

三重ジュニアドクターレポート

Report of Mie Jr. Doctor School

第4号



2023年3月

目 次

メダカはコーヒーで心臓がドキドキするのか？	東谷 直	1
より CO ₂ を吸収するのは？ —樹木編—	東谷 唯	3
パンが早く発酵する条件を見つける	菊池美歩	6
自然の防災施設、緑のダムについて ～湿地帯と降水量～	田中友翔	11
食物から作るストローで水は飲めるか	川嶋春輝	15
Python を用いたスイングパイ航法のシミュレーション	佐藤瑛斗	17
マスク焼けを防ぐには。	坂東陸佳	19
サワガニの個体間に関する研究	石倉成実	23
コンピュータで探るコラッツ予想	大谷航輝	27
中村川の流程に伴う水質の変化	前田千依里	29
モンティ・ホール問題に対するコンピュータシミュレーションによる検証		
—選択したドアは変更すべきか？—	近藤 光	32
焦電型赤外線センサー搭載アルコールディスペンサーを開発する	中村 永	35
土砂災害の被害を軽減するための考察	大須賀希子	37
日本の気象におけるハロ出現時の気象パターンの解析	織田悠輔	42
銀河の明るさ測定から宇宙の膨張速度を求める	下地崇貴	46
昆虫の飛ぶ仕組みを調べてみた	辻本憲史	49
Scratch を用いた音楽ゲームの作成	柴田琉花	52
ウミホタルは血の匂いを感じて餌を見つける	寺地優太	56
きなこの「硬さ」の研究 —粒度のばらつきを抑えると？—	町田明駿	61
ゼブラフィッシュの月齢や種類における行動変化について		
—ゼブラフィッシュの行動解析—	近藤 平	66

メダカはコーヒーで心臓がドキドキするのか？

東谷 直

三重大学教育学部附属小学校 6年

要旨

人はコーヒーなどカフェインを含むものを摂取すると心拍数が上がることがある。メダカの稚魚を使って、カフェインを与えたときの心拍数を測定し、カフェインの影響を調べた。カフェインを含むドリンクとして、コーヒーおよびエナジードリンク（2種）を用い、濃度を変えて稚魚に与えた。稚魚の平常時の心拍数は200回であるが、コーヒーやエナジードリンクにより約半分まで減少した。エナジードリンクでは10000倍希釈しても心拍数が減少した。メダカ稚魚の心拍数はカフェインにより減少するとともに、エナジードリンクにはカフェイン以外のものが心拍数に影響することが考えられる。

1. はじめに

人はコーヒーなどカフェインを含むものを摂取すると心拍数が上がることがある。どのくらいの量のカフェインが体に働きがあるか興味をもった。

私は魚の体のつくりと働きに興味があり、自由研究では魚の解剖を行い報告したことがある。ジュニアドクターの西村先生の講座でゼブラフィッシュの心拍数について調べたことから、生きた魚を使って調べたいと思った。

指導教員の後藤先生より、メダカは簡単に入手でき、メダカの心臓の観察には稚魚が適していることを学んだ。

そこで、コーヒーやカフェインを含むドリンクをメダカ稚魚に与え、心拍数がどのように変化するか調べた。

2. 材料と方法

(1) 実験動物と心臓の観察

三重大学教育学部の後藤先生のところで飼育されているメダカの稚魚（体長約8mm）を用いた。

(2) カフェインを含むドリンク

カフェインを含むドリンクとして、以下のものを用意した。

- ① コーヒー（カフェイン有）：サントリーポスカフェベース甘さ控えめ（カフェイン 180 mg/100ml）
- ② コーヒー（カフェイン無）：サントリーポスカフェベースカフェインレス
- ③ エナジードリンク：アサヒ飲料 モンスターエナジーM3（カフェイン 140 mg/100ml）
- ④ 強強打破：常磐薬品工業（カフェイン 300 mg/100ml）

これらのドリンクを10倍～10000倍に希釈して使用した。

(2) 心拍数の観察

メダカ稚魚を観察用スライドグラスに入れた。心拍数の観察・記録は、モバイル顕微鏡で行った。iPadのインカメラにミエル1ミリというモバイル顕微鏡を取り付け、スライドグラスを置いた。

メダカに稚魚をドリンクの入った液に入れてから5、10、15分後に観察をして、10秒間の動画撮影をした。これを再生して心拍数を求めた。実験には、ドリンクの各濃度について5個体の稚魚について測定した。

3. 結果

(1) コーヒーの作用

水に入っている平常時の場合の心拍数は約200回だった。カフェインを含むコーヒーに入れたところ、10分後には減少し、15分後にはさらに減少して10倍希釈では約120回になった（図1）。

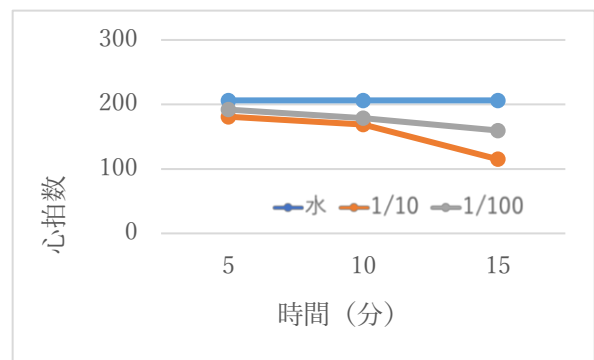


図1. コーヒーカフェイン有

しかし、カフェインを含まないコーヒーでは、水の場合と変わらなかった（図2）。

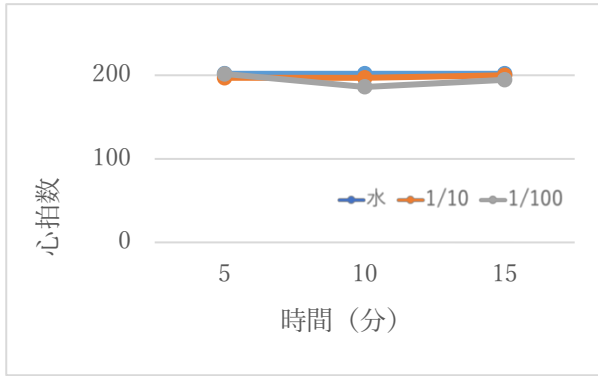


図2. コーヒーカフェイン無

(2) エナジードリンクの作用

モンスターエナジーM3では5分後に100倍希釈と10000倍希釈で約150回に減少した。100倍希釈では15分後には約120回になった。

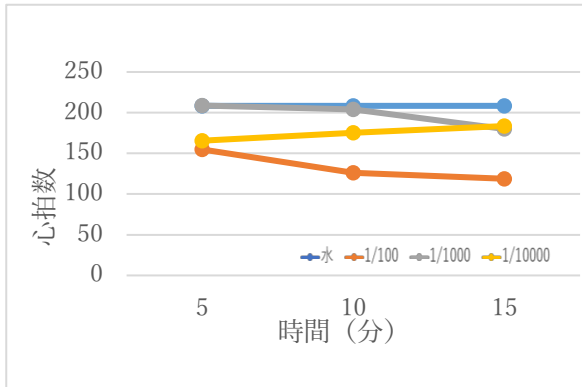


図3. モンスターエナジーM3

強強打破でも5分後に減少し、時間経過とともに減少した。1000倍希釈でも約150回になった。

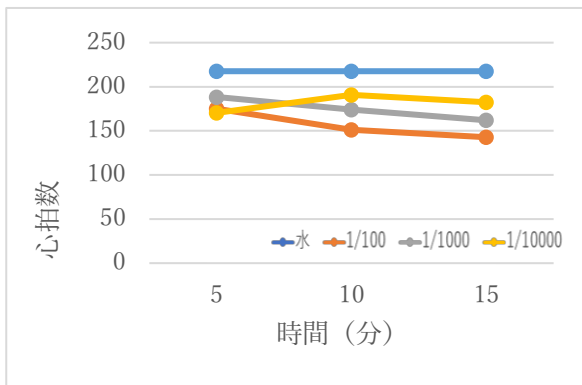


図4. 強強打破

4. 考察

メダカ稚魚の心拍数は、カフェイン入りのコーヒーによって徐々に減少し、10倍希釈では15分後には半分くらいまで減少した。カフェインを多く含むエナジードリンクのモンスターエナジーでは100倍希釈で15分後に半分くらいまで減少した。この結果から、メダカ稚魚ではカフェインにより心拍数が減少することがわかった。小型魚類であるゼブラフィッシュの仔魚でも心拍数がカフェインによって減少することが知られており、メダカでも同じことがわかった。

これらのドリンクに含まれているカフェインの量はほぼ同じだが、心拍数が約半分になったのはコーヒーで10倍希釈であるのに対して、モンスターエナジーでは100倍希釈であった。強強打破心では1000倍希釈でも拍数の減少がみられた。この結果から、エナジードリンクにはコーヒーに含まれていない成分によって心拍数の減少が起こっていることが考えられる。

今後は、メダカの成長過程でカフェインに対する影響がどのようになるか調べてみたい。

謝辞

実験のサポートをしてくださいましたメンターである大西雄大さんにお礼申し上げます。また、ご指導いただいた後藤先生にお礼申し上げます。

より CO₂を吸収するのは？

—樹木編—

東谷唯

三重大学教育学部附属中学校 1年

Yui Azumaya

要旨

樹木ごとの CO₂吸収量を比較するため、自宅の庭の3種類の樹木から葉を採取し、LED ライトを照射した後の CO₂量の変化を測定した。樹木によって葉の大きさや重量にばらつきがあるため、葉の表面積を葉の乾燥重量で割った値 (SLA) に基づき CO₂吸収量を比較した。

キーワード: 光合成, 樹木, CO₂, SLA

1. はじめに

CO₂をより吸収するのは、一年草などよりも樹木だと聞いて今度は樹木で調べてみようと思った。

目的は、家にある樹木(柚子・レモン・シマトネリコ)を対象として、どれが CO₂を一番吸収するのか調べる。

(3) 行動実験

採取した葉を室内にて容器に入れる。そして、2分間 LED ライトに当てた後、5分間 CO₂量の変化を測定する。次に、葉の面積を量り、押し葉にした葉が乾燥したら乾燥重量も量る。

2. 材料と方法

(1) 実験植物

- ・ 柚子
- ・ レモン
- ・ シマトネリコ



柚子



レモン



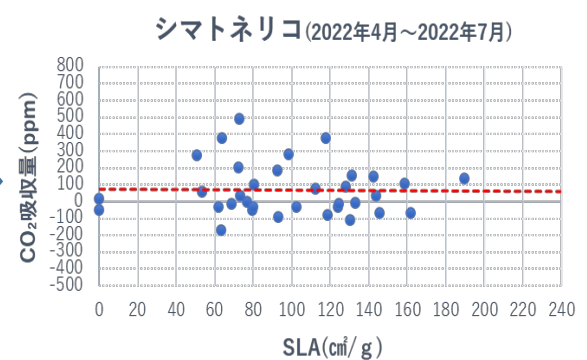
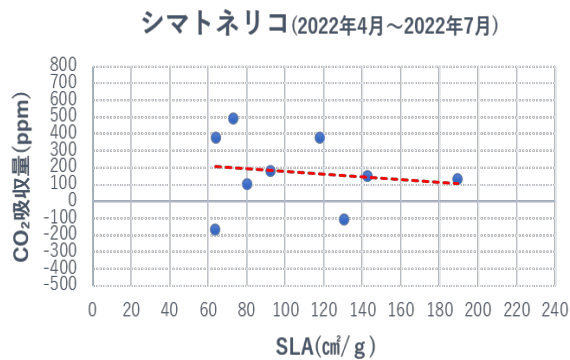
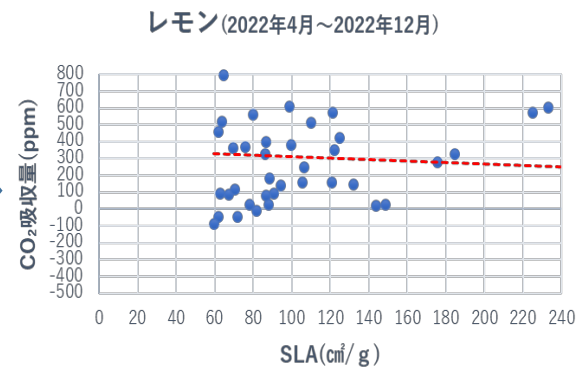
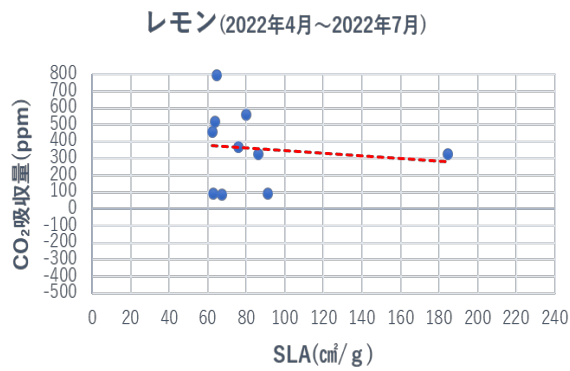
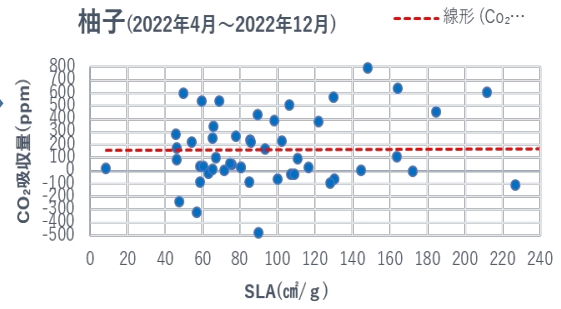
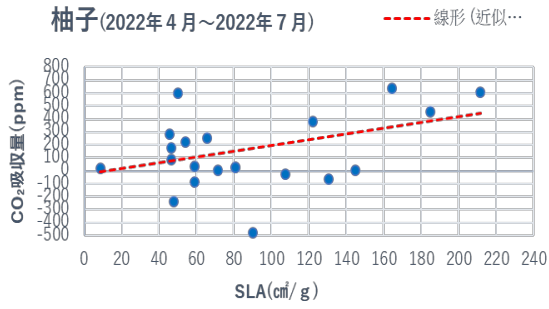
シマトネリコ

(2) 使用した道具

- ・ ワイヤレス CO₂センサ
- ・ SPARKvue (アプリ)
- ・ iPad
- ・ 容器
- ・ LED ライト(照度 4500 lx)



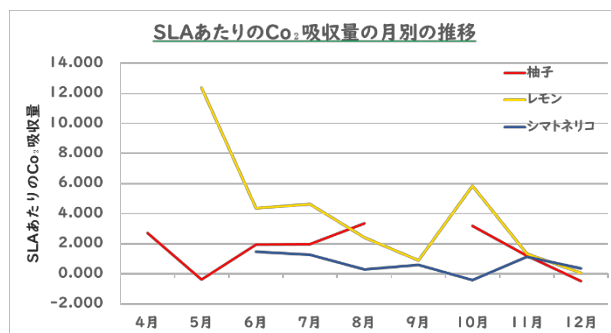
3. 結果



より CO₂を吸収するのは？

近似直線が右上がりのグラフになると予想したが、3種類とも中間報告会の時よりもグラフの近似曲線がやや右下がりになっていた。

理由を考えたところ、「季節(気温)によって変わるのではないか」と推測し、月別のSLAあたりのCO₂吸収量を比較してみた。



また、柚子・レモン・シマトネリコの特徴や生態について、まとめてみた。

柚子
・柑橘類のなかでは特に耐寒性が強く広い地域で栽培が可能。(近年では温暖化で広がっている)
・草丈/樹高 1.5m以上
・形態 中高木
・収穫期 9月上旬～12月下旬
・耐寒性 普通
・耐暑性 強い
・特性 常緑樹
適する自然的条件
年間平均気温 16℃以上
冬期の最低気温 -3℃以上

レモン
・柑橘類のなかでは耐寒性が弱い。
・栽培可能地域は温州ミカンの北限より少し南の地域。(近年では温暖化で広がっている)
・-3℃以下の低温には注意。
・周年開花の習性あり。(中心は5月中旬～下旬頃)
・草丈/樹高 2～4m
・形態 高木
・収穫期 10月～4月
・耐寒性 やや弱い
・耐暑性 強い
・特性 常緑樹
適する自然的条件
寒さに耐えられる温度帯 5℃～10℃

シマトネリコ
・トネリコ属では数少ない常緑樹
・草丈/樹高 10m
・形態 高木
・開花期 5月下旬～7月上旬
・耐寒性 やや弱い
・耐暑性 強い
・特性 常緑樹・日陰でも育つ
適する自然的条件
寒さに耐えられる温度帯 5℃～10℃

4. 考察

前回のグラフと今回のデータを比べると、今回のグラフの近似曲線の方が下がっていた。また、「SLAあたりのCO₂吸収量の月別の推移グラフ」より、樹木ごとの光合成の最盛期は次の通りと推測できる。

柚子⇒ 8～10月 収穫期9月上旬～12月下旬

レモン⇒ 5月 収穫期10月～4月

開花時期5月中旬～下旬頃

シマトネリコ⇒ 特定の月なし・年間を通して安定

開花時期 5月下旬～7月上旬

新葉と古葉のCO₂吸収量の違いを観察してきたが、新葉が取れない時期もあるため、年間を通しての比較はできないことが分かった。

研究の反省は、晴れの日に限定して実験を行っていたため、データが少なくなり、月別のグラフを作成したときに欠けた月があったことである。今後は、気象条件を限定せず測定し、データ数を増やすようにする。

参考文献

https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/fruits/f_link/at_tach/pdf/index-13.pdf

[Microsoft Word - 【最終版】R2 果樹農業振興計画 \(maff.go.jp\)](https://www.maff.go.jp/)

<https://www.ja-town.com/shop/g/g8603-126/>

[産地直送 通販 お取り寄せ JA いぶすき/トネリコ/7号: クミシヨクファーム | J Aタウン \(ja-town.com\)](https://www.ja-town.com/)

<https://www.shuminoengei.jp/>

[みんなの趣味の園芸 | 園芸、ガーデニングの情報サイト \(NHK 出版\) \(shuminoengei.jp\)](https://www.shuminoengei.jp/)

謝辞

研究のご指導をしてくださった平山先生にお礼申し上げます。

パンが早く発酵する条件を見つける

菊池美歩
大山田東小学校 6 学年
Miho Kikuchi

要旨

発酵とは、イーストが発生させる炭酸ガスを生地の中に閉じ込めて、膨らませることだ。私は、パンの美味しさを変えずに発酵を早くしてみたいと思い、この研究を行った。

この研究では、発酵の速さを調べる実験と美味しさを調べる実験を行った。様々な条件で実験を進めた結果、ドライイーストの量を増やすこと、砂糖の量を増やすこと、水の量を増やすこと、強力粉で作ること、グラニュー糖で作ることが発酵を早くする条件だと分かった。実際のパン作りでも取り入れていきたいと思う。

キーワード： 発酵、イースト、パン

1. はじめに

私は、よくパン作りをする。パン作りには、イーストによる発酵が関与している。具体的には、イーストは生地中の糖分を分解し、炭酸ガスを発生させる。また、小麦粉に含まれるタンパク質に、水を加え、こねることでグルテンが作られる。このグルテンが炭酸ガスを包み込み、生地を膨らませる。一般的には、生地が約2倍に膨らむまで発酵させる。生地を十分に膨らませることで、ふんわりとした食感にもつながる。この過程には30分から40分という長い時間がかかる。そこで、美味しさを変えずに、発酵時間を短くする方法を見つけたいと思い、この研究を進めた。

2. 検討条件と方法

(1) 方法

① 発酵の速さを調べる方法

強力粉 50g、ドライイースト 1g、グラニュー糖 1g、30℃の水 30g を用意して3分間手でこねた。次に、生地を10g ずつ量り、遠沈管に3本ずつ入れた。その後、30℃に保った水を張った発泡スチロールの箱に遠沈管を入れた。15分、30分、45分、60分ごとに各遠沈管の体積を測定し、生地が2倍になるまでの時間を求めた(写真1)。実験は2回ずつ行い、データの平均を求めた。



写真1 遠沈管による生地の体積の測定

② 酵母による炭酸ガス発生量の測定方法

ドライイーストの炭酸ガスの発生量を調べるためにアインホルン管道具を使い実験を行った(写真2)。ドライイースト、砂糖、30℃の水を30秒間混ぜ、アインホルン管に空気が入らないように気を付けながら、入れた。その後、30℃の水が入った容器にアインホルン管を入れ20分後に、記録をとった。



写真2 アインホルン管による炭酸ガスの測定

③ おいしさの評価

強力粉 50g、ドライイースト 1g、グラニュー糖 1g、30℃の水 30g をこねた生地を用意した。この生地を40g 量り、35℃の環境で30分間発酵させた。その後、180℃のオーブンで15分間焼成させた。焼いたパン全体と断面の写真を撮り、膨らみを確認した。

また、実験6のみ、菜種法でパンの膨らみ具合を測定した。菜種法とは、パンなどに利用される体積測定方法の一つである。パンの場合、液体の中に沈めることができないので、液体を菜種に置き換えて行う。実験方法は、パンが丸ごと入る容器を用意し、菜種を容器一杯にいれて、すり切る。次にこの菜種を一旦そとに出して、パンを入れ、もう一度上から菜種をいれ、すり切る。容器からはみ出した菜種の体積を測る。これでパンの体積(膨らみ具合)を調べることができる。この実験では、菜種を米粒に置き換えて行った。

最後に焼いたパンを試食し、断面・甘さ・硬さ・香ばしさ・生地の味の5つの項目について評価した。こ

の5つの項目は私自身や家族、インターネットの意見を参考に決めた。各項目の評価を、1から5の数字で表した(表1)。なお、数字が高いほど、評価が高いわけではない。

表1 おいしさの評価

項目	1	5
断面	気泡が均一ではない	気泡が均一
甘さ	甘味がない	甘い
香ばしさ	香ばしさがない	香ばしい
硬さ	やわらかい	硬い
生地の味	味がよくない	味が良い

(2) 検討条件

この研究では、条件を変えた5つの実験を行った(表2)。

表2 検討条件

実験番号	小麦粉		DY*	砂糖		水
	種類	分量		種類	分量	
基本	強力粉	50g	1g	グラニュー糖	1g	30g
1	強力粉	50g	2g	グラニュー糖	1g	30g
2	強力粉	50g	1g	グラニュー糖	2g	30g
3	強力粉	50g	1g	グラニュー糖	1g	36g
4	薄力粉	50g	1g	グラニュー糖	1g	30g
5	強力粉	50g	1g	上白糖	1g	30g
	強力粉	50g	1g	三温糖	1g	30g

*DY: ドライイーストの略

実験1ではドライイーストの量を変えた。具体的には、ドライイースト1gと2gを比較した。

実験2では、砂糖の量を変えた。具体的には1gと2gを比較した。

実験3では、水の量を変えた。具体的には30gと36gを比較した。36gに設定した理由は、生地をこねることができる、限界の量を調べたところ、36g以上は、水分が多すぎてまとめることができなかったからだ。

実験4では、小麦粉の種類を変えた。具体的には強力粉と薄力粉を比較した。なお、強力粉と薄力粉の違いはタンパク質の量で、強力粉のほうにタンパク質が多く含まれる。

実験5では砂糖の種類を変えた。具体的には、グラ

ニュー糖、上白糖、三温糖の三種類を比較した。グラニュー糖とは細かい粒上に結晶された精製糖の一種。糖度は99.9%でとても高い。上白糖は、水分と転化糖をそれぞれ約1%含む砂糖。糖度は97.9%。三温糖は液糖をさらに煮詰め結晶として取り出した砂糖。糖度は、97.4%でこの中で最も低い。

最後に実験1から5から得られた最適条件と基本条件の比較を行った(実験6)。

3. 結果と考察

(1) ドライイーストの量の影響

実験1ではドライイーストの量を変えて、1gと2g

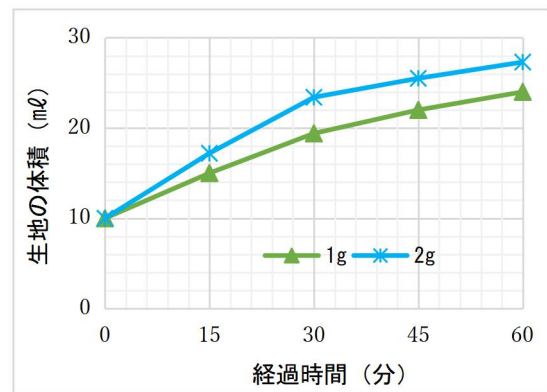
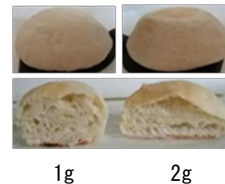


図1 ドライイーストの量の違いによる発酵の速さの比較

で比較した。その結果、ドライイーストが1gの生地は2倍に発酵するまで27分かかり、2gの生地は18分かかった(図1)。

このような結果から、ドライイーストが増えた分、炭酸ガスの発生量も増えて、発酵が早くなったと考えられる。この仮説が正しいか調べるため、検証実験としてアインホルン管を使って炭酸ガスの発生量を測定した。その結果、1gのものは、20分間で2.8ml炭酸ガスを発生し、2gのものは、16.5ml発生した。2gのほうが炭酸ガスの発生量が多いことから、この仮説は正し



1g 2g

写真3 焼成後のパンの写真

いといえる。また、炭酸ガスの発生量と生地の膨らみは比例しないことが分かった。なお、断面を比較すると1gの生地の方がきれいだった(写真3)。

美味しさの評価を図2に示す。試食の結果2gの生地

はイースト臭が強かったことも分かった。



図2 ドライイーストの量の違いによる美味しさの比較

(2) 砂糖の量の影響

実験2では、砂糖の量を変えて1gと2gで比較した。その結果、砂糖が1gの生地は2倍に発酵するまで30分かかり、2gの生地は24分かかった(図3)。

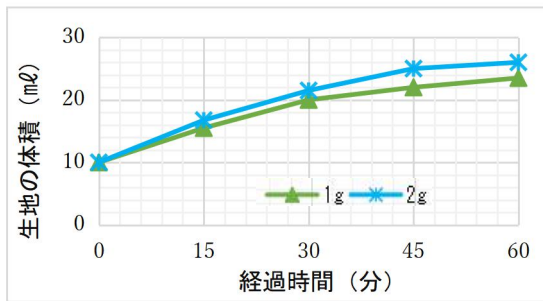


図3 砂糖の量の違いによる発酵の速さの比較

おいしさについて、図4にしめす。砂糖が2gの生地のほうが、甘かった。断面は1gの生地のほうが、よかった(写真4)。



図4 砂糖の量の違いによる美味しさの比較

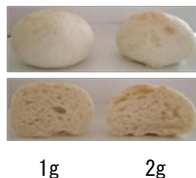


写真4 焼成後のパンの写真

また、追加実験としてさらに砂糖の量を増やし、(1g、2g、3g、4g、5g) 発酵の速さを比べた。その結果、砂糖が2g、3gの生地は早く発酵した。しかし、砂糖が

4g、5gの生地は、発酵がおそかった。このような結果から、砂糖の量を増やしすぎると、イーストの働きを抑えてしまうと考えられる。

(3) 水の量の影響

実験3では、水の量を変えて、水30gと36gで比較した。その結果、水の量が30gの生地は、2倍に発酵するまで36分かかり、水の量が36gの生地は27分かかった(図5)。これは、水が多いほど、グルテンの膜が強くなり、炭酸ガスが抜けにくく、発酵が早くなったのではないかと考えた。

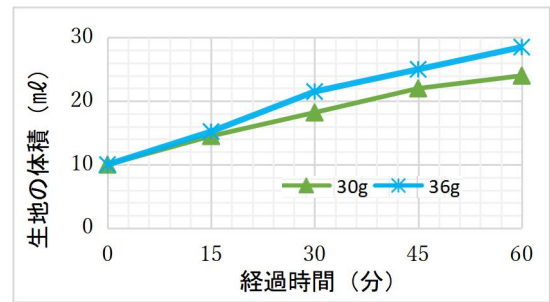


図5 水の量の違いによる発酵の速さの比較

おいしさの評価を図6にしめす。水30gの方が、生地がやわらかく、香ばしかった。断面は、水30gと36gに変化はみられなかった(写真5)。

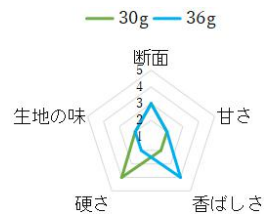


図6 水の量の違いによる美味しさの比較

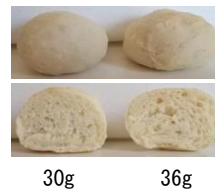


写真5 焼成後のパンの写真

(4) 小麦粉の種類の影響

実験4では小麦粉の種類を変えて、強力粉と薄力粉で比較した。その結果、強力粉で作った生地は、2倍に発酵するまで33分かかり、薄力粉で作った生地は、39分かかった(図7)。

強力粉の方がタンパク質の量が多いので、グルテンが多く作られ、炭酸ガスが抜けにくく発酵が速かったのではないかとと思われる。

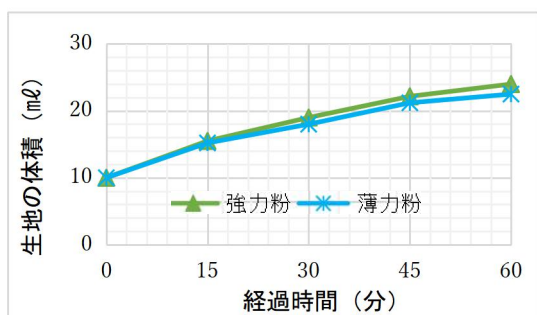


図7 小麦粉の種類の違いによる発酵の速さの比較

おいしさについては、図8にします。薄力粉のほうが、生地がやわらかく、香ばしかった。断面に変化はみられなかった（写真6）。



図8 小麦粉の種類の違いによる美味しさの比較



強力粉 薄力粉

写真6 焼成後のパンの写真

(5) 砂糖の種類の影響

実験5では、砂糖の種類を変えてグラニュー糖、上白糖、三温糖の3種類を比較した。その結果、グラニュー糖を使った生地は、2倍に発酵するまで、30分、上白糖の生地は36分、三温糖の生地は39分かかった（図9）。グラニュー糖はイーストが餌とする、ショ糖が含まれている割合が、最も高いので、早く発酵したのではないかと考えた。

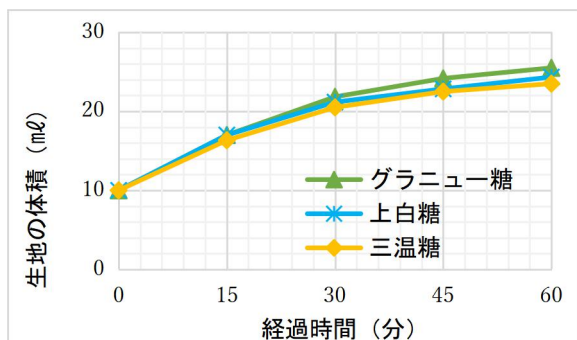


図9 砂糖の種類の違いによる発酵の速さの比較

また、追加実験としてアインホルン管を使い炭酸ガスの発生量を測定した。その結果、グラニュー糖のものは、20分間で3.8ml、上白糖は、2.6ml、三温糖は、2.2ml炭酸ガスを発生した。このような結果から、発酵の速さを調べた実験の結果は、正しいとえる。

おいしさについては、図10にします。上白糖の生地が最も甘かったことが分かった。また、上白糖と三温糖は香ばしさが強かったこともわかった。断面に変化はみられなかった（写真7）。

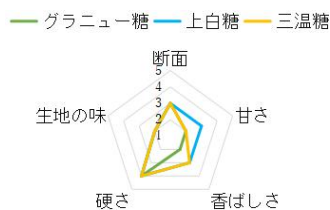


図10 砂糖の種類の違いによる美味しさの比較



グラニュー糖 上白糖 三温糖

写真7 焼成後のパンの写真

(6) 基本条件と最適条件の比較

最後に実験6として、基本条件と実験1から5から得られた最適条件を比較した。条件は、強力粉50g、ドライイースト1.5g、グラニュー糖2g、水36gだ。ドライイーストの量を2gではなく、1.5gにした理由は、実験1の結果から、ドライイーストを2gにすると発酵は早くなるが、匂いや断面の点で、問題があると分かったからだ。なので、1gと2gの間をとって1.5gとした。実験を行った結果、基本条件の生地は、2倍に発酵するまで30分かかり、最適条件を組み合わせた条件は、2倍に発酵するまで12分かかった（図11）。

追加実験として、生地の体積を測る菜種法実験を行っ

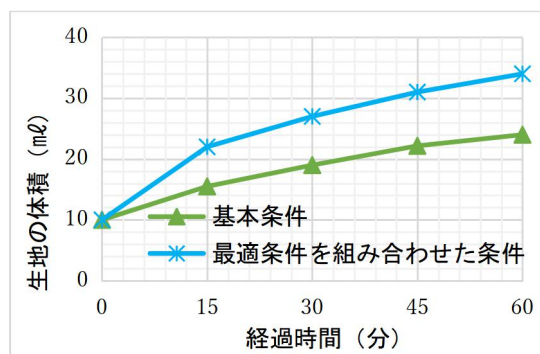


図11 基本条件と最適条件を組み合わせた条件の発酵の速さの比較

た。その結果、基本条件の生地は120.8 cm³、最適条件を組み合わせた条件は、129.2 cm³だと分かった。このような結果から、最適条件を組み合わせた条件のほうが、実際に生地を焼いたとき、生地がよく膨らむことが分かった。

おいしさについては、図12に示す。最適条件を組み合わせた条件のほうが、全体的に評価がよかった。具体的には、香ばしさが強く、基本条件より断面がきれいだった(写真8)。また、最適条件を組み合わせた条件のほうが、甘く、生地がやわらかかった。

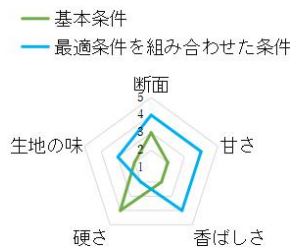


図12 基本条件と最適条件を組み合わせた条件の美味しさの比較



基本条件 最適条件

写真8 発酵後の生地の写真と焼成後のパンの写真

4. まとめ

以上の結果をまとめると、発酵を早くする条件は、イーストの量を増やすこと。砂糖の量を増やすこと。しかし、増やしすぎではいけない。水の量を多くすること。強力粉を使うこと。グラニュー糖を使うことである。

パンを香ばしくするには、水の量を増やすことと、薄力粉を使うことがよいと分かった。またやわらかいパンにしたい場合も、水の量を増やすことと、薄力粉を使うことがよいと分かった。甘いパンにするには、砂糖の量を増やすことと、上白糖を使うことがよいと分かった。

5. おわりに

最初の目的ある、一時発酵時間を短縮する条件を求めることができた。この研究でわかったことを実際のパン作りにも取り入れていきたいと思う。

参考文献

- ・小麦粉と薄力粉の違いとは？種類や特徴を解説
<https://delishkitchen.tv/articles/86>
- ・パンの発酵の仕組みと、発酵を左右する要因【わかりやすく図解】元パン屋のばんぶろぐ
<https://breadandsomething.com/fermentation-overview/>
- ・グラニュー糖 - Wikipedia
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B0%E3%83%A9%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%83%BC%E7%B3%96>
- ・上白糖 - Wikipedia
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%8A%E7%99%BD%E7%B3%96>
- ・三温糖 - Wikipedia
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%89%E6%B8%A9%E7%B3%96>
- ・パンの一次発酵ってなに？どんな状態になればよいの？ | 富澤商店 Column
<https://tomiz.com/column/cooking-faq/206/#:~:text=%E4%B8%80%E6%AC%A1%E7%99%BA%E9%85%B5%E3%81%AF%E7%94%9F%E5%9C%B0%E3%82%92,%E3%81%B5%E3%81%8F%E3%82%89%E3%81%BE%E3%81%9B%E3%82%8B%E3%81%AE%E3%81%8C%E7%9B%AE%E7%9A%84%E3%81%A7%E3%81%99%E3%80%82>
- ・お砂糖の種類 | お砂糖を知る | SUGAR LAB / シュガーラボ
<https://www.nissin-sugar.co.jp/sugarlab/know/01/>

自然の防災施設、緑のダムについて

～湿地帯と降水量～

田中 友翔
津市立南立誠小学校 学年6年

Yuto Tanaka

要旨

僕は緑のダムについて調べるために、三重県鈴鹿市にある鈴鹿青少年の森の湿地帯に行った。
その地下水位と降水量を調べ、浅い箇所と深い箇所に水を通過させない層があることが分かった。

キーワード:湿地、森林 緑のダム

1. はじめに

僕は何でも決められない性格だ。なので、調べたいことも、なかなか決められない。生物、気象、自然、環境問題、緑のダム。緑のダム？緑のダムは考えたら候補だった、ほぼ全ての項目と関わっていた。

森林は、様々な働きを持っている。空気をきれいにしたり、人に癒しを与えたり。

中でも僕が驚いたのは、ダム働きだ。水まで溜められるなんて、もはや森林は防災の域にまで達している。

三重県鈴鹿市鈴鹿青少年の森には、貴重な湿地帯（右上写真2枚）がある。そこにはシラタマホシクサや、サギソウ（右下写真・下写真）など、絶滅の危機に瀕している希少植物が、多数生息している。

今回は、この湿地帯の地中の水位と、降水量の関係を調べてみようと思う。



鈴鹿青少年の森 湿地帯の様子



鈴鹿青少年の森 湿地帯の様子



サギソウ 2022/8/5



サギソウ 2022/8/5

2. 材料と方法

いくつかの地点で写真のように観測井戸を掘り、その中に水位を計測するデータロガーを入れる。井戸はそれぞれ場所・深さが違い、そこから一番近い亀山観測所の降水量のデータと水位の関係を調べた。

それぞれの地点の井戸の深さは表1の通りだ。



観測井戸の様子

このように、2つの井戸が近くにあることもある。この場合、1a・1bようになる。

各地点はこのような場所だ。

2a 地点 林の入り口



2b 地点 林の入り口 (2a と 2b は隣)



データロガー

3 地点 林の中



落葉から常緑広葉樹へと移っており、落葉樹ではハゼノキなど、常緑樹ではカラカシ、カクレミノ、クロバイなどが混ざっている。

表1: 井戸の探掘の深さ

調査地点	2 - a	2 - b	3
井戸の深さ (cm)	75	140	145

※本当は全部で9地点あるが、結果がきれいに出た3地点を使用

3. 結果

2a 地点は降雨量に対して変動している。また、深さ 75 cmのうち、最終的に地下水位が約 30 cmなため、地上から 45 cmのところ水面があると言える。

2b 地点は上昇した後一定の水位を保っている。また、140 cmのうち最終的に地下水位も約 140 cmなため、ほぼ地面の高さまで水位が上がっている。

3 地点は地下水位が上昇し続けている。

図1：2 a 地点の降水量と地下水位

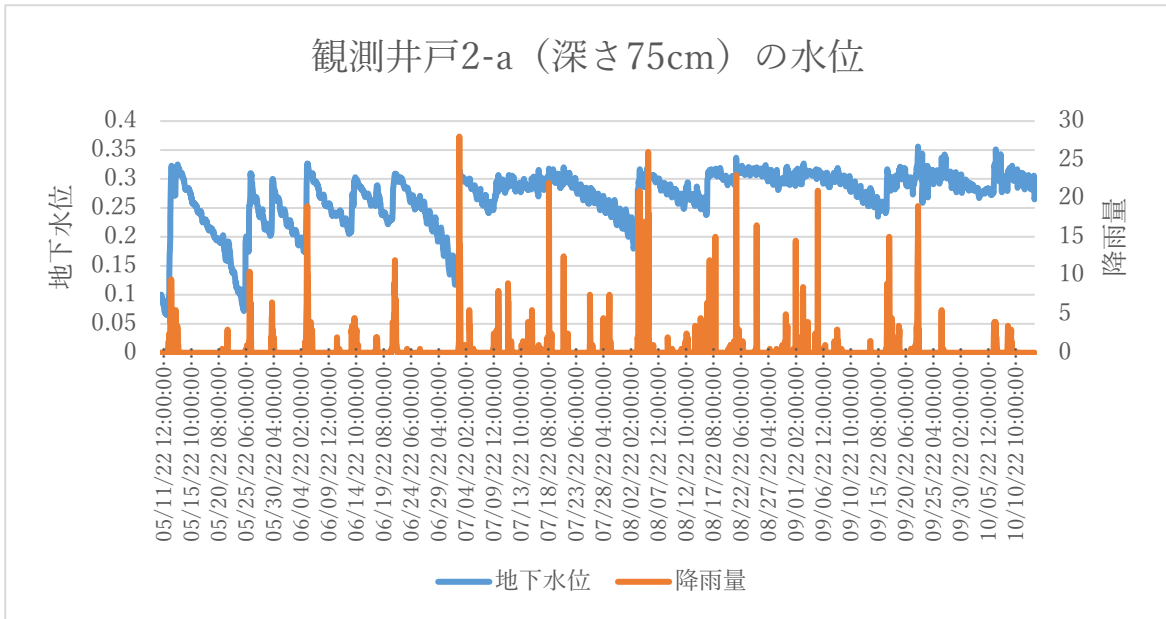


図2：2 b 地点の降水量と地下水位

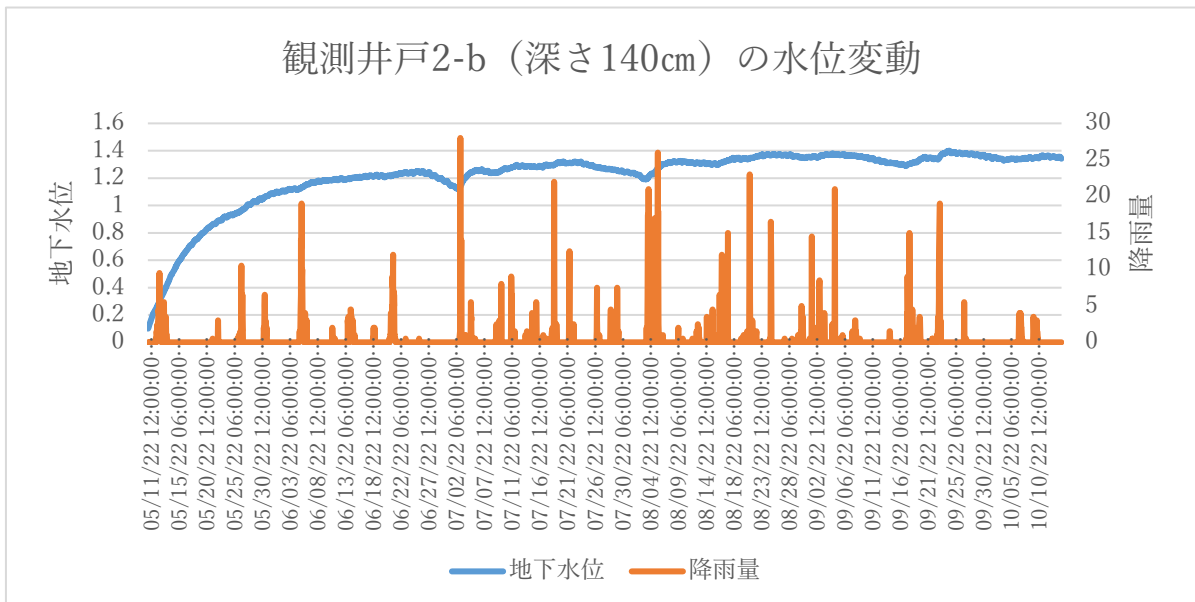
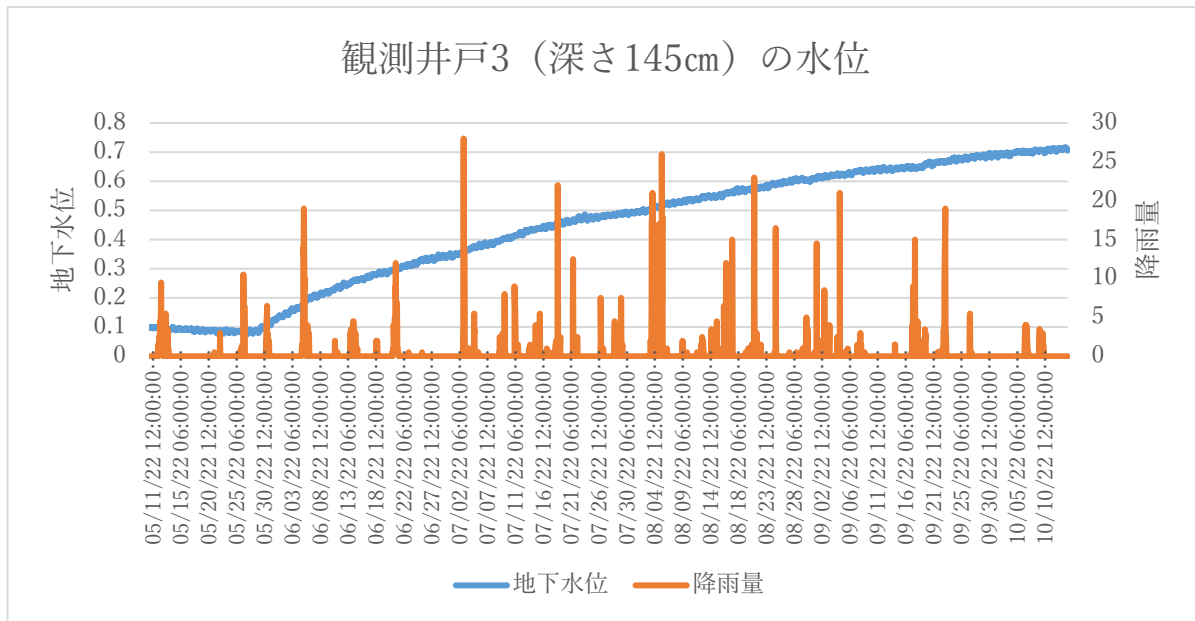


図3：3地点の降水量と地下水位



4. 考察

浅い井戸のほうが降水量の影響をすぐに受けていた。深いほうの井戸はほぼ降水量と無関係といえるが、日々増えていることは事実だ。

地下の浅い箇所と深い箇所では、水の流れが異なっており、浅い井戸と深い井戸の間に水を通過させない粘土層（難透水層）があると考えられる。

深く掘った井戸の方が浅く掘った井戸よりも水面が高いところにきている。一般的に粘土層の下では、地下水に強い圧力が加わっていることが多く、（この水を被圧水と呼ぶ）粘土層よりも下まで掘った井戸では圧力のかかった水が押し上げられて高い位置まで上がってきているのではないか。

この研究を通じて、地下水と言っても単純に一つにまとめられるものではなく、雨に対応する流れや、対応しない流れがあり、地下水の流れは複雑だということが分かった。だからこそ私たちは自然が持っている水の流れのことをさらに詳しく調べていかなくてはならない。

謝辞

本研究を進めるにあたりご指導いただいた、三重大学教育学部平山大輔先生に心より感謝申し上げます。また、このような他にないとても貴重な機会を与えてくださったジュニアドクター育成塾の後藤太一郎先生をはじめ、ご協力いただいた先生方に心より感謝いたします。

食物から作るストローで水は飲めるか

川嶋春輝

三重大学教育学部附属中学校 2年

1. はじめに

私は一年生の自由研究で身近にある海洋マイクロプラスチック問題について調査をし、解決策としてプラスチックの代用品であるカゼインプラスチックを作った。カゼインプラスチックを作って、他にもプラスチックの代用品に触れてみたいと思った。

今回の研究では世界で問題になっているプラスチックごみの問題に着目して、石油由来のプラスチックを使わずに作ることでできる環境にやさしいストローを作ってみることにした。素材は寒天にした。

2. 材料と方法

粉末寒天 3g 水 200 mL←資料に書いてあった割合

今回必要な量 シャーレ8個分の約220g
＝粉末寒天 4g 水 約265 mL 沸騰させてかき混ぜた

できた液体をシャーレに入れ固めた(厚さ5mm)
固まったら板の上にサランラップを敷きその上において外で乾燥させた

実験(1)

まずは寒天を作る。鍋に水と粉末寒天を入れ火にかける。沸騰するまで煮詰めたらシャーレに入れ固める。固まったものをまな板の上に乗せ外に出し乾燥させたあと丸めてストローにする。

結果(1)

実際にストローはできた。しかし飲み物を飲むと柔らかくなってしまい形が崩れてしまった。

実験(2)

形が崩れるのを防ぐために形を戻りにくくする性質があるでんぷんを入れていることにした。

今回の実験では手に入りやすいコーンスターチを使用した。鍋に水、粉末寒天、コーンスターチを入れる以外は実験(1)と同じ手順だ。

コーンスターチの量が0.3g、0.6g、0.9g、1.2gと四種類の寒天を作った

結果(2)

形が崩れるのを防ぐためにコーンスターチ(でんぷん)を入れた。しっかり固くなって形はぐずれなくなったが、でんぷんが原因でカビが生えてしまった。

四種類の寒天の特徴は次の表のようになった。

澱粉の量	特徴
0.3g	そこまで変化なし
0.6g	まだ少しやわらかい
0.9g	一番固いものができた
1.2g	0.6gとほぼ同じ

実験(3)

カビが生えるのを防ぐため口に入っても安全かつ殺菌力のある酢を入れてみることにした。鍋に水、粉末寒天、コーンスターチ、酢を入れる以外は実験(1)と同じ手順だ。コーンスターチの量は一番結果がよかった0.9g、よく換気をして実験を行った。

結果(3)

酢を入れたことによりカビが生えずに乾燥させることができた。適量のコーンスターチ(0.9g)を入れたことにより形が崩れにくいしっかりとした素材ができた。

できた素材を使いストローを作ってみると非常に丈夫なものができた。前は形が崩れるのを防ぐため練った米粒を接着剤として使いストローを固めたが今回は何もつけずに固めることができた。実際に液体を飲んでも形は崩れなかった。

4. 考察

実際に寒天で作ったストローで飲料を飲むことができ、低コストで作成することが可能なため実用性はかなりあると思う。プラスチックより優っている点は洗って再度使用できるという点だと考える。しかし、作るのに時間がかかり量産が難しい点や、生物から作っているためいつかはカビが生えてしまう点がプラスチックより衰えている。

量産できるようにし、カビが生えないようにしたら海に浮かぶプラスチックストローは激減するだろう。この寒天プラスチックが世界に広まってほしい。

参考文献

寒天プラスチックの開発

水野日暖 古井真愛 奥村奈央 酒井悠妃

<https://school.gifu-net.ed.jp/enahs/ssh/H31ssh/sc2/21931.pdf>

Python を用いたスイングバイ航法のシミュレーション

佐藤瑛斗

鈴鹿市立鼓ヶ浦中学校 2年

Akito Sato

要旨

第一段階では、台車に乗せたブロックを天体、同じく台車に乗せた砂粒を探査機として、スイングバイ航法を再現しようとした。物体どうしの間にはたらく引力が小さいのでスイングバイ航法を再現することは難しいということが分かった。天体と探査機の運動をシミュレーションで再現し、スイングバイ航法について調べることにした。

キーワード: スイングバイ航法 シミュレーション Python

1. はじめに

私は幼稚園の頃から、プラネタリウムに通っており宇宙が大好きだ。2019年のはやぶさ2のプラネタリウムプログラムを見てからスイングバイ航法について興味を持った。

第一段階では、台車に乗せたブロックを天体、同じく台車に乗せた砂粒を探査機として、スイングバイ航法を再現しようとした。物体どうしの間にはたらく引力が小さいのでスイングバイ航法を再現することは難しいということが分かった。

第二段階では、天体と探査機の運動のシミュレーションプログラムを作成し、スイングバイ航法をコンピュータ内に再現した。

2. 研究について

(1) 研究方法

プログラミング言語 Python を用いて天体と探査機の運動のシミュレーションプログラムを作成した。Python は初心者でも文法が理解しやすくデータ解析やシミュレーションのための便利なパッケージが数多く用意されている。天体と探査機の運動方程式を解くプログラムを作成し、VPython パッケージを用いて計算結果を可視化した。

(2) 計算について

距離 r だけ離れた天体 (質量 M) と探査機 (質量 m) の間には、次の万有引力 F が働く。

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

ここで、 G は万有引力定数 ($6.647 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$) である。時刻 t における探査機の位置の x 座標と、 x 方向の運動量をそれぞれ $x(t)$ 、 $p_x(t)$ とし、次の式で次の時刻 $t+h$ (h は時間幅) の位置の x 座標と、 x 方向の運動量を計算する (F_x は x 方向に働く力)。

$$x(t+h) = x(t) + v_x h$$

$$p_x(t+h) = p_x(t) + F_x h$$

y 方向、 z 方向に関しても同様に計算した。今回は天体と探査機のパラメータの代わりに太陽と地球のパラメータを用いた ($M=2 \times 10^{30} \text{ kg}$, $m=6 \times 10^{24} \text{ kg}$)。また計算の際には $h=5 \times 10^4 \text{ s}$ という値を用いた。

3. 計算結果

図1にスイングバイの様子を示す。赤い矢印は、青い天体が黄色い天体から受ける万有引力の方向を表している。シミュレーションを実行してみると、万有引力によって青い天体が加速され、方向を変えた後遠くに離れていく様子が観測できた。

図2は青い天体の速さの時間変化を示している。徐々に速さが増加していき、ある時刻に急激に速さが増加していることがわかる。最初の速さに比べると、速さが100倍以上増加することが分かった。このことから青い天体は万有引力の作用で、スイングバイを行ったと考えることができる。

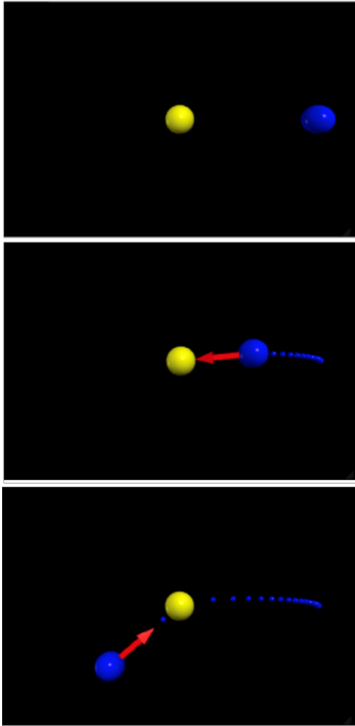


図1：スイングバイのシミュレーションの様子

三重大学附属中学校教頭（前鈴鹿市立鼓ヶ浦中学校教頭）津田智康先生および鼓ヶ浦中学校の諸先生方、研究に必要な統計学をご指導頂いた平山大輔先生、ジュニアドクター講義で様々なことを教えて頂いた阿部幸夫先生、そして、この研究を始めるきっかけを頂いた鈴鹿市文化会館元プラネタリウム指導員水谷潔先生、本当にありがとうございました。心より御礼申し上げます。

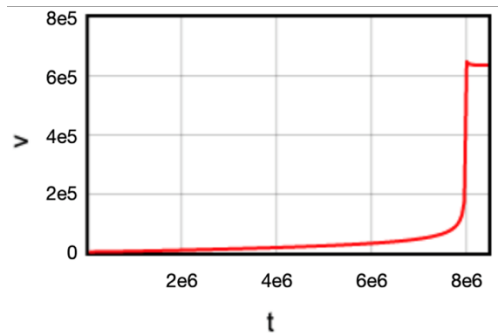


図2：探査機の速さの時間変化

4. まとめ

プログラミング言語 Python を用いて、天体と探査機の運動のシミュレーションプログラムを作成した。計算結果を見てスイングバイ航法を上手く再現できたと私は考えた。今後は今回作成したシミュレーションを用いて、スイングバイが実現できる条件を調べていきたい。

謝辞

最後に、今まで研究をご指導頂いた三重大学教育学部國仲寛人先生、第一段階で研究の基礎をご指導頂いた三重大学教育学部後藤太郎先生、研究の基礎となるスイングバイの自由研究の実験を支えてくださった

マスク焼けを防ぐには。

板東陸佳

四日市市立三重平中学校 第3学年

Rikuka Bando

要旨

最近、マスクを新型コロナウイルス感染症の影響でよくつけるようになった。そのため、マスクを着けていない部分のみ日焼けすること(マスク焼け)が多くなった。これを防ぐにはどのようにしたらいいのだろうか。本研究ではまず、1年の中では7月、1日の中では正午に、日光中の紫外線が最も大きくなることを確認した。日焼け止めのうち、トーンアップ用など化粧品としての要素がある日焼け止めは紫外線防止効果が低いことがわかった。以上の実験結果から、マスク焼けを防ぐには、夏場や日中はより注意して、マスクをしていない部分に日焼け止めを塗ること、また紫外線を防止するのに特化した日焼け止めを使用することが有効だとわかった。

キーワード:マスク焼け、紫外線量、日焼け止め、不織布マスク

1. はじめに

マスク焼けには紫外線が関係している。太陽光は波長により、「赤外線、可視光線、紫外線に分けることができる。紫外線の中でも波長の長い方から UV-A、

UV-B、UV-C と区別される。(図1、2参照)

これまでの実験から日焼け止めや不織布マスクは二校に含まれる紫外線の防止効果があり、その二つを併用することで、より紫外線を防ぐことができるとわかった。本研究では、各種日焼け止めの紫外線防止効果を比較することで、マスク焼けを防ぐための方法を提案することを目的とした。

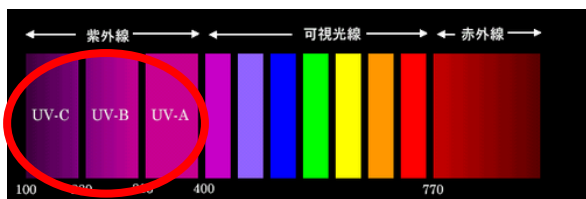


図1 光の波長と紫外線について

	波長(nm)	大気による吸収	生物に与える影響	日射に占める割合
UV-A	315~400	あまり受けない。	UV-Bより小さい。	数%
UV-B	280~315	大部分が吸収。	大きな影響。	0.1%

図2 UV-A と UV-B の特徴

2. 材料と方法

(1) 日光中の紫外線量に関する気象データ

気象庁のデータにて、2022年の津市の季節ごとのUVインデックス(紫外線が人体に及ぼす影響の度合いを指標化したもの)を調べた。また四日市市での一日の日光中の紫外線量について、紫外線強度計(TA415VB、株式会社イチネン TASCO)を用いて測定した。

(2) 不織布マスクと日焼け止めの紫外線防止効果

不織布マスク(W2208263293, イオン株式会社)と日焼け止め(スキンアクアスーパーモイストチャージェルゴールド、ロート製薬株式会社)を用いて、それぞれの紫外線防止効果を調べた。日焼け止めはプラ板に塗布して使用した。紫外線高原には2つの紫外線LED(UV-A:325nm、UV-B:278nm)を用いた。不織布マスク及び日焼け止めを透過した紫外線量を、紫外線強度計を用いて測定した。(図3)

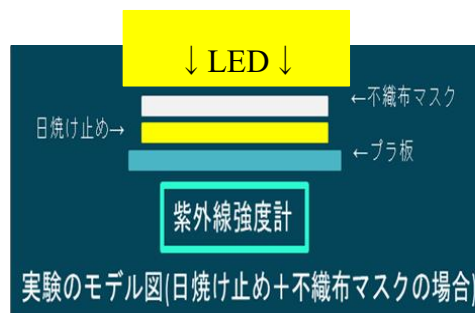


図3 不織布マスク及び日焼け止めを透過した紫外線の測定方法
紫外線LEDと紫外線強度計の距離は1.0cmまたは5.3cmで測定を行った。

(3) 各種日焼け止めの紫外線防止効果

8種類の日焼け止めを用意した(図4)。すべての日焼け止めはSPF50+、PA++++のものである。SPFとはUV-Bを防ぐ指標である。数字が大きいほど、UV-Bを防ぐ効果が大きく、最大が50+である。PAとはUV-Aを防ぐ効果の指標である。+の数が多いほどUV-Aを防ぐ効果が大きく、最大がPA++++である。各種日焼け止めの紫外線防止効果を図3で示す方法で評価した。プラ板に塗布する日焼け止めの量は約1.5mg±0.1mgとした。



- A: ロート製薬→スキンアクアスーパーモイスタージェルゴー
- B: 花王→ビオレUVアスリズムサンバンププロテクトミルク
- C: →ビオレUVアスリズムスキンプロテクトミルク
- D: →ビオレUVアクアリッチウォーターージェル
- E: →ビオレUVアクアリッチライトアップエッセンス
- F: →ビオレUVさらさらパーフェクトミルク
- G: →ビオレUVさらさらブライトミルク
- H: →ビオレUVさらさらフェイスミルク

図4 実験に用いた8種の日焼け止め
すべて SPF50+ と PA++++の日焼け止めを使用した。

3. 結果

気象庁のデータによると、2022年の津市では、7月のUVインデックスが6.5であり、最も日光中の紫外線量が多いことがわかった(図5)。また、四日市市にて1日の日光中の紫外線量を測定したところ、正午の紫外線量が3477であり、1日うちで最も大きくなることがわかった(図6)。

日焼け止めと不織布マスクは、日光中の紫外線の防止効果があることがわかった。日焼け止めまたは不織布マスクを使用しなかった場合の紫外線量を100%とすると、日焼け止めを使用した場合は約15%、不織布マスクを使用した場合は約20%であった。また、日焼け止めと不織布マスクを併用した場合、紫外線透過率は約3%であり、紫外線透過率がより低くなることがわかった。(図7)。

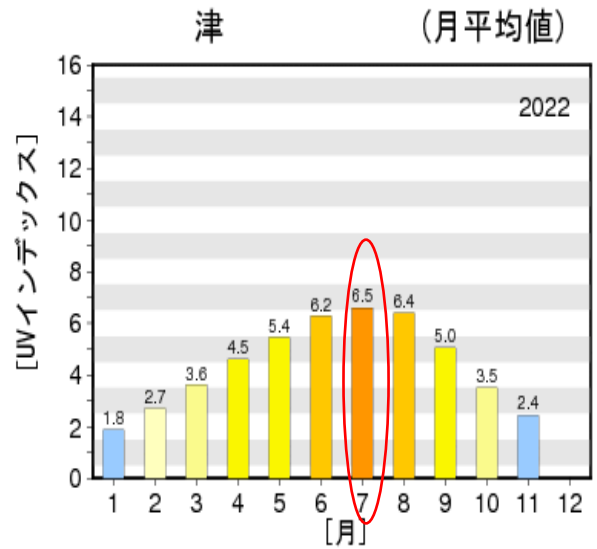


図5 季節ごとの紫外線量(津市:2022)

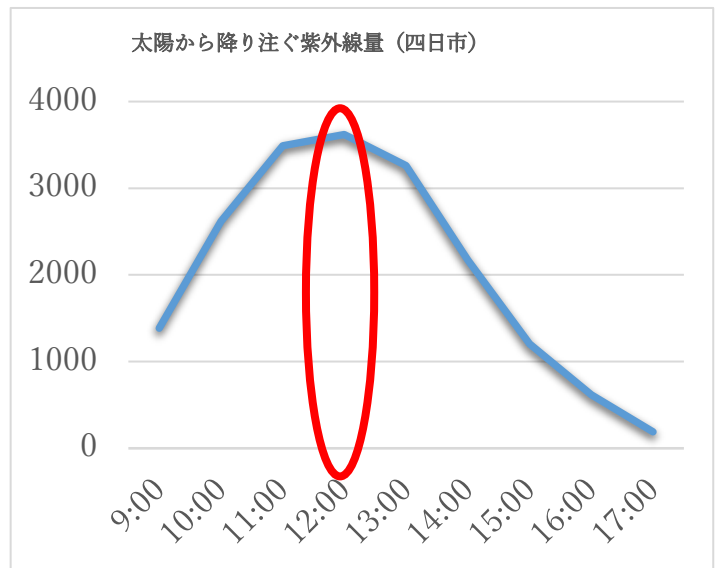


図6 一日の日光中の紫外線量の変化(四日市市:2022)
縦軸は1日の紫外線量(μW/cm²)を示す。

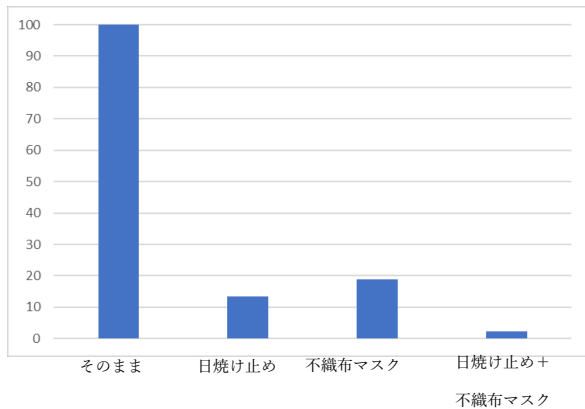


図7 日焼け止めと不織布マスクの日光中の紫外線の透過率
縦軸は紫外線透過率 (%) を示す。

つづいて、不織布マスクまたは日焼け止めを透過する UV-A 及び UV-B の量を評価した。紫外線 LED と紫外線強度計の距離を 5.3 cm とした場合、日焼け止めを透過する UV-A は 5.5%、不織布マスクを透過する UV-A は 15.3% だった。一方で、日焼け止め及び不織布マスクを透過する UV-B は検出できなかった (図 8)。紫外線 LED と紫外線強度計の距離を 1.0 cm とすると、日焼け止め及び不織布マスクを透過する UV-B を検出できた。日焼け止めを透過する UV-B は約 13%、不織布マスクを透過する UV-B は約 40% だった。以上の結果から、不織布マスクと比較して、日焼け止めの UV-A、UV-B の防止効果は高いことがわかった。また、UV-B の透過率は UV-A と比較して小さいことがわかった。

最後に多種の日焼け止めの紫外線防止効果の評価した。すべての日焼け止めは SPF50+、PA++++ のものを用いているにも関わらず (図 4)、紫外線透過率には違いがみられた。C、F、G、H の日焼け止めは、特に UV-A の透過率が大きかった (図 9)。A 以外の日焼け止めでは、UV-A の方が UV-B の透過率よりも大きかった。

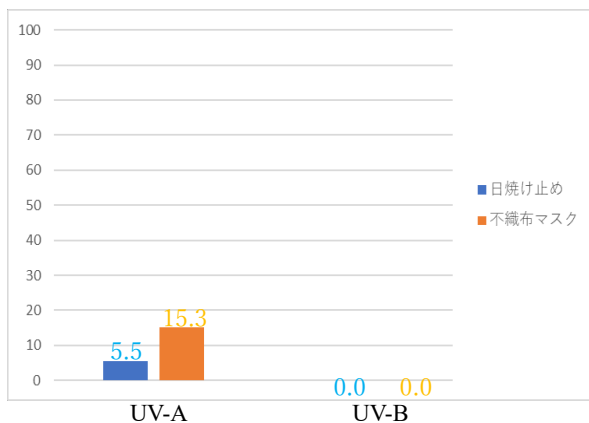


図8 日焼け止めと不織布マスクの UV-A、UV-B の透過率

左図に紫外線 LED と紫外線強度計の距離が 5.3 cm の場合の UV-A 及び UV-B の透過率を、右図に紫外線 LED と紫外線強度計の距離が 1.0 cm の場合の、UV-B の透過率を示す。縦軸は紫外線透過率 (%) を示す。

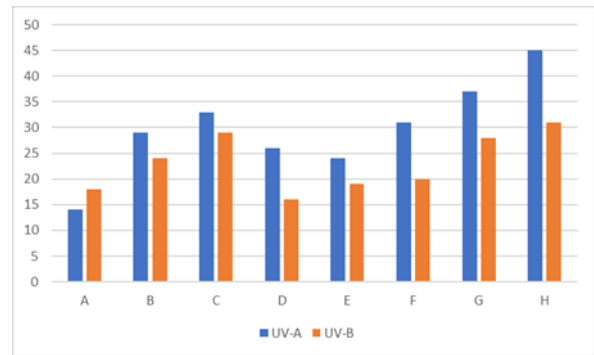


図9 各種日焼け止めの UV-A、UV-B の透過率
縦軸は紫外線透過率 (%) を示す。

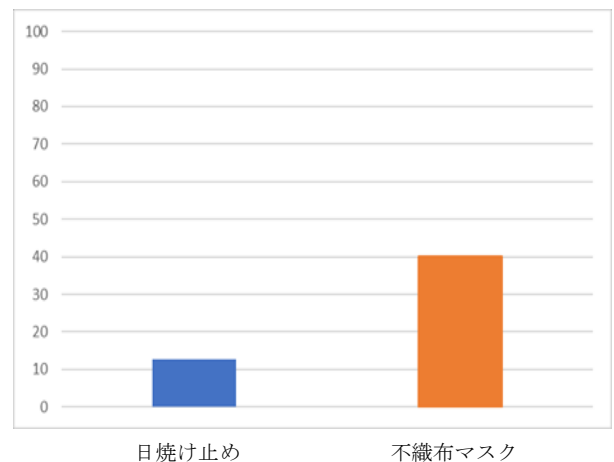
4. 考察

1 年の中では 7 月、1 日の中では正午に、日光中の紫外線が最も大きくなった (図 5、6)。そのため夏や昼に紫外線量は最も大きくなる。太陽の南中高度も夏や昼に最大となるため、紫外線量と関係あると考えられる。

日焼け止めや不織布マスクを用いることで紫外線透過量は減少したため (図 7)、日焼け止め不織布マスクには紫外線防止効果があると考えられる。また、日焼け止めと不織布マスクを併用したことで、より紫外線透過量は減少した。よって、日焼け止めと不織布マスクを併用することで、紫外線防止効果は大きくなる。

F、G、H の日焼け止めは特に紫外線透過率が高かった。(図 9) このことから、トーンアップ用など、化粧品としての要素がある日焼け止めは紫外線防止効果が低いものと考えられた。

以上のことからマスク焼けを防ぐには、日焼け止めを塗ることが最も効果的であると考えられる。ただ、マスクをしている部分は日焼け止めと併用しているため、していない部分に比べ紫外線防止効果は高くなってい



る。そのため、マスクをしていない部分により日焼け止めを塗るべきである。また、日焼け止めにトーンアップなどの要素を求めているのであれば、紫外線を防止するのに特化した日焼け止めを使うべきである。特に、夏場や日中外に出る際は紫外線が強いため、より念入りに日焼け止めを塗ることが重要である。

参考文献

気象庁 HP

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/uvhp/3-40uv.html>

https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/uvhp/link_uvindex_month54.html

ロート製薬株式会社 HP

https://jp.rohto.com/learn-more/suncare/column/spf_pa/

謝辞

今回の研究にあたり丁寧にご指導して下さった三重大学教育学部の市川俊輔先生、実験を手伝って下さった藤本晴香さんに感謝申し上げます。

サワガニの個体間の関係に関する研究

石倉 成実
尾鷲市立尾鷲中学校 1年

Nami Ishikura

要旨

サワガニはきれいな川の上流に生息するカニで、私の住んでいる地域で採集できる。サワガニを飼育していると、近づいたときに寄って来ることがあったので昨年、馴れについて研究した。複数一緒に飼育していると、甲羅の大きい個体の方が馴れやすく、ピンセットから餌を取るようになった。そこで、今年度は2個体を隔離飼育して、個体間の関係を調べてみることにした。オスとメスの組み合わせを作り、餌を与えたときに馴れるまでの日数測定や、2個体間での行動観察をした。隔離飼育をすると、馴れるまでの日数は大きさに関係がみられなかった。また、オスとメスのペアでは仕切り版に近寄ったり、仕切り版を外した際にオスが特異な行動を示すことがあった。しかし、交尾行動は見られなかった。着色した餌を与えて尿を見えるようにすると、オス同士の場合、攻撃的なオスが尿を放出した。このような行動はアメリカザリガニでも知られている。アメリカザリガニは外来種のために飼育が困難なことから、在来種であるサワガニを使うことで、甲殻類の行動実験を行う事ができる。

1. 研究目的

私は甲殻類の行動に興味を持ち、アメリカザリガニを使って調べようとしたが、私の住んでいる地域にアメリカザリガニはいない。また、外来種であることから、扱うことに注意が必要であると聞いた。2021年6月に地域の川にサワガニが生息していることから採集して飼育を始めた。

2021年6月から11月まで、甲羅の幅1.4cmから2.8cmの9個体のサワガニを用いて、人に馴れるまでにどのくらい時間がかかるか調べた。人が近づくとき逃げようとしていたが、毎日ピンセットで餌を与えると、次第に馴れてきて、餌をピンセットで近づけると餌を取りに来るようになった。ピンセットから餌をとるまでに20日ほどかかった。馴れは大きな個体で早くみられたが、小さい個体でも強い個体で見られた。

このことから、サワガニの個体間で強い個体と弱い個体がいることに興味を持ち、今年度は2個体の間でどのようなことが見られるか調べることにした。そのために、仕切り版のついている水槽で2個体を隔離飼育して、行動の様子を観察した。また、ザリガニでは闘争行動や交尾行動の時に尿を放出することが知られていることから、尿放出についても調べることにした。

*ここでの強い個体とは、威嚇行動により相手を追い払う、闘争をしかける、餌を奪うなどの行動がみられる個体。弱い個体とは、他の個体から逃げる、隠れる、餌を奪われるなどの行動がみられる個体とする。

2. 研究方法

(1) 実験動物

サワガニの採集

2022年5月に三重県度会郡大紀町の大内山川中流奥河内川でサワガニを採集した(図1、2)。

採集した個体は11個体で、甲羅の幅が2cmが4個体(オス2個体、メス2個体)、1.8cmが7個体(オス5個体、メス2個体)だった。



図1. 大紀町 大内山川中流奥河内川



図2. サワガニを採集している様子

サワガニの飼育

中央に仕切り版を取り付けることができるプラスチック水槽（マルカン PW-15、幅 23 mm、奥行き 160 mm、高さ 15 mm）に 1 個体ずつ隔離して飼育した。仕切り版にはスリットがあり、水はつながっている。8 個体を 4 個の水槽で飼育した（図 3）。



図 3. 仕切り版のある水槽で飼育している様子

サワガニの甲羅に白マジックで番号を書き、個体識別ができるようにした。4 つの水槽でオスとメスを組み合わせて隔離飼育した（表 1、図 4）。

餌としては、金魚の餌を 1 日おきに与えた。水の交換は 1 週間に 1 回行った。

尿を可視化するために、蛍光色素であるフルオレセインナトリウムで染めた餌を与えた。

この餌の作成は、三重大学教育学部の後藤太郎先生に作成していただいた。フルオレセインナトリウムを少量の水で溶かした中に餌を入れて 1 晩しみこませた後、乾燥機で乾燥した。

ペア	個体	
1	オス ×	メス
2	オス ×	オス
3	メス ×	メス
4	オス ×	メス

表 1. 隔離飼育した組み合わせ



図 4. 仕切り版のある水槽で飼育したサワガニ

(2) 行動実験

馴れるまでの時間

毎回、餌を与えたときに食べに来るまでの時間を計測した。これにより、サワガニが馴れるまでの時間を調べた。

仕切り版があるときの行動

仕切り版がある状態で、2 個体の行動を観察した。仕切り版に近づくかどうかを主な指標とした。

仕切り版を外した時の行動

仕切り版を外した時の 2 個体の行動を観察し、各個体の行動を記録した。行動としては、接触、闘争、逃避、交尾、尿放出を調べた。

3. 結果

(1) 馴れるまでの時間

最初の 6 日間は餌を与えると逃げていたが、次第に逃げなくなった（図 5）。最も早く餌に寄ってくるようになったのは、6 番のメス個体で 15 日目であった。他に寄って来たのは、1 番のオス個体で 27 日目だった。

餌に来るまでの時間は 6 番が最も短く、1 番も馴れてきてからは短くなった（図 6）。しかし、餌に来るまでの時間にはばらつきが多く、時間がかかった。

異性ペアではオスの個体の方が先に餌に寄って来ることが多かった。同性ペアでは比較的弱い個体の方が先に餌に寄って来た。

	ペア1 異性		ペア2 オス同士		ペア3 メス同士		ペア4 異性	
日数	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	2	1	1	1	1	1
9	2	2	2	2	2	2	2	2
11	3	2	2	1	3	3	2	2
13	3	2	2	2	3	3	3	2
15	3	2	2	2	2	5	3	2
18	2	2	2	3	3	5	2	3
21	4	3	2	3	3	3	2	2
23	3	3	3	3	2	4	3	3
25	2	3	4	4	4	3	4	2
27	5	3	3	3	2	3	2	2
29	3	4	3	3	3	2	3	1
31	3	4	3	3	3	3	2	2
33	3	3	3	2	4	2	2	3
35	3	3	3	3	4	4	2	2
37	4	2	3	3	3	4	2	2
39	2	2	3	2	4	3	3	3
41	2	2	4	2	4	5	2	2
43	3	2	3	2	3	2	3	3
45	3	2	3	3	3	2	3	4
47	4	2	4	4	4	3	3	3
49	2	4	3	1	3	3	3	3
51	2	2	2	2	4	3	3	3
53	4	2	4	4	3	3	3	2
55	3	2	3	3	3	2	3	3
58	4	2	3	3	3	4	4	2
60	4	3	4	3	3	3	3	2
62	4	2	4	3	3	2	4	2
65	4	2	3	3	2	2	3	2
67	3	2	3	3	3	2	2	2
69			2	3	2	2	2	2
72			4	4	4	2	2	2
75			2	3	3	2	2	2
78			2	3	3	3	2	2
81			2	4	3	2	2	2
84			2	3	2	2	2	2
87			2	3	2	2	2	2
90			2	3	2	3	4	4
92			4	4	2	2	4	2
94			3	3	2	2	4	2
96			2	3	4	2	3	2
98			2	3	2	2	3	2
100			3	3	2	2	2	2

図 5. 8 個体の餌に対する行動

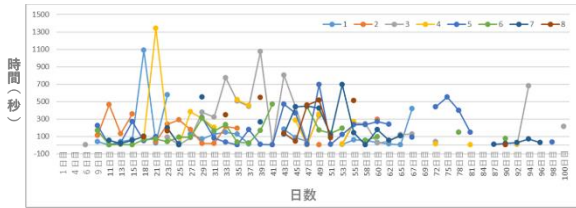


図 6. 8 個体が餌に来るまでの時間

(2) 行動観察の結果

ペアの行動の記録を表 2 にまとめた。また、ペアの特微的な行動を表 3 にまとめた。

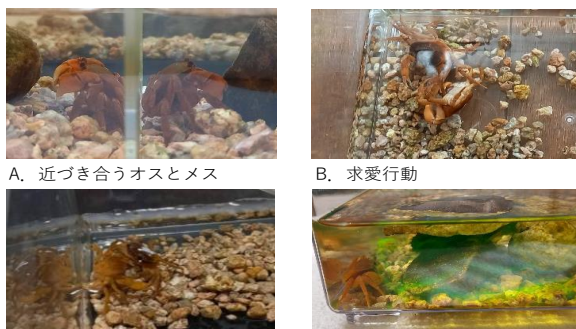
飼育を始めてから個体差はあるものの、およそ 1 週間程でお互いを意識し合うようになった。始めはお互い警戒して威嚇をしているようだったが、仕切り版により接触ができないとわかると、威嚇をしなくなった。同性ペアはあまり近づき合わなくなったが、異性ペアはオスの方から近づくことが多くなり、時折仕切り版の傍で 2 個体がじっとしていることが多くなった (図 7 A)。

仕切り版を介しての行動は、大きな個体はお互いの様子を伺ったり、動き回っている事が多いが、小さな個体はお互い近寄らず石の下などに隠れている事が多かった。

ペア 1 (異性ペア) は、26 日目にオスの個体がお腹を見せてくるくる回るようになった。交尾することはなかったが、メスに対する求愛行動の可能性がある (図 7 B)。

仕切り版を外した時の共通した行動としては、初めて仕切り版を外した時はどの個体も 30 分ぐらいはお互い動かず、様子を伺っていたが、その後、徐々に近づき始めるのは強い個体、もしくはオスの個体であった。2 回目からは強い個体、もしくはオスの個体がすぐに相手の領域へ入って行った。ペア 1 のオス個体はメスに近づくことはあったが交尾することはなかった。また、ペア 2 のオス同士では闘争も見られた (図 7 C)。

尿放出については主に餌を食べた後に見られたが、強い個体は入水時に見られることが多かった (図 7 D)。



A. 近づき合うオスとメス

B. 求愛行動

C. 闘争

D. 尿放出の様子

図 7. 観察されたサワガニの行動

日	ペア1 異性		ペア2 オス同士		ペア3 メス同士		ペア4 異性	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1日	お互い隠れている		お互い隠れている					
2日	1が仕切り版の方へ近づいている		近づき合っている		動き回っている			7が仕切り版の方へ近づいている
3日	近づき合っている							7が威嚇?
4日					互いに威嚇			
5日	互いに近づき合っている		あまり近づかない					
6日					互いに威嚇			
7日	互いに近づき合っている		着色餌を石の上に置く					
8日	1がくるくる回る仕草を見せた							
9日			水を抜いて餌を置くようにした					
10日	1がくるくる回る仕草を見せた		後後3の尿放出を確認					
11日			入水時、2個体の尿放出を確認 (4が先)					
12日			2個体とも石の下に隠れている事が多い					7が仕切り版の方へ近づいている
13日								互いに近づき合っている
14日	互いに近づこうとしたが警戒							
15日			入水時4の尿放出を確認					互いに動かず
16日			闘争行動を見せるも失敗					
17日			後後3の尿放出を確認					
18日	1がくるくる回っている							互いに近づき合っている
19日			1は仕切り版に近づいているが、2は石の下に隠れている事が多い					
20日			2は石の下に隠れている事が多い					
21日								
22日			2が仕切り版の方へ近づいている					
23日			後後3の尿放出を確認					
24日			入水時4の尿放出を確認					
25日								
26日					互いに動かず			
27日			闘争をした 4が強い					
28日			入水時3の尿放出を確認					
29日			闘争をした 4が強い					
30日								
31日			2個体、強めにつかんだら尿放出をした					互いに近づき合っている
32日								
33日			後後3の尿放出を確認					互いに近づき合っている
34日								互いに近づき合っている
35日	互いに近づき合っている				互いに近づき合っている			互いに近づき合っている
36日	闘争行動を見せるも失敗		闘争をした 4が強い		互いに動かず			互いに動かず

表 2. 隔離飼育した個体の行動

ペア	個体	個体	馴れの程度	仕切り版に接近	仕切り版を外した時の行動	尿放出
1	オス1	メス2	1寄ってくる	互いに近づき合う	交尾を試みるも、失敗	
			2逃げない			
2	オス3	オス4	3逃げる	互いに近づき合う	4が闘争を仕掛けた	食事後と入水時
			4逃げる			
3	メス5	メス6	5逃げる	互いに近づき合う	互いに動かず	
			6寄ってくる			
4	オス7	メス8	7逃げない	互いに近づき合う	互いに動かず	
			8逃げない			

表 3. 各ペアでの特微的な行動

4. 考察

昨年、サワガニは人に馴れることを調べたが、昨年行った複数飼育と比べ、隔離飼育では馴れに違いがみられた。餌を食べに来る順番としては、昨年行った複数飼育では強い個体が早く食べに来ていたが、隔離飼育ではそのような特徴が見られなかった。

複数飼育に比べ隔離飼育では馴れるまでに少し時間がかかったが、これは相手に餌を取られる心配が無く生きていくための競争心が必要ないことが考えられる。

また、異性ペアの場合、強いオスの個体の方が先に餌に寄って来たが、同性ペアでは、弱い個体の方が先に寄って来た。強い個体の方が警戒心が強いのかも見えない。異性のペアではメスの方が警戒心が強いようにも見えた。

隔離飼育を始めてからおおよそ 1 週間程でお互いを意識し合うようになった。個体による差があるものの、異性のペアでは、オスの方から近づいている事が多かった。

着色した餌を与えたペア 2 の個体については、行動観察から 4 番の個体が 3 番を攻撃する事があった為、4 番の方が強いと思われる。尿放出は主に餌を食べた後で見られる事が多く、4 番の個体は入水時に尿放出する

ことが多かったことから、生理行動以外に威嚇行動または縄張りの主張などが考えられる。引き続き着色した餌を与えて尿放出を観察し、個体間における尿放出の意味を明らかにしたい。

今回、2組の異性ペアを観察したが、失敗はしたものの1組で繁殖行動らしいものを確認できた。アメリカザリガニでは、オスとメスを長時間お見合いさせてから仕切り版を外すと、すぐに交尾することが報告されている。サワガニでは交尾は見られなかった。1番のオスの個体はお腹を見せてくるくる回る仕草が見られたが、これがメスへの求愛かどうかは不明である。ペアの行動観察は今後も継続していきたい。

参考文献

身近な動物を使った実験 3 鈴木範生（編）三共出版
アメリカザリガニにおける配偶者選択

http://www.zoology.or.jp/chubu/img/f_users/r_97672img20171217153837.pdf

コンピュータで探るコラッツ予想

大谷 航輝

三重大学教育学部附属中学校 2年

Kouki Otani

要旨

コラッツ予想は数学における難問の一つである。ある自然数を出発点に選び、偶数なら2で割り、奇数なら3をかけて1を足す。この操作を繰り返していくと、どんな自然数から出発しても1に収束する。本研究では、この自然数の数列をコラッツ数列と呼び、コンピュータを使ってコラッツ数列の性質を調べた。その結果、出発点に選ぶ数によって、似たような変化をするものがあることがわかった。コラッツ数列をツリー状(コラッツツリー)に可視化してみると、コラッツ操作を繰り返していくうちに共通した数を経由する場合は、数列が似たような変化をするのがわかった。

キーワード: コラッツ予想、Python、コラッツ数列

1. はじめに

コラッツ予想は数学者コラッツ (L. Collatz) によって1937年に提起され、現在も証明が完成していない未解決問題である。先行研究では、Terence Tao によってほとんどすべての自然数に関する証明がされているほか、数学的帰納法を用いることで、ある程度までは一般的な方法で進めることができる。

コラッツ予想は、以下のようにまとめることができる。

- ① ある自然数 X_0 を出発点に選ぶ
- ② もし X_0 が偶数なら2で割り、奇数なら3をかけて1を加え、 X_1 とする
- ③ ②の操作を繰り返すと、どんな自然数 X_0 から出発しても必ず1になる

②の操作(コラッツ操作)によって生成する数列 X_n ($n = 0, 1, \dots$) をコラッツ数列と呼ぶことにする。コラッツ数列の変化を可視化し、そこに見られる性質を視覚的に調べることを目的とした。その目的を達成するため、コラッツ数列を生成し、さまざまなグラフを描く計算プログラムを書くことにした。

2. 方法

コラッツ操作を繰り返すプログラムを Python 言語で作成した。アルゴリズムを指導の先生と考え、プログラムは指導の先生に書いてもらった。プログラムを実行

すると、コラッツ数列の変化をグラフなどで可視化することができる。

3. コラッツ数列の変化

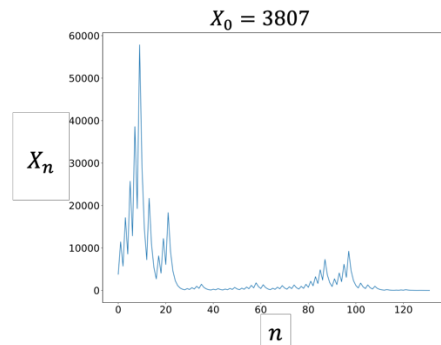


図1: コラッツ数列 ($X_0 = 3807$)

図1にコラッツ数列の変化の様子を示す。横軸にはコラッツ操作のステップ数を取り、縦軸にはコラッツ数列の値をプロットした。また図1では初期値を $X_0 = 3807$ としている。このグラフから急激な変化が2回起こった後、しばらく変化が緩やかになり、2回急激な変化を起こしたあと1に収束することがわかる。初期値の選び方によって変化の仕方は様々だが、 $X_0 = 3809, 1001$ という初期値を選んでも似たような変化をすることがわかった。

また、奇数に対する操作をA、偶数に対する操作をBとし、AとBの操作列の様子も調べた。その結果、最初の2回の急激な変化のときにはAとBが交互にでてくるのがわかった。また、 $n=40\sim 50$ のときには、AとBが交互に出てくるものの、Bが連続して出

てくることによって急激な変化を防いでいることがわかった。

4. 考察

コラッツ数列を矢印でつないだ樹形図（コラッツツリー）を描き、なぜ初期値が $X_0 = 3807, 3809, 1001$ のときにコラッツ数列が似たものになるのかを調べた。

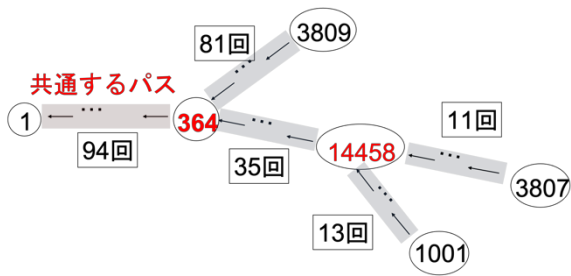


図 2 : コラッツツリーの模式図

図 2 にコラッツツリーの模式図を示した。1001 と 3807 から出発したコラッツ数列は、10 数回程度のコラッツ操作で 14458 に到達する。それ以降は同じ変化をするので、数列の変化は似たものになることがわかった。また、3809 から出発すると 81 回の操作で 364 に到達する。1001 と 3807 から出発したコラッツ数列も 364 を経由するので、コラッツ数列が似たようなものになることがわかった。

5. まとめと今後の展望

この研究では、コンピュータを使ってコラッツ数列の変化の様子を調べた。今後はコラッツツリーの性質を調べ、コラッツ数列のパターンの分類分けをしたいと思っている。また、コンピュータだけでなく代数の知識に基づいた証明に挑戦したいと思っている。

謝辞

研究を進めるにあたり、三重ジュニアドクター育成塾の先生方にご協力いただきました。お世話になった皆様に、感謝いたします。

中村川の流程に伴う水質の変化

前田千依里
松阪市立嬉野中学校 2 年

Chieri Maeda

要旨

三重県松阪市嬉野町を流れる中村川において、上流から下流にかけての水質の変化を知るために水質調査を行った。調査内容としては、中村川の上流から下流にかけての 5 地点で COD、全窒素（以後、窒素と表記）、全リン（以後、リンと表記）を測定した。いずれの測定項目も最上流の水源地で最も低く、矢下町付近で最も高かった。しかし、採水当日は雨が降っており、流量も多く河川水の色も茶色に濁っていた。そのため平常時の中村川の水質を結果として出すことが出来なかったと考えられる。その一方、あまり測定されない洪水時の水質データを得ることができた。

キーワード： 中村川、COD、全窒素、全リン

1. はじめに

小学校の頃、私は水に興味を持ち、水に関する自由研究を小学 1 年生の時から毎年おこなってきた。その時は小学生で川をきれいに保つことの大切さを訴えただけの簡単な自由研究だった。なので、中学生になって中村川を使い研究したいと思った。

そこで私は去年、中村川の水質調査を行った。この水質調査は、「上流と下流で水質に違いはあるのか」という疑問から行った実験だった。水質調査はネットで売っていた水質検査キットのパックテストを使い、5 地点（水源地、矢下町付近、旧中郷小学校付近、森本橋付近、天花寺橋付近）において調査した。結果は、上流も下流も水質にほとんど違いはない結果となった。

なぜ、このような結果になったのか考えてみたところ、検査の道具としてパックテストを使ったことが 1 つの原因ではないかと思った。パックテストにはメリットとデメリットがある。

メリットのひとつ目は、水質調査を実際に行った時にその場で簡単に調査を行うことが出来るということだ。ふたつ目は、特別な技術がいらず、素人の私でもかんたんに水質調査をすることが出来ることだ。

次にデメリット。デメリットのひとつ目は、測定者の色覚によって測定値が決まるということだ。測定をする人によって、実験の結果が変わってくるのは、その実験の正確性もなくなってくると思う。デメリットのふたつ目は、高価な機器や、実験室で分析し結果と比較すると精度が劣るということだ。この二つ目のでメリットが昨年の結果に影響したかもしれない。

そこで、今年は去年と全く同じ中村川の 5 地点の川の水質を高度な機器や実験室で分析してみたいと思った。そして水質として COD、窒素、リンに注目し、中村川の上流から下流へどのように変化するか調べた。

2. 方法

水の採水は 8 月 21 日に三重県松阪市嬉野町を流れる中村川の 5 地点で行った（図 1）。水の分析は 8 月 22 日と 8 月 24 日に行った。採水をした 21 日の朝は雨が降っており、河川は水源地を除き茶色に濁り、流量も多かった。採水時には、電気伝導度（LAQUAtwin, HORIBA）、温度（棒温度計）、pH（WAK-PR、共立理化学研究所）も測定した。水質として、COD、窒素、リンを測定した（日本分析化学会北海道支部編、2005）。具体的な方法は以下の通りである。



図 1. 調査地点

COD (過マンガン酸カリウム法)

- ① 試料適量に蒸留水を加え 100ml とした。(blank は蒸留水 100ml で以下同様に行った)
- ② 硫酸 (1+2) を 10ml 加えた。
- ③ 硫酸銀を葉さじ半分程度加えて混ぜた。
- ④ 5 mM 過マンガン酸カリウム溶液をくわえた。
- ⑤ ただちに沸騰水浴中に入れ、30 分間加熱した。
- ⑥ 水浴から出して、12.5mM シュウ酸ナトリウム溶液 10ml を加えた。
- ⑦ 5 mM 過マンガン酸カリウム溶液で滴定し、無色からわずかに淡紅色になった点を終点とした。
- ⑧ 試料水 V ml を用いた場合に滴定に要した 5 mM 過マンガン酸カリウム溶液の容量を a ml、blank のそれを b ml とすれば、次式によって COD を算出した。

$$\text{COD (mgO}_2\text{L}^{-1}) = f \times 0.2 \times (a - b) \times (1000/V)$$

窒素

- ① 試水 50 ml を試験管に入れた。(blank も同様に行う)
- ② 10ml の水酸化ナトリウム・ペルオキシ二硫酸カリウム溶液を加えた。
- ③ オートクレーブで 120℃、30 分間加熱分解した。
- ④ 放冷後、上澄み液を 25ml、別の試験管に分注した。
- ⑤ pH 調整液 (1+16) を 5ml 加えた。
- ⑥ 標準溶液には PH 調整液 (1+500) を 5ml 加えた。
- ⑦ 波長 220 nm の吸光度を測定した。
- ⑧ 標準溶液の検量線から分注した試水の全窒素量を求め、次式によって全窒素濃度を求めた。

$$\text{全窒素濃度 (}\mu\text{g/L)} = a \times (60/25) \times (1000/50)$$

a は検量線を用いて求めた、25 ml 中の窒素量 (μg)

リン

- ① 試水 50 ml を試験管に入れた。(blank も同様に行う)
- ② 10ml のペルオキシ二硫酸カリウム溶液を加えた。
- ③ オートクレーブで 120℃、30 分間加熱した。
- ④ 放冷後、上澄み液を 25 ml、別の試験管に分注した。
- ⑤ 混合試薬を 2ml 加え、20~40℃ で約 15 分間静置した。
- ⑥ 標準溶液にも混合試薬 2ml を加えた。
- ⑦ 波長 880 nm の吸光度を測定した。
- ⑧ 標準溶液の検量線から分注した試の全リン量を求め、次式によって全リン濃度を求めた

$$\text{全リン濃度 (}\mu\text{g/L)} = a \times (60/25) \times (1000/50)$$

a は検量線を用いて求めた、25 ml 中のリン量 (μg)

3. 結果

表 1. 水温、電気伝導度、pH の値

	水温 (°C)	電気伝導度 (μS/cm)	pH
水源地	19.0	181	7.2
矢下町付近	22.0	63	7.2
旧中郷小学校付近	22.0	78	7.1
森本橋付近	22.5	87	7.2
天花寺橋	23.5	83	7.0

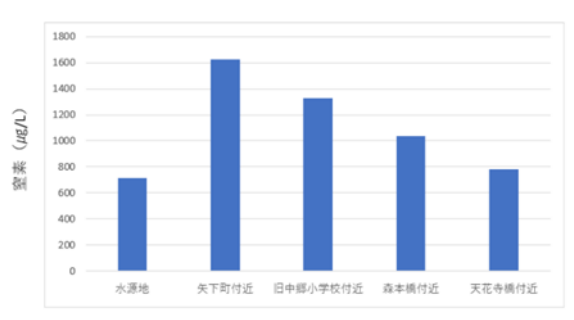


図 2. 窒素の変化

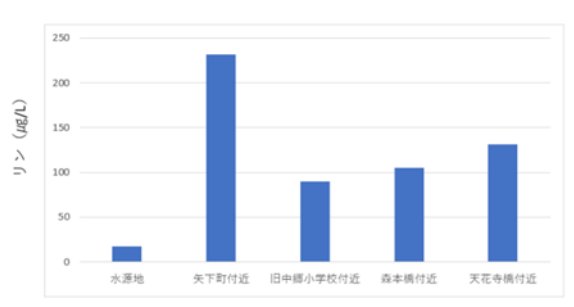


図 3. リンの変化

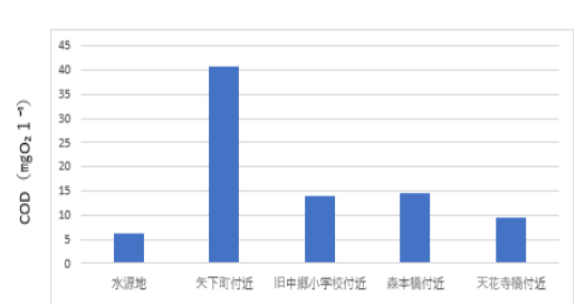


図 4. COD の変化

水温、pH は全体的にあまり大きな違いがなかったが、電気伝導度は水源地で他地点に比べて高かった(表 1)。

窒素は水源地の値が一番低く、矢下町付近の値が一

番高くなり、矢下町付近から天花寺橋にかけて値が低くなった(図2)。リンは窒素と同じで水源地の値が一番高く、矢下町付近の値が一番高くなった。そして旧中郷小学校付近から天花寺橋付近にかけて高くなった(図3)。CODも水源地の値が一番低く、矢下町付近の値が一番高い結果となった。他の地点はあまり値に違いはなかった(図4)。

4. 考察

①調査時の流れに伴う水質変化

上流と下流には水質に違いがあると思う。上流の水源地は残りの4か所と比べるときれいだ。結果から、矢下町付近が一番、水質が汚れているのではないかと考えた。窒素、リン、CODの値が5地点の中で一番多いからだ。

窒素とリンが多くなる原因は、生活排水の影響と、田畑の化学肥料などが考えられる。矢下町付近には、あまり家や工場などの建物がなかったため、おそらく矢下町付近が汚れていた原因は田畑の化学肥料だと思う。採水をした日は朝、雨が降っていたため通常より土が流れ込んでおり、矢下町付近で最も影響を受けていたかもしれない。

②過去の中村川の水質との比較

今回の調査では、雨の影響で水源地を除き河川が茶色に濁っていた。そこで中村川の平常時と比較するため、国土交通省の水文水質データベースを活用した。データは2022年1月から12月の月1回間隔で中村川の小川橋で採水され、分析された結果を引用した。なお、小川橋は今回の調査で最も下流の天花寺橋よりもさらに下流に位置する。

表2. 中村川の今回の実験結果と過去の結果の比較

	今回の実験 (5地点) 平均 (最小値~最大値)	中村川 (小川橋) 平均 (最小値~最大値)
窒素 ($\mu\text{g/L}$)	1100 (717~1630)	870 (630~1440)
リン ($\mu\text{g/L}$)	115 (17~232)	33 (11~86)
COD (mgO_2/L)	17.0 (61~40.7)	2.5 (1.4~4.3)

今回の実験と国土交通省による過去の中村川の水質調査の結果を比べると全く結果が違った。つまり、窒素、リン、CODのいずれの水質においても過去に比べ今回の調査の平均値は高かった(表2)。今回の調査は雨が降ったあとだったため、森の土などが流れ込んでしまっていたことが考えられる。

雨が降ると、土が流れ込んでしまい、水質に影響が出るという自然の摂理が分かった。普通であれば、水質調査は晴天の日に行われるはずだ。私は採水に行く

予定の日の当日たまたま朝に雨が降ってしまい、中村川の平常時の結果を出すことが出来なかった。だが、普通ではあまり測定されないであろう洪水時のデータをとることができた。だから今回の水質調査は私にとっていい経験だった。

参考文献

- 三田村緒佐氏 (2021) : 水の環境調査で失敗しないために, サンライズ出版
- 日本分析化学北海道支部 (2005) : 水の分析第五版, 化学同人
- 日本陸水学会東海支部会 (2010) : 身近な水の環境科学—源流から干潟まで—, 朝倉書店
- 日本陸水学会東海支部会 (2014) : 身近な水の環境科学実習, 測定編, 朝倉書店
- 国土交通省水文水質データベース : <http://www1.river.go.jp>

モンティ・ホール問題に対する コンピュータシミュレーションによる検証

－選択したドアは変更すべきか？－

近藤 光

四日市メリノール学院 2 学年

要旨

モンティ・ホール問題とはアメリカのテレビ番組で行われた景品当てゲームの問題の事で、「直観」と「正解」が合わない多くの数学者も間違えた問題だ。私も直観で不正解だった。正解を理解するには難解な高等数学の理解が必要であるが、今はコンピュータプログラムが存在しているので、実際にプログラムによってこの問題を解くことを研究テーマにしようと考えた。

1. はじめに

モンティ・ホール問題のクイズについて説明する。

- ① ドア A, B, C の 3 つが用意されており、それぞれヤギ、ヤギ、車がランダムで入っており、プレイヤーに車が入っているドアを当てさせる
- ② まずプレイヤーがドアを一つ選ぶ。
- ③ 次に司会者が残りのヤギ (ハズレ) が入っているドアを開ける。

問題：プレイヤーは、最初に選択したドアを変更すべきか？

正解：選択したドアを変更した方が正解の確率が高まる。

これをコンピュータシミュレーションを用いて検証する。

(2) 方法

藤原先生に提供頂いた、以下のプログラムを実行した。

#-----初期条件-----

number=10000 #試行回数 自由に変更

selection=4 #1-3 で固定回答。4 にするとランダム回答

change=1 #0 で回答の変更なし、1 で解答は変更

#-----

(以下略)

number=は本問題への解答の実施回数

selection=は正解のドアの設定

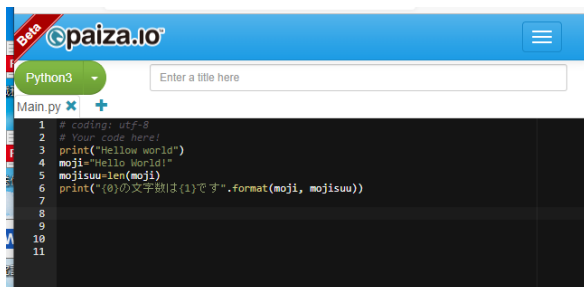
change=は回答の変更有/無

を示す。

2. 材料と方法

(1) 検証手法

- ・オンライン無料プログラミング環境「paiza.io」にて、Python でこの問題のプログラムを作成する。



モンテカルロシミュレーション方式により、正解である $2/3 \approx 67\%$ にどれだけ近づくか検証をする。

```
43     c_answer+=1
44     print("選択ドア変更あり")
45     print("試行回数", number, "回. 正解の確率は", c_answer/number)
46
47 if selection==4:
48     if change==0:
49         for i in range(number):
50             s_answer=np.random.randint(1,4)
51             if x[i]==s_answer:
52                 c_answer+=1
53             print("ランダムドア選択:選択ドア変更なし")
54             print("試行回数", number, "回. 正解の確率は", c_answer/number)
55     if change==1:
56         for i in range(number):
57             s_answer=np.random.randint(1,4)
58             if x[i]==s_answer:
59                 c_answer+=0
60             else:
61                 c_answer+=1
62             print("ランダムドア選択:選択ドア変更あり")
63             print("試行回数", number, "回. 正解の確率は", c_answer/number)
64
65
```

実行 (Ctrl-Enter) Pythonを学ぶ | プログラミングカ診断

出力 入力 コメント 0

ランダムに選択された正解ドアの数 ドア番号 1, 2, 3 = [3328, 3348, 3324]
ランダムドア選択:選択ドア変更あり
試行回数 10000 回. 正解の確率は 0.6659

【参考】

(3) 検証手順

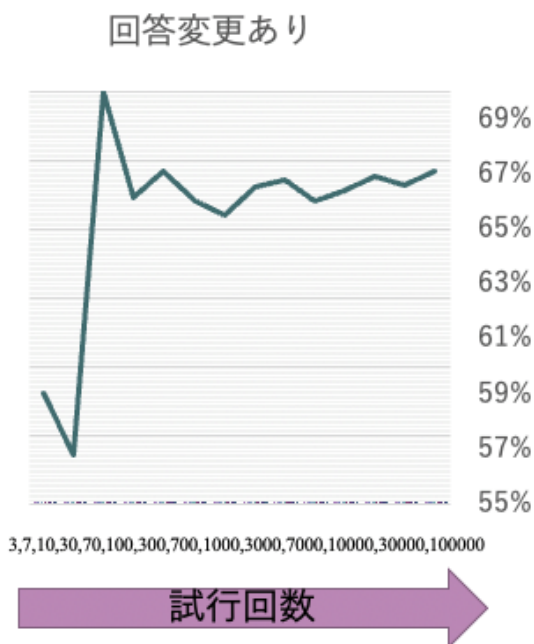
試行回数をできるだけ増やすため、以下の回数でシミュレーションを実施した。

3,7,10,30,70,100,300,700,1000,3000,7000,10000,30000,100000 回

- ① 回答変更をした場合
 - ② 回答変更をしなかった場合
- 仮説では、①が67%に、②は33%になる。

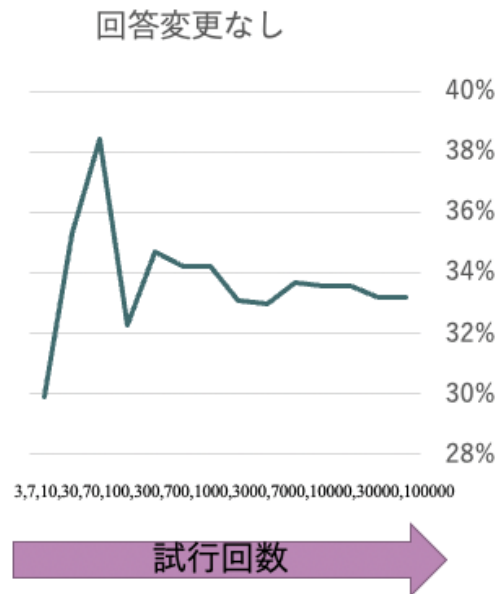
3. 結果

横軸に試行回数、右縦軸に正解確率をとった。回数を重ねるとともに67%に向かうことがわかった。



回答変更有の場合、100,000 回シミュレーションした結果の平均値は67%となった

回答変更なしの場合、やはり33%に近づいて行った。



4. 考察

回数が少ないと正答率にバラつきがみられるが、回数を重ねていくごとに仮説の数値に近づいていくことが分かった。

回答変更なしの場合

試行回数	3	7	10	30	70	100	300	700	1,000	3,000	7,000	10,000	30,000	100,000
1回目	60%	85%	60%	63%	66%	57%	66%	67%	68%	66%	68%	68%	67%	67%
2回目	33%	28%	70%	60%	69%	71%	64%	66%	65%	66%	66%	68%	67%	68%
3回目	100%	85%	70%	50%	74%	69%	64%	63%	68%	65%	66%	67%	66%	68%
4回目	33%	43%	60%	73%	65%	61%	68%	67%	67%	65%	66%	67%	67%	66%
5回目	0%	43%	100%	73%	62%	67%	64%	68%	66%	67%	67%	67%	66%	67%
6回目	66%	57%	80%	60%	68%	74%	65%	67%	68%	66%	67%	66%	66%	67%
7回目	66%	28%	80%	60%	67%	63%	69%	65%	65%	67%	65%	66%	66%	67%
8回目	66%	71%	50%	76%	70%	60%	64%	69%	66%	66%	66%	66%	67%	67%
9回目	66%	57%	40%	76%	62%	68%	66%	65%	67%	66%	66%	67%	67%	67%
10回目	100%	71%	90%	70%	68%	70%	65%	68%	68%	66%	67%	67%	67%	67%
平均値	59%	57%	70%	66%	67%	66%	66%	67%	67%	66%	66%	67%	67%	67%

焦電型赤外線センサー搭載 アルコールディスペンサーを開発する

中村 永
暁中学校 2年

Haruka Nakamura

要旨

新型コロナウイルスを始めとした様々な感染症から身を守りながら生活しなければならない今日、誰もが日常的にアルコール消毒器を使いながら暮らしている。世の中に普及している既存のアルコール消毒器は、はたして使いやすいといえるのだろうか。目の見えない方や体の不自由な高齢者、消毒の重要性をまだ理解できない子どもを持つ母親は、消毒器を使うことに困難を感じたこともあるだろう。全ての人が使いやすいアルコール消毒器を開発することで、世の中の感染防止に役立てたいと考えた。

RaspberryPi と python 使いLED をプログラミング制御し、LEGO MindstormsEV3 で作成した機体に組み込むことで、自走型のアルコールディスペンサーを作成した。

キーワード: #ラズパイ #python #MindstormsEV3 #赤外線センサー #アルコール消毒 #コロナウイルス

1. はじめに

第一段階の頃から一貫して“誰もが使いやすいアルコール消毒器”の開発を目指してオートアルコールディスペンサーを作成してきた。本当に使いやすいとはどういうことなのかと考えるうちに“人が機械に合わせて求められた動きをするのでは、障がい者や子どもは使いこなせない”“人が機械に合わせるのではなく、機械が人に合わせる”ことが必要だと考えるようになった。

その経験から第二段階では、人を感知して機体が自ら近づいて消毒を促すオートアルコールディスペンサーの作成を目指した。

2. 材料と方法

(1) 材料

Python、RaspberryPi 4 (GPIOポート、LED、ジャンパーワイヤー、ブレッドボード)、LEGO Mindstorms EV3(超音波センサー、カラーセンサー、サーボモーターL、Mモーター)

(2) 方法

①RaspberryPi4 にプログラミング言語 python をインストールし、物体の熱の変化を感知するとLED が点灯するプログラミングを入力する。サンプルプログラムを使用した。(図1)



(図1)Pythonによる
プログラミング画

②RaspberryPi4 の GPIOポートに焦電型赤外線センサーを接続し、物体の表面温度の変化を感知することで制御信号を送りLED を点灯する電子回路を作成する。(図2)



(図2)RaspberryPiによる
電子基板

③LEGO ブロックで作成したアルコールディスペンサーの機体を作成する。MindstormsEV3 によるプログラミングで、点灯したLED をカラーセンサーで読み取り、その信号で機体を動かす。機体に組み込んだアルコールスプレーを噴霧する動作を各モーターで行う。(図3)



(図3)LEGO Mindstorms
によるプログラミング

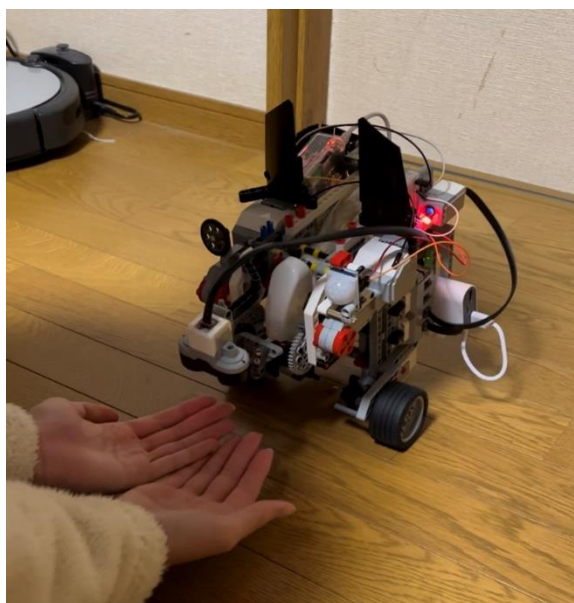
(3) 機能

- ・自走機能：周囲を見渡し人を感知すると、その人の場所へ自ら寄っていく。そうすることで積極的な消毒を促す。
- ・犬の鳴き声機能：音が流れるので目の不自由な方も使いやすい。
- ・オート消毒機能：手をかざすオートディスペンサー方式。ポンプを押す必要がないので手足の不自由な方なども使いやすい。

・離れていても人を感知機能：焦電型赤外線センサーを使うことで、人だけを感知できる。

3. 結果

電源を入れた瞬間にセンサーが反応し、直進し続ける為、焦電型赤外線センサーの感度が高すぎて微調整に失敗したと考えられる。焦電型赤外線センサーがうまく作動せずにLED信号を正しく受け取れずプログラムも誤作動を起こした。若しくは、センサーの検知時間が短すぎてプログラム側との信号のやり取りに失敗している可能性も考えられる。いずれにせよハード側とソフト側のどちらでエラーが発生しているのか原因究明に時間がかかる為、仮にダイヤルと感度ダイヤルの微調整がうまくいったとしても、全てが成功したか定かではない。(図4)



(図4) 完成した焦電型赤外線センサー搭載のオートアルコールディスペンサー『パブロフⅡ世』

4. 考察

作成途中やテスト段階と異なった条件が発生すると、想定していなかった誤作動が生まれる。ハード面・ソフト面単体ではテスト段階で問題が無かったとしても連結させた際の相性やソフトのバージョンの違いによってはエラーになる為、資料やネット情報のみならず自分で仕組みを完全に理解した上でエラー原因を特定してかなければならないことが必要だとわかった。

今回、初めてプログラミング言語に触れ、ご指導をいただき自身で学びながらここまでたどり

着いたが、途中、参考文献に英文などもあり想像以上に難関が多かった。

藤原先生、後藤先生を始め、ご指導いただいた先生方には、たくさんの学びと多くの刺激をいただきました。本当にありがとうございました。

参考文献

- ・山内直 他 (2021) Raspberry Pi はじめてガイド 技術評論社
- ・タトラエディット (2019) ゼロからよくわかる！ラズベリーパイで電子工作入門ガイド 技術評論社

土砂災害の被害を軽減するための考察

大須賀希子
勢和中学校 2年生

Kiko Osuga

要旨

平成30年の台風で近隣にある松阪市飯南町の山が崩れ、私たちの生活にも大きな影響を与えた。そこで、被害を軽減できる方法がないか、昨年検証した。今年度の研究では、真砂土と三波川のせん断力を調査し、崩れ方とせん断力の変化は関係が一致するか検証する。結果は、真砂土のせん断力は土の状態を変化させても、ほとんど差がなかった。このことから、真砂土は崩れ方とせん断力の変化は一致するとはいえない。三波川では、湿った状態は浸漬した状態よりせん断力が非常に大きかった。三波川は状態を変化させると大きくせん断力が変わった。このことから、三波川は崩れ方とせん断力の変化が一致するといえる。

1. はじめに

平成30年の台風24号で、自宅からほど近い花崗岩でできた国道沿いの山の斜面が大規模に崩落し、私たちの通学路に多くの車が迂回してくるなど、生活に大きな影響がでた。また、多くの地域で土砂災害が発生していることから、人命や生活に大きな影響を与える土砂災害を軽減する方法を考えたく、令和2年から土砂崩れに関する実験を行ってきた。

令和3年度には、土砂崩れの災害現場を再現した実験装置で、降雨に対してどのような場所が崩落しにくいか、また貯水ダムや土が移動しにくいように土の中に網目状のグリッドを埋め込むなどの対策の効果を検証した。

この実験の中で、真砂土と三波川変成帯の土(以下、三波川)では崩れ方に大きな差があった。

真砂土は、水を含むと比較的早い段階で、斜面途中から、一気に崩れるという現象が見られた。三波川は水を少し含んでいる状態では粘土のようになって安定したが、ある程度の水の量を超すと、下から少しずつ崩れ始め、最終的に斜面の土ほぼすべてが崩れるという現象が見られた。

この違いから、真砂土と三波川の斜面では、有効な対策が異なると思われ、具体的な対策を考える前に、まずは土の特徴を研究しようと考えた。

今年度の研究では、真砂土と三波川のせん断力を調査し、崩れ方とせん断力の変化は関係が一致するか検証することを目的として、以下の仮説を検証することとした。

- ① 真砂土は、土に含まれる水が多いほど、せん断力が弱くなる。
- ② 三波川は、湿った状態だととても強く、水に浸

した状態だとせん断力が弱くなる。

- ③ 斜面崩壊の起こりやすさは、せん断力が関係している。

2. 材料と方法

実験材料

- ・摩擦土
- ・三波川変成帯の土

実験装置

- ・雨トイ 直径4cm 高さ4.5cm×2
- ・摩擦軽減シート
- ・力センサー(Pasco社)

実験方法

せん断力を測定するため装置の概要は、雨トイを切断して作成した円柱の容器を2個用意し、この中に土をいっぱい詰めて、上下に重ね、下の容器を引っ張ることで、ずれが生じた時の力である最大静止摩擦力を測定した。(図1、図2)

下側の容器の下には摩擦を軽減するシートを引いて滑りやすくした。また、上側の容器の上にはペットボトル(500g、1000g、2000g)を置くことで荷重をかけ、この荷重を変えることで最大静止摩擦力が荷重に比例するかどうか調べた。下側の容器には紐を括り付けて、力センサー(Pasco社)に接続した。力センサーのフックをゆっくりと容器がずれるまで引っ張った。

用いた土は真砂土および三波川で、①乾燥した状態、②湿った状態(雨が少し降った状態)、③水に浸した状態(土が水をこれ以上含めない状態)の3つ用意した。

それぞれの条件に対し、3回ずつ実験を行った。



図1 実験装置. 白い鉄枠は実験装置を支える.

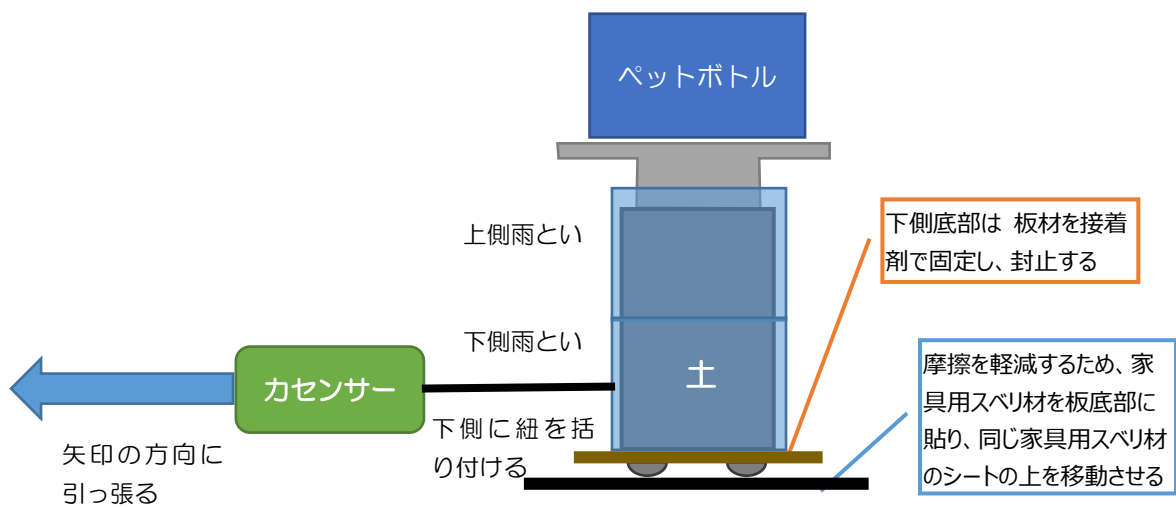


図2 実験装置の概略図

3.せん断力と実験の関係

せん断力とは、物体にズレを起こす力で、摩擦係数 k × 垂直応力 F_n と粘着力 c から成り立ち、

$F = k \times F_n + c$ と表せる。垂直応力 F_n はここではペットボトルの重さであり、垂直応力とせん断力の関係を調べる。横軸に垂直応力 F_n 、縦軸にせん断力 F とするグラフから摩擦係数 k と粘着力 c を求める。

4.結果

1. 真砂土および三波川のせん断力 (図3)

真砂土では、湿った状態と水に浸した状態では、差はみられなかった。真砂土のせん断力は土の状態を変化させても、ほとんど差がなかった。せん断力、静止摩擦係数、粘着力は表1の通りである。

三波川では、湿った状態は浸漬した状態よりせん断力が非常に大きかった。三波川は状態を変化させると大きくせん断力が変わった。尚それぞれのせん断力、静止摩擦係数、粘着力は表2の通りである。

表1 真砂土の実験結果

	せん断力 (F)	静止摩擦係数 (k)	粘着力 (c)
乾燥した状態	$F = 0.55 F_n + 15.30$	0.55	15.30
湿った状態	$F = 0.65 F_n + 17.25$	0.65	17.25
浸漬した状態	$F = 0.44 F_n + 18.33$	0.44	18.33

表2 三波川の実験結果

	せん断力 (F)	静止摩擦係数 (k)	粘着力 (c)
乾燥した状態	$F = 0.49 F_n + 18.35$	0.49	18.35
湿った状態	$F = 0.30 F_n + 39.15$	0.30	39.15
浸漬した状態	$F = 0.61 F_n + 9.45$	0.61	9.45

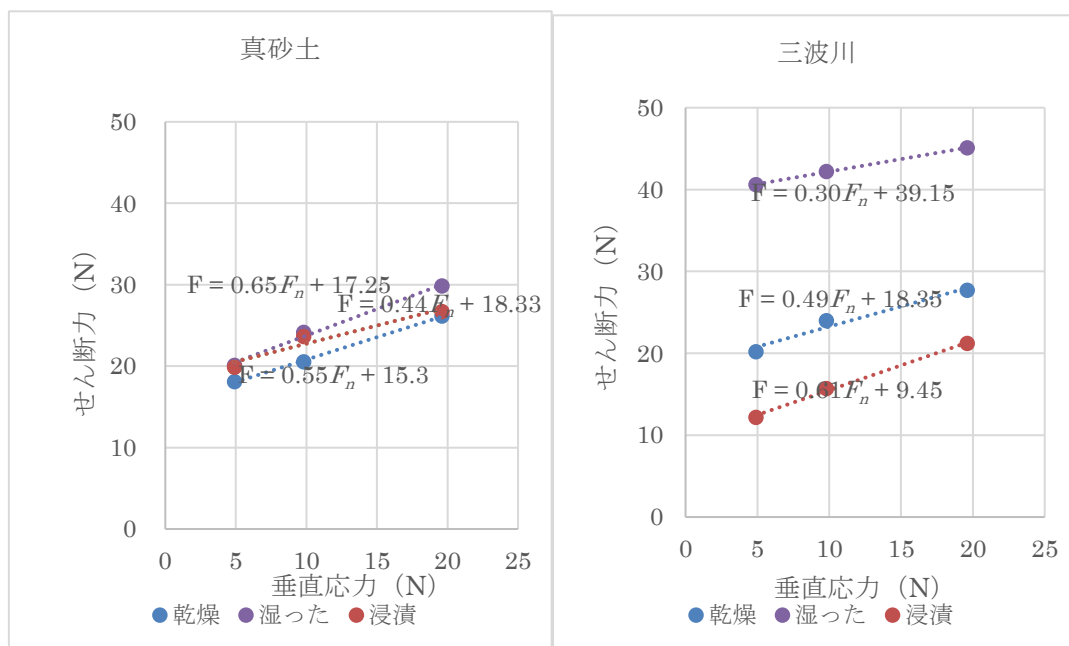


図3 真砂土と三波川のそれぞれのせん断力

2. 真砂土と三波川のせん断力の比較 (図4)

湿った状態では、三波川の方が真砂土よりせん断力が大きかった。浸漬した状態では、真砂土の方が、三波川より、せん断力が大きかった。

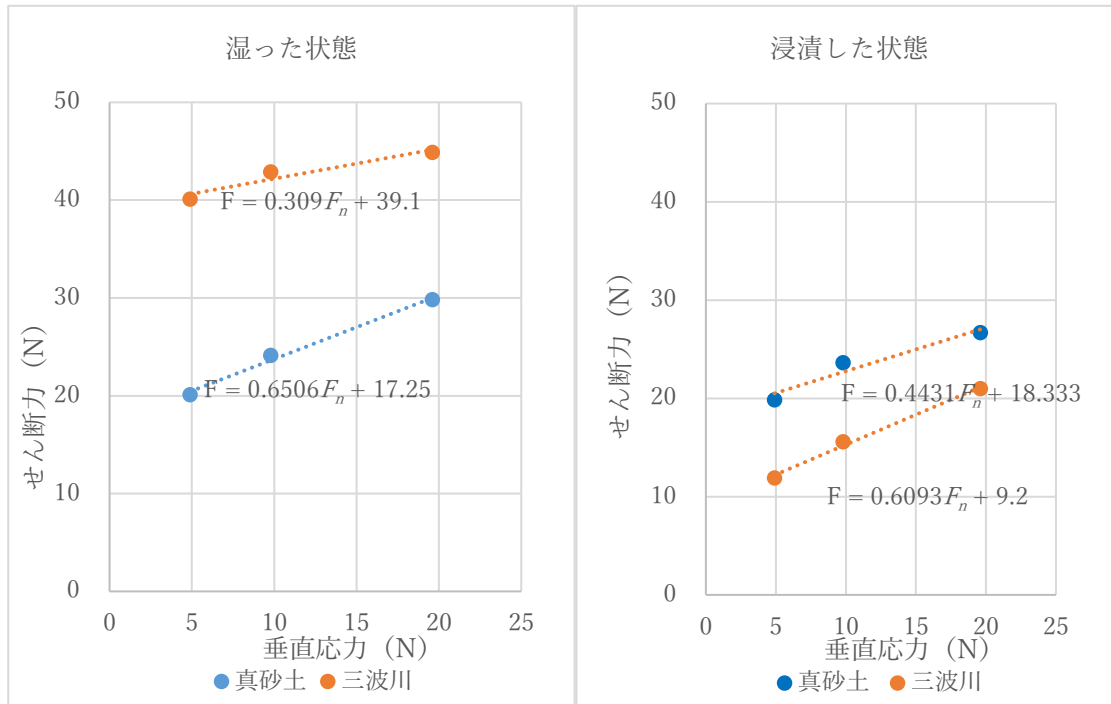


図4. 真砂土と三波川の比較

考察

崩れ方との比較

- ・ 真砂土は、土の状態が変わっていてもせん断力は変わらなかった。この結果は、水を含むと比較的早い段階で、一気に崩れるという現象とは合致しない。このようになった原因は、水の流れや、斜度が関係していると思われるが、この実験では、原因は不明である。
- ・ 湿らした状態では、三波川の方が、せん断力が大きく、昨年度の実験での崩れ方に見られた、三波川は少し水を含んだ状態では粘土のようになって安定したという結果と合致する。
- ・ 浸漬した状態では、三波川は湿らせた状態よりもせん断力が大幅に小さく、昨年度の実験での崩れ方に見られた、ある程度の水の量を超したら崩れるという結果と合致する。

仮説の検証

【仮説①】真砂土のせん断力

真砂土は、土の状態が変わってもせん断力には、ほとんど差がなかった。このことから仮説を裏付けることはできなかった。粘着力は、湿潤で $c = 17.25$ N、浸漬で $c = 18.33$ N でほぼ同じで、土の状態が変わっても粘着力は変わっていない。真砂土はもともと粘着力が大きくなり、摩擦力で土層を支えているため、崩れやすいが、飽和によって粘着力が低下するような性質はないと考えられる。

以上のことから、真砂土は仮説を裏付けることはできなかった。

【仮説②】三波川のせん断力

粘着力は、湿った状態で $c = 39.15$ N で真砂土の倍以上大きく、浸漬で $c = 9.45$ N で、粘着性の土は、湿っている程度の状態では、強い粘着力で大きなせん断力を持っており安定しているが、土に含まれる水の量が多くなると、粘着力が低下して弱くなっていき、せん断力が小さくなると考えられる。

三波川は、以上のことから、仮説を裏付けることができる。

【仮説③】斜面崩壊の起こりやすさについて

斜面崩壊の起こりやすさに、せん断力は関係しているのかは、平面で実験を行ったため仮説を検証することはできなかった。

湿った状態では、三波川より、真砂土の方が静止摩擦係数が大きいため、さらに上に置く重さを大きくすると、三波川よりせん断力が大きくなる可能性がある。

真砂土は上に乗っている土が少ない表面から崩れやすく、三波川は真砂土に比べて、上に乗っている土が多いところから崩れやすいのかもしれない。つまり、真砂土は表層崩壊が起こりやすく、三波川は深層崩壊が起こりやすいと思われるが、これに関しては、さらなる研究が必要である。

今後の課題

仮説③の検証で述べた、真砂土は表層の崩壊が起こりやすく、三波川は深層の崩壊が起こりやすいかを、実験や実際の自然災害と照らし合わせて、検証していきたい。

また、三重県は尾鷲や大台ヶ原といった、非常に降水量の多い地域がある。今回は、真砂土と三波川のせん断力を調べたが、今後は、三重県の他の地質を用いてせん断力を調べ、さらには、実際に起きた災害と照らし合わせて、どのような対策法が、効果的なのかを調べたい。

日本の気象におけるハロ出現時の気象パターンの解析

織田 悠輔

三重大学教育学部附属中学校 1年

Yusuke ODA

要旨

昨年度『ハロが出ると天気の下り坂のサイン』という記述を見つけ、1年間ハロの観測と、その前後の天候を調べた。その結果『ハロが出現した翌日は、天気が曇りまたは雨になる傾向がある』ということを実証した。一方で、ハロの出現後快晴になる日があることも確認しており、ハロの出現する条件は、天気が悪くなること以外にも存在することも実証した。そこで本研究では、2021年から2022年のハロが出現した192日分の天気図の分類を行った。その結果、ハロが生じる際の気象パターンが季節によってどのように変化するかを実証した。

キーワード:ハロ, 低気圧, 停滞前線, 移動性高気圧

1. はじめに

2019年5月5日に祖父母の家から三重に帰る途中の高速道路でハロという現象を初めて見た。写真1は観察協力者によって提供されたハロの画像である。このハロという現象が気になり調べると、大気に浮かぶ氷晶(氷の粒)によって生じる現象だと分かった。太陽の光が反射、屈折することで生じるようである。このような現象は総じて大気光学現象と呼ばれる。写真1の現象の正式な名称は22°ハロと呼ばれるが、本研究ではハロと呼ぶこととする。この現象はよく知られている虹とは異なり、原因となる物質や見える場所などの違いが見られる。

さらに詳しく調べるとウェザーニューズ社のホームページに、ハロが出現した時は天気が下り坂のサイン、と書かれていた。



写真1 ハロ(2021年6月17日, 広島県)

この記述を検証するために昨年度(2020年)、ハロの観測と、その前後の天候を調べた。その結果、ハロが出現した日の翌日には「日照時間の減少」「最高気温の低下」「湿度の上昇」という傾向が見られ、ウェザーニューズ社の記述通り『ハロが出現した翌日は、天気が下り坂になる傾向がある』ということを実証した。

しかしその一方で、ハロが出現したにも関わらず、天気が下り坂にならず、むしろ快晴になる日があることも確認した。この結果は、ハロが出現する要因は一つではなく複数あることを示唆するものであった。

そこで本研究は、ハロが出現する要因を実証するために、ハロが出現した日の天気図を調べ、気象パターンの変化を解析することを目的とした。

2. 実験材料と方法

(1) 実験材料

地上天気図(気象庁)

定点カメラ(ATOM Cam2)

気象教材 Web サイト(ブログ版 科学する空)

(2) 方法

自身の観測記録と、Web サイト「ブログ版 科学する空」の観測記録をもとに、2021年1月から2022年12月の2年間でハロが出現した日、192日の天気図(12時)の分類を行った。

ハロの出現後は天候が崩れる傾向にあることから、

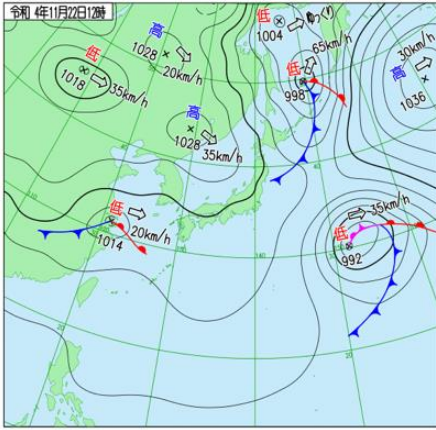


図 1 パターン 1

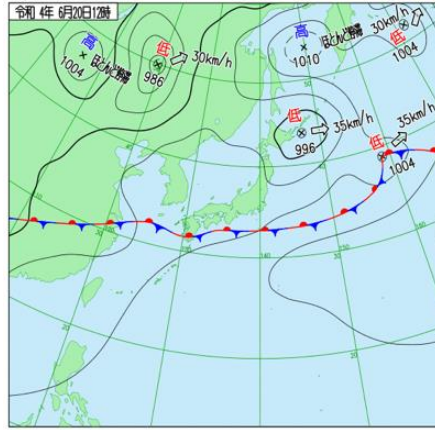


図 2 パターン 2

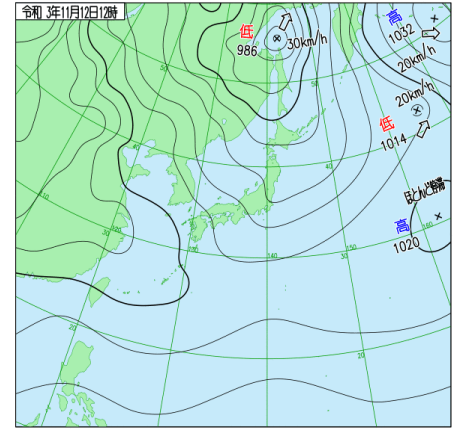


図 3 パターン 3

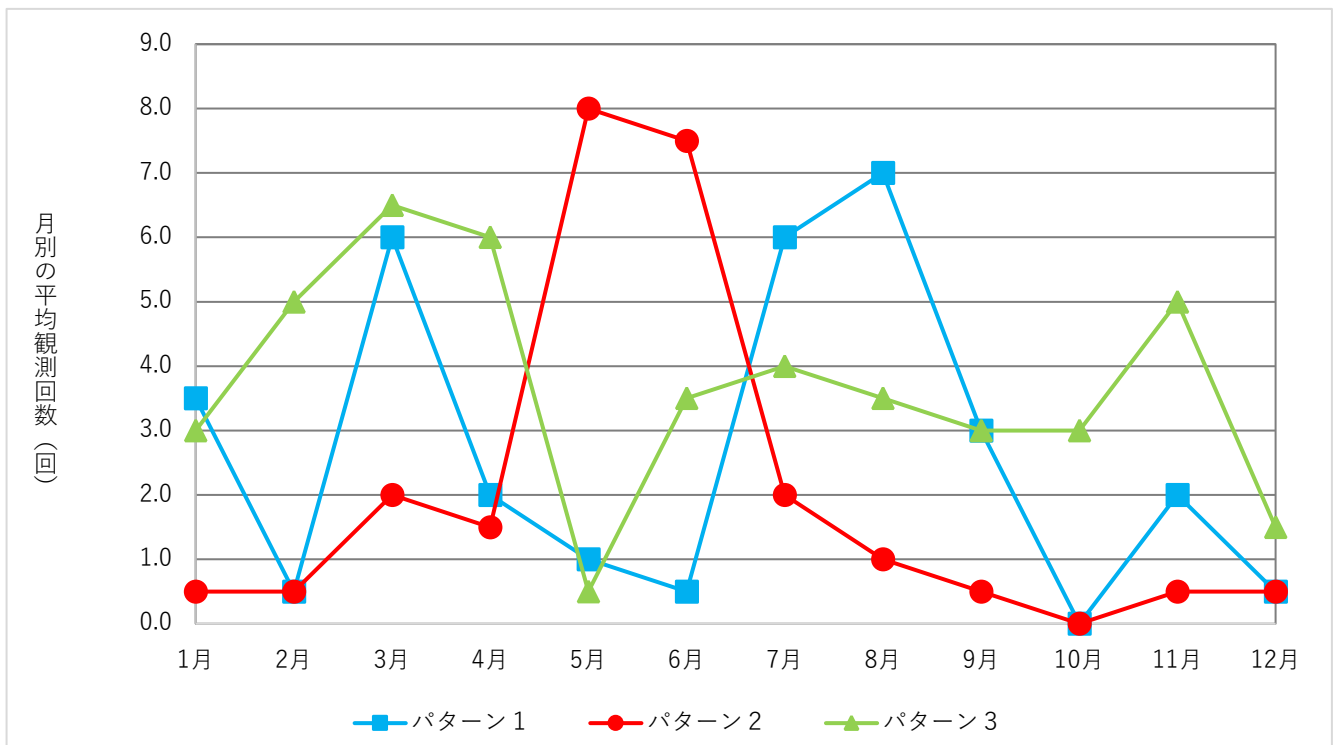


図 4 パターンの推移

天気図の分類は、

- **パターン 1** 日本列島周辺に低気圧があるもの(図 1)
- **パターン 2** 日本列島に停滞前線が接近しているもの(図 2)
- **パターン 3** パターン 1, 2 ではないもの(図 3)とした。判定に困るものについては、指導教官の助言を参考にしながら最終的には自分で判断した。このことによる不正確性は、後のセクションで触れることとする。

判定したパターンの回数は月別にまとめ、その平均値を月のパターンの回数とした。

3. 結果

(1) 月毎のパターン数の特徴

図 4 に本研究で得られた結果を示す。このグラフは、ハロ出現時の天気図のパターン数の推移を表している。

パターン 1 である日本列島周辺に低気圧がある日数は、3月、7月、8月が多く、8月はパターン 1 の最大の数値は 7.0 回であった。反対に、5月、6月、10月では少なく、10月はパターン 1 の最小の数値は 0.0 回であった。

パターン 2 である日本列島に停滞前線が接近している日数は、5月、6月に多くなり、5月はパターン 2 の最大の数値は 8.0 回であった。反対に、9月、10月、

11月に少なくなり、10月はパターン2の最小の数値は0.0回であった。

パターン1および2ではないパターン3では、3月、4月、11月に多くなり、3月はパターン3の最大の数値6.5回となった。反対に、5月、12月、5月はパターン3の最小の数値は5.0回であった。

(2) ハロの出現数の月毎の推移及び出現パターンの特徴

パターン1は出現回数が安定せず、波のようなグラフとなった。しかし回数が顕著に多くなっている月に出現したハロには、何か共通した特徴があり、パターン1の出現条件と関係があると考えられる。

パターン2は梅雨時である5・6月が飛び抜けて多くなっていた。このことから、梅雨時に起こる現象とパターン2の出現条件には関係があると考えられる。

パターン3は特徴らしきものが見えなかった。おそらく、パターン3をパターン1,2以外、と大きく分類している為、それぞれの地上天気図に共通した規則性が見られず、特徴が見つけれられなかったのだと考えられる。

もう1点、パターン間の相互関連に注目すると、理由はわからないが、2月から5月、そして10月から12月にかけてのグラフを見ると、パターン1とパターン3は緩やかに連動しているように見えるが、パターン2とパターン3は明らかに連動していない。

4. 考察

低気圧が接近しているパターン1は、3、7、8月に多い。一般に春や秋には、高気圧と低気圧が交互に来る季節として知られており、この時期に発生するハロは、移動性高気圧と高気圧の間の低気圧に発生するパターンが多いと考えられる。

停滞前線が近くにあるパターン2は、5,6月に多い。日本においてこの時期は、梅雨の時期であることが知られている。梅雨の時期に発生する梅雨前線の正体は停滞前線である。つまり、5、6月に出現するハロは梅雨の停滞前線由来のハロが多いため、顕著に増加したと考えられる。

パターン1,2のいずれでもないと判定したパターン3では、規則性のようなものは確認できなかった。しかし、年間を通じてパターン3は比較的出現しており、中には3月や11月などの多い月もある。パターン3とした分類は、特徴なしと判定した場合の天気図である。ハロが生じる要因が低気圧や停滞前線によるもの以外にも存在するならば、パターン3の天気図を細かく調べる必要がある。これにより新たな規則性が見つけられるのではないかと考えられるが、本研究でそれを明

らかにすることはできなかった。

また、パターン3とパターン1は連動しているようにも見える。パターン1は低気圧が接近している場合にカウントしたが、もしかしたら低気圧が解析されていないだけで、科学的な背景は同じなのかもしれない。今後の研究で解明していく必要があるようだ。

5. この研究の問題点と今後の展望

(1) この研究の問題点

- ・本研究では「ハロ出現の要因」を明らかにすることはできなかった。
- ・ハロの分類したデータが2年分の為、データが少ない。しかし、『ブログ版科学する空』には、2017年からのデータが蓄積されている。なので、4年分のデータをさらに追加して分類することで、より細かく、そしてより正確な研究データを得ることができると考えた。
- ・地上天気図のパターン分類の作業が人の手によるものの為、結果が違う可能性がある。
- ・また、24時間の監視ではなく、人の手による観測結果である為、観測漏れの可能性がある。

(2) 今後の展望

- ・引き続き過去のハロ出現日の天気図のデータを分類する。
- ・また、パターン3と判定した天気図を比較し、共通点や相違点を探る。
- ・引き続き、Atom Cam2での観測および肉眼での観測を継続し、ハロのデータを増やす。
- ・今回は、22度ハロのみを分類したが、他のハロの観測記録も含めて分類すると、また違う新たな結果が出るかもしれない。
- ・特殊な気象条件の台風などの前後で出現したハロには、普段出現するハロとは違う条件で出現している可能性がある。
- ・パターン2の停滞前線関連で、気団との関係について調べてみるのもいいかもしれない。
- ・今回の分析では、ハロを観測した当日の正午の天気図でパターンを分けたが、ハロを観測した時刻とその12,24時間後の地上天気図と比較できると、ハロ出現後の気象パターンが分析できるのではないかと考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり丁寧にご指導いただいた、三重県立飯野高等学校の小林悠介先生に心より感謝申し上げます。またハロの撮影にご協力いただいた三重大学教育学部附属小学校の前田昌志先生、長井直己先生、三重大学教育学部附属幼稚園の辻彰士先生、市川智佐里さんに感謝いたします。

参考文献

池田圭一, 服部貴昭『水滴と氷床がつくりだす空の虹色ハンドブック』株式会社 文一総合出版, 2013年7月31日

小林悠介『科学する空 空を見上げ続けた5年間の記録』NextPublishing Authors Press, 2022年4月29日

小林悠介『ブログ版科学する空』(最終閲覧日2023年1月12日) <https://22dhalo.blogspot.com>

小林悠介『大気光学現象について』科学する空 (最終閲覧日2023年1月8日)

<http://kagakusuru-sora.jp>

気象庁過去の気象データ検索 (最終閲覧日: 2023年1月8日)

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>

気象庁過去の天気図 (最終閲覧日: 2023年1月8日)

<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/wxchart/quickmonthly.html>

高知大学気象情報項 (可視) (最終閲覧日: 2023年1月8日) <http://weather.is.kochi-u.ac.jp>

銀河の明るさ測定から宇宙の膨張速度を求める

下地 崇貴
鈴鹿市立天栄中学校 2年

Souki Shimoji

要旨

この研究では、昨年度の続きとして、昨年を使用したすばる画像解析ソフト「マカリイ」を使い、2つの銀河団 A2151 と A1367 のすでに等級が判明している銀河の明るさを測定し、昨年測定した 2 つの銀河団の中でそれぞれ 10 番目に明るい銀河の明るさの単位 カウント を 等級 へと変換する作業を行った。また、地球から最も近いおとめ座銀河団の中で 10 番目に明るい銀河と、2 つの銀河団の銀河の中で 10 番目に明るい銀河の等級の違いから、ハッブル定数を求める実験を行った。研究の結果、ハッブル定数 92.30km/s/Mpc を求めることができた。

キーワード： 銀河団、銀河の明るさ測定、ハッブル＝ルメートルの法則、ハッブル定数

1. はじめに

僕は、小学生の時に宇宙の始まりに興味を持って以来、宇宙のことが大好きだ。特に宇宙の始まりであるビッグバンのことについて書かれている本や宇宙論について書かれている本を読むと、とてもワクワクする。昨年は、2 つの銀河団の明るさを測定し、宇宙が膨張している証拠として、「ハッブル＝ルメートルの法則」の検証をしたが、今年度は、昨年使用した 2 つの銀河団の間の具体的な膨張速度を求めていきたいと考え、この研究を行った。

2. 研究方法

等級とは何なのかについて調べ、銀河団の明るさを等級に変換したり、そこからハッブル定数を求めたりして、この熱球を行った。研究について、行ったものは 3 つある。1 つ目は、等級に関する調査、2 つ目は総カウントを等級へ変換、3 つ目はハッブル定数を求める、である。

それぞれの方法を以下で述べる。

(1) 等級に関する調査

昨年測定した銀河の総カウントを等級に変換するには、まず、「等級とは何なのか」について知る必要があるため、インターネットを使用して、等級と総カウントの間にはどのような関係性があるのかについて調査を行った。

(2) 総カウントを等級へ変換

今回は、まずすでに等級が判明している星の明るさを測定しその全体の明るさである総カウント、等級を使用した図を作成した。その後、(1)の調査により判明した等級が 1 違うと明るさは約 2.512 倍違うという性質を使用し、それらを踏まえて 2 つの銀河団 A2151 と A1367 の中ですでに等級がわかっている銀河の明るさを 2.512 倍した。また、総カウントが大きい、つまり明るい等級は小さくなるため、等級を -1 した結果の値を図に表し、その値をなめらかな線で結び、昨年測定した A2151 と A1367 の測定結果の中で 10 番目に明るい銀河の等級を読み取った。

本来ならば近似曲線を引き、値を読み取るが、今回は

近似曲線が中学生では習っていない関数を使用するため、自分でなだらかな曲線を描いて求めた。今回、銀河の明るさを測定するために使用するアプリケーションは、昨年を使用したすばる画像解析ソフト“マカリイ”である。

(3) ハッブル定数を求める

(2)にて総カウントから等級へ変換した 10 番目に明るい銀河の等級の値と、地球から最も近い銀河団であるおとめ座銀河団の 10 番目に明るい銀河（これ以降は NGC4501 と呼ぶ）の等級と距離を使用した。NGC4051 の等級と距離は、9.7 等級、15.5Mpc である。Mpc とは天文学で距離を表す単位である。15.5Mpc は 5050 万光年に相当する。NGC4501 の等級と 2 つの銀河団の 10 番目に明るい銀河の等級との差を求め、(1) の調査により判明した等級が 1 違うと明るさが 2.512 倍違うということを利用して等級差と明るさの比をとった図を作成し、その図と等級差から明るさの差を求めた。その後、「この 3 つの銀河はもともとは同じ明るさである」と仮定し、そこから昨年を使用した、光の減衰の法則と明るさの差を使用した。光の減衰の法則とは逆二乗の法則の一つで、物理量の大きさがその発生源からの距離の 2 乗に反比例するという法則である。それにより 2 つの銀河団までの距離を推定し、昨年度ハッブル＝ルメートルの法則の検証の際に使用した 2 つの銀河団の後退速度 (V) と、今回求めた距離 (r) から式 (1) を用いてハッブル定数を求めた。

$$H=V/r \quad (1)$$

ハッブル定数は現在の宇宙の膨張率を表す。

3. 結果

(1) 等級に関する調査

調査の結果、次のことがわかった。

- ・等級を表す数字が小さいほど、その天体は明るい。
- ・等級が 1 等級小さくなると、 $100^{0.2}$ 倍天体の明るさが明るいことを示す。
- ・等級が 5 違うと明るさ（総カウント）は 100 倍違う（図 3）

(2) 総カウントを等級へ変換

測定した銀河の総カウントと等級の関係から図を作成した。A2151が図1、A1367が図2となっている。青色で示されているデータはすでに等級がわかっている銀河の総カウントをマカリイにて測定して求めたもの。データは矩形測光によって求めた。オレンジ色で示されているデータは計算により求めたもの。図1、2、ともに曲線となった。

図1、2より、A2151で10番目に明るい銀河は14.1等級、A1367で10番目に明るい銀河は13等級であることを読み取った。

(3) ハッブル定数を求める

(2)の2つの銀河団の10番目に明るい銀河の等級のデータからNGC4501の等級9.7を引いた等級の違い

A2151 4.4等級 A1367 3.3等級を求めることができた。その後、図3よりA2151で61倍、A1367で20.5倍総カウントが異なることを読み取った。

青い縦線はそれぞれの銀河団で10番目に明るい銀河のカウントを示している。

その後、3つの銀河団で銀河の総カウントが異なるが、元の銀河の明るさは同じだと仮定し研究した。そのため、明るさは距離の2乗に反比例するという光の減衰の法則を利用することができ、それによりNGC4501との距離の違いA2151で7.81倍、A1367で4.53倍距離が異なることを見積もることができた。

そして、このデータとNGC4501までの距離のデータ5050万光年から、A2151は 3.94×10^4 万光年、A1367は 2.29×10^4 万光年と距離を見積もった。

その後、(1)の式、距離のデータ、昨年使用した2つの銀河団の後退速度を使用し、ハッブル定数が求められた。(表2)なお、研究分野では距離の単位として「万光年」ではなく「Mpc」を使用するため、本研究でもハッブル定数の算出の際は、銀河団までの

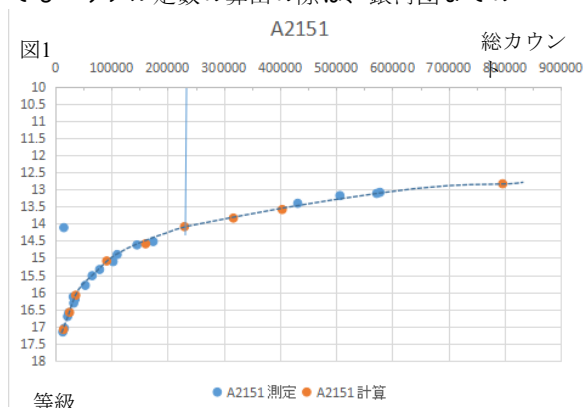


図1：A2151の明るさと等級の関係

表2 求めたハッブル定数、研究者が発表しているハッブル定数

銀河団	ハッブル定数
A2151	90.63km/s/Mpc
A1367	93.97km/s/Mpc
平均	92.30km/s/Mpc
先行研究	66.93 ± 0.62 km/s/Mpc

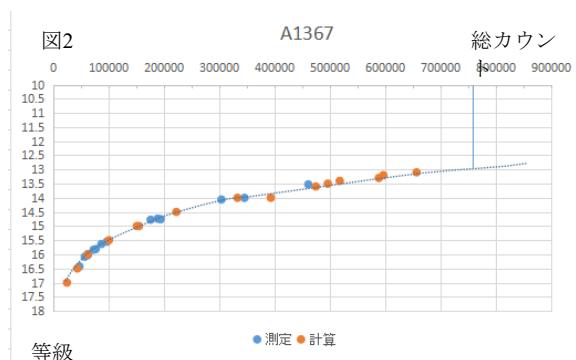
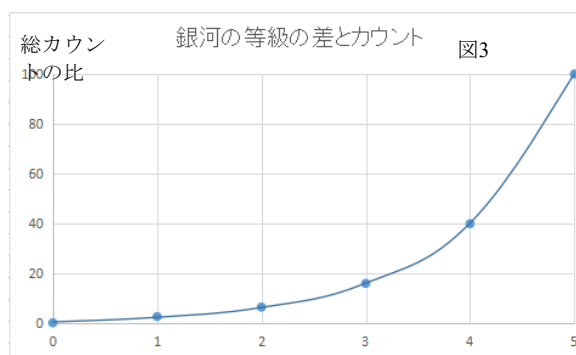


図2：A1367の明るさと等級の関係



等級の差

図3：銀河の等級と総カウントの関係

距離を「万光年」から「Mpc」へと変換して用いた。

4. 考察

本研究では、ハッブル定数を求めることを目的とした。単位がkm/s/万光年のハッブル定数は、研究者が発表しているハッブル定数と大きな差があった。しかし、Mpcで求めたA2151とA1367のハッブル定数は研究者が発表しているハッブル定数と大きく異なっていないことが分かった。したがって、正しいハッブル定数を求めることができたことがわかった。また、図1を見ると、1つだけ曲線とならなかったデータがあった。2、3度測定をし直したが、同じ結果となった。

5. まとめ

今回の研究から、宇宙の膨張率を表す具体的なハッブル定数、A2151は90.63km/s/Mpc、A1367は93.97km/s/Mpc、平均は92.30km/s/Mpcを求めることができた。また、総カウントと等級の関係から、昨年ではわからなかった銀河団までの具体的な距離を求めることができた。

来年度は、なぜデータが1つだけ曲線にならなかったのか、などについて、もう少し詳しく調べてみたいと考える。

6. 謝辞

研究を進めるにあたり、大変多忙なことにも関わらず、ご指導いただいた三重大学教育学部の伊藤信成先生に感謝いたします。また、このような大変貴重な機会を与えていただいた、三重ジュニアドクター育成塾の後藤太郎先生をはじめ、ご協力いただいた先生方に感謝申し上げます。

7. 参考 URL

・Astroarts

https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/9750_hubbleconstant

・物理のメモノート

<https://phymemo.shakunage.net/phys/magnitude/magnitude.html>

昆虫の飛ぶ仕組みを調べてみた

辻本 憲史

三重大学教育学部附属中学校 1年

Norihumi Tsujimoto

要旨

昆虫の飛ぶ仕組みを調べたところ、飛行機やヘリコプターとは全く違う仕組みで飛んでいることがわかった。この昆虫の飛翔メカニズムを模倣することができれば、今までとは違う飛行物体を作ることができると考えた。特にハチやトンボなどの間接飛翔型は背板を上下させて翅を打ち上げたり打ち下ろしたりするととても面白いものだった。いかに背板を上下させるかが問題になり、模型をいくつか作成したが、思うような装置はできなかった。

キーワード： 飛翔模型 昆虫

1. はじめに

4年生の自由研究で 23 種の昆虫を採集し翅を広げた状態の標本にして、それぞれの昆虫の翅の特徴についてまとめた。その結果、ハチの翅がコンパクトで長距離を飛ぶことができ飛行能力も高く一番すごい翅だと思った。そこで、昆虫の飛翔メカニズムを調べてみると、飛行機やヘリコプター、ドローンとは違う仕組みで飛んでいることがわかった。昆虫の翅をまねることができれば今までにない飛行物体ができると考えた。そこで昆虫の飛翔のメカニズムについて調べ、飛翔の模型を作成してみようと思った。



4年生で作成した標本

2. 材料と方法

昆虫の飛ぶ原理と同じ模型を作る。

材料

飛翔模型の材料に次のものを準備する。
ボール・ガムテープ・ひも・輪ゴム・レゴデュプロ・レゴブロック・下敷・プラスチックボード・たこ糸・保冷剤・わりばし・竹串・ストロー・磁

石・コイル・プラバン・ナイロン糸・ichigojam
方法

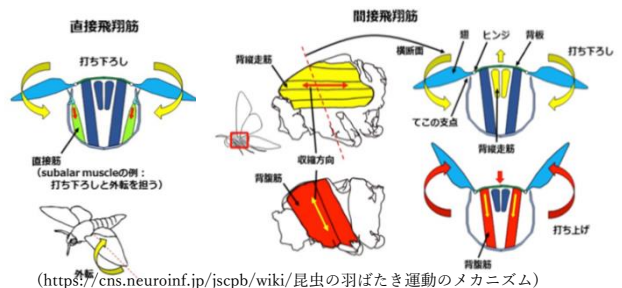
羽ばたきのメカニズムを本やインターネットで調べた結果、昆虫の羽ばたきのメカニズムは昆虫の種類によって2つあることがわかった。

・直接飛翔筋によるもの

(トンボやカゲロウなどの原始的な飛翔システムの昆虫)

・間接飛翔筋によるもの

(甲虫・チョウ・ハチなどの新しい飛翔システムの昆虫)



(<https://cns.neuroinf.jp/jscpb/wiki/昆虫の羽ばたき運動のメカニズム>)

この2つの種類それぞれについて模型をつくる。

3. 結果

結果1：段ボールでの飛翔模型

・直接飛翔筋による運動装置
翅の上下運動を再現できた。



・間接飛翔筋による運動装置
背板を押し上げることで翅を持ち上げる背板の変形を、しなりのない段ボールでは作成できなかった

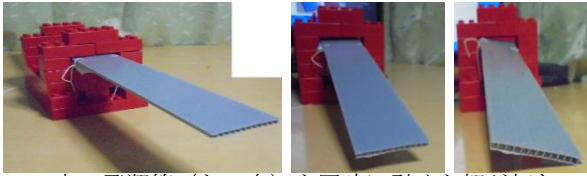


結果2：レゴデュプロでの飛翔模型

・直接飛翔筋による運動装置

直接飛翔は翅の上下運動と外転運動、内転運動ができるようになった。

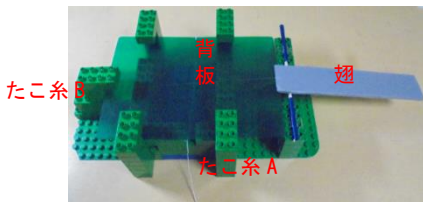
打ち下ろし 外転運動



- ・2本の飛翔筋（たこ糸）を同時に引くと翅が打ち下ろされる。
- ・1本のみを引くと翅が外転運動する。

・間接飛翔筋による運動装置

間接飛翔は背板をしなりやすい下敷きにしたため、上下運動と外転運動、内転運動ができるようになった。



- ・背縦走筋（たこ糸 A）を引くと背板が盛り上がり翅が打ち下ろされる。
- ・背腹筋（たこ糸 B）を引くと翅が打ち上げられる。

《模型結果からいえること》

実際に模型をつくることで飛ぶメカニズムを理解することができた。
 昆虫は背板が曲がることで飛んでいる時の運動が起こることを確かめた。
 そこで昆虫の飛翔システムで自動で羽ばたく装置をつくってみたいと思った。
 インターネットで調べてみると、直接飛翔での羽ばたくトンボ型のロボットがすでに作られていることがわかった。しかし、昆虫の間接飛翔型のロボットに関するものを見つけることができなかった。
 そこで自動で翅を動かすことのできる間接飛翔装置を作ろうと思った。

結果3：レゴ歯車を使った飛翔模型

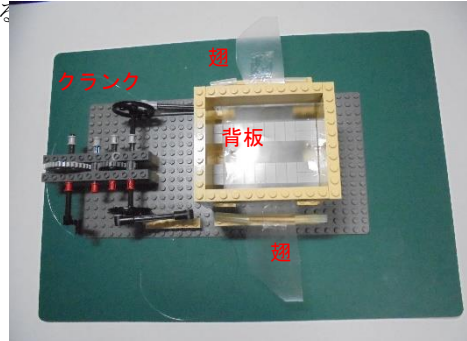
自動で動かすにはモーターを使うことになると考えた。回転する動きを上下運動に替えるためにクランク機構を使い、回転数を増やすために歯車を使った。取っ手を回すと翅が上下する。



翅は上下に動くものの背板を利用した間接飛翔の仕組みとは違うものになってしまった。

結果4：結果2と結果3を合わせる。

レゴで結果2に近いものを再作成。背板にクリアフェイルを使う。背板に糸を通して結果3のクランクで引っ張る。



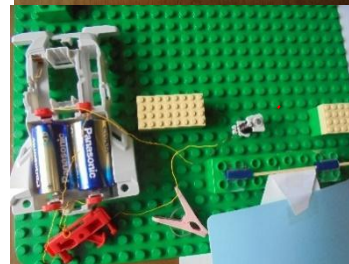
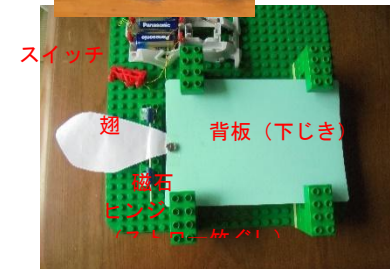
クランクを動かすと少し背板がしなり、翅が羽ばたいた。しかし、力の伝わりが弱く、糸も絡まり動かなくなる。

結果5：電磁石を使った飛翔模型

背板を上下できないか全く違う方法を考えた。学校でならった電磁石の力を使えないか考えた。電磁石であれば電流を流したり切ったりすることで磁力をもたせたりなくしたりできるのでよいと考えた。小さいといろんな装置が作成しにくいので、レゴデュプロで装置を作成。学校でもらった「電流のはたらきロードスターZ型」を使って磁石の力で背板が上下するものを作成。



電流のはたらきロードスターZ型



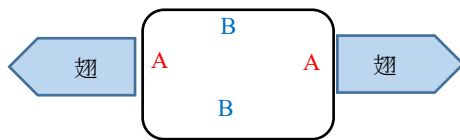
背板の上の磁石の磁力が強く、電磁石の中心の鉄芯に引っついて反発させようとしても反発してくれなかつ

た。逆に背板の上の磁石の磁力を弱いものに替えたところ、電磁石にひきつけられなかった。電磁石のコイルの巻き数を変えて何度か調節したがうまくいかなかった。思っていたより磁力を調節することは難しいことがわかった。

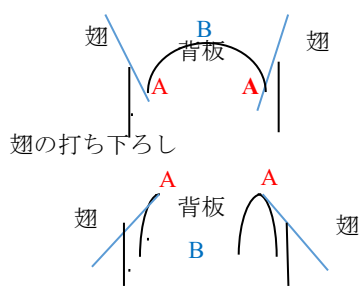
結果6：ichigojamを使った装置

作成したい間接飛翔について整理してみた。

- ・昆虫の胸を上から見たところ



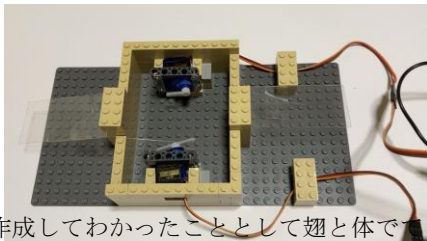
- ・昆虫の胸を断面で見たところ



昆虫の翅は背板の A 側が下に曲げられたときに打ち上げられ、B 側が下に曲げられたときに打ち下ろされる。それを交互に行うことで、羽ばたきが起こる。

A 側と B 側を交互に引っ張る必要があるので、交互に作動させることができるようプログラムできる ichigojam を使うことにした。

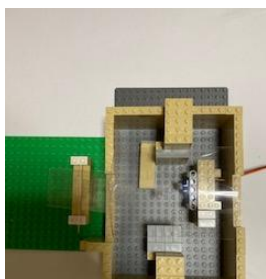
背板の二か所の A 点に穴を開けナイロン糸をとおし同時に引っ張ることで背板を曲げて翅を打ち上げ、背板の二か所の B 点に穴を開けナイロン糸をとおし同時に引っ張ることで背板を曲げて翅を打ち下ろす。それを交互に作動するようにプログラミングする。



作成してわかったこととして翅と体でこの原理がはたしているということ。

背板がイメージ通りに曲がらず翅の動きに結びつかず失敗した。糸の位置、背板の硬さによりしなりが思うようにいかない。

そこでまず打ち下ろしの動きだけを再現できる模型の作成をした。



翅 背板 (プラバン)

背板がまがることによる打ち下ろしが再現できた。

〈実証実験〉

セミが道に死んでいたもので、今作成している飛翔メカニズムが実際の昆虫でどのようにその筋肉がついているのか解剖することで確かめてみた。



セミの背板を指で押すと翅は自然に打ちあがる。



セミの胸と翅の間には白い幕のようなものがある。翅のついている胸部分の足がついている下側は固くなっている。翅と胴体がこの原理が働くように固くなっているようだ。赤線で切断する



背板を指で押すと翅は自然に打ちあがる。筋肉繊維は背と腹に縦につながっている。



背板の翅がついている近くを竹串で内側から押し上げると翅は打ち下がる



死んでいるセミでも、実際に背板を上下することで、翅を打ち上げたり打ち下げたりすることがわかった！

4. 考察

昆虫の飛翔システムの一つである間接飛翔の装置をつくるため、背板をいかに上下させ、その運動により翅を上下させるかが問題となった。翅の打ち下ろし自動装置はできたものの、背板を上下させる伸び縮みする筋肉の動きを装置にすることは、とても難しいことがわかった。羽ばたきの再現さえ出来ていないが、これで実際に飛びたつものを作るには、機械の重さ、翅の回転とまだまだ課題が多く、昆虫はずごとと改めて感じた。

参考文献

昆虫の羽ばたき運動のメカニズム <http://chs.neuroinf.jp/jscpb/wiki/>
 空を飛ぶ生き物たち PHP 研究所 2015 年
 工作でわかるモノのしくみ 誠文堂新光社 2018 年

Scratch を用いた音楽ゲームの作成

柴田琉花
三重中学校 3年

Luka Shibata

要旨

Scratch を用いた音楽ゲームの作成を行った。

Scratch の拡張機能の音楽のプログラムを使って音楽と落ちてくるタイミングを合わせたが、合わなかつ たため使わず変数を使ってタイミングを合わせた。

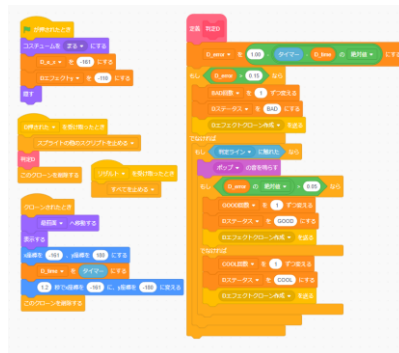
1. はじめに

実験の動機は、リズムゲームにハマって Scratch の遊ぶところでリズムゲームがあってやってみたら面白かったのので、作ってみようと思った。

昨年も Scratch を使ってゲームを作成したので、それを活かして拡張昨日などを使ってリズムゲームを作成したいと思った。

変数 ・Dエフェクトx、・Dエフェクトy、・Dステータス、・Fエフェクトx、・Fエフェクトy、・Fステータス、・Jエフェクトx、・Jエフェクトy、・Jステータス、・Kエフェクトx、・Kエフェクトy、・Kステータス

Dのプログラム



Kのプログラム



2. 実験の概要

★実験機材

PC (Windows 10 home)

開発環境

Google Chrome バージョン: 98.0.4758.102 (Official Build) (64 ビット)

スプレッドシート

Scratch3.0 <https://stretch3.github.io/>

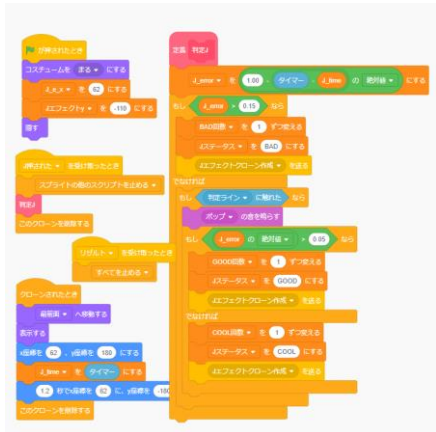
★使用したスプライトと背景

スプライトは、D/F/J/K、DFJK キー押下、判定ライン、ノートです。



Jのプログラム

★キーのプログラム

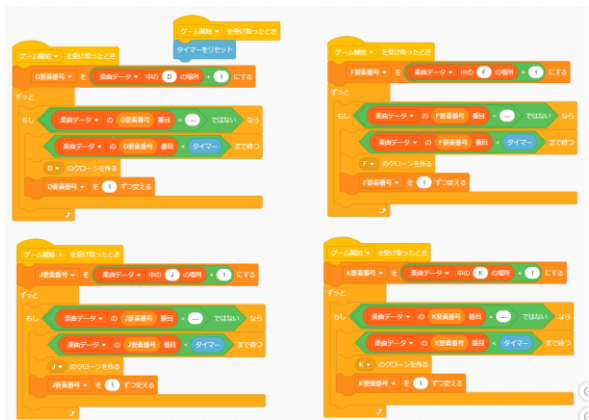


K の プ ロ グ ラ ム

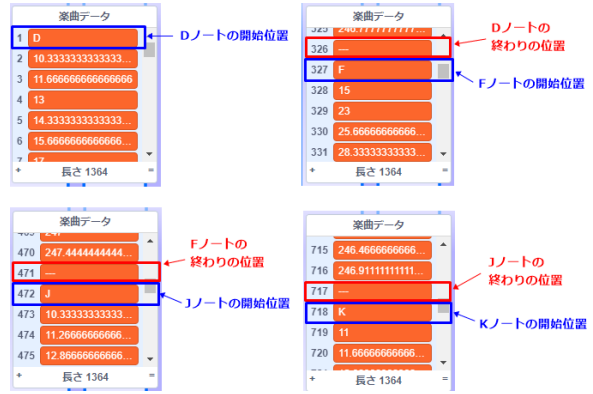


★ノート生成のプログラム
 変数 ・D/F/J/K 要素番号
 リスト ・楽曲データ

ノートのプログラム



★楽曲データのプログラム



「楽曲データ」に入っている数字は、ゲームスタート直後にタイマーがリセットされてからの経過時間（秒）を表しています。

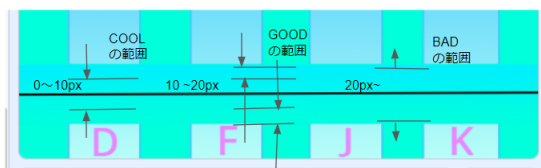
Dリストの計算は

- ・1拍あたりの時間（秒） = $60 \div 90 = 0.666666\dots$
- ・ノート生成時間（秒） = $(17 + 0) * 0.66666 - 1 \approx 10.333322 \leftarrow 2$ 番目
- ・ノート生成時間（秒） = $(17 + 2) * 0.66666 - 1 \approx 11.666654 \leftarrow 3$ 番目

★DFJK キー押下のプログラム



★エフェクトのプログラム

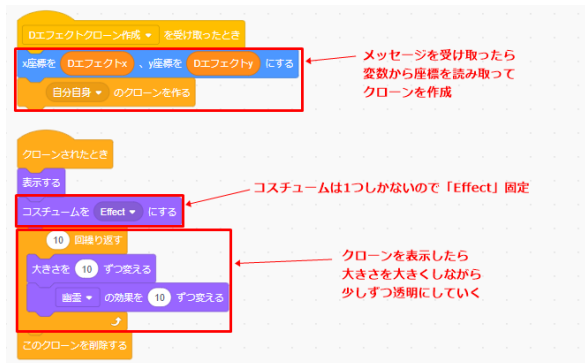


- ・ 黒いラインを中心として上下 10px 以内だったら COOL にする。
- ・ 上下 10~20px の範囲だったら GOOD にする。
- ・ 上下 20px 以上離れていたら BAD にする。

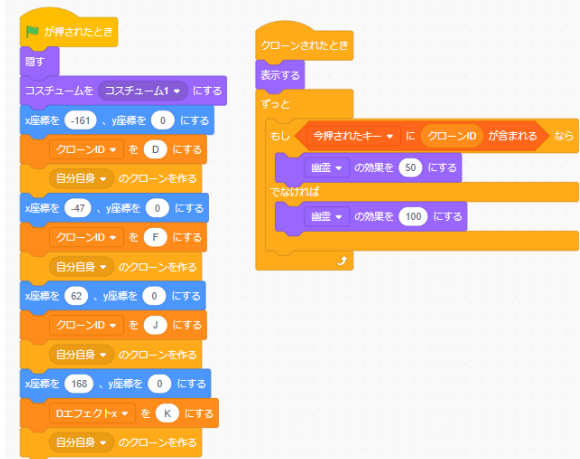
ステータスのプログラム



エフェクト2のプログラム



エフェクト3のプログラム



★楽曲データのプログラム

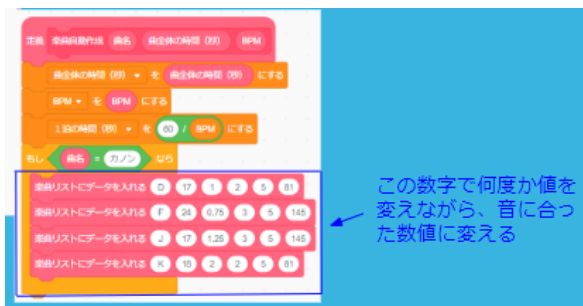
- 変数
- ・ 曲名
 - ・ 今何拍目?
 - ・ BPM
 - ・ 曲全体の時間 (秒)
 - ・ ノート出現時間 (秒)
 - ・ 最初のノート
 - ・ ステップ
 - ・ 楽曲データ



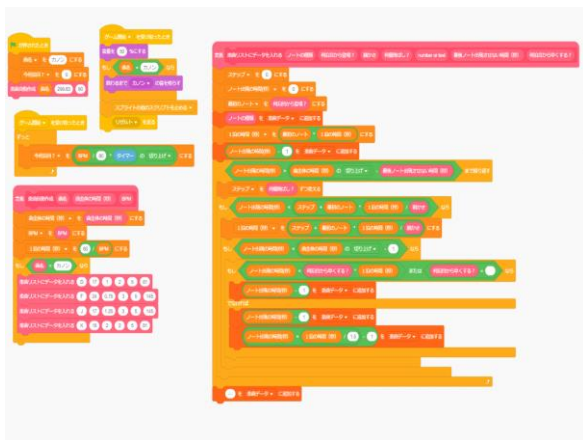
- ・ ノートの種類 ノートの種類は、DFJK のいずれかを

選択

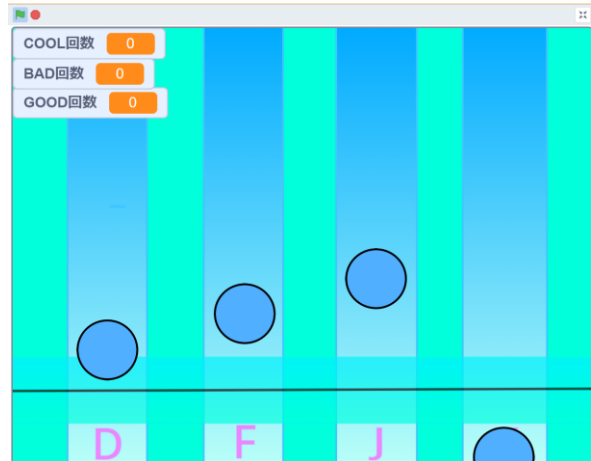
- ・何拍目から登場？ ノートを登場させるタイミング
- ・細かさ 4分音符なら「1」、8分音符なら「2」、2分音符なら「0.5」細かく音程を取る場合は1より大きな数字にし、1より小さな数字にするとの逆。
- ・何個飛ばし？ ノートをスキップさせる間
- ・最後にノートを出現させない時間（秒）
曲の終わりから何秒前でノートを止めるか。入力した数字が曲の終わる何秒前かにノートが止まる。
- ・何拍目から速くする？ 入力した拍数からノート生成頻度を1.5倍に変更する。



楽曲データのプログラム



ゲーム画面



3 まとめ

今回音ゲーを作ってみて、1番難しかったのは落ちてくるタイミングを合わせることでした。最初は何拍休むかのプログラムを使ってタイミングを合わせていましたが、なかなか合わなかったため計算してそれをプログラムにしてみました。今度は、本当のゲームみたいに選択画面から始まったりもっと曲を増やしてみたいです。

参考文献

松下孝太郎、山本光（2020）スクラッチプログラミング事例大全集

石原淳也、倉本大資（2020）Scratchではじめる機械学習作りながら楽しく学べるAIプログラミング

[Scratch] 簡単プログラミング！音ゲーの作り方
<https://www.youtube.com/watch?v=NXnMnKO-8Vw&t=1s>

スクラッチで音ゲーを作ろう！[ゆっくり×スクラッチ]
<https://www.youtube.com/watch?v=LEx0NHGA0-o&t=1s>

ウミホタルは血の匂いを感じて餌を見つける

寺地 優太

近畿大学附属新宮中学校 2年

Yuta Teraji

要旨

ウミホタルは海底に生息する小型甲殻類で、発光物質を出して光ることから発光の研究に用いられている。ウミホタルの採集には魚のアラを用いるが、どのようなものにも集まるか野外調査実験と室内行動実験で調べた。その結果、ウミホタルは脊椎動物の血液に誘引されることがわかった。血液のヘモグロビンに含まれる成分として鉄に対する反応を調べたところ、錆びた鉄釘に誘引された。錆びた鉄釘と魚のアラを同時に用いることで、アラだけの場合より多くのウミホタルが採集された。鉄の匂いの正体としてトランス-4,5-エポキシデセナールが知られており、この物質は紅茶にも含まれることから、紅茶に対する反応を調べたところ、錆びた鉄釘や血液と同様の反応がみられた。さらに、トランス-4,5-エポキシデセナールを用いた行動実験により、1.0ppb（10億分の1）の濃度に反応した。また、鉄釘だけでは集まらないことから、ウミホタルが餌を食べるには味覚が関係していると考え、いりこなど3種類のだしの素を用いた野外調査実験を行ったところ、いりこを溶かした寒天に集まり、鉄釘を入れることで最も多くのウミホタルが集まった。以上の結果から、ウミホタルは血液の匂いに誘引され、イノシン酸を含むものを感じて摂餌することがわかった。

キーワード： ウミホタル・嗅覚・血液・トランス-4,5-エポキシデセナール・味覚・イノシン酸

1. はじめに

私は2019年に新宮市青少年少女発明クラブの講座でウミホタルについて学ぶ機会があり、発光の美しさに興味をもった。ウミホタルの採集には魚のアラを用いることが一般的であるため、ウミホタル採集用のトラップを作成して自宅の近くにある港に仕掛けたところ、ウミホタルを採集することができた。

ウミホタルがどのようなものにも集まるのかを調べたくなり、2020年には私たちが食べる食材（魚、大豆ミート、うどん、牛脂、大根、チョコレート）6種類を用いて採集した。その結果、魚に最も多く集まり、ついで少量であるがうどん、大豆ミートとなり、牛脂や大根、チョコレートには集まらなかった。

2021年に飼育中のウミホタルを観察していた際、餌を入れていた何もない小皿に集まってきたことがあった。2020年に行った実験で1回だけうどんに多く集まったことを思い出した。その原因として、魚のアラを触った手でうどんを触ったり、魚のアラを置いた小皿を用いたことにより、うどんや皿に血液が残っており、血液に反応したのではないかと考えた。

そこで、ウミホタルが石やうどんに接触するかどうか室内実験をしたところ、石にはほとんど接触せず、血をつけた石には接触した。また、血をつけた石より、血をつけたうどんに対して接触が多かった。このことから、うどんや皿に集まったのは、血が付着していた

ためという予想を裏付ける結果となった。

血液に反応する水生動物としてはサメが有名であるが、無脊椎動物が血液に反応するという研究報告はみられない。そこで、ウミホタルの摂餌行動を指標に、ウミホタルがどのような匂い成分を感じているか明らかにすることを研究の第一の目的とした。嗅覚に関する実験をする過程で、誘引するだけで食べないこともあることがわかったため、食べ物かどうかの識別には摂餌は嗅覚とともに味覚も関係していると考え、味覚について明らかにすることを第二の目的とした。

2. 材料と方法

(1) 実験動物

ウミホタルの採集

2020年8月から2021年9月にかけて、採集場所は和歌山県那智勝浦町の宇久井港の防波堤で採集した。採集するためにトラップは小型プラスチック水槽を用い、これに魚のアラを入れた。1回の採集で、2個から6個のトラップを用いた。日没後に防波堤から海に沈め、1時間程度置いてから引き上げた。水槽内のウミホタルをそのまま自宅に持ち帰り、個体数を数えた。

ウミホタルの飼育

ウミホタルは人工海水を入れたプラカップ（直径10cm）に入れ、20℃に設定した恒温器で飼育した。

魚のアラの小片を3日に1回与え、海水は1週間に1回交換した。

(2) 行動実験

プラカップに人工海水を1cmの深さまで入れ、ここにウミホタル5個体入れた。カップの中央に餌を入れた(図1-A, B)。上からタブレットのカメラで1分間動画記録した。餌に接触した個体数と最初に餌に接触した時間を計測した。各実験は個体を変えて5回繰り返した。

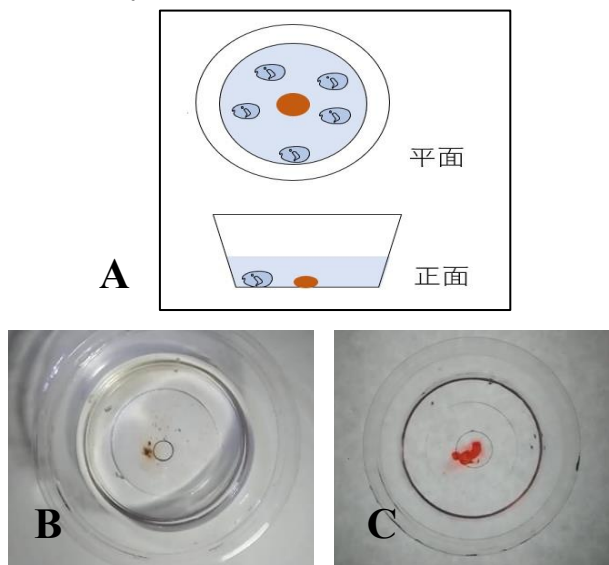


図1 行動実験に用いた容器の模式図(A)。カップに5個体のウミホタルを入れ、中央に餌物質(オレンジ色の部分)を置いた。B: 中央に餌(肝臓)を置いた状態。C: 「餌」とするテスト液が液体の場合に、着色したペクチンで粘性を高めて用いた。

(3) 嗅覚に関する実験

ウミホタルを誘引するものを調べるために、以下のものを用いた室内行動実験を行った。

① 魚のアラの種類に対する反応

魚の心臓、肝臓、腎臓、血液

② その他の血液成分を含むものや脂質に対する反応

鳥の血液、骨髄、肝臓、牛脂、鯨の血液、冷凍赤虫、乾燥赤虫

③ ヘモグロビンに含まれている成分に対する反応

鉄釘、ステンレス釘、真鍮釘、錆びた鉄釘、ペンキを塗った鉄釘

鉄釘については、野外採集実験も行った。

④ 血の匂い成分を含むものに対する反応

紅茶(株式会社ろばや、有機紅茶)

⑤ 血液の匂い成分に対する反応

トランス-4,5-エポキシデセナール 1 mgを 1ml の

DMSO(ジメチルスルオキシド)で希釈して0.1%にしたものをストック液とした。これを10倍から1億倍に希釈してテスト液とした。テスト液をゲル化して用いるためにペクチンを加えるとともに赤色食用色素を入れて、「餌」として見えることができるようにして、カップの中央に入れた(図1-C)。この試薬の購入や準備は自分でできないことから、三重大学教育学部理科教育の後藤太郎先生にご協力いただき、先生の研究室に行き実験した。

(4) 野外における嗅覚に関する採集実験

嗅覚に関する行動実験の結果をもとに、ウミホタルを誘引した鉄釘については、魚のアラと組み合わせをした野外採集実験を行った。

(5) 野外における味覚に関する実験

味覚物質として知られている物質を寒天で固めたものを用いて、野外採集実験を行った。魚の出汁や昆布の出汁に着目し、顆粒の出汁の素3種(いりこだし、昆布だし、カツオだし、理研ビタミン株式会社)を用い、これを寒天液(2~5%)に溶かして、プラスチックのカップ(100ml)に入れて固めた。また、嗅覚による誘因を確認するために寒天を溶解するのに紅茶を用いたものや、紅茶の代わりに鉄釘も用意した。これをウミホタル採集に用いている容器に入れて採集実験を行い、集まったウミホタルの個体数を調べた。

3. 結果

(1) 嗅覚に関する行動実験および野外調査実験

① 鯖の内臓に対する反応

魚の各臓器に反応がみられた。餌への接触までの時間は血液や肝臓では10秒ほどであったが、心臓や腎臓でも同程度の時間に集まることもあった。このことから、臓器の種類による差はないといえる。(図2)

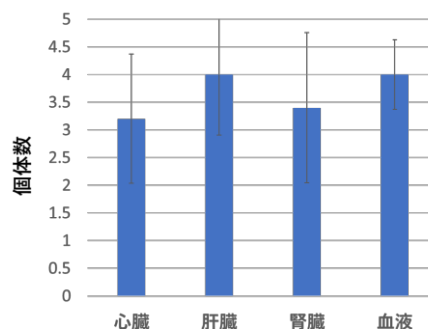


図2 鯖の内臓に対する反応

② 他動物の血液に対する反応

鳥と鯨の血液には同じぐらいの大きな反応が見られ、次いで赤虫となり、牛脂と骨髄には反応しなかった。また、冷凍赤虫や乾燥赤虫に集まったことから、ヘモグロビンに含まれ分解されないものに誘引されると考えられる。(図3)

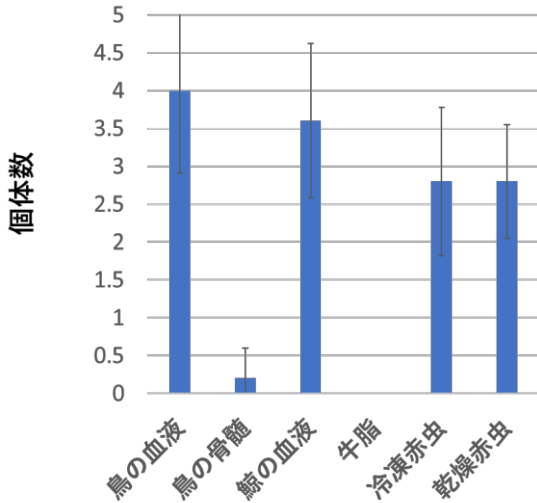


図3 他の動物の血液に対する反応

③ 金属に対する反応

ステンレス、真鍮の釘には反応がなく、鉄釘や錆びた鉄釘には反応があった。ペンキを塗った鉄釘には反応がなかった(図4)。

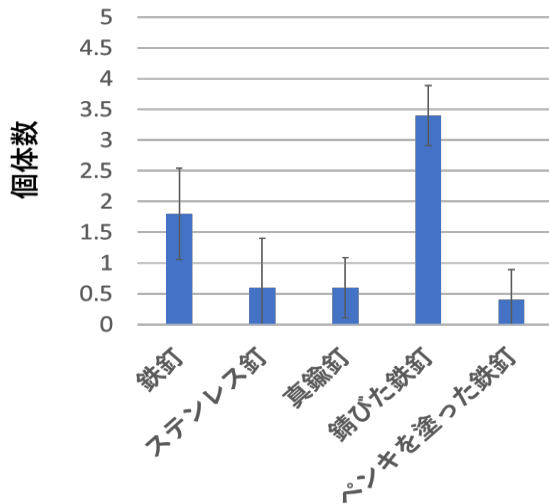


図4 金属に対する反応

④ 紅茶に対する反応

血液に含まれる成分と同じものが紅茶に含まれているという報告があったことから紅茶に対する反応を調査。その結果、血液と同程度の誘引がみられた(図5)。

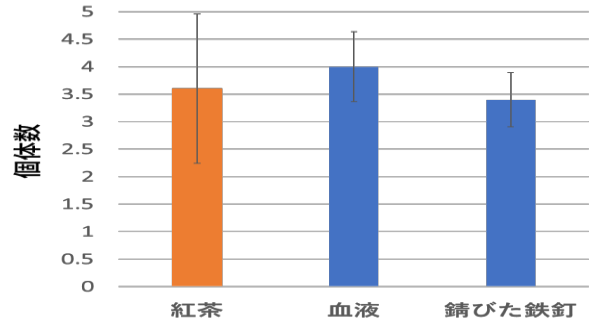


図5 紅茶に対する反応

⑤ ウミホタルの野外採集における鉄釘の利用

行動実験の結果をもとに、ウミホタル採集の餌として鉄釘を用いた。その結果、錆びた鉄釘だけではほとんど採集できなかったが、魚のアラと錆びた鉄釘を入れた場合、魚のアラだけの場合よりも多くのウミホタルが集まった(表1)。

表1 鉄釘を利用した野外採集実験

餌	トラップ A	トラップ B
魚のアラ	56	33
錆びた鉄釘	4	0
魚のアラと錆びた鉄釘	706	158

⑥ トランス-4.5-エポキシデセナールに対する反応

鉄の匂い物質として知られているトランス-4.5-エポキシデセナールを三重大学教育学部の後藤太一郎先生にこの試薬を用意していただき、これに対するウミホタルの反応を2022年5月1日に三重大学の研究室をお借りして調べた。ストック液は0.1%であることから、これの10倍希釈から1億倍希釈まで調べた結果、10ppb(10億分の1)から0.01%までの濃度に対して50~60%の反応が見られた。1ppbでも25%の反応であったが、0.1ppbでは反応がなかった。このことから、ウミホタルはトランス-4.5-エポキシデセナールに誘引されることがわかった。(図6)

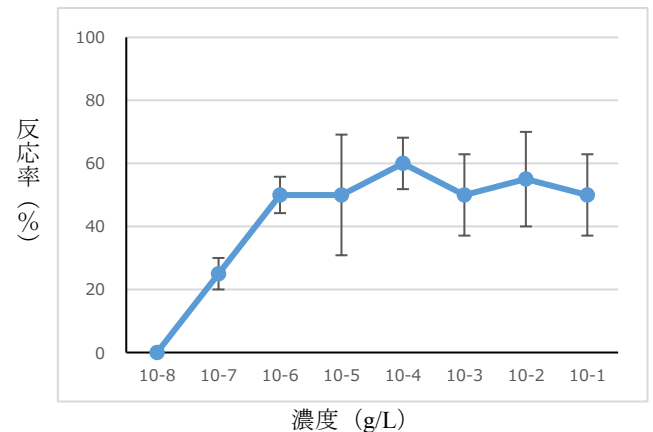


図6 トランス 4.5 エポキシデセナールに対する反応 (バーは標準誤差を示す)

(2) 味覚に関する野外調査実験

行動実験から紅茶に誘引されたので、3種のだしの素を紅茶で作成した寒天液に溶かしたものを用意し、2022年5月20日午後8時6分から8時55分に野外採集実験を行った。その結果、紅茶寒天には集まらなかったものの、いりこ入り紅茶寒天に対して185個体いた。昆布やカツオ入り紅茶寒天にもわずかであったが集まった(表2)。

表2 3種のだしの素に対する採集できた個体数

餌	個体数
紅茶	0
いりこ+紅茶	185
昆布+紅茶	3
カツオ+紅茶	1

次に、紅茶寒天、カツオ入り寒天、カツオ入り紅茶寒天の3つの条件で2022年6月3日午後8時45分から9時15分に調べたところ、カツオと紅茶の場合だけに個体数は少なかったが集まった(表3)。

表3 カツオだしの素と紅茶の組み合わせで採集できた個体数

餌	個体数
紅茶	0
カツオ	0
カツオ+紅茶	9

さらに、いりこ入り寒天とカツオ入り寒天に錆びた鉄釘を組み合わせて調べたところ、錆びた鉄釘といりこ入り寒天に対して24個体と最も多くの個体が集まった(表4)。

表4 いりこ、カツオだしの素と鉄釘の組み合わせで採集できた個体数

餌	個体数
錆びた鉄釘	0
いりこ	6
いりこ+錆びた鉄釘	24
カツオ	0
カツオ+錆びた鉄釘	0

4. 考察

ウミホタルの採集には、一般に魚のアラや、鳥の肉などが使われる。本研究では、ウミホタルは魚の血液の他、鳥や鯨の血液に誘引されたことから、脊椎動物

の血液の匂いを感じていること示された。鮫がわずかな血液の匂いを感じていることはよく知られているが、無脊椎動物で血液の匂いを感じるという報告はなく、本研究がはじめてかもしれない。

血液成分に含まれているものとして鉄分子があることから、錆びた鉄釘を用いたところ、ウミホタルは誘引された。このことは、魚のアラと錆びた鉄釘を一緒にしてウミホタルを採集した際に大量に採集されたことから、行動実験を裏付けるものである。

鉄の匂い成分は、脂肪酸が鉄と接触して、酸化することで生じるトランス-4,5-エポキシデセナールという化合物が知られている。これは紅茶にも含まれていることから紅茶を餌として用いたところ、紅茶にも誘引され、その効果はほぼ血液と同じであった。この結果はウミホタルが感じる匂い物質はトランス-4,5-エポキシデセナールであることを示唆する。この物質を投与した際の反応を調べた結果、1.0ppbという低濃度でも誘引された。ヒトのトランス-4,5-エポキシデセナールに対する感度は、0.62ppb(水中)ととても低い、ウミホタルでもほぼ同じであった。無脊椎動物の嗅覚としてトランス-4,5-エポキシデセナールがあることは知られておらず、本研究が初めてであるだろう。ウミホタルは動物の血の匂いを感じることで餌を見つけるように発達したと考えられるが、魚の死骸などを捕食する他の水生無脊椎動物の中にはトランス-4,5-エポキシデセナールを感じるものもいるかもしれない。

錆びた鉄釘を用いた採集ではウミホタルはほとんどいなかった。これは、鉄釘に誘引されたものの、餌でないことから逃げたためと考えられる。つまり、嗅覚で餌に接近した後、食べ物かどうかは味覚で識別していると考えられる(図7)。

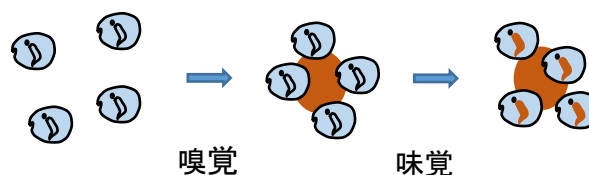


図7 ウミホタルの摂餌行動。匂いで餌を感じて近づき、味覚によって食べ物かどうかを識別する。

そこで味覚に関する野外採集実験を行った。うま味成分として知られるグルタミン酸やイノシン酸を含むものとして、カツオだし、いりこだし、昆布だしを用いて、これを寒天に溶かすことで餌とした。その結果、紅茶寒天にいりこだしとかつおだしを加えると集まったことから、ウミホタルはイノシン酸を感じていること

が示唆された。鉄釘といりこ入り寒天によりウミホタルを最も多く採集することができたことから、鉄釘に誘引されて、いりこ入り寒天を食べたと考えられる。

以上の結果から、ウミホタルの摂餌には、嗅覚としてトランス-4,5-エポキシデセナールを感じ、味覚としてイノシン酸を感じていることがわかった。

イノシン酸は核酸系の物質であり、グルタミン酸などのアミノ酸と一緒にすることで味覚の相乗作用があることが知られている。今後、イノシン酸を感じる濃度について調べるとともに、アミノ酸との相乗作用について、これまでに行ってきた室内行動実験を行うことで調べる計画である。実験には嗅覚に関する物質は欠かせないことから、ウミホタルの味覚の実験では紅茶などの味覚物質を含まないものを混合する必要がある。本研究結果は、ウミホタルの味覚研究に関する新たな方法を提唱するものでもある。

5. 今後の課題

今後は、イノシン酸の感度など、味覚に関する実験を行うとともに、他の甲殻類の嗅覚と味覚について調べ、甲殻類養殖のための人工飼料開発に役立てたい。

参考文献

鉄のにおいの正体

<http://blog.livedoor.jp/route408/archives/50674724.html>

核酸系うま味物質と相乗作用の発見

<https://www.umamiinfo.jp/what/attraction/discovery/>

謝辞

研究活動を進めるにあたり、熱心なご指導・ご協力いただきました、三重大学教育学部特任教授 後藤太一郎先生に深く感謝いたします。

きなこの「硬さ」の研究

－粒度のばらつきを抑えると？－

町田 明駿

桑名市立光陵中学校 2年

Akitoshi Machida

要旨

きなこがたっぷりついたおはぎを作るためには、きなこの粒同士がしっかりとくっつくことが重要です。きなこの粒と粒がつかない力は、きなこを水と混ぜてから乾かし、水分子の間に働く引力で粒を近づけることで強くなると考えられます。

そこで、きなこを水と混ぜたものを乾燥させた「板きなこ」を作って、その硬さと水分量の関係を探ることにしました。また、きなこ粒の粒度のばらつきと硬さの関係も調べました。実験では、粒度のばらつき具合が違う2種類のきなこで、様々な水分量の板きなこを作製し、ひもをかけて引っ張って破断しました。破断に要した力は、力センサーで測定しました。その結果、水分量が少なくなるほど力が大きくなることが分かりました。また、粒度のばらつきを抑えた板きなこの方が、抑えない方より硬くなることも分かりました。

キーワード： きなこ、硬さ、すき間、水分子の間に働く引力、粒度のばらつき

1. はじめに

私はきなこの付いたおはぎが好きです。しかし、おはぎを食べようとするとききなこがすぐ崩れ落ち、たくさん食べられないのが不満でした。きなこが崩れやすくなる原因は、きなこの粒の間にすき間がたくさんあるため、粒同士の接触面が少なくなり、粒の間に働く力が小さくなるからだとは考えました。そこで去年、きなこを水と混ぜた生地を板状にして室温で乾燥させた「板きなこ」を作製しました。乾燥中、水分が蒸発するにつれて、水分子の間に働く引力できなこの粒同士が近づき、接触面が増えてきなこが崩れにくくなる、つまり板きなこが硬くなると仮説を立てました。

仮説を確かめるために、水分量の違う5種類の板きなこを作製し、ひもをかけて引っ張って破断しました。すると、板きなこは水分量が減るほど硬くなることが分かりました。

その後私は、きなこの粒度にはばらつきがあると知りました。そのため今年は「きなこの粒度のばらつきを抑えると、粒の間のすき間が去年より減り、板きなこがより硬くなる」と仮説を立てました。



仮説を確かめるために、きなこをふるいにかけて、粒度のばらつきを抑えたきなこの板（以降、板きなこAと呼びます）を作製しました。そして、粒度のばらつきを抑えなかったきなこの板（以降、板きなこBと呼びます）との硬さを比較しました。

2. 実験 1

(1) 粒度のばらつきを抑えたきなこの作り方

粒度のばらつきを抑えるために、100メッシュと150メッシュの2種類のふるいを使用しました。それぞれの網目の内寸を、表1に示します。

表1 ふるいの網目

網目の密度 (メッシュ)	100 (粗い)	150 (細かい)
網目の内寸 (μm)	207  171	96  155

私はきなこをふるいにかけて、100メッシュのふるいを通り、150メッシュのふるいを通らなかった中くらいの粒度のきなこを「粒度のばらつきを抑えたきなこ」としました。図1に、粒度のばらつきを抑えなかったきなこの粒度内訳を示します。ばらつきを抑えなかったきなこには、100メッシュのふるいを通らない大粒が22%、150メッシュのふるいを通る小粒が31%含まれています。それらが合計で53%を占めるため、きなこをふるいにかけることで粒度のばらつきを半分程度に抑えられたと考えられます。

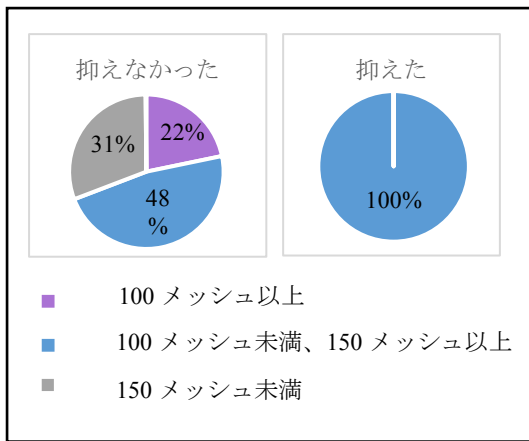


図1 きなこの粒度内訳

(2) 板きなこの作り方

試料となる板きなこの作り方は以下のとおりです。

1. きなこと水を10:11の重量比で混ぜ、生地を作る。
2. 生地を上からビニールシートをかける。
3. 重しで生地を押しつぶして平らにのばす。
4. 生地をローラーで均一な厚さにのす(図2(a))。
5. ビニールシートを外してから、包丁で生地を薄い直方体に切り出す(図2(b))。
6. 切り出した生地を金網の上のせ、室温で乾かす。
7. 水分が一定量まで減ったら完成。完成サイズは2.0×2.5×0.5(cm)。

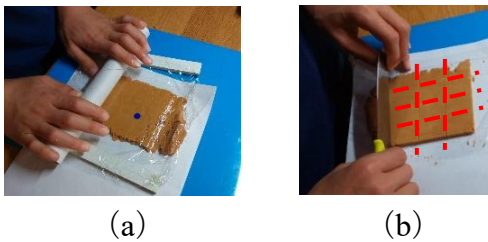


図2 板きなこの製作過程。(a) 生地をのしているところ、(b) 生地を切り出しているところ

(3) 材料と方法

表2、3のとおり、板きなこAとBで水分量を変えた5種類の板を用意しました。

表2 板きなこAの仕様

水分量 (%)	7	14	21	30	40
板の質量 (g)	2.7	2.9	2.9	3.3	3.0
枚数	8	9	9	7	9

表3 板きなこBの仕様

水分量 (%)	8	15	21	31	40
板の質量 (g)	2.5	2.7	2.9	2.9	3.0
枚数	8	8	7	8	9

仮説を検証するため、2系統の板で破断実験を行いました。なお、板内の水分量は以下の式で求めました。

$$\text{板内の水分量 (\%)} = \frac{\text{板内の水の質量 (g)}}{\text{板全体の質量 (g)}} \times 100$$

①実験材料

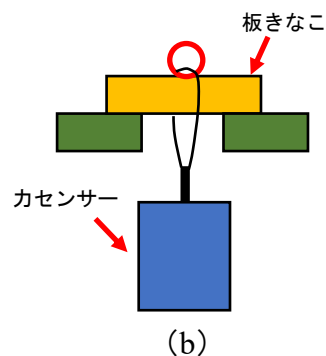
- ・5種類、2系統の板きなこ
- ・1cm幅の溝が入った木材
- ・ストローに通したひも
- ・力センサー (PS-2104) と計測ソフト (SPARKvue)

②実験方法

1. 溝の上に板きなこを橋渡ししてひもをかけ、ストロー部分を板の中央に置く(図3(a)、(b))。
2. 力センサーをひもにかけ、手で力センサーを一気に引いて板きなこを破断する(図3(b))。
3. 破断したときにひもにかかった力を力センサーで測定する。



(a)



(b)

図3 実験装置。(a) 上から見たところ(写真)と、(b) 側面から見たところ(模式図)

(4) 結果

破断実験の結果、板きなこAの方が板きなこBより

硬いことが分かりました。両系統の、水分量と破断に要した力の関係を図4に示します。破断に要した力は、どの水分量でも7~9枚の板の測定結果の平均値です。水分量40%ではどちらの系統でも平均4N台の弱い力で破断し、両者に差はほぼありませんでした。しかし、水分量7~8%になり両系統の板が硬くなると、板きなこAの破断に要した力の平均値が板きなこBのそれを7.1N上回り、差が開きました。

グラフの近似曲線は、Excelの近似曲線機能を使って描きました。どちらの系統も指数関数の近似式がよく測定結果にフィットしました。近似式は、板きなこAの場合 $F = 71e^{-0.066C}$ 、板きなこBの場合 $F = 61e^{-0.064C}$ となりました。

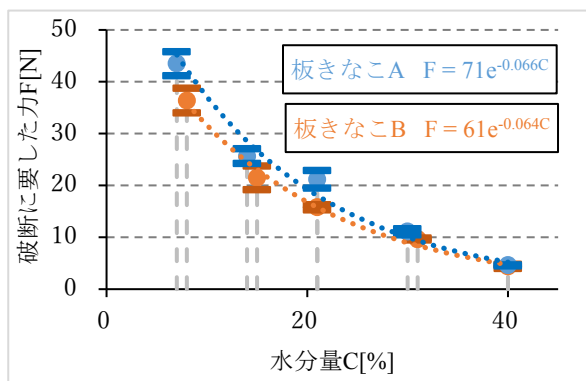


図4 水分量と破断に要した力の関係

3. 実験2

(1) 方法

実験1で、「きなこの粒度のばらつきを抑えると、抑えなかったものより粒の間のすき間が減り、板きなこがさらに硬くなる」という仮説は成り立つことが分かりました。したがって、板内のきなこの見かけ密度も板きなこAの方が高かったはずだと考え、板の乾燥終了時のきなこの見かけ密度（水やすき間を除いたきなこのみの密度）を2系統で水分量ごとに計算しました。計算式は次のとおりです。

$$\text{きなこの見かけ密度 (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{板内のきなこの質量 (g)}}{\text{板全体の体積 (cm}^3\text{)}}$$

板内のきなこの質量は、板1枚を作るのに使った生地（生地）の質量から計算しました。板きなこの体積は、どの水分量でも7~9枚の板の測定結果の平均値です。

(2) 結果

きなこの見かけ密度を表4、5に示します。どちらの

系統でも水分量が減るほど見かけ密度が高いです。水分量40%では両系統の密度が等しくなっていますが、それ以外の水分量では板きなこAの方が密度が高いです。このことから、板きなこAは、板きなこBよりきなこの見かけ密度が高かったためより硬くなったと考えられます。

表4 板きなこAの見かけ密度

水分量 (%)	きなこの見かけ密度 (g/cm ³)
7	0.99
14	1.01
21	0.94
30	0.90
40	0.72

表5 板きなこBの見かけ密度

水分量 (%)	きなこの見かけ密度 (g/cm ³)
8	0.94
15	0.92
21	0.91
31	0.80
40	0.72

4. 実験3

(1) 方法

板きなこAと板きなこBで、きなこの見かけ密度が異なることが分かりました。密度が異なったのは、完成した板きなこにもすき間が残っていて、その量が異なったからだと考えられます。私は、板きなこにすき間が残ったのは、乾燥中にきなこ粒が近づこうとするのが摩擦に阻害されたからだと考えました。そう考えたのは、板の乾燥中、水分量21%の段階までは表面が平らですが、水分量がそれ以下になると、図5のように板の縁がせり上がってくるように見えたからです。



図5 板きなこの断面図

本当に縁がせり上がっているか確かめるために、板きなこAとBで、水分量21%と7~8%の板の縁と中央の厚みをマイクロメーターで測定しました。測定点は、図6のとおり縁の8点と中央の1点です。実験は各系統、水分量ごとに12枚の板で行い、縁の8点の測定結果の平均をその板の縁の厚みとしました。

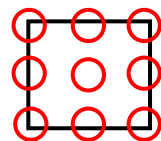


図6 厚みの測定点

(2) 結果

マイクロメーターによる板の厚みの測定結果を図7、8に示します。水分量が21%のときは縁のせり上がりは発生していませんでした。板きなこAでは縁と中央の厚みに有意差がなく、板きなこBでは中央の方が厚かったです。しかし、どちらの系統でも水分量が7、8%まで減ると、縁のせり上がりが発生しました。板きなこAでは、縁が中央と比べて約0.4mm、板きなこBでは約0.3mm厚くなっていました。

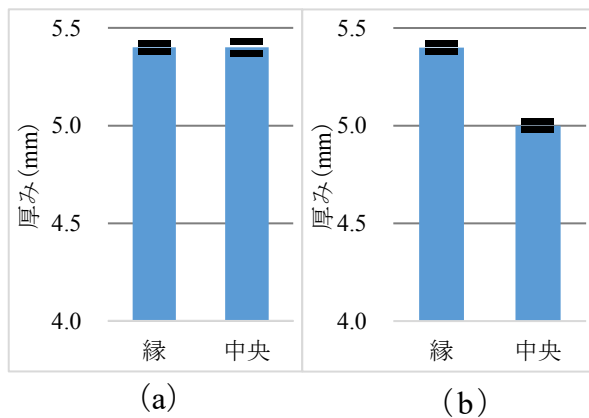


図7 板きなこA。(a) 水分量21%と (b) 水分量7%

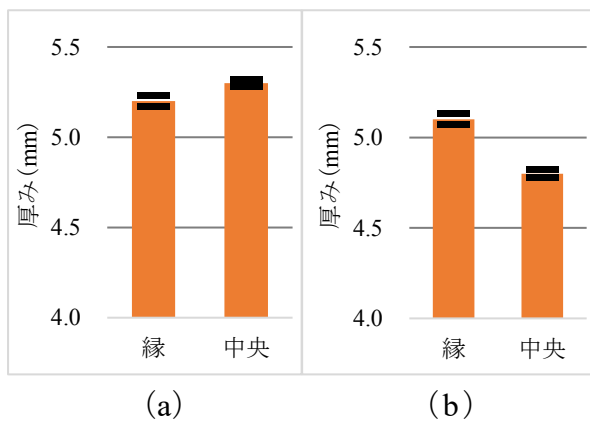
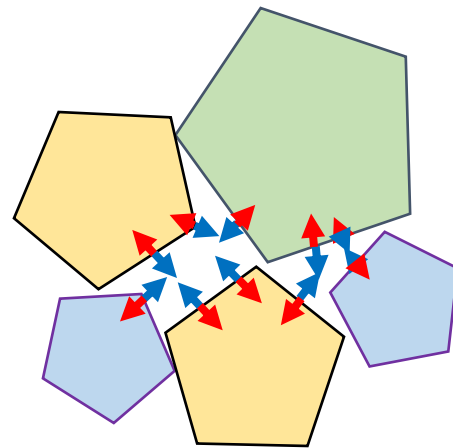
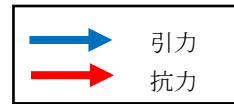


図8 板きなこB。(a) 水分量21%と (b) 水分量8%

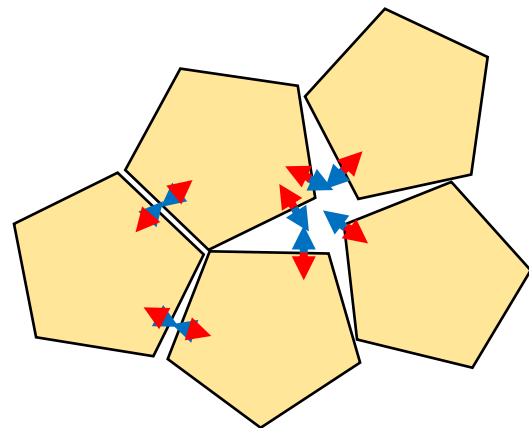
5. 考察

板きなこAが板きなこBより硬くなったのは、板きなこAの方がすき間が少なかったからだと考えられます。どちらの系統の板も、乾燥するとすき間を埋める水分子が蒸発し、水分子の間で働く引力ですき間の周りの粒が近づきます。そうして粒同士が接触し、接触面が増えるにつれ硬くなると考えられます。しかし、粒が近づくのを阻害する力が生まれると、板はすき間を残したまま乾燥を終えます。板きなこBは、粒の間に粒がうまくはまりづらく、すき間があまり減らない

うちに粒同士が接触し始めます(図9、(上))。そのため早い段階で粒が近づくのが抗力により阻害されます。しかし、板きなこAは、粒の間に粒がうまくはまりやすく、粒同士が接触するのは板きなこBよりすき間が減った後になります(図9、(下))。そのため、すき間が板きなこBより少なくなったと考えられます。



(上)



(下)

図9 板内で働く引力と抗力の関係。(上) 板きなこB
(下) 板きなこA

また、粒同士の摩擦で粒が近づくのが阻害されることの根拠として、乾燥中の板の縁のせり上がりが発見されました。その仕組みを図10で説明します。板きなこは縁から乾燥していきます。そのため、一番縁の列に並んだきなこ粒の方が2列目のきなこ粒より早く縮もうとします。そのとき、まだ縮んでいない2列目と

の間に摩擦が生まれるため、1列目は縮みにくくなり、すき間を残したまま乾燥が進んで位置が固定されます。次に2列目が3列目との間で摩擦を起こしながら縮みます。ただし、1列目よりは大きく縮みます。それは、乾燥のペースが1列目より遅くなるため、位置が固定されるのも遅いからです。3列目以降も同じことが繰り返された結果、縁のせり上がりができたと考えられます。

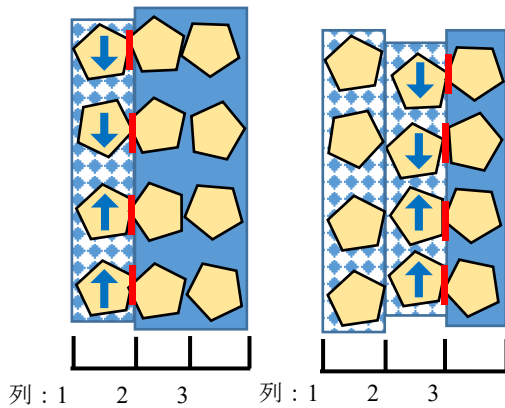


図10 縁のせり上がりの仕組み。(a) 1列目と2列目の間に摩擦が発生した様子と、(b) 2列目と3列目の間に摩擦が発生した様子

6. まとめと今後の展望

この研究で、板きなこAは板きなこBより硬くなることが分かりました。また、板きなこの縁のせり上がりにより、きなこ粒同士が摩擦を起こすためすき間が残ることが示唆されました。課題は、板きなこAの方が、きなこの見かけ密度は高かったが、差がわずかで、誤差の範囲内かもしれないことです。見かけ密度について、さらに詳しく調べる必要があります。

この研究の最終目標は、おはぎにきなこをたっぷりつけ、崩れるのを心配せずに食べることです。目標に向け、去年課題になっていたことは、板きなこはおはぎにつけて食べるには硬すぎることでした。今後、水分量やきなこの粒度を調整して板の形を保ちつつすき間を増やすことができれば、食べやすい硬さでかつ崩れにくいきなこができるのではないかと思います。

謝辞

研究を進めるにあたり、三重大学教育学部の國仲寛人先生にご指導いただきました。また、三重ジュニアドクター育成塾の先生方にもご協力いただきました。お世話になった皆様に、感謝いたします。

ゼブラフィッシュの月齢や種類における行動変化について

ーゼブラフィッシュの行動解析ー

近藤平

桑名市立陵成中学校 2年

Taira Kondo

要旨

この研究は縦3列に並べた透明な水槽の中に、上から順番に1:1:3になるようにゼブラフィッシュを分けて水槽に入れ、真ん中の水槽に入れたゼブラフィッシュの行動を調べる実験である。真ん中の水槽で留まった時間と場所を Tracking というソフトを使い計測しその結果を視覚的に分かりやすくするためにヒートマップにまとめました。計測するゼブラフィッシュについて、月齢が違うものを用意し、おとりのゼブラフィッシュの種類を違うものを用意して行動に違いが出るのかを調べた。

キーワード: ヒートマップ, 行動解析, アルビノ

1. はじめに

私は昨年や一昨年での研究ではゼブラフィッシュを用いて、画像解析と行動解析を行いました。ゼブラフィッシュは人間のゲノムに似ており、26,000のタンパク質遺伝子の約70パーセントが人間のもつ遺伝子と類似しています。そのため、ガン治療などの研究に使われています。昨年や一昨年の研究に使用したゼブラフィッシュはアルビノ種です。一般的なゼブラフィッシュは縞模様のある魚ですが、アルビノ種は縞模様がありません。また、色は全体的に白です。この研究ではゼブラフィッシュの特徴をより理解を深めようと思いました。また、新しい計測方法を学び解析したいと思いました。そこで、西村教授から新しい計測方法を教えていただき、それを用いた研究を行いました。



図1 アルビノ(左)としまあり(右)の比較

2. 実験(動機と仮説)

去年の実験ではPFOA(フッ素化合物)を使用したゼブラフィッシュの行動の解析をしました。この時移動した後を可視化し、PFOAを使用していない、ゼブラフィッシュとの行動を比較しました。

この実験からゼブラフィッシュの行動解析を行ったのですが、様々な実験を通していくうえで、ゼブラフィッシュが同種に対する行動が気になったので、この実験を行いました。この実験によりゼブラフィッシュの行動をもとに、人間にもその行動が応用できると考えたからです。そのため、違う月齢やしまありのゼブラフィッシュの違いを比較しようと思いました。

3. 実験(実験方法)

実験の内容は、縦3列に並べられた水槽に上から順に1:1:3でゼブラフィッシュを水槽の中に入れ、真ん中の水槽のゼブラフィッシュが留まった時間と場所を Tracking を使用して計測しました。去年の研究では Tracking という機能を用いて、移動距離を計測しましたが、今年は Tracking に加え、R という統計用のプログラミングソフトを使ってヒートマップを作成します。

また、パターンを2つに分けてみました。一つ目は月齢比較です。計測用のゼブラフィッシュの月齢が異なるものを用意し、違いを比較します。二つ目は種類比較です。おとり用のゼブラフィッシュをアルビノとしまありの2種類用意し、違いを比較します。

またヒートマップについて説明します。ヒートマップは数値が高ければ高いほど、暖色系の色になっていくもので、視覚的にとても分かりやすいのでこの方法にしました。

(1) 実験動物

パターン1 (月齢比較)

- 計測用アルビノ 3か月齢 6匹
- 計測用アルビノ 10か月齢 3匹
- おとり用アルビノ 3か月齢 4匹

パターン2 (種類比較)

- 計測用アルビノ 3か月齢 3匹
- おとり用アルビノ 3か月齢 4匹
- おとり用しまあり 3か月齢 4匹

(2) 実験方法

- ①ゼブラフィッシュを3つに分けた水槽の中に上から順におとり用3匹、計測用1匹、おとり用1匹入れる。
- ②真ん中の水槽のゼブラフィッシュをスマートフォンで5分間撮影。
- ③Trackingを使用して移動距離の計測。
- ④Rstudioを使用してヒートマップを作成する。
(具体的な分け方は図2に記載)



図2 実験中でのエリアごとの分け方

4. 実験 (実験結果)

まずはパターン1 (月齢比較) の実験結果です。図3はアルビノ3か月齢の結果です。ヒートマップから読み取れることは、1匹側と3匹側の方に多く偏っていて、水槽のふちに沿って移動しているように読み取れます。1匹側の角はかなり色が赤くなっています。

また中央の方は全体的にゼブラフィッシュがとどまっていませんでした

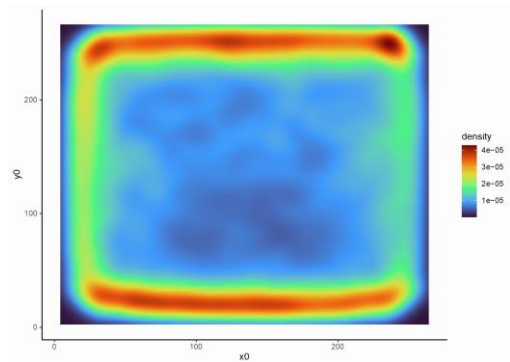


図3 アルビノ3か月齢のヒートマップ

図4はパターン1のアルビノの10か月齢のゼブラフィッシュの結果です。図3の結果とは対照的に1匹側の角に集中しました。また全体的に隅の方を移動しており、計測した結果の中で一番淵以外を泳いでいる時間が短かったです。

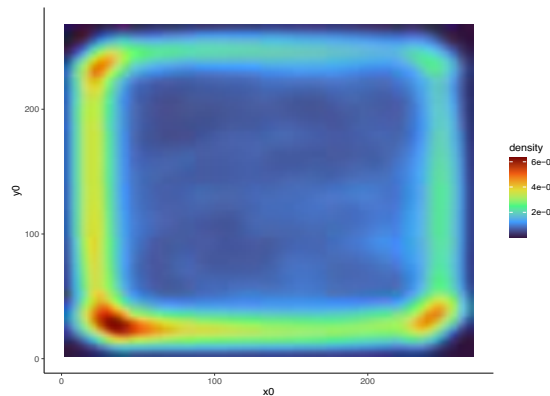


図4 アルビノ10か月齢のヒートマップ

続いて、パターン2 (種類比較) の実験結果です。図5はおとりがアルビノ3か月齢、図6はおとりがしまあり3か月齢の結果です。

おとりがアルビノ3か月齢は1匹のおとり側の方に集中していましたが、おとりがしまあり3か月齢は3匹のおとり側に集中していました。

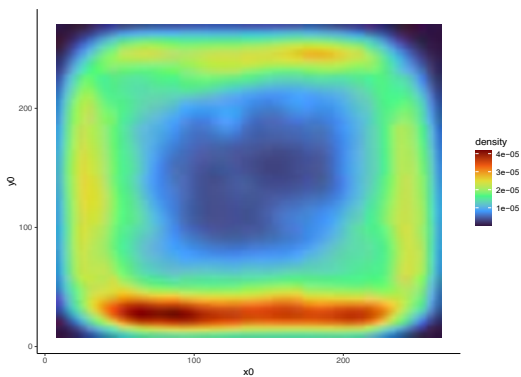


図5 おとりアルビノ 3 か月齢のヒートマップ

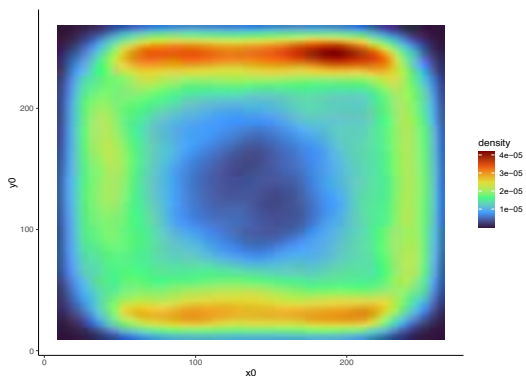


図6 おとりしまあり 3 か月齢のヒートマップ

5. 実験（考察）

パターン1の図3と図4を比較すると、アルビノ10か月齢のゼブラフィッシュでの実験結果が3か月齢のほかの実験結果よりも角に集中したため、月齢によりおとりに対する行動に差があると考えます。

パターン2の図5と図6を比較すると、種類の違いでも結果は異なるように見られます。しかし、パターン1の図3とパターン2の図5は同じ種類（アルビノ種）と同じ月齢（3か月齢）を使った実験でしたが、結果が少し変わっていて、実験を行った日が違っているため、多少個体差がかかわってきそうだと思います。

またどの実験にしても計測用のゼブラフィッシュは壁側にいることが多いことがわかりました。

6. まとめ

(1) 全体の考察

今回の実験では以下のことがわかりました。

- ・計測用のアルビノ3ヶ月について、おとりがアルビノは、おとりがいる方の壁側にいることが多い。
- ・計測用のアルビノ3ヶ月について、おとりがしまありと、おとりがアルビノでは対照的な結果となった。

- ・計測用のアルビノ10ヶ月について、おとりがしまありは、おとりがいる方の壁側にあまりいない
- ・計測用のどのゼブラフィッシュも壁側にいることが多い。

(2) 所感

今回の研究を行ったことにより生物を実験に使うときの大変さを改めて感じることができた。

具体的には撮影時にゼブラフィッシュになるべく外的要因がかかわらないように工夫がされていました。ゼブラフィッシュを実験用の水槽に移す時も、ゼブラフィッシュが地面に落ちてしまわないように手で押さえるなどの様々な工夫を知ることができた。

また行動解析の使用したことない結果の表し方などを教わり、今まで私が行ってこなかったこともたくさんすることができました。

また今回のヒートマップ作成時にRstudioというソフトを使用したのですが、そのソフト使用方を八十島さんにとっても分かりやすく解説していただきました。私自身に関与できないところもあり、ゼブラフィッシュを日頃飼育している人たちの力を頂かないと今回の実験をすることもできなかったのも、今回の実験に関与してくれた方々に深く感謝をしています。

最後は、実験を進めていく上でゼブラフィッシュを使用したのも、生物に対する配慮をわすれてはならないと感じました。

繰り返しになりますが今回実験でご指導をいただいた西村教授や、八十島さんに心から感謝します。

参考文献

集団運動・動物行動の解析ソフトウェアの開発
— 個体追跡フレームワーク UMATracker —

<https://www.ipa.go.jp/files/000052822.pdf>

-データ分析ソフト Rstudio-

[https://www.jmp.com/ja_jp/offers/statistical-analysis-software.html?utm_source=yahoo&utm_medium=cpc&utm_campaign=\(JMP\)+Japan+-+JPN+-+Search+-+NB+-+Competitors&utm_term=rstudio&yclid=YSS.1000023693.EAIalQobChMIpe-ks72w_QIVjbCWCh1b-AI9EAAYASAAEgKcn_D_BwE](https://www.jmp.com/ja_jp/offers/statistical-analysis-software.html?utm_source=yahoo&utm_medium=cpc&utm_campaign=(JMP)+Japan+-+JPN+-+Search+-+NB+-+Competitors&utm_term=rstudio&yclid=YSS.1000023693.EAIalQobChMIpe-ks72w_QIVjbCWCh1b-AI9EAAYASAAEgKcn_D_BwE)

2022 年度第二段階プログラム指導教員

受講年	名前	指導教員
1 年目	東谷 直	教育学部・後藤太一郎
	東谷 唯	教育学部・平山大輔
	菊池 美歩	教育学部・磯部由香
	田中 友翔	教育学部・平山大輔
	川嶋 春輝	生物資源学研究科・三島 隆
	佐藤 瑛斗	教育学部・國仲寛人
	坂東 陸佳	教育学部・市川俊輔
	石倉 成実	教育学部・後藤太一郎
	大谷 航輝	教育学部・國仲寛人
	前田 千依里	伊賀研究拠点・紀平征希
	近藤 光	工学研究科・藤原裕司
	中村 永	工学研究科・藤原裕司
2 年目	大須賀 希子	生物資源学研究科・堤 大三
	織田 悠輔	県立飯野高校・小林悠介
	下地 崇貴	教育学部・伊藤信成
	辻本 憲史	工学研究科・藤原裕司
	柴田 琉花	工学研究科・藤原裕司
	寺地 優太	教育学部・後藤太一郎
	町田 明駿	教育学部・國仲寛人
3 年目	近藤 平	医学研究科・西村有平

*論文指導なし

2023年3月 発行

三重ジュニアドクターレポート 第4号

発行

国立大学法人三重大学

地域理数教育推進室

津市栗真町屋町 1577

TEL/FAX 059-231-9949

Eメール mie-cst@ab.mie-u.ac.jp

URL <https://jr-doc.pj.mie-u.ac.jp/>
