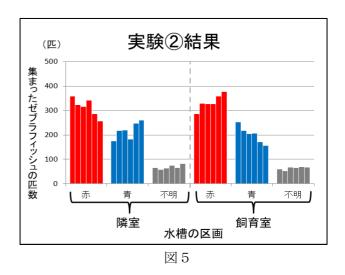
図4

その結果,飼育室では1.3倍,隣室では2.4倍ゼブラフィッシュが赤色光に集まり,飼育室よりも隣室の方で赤色光に集まる傾向が見られた。(図4)

「不安感から赤色光に集まる」という仮説に基づいて考えると、普段から飼育されている飼育室では部屋に慣れているため"場所への慣れ"が生じており、隣室に比べてゼブラフィッシュが抱く不安感が少ないと考えられる。当初の計画とは違う形となったが、長期飼育することなく"場所への慣れ"に伴う不安感の変化を観察することが可能に思えた。ただし、この時点では実験場所だけではなく、部屋の照明を点けているか消しているかも実験条件として異なっている。(飼育室では照明あり、隣室では照明なし)

#### 9. 実験 2 結果と考察

次の実験では両方の部屋の照明をつけることに して実験条件をそろえ、変数を部屋だけに固定し た。また,統計解析ができるように実験回数を2回 から6回に増やした。



この結果,隣室では実験回数を重ねるごとにゼブラフィッシュが赤色光に集まらなくなるという結果が得られた。(図5)しかし、飼育室では次第に赤色光に集まるという隣室とは真逆の結果が得られた。安定して同様の結果がでて統計解析ができるようになることを期待していたが、予想外の結果となった。

「ゼブラフィッシュは不安感から,周囲の状況を把握しやすい赤色光に集まる」という仮説に基づいて考えるならば,ゼブラフィッシュが隣室で赤色光に集まらなくなったのは,不安感が和らいだためであると考えられる。では何故不安感が和らいだのか。統計解析が行えるように実験回数を増やした結果,"実験に対する慣れ"が徐々に生じたのではないかと考察した。

飼育室では、次第に赤色光に集まるようになったが、この結果は隣室での変化の考察とは違い、慣れで説明をすることが極めて困難である。私たちは、この結果を"餌を与えられたという経験の差"によるものだと考えた。飼育室において、ゼブラフィッシュは日常的に餌を与えられている。そのため、不安感が和らいだ後では食欲のために、より速く餌を見つけようとして周囲を見渡しやすい赤色光に集まるという理由が考えられる。その一方で、一度も餌を与えられたことのない隣室では赤色光に集まる理由がないと考えられる。

#### 10. 結論

今回の研究によって、ゼブラフィッシュが赤色 光に集まる行動がどのような状況で起きるのかに ついて理解が深まった。この行動は"慣れていな い部屋""実験に慣れていない状況"で強く観察 されることから、不安感に関係する行動であると 解釈することができる。

また,赤色光に集まるかどうかの観察は比較的 容易に行えることから、この行動を指標としてゼ ブラフィッシュの不安感を測定することが可能に なるのではないかと期待している。すでに明暗試 験のように不安感を測定する実験は存在するが、 明るい場所を避けて暗い場所に集まる行動は本能 的であり、"慣れによる変化"はあまり観察され ないとの報告がある。\*3 そのようであるなら ば、赤色光を使った行動試験は"不安感の変化" を鋭敏に感知できる試験として価値を持つことが 考えられる。私たちは魚類の不安感に興味を持っ たことから, 今回の研究を行った。赤色光の実験 を発展させることで, 魚類が何に不安を感じ, そ の不安がどのような状況で和らぐのかについての 研究がより簡単に行えるようになり、不安感とは そもそも何なのかについて理解を深めることが可 能になるのではないかと期待している。

しかし、今回の研究の問題点として飼育室で実験を重ねた場合に赤色光に集まるようになったことについて"慣れによる不安感の変化"とは全く異なる解釈を用い、この解釈が正しいのかどうか検証する実験を行えていないことが挙げられる。検証するための実験案としては、隣室でも餌を与えるようにすることで、実験回数を重ねた場合に赤色光に集まるようになる行動が再現されるか観察することが考えられる。また、自動給餌機を使用することで水の外のヒトを気にしないように誘導し、飼育室での赤色光に集まるようになる行動を打ち消すことができるかどうかを観察するということも考えられる。

今回の課題研究で動物心理学的な行動実験を行ってみて、先行研究で「観察される行動の解釈に

は注意が必要」「実験動物の本来の行動・習性を 理解しつつ、それが反映されるように人工的に制 御された行動評価法を工夫するのがこれからの方 向性である」\*3 とされていたことを体験できたと 思う。今後は、これらの点に注意しながら赤色光 を用いた不安感の研究方法を確立、発展させてい きたい。

別の観点では、赤色光がメダカやサケの成長を促進するとの報告もある。\*5 赤色光と不安感に関する研究を進めていけば、魚類の養殖の効率化にも貢献できるかもしれない。また、ゼブラフィッシュは再生の研究にも用いられている。赤色光下で成長が促進されるのであれば、再生も促進されることがありえ、再生研究の効率化にもつながるかもしれない。

#### 参考文献

\*1ゼブラフィッシュの色に対する反応の基礎研究 津山高校 課題研究 2017年度

\*2ゼブラフィッシュはなぜ赤色に集まるのか

津山高校 課題研究 2018 年度

\*3 魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察 J-STAGE Journals 吉田将之 著-2011

\*4 魚の色覚はすごい!

川端祐人

(http://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/web/16/012 700001/012800003/?P=4)

\*5 メダカ・鮭の孵化・成長と光質の関係 茗渓学園高等学校 2011 住谷伊織 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 曽利 仁 准教授

津山工業高等専門学校 加藤 学 准教授

 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 大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻 赤松 史光 教授

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

真庭市立北房中学校 校長 小林 守 先生

京都大学大学院人間•環境学研究科 杉山 雅人 教授

岡山大学異分野基礎科学研究所 鈴木 孝義 教授

岡山大学大学院環境生命科学研究科環境科学専攻 永禮 英明 准教授

福山大学生命工学部生物工学科 秦野 琢之 教授

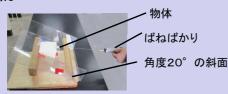
### 底面に対する水の入射角と摩擦の関係

津山高校 尾石昌平 上野隼誠 金井悠陽 中村好寿 藤原温 指導者 津田拓郎 仲達大輔

#### 研究目的

水がある状態と水が無い状態での物体の底面の溝の角度と摩擦係数の変化について分析し、流水下におけるシューズ裏面の溝として最適な角度を明らかにする。

#### 準備物 準備物として以下の装置を製作した。



そして、本研究では底面の溝の角度の定義を以下のとおりとした。





水流に対して 垂直な溝の角度を0° 水流に対してこのような 場合の溝の角度45°

### 実験方法

#### 実験1 水平面での摩擦係数の変化

ばねばかりを用いて、水有、水無しの場合での最大摩擦力を測り以下の式に当てはめて摩擦係数を求め、その変化率 $\mu/\mu$ 、を算出する。

F= # N F: ばねばかりの数値(N) N: 垂直抗力(=重さ)

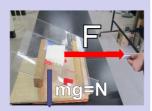
#### 実験2 斜面での摩擦係数の変化

ばねばかりを用いて水平方向の力を測り①式に当てはめて斜面水無での摩擦係数を求める。上記の結果と実験1の結果から得られるµ/µ´を用いて計算した斜面水有時の最大摩擦力と、ばねばかりで測った数値との差から水が物体に与えている力を算出する。

式①  $\mu' = \frac{F\cos 20^{\circ} + mg\sin 20^{\circ}}{mg\cos 20^{\circ} - F\sin 20^{\circ}}$ 

式②f  $(\theta) = \mu(mg\cos 20^{\circ} - F\sin 20^{\circ})$ - $F\cos 20^{\circ}$ 

mg=N



※θは各物体の溝の角度とする

#### 結果 実験1

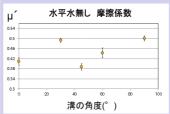


図1

・水無し時での摩擦係数を $\mu$ ´(図 1)、水有時での摩擦係数を $\mu$ (図2)とし、変化率 $\mu/\mu$ ´はどの物体の溝の角度においても0.8 ~ 0.9程であり、大きな差は見られなかった。(図3)

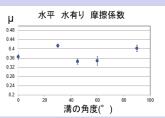


図2 μ/μ' 水平 μ/μ'(変化率) y=-0.0011x+0.89 1 0.95 0.85 0.87 0.77 0.65 0.70

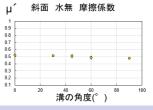
### 結果 実験2

- ・斜面上に水が無い状態での摩擦係数は右図1のようになった。溝の角度の変化において差は見られなかった。(図4)
- ・次に式②と実験1のμ/μ<sup>\*</sup>を用いて斜面を流れる水が各物体に与えている力を算出した。(図5)

#### 図4の結果より

・溝の角度が0°の場合が流水による力は一番大きく、溝の角度が大きくなるにつれて流水による力は比例して小さくなっていく。

流水による力は溝の角度が0° の時が大きい事より、シューズの 角度においては90°が最も滑り にくいと考えられる。



### まとめ・考察



水流がある場合 はこっちの方が 滑りにくい!

今回の実験においては、水流に対する溝の角 度の違いによって水流の有無による静止摩擦係 数の変化は確認できなかった。

しかし流水により加わる力という観点では溝の 角度が0°のときが最大となり、溝の角度90°の ときは約80%程減少するため、水流のある斜面 上では水流に対して溝の角度が90°のときが最 も滑りににくいと言える。



#### MOON STARの学校用シューズは 本実験でいうところの45°の溝を採用している。

実際にMOON STARに問い合わせてみたところ、シューズメーカーでは様々な角度に対する摩擦力を上げるため溝の角度45°が採用されているということが分かった。しかし、今回の研究では物体の摩擦力は斜面の傾斜方向のみに限定されている。このことから、シューズに応用する際は多くの方向への摩擦力の算出を行う必要があるといえる。

#### 参考文献

平成27年度理数科課題研究報告書 「摩擦の法則の検証とそのメカニズムの考察」竹内亮人



溝の角度0°

## 水面上に水滴が浮く現象を持続させる装置の開発

岡山県立津山高等学校 理数科2年

木村悠真, 芦谷透和, 井上颯太, 小林慎之介, 西原杏威, 蓬莱亮哉, 渡辺陽 津田拓郎

**目的**:水滴が水面に浮く現象を長時間持続させる(=より多くの水滴が浮く)装置の条件を解明

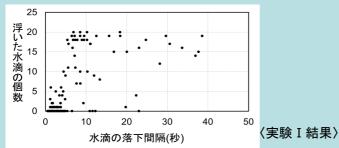
### 研究仮説:

- I)水滴を落下させる時間間隔を大きくすると、水面に浮く水滴ができる割合が大きくなる。
- Ⅱ)水滴を落とす水面の波形によって水面に浮く水滴ができる割合が変化する。
- Ⅲ)加圧すると水面に浮く水滴ができる割合が大きくなる。

#### 〈実験 I 〉

水滴を水面に落下させる時間間隔を変化させながら、 20滴落とした。そして水面に浮く水滴の数を測定した。

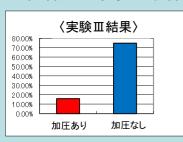


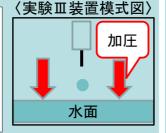


水滴の落下間隔を5秒以上にすると水面に浮く 水滴ののできる割合が大きくなる。

### 〈実験Ⅲ〉

実験 I の装置を容器に封入し、空気入れを使って容 器内の気圧を上げた場合とそうでない場合で水滴を 20回滴下した。そして水滴が水面に浮く割合を求めた。

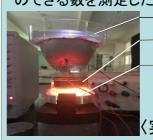




加圧していない方が加圧しているときよりも水面に 浮く水滴の割合が大きくなる。

#### 〈実験Ⅱ〉

スピーカーを用いて水面に振動を加え, 水面に定 常波を発生させた。次に、水面に下から光を当てス クリーンに投影し、定常波の腹~腹の間隔を測定し た。そして、振動数を変えることで定常波の腹~腹 の間隔を変えながら、20滴落として水面に浮く水滴 のできる数を測定した。

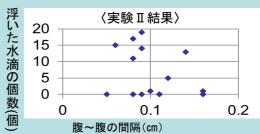


シャーレ(水面) スピーカー

撮影した定常波

〈実験Ⅱ装置〉

ライト

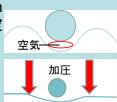


水面の定常波の腹~腹の間隔が0.08cm~0.1cm のときに水面に浮く水滴の割合が大きくなる。

#### 〈考察・展望〉

実験 I について:一定の滴下時間間隔がないと前 の滴下による波面が次の滴下に影響を与える。

実験 II について:0.08cm~0.1cm のときに水滴と水面の間の微小空 気層が衝突をやわらげやすい。1) 実験皿について:加圧することで 水面上波の発生が抑えられ、水 滴が浮きにくくなった。



今後はこれらの条件を元に実際に装置を組み立て. 検証を行いたい。またこれ以外の水滴が浮くため の条件も探っていきたい。

1) 佐藤誠 / 水面に浮く水面の浮遊機構 / 津山高専紀要第47号

## 非ニュートン流体中の 物体の運動についての考察

岡山県立津山高等学校 理数科2年 池田悠人 尾原諒 松本和真

## 研究動機・目的

農業を営んでいる祖父の手伝いをする機会があった。田んぼの 中での作業だったのだが、とても動きずらく、苦労した。感覚的に、 田んぼの泥は確かに流体とはいえるが水とは違うように感じた。 そこで、調べると、「非ニュートン流体」と呼ばれていると分かった。 この経験から、非ニュートン流体中の物体の運動について、二方 向から分析を行うことを目的とした。

- 1. 実験手順
- ① おもりを付けたガイドワイヤーを溶液中に沈める。
- 2 球を鉄製クランプにより保持し、開放する。
- ③ その様子を動画(1080p240fps)で撮影する。
- 4 PythonとopenCVを用いた自作プログラムを用いて動画を解 析する。
- 2. 自作プログラムの動作機序
- 1 動画をそれぞれフレームの画像に変換する
- ② 画像を読み込み、表示し、カーソルをボールの下端に合わせ、 マウスの中央ボタンを押すことによりその座標が表示される。 次の画像を表示し、②の操作を繰り返す。

このプログラムを用いて、各フレームにおける、球の座標を求める ことで、この運動のx-tグラフを作成した。

### 研究結果・考察

図4では一般的な物体が終端速度に達するまでのグラフと違い、 一度減速したのち、加速している。これは、球に対する抵抗力が球 に働く重力より大きくなったことを示している。理由としては、球を空 気中から発射し、入水させたため、流動して形状を変えた溶液が、 元の形に戻ろうとして、球の運動方向と逆向きの流れができたから だと考えられる。

また、濃度が高くなるにつれて減速にかかる時間がはやくなり、止 まる時間も短くなっていた。

まず、減速がはやくなったのは、濃度が高くなり比重が大きくなった ことで、<u>溶液を変形させるのにより多くのエネルギーが奪われたため</u> であると考える。

そして、停止時間が短くなったのは、前述の理由のため、入水時の <u>溶液の変形が小さく球の運動方向と逆向きの流れができにくくなっ</u> <u>たため</u>だと考えられる。

また図5は、球の落下方向と垂直な方向の運動を示している。 グラフから、濃度が高くなるほど、揺れが小さくなった。

図4からわかるように左右に揺れている時刻では、濃度が高くなる につれて、速度が小さくなっている。そのため、レイノルズ数が小さく なり乱流に遷移しにくくなったため、揺れが小さくなったと考えられる。

津山高等専門学校 加藤先生 曽利先生には、実験方法・考察 についての助言をいただき、感謝申し上げます。





図2 実験の様子



図3 測定の様子(マウスポインターはイメージ)

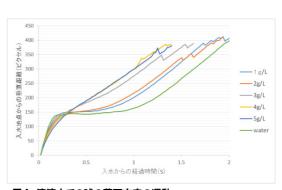


図4 溶液中での球の落下方向の運動

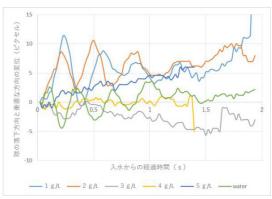


図5 溶液中での球の落下方向と垂直な方向の運動

### 坂道を転がる二重構造物体の加速度変化の分析

岡山県立津山高等学校 理数科 2年 芦田真依 髙橋柚葉 難波紗生 松永実咲樹 指導者 津田拓郎

#### 1. 目的

坂道を転がる二重構造の物体は、内包する物体の違いによって運動の様子にどのような影響が出るのかを加速度の変化から分析する。

#### 2. 実験方法

円柱状の外側容器を作製し、内包する物体として図1のように固体(=フィルムケースに磁石5.6g/個を詰めたもの)と、図2のように液体(=水)を入れた場合でその質量を変えながら傾斜角2度の斜面上を転がした。 その際、ストップウオッチを用いた時間測定装置(図4)を2.35mの間隔で斜面に配置し、この区間を進むのにかかった時間を自動で計測し、運動中の加速度を算出した。



図1 運動する物体(固体)

図2 運動する物体(液体) **<工夫1>** 

## <実験装置の工夫>



図3 内包する物体(固体)

フィルムケースが外側容器内でまっすぐ転がるように、フィルムケースの間に磁石を挟むことで溝を作った。(図3)また、外側容器の内側にも凸状のガイドを作った。

#### く工夫2>

誤差を少なくするためにストップウォッチを改良し、 自動で斜面の運動時間を計測できる装置を自作した。これは物体が坂道に設定したスイッチの上を通ると回路が繋がり、ストップウォッチがスタート、ストップする仕組みになっている。(図4)

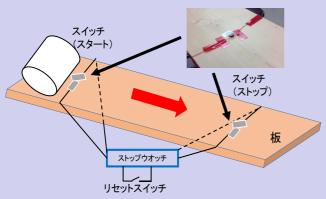


図4 時間測定装置(模式図)

#### 3. 結果

測定した運動時間から加速度を算出した。

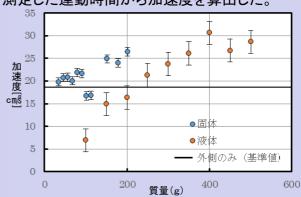


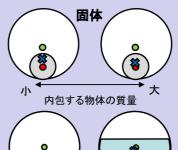
図5 内包する物体の質量と加速度

内包物体が固体のときは質量を増加させても,加速度はあまり変化しなかった。対して液体のときは質量を増加させると,加速度は大きくなった。

#### 4. 考察・結論

内包する物体の違いによる加速度の特徴について、 以下の2つの場合に分けて考察を行った。

4-1. 内包物体による違いによる加速度の特徴



液体

	質量	小さい	大きい
	重心位置		
	回転 モーメント	ほとんど 変化しな	ほとんど 変化しな
	加速度	Ů	Ů
1			

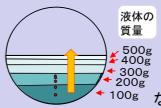
質量	小さい	大きい
重心位置	低い	高い
モーメント	小さい	大きい
加速度		

● 中の物体の重心 ● 外側の容器の重心 ※ 物体全体の重心

液体の方が重心移動による加速度の変化が大きい

#### 4-2. 液体質量の変化による加速度の特徴

図5より、液体の質量が増加すると加速度が増加しにくくなる傾向にあった。これは一定質量の水を増や



していくと、中の水の水位変 化は徐々に小さくなり、重心 位置の変化が小さくなる。 そのために重力による回転 モーメントの増加量が小さく なるためであると考えられる。

液体水位の上昇の様子で加速度変化がわかる

参考文献 転がる速度は物体によってなぜ違うのか/外山達也/2010

## 音の快不快とスペクトル成分の関係

#### 1. 研究の目的

我々の周りには様々な音が溢れておりそれらの中に は快いと感じる音もあれば耳を塞ぎたくなるほど不 快な音も存在する。我々の研究は日常生活において 心地いいとされる音の特徴を数理的に解析してそれ を元に心地いい音をコンピュータを使って合成する ことを目的とする。

#### 2. 実験1|先行研究の検証

本校の先行研究を検証した。先行研究によると快音 は周期的で主となる周波数成分を持ち、不快音は主 となる周波数成分がない。



一部結果と異なるものを発見した。

#### 3. 実験2|快不快に影響するもの

快音	突出あり	( i )	Notch Filter		←表2-	
音	突出なし	( ii )	HPF & LPF			類とそ に使用
不	突出あり	(iii)	Notch Filter			ィルタ
快	突出なし	( iv )	HPF & LPF			
音	起伏あり	( V )	Notch Filter		→図2-I 音の分	
音圧【dB】	起伏あり	音圧 [dB]		音王【dR】	突出な	
	ACI)(U) )		人田 67 7			
Ŀ	周波数		周波数【Hz】			数【Hz】
図	周波数 2-c 音の力		周波数【Hz】	ut		数【Hz】 音
	周波数 2-c 音のか (LPF 8	【Hz】 ロエのー	周波数【Hz】 -例		周波 HPF	数【Hz】 音圧【dB】
音圧【dB】	周波数 2-c 音のか (LPF 8	【Hz】 ロエの一 & HPF)	周波数【Hz】		周波 HPF	数【Hz】 音圧【dB】 女【Hz】
音圧【dB】	周波数 2-c 音のか (LPF 8	【Hz】 ロエの一 & HPF)	周波数【Hz】	ut	周波 HPF 周波数	数【Hz】 音圧【dB】 音圧【dB】

音を表2-aのように分類(分類方法は図2-b参照)し、 図2-cのように音を加工し被験者に原音と加工音を聞 かせた。各音ごとの不快度の変化は下の図2-dのよう になった。





### (iii)サイレン-notch-



(ii)沢-HPF-不快度の変化



沢-LPF-不快度の変化



(iv)咀嚼音-HPF-不快度の変化



咀嚼音-LPF-不快度の変化



■ 変わらない ■ より不快になった

図2-d 実験の結果 不快度の変化

#### 4. 結論(考察)

周波数成分に対する音圧差が大きい場合

周波数成分に対する音圧差が小さい場合

#### 5. 展望

- ・被験者の人数を増やして実験する
- ・調査をする音のサンプル数を増やす
- ・年齢層ごと、性別ごとに不快度の調査を行う
- ・LPF, HPFをかける範囲を細分化する

#### 6. 参考文献

澤田 優貴、平原 達也 「絶対不快音の不快感 の原因となるスペクトル的特徴 | (2009)

本校研究 「いろいろな音の快・不快について の研究 | (2017)

## 褐輪反応によるNO3-濃度の簡易的測定方法の提案

岡山県立津山高等学校理数科2年 研究者:奥山琴雪 長瀬結香 山谷菜月 指導者:馬木良輔

#### I概要

私たちは硝酸イオン濃度と褐輪 $[Fe(NO)(H_2O)_5]^2$ が発現する時間の関係を調べ、検量線を作ることによって、簡易的な硝酸イオンの濃度測定ができるのではないかと考えた。そして精度を高めようと最適な条件を探すための検証実験を行い、褐輪が発現する時間を計測した。

[イオン反応式]

 $NO_3^- + 4H^+ + 3Fe^{2+} \rightarrow NO + 3Fe^{3+} + 2H_2O$  ...( i )

 $[Fe(H_2O)_6]^{2+} + NO \leftrightarrows [Fe(NO)(H_2O)_5]^{2+} + H_2O \dots (ii)$ 

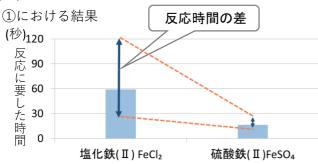
### Ⅱ実験

#### [基準となる実験]

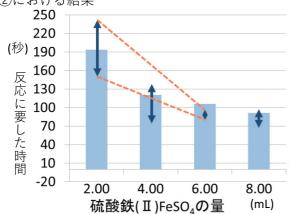
- (1) 硝酸カリウム水溶液が入った試験管に硫酸を加える。
- (2) (1)と飽和硫酸鉄(Ⅱ)水溶液を5℃以下になるまで 冷やす。
- (3)(1)に飽和硫酸鉄(Ⅱ)水溶液を静かに加える。
- (4) 褐輪が発現するまでの時間を計測する。 [実験内容]
- ① FeSO<sub>4</sub>とFeCl<sub>2</sub>との比較
- ② Fe<sup>2+</sup>の影響について(硫酸鉄の物質量を変化させる)
- ③ H+の影響について(硫酸の物質量を変化させる)
- ④①~③の結果を考慮した検量線の作成

#### Ⅲ結果

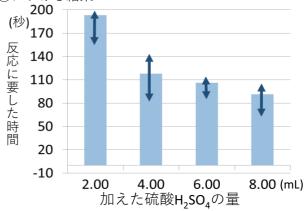
#### (1)結果



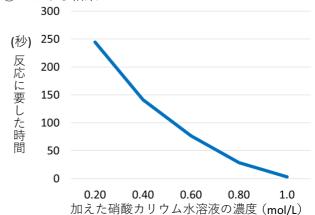
②における結果



③における結果 200



④における結果



#### (2)考察

- ・反応時間の差を小さくするためには… 硫酸鉄(Ⅱ)を用いる
  - →硫酸イオンの方が酸化しにくいため 硫酸鉄(II)を<u>多く</u>する

硫酸を<u>多く</u>する

- →( i )式において反応が促進しNOの増加に より( ii )式において平衡が右に移動するため
- ・光(日光)をできるだけ当てない
- ・長時間放置しない
  - $\rightarrow$ 4NO<sub>3</sub> +4H $\rightarrow$ 4NO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub> より硝酸イオンが分解されるため

#### Ⅳ 今後の展望・参考文献

#### [展望]

- ・より正確な褐輪の確認方法を探る
- ・最も反応が安定している各濃度の 組み合わせを探る
- NO<sub>3</sub>・濃度が小さい場合でも反応時間の 差が小さくなるようにする

#### [参考文献]

- ・理系大学受験化学の新研究改訂版428p ト部吉庸著/2019年出版
- ・化学便覧改訂 4 版および 5 版 (サイエンスビュー 科学総合資料290p実教出版株式会社 より)



## ろ紙の撥水性を高める研究

岡山県立津山高等学校 理数科 2年 黒瀬亜海 指導者 森田智己 井上直樹

#### 1. 目的

紙の撥水性を向上させるコーティング剤を探す

#### 2. 評価方法

今回は、接触角の測定により、紙の撥水性が 上がったか否か評価する。





今回は試験紙に100μ0の水滴を垂らす。

#### 3. 実験方法

①紙にコーティング剤を付着

塗る回数:1~4回

コーティング剤	付着方法
柿渋	液に浸け60°Cで24時間乾燥
蜜蝋	ヘキサンに5g溶かし紙を浸ける
亜麻仁油	紙に直接塗る
漆	紙に直接塗り、湿度69%の箱に密閉
尿酸	0.10gとり、10mLの精製水に溶かす

②撮影 ③測定(Image Jを用いる)

### 4. コーティング剤の塗付に失敗したもの

コーティング剤	理由
漆	固化するのに10日 時間が足りず断念
亜麻仁油	ムラができる・乾燥に10日 時間が足りず断念
尿酸	乾燥し固体はできたものの紙に吸 着せず失敗

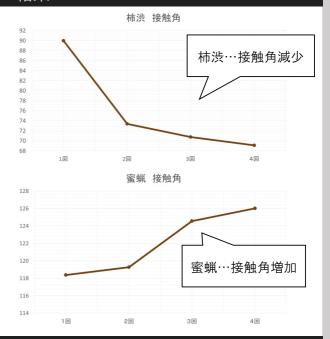
成功したのは柿渋・蜜蝋

#### 5. 仮説

柿渋・蜜蝋 ろ紙の繊維の隙間を埋めていく

接触角が増加する

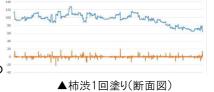
#### 6. 結果



### 7. 考察

〇柿渋

紙の表面が平滑にが ・・・接触面積増加 接触角が小さくなる



▲柿渋4回塗り(断面図)

○蜜蝋 主成分がワック スエステル ⇒疎水性を持つ 表面に擬似的な

ロータス効果が みられる

⇒接触角が大きくなる

## 8. 参考文献

坂手勇次, 小島菜穂子. 和紙の伝統的撥水·防水加工の再現: 伝統的和紙文化の復興に向けて

 $\label{linear_stage} $$ https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssdj/62/6/62_6_43/_p df/-char/ja $$$ 

THエンゼル ガラスとガラスコーティングの親水性

 $https://coating.th-angel.com/2013/11/blog-post\_14.html$ 

トミヤマ 柿タンニンの可能性

https://www.kakishibu.com/persimmon-tannin

### 木質バイオマス灰の食品加工への利用

岡山県立津山高等学校 理数科2年 今石結菜 浦上万由子 鳥越菜摘 牧本文佳 指導者 井上直樹 森田智己

#### 研究動機

岡山県真庭市 木質バイオマス発電所 発電後に残る灰は産業廃棄物として処理





沖縄そばで灰と水を混ぜた溶液がアルカリ剤として使われていることに注目





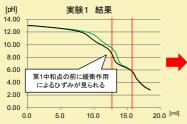
※実験には主灰と比べて不純物が少ない 飛灰を使用

※灰100ml(65g)と精製水100mlをそれぞ れ1単位として灰:水=1:1の溶液を作り、 1日静置した後ろ過した液を灰汁として 実験に使用

#### 実験1 灰汁中に含まれる塩の特定

灰汁10mlにフェノールフタレイン試液とメチルオレンジ試液を加 え、0.01mol/Lの塩酸で中和滴定し、含まれているイオンの量と その割合を検出する

#### 〈結果〉



1回目の中和点に達するまでに要 した塩酸の量が2回目より多かった ことから灰汁中には一価の塩基が 二価の塩基よりも多く含まれている

灰汁には炭酸イオンと水酸化物イ オンが1:3の割合で含まれる

灰自体には炭酸イオンと水酸化物 イオンが2:3の割合で含まれている

さらに、炎色反応を行うと紫色の炎が見られた 含まれる塩はカリウム及び炭酸イオン、水酸化物イオン ではないかと考えられる

#### 実験2 製麺時のアルカリ剤としての有用性

- ①灰汁と水を1:1で混ぜたものと水を用意
- ②麺を5分間ゆでる
- ③色と切れにくさの試験を行う

#### I)色の試験

- ①ゆでた麺の写真を撮影
- ②写真をデータにしたのち無作為に3か所色のサンプルを取り出す
- ③それぞれの色のカラーコードを取り出す
- ④3か所のRGB値を平均する

#### 〈結果〉

#### 水でゆでた麺



R 196 G 180 B 119



灰汁でゆでた麺



R 175

G 141 B 63

灰汁でゆでた麺のほうが水でゆで た麺と比べて色が濃いことから、 アルカリに触れることによって麺 に含まれる無色のフラボノイドが 黄色に発色していると考えた。

#### Ⅱ)切れにくさの試験

- ①麺の端から4cmを5分間ゆでる
- ②麺を機具に固定
- ③重りをつるして切れるまでの時間を計測 ※90秒を超えてもきれなかったものはデータを取らなかった

#### 〈結果〉

灰汁でゆでた麺 おもり20g

平均 7.85秒

おもり20g 水でゆでた麺

平均 22.55秒

(23回中20回が測定不能)



平均 21.83秒 おもり30g

灰汁でゆでたら麺が柔らかくなったことから、灰汁でゆでた 麺は水でゆでた麺と比べて早くゆであがったと考えられる このことから、灰汁が麺に対する水分の浸透と成分の変質 に影響を与えたのではないかと考えた

#### 実験3 安全性

新食品添加物表示の実務2017に沿った純度試験を行った ただし、重金属 ヒ素 塩化物の試験については特別な実 験器具が必要などの理由により行わなかった

#### 〈結果〉

水酸化アルカリの試験

試験後の液が赤色を呈したことから、安全性に問題があるとい うことが分かった。

#### ケイ酸塩の試験

有色の沈殿が生じたことから、安全性に 問題があるということが分かった。

#### まとめと考察

木質バイオマス灰に含まれる塩はカリウム及び炭酸イオン、水 酸化物イオンではないかと考えられ、機能だけ見ると製麺の際 アルカリ剤として麺に含まれるフラボノイドを発色させる働き を持つ可能性が示された。しかし、安全性の問題を克服しない 限り食品への利用は難しいということが分かった。

#### 今後の展望

- 実験の精度向上
- •麺を上から押したとき切れる力の測定
- ・実験中に出てきた灰汁結晶の成分特定

#### 参考文献

木質バイオマス燃焼灰の林地還元に向けた基礎知見―カラマツペ レット燃焼灰を用いた検討ー 九大演報 年生スギ林及びヒノキ林の養分含有量 農林省林業試験場 沖縄における木灰ソバの製造と品質に関する調査研究 琉球大学 沖縄そば専用かん水(アク汁)の開発 琉球大学

### 光と熱を用いた

## ショウジョウバエにおける危機回避の学習



甲本雄大 今井瑶 伊藤麻妃 小林夏子 白井心大 廣幡千総 指導者:國定義憲

#### 研究目的 光と熱を用いてショウジョウバエに学習を成立させ、行動を観測する

#### 研究背景 Τ



内部にコイルを巻いた試験管 に微弱な電流を流し、コイル 上のショウジョウバエに ショックを与える。この時同 時に匂い刺激を与えることで、 匂いと危険な刺激を条件付け て学習し逃げるようになる。

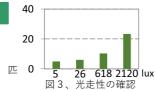
#### 今回の方法



ショウジョウバエは光に集まる 習性を持つ。匂いの代わりに光 を用いて学習させた場合、光か ら逃げるようになるのか興味を 持ち実験を行った。また、より 簡便な方法で刺激を与えること を考え、今回は熱を用いた。

#### 危機回避学習の成立を確認する Π

#### 予備実験



ショウジョウバエ約50匹を用いて光走性を確認する実験を行った。 グラフのように照度が高くなるにつれてショウジョウバエが多く集まることを 確認したこの結果をもとに以下の二つの実験を行った。

#### 実験1

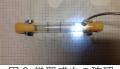
### 操作1



- ① 熱と光を30秒間同時に与える
- ②,暗室で30秒間放置する
- ③,1と2の操作を3回繰り返す

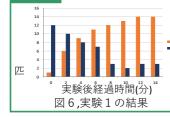
図4,実験1の様子

操作2



写真のようにアクリルパイプ に光を当て、ショウジョウバ エがどの程度集まるか測定し た

図6.学習成立の確認



学習実験後0~2分は光に よらないショウジョウバエ が多く確認できるが、時間 が経過するごとに光に集ま るようになった

#### 実験2

## 操作1

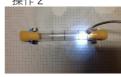


②,暗室で30秒間放置する

①,熱を30秒間与える

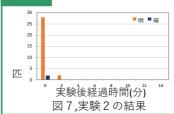
③,1と2の操作を3回繰り返す

図5,実験2の様子 操作2



写真のようにアクリルパイプに 光を当て、ショウジョウバエが どの程度集まるか測定した

図 6,学習成立の確認



熱されたアクリルパイプに 一気に集まったためショウ ジョウバエは全滅してし まったが、熱があっても光 に集まることが分かった

#### 結論 Ш

二つの実験を比較すると、学習した時としていないときで光に集まるショウジョウバエの数に大きな差が出たこ とがわかる。このことから、ショウジョウバエは熱と光を条件付けて学習し、光に近寄らなくなったことがわか る。よってこの方法はショウジョウバエを用いて学習実験を行う上で有用な方法になりうると考えた。

#### ₩ 参考文献

東京都医学総合研究所

「学習記憶とその障害の分子機構の解明プロジェクト」http://www.igakuken.or.jp/memory/ 「ハエだって聞きなれた歌が好き|

http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload images/20180320 sci 1.pdf

# ゼブラフィッシュが赤色光に集まる理由 ~ "慣れ"による変化から考える~

岡山県立津山高等学校 2年6組 杉山亜弥 大西理栄 河本ゆり子 近藤愛 指導者 小西明雄

#### 研究目的

ドクターフィッシュは自らより体がはるかに大きい人間にも、積極的に 接触する。危害を与えられる不安感は無いのだろうか。私たちは魚類 の不安感について興味を持ち、既に不安感に関する先行研究がある ゼブラフィッシュを用いて、不安感の変化に関する研究をした。

#### 研究仮説

#### 研究背景

津山高校の先行研究より、 ゼブラフィッシュは特定条件下で、 長波長のため直進しやすい 赤色光に集まる ことが知られている。 集 まったで (EE) 400 400 200 100 0 条 辞 育 不明

9 9

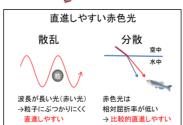
水槽移動時に網で追い掛け回された ゼブラフィッシュは、不安感を もつことが報告されている。



直進しやすい赤色光の下では遠くまで正確に見渡すことが出来る。



不安感から周囲を把握しようとして 周囲を見渡しやすい 赤色光に集まるのでは?



"魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察"によると 「不安感による行動は"慣れ"によって変化する」

研究 仮説

ゼブラフィッシュが赤色光に集まる行動も 不安感によるものであれば "慣れ"によって変化するのでは?

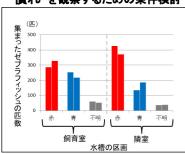
#### 実験方法



- ① 健康なゼブラフィッシュを30 匹選抜。 そのうち20匹をランダムに網ですくい 明暗差がでないように分散したLED照明で 下から照らした水槽に入れる。
- ② 一分間隔で30枚写真を撮影する。
- ③ 写真を用いてそれぞれの色に集まった魚の個体数を測定し、写真30枚分を合計してグラフにまとめる。

#### 実験1 結果と考察

#### "慣れ"を観察するための条件検討



普段からゼブラフィッシュを飼育 している飼育室と、飼育室の隣の 部屋の隣室で実験を行った。

飼育室よりも隣室の方が 赤色光に集まる傾向が見られた。



"場所への慣れ"によって実験結果に差が生じたのではないか?

\* 不明とは、赤と青の境界線上にいたゼブラフィッシュの匹数を示す。

#### 実験2 結果と考察

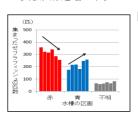
条件検討を踏まえて, 実験条件をそろえる。



変数を部屋だけに固定

統計解析ができるように 大験回数を増やす。

\_\_\_\_\_\_\_\_2回から6回に

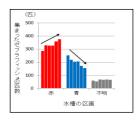


#### 隣室 結果

赤色光に集まらなくなった。

#### 考察

赤色光に集まらなくなったのは、実験回数を増やしたため"場所に対する慣れ"が生じ、 不安感が和らいだ結果なのではないか。



#### 飼育室

#### 結果

赤色光に集まるようになった。

#### 考察

慣れている部屋のため、ゼブラフィッシュの不安感は最初から少ない。なお且つ、いつもエサを貰っている部屋でもあるため、エサが貰えることを期待して、エサを見つけやすくなる赤色光に、ゼブラフィッシュは集まるようになったのではないか。

#### まとめ

赤色光に集まる行動において"場所への慣れ"と"実験への慣れ"を 観察できた。しかし、"慣れ"だけでは説明できない行動も観察された。



慣れた後は食欲など別の動機で行動しているのではないか?



"魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察"によると 「観察される行動の解釈には注意が必要」

「実験動物の<u>本来の行動・習性</u>を理解しつつ、それが反映されるように 人工的に制御された行動評価法を工夫するのが これからの方向性である」とされている。

これらの点に注意して研究を進めれば

赤色光を用いた不安感の研究方法を開発できるのではないか。

#### 今後の課題

「エサを見つけやすい赤色光に集まる」の証明 実験・隣室でもエサをやる。

エサをやる手段を変える。

・水深の浅い環境で生活し、発達した視覚で周囲を見渡しているゼブラフィッシュも、赤色光で飼育すればストレスが緩和されて、成長や再生が促進されるのではないかと期待している。

#### 参考文献

- ・ゼブラフィッシュの色に対する反応の基礎研究
- ゼブラフィッシュはなぜ赤色に集まるのか

津山高校 課題研究 2017,2018年度

- ・魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察 吉田将之 著-2011 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/28/4/28\_4\_317/\_article/char/ia/)
- ・メダカ・鮭の孵化・成長と光質の関係 茗溪

茗溪学園高等学校2年住谷伊織

- 魚の色覚はすごい! 川端裕人 (http://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/web/16/012700001/012800003/?P=4)

・ゼブラフィッシュのイラスト (http://togotv.dbcls.jp/ja/togopic.2011.61.html)

女の子のイラスト

(https://illust-imt.jp/archives/008083/)